IUC ACADEMY

INCLUSIVE UNIVERSAL CAREERS ACADEMY

Learn. Prepare. Progress. • www.iucacademy.com

IUC अकादमी नोट्स

संपूर्ण
पाठ्यक्रम • विस्तृत व्याख्या • तुलनात्मक सारणियाँ • अभ्यास प्रश्न

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन: बेसिक साइंस, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं ट्रेड अध्ययन नोट्स

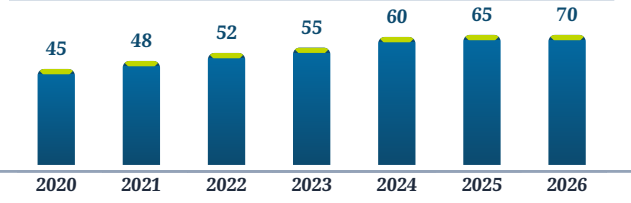
RAILWAY ALP, TECHNICIAN & JE: BASIC SCIENCE, ENGINEERING DRAWING & TRADES

RRB ALP (CBT-1 & CBT-2), RRB Technician Grade-I & III, RRB JE, DRDO, ISRO एवं Metro Maintainer के लिए इंजीनियरिंग ड्राइंग (प्रक्षेप, रेखाएँ, प्रतीक), मात्रक, द्रव्यमान-भार-घनत्व, कार्य-शक्ति-ऊर्जा, चाल-वेग, ऊष्मा-तापमान, बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, लीवर-सरल मशीनें, व्यावसायिक सुरक्षा एवं आईटीआई ट्रेड

विषयवार परीक्षा प्रश्न भार विभाजन (%)



विगत वर्षों में पूछे गए प्रश्नों का रुझान



लक्षित प्रतियोगी, प्रवेश एवं विभागीय परीक्षाएँ (Target Exams Coverage)

RRB ALP CBT-1 & CBT-2 • RRB Technician Grade-I & III • RRB JE • DRDO CEPTAM • ISRO Technician • Metro Maintainer

इस पुस्तक के प्रमुख खंड एवं परीक्षा प्रश्न भार (%)

- इंजीनियरिंग ड्राइंग (प्रथम व तृतीय कोण प्रक्षेप, ड्राइंग उपकरण, रेखाएँ, ज्यामितीय आकृतियाँ) (24%)
- कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व, चाल, वेग एवं लीवर व सरल मशीनें (24%)
- बेसिक इलेक्ट्रिसिटी (ओम का नियम, प्रतिरोध, शक्ति, ट्रांसफॉर्मर, मोटर एवं इलेक्ट्रॉनिक्स) (22%)
- ऊष्मा एवं तापमान (पैमाने, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा संचरण एवं इंजन) (16%)
- व्यावसायिक सुरक्षा व स्वास्थ्य (अग्निशामक श्रेणी A/B/C/D, प्राथमिक उपचार) एवं पर्यावरण (14%)

संपूर्ण पाठ्यक्रम
NCERT एवं मानक स्रोत

तुलनात्मक सारणियाँ
प्रवाह आरेख व चार्ट

स्मृति सूत्र
त्वरित रिवीजन बिंदु

अभ्यास प्रश्न
व्याख्या सहित हल

आमुख, परीक्षा भार विश्लेषण एवं अध्ययन रणनीति — रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन: बेसिक साइंस, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं ट्रेड अध्ययन नोट्स

IUC Academy (Inclusive Universal Careers Academy | www.iucacademy.com) • आधिकारिक अध्ययन नोट्स

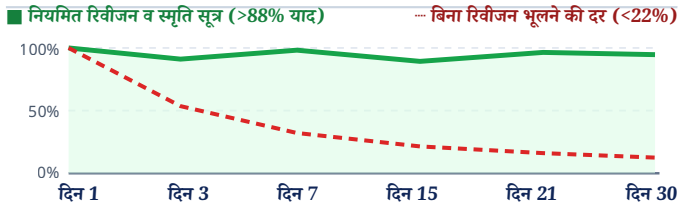
प्रिय अभ्यर्थियों,

अखिल भारतीय प्रतियोगी परीक्षाओं, प्रवेश परीक्षाओं एवं विभागीय पदोन्नति परीक्षाओं के नवीनतम पैटर्न में अवधारणात्मक स्पष्टता और सटीक तथ्यों का समन्वय अत्यंत आवश्यक है। इसी उद्देश्य से **IUC Academy (www.iucacademy.com)** द्वारा इन विस्तृत अध्ययन नोट्स का संकलन किया गया है। इसमें प्रत्येक अध्याय के साथ **तुलनात्मक सारणियाँ, प्रवाह आरेख, महत्वपूर्ण सूत्र, 'क्या आप जानते हैं?' बॉक्स, 'परीक्षा सतर्कता (सामान्य गलतियाँ)', स्मृति सूत्र (Memory Tricks)** और **व्याख्या सहित हल प्रश्न** दिए गए हैं ताकि आपको पढ़ने और याद रखने में पूर्ण सुगमता रहे।

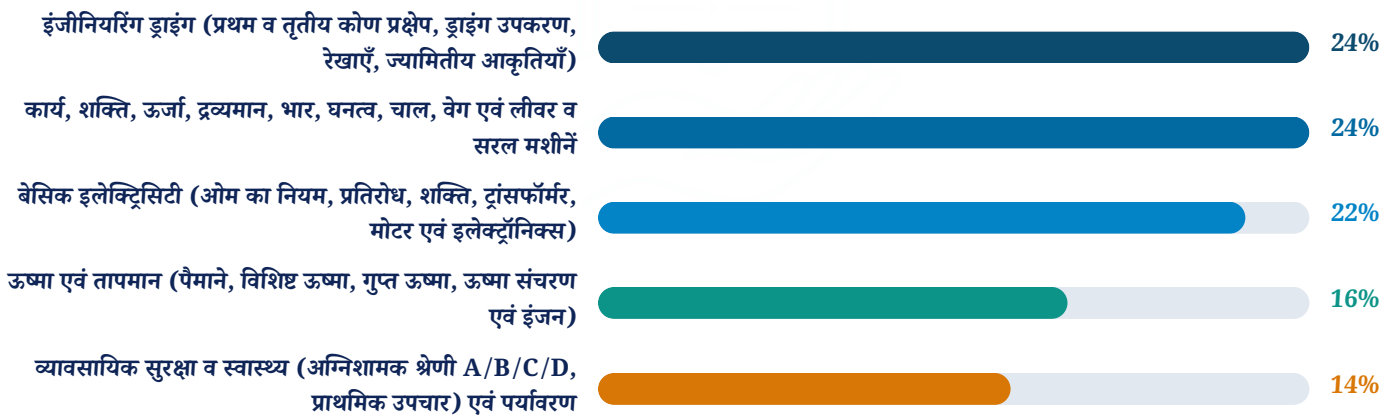
कठिनाई स्तर के अनुसार लक्ष्य सटीकता एवं कट-ऑफ (%)



नियमित रिवीजन (1-3-7-21 दिन नियम) एवं स्मृति धारण ग्राफ



अध्यायवार एवं खंडवार प्रश्न भार सूचकांक (Topic-wise Weightage %)



प्रामाणिक पाठ्यक्रम एवं आधिकारिक संदर्भ स्रोत (Verified Official Sources)

- **IUC Academy Railway RRB Syllabus** (https://indianrailways.gov.in/)
- **IUC Academy Railway Exams Portal** (https://www.iucacademy.com)
- **NCERT Physics & Science Textbooks** (https://ncert.nic.in/textbook.php)

विस्तृत विषय-सूची एवं अध्याय संरचना (Table of Contents)

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन: बेसिक साइंस, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं ट्रेड अध्ययन नोट्स • संपूर्ण अध्याय, तुलनात्मक सारणियाँ, अभ्यास प्रश्न एवं त्वरित रिवीजन

1. पुस्तक क्रमांक 29: संपूर्ण बेसिक साइंस एंड इंजीनियरिंग, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं टेक्निकल ट्रेड अध्ययन नोट्स
2. अध्याय 1: इंजीनियरिंग ड्राइंग (Engineering Drawing — उपकरण, रेखाएँ, प्रक्षेपण, प्रतीक एवं ज्यामितीय आकृतियाँ)
3. 1.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या
   - (क) प्रमुख ड्राइंग उपकरण एवं उनके मानक (Drawing Instruments)
   - (ख) ड्राइंग शीट के मानक और लेआउट (Drawing Sheet Standards — IS 10711:2001)
   - (ग) प्रक्षेपण के सिद्धांत (Theory of Projections — Orthographic & Isometric)
   - (घ) ज्यामितीय आकृतियाँ एवं शांकव परिच्छेद (Geometrical Figures & Conic Sections)
4. 1.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र
5. 1.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)
6. 1.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)
   - सारणी 1.1: मानक ड्राइंग शीट व ड्राइंग बोर्ड के आयाम (BIS SP 46)
   - सारणी 1.2: BIS (IS 10714 / SP 46) के अनुसार रेखाओं के प्रकार एवं अनुप्रयोग
   - सारणी 1.3: प्रथम कोण (1st Angle) बनाम तृतीय कोण (3rd Angle) प्रक्षेपण
7. 1.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)
8. 1.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)
9. अध्याय 2: मात्रक, मापन एवं सार्थक अंक (Units, Measurements, Vernier Calliper, Micrometer & Error Analysis)
10. 2.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या
    - (क) मात्रकों की प्रणालियाँ एवं SI प्रणाली (Systems of Units & SI System)
    - (ख) सूक्ष्म मापन यंत्र: वर्नियर कैलिपर्स और माइक्रोमीटर स्क्रू गेज
    - (ग) सार्थक अंक (Significant Figures) के नियम
    - (घ) त्रुटि विश्लेषण (Error Analysis)
11. 2.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र
12. 2.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)
13. 2.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)
    - सारणी 2.1: SI प्रणाली के 7 मूल मात्रक एवं 2 संपूरक मात्रक
    - सारणी 2.2: परीक्षा में सर्वाधिक पूछे जाने वाले व्युत्पन्न मात्रक एवं विमीय सूत्र
14. 2.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)
15. 2.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

16. अध्याय 3: द्रव्यमान, भार और घनत्व तथा उत्प्लावकता व आर्किमिडीज सिद्धांत (Mass, Weight, Density, Buoyancy & Archimedes' Principle)

17. 3.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

- (क) द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight)
- (ख) घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व (Density & Relative Density / Specific Gravity)
- (ग) उत्प्लावकता, आर्किमिडीज का सिद्धांत एवं प्लवन के नियम (Buoyancy, Archimedes' Principle & Flotation)

18. 3.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

19. 3.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

20. 3.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

- सारणी 3.1: द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight) में मौलिक अंतर
- सारणी 3.2: प्रमुख पदार्थों के मानक घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व

21. 3.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

22. 3.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

23. अध्याय 4: चाल और वेग, त्वरण, गति के समीकरण एवं प्रक्षेप्य गति (Speed, Velocity, Acceleration, Equations of Motion & Projectile Motion)

24. 4.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

- (क) दूरी, विस्थापन, चाल एवं वेग (Distance, Displacement, Speed & Velocity)
- (ख) त्वरण, मंदन एवं गति के समीकरण (Acceleration, Retardation & Equations of Motion)
- (ग) प्रक्षेप्य गति एवं वृत्तीय गति (Projectile Motion & Circular Motion)

25. 4.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

26. 4.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

27. 4.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

- सारणी 4.1: दूरी बनाम विस्थापन तथा चाल बनाम वेग
- सारणी 4.2: विभिन्न गति स्थितियों में s-t एवं v-t ग्राफ की प्रकृति

28. 4.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

29. 4.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

30. अध्याय 5: कार्य, शक्ति और ऊर्जा (Work, Power & Energy — गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा, कार्य-ऊर्जा प्रमेय व अश्वशक्ति)

31. 5.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

- (क) कार्य (Work) की वैज्ञानिक अवधारणा
- (ख) ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा एवं कार्य-ऊर्जा प्रमेय
- (ग) शक्ति, अश्वशक्ति एवं विद्युत ऊर्जा यूनिट (Power, Horsepower & kWh)

32. 5.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

33. 5.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

34. 5.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

- सारणी 5.1: प्रमुख ऊर्जा रूपांतरण उपकरण (Energy Conversion Devices)
- सारणी 5.2: कार्य, ऊर्जा और शक्ति का तुलनात्मक विश्लेषण

35. 5.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

36. 5.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

37. अध्याय 6: ऊष्मा और तापमान (Heat & Temperature — तापमापी पैमाने, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा, संचरण व ऊष्मागतिकी)

पुस्तक क्रमांक 29: संपूर्ण बेसिक साइंस एंड इंजीनियरिंग, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं टेक्निकल ट्रेड अध्ययन नोट्स

लक्षित परीक्षाएँ: Railway ALP (Stage-2 Part-A & Part-B), RRB Technician (Grade-I & Grade-III), RRB JE, SSC JE, DRDO CEPTAM, ISRO Technician/Technical Assistant, Metro Maintainer (DMRC/LMRC/UPMRC) एवं समस्त केंद्रीय व राज्य PSU तकनीकी परीक्षाएँ

प्रकाशक: Inclusive Universal Careers Academy (IUC Academy) — निशुल्क राष्ट्रीय प्रतियोगी परीक्षा अध्ययन मंच (www.iucacademy.com)

संस्करण विशेषताएँ: 100% शुद्ध देवनागरी हिंदी | एकल-पंक्ति (1D) गणितीय व भौतिक सूत्र | 4-नोड संकल्पना आरेख | तुलनात्मक सारणियाँ | चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स | परीक्षा-उन्मुख PYQs

अध्याय 1: इंजीनियरिंग ड्राइंग (Engineering Drawing — उपकरण, रेखाएँ, प्रक्षेपण, प्रतीक एवं ज्यामितीय आकृतियाँ)

1.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 1.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
(क) प्रमुख ड्राइंग उपकरण एवं उनके मानक (Drawing Instruments)	**(ख) ड्राइंग शीट के मानक और लेआउट (Drawing Sheet Standards — IS 10711:2001)**	**(ग) प्रक्षेपण के सिद्धांत (Theory of Projections — Orthographic & Isometric)**	**(घ) ज्यामितीय आकृतियाँ एवं शांकव परिच्छेद (Geometrical Figures & Conic Sections)**

इंजीनियरिंग ड्राइंग (अभियांत्रिकी आरेखण) को **"अभियंताओं की सार्वभौमिक ग्राफिकल भाषा" (Universal Graphical Language of Engineers)** कहा जाता है। किसी भी मशीन के पुर्जे, सिविल संरचना, विद्युत परिपथ या औद्योगिक उत्पाद के सटीक आकार, माप (Dimensions), सहनशीलता (Tolerance) और निर्माण सामग्री की जानकारी इंजीनियर से कारीगर (Technician/Fitter) तक पहुँचाने का एकमात्र मानक माध्यम इंजीनियरिंग ड्राइंग है। भारत में इंजीनियरिंग ड्राइंग के मानक **भारतीय मानक ब्यूरो (BIS — Bureau of Indian Standards)** द्वारा निर्धारित किए जाते हैं, जिसका मुख्य मानक कोड **IS 10714** तथा शैक्षणिक व तकनीकी संदर्भ कोड **SP 46:2003 (पूर्व में SP 46:1988)** है।

(क) प्रमुख ड्राइंग उपकरण एवं उनके मानक (Drawing Instruments)

1. **ड्राइंग बोर्ड (Drawing Board — IS 1444:1989):**

• यह अच्छी तरह से पकी हुई (Well-seasoned), गाँठ-रहित नरम लकड़ी जैसे **कैल (Kail), देवदार (Deodar), चीड़ (Pine) या ओक (Oak)** की 4 से 6 पट्टियों को जोड़कर बनाया जाता है।

• लकड़ी में मौसम के कारण होने वाले विरूपण (Warping) को रोकने के लिए इसके पीछे **दो बैटन (Battens)** स्लॉटेड स्क्रू की सहायता से लगाए जाते हैं।

• इसके बाएँ किनारे पर एक सीधी और कठोर **आबनूस की पट्टी (Ebony Edge / Working Edge)** लगी होती है, जिस पर **T-स्क्वायर (T-Square)** का हेड (Stock) फिसलता है। यह पट्टी बोर्ड के निचले सिरे से लगभग **4 mm से 5 mm** बाहर निकली रहती है।

2. **टी-स्क्वायर (T-Square — IS 1360:1989):**

• इसमें दो भाग होते हैं: **स्टॉक (Head/Stock)** और **ब्लेड (Blade)**, जो एक-दूसरे के साथ ठीक **90° (समकोण)** पर जुड़े होते हैं।

• इसका मुख्य कार्य केवल **क्षैतिज समांतर रेखाएँ (Horizontal Parallel Lines)** खींचना और सेट-स्क्वायर को आधार प्रदान करना है। T-स्क्वायर से कभी भी ऊर्ध्वाधर या तिरछी रेखाएँ सीधे नहीं खींची जातीं और न ही इसके कार्यकारी किनारे (Working Edge) को कागज काटने के लिए गाइड के रूप में प्रयोग किया जाता है।

3. **मिनी ड्राफ्टर (Mini Drafter):**

• यह आधुनिक अभियांत्रिकी में सबसे अधिक प्रयुक्त होने वाला बहुउद्देशीय उपकरण है। यह अकेला उपकरण **T-स्क्वायर, सेट-स्क्वायर (Set-Square), चाँदा (Protractor) और पैमाने (Scale)** — इन चारों का कार्य एक साथ करता है।

• इसमें समांतर चतुर्भुज (Parallelogram) के सिद्धांत पर जुड़ी दो भुजाएँ और **90° (L-आकार)** पर सेट दो पारदर्शी ब्लेड होते हैं। इसे ड्राइंग बोर्ड के **ऊपरी बाएँ कोने (Top-Left Corner)** पर क्लैंप किया जाता है।

4. **सेट-स्क्वायर (Set-Squares — IS 1361:1988):**

• पारदर्शी सेल्युलाइड या प्लास्टिक से बने दो समकोण त्रिभुजाकार उपकरण होते हैं:

• **पहला सेट-स्क्वायर:** `45° – 45° – 90°` (इसकी लंबाई सामान्यतः 200 mm होती है)।

• **दूसरा सेट-स्क्वायर:** `30° – 60° – 90°` (इसकी लंबाई सामान्यतः 250 mm होती है)।

• T-स्क्वायर और दोनों सेट-स्क्वायर के संयुक्त प्रयोग से **15° के गुणज (Multiples of 15°)** में कोई भी कोण (जैसे `15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165°`) आसानी से खींचा जा सकता है।

5. **फ्रेंच कर्व (French Curves):**

• इनका उपयोग ऐसे **अनियमित वक्र (Irregular / Non-circular Curves)** खींचने के लिए किया जाता है, जिन्हें परकार (Compass) से नहीं खींचा जा सकता (जैसे दीर्घवृत्त, परवलय, अतिपरवलय या साइक्लॉइड के बिंदुओं को मिलाना)।

6. **ड्राइंग पेंसिल के ग्रेड (Grades of Drawing Pencils):**

• पेंसिल की लीड (Lead) **ग्रेफाइट (Graphite)** और **केओलिन मिट्टी (Kaolin Clay)** के मिश्रण से बनती है। मिट्टी (Clay) की मात्रा जितनी अधिक होगी, पेंसिल उतनी ही **कठोर (Hard)** होगी; ग्रेफाइट जितना अधिक होगा, पेंसिल उतनी ही **नरम और काली (Soft & Black)** होगी।

• कुल **18 मानक ग्रेड** होते हैं:

• **कठोर ग्रेड (Hard Grades - 9H से 4H):** `9H` (सबसे कठोर), `8H, 7H, 6H, 5H, 4H` — अति सूक्ष्म निर्माण रेखाओं (Construction Lines) के लिए।

• **मध्यम ग्रेड (Medium Grades - 3H से B):** `3H, 2H, H, F, HB, B` — तकनीकी ड्राइंग में सर्वाधिक प्रयुक्त (`2H` सेंटर व डायमेंशन लाइन के लिए, `H` ऑब्जेक्ट लाइन व अक्षरांकन के लिए, `HB` फ्रीहैंड स्केचिंग व बॉर्डर के लिए)।

• **नरम ग्रेड (Soft Grades - 2B से 7B):** `2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B` (सबसे नरम) — कलात्मक कार्य व शेडिंग के लिए।

• लीड की आकृति: सामान्य रेखाओं के लिए **शंक्वाकार नोक (Conical Point)** तथा मोटी व एकसमान रेखाओं के लिए **छेनी के आकार की नोक (Chisel Edge)** प्रयोग की जाती है।

(ख) ड्राइंग शीट के मानक और लेआउट (Drawing Sheet Standards — IS 10711:2001)

• किसी भी मानक ड्राइंग शीट की भुजाओं (चौड़ाई `W` और लंबाई `L`) का अनुपात हमेशा `1 : √2` **(अर्थात्** `1 : 1.414`**)** होता है।

• आधारभूत शीट `A0` का क्षेत्रफल ठीक `1 वर्ग मीटर (1 m² = 10,00,000 mm²)` होता है। प्रत्येक अगली शीट (A1, A2, A3, A4, A5) पिछली शीट की लंबी भुजा को आधा मोड़ने से प्राप्त होती है।

• **शीर्षक ब्लॉक (Title Block):** यह हमेशा ड्राइंग शीट के **निचले दाएँ कोने (Bottom-Right Corner)** पर बनाया जाता है। BIS मानक के अनुसार इसका मानक आकार `185 mm × 65 mm` होता है।

• **बॉर्डर मार्जिन (Border Margin):** बाइंडिंग या पंचिंग के लिए बाईं ओर (Left side) हमेशा चौड़ा मार्जिन (`20 mm` **से** `25 mm`) छोड़ा जाता है, जबकि अन्य तीनों तरफ `A0/A1` के लिए `20 mm` और `A2/A3/A4/A5` के लिए `10 mm` छोड़ा जाता है।

(ग) प्रक्षेपण के सिद्धांत (Theory of Projections — Orthographic & Isometric)

• जब किसी वस्तु के बिंदुओं से प्रक्षेपण रेखाएँ (Projectors) एक-दूसरे के समांतर और प्रक्षेपण तल (Plane of Projection) के लंबवत खींची जाती हैं, तो इसे **लंबकोणीय प्रक्षेपण (Orthographic Projection)** कहते हैं।

• **प्रथम कोण प्रक्षेपण (First Angle Projection):**

• वस्तु को **प्रथम चतुर्थांश (First Quadrant — HP के ऊपर और VP के सामने)** में रखा जाता है।

• अनुक्रम: **प्रेक्षक (Observer) वस्तु (Object) प्रक्षेपण तल (Plane)**। यहाँ वस्तु अपारदर्शी मानी जाती है।

• इसमें **शीर्ष दृश्य (Top View / Plan)** हमेशा **सम्मुख दृश्य (Front View / Elevation) के नीचे** बनता है, और बायाँ पार्श्व दृश्य (Left Side View) दाईं ओर बनता है। भारत (BIS) और यूरोप में यही मानक प्रयुक्त होता है।

• **तृतीय कोण प्रक्षेपण (Third Angle Projection):**

• वस्तु को **तृतीय चतुर्थांश (Third Quadrant — HP के नीचे और VP के पीछे)** में रखा जाता है।

• अनुक्रम: **प्रेक्षक (Observer) पारदर्शी प्रक्षेपण तल (Transparent Plane) वस्तु (Object)**।

• इसमें **शीर्ष दृश्य (Top View)** हमेशा **सम्मुख दृश्य (Front View) के ऊपर** बनता है, और बायाँ दृश्य बाईं ओर तथा दायाँ दृश्य दाईं ओर बनता है। यह अमेरिका (ANSI) में प्रचलित है।

• **प्रतीक (Symbol of Projection):** दोनों कोणों की पहचान एक **छिन्नक शंकु (Frustum of a Cone)** के सम्मुख और पार्श्व दृश्य से होती है। यदि शंकु के दोनों समकेंद्रित वृत्त (Side View) समलंब चतुर्भुज के छोटे सिरे की तरफ हों तो **3rd Angle** और बड़े सिरे के दूसरी तरफ हों तो **1st Angle** प्रक्षेपण होता है।

• **सममितीय प्रक्षेपण (Isometric Projection):**

• यह एक एकल-दृश्य त्रि-आयामी (3D Pictorial) प्रक्षेपण है जिसमें वस्तु के तीनों प्रमुख अक्ष एक-दूसरे से **120°** के कोण पर झुके होते हैं और क्षैतिज रेखा से दोनों आधार अक्ष **30°** का कोण बनाते हैं।

• इसमें वास्तविक लंबाई की तुलना में रेखाएँ छोटी दिखाई देती हैं। सममितीय लंबाई और वास्तविक लंबाई का अनुपात **√(2/3) = 0.8165** **(लगभग 81.65%)** होता है।

(घ) ज्यामितीय आकृतियाँ एवं शांकव परिच्छेद (Geometrical Figures & Conic Sections)

• **शांकव परिच्छेद (Conic Sections):** जब एक समतल किसी लंब वृत्तीय शंकु को विभिन्न कोणों पर काटता है, तो प्राप्त आकृतियाँ शांकव कहलाती हैं। इनकी पहचान **उत्केंद्रता (Eccentricity e)** से होती है:

1. **वृत्त (Circle):** **e = 0** (काटने वाला तल आधार के समांतर होता है)।
2. **दीर्घवृत्त (Ellipse):** **e < 1** (तल सभी जनित्र रेखाओं को काटता है और आधार से झुका होता है)।
3. **परवलय (Parabola):** **e = 1** (तल शंकु की एक जनित्र रेखा / Generator के समांतर होता है)।
4. **अतिपरवलय (Hyperbola):** **e > 1** (तल शंकु के अक्ष के समांतर या जनित्र से अधिक कोण पर काटता है)।

1.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- **ड्राइंग शीट भुजा अनुपात (चौड़ाई W : लंबाई L) = 1 : √2 = 1 : 1.414**
- **A0 शीट का क्षेत्रफल (Area) = W × L = 0.841 m × 1.189 m = 1.0 m²**
- **निरूपक भिन्न (Representative Fraction - RF) = (ड्राइंग पर वस्तु की माप) / (वस्तु की वास्तविक माप)**
- **क्षेत्रफल आधारित RF = √((ड्राइंग पर क्षेत्रफल) / (वास्तविक क्षेत्रफल))**
- **आयतन आधारित RF = [(ड्राइंग पर आयतन) / (वास्तविक आयतन)]^(1/3)**

- पैमाने की अधिकतम लंबाई (Length of Scale - LOS) = RF × मापी जाने वाली अधिकतम वास्तविक लंबाई
- सममितीय पैमाना (Isometric Scale) = (सममितीय लंबाई) / (वास्तविक लंबाई) = cos 45° / cos 30° = √2 / √3 = √(2/3) = 0.8165
- उत्केंद्रता (Eccentricity e) = (नाभि Focus से बिंदु की दूरी) / (नियता Directrix से बिंदु की दूरी)
- n भुजाओं वाले समबहुभुज के सभी अंतः कोणों का योग = (n - 2) × 180°
- समबहुभुज का प्रत्येक अंतः कोण (Interior Angle) = [(n - 2) × 180°] / n
- समबहुभुज का प्रत्येक बहिष्कोण (Exterior Angle) = 360° / n
- समबहुभुज में विकर्णों (Diagonals) की कुल संख्या = [n × (n - 3)] / 2

1.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

- लंबकोणीय प्रक्षेपण कार्यप्रणाली:

[नोड 1: त्रि-आयामी वस्तु एवं चतुर्थांश चयन (1st/3rd Quadrant)] [नोड 2: समांतर व लंबवत प्रक्षेपण किरणें (Orthogonal Projectors)] [नोड 3: संदर्भ रेखा (XY Line) के सापेक्ष HP का 90° दक्षिणावर्त घूर्णन] [नोड 4: द्वि-आयामी शीट पर Front, Top व Side View का निरूपण]

- मापन पैमाने (Scales) का वर्गीकरण:

[नोड 1: निरूपक भिन्न (RF) की गणना] [नोड 2: लघुकरण पैमाना (Reducing Scale: RF < 1, जैसे भवन/पुल)] [नोड 3: पूर्ण आकार पैमाना (Full Scale: RF = 1, जैसे छोटे पुर्जे)] [नोड 4: आवर्धक पैमाना (Enlarging Scale: RF > 1, जैसे घड़ी के गियर/सूक्ष्म चिप)]

1.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 1.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3
सारणी 1.1: मानक ड्राइंग शीट व ड्राइंग बोर्ड के आयाम (BIS SP 46)	सारणी 1.2: BIS (IS 10714 / SP 46) के अनुसार रेखाओं के प्रकार एवं अनुप्रयोग	सारणी 1.3: प्रथम कोण (1st Angle) बनाम तृतीय कोण (3rd Angle) प्रक्षेपण

सारणी 1.1: मानक ड्राइंग शीट व ड्राइंग बोर्ड के आयाम (BIS SP 46)

शीट पदनाम	कटी हुई शीट का आकार (Trimmed Size in mm)	बिना कटी शीट (Untrimmed Size in mm)	संगत ड्राइंग बोर्ड पदनाम	ड्राइंग बोर्ड का आकार (L × W × T in mm)
A0	841 × 1189	880 × 1230	D0 (Antiquarian)	1500 × 1000 × 25
A1	594 × 841	625 × 880	D1 (Double Elephant)	1000 × 700 × 25
A2	420 × 594	450 × 625	D2 (Imperial)	700 × 500 × 15
A3	297 × 420	330 × 450	D3 (Half Imperial)	500 × 350 × 15
A4	210 × 297	240 × 330	—	सामान्य क्लिपबोर्ड / डेस्क
A5	148 × 210	165 × 240	—	पॉकेट / नोटपैड आकार

सारणी 1.2: BIS (IS 10714 / SP 46) के अनुसार रेखाओं के प्रकार एवं अनुप्रयोग

रेखा प्रकार	रेखा का विवरण (Description)	पेंसिल ग्रेड	मुख्य अभियांत्रिकी अनुप्रयोग (Applications)
प्रकार A	सतत मोटी रेखा (Continuous Thick)	H या HB	दृश्यमान बाहरी रूपरेखा (Visible Outlines) और दृश्यमान किनारे
प्रकार B	सतत पतली सीधी रेखा (Continuous Thin)	2H या 3H	विमा रेखा (Dimension Line), विस्तार रेखा (Extension Line), हैचिंग (45° पर), लीडर लाइन
प्रकार C	सतत पतली मुक्तहस्त लहरदार (Freehand Wavy)	2H	आंशिक या बाधित दृश्यों की सीमा (Short Break Line)
प्रकार D	सतत पतली ज़िग-ज़ैग रेखा (Thin Ruled with Zig-Zags)	2H	लंबी टूटन रेखा (Long Break Line — मशीन व ऑटोमोबाइल ड्राइंग में)
प्रकार E / F	खंडित मोटी / पतली रेखा (Dashed Thick/Thin — डैश 3 mm, अंतराल 1 mm)	H या 2H	अदृश्य या छुपे हुए किनारे और समोच्च (Hidden Outlines and Edges)
प्रकार G	श्रृंखला पतली रेखा (Chain Thin — लंबा डैश व बिंदु एकांतर में)	2H	केंद्र रेखाएँ (Center Lines), सममिति अक्ष (Lines of Symmetry), पिच वृत्त
प्रकार H	श्रृंखला पतली, सिरों व दिशा परिवर्तन पर मोटी	H और 2H	कर्तन तल (Cutting Planes / Section Planes) का निरूपण
प्रकार J	श्रृंखला मोटी रेखा (Chain Thick)	H	विशेष सतह उपचार (जैसे ऊष्मा उपचार या इलेक्ट्रोप्लेटिंग) वाले हिस्से का संकेत
प्रकार K	श्रृंखला पतली दोहरे-डैश वाली (Chain Thin Double-Dashed)	2H	गतिमान पुर्जों की वैकल्पिक या चरम स्थितियाँ (Centroidal Lines / Locus)

सारणी 1.3: प्रथम कोण (1st Angle) बनाम तृतीय कोण (3rd Angle) प्रक्षेपण

तुलना का आधार	प्रथम कोण प्रक्षेपण (1st Angle Projection)	तृतीय कोण प्रक्षेपण (3rd Angle Projection)
वस्तु की स्थिति	प्रथम चतुर्थांश (HP के ऊपर, VP के सामने)	तृतीय चतुर्थांश (HP के नीचे, VP के पीछे)
प्रक्षेपण तल की प्रकृति	अपारदर्शी (Opaque / Non-transparent)	पारदर्शी (Transparent)
सापेक्ष क्रम	प्रेक्षक वस्तु प्रक्षेपण तल	प्रेक्षक प्रक्षेपण तल वस्तु
दृश्यों की स्थिति	Top View नीचे, Front View ऊपर; Left View दाईं ओर	Top View ऊपर, Front View नीचे; Left View बाईं ओर
मानक उपयोगकर्ता देश	भारत (BIS), ब्रिटेन, यूरोपीय संघ, ISO मानक	संयुक्त राज्य अमेरिका (USA - ANSI), कनाडा, जापान

1.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #1 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 1.1: एक मानचित्र पर **125 वर्ग किलोमीटर (125 km²)** के वास्तविक क्षेत्र को **5 cm²** के क्षेत्रफल द्वारा दर्शाया गया है। इस पैमाने की निरूपक भिन्न (RF) ज्ञात कीजिए तथा बताइए कि **60 km** की अधिकतम दूरी मापने के लिए पैमाने की लंबाई (LOS) कितनी होगी?

• **हल:**

1. दिया गया है: ड्राइंग पर क्षेत्रफल = **5 cm²**, वास्तविक क्षेत्रफल = **125 km²**।
2. क्षेत्रफल आधारित सूत्र: **RF = √((ड्राइंग पर क्षेत्रफल) / (वास्तविक क्षेत्रफल))**
3. मान रखने पर: **RF = √(5 cm² / 125 km²) = √(1 cm² / 25 km²) = 1 cm / 5 km**
4. चूँकि **1 km = 1000 m = 1,00,000 cm**, अतः **5 km = 5,00,000 cm**।

5. इसलिए **RF = 1 / 5,00,000** (या **1 : 5,00,000**)।

6. अब पैमाने की लंबाई (LOS) = **RF × अधिकतम वास्तविक लंबाई = (1 / 5,00,000) × (60 × 1,00,000 cm) = 60 / 5 = 12 cm**।

7. **उत्तर:** **RF = 1 : 5,00,000** तथा पैमाने की लंबाई **LOS = 12 cm**।

अभ्यास प्रश्न #2 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 1.2: किसी घनाकार गुटके की वास्तविक कोर (True Edge Length) **100 mm** है। यदि इसका सममितीय प्रक्षेपण (Isometric Projection) बनाया जाए, तो ड्राइंग पर इसकी सममितीय लंबाई कितनी होगी?

• **हल:**

1. दिया गया है: वास्तविक लंबाई (True Length) = **100 mm**।

2. सूत्र: **सममितीय लंबाई = सममितीय पैमाना × वास्तविक लंबाई = √(2/3) × वास्तविक लंबाई = 0.8165 × 100 mm = 81.65 mm**।

3. **उत्तर:** सममितीय प्रक्षेपण में कोर की लंबाई **81.65 mm** होगी (जबकि Isometric View/Drawing में वास्तविक लंबाई **100 mm** ही ली जाती है)।

अभ्यास प्रश्न #3 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 1.3: एक समअष्टभुज (Regular Octagon, **n = 8**) के प्रत्येक अंतः कोण, बहिष्कोण तथा कुल विकर्णों की संख्या ज्ञात कीजिए।

• **हल:**

1. भुजाओं की संख्या **n = 8**।

2. प्रत्येक बहिष्कोण = **360° / n = 360° / 8 = 45°**।

3. प्रत्येक अंतः कोण = **180° - बहिष्कोण = 180° - 45° = 135°** (या सूत्र **[(8 - 2) × 180°] / 8 = 135°**)।

4. कुल विकर्णों की संख्या = **[n × (n - 3)] / 2 = [8 × (8 - 3)] / 2 = 40 / 2 = 20**।

5. **उत्तर:** अंतः कोण = **135°**, बहिष्कोण = **45°**, विकर्णों की संख्या = **20**।

1.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-1]** भारतीय मानक ब्यूरो (BIS) के अनुसार **A2** आकार की ट्रिम्ड ड्राइंग शीट की माप क्या होती है?

• (A) 594 mm × 841 mm

• (B) 420 mm × 594 mm

• (C) 297 mm × 420 mm

• (D) 210 mm × 297 mm

• **उत्तर: (B) 420 mm × 594 mm**

• **व्याख्या:** **A0 = 841 × 1189 mm**, **A1 = 594 × 841 mm**, **A2 = 420 × 594 mm**, **A3 = 297 × 420 mm** तथा **A4 = 210 × 297 mm**।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-2]** ड्राइंग में अदृश्य किनारों (Hidden Edges) को दर्शाने के लिए किस प्रकार की रेखा का प्रयोग किया जाता है?

• (A) सतत मोटी रेखा (Type A)

• (B) सतत पतली रेखा (Type B)

• (C) खंडित या डैश रेखा (Dashed Line - Type E/F)

• (D) श्रृंखला पतली रेखा (Chain Thin Line - Type G)

• **उत्तर: (C) खंडित या डैश रेखा (Dashed Line - Type E/F)**

• **व्याख्या:** वस्तु के छुपे हुए किनारों को समान लंबाई के छोटे डैश (**3 mm**) और छोटे अंतराल (**1 mm**) वाली खंडित रेखा (Type E या F) से दर्शाया जाता है।

3. **[RRB JE CBT-1 / ALP Stage-2]** एक शांकव वक्र (Conic Section) जिसकी उत्केंद्रता **e = 4/3** है, वह कौन-सी ज्यामितीय आकृति बनाएगा?

• (A) वृत्त (Circle)

• (B) दीर्घवृत्त (Ellipse)

• (C) परवलय (Parabola)

• (D) अतिपरवलय (Hyperbola)

• **उत्तर: (D) अतिपरवलय (Hyperbola)**

• **व्याख्या:** यहाँ **e = 4/3 = 1.33 > 1** है। जब उत्केंद्रता **1** से अधिक होती है, तो वक्र अतिपरवलय (Hyperbola) होता है।

4. **[RRB ALP Stage-2, 23 Jan 2019]** इंजीनियरिंग ड्राइंग में हैचिंग या सेक्शन रेखाएँ (Hatching Lines) सामान्यतः मुख्य अक्ष या रूपरेखा से कितने डिग्री के कोण पर खींची जाती हैं?

• (A) 30°

• (B) 45°

• (C) 60°

• (D) 75°

• **उत्तर: (B) 45°**

• **व्याख्या:** कटे हुए भाग (Sectioned Surface) को दर्शाने के लिए **Type B** (सतत पतली) रेखाएँ आपस में समांतर और मुख्य आधार रेखा से **45°** के कोण पर समान दूरी (**1 mm** से **3 mm**) पर खींची जाती हैं।

अध्याय 2: मात्रक, मापन एवं सार्थक अंक (Units, Measurements, Vernier Calliper, Micrometer & Error Analysis)

2.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 2.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
(क) मात्रकों की प्रणालियाँ एवं SI प्रणाली (Systems of Units & SI System)	**(ख) सूक्ष्म मापन यंत्र: वर्नियर कैलिपर्स और माइक्रोमीटर स्क्रू गेज**	**(ग) सार्थक अंक (Significant Figures) के नियम**	**(घ) त्रुटि विश्लेषण (Error Analysis)**

भौतिकी और अभियांत्रिकी में किसी भी भौतिक राशि (Physical Quantity) के सटीक परिमाण को व्यक्त करने के लिए एक मानक संदर्भ की आवश्यकता होती है, जिसे **मात्रक (Unit)** कहते हैं। किसी भौतिक राशि का परिमाण **Q = n × u** होता है, जहाँ **n** संख्यात्मक मान और **u** मात्रक है (**n ∝ 1/u** , अर्थात् मात्रक जितना बड़ा होगा, संख्यात्मक मान उतना ही छोटा होगा)।

(क) मात्रकों की प्रणालियाँ एवं SI प्रणाली (Systems of Units & SI System)

1. **प्रमुख प्रणालियाँ:**

• **CGS प्रणाली (फ्रेंच/गाउसियन प्रणाली):** सेंटीमीटर (cm), ग्राम (g), सेकंड (s)।

• **FPS प्रणाली (ब्रिटिश प्रणाली):** फुट (ft), पाउंड (lb), सेकंड (s)।

• **MKS प्रणाली:** मीटर (m), किलोग्राम (kg), सेकंड (s)।

• **SI प्रणाली (अंतरराष्ट्रीय मात्रक प्रणाली — Système International d'Unités):** वर्ष **1960** में नापतौल के सामान्य सम्मेलन (CGPM, पेरिस) द्वारा MKS प्रणाली का विस्तार करके इसे वैश्विक मानक के रूप में अपनाया गया। इसमें **7 मूल मात्रक (Fundamental Units)** और **2 संपूरक मात्रक (Supplementary Units)** शामिल हैं।

2. **खगोलीय एवं सूक्ष्म दूरियों के विशेष मात्रक:**

• **खगोलीय इकाई (Astronomical Unit - AU):** सूर्य और पृथ्वी के केंद्रों के बीच की औसत दूरी = **1.496 × 10^11 m**।

• **प्रकाश वर्ष (Light Year - ly):** निर्वात में प्रकाश द्वारा **1 वर्ष** में तय की गई दूरी = **9.46 × 10^15 m** (यह **दूरी** का मात्रक है, समय का नहीं)।

• **पारसेक (Parsec - Parallactic Second):** दूरी का सबसे बड़ा मात्रक = **3.08 × 10^16 m = 3.26 प्रकाश वर्ष**।

• **सूक्ष्म मात्रक:** 1 माइक्रोन (**1 µm**) = **10^-6 m**; 1 नैनोमीटर (**1 nm**) = **10^-9 m**; 1 एंग्स्ट्रॉम (**1 Å**) = **10^-10 m** (प्रकाश की तरंगदैर्ध्य मापने में); 1 फर्मी या फेम्टोमीटर (**1 fm**) = **10^-15 m** (परमाणु नाभिक की त्रिज्या मापने में)।

(ख) सूक्ष्म मापन यंत्र: वर्नियर कैलिपर्स और माइक्रोमीटर स्क्रू गेज

1. **वर्नियर कैलिपर्स (Vernier Callipers):**

• **आविष्कारक:** फ्रांसीसी गणितज्ञ **पियरे वर्नियर (Pierre Vernier, 1631)**।

• **संरचना व सामग्री:** यह मुख्यतः **निकेल-क्रोमियम स्टील (Nickel-Chromium Steel) या स्टेनलेस स्टील** से बना होता है। इसमें एक **मुख्य पैमाना (Main Scale)** और उस पर फिसलने वाला एक **वर्नियर पैमाना (Vernier Scale)** होता है।

• **उपयोग:** इसके **बाहरी जबड़ों (Outside/Lower Jaws)** से बेलन या गोले का बाहरी व्यास, **आंतरिक जबड़ों (Inside/Upper Jaws / Nib)** से खोखली नली का आंतरिक व्यास, तथा पीछे लगी पतली पट्टी **(Depth Probe/Blade)** से किसी अंधे छिद्र या बर्तन की गहराई मापी जाती है।

• **सिद्धांत:** मानक मीट्रिक वर्नियर कैलिपर्स में वर्नियर पैमाने के **50 भाग** मुख्य पैमाने के **49 mm** के बराबर होते हैं, जिससे इसका अल्पतमांक (Least Count) **0.02 mm** प्राप्त होता है। प्रयोगशाला के साधारण वर्नियर कैलिपर्स में वर्नियर के **10 भाग = 9 mm** होते हैं, जिसका अल्पतमांक **0.1 mm (या 0.01 cm)** होता है।

2. **माइक्रोमीटर स्क्रू गेज (Micrometer Screw Gauge):**

• **आविष्कारक:** विलियम गैसकोइन (William Gascoigne) तथा आधुनिक रूप **जीन पामर (Jean Laurent Palmer, 1848)**।

• **सिद्धांत:** यह **नट और बोल्ट (पेच और चूड़ी — Screw and Nut)** के सिद्धांत पर कार्य करता है।

• **पिच (Pitch / Lead):** थिम्बल (Thimble) को एक पूरा चक्कर (**360°**) घुमाने पर स्पिंडल (Spindle) अक्षीय दिशा में जितनी दूरी आगे या पीछे चलता है, उसे **पिच** कहते हैं (सामान्यतः **0.5 mm** या **1 mm**)।

• **रैचेट स्टॉप (Ratchet Stop):** यह थिम्बल के सबसे पीछे लगा होता है। यह मापी जाने वाली वस्तु पर **समान मापन दाब (Uniform Measuring Pressure)** सुनिश्चित करता है और अधिक कसने से रोकता है (चट-चट की आवाज करता है)।

• **शून्यांक त्रुटि (Zero Error):**

• जब दोनों मापन सतहें (Anvil व Spindle) आपस में सटी हों और वृत्तीय पैमाने का शून्य (0) डेटम रेखा (Reference Line) से नीचे (पीछे) रह जाए, तो त्रुटि **धनात्मक (+ve)** होती है और वास्तविक पाठ्यांक के लिए इसे **घटाया (-ve सुधार)** जाता है।

• यदि वृत्तीय पैमाने का शून्य डेटम रेखा से ऊपर (आगे) निकल जाए, तो त्रुटि **ऋणात्मक (-ve)** होती है और वास्तविक पाठ्यांक में इसे **जोड़ा (+ve सुधार)** जाता है।

(ग) सार्थक अंक (Significant Figures) के नियम

1. सभी **गैर-शून्य अंक (Non-zero digits: 1 से 9)** सदैव सार्थक होते हैं (जैसे `4528` में `4` सार्थक अंक हैं)।
2. दो गैर-शून्य अंकों के **बीच आने वाले सभी शून्य** सार्थक होते हैं (जैसे `2005` में `4` सार्थक अंक हैं)।
3. यदि संख्या `1` से छोटी है, तो दशमलव बिंदु के दाईं ओर लेकिन प्रथम गैर-शून्य अंक के बाईं ओर के शून्य सार्थक **नहीं** होते (जैसे `0.0045` में केवल `2` सार्थक अंक हैं)।
4. दशमलव वाली संख्या में **अंतिम गैर-शून्य अंक के बाद आने वाले सभी शून्य** सार्थक होते हैं (जैसे `2.500` में `4` तथा `0.060` में `2` सार्थक अंक हैं)।
5. बिना दशमलव वाली संख्या के अंत के शून्य सार्थक नहीं माने जाते (जब तक उनके पीछे मात्रक न लगा हो), और `10 की घात (10^n)` का सार्थक अंकों की गिनती पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता (जैसे `4.50 × 10^6` में `3` सार्थक अंक हैं)।

(घ) त्रुटि विश्लेषण (Error Analysis)

• जब दो राशियों `A` और `B` को जोड़ा या घटाया जाता है (`Z = A ± B`), तो अधिकतम निरपेक्ष त्रुटि दोनों की निरपेक्ष त्रुटियों के योग के बराबर होती है (`ΔZ = ΔA + ΔB`)।

• जब राशियों का गुणा, भाग या घातांक किया जाता है (`Z = (A^p × B^q) / C^r`), तो अधिकतम **प्रतिशत त्रुटि** प्रत्येक राशि की प्रतिशत त्रुटि को उसकी घात से गुणा करके जोड़ने पर प्राप्त होती है। (ध्यान दें: अधिकतम संभावित त्रुटि में कभी भी ऋण चिह्न नहीं आता, त्रुटियाँ सदैव जुड़ती हैं)।

2.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- `भौतिक राशि का परिमाण (Q) = n1 × u1 = n2 × u2`
- `वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक (LC) = 1 मुख्य पैमाना भाग (MSD) - 1 वर्नियर पैमाना भाग (VSD)`
- `यदि वर्नियर के n भाग मुख्य पैमाने के (n - 1) भागों के बराबर हों, तो LC = (1 / n) × 1 MSD`
- `माइक्रोमीटर स्क्रू गेज का अल्पतमांक (LC) = पिच (Pitch) / वृत्तीय पैमाने पर कुल भागों की संख्या (N)`
- `पिच (Pitch) = (स्पिंडल द्वारा तय की गई रेखीय दूरी) / (पूर्ण चक्करों की संख्या)`
- `यंत्र का कुल प्रेक्षित पाठ्यांक = मुख्य पैमाना पाठ्यांक (MSR) + (संपाती भाग × अल्पतमांक LC)`
- `सही (वास्तविक) पाठ्यांक = प्रेक्षित पाठ्यांक - चिह्न सहित शून्यांक त्रुटि (Zero Error)`
- `माध्य निरपेक्ष त्रुटि (Δa_mean) = (|Δa1| + |Δa2| + ... + |Δan|) / n`
- `आपेक्षिक त्रुटि (Relative Error) = माध्य निरपेक्ष त्रुटि (Δa_mean) / माध्य मान (a_mean)`
- `प्रतिशत त्रुटि (Percentage Error) = (Δa_mean / a_mean) × 100%`
- `यदि Z = (A^p × B^q) / C^r हो, तो Z में प्रतिशत त्रुटि (ΔZ/Z × 100) = p×(ΔA/A × 100) + q×(ΔB/B × 100) + r×(ΔC/C × 100)`

2.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

• **सूक्ष्म मापन एवं त्रुटि निवारण प्रक्रिया:**

[नोड 1: यंत्र के अल्पतमांक (LC) व शून्यांक त्रुटि (Zero Error) की जाँच] [नोड 2: मुख्य पैमाना (MSR) एवं वर्नियर/थिम्बल संपाती भाग का पठन] [नोड 3: प्रेक्षित पाठ्यांक = MSR + (VSR × LC) की गणना] [नोड 4: शून्यांक त्रुटि घटाकर एवं सार्थक अंकों में पूर्णांकित कर अंतिम मान प्राप्त करना]

2.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 2.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 2.1: SI प्रणाली के 7 मूल मात्रक एवं 2 संपूरक मात्रक

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 2.2: परीक्षा में सर्वाधिक पूछे जाने वाले व्युत्पन्न मात्रक एवं विमीय सूत्र

सारणी 2.1: SI प्रणाली के 7 मूल मात्रक एवं 2 संपूरक मात्रक

क्र.	भौतिक राशि (Physical Quantity)	SI मात्रक (Unit Name)	प्रतीक	विमीय सूत्र (Dimensional Formula)
1	लंबाई (Length)	मीटर (Meter)	m	[M^0 L^1 T^0]
2	द्रव्यमान (Mass)	किलोग्राम (Kilogram)	kg	[M^1 L^0 T^0]
3	समय (Time)	सेकंड (Second)	s	[M^0 L^0 T^1]
4	विद्युत धारा (Electric Current)	एम्पियर (Ampere)	A	[M^0 L^0 T^0 A^1]
5	ऊष्मागतिकीय तापमान (Temperature)	केल्विन (Kelvin)	K	[M^0 L^0 T^0 K^1]
6	पदार्थ की मात्रा (Amount of Substance)	मोल (Mole)	mol	[mol^1]
7	ज्योति तीव्रता (Luminous Intensity)	कैंडेला (Candela)	cd	[cd^1]
संपूरक 1	समतल कोण (Plane Angle — θ = चाप/त्रिज्या)	रेडियन (Radian)	rad	विमाहीन ([M^0 L^0 T^0])
संपूरक 2	घन कोण (Solid Angle — Ω = क्षेत्रफल/r²)	स्टेरेडियन (Steradian)	sr	विमाहीन ([M^0 L^0 T^0])

सारणी 2.2: परीक्षा में सर्वाधिक पूछे जाने वाले व्युत्पन्न मात्रक एवं विमीय सूत्र

भौतिक राशि	संबंध सूत्र	SI मात्रक	CGS मात्रक व संबंध	विमीय सूत्र
बल (Force)	F = m × a	न्यूटन (N या kg·m/s²)	डाइन (1 N = 10^5 Dyne)	[M^1 L^1 T^-2]
कार्य / ऊर्जा / बल-आघूर्ण	W = F × s	जूल (J या N·m)	अर्ग (1 J = 10^7 Erg)	[M^1 L^2 T^-2]
दाब / प्रतिबल / प्रत्यास्थता गुणांक	P = F / A	पास्कल (Pa या N/m²)	1 Bar = 10^5 Pa	[M^1 L^-1 T^-2]
शक्ति (Power)	P = W / t	वाट (W या J/s)	1 HP = 746 W	[M^1 L^2 T^-3]
संवेग / आवेग (Momentum/ Impulse)	p = m × v = F × t	kg·m/s या N·s	g·cm/s	[M^1 L^1 T^-1]
पृष्ठ तनाव (Surface Tension)	T = F / L	N/m या J/m²	Dyne/cm	[M^1 L^0 T^-2]
श्यानता गुणांक (Viscosity)	F = η × A × (dv/dx)	Pa·s या N·s/m² (डेकापॉइज़)	पॉइज़ (1 Pa·s = 10 Poise)	[M^1 L^-1 T^-1]

भौतिक राशि	संबंध सूत्र	SI मात्रक	CGS मात्रक व संबंध	विमीय सूत्र
गुरुत्वाकर्षण नियतांक (G)	G = (F × r²) / (m1 × m2)	N·m²/kg²	6.67 × 10^-11 N·m²/kg²	[M^-1 L^3 T^-2]
प्लांक नियतांक (h) / कोणीय संवेग	E = h × ν	जूल-सेकंड (J·s)	6.626 × 10^-34 J·s	[M^1 L^2 T^-1]

2.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #4 — परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 2.1: एक वर्कशॉप वर्नियर कैलिपर्स के मुख्य पैमाने पर 1 भाग = 1 mm है तथा वर्नियर पैमाने के 50 भाग मुख्य पैमाने के 49 भागों से मेल खाते हैं। किसी छड़ का व्यास मापते समय मुख्य पैमाने का पाठ्यांक 24 mm आता है और वर्नियर का 28वाँ भाग मुख्य पैमाने के किसी भाग के ठीक संपाती है। यदि यंत्र में -0.04 mm की शून्यांक त्रुटि हो, तो छड़ का वास्तविक व्यास ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. अल्पतमांक LC = 1 MSD - 1 VSD = 1 mm - (49/50) mm = (1/50) mm = 0.02 mm।
2. मुख्य पैमाना पाठ्यांक (MSR) = 24 mm।
3. वर्नियर संपाती भाग (VSR) = 28।
4. प्रेक्षित पाठ्यांक = MSR + (VSR × LC) = 24 + (28 × 0.02) = 24 + 0.56 = 24.56 mm।
5. वास्तविक पाठ्यांक = प्रेक्षित पाठ्यांक - (शून्यांक त्रुटि) = 24.56 - (-0.04) = 24.56 + 0.04 = 24.60 mm।
6. **उत्तर:** छड़ का वास्तविक व्यास 24.60 mm है।

अभ्यास प्रश्न #5 — परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 2.2: एक माइक्रोमीटर स्क्रू गेज की पिच 0.5 mm है और इसके वृत्तीय पैमाने (Thimble) पर 50 बराबर भाग हैं। एक तार का व्यास मापते समय मुख्य पैमाने पर 3.5 mm दिखता है और वृत्तीय पैमाने का 32वाँ भाग संदर्भ रेखा से मिलता है। तार का व्यास कितना है?

• हल:

1. अल्पतमांक LC = पिच / वृत्तीय भागों की संख्या = 0.5 mm / 50 = 0.01 mm।
2. प्रेक्षित व्यास = MSR + (CSR × LC) = 3.5 mm + (32 × 0.01 mm) = 3.5 + 0.32 = 3.82 mm।
3. **उत्तर:** तार का व्यास 3.82 mm है।

अभ्यास प्रश्न #6 — परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 2.3: किसी गोले की त्रिज्या के मापन में 2% की त्रुटि तथा द्रव्यमान के मापन में 3% की त्रुटि होती है। गोले के पदार्थ के घनत्व (Density) की गणना में अधिकतम प्रतिशत त्रुटि कितनी होगी?

• हल:

1. गोले का आयतन V = (4/3) × π × r³ तथा घनत्व ρ = द्रव्यमान (m) / आयतन (V) = m / [(4/3) × π × r³]।
2. चूँकि (4/3) × π एक नियतांक है, इसमें कोई त्रुटि नहीं होती।
3. घनत्व में प्रतिशत त्रुटि सूत्र: (Δρ/ρ × 100) = (Δm/m × 100) + 3 × (Δr/r × 100)
4. मान रखने पर: प्रतिशत त्रुटि = 3% + (3 × 2%) = 3% + 6% = 9%।
5. **उत्तर:** घनत्व के मापन में अधिकतम संभावित त्रुटि 9% होगी।

2.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-2]** निम्नलिखित में से किन दो भौतिक राशियों का विमीय सूत्र (Dimensional Formula) बिल्कुल समान है?

• (A) बल और कार्य

• (B) कार्य और बल-आघूर्ण (Torque)

• (C) संवेग और ऊर्जा

• (D) शक्ति और दाब

• उत्तर: (B) कार्य और बल-आघूर्ण (Torque)

• **व्याख्या:** कार्य (`W = F × s`) और बल-आघूर्ण (`τ = F × r`) दोनों का विमीय सूत्र `[M^1 L^2 T^-2]` होता है। इसी प्रकार संवेग और आवेग का `[M^1 L^1 T^-1]` तथा दाब, प्रतिबल और यंग प्रत्यास्थता गुणांक का `[M^1 L^-1 T^-2]` समान होता है।

2. **[RRB Technician / SSC JE]** संख्या `0.005080` में सार्थक अंकों (Significant Figures) की कुल संख्या कितनी है?

• (A) 3

• (B) 4

• (C) 6

• (D) 7

• उत्तर: (B) 4

• **व्याख्या:** `1` से छोटी दशमलव संख्या में प्रथम गैर-शून्य अंक (`5`) से पहले के शून्य (`0.00`) सार्थक नहीं होते, परंतु उसके बाद के सभी अंक (`5, 0, 8, 0`) सार्थक होते हैं। अतः सार्थक अंक = `4`।

3. **[DRDO CEPTAM / ISRO Fitter]** यदि किसी गतिमान वस्तु के द्रव्यमान के मापन में `1%` तथा वेग के मापन में `2%` की त्रुटि हो, तो उसकी गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy) के मापन में अधिकतम त्रुटि कितनी होगी?

• (A) 3%

• (B) 4%

• (C) 5%

• (D) 6%

• उत्तर: (C) 5%

• **व्याख्या:** `KE = (1/2) × m × v²` । अतः प्रतिशत त्रुटि = `(Δm/m × 100) + 2 × (Δv/v × 100) = 1% + 2 × (2%) = 5%` ।

अध्याय 3: द्रव्यमान, भार और घनत्व तथा उत्प्लावकता व आर्किमिडीज सिद्धांत (Mass, Weight, Density, Buoyancy & Archimedes' Principle)

3.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 3.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3
(क) द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight)	(ख) घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व (Density & Relative Density / Specific Gravity)	(ग) उत्प्लावकता, आर्किमिडीज का सिद्धांत एवं प्लवन के नियम (Buoyancy, Archimedes' Principle & Flotation)

(क) द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight)

• **द्रव्यमान (m):** किसी वस्तु में उपस्थित पदार्थ की वास्तविक मात्रा को उसका द्रव्यमान कहते हैं। यह वस्तु के **जड़त्व (Inertia)** की माप है। यह एक **अदिश राशि (Scalar Quantity)** है और ब्रह्मांड में प्रत्येक स्थान (पृथ्वी, चंद्रमा, अंतरिक्ष या पृथ्वी के केंद्र) पर **सदैव नियत (Constant)** रहता है।

• **भार (W):** पृथ्वी किसी वस्तु को जिस गुरुत्वाकर्षण बल से अपने केंद्र की ओर खींचती है, उसे वस्तु का भार कहते हैं ($W = m \times g$)। यह एक **सदिश राशि (Vector Quantity)** है, जिसका SI मात्रक **न्यूटन (N)** और व्यावहारिक/गुरुत्वीय मात्रक **kg-wt** या **kgf** ($1\ kgf = 9.8\ N$) है।

• **गुरुत्वीय त्वरण (g) के मान में परिवर्तन:**

1. **पृथ्वी की आकृति के कारण:** पृथ्वी ध्रुवों (Poles) पर चपटी और भूमध्य रेखा (Equator) पर उभरी हुई है ($R_{equator} > R_{pole}$ लगभग $21\ km$ अधिक)। चूँकि $g = (G \times M) / R^2$, इसलिए **ध्रुवों पर g और वस्तु का भार अधिकतम** तथा **भूमध्य रेखा (विषुवत रेखा) पर न्यूनतम** होता है।

2. **ऊँचाई व गहराई के साथ:** पृथ्वी की सतह से **ऊपर जाने पर भी g घटता है** और सतह से **गहराई (खदान) में जाने पर भी g घटता है।**

3. **पृथ्वी के केंद्र पर:** $g = 0$ होता है, इसलिए पृथ्वी के केंद्र पर किसी भी वस्तु का **भार शून्य ($W = 0$)** हो जाता है, किंतु द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है।

4. **चंद्रमा पर:** चंद्रमा का गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी का **1/6 भाग** ($g_{moon} = g_{earth} / 6$) होता है, अतः चंद्रमा पर वस्तु का भार पृथ्वी पर उसके भार का $1/6$ रह जाता है।

5. **लिफ्ट में आभासी भार (Apparent Weight in a Lift):**

• लिफ्ट स्थिर हो या एकसमान वेग से ऊपर/नीचे जा रही हो ($a = 0$): $R = m \times g$ (भार में कोई परिवर्तन नहीं)।

• लिफ्ट a त्वरण से **ऊपर** जा रही हो: $R = m \times (g + a)$ (भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है)।

• लिफ्ट a त्वरण से **नीचे** आ रही हो: $R = m \times (g - a)$ (भार घटा हुआ प्रतीत होता है)।

• लिफ्ट की रस्सी टूट जाए (मुक्त पतन, $a = g$): $R = m \times (g - g) = 0$ (**भारहीनता / Weightlessness** की स्थिति)।

(ख) घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व (Density & Relative Density / Specific Gravity)

• **घनत्व (ρ):** किसी पदार्थ के एकांक आयतन के द्रव्यमान को उसका घनत्व कहते हैं ($\rho = m / V$)। इसका SI मात्रक kg/m^3 और CGS मात्रक g/cm^3 है ($1\ g/cm^3 = 1000\ kg/m^3$)।

• **शुद्ध जल का घनत्व:** $4°C$ तापमान पर शुद्ध जल का घनत्व अधिकतम होता है, जिसका मान $1000\ kg/m^3$ या $1\ g/cm^3$ होता है।

• **आपेक्षिक घनत्व या विशिष्ट गुरुत्व (Relative Density / Specific Gravity — RD):**

• यह किसी पदार्थ के घनत्व और $4°C$ पर शुद्ध जल के घनत्व का अनुपात होता है।

• चूँकि यह दो समान राशियों का अनुपात है, इसलिए यह **मात्रकहीन और विमाहीन (Unitless & Dimensionless)** राशि है।

• किसी पदार्थ का CGS में घनत्व (g/cm^3 में) और उसका आपेक्षिक घनत्व संख्यात्मक रूप से बराबर होते हैं, जबकि SI में घनत्व प्राप्त करने के लिए **RD** को **1000 से गुणा** किया जाता है।

• **मापक यंत्र:** द्रवों का आपेक्षिक घनत्व व बैटरी के इलेक्ट्रोलाइट (H_2SO_4) की सांद्रता **हाइड्रोमीटर (Hydrometer)** से तथा दूध की शुद्धता **लैक्टोमीटर (Lactometer)** से मापी जाती है।

(ग) उत्प्लावकता, आर्किमिडीज का सिद्धांत एवं प्लवन के नियम (Buoyancy, Archimedes' Principle & Flotation)

• **उत्प्लावक बल (Buoyant Force / Upthrust F_B):** जब किसी वस्तु को किसी तरल (द्रव या गैस) में आंशिक या पूर्ण रूप से डुबोया जाता है, तो तरल द्वारा वस्तु पर ऊपर की दिशा में एक बल लगाया जाता है, जिसे **उत्प्लावक बल** कहते हैं। यह बल विस्थापित तरल के गुरुत्व केंद्र पर कार्य करता है, जिसे **उत्प्लावकता केंद्र (Center of Buoyancy - B)** कहते हैं।

• **आर्किमिडीज का सिद्धांत (Archimedes' Principle):**

• "जब कोई वस्तु किसी शांत तरल में आंशिक या पूर्ण रूप से डुबोई जाती है, तो उसके भार में एक आभासी कमी आती है। भार में यह आभासी कमी वस्तु द्वारा **हटाए गए (विस्थापित किए गए) तरल के भार के ठीक बराबर** होती है।"

• **प्लवन (तैरने) का सिद्धांत (Law of Flotation):**

1. यदि $\rho_{वस्तु} > \rho_{द्रव}$ (अर्थात् $W > F_B$): वस्तु द्रव में **डूब जाएगी** (जैसे पानी में लोहे की कील)।
2. यदि $\rho_{वस्तु} = \rho_{द्रव}$ (अर्थात् $W = F_B$): वस्तु द्रव के भीतर **पूरी तरह डूबी हुई तैरेगी**।
3. यदि $\rho_{वस्तु} < \rho_{द्रव}$: वस्तु का कुछ भाग द्रव के अंदर और कुछ भाग बाहर रखते हुए **सतह पर तैरेगी** (जैसे पानी पर बर्फ या पारे पर लोहा)।

• **बर्फ का तैरना:** बर्फ का घनत्व $0.9\ g/cm^3$ (या $900\ kg/m^3$) और जल का $1.0\ g/cm^3$ होता है। अतः पानी पर तैरते समय बर्फ का **9/10 भाग (90%) पानी के अंदर डूबा** रहता है और केवल **1/10 भाग (10%) पानी के ऊपर** दिखाई देता है। यदि किसी गिलास में तैरता हुआ बर्फ का टुकड़ा पूरी तरह पिघल जाए, तो **पानी के स्तर में कोई परिवर्तन नहीं होता (स्तर समान रहता है)**।

• **मेटासेंटर (Metacenter M) एवं जहाज की स्थिरता:** तैरती हुई वस्तु के स्थायी संतुलन (Stable Equilibrium) के लिए उसका **मेटासेंटर (M) सदैव उसके गुरुत्व केंद्र (G) से ऊपर होना चाहिए** (अर्थात् मेटासेंट्रिक ऊँचाई GM धनात्मक होनी चाहिए)।

3.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- **भार (Weight W) = द्रव्यमान (m) × गुरुत्वीय त्वरण (g)**
- **ऊँचाई h पर गुरुत्वीय त्वरण (जब h << R) : $g' = g \times [1 - (2h / R)]$**
- **गहराई d पर गुरुत्वीय त्वरण : $g' = g \times [1 - (d / R)]$**
- **घनत्व (Density ρ) = द्रव्यमान (m) / आयतन (V)**
- **आपेक्षिक घनत्व (RD) = (पदार्थ का घनत्व) / (4°C पर जल का घनत्व)**
- **आर्किमिडीज के अनुसार आपेक्षिक घनत्व (RD) = (हवा में वस्तु का भार W_{air}) / (हवा में भार W_{air} - जल में भार W_{water})**
- **किसी अन्य द्रव का आपेक्षिक घनत्व (RD_{liquid}) = (W_{air} - W_{liquid}) / (W_{air} - W_{water})**
- **उत्प्लावक बल (F_B) = डूबे भाग का आयतन (V_{sub}) × द्रव का घनत्व (ρ_{liquid}) × g**
- **द्रव में वस्तु का आभासी भार ($W_{apparent}$) = $W_{air} - F_B = W_{air} \times [1 - (\rho_{liquid} / \rho_{solid})]$**
- **तैरती हुई वस्तु के डूबे हुए भाग का अंश ($V_{submerged} / V_{total}$) = $\rho_{वस्तु} / \rho_{द्रव}$**
- **पास्कल का हाइड्रोलिक लिफ्ट नियम : $F1 / A1 = F2 / A2$**

- द्रव स्तंभ के कारण गहराई h पर गेज दाब (P_gauge) = ρ × g × h

3.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

- आर्किमिडीज सिद्धांत एवं प्लवन विश्लेषण:

[नोड 1: वस्तु को ρ_L घनत्व वाले तरल में डुबोना] [नोड 2: विस्थापित तरल के भार के बराबर ऊर्ध्वमुखी उत्प्लावक बल (F_B = V × ρ_L × g) की उत्पत्ति] [नोड 3: वस्तु के आभासी भार में कमी (W_app = W_air - F_B)] [नोड 4: घनत्व तुलना (ρ_s < ρ_L पर तैरना, ρ_s = ρ_L पर डूबकर तैरना, ρ_s > ρ_L पर डूब जाना)]

3.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 3.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 3.1: द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight) में मौलिक अंतर

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 3.2: प्रमुख पदार्थों के मानक घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व

सारणी 3.1: द्रव्यमान (Mass) और भार (Weight) में मौलिक अंतर

तुलना बिंदु	द्रव्यमान (Mass — m)	भार (Weight — W = m × g)
परिभाषा	वस्तु में निहित पदार्थ की कुल मात्रा और जड़त्व की माप	पृथ्वी द्वारा वस्तु पर लगाया गया गुरुत्वाकर्षण बल
राशि का प्रकार	अदिश राशि (Scalar Quantity)	सदिश राशि (Vector Quantity — दिशा पृथ्वी के केंद्र की ओर)
SI व CGS मात्रक	किलोग्राम (kg) तथा ग्राम (g)	न्यूटन (N) तथा डाइन (Dyne)
स्थान परिवर्तन का प्रभाव	सर्वत्र नियत (पृथ्वी, चंद्रमा, अंतरिक्ष में समान)	स्थान के अनुसार g बदलने पर बदलता है
शून्य होने की संभावना	किसी भी भौतिक वस्तु का द्रव्यमान कभी शून्य नहीं हो सकता	पृथ्वी के केंद्र पर या मुक्त पतन में भार शून्य हो सकता है
मापक यंत्र	साधारण दंड तुला / भौतिक तुला (Beam Balance)	कमानीदार तुला (Spring Balance)

सारणी 3.2: प्रमुख पदार्थों के मानक घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व

पदार्थ का नाम	घनत्व (kg/m³ में)	घनत्व (g/cm³ में) / आपेक्षिक घनत्व (RD)	परीक्षा हेतु विशेष तथ्य
बर्फ (Ice)	900 – 920	0.90 – 0.92	जल से कम घनत्व होने के कारण जल पर तैरती है
शुद्ध जल (4°C पर)	1000	1.00	संदर्भ मानक; 4°C पर घनत्व अधिकतम और आयतन न्यूनतम
समुद्री जल (Sea Water)	1025 – 1030	1.025 – 1.03	नदी के जल से अधिक घनत्व, अतः जहाज नदी से समुद्र में जाने पर थोड़ा ऊपर उठ जाता है
एल्युमिनियम (Aluminium)	2700	2.70	हल्की संरचना व वायुयान निर्माण में प्रयुक्त
ढलवां लोहा / इस्पात (Iron/ Steel)	7200 – 7850	7.20 – 7.85	पानी में डूब जाता है किंतु पारे (RD = 13.6) पर तैरता है
चाँदी (Silver)	10,500	10.50	सर्वोत्तम विद्युत एवं ऊष्मा चालक

पदार्थ का नाम	घनत्व (kg/m^3 में)	घनत्व (g/cm^3 में) / आपेक्षिक घनत्व (RD)	परीक्षा हेतु विशेष तथ्य
सीसा (Lead)	11,340	11.34	बैटरी प्लेटों व विकिरण कवच में प्रयुक्त
पारा (Mercury - Hg)	13,600	13.60	कमरे के ताप पर द्रव धातु; बैरोमीटर व तापमापी में प्रयुक्त
सोना (Gold)	19,300	19.30	अत्यधिक आघातवर्धनीय व तन्य धातु
ऑस्मियम (Osmium)	22,590	22.59	आवर्त सारणी में सर्वाधिक घनत्व वाला प्राकृतिक तत्व

3.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #7 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 3.1: एक धातु के टुकड़े का हवा में भार **210 g-wt** है और पानी में पूर्णतः डुबोने पर उसका भार **180 g-wt** रह जाता है। धातु का आपेक्षिक घनत्व (Relative Density), SI मात्रक में घनत्व तथा **0.8** आपेक्षिक घनत्व वाले तेल में डुबोने पर उसका आभासी भार ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. दिया गया है: हवा में भार **$W_{air} = 210$ g-wt**, पानी में भार **$W_{water} = 180$ g-wt**।
2. पानी में भार में कमी (उत्प्लावक बल) = **$W_{air} - W_{water} = 210 - 180 = 30$ g-wt**।
3. धातु का आपेक्षिक घनत्व **$RD = W_{air} / (W_{air} - W_{water}) = 210 / 30 = 7$**।
4. धातु का SI मात्रक में घनत्व **$\rho = RD \times 1000\ kg/m^3 = 7 \times 1000 = 7000\ kg/m^3$**।
5. तेल (**$RD_{oil} = 0.8$**) में भार में कमी = **पानी में भार की कमी $\times RD_{oil} = 30 \times 0.8 = 24$ g-wt**।
6. अतः तेल में आभासी भार **$W_{oil} = W_{air} - 24 = 210 - 24 = 186$ g-wt**।
7. **उत्तर:** **$RD = 7$**, घनत्व = **$7000\ kg/m^3$**, तेल में आभासी भार = **186 g-wt**।

अभ्यास प्रश्न #8 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 3.2: लकड़ी का एक गुटका जल पर इस प्रकार तैरता है कि उसके कुल आयतन का **2/5 भाग** जल की सतह के ऊपर रहता है। लकड़ी का घनत्व (**kg/m^3** में) ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. जल के ऊपर का भाग = **2/5**, अतः जल के अंदर डूबा हुआ भाग (**V_{sub} / V_{total}**) = **$1 - (2/5) = 3/5$**।
2. प्लवन के सूत्र से: **डूबा हुआ अंश = $\rho_{लकड़ी} / \rho_{जल}$**
3. मान रखने पर: **$3/5 = \rho_{लकड़ी} / 1000\ kg/m^3$ $\rho_{लकड़ी} = (3/5) \times 1000 = 600\ kg/m^3$**।
4. **उत्तर:** लकड़ी का घनत्व **$600\ kg/m^3$** (या **$0.6\ g/cm^3$**) है।

अभ्यास प्रश्न #9 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 3.3: पृथ्वी की सतह पर किसी वस्तु का द्रव्यमान **60 kg** है। (**$g_{earth} = 9.8\ m/s^2$** मानें)। (i) पृथ्वी पर वस्तु का भार, (ii) चंद्रमा पर वस्तु का द्रव्यमान तथा (iii) चंद्रमा पर वस्तु का भार ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. पृथ्वी पर वस्तु का भार **$W_{earth} = m \times g_{earth} = 60\ kg \times 9.8\ m/s^2 = 588\ N$**।
2. चंद्रमा पर वस्तु का द्रव्यमान = **60 kg** (क्योंकि द्रव्यमान स्थान के साथ नहीं बदलता)।
3. चंद्रमा पर वस्तु का भार **$W_{moon} = W_{earth} / 6 = 588\ N / 6 = 98\ N$**।

4. **उत्तर:** पृथ्वी पर भार = **588 N**, चंद्रमा पर द्रव्यमान = **60 kg**, चंद्रमा पर भार = **98 N**।

3.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-1]** चाँदी का आपेक्षिक घनत्व **10.8** है और पानी का घनत्व **10^3 kg/m³** है। SI मात्रक में चाँदी का घनत्व क्या होगा?

- (A) 10.8 kg/m³
- (B) 1.08 × 10^4 kg/m³
- (C) 108 kg/m³
- (D) 1.08 × 10^3 kg/m³

- **उत्तर: (B) 1.08 × 10^4 kg/m³ (अर्थात् 10,800 kg/m³)**
- **व्याख्या:** **पदार्थ का घनत्व = आपेक्षिक घनत्व × जल का घनत्व = 10.8 × 10^3 kg/m³ = 1.08 × 10^4 kg/m³**।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-3]** जब कोई मालवाहक जहाज नदी के मीठे पानी से निकलकर समुद्र के खारे पानी में प्रवेश करता है, तो जहाज के स्तर पर क्या प्रभाव पड़ता है?

- (A) जहाज थोड़ा नीचे डूब जाता है
- (B) जहाज थोड़ा ऊपर उठ जाता है
- (C) जहाज उसी स्तर पर रहता है
- (D) जहाज के भार पर निर्भर करता है

- **उत्तर: (B) जहाज थोड़ा ऊपर उठ जाता है**
- **व्याख्या:** समुद्री जल का घनत्व (**1025 kg/m³**) नदी के मीठे जल (**1000 kg/m³**) से अधिक होता है। अतः अपने भार के बराबर जल विस्थापित करने के लिए जहाज को समुद्र में कम आयतन डुबोना पड़ता है, जिससे वह थोड़ा ऊपर उठ जाता है।

3. **[RRB JE / Technician]** एक हाइड्रोलिक लिफ्ट के छोटे पिस्टन का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल **0.02 m²** और बड़े पिस्टन का क्षेत्रफल **1.0 m²** है। बड़े पिस्टन पर रखी **15,000 N** भार की कार को उठाने के लिए छोटे पिस्टन पर कितना बल लगाना होगा?

- (A) 150 N
- (B) 300 N
- (C) 450 N
- (D) 750 N

- **उत्तर: (B) 300 N**
- **व्याख्या:** पास्कल के नियम से **F1 / A1 = F2 / A2 F1 = (15000 × 0.02) / 1.0 = 300 N**।

अध्याय 4: चाल और वेग, त्वरण, गति के समीकरण एवं प्रक्षेप्य गति (Speed, Velocity, Acceleration, Equations of Motion & Projectile Motion)

4.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 4.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3
(क) दूरी, विस्थापन, चाल एवं वेग (Distance, Displacement, Speed & Velocity)	(ख) त्वरण, मंदन एवं गति के समीकरण (Acceleration, Retardation & Equations of Motion)	(ग) प्रक्षेप्य गति एवं वृत्तीय गति (Projectile Motion & Circular Motion)

(क) दूरी, विस्थापन, चाल एवं वेग (Distance, Displacement, Speed & Velocity)

• **दूरी (Distance):** किसी गतिमान वस्तु द्वारा तय किए गए वास्तविक पथ की कुल लंबाई को दूरी कहते हैं। यह एक **अदिश राशि** है और सदैव **धनात्मक** (`> 0`) होती है।

• **विस्थापन (Displacement):** वस्तु की प्रारंभिक स्थिति और अंतिम स्थिति के बीच की न्यूनतम सीधी दूरी को विस्थापन कहते हैं। यह एक **सदिश राशि** है; यह **धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य** हो सकता है।

• **महत्वपूर्ण संबंध:** सदैव `दूरी ≥ |विस्थापन|` तथा `(दूरी / विस्थापन) ≥ 1` होता है। केवल एकसमान सरल रेखीय गति (बिना दिशा बदले) में `दूरी = विस्थापन` होता है।

• **औसत चाल के दो स्वर्णिम केस (Golden Cases of Average Speed):**

1. **समान दूरी का केस:** यदि कोई वस्तु कुल दूरी का पहला आधा भाग `v1` चाल से और दूसरा आधा भाग `v2` चाल से तय करे (या `A` से `B` तक `v1` से जाए और `B` से `A` तक `v2` से वापस आए), तो औसत चाल हरात्मक माध्य (Harmonic Mean) होती है: `v_avg = (2 × v1 × v2) / (v1 + v2)`। (लौटने पर कुल विस्थापन शून्य होने से **औसत वेग = 0** होगा)।

2. **समान समय का केस:** यदि वस्तु कुल समय का पहला आधा समय `v1` चाल से और शेष आधा समय `v2` चाल से चले, तो औसत चाल समांतर माध्य होती है: `v_avg = (v1 + v2) / 2`।

(ख) त्वरण, मंदन एवं गति के समीकरण (Acceleration, Retardation & Equations of Motion)

• **त्वरण (Acceleration `a`):** वेग परिवर्तन की समय-दर को त्वरण कहते हैं (`a = (v - u) / t`)। इसका SI मात्रक `m/s²` और विमा `[M^0 L^1 T^-2]` है। यदि समय के साथ वेग घटता है, तो त्वरण ऋणात्मक होता है, जिसे **मंदन (Retardation / Deceleration)** कहते हैं।

• **गैलीलियो-न्यूटन के एकसमान त्वरित गति के समीकरण:**

1. **प्रथम समीकरण (`v = u + a × t`):** यह **वेग-समय (Velocity-Time)** संबंध दर्शाता है।

2. **द्वितीय समीकरण (`s = u × t + (1/2) × a × t²`):** यह **स्थिति-समय (Position-Time)** संबंध दर्शाता है।

3. **तृतीय समीकरण (`v² = u² + 2 × a × s`):** यह **वेग-स्थिति (Velocity-Position)** संबंध दर्शाता है।

4. **`n` वें सेकंड में तय की गई दूरी:** `S_n = u + (a / 2) × (2n - 1)` (ध्यान दें: यह कुल `n` सेकंड की दूरी नहीं है, बल्कि केवल `n` वें एक सेकंड के अंतराल में चली गई दूरी है)।

• **गुरुत्व के अधीन ऊर्ध्वाधर गति (Motion Under Gravity):**

• जब किसी वस्तु को `u` वेग से सीधा ऊपर फेंका जाता है (`a = -g`):

- अधिकतम ऊँचाई ($v = 0$ पर): $H_{max} = u^2 / (2g)$
- ऊपर जाने का समय = नीचे आने का समय: $t_{up} = t_{down} = u / g$
- कुल उड्डयन काल (वापस हाथ में आने का समय): $T = (2 \times u) / g$
- जब किसी वस्तु को h ऊँचाई से विरामावस्था ($u = 0$) से मुक्त रूप से गिराया जाता है:
- जमीन से टकराते समय वेग: $v = \sqrt{(2 \times g \times h)}$
- जमीन तक पहुँचने में लगा समय: $t = \sqrt{(2h / g)}$ (यह वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता; निर्वात में पंख और लोहे की गेंद एक साथ जमीन पर गिरते हैं)।

(ग) प्रक्षेप्य गति एवं वृत्तीय गति (Projectile Motion & Circular Motion)

- **प्रक्षेप्य गति (Projectile Motion):** जब किसी पिंड को क्षैतिज से θ कोण पर u प्रारंभिक वेग से फेंका जाता है, तो उसका पथ सदैव **परवलयाकार (Parabolic)** होता है।
- प्रक्षेप्य गति के दौरान वेग का **क्षैतिज घटक ($u_x = u \times \cos\theta$) सदैव नियत** रहता है क्योंकि क्षैतिज दिशा में कोई त्वरण नहीं होता ($a_x = 0$)।
- वेग का **ऊर्ध्वाधर घटक ($u_y = u \times \sin\theta$)** गुरुत्व के कारण बदलता रहता है और **उच्चतम बिंदु (Highest Point) पर ऊर्ध्वाधर वेग शून्य ($v_y = 0$)** हो जाता है, किंतु वहाँ भी कुल वेग शून्य नहीं होता बल्कि $v_{min} = u \times \cos\theta$ होता है।
- **अधिकतम क्षैतिज परास (Maximum Range):** $\theta = 45°$ पर क्षैतिज परास अधिकतम होता है ($R_{max} = u^2 / g$)।
- **पूरक कोणों पर समान परास:** किसी प्रक्षेप्य को θ और $(90° - \theta)$ (जैसे $30°$ और $60°$, या $15°$ और $75°$) कोणों पर समान वेग से फेंकने पर उसका **क्षैतिज परास (R) बिल्कुल समान** रहता है।
- **वृत्तीय गति (Circular Motion):** एकसमान वृत्तीय गति में चाल अचर रहती है, लेकिन प्रत्येक बिंदु पर दिशा बदलने के कारण **वेग परिवर्तित होता है,** अतः यह एक **त्वरित गति** है। इसमें केंद्र की ओर **अभिकेंद्र त्वरण ($a_c = v^2 / r = \omega^2 \times r$)** और **अभिकेंद्र बल ($F_c = (m \times v^2) / r$)** कार्य करता है।

4.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- चाल (Speed) = दूरी / समय | वेग (Velocity) = विस्थापन / समय
- इकाई रूपांतरण : $1\ km/h = (5 / 18)\ m/s$ तथा $1\ m/s = (18 / 5)\ km/h$
- समान दूरी हेतु औसत चाल (v_{avg}) = $(2 \times v1 \times v2) / (v1 + v2)$
- तीन समान दूरियों हेतु औसत चाल = $(3 \times v1 \times v2 \times v3) / (v1{\times}v2 + v2{\times}v3 + v3{\times}v1)$
- त्वरण (a) = $(v - u) / t$ | गति का प्रथम समीकरण : $v = u + a \times t$
- गति का द्वितीय समीकरण : $s = u \times t + (1/2) \times a \times t^2$ | औसत वेग से दूरी : $s = [\ (u + v) / 2\ ] \times t$
- गति का तृतीय समीकरण : $v^2 - u^2 = 2 \times a \times s$ | nवें सेकंड में दूरी : $S_n = u + (a / 2) \times (2n - 1)$
- ब्रेक लगाने पर रुकने की दूरी (Stopping Distance, जब $v = 0$) : $s = u^2 / (2 \times a)$ (अर्थात् $s \propto u^2$)
- प्रक्षेप्य का उड्डयन काल (Time of Flight T) = $(2 \times u \times \sin\theta) / g$
- प्रक्षेप्य की अधिकतम ऊँचाई (Maximum Height H) = $(u^2 \times \sin^2\theta) / (2 \times g)$
- प्रक्षेप्य का क्षैतिज परास (Horizontal Range R) = $(u^2 \times \sin 2\theta) / g$
- प्रक्षेप्य में परास और अधिकतम ऊँचाई का संबंध : $R = (4 \times H) / \tan\theta$ (यदि $R = H$ हो, तो $\tan\theta = 4$ $\theta = 76°$)
- कोणीय वेग (ω) = $\theta / t = (2 \times \pi) / T = 2 \times \pi \times f$ | रेखीय व कोणीय वेग संबंध : $v = r \times \omega$

- अभिकेंद्र बल (Centripetal Force F_c) = $(m \times v^2) / r = m \times \omega^2 \times r$

4.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

- गति के ग्राफों (Graphs of Motion) का त्वरित विश्लेषण:

[नोड 1: विस्थापन-समय (s-t) ग्राफ की ढाल (Slope) = वेग (v)] [नोड 2: वेग-समय (v-t) ग्राफ की ढाल (Slope) = त्वरण (a)] [नोड 3: वेग-समय (v-t) ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल (Area) = विस्थापन/दूरी (s)] [नोड 4: त्वरण-समय (a-t) ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल = वेग में परिवर्तन (Δv)]

4.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 4.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 4.1: दूरी बनाम विस्थापन तथा चाल बनाम वेग

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 4.2: विभिन्न गति स्थितियों में s-t एवं v-t ग्राफ की प्रकृति

सारणी 4.1: दूरी बनाम विस्थापन तथा चाल बनाम वेग

विशेषता	दूरी व चाल (Distance & Speed)	विस्थापन व वेग (Displacement & Velocity)
भौतिक प्रकृति	दोनों **अदिश राशियाँ (Scalar)** हैं (केवल परिमाण)	दोनों **सदिश राशियाँ (Vector)** हैं (परिमाण + दिशा)
मान की प्रकृति	गतिमान वस्तु के लिए सदैव धनात्मक (> 0), कभी शून्य या ऋणात्मक नहीं	धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य (0) हो सकते हैं
वृत्ताकार पथ के 1 पूर्ण चक्कर में	दूरी = $2 \times \pi \times r$, औसत चाल = $(2 \times \pi \times r) / T$	विस्थापन = 0, औसत वेग = 0
मापक यंत्र (वाहन में)	दूरी: **ओडोमीटर (Odometer)**; तात्क्षणिक चाल: **स्पीडोमीटर (Speedometer)**	दिशा सहित चाल होने से वेग बनता है

सारणी 4.2: विभिन्न गति स्थितियों में s-t एवं v-t ग्राफ की प्रकृति

गति की अवस्था	विस्थापन-समय (s-t) ग्राफ	वेग-समय (v-t) ग्राफ
वस्तु विरामावस्था में ($v = 0$)	समय अक्ष के समांतर सीधी क्षैतिज रेखा	समय अक्ष पर संपाती रेखा ($v = 0$)
एकसमान वेग ($a = 0$)	मूलबिंदु या अक्ष से गुजरती नियत ढाल वाली सीधी रेखा	समय अक्ष के समांतर सीधी क्षैतिज रेखा
एकसमान धनात्मक त्वरण ($a =$ नियत > 0)	ऊपर की ओर मुड़ता हुआ परवलयाकार वक्र (Upward Parabola)	धनात्मक ढाल वाली ऊपर जाती सीधी रेखा
एकसमान मंदन ($a =$ नियत < 0)	नीचे की ओर झुकता हुआ वक्र	ऋणात्मक ढाल वाली नीचे आती सीधी रेखा

4.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #10 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 4.1: एक रेलगाड़ी विरामावस्था से चलना प्रारंभ करके 5 मिनट में 72 km/h का वेग प्राप्त कर लेती है। यदि त्वरण एकसमान हो, तो (i) रेलगाड़ी का त्वरण तथा (ii) इस समय में रेलगाड़ी द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए।

- **हल:**

1. दिया गया है: प्रारंभिक वेग $u = 0$, अंतिम वेग $v = 72\ km/h = 72 \times (5/18) = 20\ m/s$, समय $t = 5\ मिनट = 5 \times 60 = 300\ s$।
2. त्वरण $a = (v - u) / t = (20 - 0) / 300 = 1 / 15\ m/s^2 = 0.067\ m/s^2$।
3. तय की गई दूरी $s = [\ (u + v) / 2\ ] \times t = [\ (0 + 20) / 2\ ] \times 300 = 10 \times 300 = 3000\ m = 3\ km$।
4. **उत्तर:** त्वरण = $1/15\ m/s^2$ तथा तय की गई दूरी = $3\ km$ ($3000\ m$)।

अभ्यास प्रश्न #11 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 4.2: एक कार किसी यात्रा की पहली आधी दूरी $40\ km/h$ की चाल से और शेष आधी दूरी $60\ km/h$ की चाल से तय करती है। पूरी यात्रा के दौरान कार की औसत चाल क्या है?

- **हल:**

1. समान दूरी का सूत्र: $v_{avg} = (2 \times v1 \times v2) / (v1 + v2)$
2. मान रखने पर: $v_{avg} = (2 \times 40 \times 60) / (40 + 60) = 4800 / 100 = 48\ km/h$।
3. **उत्तर:** कार की औसत चाल $48\ km/h$ है (न कि $50\ km/h$!)।

अभ्यास प्रश्न #12 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 4.3: एक तोप से गोले को $100\ m/s$ के प्रारंभिक वेग से क्षैतिज से $30°$ के कोण पर दागा जाता है। ($g = 10\ m/s^2$ लें)। गोले का (i) उड्डयन काल (T), (ii) अधिकतम ऊँचाई (H) तथा (iii) क्षैतिज परास (R) ज्ञात कीजिए।

- **हल:**

1. दिया गया है: $u = 100\ m/s$, $\theta = 30°$, $\sin 30° = 1/2$, $\sin 60° = \sqrt{3} / 2 = 0.866$, $g = 10\ m/s^2$।
2. उड्डयन काल $T = (2 \times u \times \sin 30°) / g = (2 \times 100 \times 0.5) / 10 = 100 / 10 = 10\ सेकंड$।
3. अधिकतम ऊँचाई $H = (u^2 \times \sin^2 30°) / (2 \times g) = (10000 \times 0.25) / 20 = 2500 / 20 = 125\ m$।
4. क्षैतिज परास $R = (u^2 \times \sin 60°) / g = (10000 \times 0.866) / 10 = 866\ m$।
5. **उत्तर:** $T = 10\ s$, $H = 125\ m$, तथा $R = 866\ m$।

4.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-3]** एक पिंड विरामावस्था से $4\ m/s^2$ के एकसमान त्वरण से गति प्रारंभ करता है। इसके द्वारा **5वें सेकंड में** तय की गई दूरी कितनी होगी?

- (A) 50 m
- (B) 18 m
- (C) 20 m
- (D) 36 m

- **उत्तर: (B) 18 m**

- **व्याख्या:** n वें सेकंड में दूरी $S_n = u + (a/2) \times (2n - 1) = 0 + (4/2) \times (2 \times 5 - 1) = 2 \times 9 = 18\ m$। (यदि प्रश्न "5 सेकंड में कुल दूरी" पूछता, तब $s = (1/2) \times 4 \times 5^2 = 50\ m$ होता)।

2. **[RRB ALP Stage-2, 23 Jan 2019 Shift-1]** यदि किसी वाहन की चाल दोगुनी कर दी जाए, तो समान मंदन बल (Braking Force) लगाने पर उसके रुकने की दूरी (Stopping Distance) कितने गुना हो जाएगी?

- (A) 2 गुना
- (B) 4 गुना

• (C) 8 गुना

• (D) अपरिवर्तित रहेगी

• **उत्तर: (B) 4 गुना**

• **व्याख्या:** $v^2 = u^2 - 2as$ में $v = 0$ रखने पर रुकने की दूरी $s = u^2 / (2a)$ अर्थात् $s \propto u^2$। अतः चाल 2 गुना करने पर रुकने की दूरी $2^2 = 4$ गुना हो जाएगी।

3. **[RRB JE / SSC JE]** प्रक्षेप्य गति में अधिकतम ऊँचाई (H) पर प्रक्षेप्य के वेग और त्वरण के बीच कितने डिग्री का कोण होता है?

• (A) 0°

• (B) 45°

• (C) 90°

• (D) 180°

• **उत्तर: (C) 90°**

• **व्याख्या:** उच्चतम बिंदु पर वेग केवल क्षैतिज दिशा में ($u \times \cos\theta$) होता है, जबकि गुरुत्वीय त्वरण (g) सदैव ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर कार्य करता है। अतः दोनों के बीच $90°$ का कोण होता है।

अध्याय 5: कार्य, शक्ति और ऊर्जा (Work, Power & Energy — गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा, कार्य-ऊर्जा प्रमेय व अश्वशक्ति)

5.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 5.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3
(क) कार्य (Work) की वैज्ञानिक अवधारणा	**(ख) ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा एवं कार्य-ऊर्जा प्रमेय**	**(ग) शक्ति, अश्वशक्ति एवं विद्युत ऊर्जा यूनिट (Power, Horsepower & kWh)**

(क) कार्य (Work) की वैज्ञानिक अवधारणा

• भौतिक विज्ञान में कार्य तभी संपन्न माना जाता है जब किसी वस्तु पर **बल** (F) लगाया जाए और वस्तु में बल की दिशा (या किसी कोण θ पर) **विस्थापन** (s) उत्पन्न हो।

• गणितीय रूप से, कार्य बल और विस्थापन सदिशों का **अदिश गुणनफल (Dot Product / Scalar Product)** होता है: $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \times s \times \cos\theta$।

• **कार्य की प्रकृति (θ के आधार पर तीन स्थितियाँ):**

1. **धनात्मक कार्य ($0° \le \theta < 90°$):** जब विस्थापन बल की दिशा में हो। $\theta = 0°$ पर $\cos 0° = +1$, अतः **कार्य अधिकतम** ($W_{max} = +F \times s$) होता है (जैसे मुक्त रूप से गिरती वस्तु पर गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा किया गया कार्य, या घोड़े द्वारा गाड़ी खींचने में किया गया कार्य)।

2. **शून्य कार्य ($\theta = 90°$ या $F = 0$ या $s = 0$):** जब बल और विस्थापन एक-दूसरे के **लंबवत** ($\theta = 90°$, $\cos 90° = 0$) हों, तो किया गया कार्य शून्य ($W = 0$) होता है।

• परीक्षा के प्रमुख उदाहरण: (i) सिर पर बोझ रखकर समतल प्लेटफॉर्म पर चलते हुए कुली द्वारा गुरुत्वाकर्षण बल के विरुद्ध किया गया कार्य शून्य होता है; (ii) वृत्तीय पथ पर घूमती वस्तु (जैसे पृथ्वी द्वारा सूर्य की परिक्रमा) पर अभिकेंद्र बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है; (iii) किसी दीवार को धक्का देने पर यदि दीवार न हिले ($s = 0$), तो कार्य शून्य होता है।

3. **ऋणात्मक कार्य ($90° < \theta \leq 180°$):** जब बल और विस्थापन विपरीत दिशा में हों। $\theta = 180°$ पर $\cos 180° = -1$, अतः $W = -F \times s$ (जैसे घर्षण बल द्वारा किया गया कार्य, ब्रेक लगाने वाले बल द्वारा कार्य, या ऊपर फेंकी गई गेंद पर गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा किया गया कार्य)।

(ख) ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा एवं कार्य-ऊर्जा प्रमेय

• **ऊर्जा (Energy):** किसी वस्तु के कार्य करने की क्षमता (Capacity to do work) को ऊर्जा कहते हैं। यह एक **अदिश राशि** है, जिसका SI मात्रक **जूल (J)** और CGS मात्रक **अर्ग (Erg , $1\ J = 10^7\ Erg$)** है।

• **गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy — KE):** किसी वस्तु में उसकी गति के कारण निहित ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं: $KE = (1/2) \times m \times v^2$ । चूँकि द्रव्यमान m सदैव धनात्मक है और v^2 भी सदैव धनात्मक है, इसलिए **गतिज ऊर्जा कभी भी ऋणात्मक नहीं हो सकती**।

• **गतिज ऊर्जा और रेखीय संवेग ($p = m \times v$) में संबंध:**

• $KE = p^2 / (2 \times m)$ तथा $p = \sqrt{(2 \times m \times KE)}$ ।

• महत्वपूर्ण निष्कर्ष 1: यदि एक हल्के पिंड ($m1$) और एक भारी पिंड ($m2$, जहाँ $m2 > m1$) का **संवेग समान ($p1 = p2$)** हो, तो **हल्के पिंड की गतिज ऊर्जा अधिक** होगी ($KE \propto 1/m$)।

• महत्वपूर्ण निष्कर्ष 2: यदि हल्के और भारी पिंड की **गतिज ऊर्जा समान ($KE1 = KE2$)** हो, तो **भारी पिंड का संवेग अधिक** होगा ($p \propto \sqrt{m}$)।

• **स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy — PE):** किसी वस्तु में उसकी स्थिति (ऊँचाई) या विन्यास (Configuration/विकृति) के कारण संचित ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं:

1. **गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा:** $PE = m \times g \times h$ (जैसे बाँध में संचित पानी, छत पर रखी ईंट)।

2. **प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा:** $PE = (1/2) \times k \times x^2 = (1/2) \times F \times x$ (जैसे घड़ी की चाबी भरी स्प्रिंग, तना हुआ धनुष या खींची हुई रबर)।

• **कार्य-ऊर्जा प्रमेय (Work-Energy Theorem):** किसी वस्तु पर कार्यरत कुल परिणामी बल द्वारा किया गया कार्य उस वस्तु की **गतिज ऊर्जा में होने वाले परिवर्तन के बराबर** होता है: $W = \Delta KE = (1/2) \times m \times v^2 - (1/2) \times m \times u^2$ ।

• **यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण का नियम (Conservation of Mechanical Energy):** यदि केवल संरक्षी बल (जैसे गुरुत्व बल) कार्य कर रहे हों, तो किसी निकाय की कुल यांत्रिक ऊर्जा ($E = KE + PE$) सदैव नियत रहती है। मुक्त पतन में जैसे-जैसे वस्तु नीचे गिरती है, PE घटती है और उतनी ही KE बढ़ती है, परंतु हर बिंदु पर $KE + PE = m \times g \times H$ नियत रहता है।

(ग) शक्ति, अश्वशक्ति एवं विद्युत ऊर्जा यूनिट (Power, Horsepower & kWh)

• **शक्ति (Power P):** कार्य करने की समय-दर (Rate of doing work) को शक्ति कहते हैं ($P = W / t = F \times v$)। इसका SI मात्रक **वाट ($W = J/s$)** है, जो जेम्स वाट के सम्मान में रखा गया है।

• **अश्वशक्ति (Horsepower — HP):** अभियांत्रिकी और मोटर/इंजन की क्षमता मापने का व्यावहारिक मात्रक:

• **ब्रिटिश (Imperial) अश्वशक्ति:** $1\ HP\ (British) = 746\ Watt = 0.746\ kW$ ($550\ ft\text{-}lb/s$)।

• **मीट्रिक (Metric) अश्वशक्ति:** $1\ HP\ (Metric) = 735.5\ Watt = 0.7355\ kW$ ($75\ kgf \cdot m/s$)।

• **व्यावसायिक विद्युत ऊर्जा मात्रक (Board of Trade Unit — BOT / Unit):**

• $1\ Unit = 1$ किलोवाट-घंटा $(1\ kWh) = 1000\ Watt \times 3600\ Second = 3.6 \times 10^6\ Joule = 3.6\ Mega\ Joule\ (MJ)$ ।

5.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- किया गया कार्य (W) = F × s × cos θ | बल-विस्थापन ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल = किया गया कार्य (W)
- गतिज ऊर्जा (KE) = (1/2) × m × v^2 | संवेग संबंध : KE = p^2 / (2 × m) तथा p = √(2 × m × KE)
- संवेग में x% वृद्धि होने पर गतिज ऊर्जा में प्रतिशत वृद्धि = [2x + (x^2 / 100)] %
- गतिज ऊर्जा में x% वृद्धि होने पर संवेग में प्रतिशत वृद्धि = [√(1 + x/100) - 1] × 100 %
- गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (PE) = m × g × h | स्प्रिंग की स्थितिज ऊर्जा (U) = (1/2) × k × x^2
- कार्य-ऊर्जा प्रमेय : W = (1/2) × m × (v^2 - u^2)
- शक्ति (P) = W / t = (m × g × h) / t = F × v × cos θ
- पंप या मोटर की दक्षता (Efficiency η) = (निर्गत शक्ति P_output / आगत शक्ति P_input) × 100%
- बिजली की खपत (Units / kWh में) = (उपकरणों की संख्या × वाट शक्ति × प्रतिदिन घंटे × कुल दिन) / 1000
- इलेक्ट्रॉन-वोल्ट से जूल रूपांतरण : 1 eV = 1.6 × 10^-19 Joule | 1 Calorie = 4.186 Joule

5.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

- संवेग एवं गतिज ऊर्जा प्रतिशत परिवर्तन ट्रिक:

[नोड 1: संवेग (p) में +10% वृद्धि KE में +21% वृद्धि] [नोड 2: संवेग (p) में +20% वृद्धि KE में +44% वृद्धि] [नोड 3: संवेग (p) में +50% वृद्धि KE में +125% वृद्धि] [नोड 4: संवेग (p) में +100% वृद्धि (दोगुना) KE में +300% वृद्धि (4 गुना)]

5.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 5.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 5.1: प्रमुख ऊर्जा रूपांतरण उपकरण (Energy Conversion Devices)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 5.2: कार्य, ऊर्जा और शक्ति का तुलनात्मक विश्लेषण

सारणी 5.1: प्रमुख ऊर्जा रूपांतरण उपकरण (Energy Conversion Devices)

उपकरण / युक्ति का नाम	आगत ऊर्जा (Input Energy)	निर्गत ऊर्जा (Output Energy)
विद्युत जनरेटर (Dynamo / Alternator)	यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical Energy)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)
विद्युत मोटर (Electric Motor)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)	यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical Energy)
सोलर सेल (Photovoltaic Cell)	सौर / प्रकाश ऊर्जा (Solar Energy)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)
माइक्रोफोन (Microphone)	ध्वनि ऊर्जा (Sound Energy)	विद्युत संकेतों की ऊर्जा (Electrical Energy)
लाउडस्पीकर (Loudspeaker)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)	ध्वनि ऊर्जा (Sound Energy)
विद्युत सेल / बैटरी (डिस्चार्जिंग)	रासायनिक ऊर्जा (Chemical Energy)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)

उपकरण / युक्ति का नाम	आगत ऊर्जा (Input Energy)	निर्गत ऊर्जा (Output Energy)
बैटरी चार्जिंग (Battery Charging)	विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)	रासायनिक ऊर्जा (Chemical Energy)
ऊष्मा इंजन (डीजल/पेट्रोल/भाप इंजन)	ऊष्मीय ऊर्जा (Thermal Energy)	यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical Energy)

सारणी 5.2: कार्य, ऊर्जा और शक्ति का तुलनात्मक विश्लेषण

गुणधर्म	कार्य (Work — W)	ऊर्जा (Energy — E)	शक्ति (Power — P)
परिभाषा	बल एवं बल की दिशा में विस्थापन का गुणनफल	कार्य करने की कुल क्षमता	प्रति एकांक समय में किया गया कार्य
समय पर निर्भरता	समय (t) पर निर्भर नहीं करता	समय (t) पर निर्भर नहीं करती	समय (t) के व्युत्क्रमानुपाती (P ∝ 1/t)
SI मात्रक	जूल (J) या (N·m)	जूल (J)	वाट (W) या (J/s)
विमीय सूत्र	[M^1 L^2 T^-2]	[M^1 L^2 T^-2]	[M^1 L^2 T^-3]

5.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #13 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 5.1: 1500 kg द्रव्यमान की एक कार 36 km/h के वेग से चल रही है। इसकी चाल बढ़ाकर 72 km/h करने के लिए इंजन द्वारा कितना कार्य किया जाना चाहिए?

• हल:

1. दिया गया है: द्रव्यमान m = 1500 kg।
2. प्रारंभिक वेग u = 36 km/h = 36 × (5/18) = 10 m/s।
3. अंतिम वेग v = 72 km/h = 72 × (5/18) = 20 m/s।
4. कार्य-ऊर्जा प्रमेय से: किया गया कार्य (W) = (1/2) × m × (v² - u²)
5. मान रखने पर: W = (1/2) × 1500 × (20² - 10²) = 750 × (400 - 100) = 750 × 300 = 2,25,000 Joule = 225 kJ।
6. **उत्तर:** इंजन द्वारा किया गया कार्य 225 kJ (2.25 × 10^5 J) होगा।

अभ्यास प्रश्न #14 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 5.2: एक पानी का पंप प्रति मिनट 300 लीटर पानी को 45 मीटर की ऊँचाई पर स्थित टंकी में चढ़ाता है। यदि पंप की यांत्रिक दक्षता (Efficiency) 75% हो और g = 10 m/s² हो, तो पंप की मोटर द्वारा ली गई विद्युत शक्ति (वाट एवं ब्रिटिश अश्वशक्ति HP में) ज्ञात कीजिए। (1 लीटर जल = 1 kg)।

• हल:

1. जल का द्रव्यमान m = 300 लीटर = 300 kg, समय t = 1 मिनट = 60 सेकंड, ऊँचाई h = 45 m, g = 10 m/s²।
2. निर्गत शक्ति (P_output) = (m × g × h) / t = (300 × 10 × 45) / 60 = 5 × 450 = 2250 Watt।
3. दक्षता सूत्र: η = (P_output / P_input) × 100% 0.75 = 2250 / P_input
4. अतः आगत शक्ति (P_input) = 2250 / 0.75 = 3000 Watt = 3 kW।
5. अश्वशक्ति (HP) में मान = 3000 / 746 = 4.02 HP।
6. **उत्तर:** पंप की निर्गत शक्ति = 2250 W, मोटर की आगत शक्ति = 3000 W (3 kW) या 4.02 HP।

अभ्यास प्रश्न #15 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 5.3: एक घर में **100 W** के **5 बल्ब** प्रतिदिन **8 घंटे** और **2 kW (2000 W)** का **1 गीजर** प्रतिदिन **2 घंटे** चलता है। **30 दिनों** के महीने में कुल कितनी यूनिट (**kWh**) बिजली खर्च होगी और **₹6 प्रति यूनिट** की दर से बिजली का बिल कितना आएगा?

- **हल:**

1. बल्बों की दैनिक ऊर्जा खपत = **(5 × 100 W × 8 h) / 1000 = 4000 / 1000 = 4 kWh (यूनिट)/दिन**।
2. गीजर की दैनिक ऊर्जा खपत = **(1 × 2000 W × 2 h) / 1000 = 4000 / 1000 = 4 kWh (यूनिट)/दिन**।
3. प्रतिदिन कुल खपत = **4 + 4 = 8 यूनिट/दिन**।
4. **30 दिनों** में कुल खपत = **8 × 30 = 240 यूनिट (240 kWh)**।
5. कुल बिजली बिल = **240 × ₹6 = ₹1440**।
6. **उत्तर:** कुल खपत = **240 यूनिट (kWh)**, कुल मासिक बिल = **₹1440**।

5.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-1]** यदि किसी गतिमान पिंड के रेखीय संवेग (Linear Momentum) में **50%** की वृद्धि कर दी जाए, तो उसकी गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy) में कितने प्रतिशत की वृद्धि होगी?

- (A) 50%
- (B) 100%
- (C) 125%
- (D) 225%

- **उत्तर: (C) 125%**

- **व्याख्या:** सूत्र **[2x + (x² / 100)] %** में **x = 50** रखने पर: **2(50) + (50² / 100) = 100 + 25 = 125%** वृद्धि।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-2]** **20 kg** द्रव्यमान का एक लड़का **40 सीढ़ियाँ** **10 सेकंड** में चढ़ता है। यदि प्रत्येक सीढ़ी की ऊँचाई **15 cm** हो और **g = 10 m/s²** हो, तो लड़के की शक्ति ज्ञात कीजिए।

- (A) 120 W
- (B) 240 W
- (C) 300 W
- (D) 80 W

- **उत्तर: (A) 120 W**

- **व्याख्या:** कुल ऊँचाई **h = 40 × 15 cm = 600 cm = 6 m**। अतः शक्ति **P = (m × g × h) / t = (20 × 10 × 6) / 10 = 120 Watt**।

3. **[RRB JE / Technician]** **1 मीट्रिक हॉर्सपावर (Metric HP)** कितने वाट के बराबर होता है?

- (A) 746 W
- (B) 735.5 W
- (C) 750 W
- (D) 1000 W

• **उत्तर: (B) 735.5 W**

• **व्याख्या:** मीट्रिक प्रणाली में **1 HP = 75 kgf·m/s = 75 × 9.80665 = 735.5 Watt** होता है, जबकि ब्रिटिश प्रणाली में **1 HP = 746 Watt** होता है।

अध्याय 6: ऊष्मा और तापमान (Heat & Temperature — तापमापी पैमाने, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा, संचरण व ऊष्मागतिकी)

6.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 6.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
(क) ऊष्मा (Heat) और तापमान (Temperature) एवं तापमापी पैमाने	(ख) विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मीय धारिता एवं गुप्त ऊष्मा (Specific Heat, Thermal Capacity & Latent Heat)	(ग) तापीय प्रसार एवं जल का असामान्य प्रसार (Thermal Expansion & Anomalous Expansion of Water)	(घ) ऊष्मा संचरण की विधियाँ एवं ऊष्मागतिकी (Modes of Heat Transfer & Thermodynamics)

(क) ऊष्मा (Heat) और तापमान (Temperature) एवं तापमापी पैमाने

• **ऊष्मा (Q):** यह ऊर्जा का वह रूप है जो दो निकायों के बीच केवल उनके **तापांतर (Temperature Difference)** के कारण उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर प्रवाहित होती है। इसका SI मात्रक **जूल (J)** और व्यावहारिक मात्रक **कैलोरी (Calorie)** है (**1 Cal = 4.186 J ≈ 4.2 J**, **1 ब्रिटिश थर्मल यूनिट BTU = 252 Cal = 1055 J**)।

• **तापमान (T):** यह किसी वस्तु की उष्णता (Hotness) या शीतलता (Coldness) की कोटि की माप है जो ऊष्मा प्रवाह की दिशा निर्धारित करता है। इसका SI मात्रक **केल्विन (K)** है।

• **परम शून्य ताप (Absolute Zero Temperature):** वह न्यूनतम संभव तापमान जिस पर किसी आदर्श गैस के अणुओं की समस्त तापीय गति (गतिज ऊर्जा) और आयतन सैद्धांतिक रूप से शून्य हो जाते हैं। इसका मान **0 K = -273.15°C = -459.67°F** होता है। केल्विन पैमाने पर कोई भी तापमान ऋणात्मक नहीं हो सकता।

• **परीक्षा हेतु महत्वपूर्ण तापमान बिंदु:**

• **-40°:** वह तापमान जिस पर **सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने का पाठ्यांक समान (-40°C = -40°F)** होता है।

• **+574.25°:** वह तापमान जिस पर **फारेनहाइट और केल्विन पैमाने का पाठ्यांक समान (574.25°F = 574.25 K)** होता है। (सेल्सियस और केल्विन कभी भी समान नहीं हो सकते क्योंकि **K = C + 273.15**)।

• **मानव शरीर का सामान्य तापमान:** **37°C = 98.6°F = 310.15 K**।

• **जल का त्रिक बिंदु (Triple Point of Water):** **273.16 K** (या **0.01°C**) और **4.58 mm Hg** (**611.65 Pa**) दाब पर जल अपनी तीनों अवस्थाओं (ठोस बर्फ, द्रव जल और जलवाष्प) में एक साथ तापीय साम्य में रहता है।

• **प्रमुख तापमापी यंत्र (Thermometers):**

1. **पारा तापमापी (Mercury Thermometer):** परास **-30°C** से **+350°C** (क्योंकि पारे का हिमांक **-39°C** और क्वथनांक **357°C** होता है)।

2. **अल्कोहल तापमापी (Alcohol Thermometer):** अति ठंडे प्रदेशों के लिए उपयुक्त; परास **-115°C** से **+78°C** (अल्कोहल का हिमांक **-115°C** होता है)।

3. **डॉक्टरी तापमापी (Clinical Thermometer):** परास 35°C से 42°C (या 95°F से 110°F)।

4. **पूर्ण विकिरण उत्तापमापी (Total Radiation Pyrometer):** स्टीफन के नियम (E ∝ T^4) पर आधारित; बिना स्पर्श किए 800°C से ऊपर के अति उच्च ताप (जैसे सूर्य, तारे और भट्टी का ताप) मापने के लिए प्रयुक्त।

(ख) विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मीय धारिता एवं गुप्त ऊष्मा (Specific Heat, Thermal Capacity & Latent Heat)

1. **विशिष्ट ऊष्मा धारिता (Specific Heat Capacity — c या s):**

• किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान (1 kg या 1 g) का तापमान 1°C (या 1 K) बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उसकी विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं: Q = m × c × ΔT ।

• **जल की विशिष्ट ऊष्मा:** सभी सामान्य ठोसों व द्रवों में **जल की विशिष्ट ऊष्मा सर्वाधिक** होती है: c_water = 1 cal/(g·°C) = 4186 J/(kg·K) ≈ 4200 J/(kg·K) । (हाइड्रोजन गैस की विशिष्ट ऊष्मा सभी पदार्थों में सर्वाधिक 14,300 J/(kg·K) होती है)।

• जल की उच्च विशिष्ट ऊष्मा के कारण ही इसका उपयोग गाड़ियों के **रेडिएटर में शीतलक (Coolant)** के रूप में और सिकाई की बोतलों (Hot water bags) में किया जाता है।

2. **गुप्त ऊष्मा (Latent Heat — L):**

• नियत तापमान पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान की **अवस्था परिवर्तन (Phase Change — ठोस से द्रव या द्रव से वाष्प)** के लिए आवश्यक ऊष्मा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं: Q = m × L । अवस्था परिवर्तन के दौरान तापमान में कोई बदलाव नहीं होता (ΔT = 0)।

• **बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Fusion of Ice):** L_f = 80 cal/g = 3.36 × 10^5 J/kg (336 kJ/kg) ।

• **जल के वाष्पन (भाप) की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Vaporization of Steam):** L_v = 540 cal/g = 2.26 × 10^6 J/kg (2260 kJ/kg) ।

• परीक्षा तथ्य: 100°C के उबलते पानी की तुलना में 100°C **की भाप (Steam) से हाथ अधिक गंभीर रूप से जलता है,** क्योंकि भाप में प्रति ग्राम 540 कैलोरी अतिरिक्त गुप्त ऊष्मा होती है।

(ग) तापीय प्रसार एवं जल का असामान्य प्रसार (Thermal Expansion & Anomalous Expansion of Water)

• ठोसों में रेखीय प्रसार गुणांक (α), क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) और आयतन प्रसार गुणांक (γ) का अनुपात सदैव α : β : γ = 1 : 2 : 3 होता है।

• **जल का असामान्य प्रसार (Anomalous Expansion of Water):** सामान्यतः गर्म करने पर सभी द्रव फैलते हैं, किंतु जब जल को 0°C से 4°C **तक गर्म किया जाता है, तो उसका आयतन घटता (सिकुड़ता) है और घनत्व बढ़ता है।** 4°C के बाद गर्म करने पर यह सामान्य द्रवों की भाँति फैलता है। अतः 4°C **पर जल का आयतन न्यूनतम और घनत्व अधिकतम (** 1000 kg/m³) होता है। इसी गुण के कारण ठंडे देशों में झील की ऊपरी सतह जमकर बर्फ (0°C) बन जाने पर भी नीचे का पानी 4°C पर द्रव अवस्था में रहता है और जलीय जीव जीवित रहते हैं।

(घ) ऊष्मा संचरण की विधियाँ एवं ऊष्मागतिकी (Modes of Heat Transfer & Thermodynamics)

1. **चालन (Conduction):** ठोसों और पारे (Hg) में अणुओं के अपने स्थान से हटे बिना कंपन द्वारा ऊष्मा का संचरण। (धातुएँ सुचालक हैं; चाँदी सर्वोत्तम चालक है)।

2. **संवहन (Convection):** द्रवों और गैसों (तरलों) में गर्म व हल्के अणुओं के स्वयं स्थानांतरित होकर ऊपर उठने से ऊष्मा का संचरण (जैसे वायुमंडल का गर्म होना, समुद्री व स्थलीय समीर, रेफ्रिजरेटर में फ्रीजर बॉक्स का ऊपर लगाया जाना)।

3. **विकिरण (Radiation):** बिना किसी भौतिक माध्यम के (निर्वात में भी) प्रकाश के वेग (3 × 10^8 m/s) से विद्युत-चुंबकीय तरंगों (अवरक्त किरणों) के रूप में ऊष्मा का संचरण (जैसे सूर्य से पृथ्वी तक ऊष्मा का आना)। यह सबसे तीव्र विधि है।

4. **ऊष्मागतिकी के नियम (Laws of Thermodynamics):**

• **शून्यवाँ नियम (Zeroth Law — फाउलर, 1931):** यह **तापीय साम्य (Thermal Equilibrium)** और **तापमान (** T **) की अवधारणा** को परिभाषित करता है।

• **प्रथम नियम (First Law):** यह **ऊर्जा संरक्षण के नियम** का ही रूप है: **ΔQ = ΔU + ΔW** (दी गई ऊष्मा = आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि + किया गया कार्य)।

• **द्वितीय नियम (Second Law):** केल्विन-प्लांक और क्लॉसियस कथन — किसी भी ऊष्मा इंजन की दक्षता **100%** नहीं हो सकती और बिना बाह्य कार्य के ऊष्मा स्वत: ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु की ओर प्रवाहित नहीं हो सकती।

6.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

• **तापमापी पैमानों का सार्वभौमिक रूपांतरण सूत्र : (C - 0)/100 = (F - 32)/180 = (K - 273.15)/100 = (R - 0)/80 = (Ra - 492)/180**

• **सरल रूप : C / 5 = (F - 32) / 9 = (K - 273) / 5 = R / 4**

• **तापांतर (Temperature Difference ΔT) का संबंध : ΔC / 5 = ΔF / 9 = ΔK / 5** (अर्थात् **1°C का तापांतर = 1 K का तापांतर = 1.8°F का तापांतर**)

• **संवेदी ऊष्मा (Sensible Heat Q) = m × c × ΔT** | **गुप्त ऊष्मा (Latent Heat Q) = m × L**

• **ऊष्मीय धारिता (Thermal Capacity / Heat Capacity H) = m × c** (SI मात्रक: **J/K**)

• **कैलोरीमिति का सिद्धांत (मिश्रण का नियम) : गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = ठंडी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा**

• **दो द्रवों के मिश्रण का अंतिम ताप (T_mix) = (m1×c1×T1 + m2×c2×T2) / (m1×c1 + m2×c2)**

• **रेखीय तापीय प्रसार : L_t = L_0 × (1 + α × ΔT)** | **प्रसार गुणांक संबंध : α : β : γ = 1 : 2 : 3** (अर्थात् **β = 2α**, **γ = 3α**)

• **ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम : ΔQ = ΔU + ΔW = ΔU + P × ΔV**

• **कार्नो ऊष्मा इंजन की दक्षता (Carnot Efficiency η) = [1 - (T2 / T1)] × 100% = [(T1 - T2) / T1] × 100%** (जहाँ **T1** स्रोत व **T2** सिंक का ताप केल्विन में है)

6.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

• **बर्फ (-10°C) से भाप (100°C) बनने का अवस्था परिवर्तन एवं ऊष्मा चक्र:**

[नोड 1: -10°C बर्फ से 0°C बर्फ (संवेदी ऊष्मा Q1 = m × c_ice × ΔT)] [नोड 2: 0°C बर्फ से 0°C जल (गलन गुप्त ऊष्मा Q2 = m × 80 cal/g, ताप स्थिर)] [नोड 3: 0°C जल से 100°C जल (संवेदी ऊष्मा Q3 = m × 1 × 100 cal)] [नोड 4: 100°C जल से 100°C भाप (वाष्पन गुप्त ऊष्मा Q4 = m × 540 cal/g, ताप स्थिर)]

6.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 6.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 6.1: प्रमुख तापमापी पैमानों की तुलना

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 6.2: ऊष्मागतिकीय प्रक्रमों (Thermodynamic Processes) का सारांश

सारणी 6.1: प्रमुख तापमापी पैमानों की तुलना

पैमाने का नाम	हिमांक बिंदु (Ice Point / LFP)	भाप बिंदु (Steam Point / UFP)	कुल बराबर भाग (Divisions)	परम शून्य का मान
सेल्सियस (°C)	0°C	100°C	100	-273.15°C
फारेनहाइट (°F)	32°F	212°F	180	-459.67°F
केल्विन (K — SI)	273.15 K	373.15 K	100	0 K
रियूमर (°R)	0°R	80°R	80	-218.52°R
रैंकिन (°Ra)	492°Ra	672°Ra	180	0°Ra

सारणी 6.2: ऊष्मागतिकीय प्रक्रमों (Thermodynamic Processes) का सारांश

प्रक्रम का नाम (Process)	नियत रहने वाली राशि	ऊष्मागतिकी समीकरण	प्रमुख उदाहरण
समतापीय प्रक्रम (Isothermal)	तापमान नियत (ΔT = 0 , ΔU = 0)	P × V = नियत , ΔQ = ΔW	बर्फ का धीरे-धीरे पिघलना या जल का उबलना
रुद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic)	ऊष्मा का आदान-प्रदान शून्य (ΔQ = 0)	P × V^γ = नियत , ΔW = -ΔU	साइकिल का टायर अचानक फटना, ध्वनि तरंगों का संचरण
समदाबी प्रक्रम (Isobaric)	दाब नियत (ΔP = 0)	V / T = नियत , ΔW = P × ΔV	खुले बर्तन में पानी गर्म करना
समआयतनिक प्रक्रम (Isochoric)	आयतन नियत (ΔV = 0 , ΔW = 0)	P / T = नियत , ΔQ = ΔU	बंद प्रेशर कुकर (सीटी बजने से पूर्व) में गर्म करना

6.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #16 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 6.1: किस तापमान पर फारेनहाइट पैमाने का पाठ्यांक सेल्सियस पैमाने के पाठ्यांक का ठीक **दोगुना** (F = 2C) होगा?

• हल:

1. दिया गया प्रतिबंध: F = 2C ।
2. सूत्र: C / 5 = (F - 32) / 9
3. F = 2C रखने पर: C / 5 = (2C - 32) / 9
4. तिर्यक गुणा करने पर: 9C = 10C - 160 C = 160°C ।
5. अतः फारेनहाइट में मान F = 2 × 160 = 320°F ।
6. **उत्तर:** 160°C (320°F) पर फारेनहाइट का पाठ्यांक सेल्सियस का दोगुना होता है।

अभ्यास प्रश्न #17 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 6.2: 0°C के 50 ग्राम बर्फ को पूरी तरह पिघलाकर 20°C के जल में बदलने के लिए कुल कितनी ऊष्मा (कैलोरी तथा जूल में) आवश्यक होगी? (बर्फ की गुप्त ऊष्मा L_f = 80 cal/g , जल की विशिष्ट ऊष्मा c = 1 cal/(g·°C) , 1 cal = 4.2 J)।

• हल:

1. **चरण 1 (0°C बर्फ से 0°C जल — अवस्था परिवर्तन):**

$Q1 = m \times L_f = 50\ g \times 80\ cal/g = 4000\ cal$।

2. **चरण 2 (0°C जल से 20°C जल — ताप वृद्धि):**

$Q2 = m \times c \times \Delta T = 50\ g \times 1\ cal/(g \cdot °C) \times (20 - 0)°C = 1000\ cal$।

3. **कुल आवश्यक ऊष्मा (Q):** $Q = Q1 + Q2 = 4000 + 1000 = 5000$ कैलोरी (5 kcal)।

4. जूल में मान: $Q = 5000 \times 4.2\ J = 21{,}000$ Joule $= 21\ kJ$।

5. **उत्तर:** 5000 कैलोरी या 21 kJ।

अभ्यास प्रश्न #18 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 6.3: एक आदर्श कार्नो ऊष्मा इंजन 327°C (स्रोत ताप) और 27°C (सिंक ताप) के बीच कार्य करता है। इंजन की तापीय दक्षता (Thermal Efficiency) ज्ञात कीजिए।

- **हल:**

1. पहले सेल्सियस को केल्विन में बदलें (अनिवार्य चरण!):

- स्रोत का ताप $T1 = 327 + 273 = 600\ K$।
- सिंक का ताप $T2 = 27 + 273 = 300\ K$।

2. दक्षता सूत्र: $\eta = [\ 1 - (T2 / T1)\ ] \times 100\% = [\ 1 - (300 / 600)\ ] \times 100\% = (1 - 0.5) \times 100\% = 50\%$।

3. **उत्तर:** कार्नो इंजन की दक्षता 50% है।

6.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-2]** यदि किसी वस्तु के तापमान में 30°C की वृद्धि की जाती है, तो फारेनहाइट पैमाने पर इस ताप वृद्धि (ΔF) का मान क्या होगा?

- (A) 54°F
- (B) 86°F
- (C) 30°F
- (D) 62°F

- **उत्तर: (A) 54°F**
- **व्याख्या:** यहाँ **तापांतर** ($\Delta C = 30°C$) दिया है, न कि निश्चित तापमान। तापांतर के लिए $\Delta F = (9/5) \times \Delta C = 1.8 \times 30 = 54°F$। (इसमें +32 नहीं जोड़ा जाता!)।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-1]** 2 kg ताँबे के ब्लॉक का तापमान 30°C से बढ़ाकर 80°C करने के लिए 38,500 J ऊष्मा की आवश्यकता होती है। ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता (J/(kg·K) में) क्या है?

- (A) 385 J/(kg·K)
- (B) 770 J/(kg·K)
- (C) 4200 J/(kg·K)
- (D) 192.5 J/(kg·K)

- **उत्तर: (A) 385 J/(kg·K)**
- **व्याख्या:** $Q = m \times c \times \Delta T\ c = Q / (m \times \Delta T) = 38500 / [\ 2 \times (80 - 30)\ ] = 38500 / 100 = 385\ J/(kg \cdot K)$।

3. **[RRB JE / SSC JE]** थर्मस फ्लास्क (Thermos Flask / Dewar Flask) में अंदर की दीवारों पर चाँदी की पॉलिश (Silver Coating) ऊष्मा संचरण की किस विधि से होने वाली हानि को रोकने के लिए की जाती है?

• (A) चालन (Conduction)

• (B) संवहन (Convection)

• (C) विकिरण (Radiation)

• (D) वाष्पन (Evaporation)

• **उत्तर: (C) विकिरण (Radiation)**

• **व्याख्या:** थर्मस फ्लास्क की दोहरी दीवारों के बीच का **निर्वात (Vacuum)** चालन और संवहन को रोकता है, जबकि चमकदार **चाँदी की पॉलिश** ऊष्मीय विकिरण को परावर्तित करके विकिरण द्वारा ऊष्मा हानि को रोकती है।

अध्याय 7: मौलिक विद्युत एवं इलेक्ट्रॉनिक्स (Basic Electricity & Electronics — ओम व किरचॉफ नियम, R-L-C, AC/DC, ट्रांसफार्मर, मोटर, डायोड व ट्रांजिस्टर)

7.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 7.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
(क) विद्युत आवेश, धारा, विभव, ओम का नियम एवं प्रतिरोध (Charge, Current, Ohm's Law & Resistance)	**(ख) किरचॉफ के नियम एवं R, L, C संयोजन (Kirchhoff's Laws & Combinations)**	**(ग) AC/DC परिपथ, ट्रांसफार्मर, मोटर एवं जनरेटर (AC Circuits & Electrical Machines)**	**(घ) मौलिक इलेक्ट्रॉनिक्स: अर्धचालक, डायोड एवं ट्रांजिस्टर (Semiconductors, Diodes & Transistors)**

(क) विद्युत आवेश, धारा, विभव, ओम का नियम एवं प्रतिरोध (Charge, Current, Ohm's Law & Resistance)

• **विद्युत आवेश (`Q`):** इसका SI मात्रक **कूलॉम (`C`)** है। एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश `e = -1.6 × 10^-19 C` होता है तथा `1 कूलॉम` आवेश में `6.25 × 10^18` **इलेक्ट्रॉन** होते हैं (`Q = n × e`)।

• **विद्युत धारा (`I`):** आवेश प्रवाह की दर को विद्युत धारा कहते हैं (`I = Q / t`)। इसका SI मात्रक **एम्पियर (`A = C/s`)** है। धारा को परिपथ के **श्रेणीक्रम (Series)** में जोड़े गए **अमीटर (Ammeter)** से मापा जाता है। (एक **आदर्श अमीटर का प्रतिरोध शून्य** `0 Ω` होता है)।

• **विभवांतर (`V`):** एकांक धनावेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में किया गया कार्य विभवांतर कहलाता है (`V = W / Q`)। इसका SI मात्रक **वोल्ट (`V = J/C`)** है। इसे परिपथ के **समांतर क्रम (Parallel)** में जोड़े गए **वोल्टमीटर (Voltmeter)** से मापा जाता है। (एक **आदर्श वोल्टमीटर का प्रतिरोध अनंत** `∞` होता है)।

• **ओम का नियम (Ohm's Law — जॉर्ज साइमन ओम, 1827):**

• यदि किसी चालक की भौतिक अवस्थाएँ (तापमान, दाब, यांत्रिक विकृति आदि) अपरिवर्तित रहें, तो चालक के सिरों पर लगाया गया विभवांतर (`V`) उसमें प्रवाहित होने वाली धारा (`I`) के समानुपाती होता है: `V = I × R`।

• **प्रतिरोध (`R`) और प्रतिरोधकता (`ρ`):**

• किसी चालक का प्रतिरोध `R = ρ × (L / A)` होता है, जहाँ `L` लंबाई, `A` अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल और `ρ` **विशिष्ट प्रतिरोध (प्रतिरोधकता — Resistivity)** है।

• **अति महत्वपूर्ण नियम:** प्रतिरोधकता (**ρ**) और चालकता (**σ = 1/ρ**) केवल **पदार्थ की प्रकृति और तापमान** पर निर्भर करती हैं; तार की लंबाई या मोटाई बदलने से प्रतिरोधकता (**ρ**) में **कोई परिवर्तन नहीं** होता!

• **तार को खींचकर (Stretching) लंबा करने का नियम:** यदि किसी तार को खींचकर उसकी लंबाई **n गुना** कर दी जाए (या त्रिज्या **1/n** कर दी जाए), तो आयतन नियत रहने के कारण नया प्रतिरोध **R_new = n² × R_old** (और त्रिज्या के संदर्भ में **R_new = n^4 × R_old**) हो जाता है।

• **तापमान का प्रभाव:**

• **धातुओं (चालकों)** का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध बढ़ता है **(धनात्मक ताप गुणांक — Positive Temperature Coefficient, PTC)**।

• **अर्धचालकों (Si, Ge), कार्बन और इलेक्ट्रोलाइट्स** का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध घटता है **(ऋणात्मक ताप गुणांक — NTC)**।

• **मैंगनिन, कांस्टेंटन और यूरेका** मिश्रधातुओं का ताप गुणांक लगभग शून्य होता है, इसलिए इनका उपयोग मानक प्रतिरोध बॉक्स बनाने में होता है।

(ख) किरचॉफ के नियम एवं R, L, C संयोजन (Kirchhoff's Laws & Combinations)

1. **किरचॉफ का प्रथम नियम (KCL — धारा नियम / संधि नियम):** किसी विद्युत संधि (Junction/Node) पर मिलने वाली समस्त धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है (**ΣI = 0** , आने वाली धारा = जाने वाली धारा)। यह **आवेश संरक्षण (Conservation of Charge)** के सिद्धांत पर आधारित है।

2. **किरचॉफ का द्वितीय नियम (KVL — वोल्टता नियम / लूप नियम):** किसी बंद विद्युत पाश (Closed Loop) में सभी विभवांतरों (**I × R**) और विद्युत वाहक बलों (**E**) का बीजगणितीय योग शून्य होता है (**ΣV = 0**)। यह **ऊर्जा संरक्षण (Conservation of Energy)** के सिद्धांत पर आधारित है।

3. **व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone Bridge):** अज्ञात प्रतिरोध मापने का उपकरण; संतुलन की अवस्था में जब गैल्वेनोमीटर में धारा शून्य (**I_g = 0**) हो, तब संलग्न भुजाओं के प्रतिरोधों का अनुपात बराबर होता है: **P / Q = R / S** ।

(ग) AC/DC परिपथ, ट्रांसफार्मर, मोटर एवं जनरेटर (AC Circuits & Electrical Machines)

• **भारत में मानक घरेलू AC आपूर्ति:** वोल्टेज = **230 V (RMS)** , आवृत्ति = **50 Hz (±3%)** । (DC की आवृत्ति **0 Hz** होती है)।

• **ज्यावक्रीय प्रत्यावर्ती धारा (Sinusoidal AC) के मानक मान:**

• वर्ग माध्य मूल मान (**I_rms**) = **I_max / √2 = 0.707 × I_max** ।

• अर्ध-चक्र का औसत मान (**I_avg**) = **(2 × I_max) / π = 0.637 × I_max** ।

• **फॉर्म फैक्टर (Form Factor)** = **I_rms / I_avg = 1.11** ।

• **पीक फैक्टर या क्रेस्ट फैक्टर (Peak Factor)** = **I_max / I_rms = √2 = 1.414** ।

• **ट्रांसफार्मर (Transformer):**

• यह **अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction)** के सिद्धांत पर कार्य करने वाली एक स्थैतिक युक्ति है जो **आवृत्ति (f) और शक्ति (P) को बदले बिना** केवल **प्रत्यावर्ती धारा (AC)** के वोल्टेज को घटाती (Step-down) या बढ़ाती (Step-up) है। (यह **DC पर कार्य नहीं करता**; DC देने पर इसकी प्राथमिक कुंडली जल जाएगी)।

• ट्रांसफार्मर की कोर **सिलिकॉन स्टील (Silicon Steel)** की पतली पटलित पत्तियों (Laminated Sheets) से बनाई जाती है: **सिलिकॉन स्टील से हिस्टैरिसीस हानि (Hysteresis Loss) कम होती है** और **लैमिनेशन करने से भँवर धारा हानि (Eddy Current Loss) कम होती है**।

• **विद्युत जनरेटर व मोटर के नियम:**

• **फ्लेमिंग का दाएँ हाथ का नियम (Fleming's Right-Hand Rule): जनरेटर (Dynamo)** में प्रेरित विद्युत धारा की दिशा ज्ञात करने के लिए।

• **फ्लेमिंग का बाएँ हाथ का नियम (Fleming's Left-Hand Rule): विद्युत मोटर (Motor)** में चालक पर लगने वाले बल (घूर्णन दिशा) को ज्ञात करने के लिए।

(घ) मौलिक इलेक्ट्रॉनिक्स: अर्धचालक, डायोड एवं ट्रांजिस्टर (Semiconductors, Diodes & Transistors)

• **अर्धचालक (Semiconductors):** सिलिकॉन (**Si**, परमाणु क्रमांक 14) और जर्मेनियम (**Ge**, परमाणु क्रमांक 32) **चतुःसंयोजी (Tetravalent — बाह्य कक्षा में 4 इलेक्ट्रॉन)** तत्व हैं।

• **P-प्रकार अर्धचालक:** शुद्ध **Si/Ge** में *त्रिसंयोजी (*Trivalent* — बोरॉन, एल्युमिनियम, गैलियम, इंडियम — ट्रिक: BAGI) **अशुद्धि मिलाने पर बनता है; इसमें बहुसंख्यक वाहक** होल (*Holes* / कोटर)* होते हैं।

• **N-प्रकार अर्धचालक:** शुद्ध **Si/Ge** में **पंचसंयोजी (Pentavalent — फॉस्फोरस, आर्सेनिक, एंटीमनी, बिस्मथ)** अशुद्धि मिलाने पर बनता है; इसमें बहुसंख्यक वाहक **मुक्त इलेक्ट्रॉन (Free Electrons)** होते हैं।

• **PN जंक्शन डायोड:** यह धारा को केवल एक दिशा (अग्र अभिनति / Forward Bias) में प्रवाहित होने देता है। इसका मुख्य कार्य **दिष्टकरण (Rectification — AC को DC में बदलना)** है। नीभव विभव (Barrier Potential): **Ge के लिए 0.3 V** और **Si के लिए 0.7 V** होता है।

• **जेनर डायोड (Zener Diode):** यह सदैव **पश्च अभिनति (Reverse Bias)** में भंजन क्षेत्र में कार्य करता है और **वोल्टेज रेगुलेटर (Voltage Regulator / Stabilizer)** के रूप में प्रयुक्त होता है।

• **ट्रांजिस्टर (BJT — NPN एवं PNP):** इसमें तीन टर्मिनल होते हैं: **उत्सर्जक (Emitter - E, सर्वाधिक डोपिंग व मध्यम आकार), आधार (Base - B, सबसे कम डोपिंग व सबसे पतला)**, और **संग्राहक (Collector - C, मध्यम डोपिंग व सबसे बड़ा क्षेत्रफल)**। इसका मुख्य उपयोग **प्रवर्धक (Amplifier)** और **इलेक्ट्रॉनिक स्विच** के रूप में होता है।

7.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

• **आवेश (Q) = n × e = I × t** | **विभव (V) = W / Q** | **ओम का नियम : V = I × R**

• **प्रतिरोध (R) = ρ × (L / A)** | **चालकत्व (Conductance G) = 1 / R** (मात्रक: सीमेंस **S** या महो **℧**)

• **चालकता (Conductivity σ) = 1 / ρ** (मात्रक: **S/m** या **Ω^-1·m^-1**)

• **तार को खींचकर लंबाई n गुना करने पर नया प्रतिरोध : R_new = n^2 × R**

• **श्रेणीक्रम में प्रतिरोध एवं प्रेरकत्व : R_eq = R1 + R2 + R3** तथा **L_eq = L1 + L2 + L3**

• **समांतर क्रम में प्रतिरोध एवं प्रेरकत्व : 1 / R_eq = (1 / R1) + (1 / R2) + (1 / R3)** (दो प्रतिरोधों हेतु **R_eq = (R1 × R2) / (R1 + R2)**)

• **संधारित्र (Capacitor) की धारिता : C = Q / V = (ε0 × εr × A) / d** (SI मात्रक: फैरड **F**)

• **संधारित्रों का समांतर क्रम : C_eq = C1 + C2 + C3** | **संधारित्रों का श्रेणीक्रम : 1 / C_eq = (1 / C1) + (1 / C2) + (1 / C3)**

• **संधारित्र में संचित ऊर्जा : $U_C = (1/2) \times C \times V^2 = Q^2 / (2C)$** | **प्रेरक कुंडली में संचित ऊर्जा : $U_L = (1/2) \times L \times I^2$**

• **विद्युत शक्ति (P) = V × I = I^2 × R = V^2 / R** | **जूल का तापन नियम (उत्पन्न ऊष्मा H) = I^2 × R × t Joule**

• **सेल का टर्मिनल वोल्टेज (डिस्चार्जिंग में) : V = E - (I × r)** (जहाँ **E** विद्युत वाहक बल व **r** आंतरिक प्रतिरोध है)

• **RLC श्रेणी AC परिपथ की प्रतिबाधा (Impedance Z) = √[R^2 + $(X_L - X_C)^2$]** (जहाँ **$X_L = 2\pi fL$** तथा **$X_C = 1 / (2\pi fC)$**)

• **अनुनाद आवृत्ति (Resonance Frequency, जब $X_L = X_C$) : $f_r = 1 / [2 \times \pi \times \sqrt{(L \times C)}]$**

• **AC शक्ति गुणांक (Power Factor) : cos φ = R / Z** | **वास्तविक AC शक्ति : $P = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos\varphi$**

• **ट्रांसफार्मर समीकरण : $V_s / V_p = N_s / N_p = I_p / I_s$ = K (परिवर्तन अनुपात)**

• **AC मोटर की तुल्यकालिक चाल (Synchronous Speed N_s) = (120 × f) / P** (जहाँ **f** आवृत्ति व **P** ध्रुवों की संख्या है)

• ट्रांजिस्टर धारा समीकरण : $I_E = I_B + I_C$ | धारा लाभ संबंध : $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$ तथा $\alpha = \beta / (1 + \beta)$ (जहाँ $\alpha = I_C / I_E$ तथा $\beta = I_C / I_B$)

7.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

• दिष्टकारी (Rectifier) द्वारा AC से शुद्ध DC रूपांतरण श्रृंखला:

[नोड 1: 230V AC मुख्य आपूर्ति एवं स्टेप-डाउन ट्रांसफार्मर] [नोड 2: PN डायोड रेक्टिफायर (Half-Wave: 1 डायोड η=40.6% | Full-Wave Bridge: 4 डायोड η=81.2%)] [नोड 3: LC / π-प्रकार फिल्टर परिपथ (स्पंदमान उर्मिका/Ripple हटाना)] [नोड 4: जेनर डायोड वोल्टेज रेगुलेटर स्थिर व शुद्ध DC आउटपुट]

7.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 7.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 7.1: प्रतिरोध, प्रेरकत्व एवं संधारित्र की तुलनात्मक तालिका

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 7.2: कार्बन प्रतिरोध कलर कोडिंग (ट्रिक: *B.B. ROY of Great Britain has a Very Good Wife*)

सारणी 7.1: प्रतिरोध, प्रेरकत्व एवं संधारित्र की तुलनात्मक तालिका

गुणधर्म	प्रतिरोधक (Resistor — R)	प्रेरक (Inductor — L)	संधारित्र (Capacitor — C)
मुख्य कार्य	धारा के प्रवाह का विरोध करना ($V = I \times R$)	धारा में परिवर्तन का विरोध करना ($e = -L \times dI/dt$)	वोल्टेज में परिवर्तन का विरोध व आवेश संचय ($Q = C \times V$)
SI मात्रक	ओम (Ω)	हेनरी (H)	फैरड (F) — व्यावहारिक: μF, pF
श्रेणीक्रम सूत्र	$R_{eq} = R1 + R2$	$L_{eq} = L1 + L2$	$C_{eq} = (C1 \times C2) / (C1 + C2)$
समांतर क्रम सूत्र	$R_{eq} = (R1 \times R2) / (R1 + R2)$	$L_{eq} = (L1 \times L2) / (L1 + L2)$	$C_{eq} = C1 + C2$
कलांतर (Phase Difference)	V और I समान कला में ($\varphi = 0°$)	धारा वोल्टेज से 90° पीछे (I lags V)	धारा वोल्टेज से 90° आगे (I leads V)
शुद्ध अवयव का शक्ति गुणांक	$\cos 0° = 1$ (इकाई / Unity)	$\cos 90° = 0$ (पश्चगामी / Lagging)	$\cos 90° = 0$ (अग्रगामी / Leading)

सारणी 7.2: कार्बन प्रतिरोध कलर कोडिंग (ट्रिक: B.B. ROY of Great Britain has a Very Good Wife)

रंग (Colour)	प्रथम/द्वितीय पट्टी (अंक)	तृतीय पट्टी (गुणक — Multiplier)	चतुर्थ पट्टी (सहनशीलता — Tolerance)
काला (Black)	0	$10^0 = 1$	—
भूरा (Brown)	1	$10^1 = 10$	±1%
लाल (Red)	2	$10^2 = 100$	±2%
नारंगी (Orange)	3	$10^3 = 1$ kΩ	—
पीला (Yellow)	4	$10^4 = 10$ kΩ	—

रंग (Colour)	प्रथम/द्वितीय पट्टी (अंक)	तृतीय पट्टी (गुणक — Multiplier)	चतुर्थ पट्टी (सहनशीलता — Tolerance)
हरा (Green)	5	10^5 = 100 kΩ	±0.5%
नीला (Blue)	6	10^6 = 1 MΩ	±0.25%
बैंगनी (Violet)	7	10^7	±0.1%
स्लेटी (Grey)	8	10^8	—
सफेद (White)	9	10^9	—
सुनहरा (Gold)	—	10^-1 = 0.1	±5%
चाँदी (Silver)	—	10^-2 = 0.01	±10%
कोई रंग नहीं (No Colour)	—	—	±20%

7.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #19 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 7.1: 6 Ω, 12 Ω और 4 Ω के तीन प्रतिरोधक 12 V की बैटरी के साथ समांतर क्रम (Parallel) में जुड़े हैं। (i) परिपथ का तुल्य प्रतिरोध (R_eq) तथा (ii) बैटरी से प्रवाहित कुल मुख्य धारा (I) ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. समांतर क्रम सूत्र: 1 / R_eq = (1 / 6) + (1 / 12) + (1 / 4)
2. हरों का लघुत्तम (LCM) = 12:

1 / R_eq = (2 + 1 + 3) / 12 = 6 / 12 = 1 / 2 R_eq = 2 Ω।

3. ओम के नियम से मुख्य धारा I = V / R_eq = 12 V / 2 Ω = 6 Ampere।
4. **उत्तर:** तुल्य प्रतिरोध = 2 Ω, कुल मुख्य धारा = 6 A।

अभ्यास प्रश्न #20 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 7.2: 10 Ω प्रतिरोध के एक ताँबे के तार को खींचकर उसकी लंबाई मूल लंबाई की 3 गुनी कर दी जाती है। तार का नया प्रतिरोध और नई प्रतिरोधकता क्या होगी?

• हल:

1. दिया गया है: R = 10 Ω, n = 3।
2. खींचकर लंबा करने पर नया प्रतिरोध R_new = n^2 × R = 3^2 × 10 = 9 × 10 = 90 Ω।
3. चूँकि तार का पदार्थ (ताँबा) और तापमान नहीं बदला है, इसलिए **प्रतिरोधकता (ρ) अपरिवर्तित रहेगी**।
4. **उत्तर:** नया प्रतिरोध = 90 Ω, प्रतिरोधकता = **अपरिवर्तित (समान)**।

अभ्यास प्रश्न #21 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 7.3: एक ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुंडली में 500 फेरे और द्वितीयक कुंडली में 2500 फेरे हैं। यदि प्राथमिक कुंडली को 200 V AC से जोड़ा जाए और द्वितीयक कुंडली में 2 A धारा प्रवाहित हो, तो द्वितीयक वोल्टेज (V_s) और प्राथमिक धारा (I_p) ज्ञात कीजिए।

• हल:

1. दिया गया है: N_p = 500, N_s = 2500, V_p = 200 V, I_s = 2 A।
2. सूत्र: V_s / V_p = N_s / N_p V_s / 200 = 2500 / 500 = 5 V_s = 5 × 200 = 1000 V।

3. धारा संबंध: $I_p / I_s = N_s / N_p = 5$ $I_p = 5 \times 2\ A = 10\ A$।

4. **उत्तर:** द्वितीयक वोल्टेज $V_s = 1000\ V$ (स्टेप-अप ट्रांसफार्मर) तथा प्राथमिक धारा $I_p = 10\ A$।

7.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-3]** $220\ V$ रेटिंग वाले $40\ W$ और $100\ W$ के दो विद्युत बल्बों को $220\ V$ की मुख्य सप्लाई के साथ **श्रेणीक्रम (Series)** में जोड़ा जाता है। कौन-सा बल्ब अधिक तेज चमकेगा?

• (A) 100 W वाला बल्ब

• (B) 40 W वाला बल्ब

• (C) दोनों समान चमकेंगे

• (D) 100 W वाला बल्ब फ्यूज हो जाएगा

• **उत्तर: (B) 40 W वाला बल्ब**

• **व्याख्या:** बल्ब का प्रतिरोध $R = V^2 / P$ अर्थात् कम वाट वाले बल्ब ($40\ W$) का प्रतिरोध अधिक होता है। श्रेणीक्रम में दोनों बल्बों में समान धारा (I) बहती है, अतः खपत शक्ति $P' = I^2 \times R$ के अनुसार **जिसका प्रतिरोध अधिक होगा ($40\ W$), वह श्रेणीक्रम में अधिक तेज चमकेगा**। (जबकि समांतर क्रम में $100\ W$ वाला अधिक चमकता है)।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-2]** एक कार्बन प्रतिरोधक पर क्रमशः **लाल, पीला, नारंगी और सुनहरा (Red, Yellow, Orange, Gold)** रंग की पट्टियाँ अंकित हैं। इसका प्रतिरोध मान क्या होगा?

• (A) 24 kΩ ± 5%

• (B) 2.4 kΩ ± 10%

• (C) 240 Ω ± 5%

• (D) 42 kΩ ± 5%

• **उत्तर: (A) 24 kΩ ± 5%**

• **व्याख्या:** लाल = 2, पीला = 4, नारंगी (गुणक) = 10^3, सुनहरा = $\pm 5\%$। अतः $R = 24 \times 10^3\ \Omega \pm 5\% = 24\ k\Omega \pm 5\%$।

3. **[RRB JE / Technician Grade-I]** एक उभयनिष्ठ उत्सर्जक (Common Emitter) ट्रांजिस्टर का धारा लाभ $\alpha = 0.98$ है। यदि आधार धारा $I_B = 0.2\ mA$ हो, तो संग्राहक धारा (I_C) का मान क्या होगा?

• (A) 4.9 mA

• (B) 9.8 mA

• (C) 19.6 mA

• (D) 10 mA

• **उत्तर: (B) 9.8 mA**

• **व्याख्या:** पहले $\beta = \alpha / (1 - \alpha) = 0.98 / (1 - 0.98) = 0.98 / 0.02 = 49$। अब संग्राहक धारा $I_C = \beta \times I_B = 49 \times 0.2\ mA = 9.8\ mA$।

अध्याय 8: लीवर और सरल मशीनें (Levers & Simple Machines — उत्तोलक के प्रकार, MA, VR, दक्षता η, घिरनी, पेंच व आनत तल)

8.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 8.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3
(क) सरल मशीन एवं उसकी दक्षता की मूल अवधारणाएँ	(ख) उत्तोलक (Levers) का सिद्धांत एवं वर्गीकरण	(ग) घिरनी, पहिया-धुरी, आनत तल एवं पेंच जैक (Pulley, Wheel-Axle, Inclined Plane & Screw Jack)

(क) सरल मशीन एवं उसकी दक्षता की मूल अवधारणाएँ

• **सरल मशीन (Simple Machine):** वह यांत्रिक युक्ति जिसकी सहायता से किसी सुविधाजनक बिंदु पर **कम बल (आयास / प्रयास — Effort P)** लगाकर किसी अन्य बिंदु पर रखे **अधिक बोझ (भार — Load W)** को उठाया जाए, या बल की दिशा को सुविधाजनक बनाया जाए, या कार्य की गति को बढ़ाया जाए, सरल मशीन कहलाती है।

• **छह मौलिक सरल मशीनें:** (1) उत्तोलक (Lever), (2) घिरनी (Pulley), (3) पहिया और धुरी (Wheel and Axle), (4) आनत तल (Inclined Plane), (5) पच्चर (Wedge), और (6) पेंच (Screw)।

• **प्रमुख शब्दावली:**

1. **भार (Load — W):** मशीन द्वारा उठाया जाने वाला प्रतिरोध या बोझ (न्यूटन में)।

2. **आयास या प्रयास (Effort — P):** भार को उठाने के लिए मशीन पर लगाया गया बाह्य बल (न्यूटन में)।

3. **यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage — MA):** मशीन द्वारा उठाए गए भार (W) और उस पर लगाए गए प्रयास (P) के अनुपात को यांत्रिक लाभ कहते हैं: **MA = W / P**। यह एक **मात्रकहीन व विमाहीन** राशि है।

4. **वेग अनुपात (Velocity Ratio — VR):** प्रयास (P) द्वारा तय की गई दूरी (d_P या y) और उसी समय में भार (W) द्वारा तय की गई दूरी (d_W या x) के अनुपात को वेग अनुपात कहते हैं: **VR = d_P / d_W**। यह केवल मशीन की ज्यामितीय बनावट पर निर्भर करता है और घर्षण से अप्रभावित रहता है।

5. **दक्षता (Efficiency — η):** मशीन से प्राप्त **निर्गत कार्य (Output Work = W × d_W)** और मशीन को दिए गए **आगत कार्य (Input Work = P × d_P)** के अनुपात को मशीन की दक्षता कहते हैं:

η = (निर्गत कार्य / आगत कार्य) = (W × d_W) / (P × d_P) = (W / P) / (d_P / d_W) = MA / VR।

6. **आदर्श मशीन (Ideal Machine):** वह काल्पनिक मशीन जिसमें घर्षण पूर्णतः शून्य हो। इसके लिए **निर्गत कार्य = आगत कार्य**, **MA = VR** तथा **दक्षता η = 1 (या 100%)** होती है। वास्तविक मशीनों में घर्षण के कारण सदैव **MA < VR** और **η < 100%** होती है।

7. **स्व-लॉकिंग मशीन (Self-Locking / Non-Reversible Machine):** यदि प्रयास (P) हटा लेने पर मशीन का भार स्वयं नीचे न गिरे (जैसे स्क्रू जैक), तो उसे स्व-लॉकिंग मशीन कहते हैं। इसके लिए मशीन की दक्षता **η < 50%** होती है। यदि **η ≥ 50%** हो, तो मशीन **उत्क्रमणीय (Reversible / Overhauling)** कहलाती है।

(ख) उत्तोलक (Levers) का सिद्धांत एवं वर्गीकरण

• **उत्तोलक (Lever):** यह एक सीधी या मुड़ी हुई दृढ़ छड़ होती है जो किसी एक निश्चित स्थिर बिंदु के परितः स्वतंत्रतापूर्वक घूम सकती है।

• **उत्तोलक के तीन मुख्य बिंदु:**

1. **आलंब (Fulcrum — F):** वह स्थिर बिंदु जिसके चारों ओर उत्तोलक की छड़ घूमती है।

2. **भार (Load — W या L):** उत्तोलक द्वारा उठाया जाने वाला बोझ।

3. **आयास / प्रयास (Effort — E या P):** उत्तोलक को चलाने के लिए लगाया गया बल।

• उत्तोलक का सिद्धांत (आघूर्णों का सिद्धांत — Principle of Moments):

• संतुलन की अवस्था में: **भार × भार भुजा = प्रयास × प्रयास भुजा** अर्थात् **W × d_W = P × d_P**।

• अतः उत्तोलक का यांत्रिक लाभ: **MA = W / P = (प्रयास भुजा / Effort Arm) / (भार भुजा / Load Arm)**।

• उत्तोलकों के तीनों वर्गों को याद रखने की अचूक ट्रिक — "F - L - E" (1 - 2 - 3):

• जो बिंदु **बीच (मध्य)** में आता है, वही उत्तोलक की श्रेणी तय करता है:

1. **प्रथम श्रेणी का उत्तोलक (First Class Lever — बीच में F अर्थात् आलंब Fulcrum):**

• इसमें **आलंब (F)**, भार (L) और प्रयास (E) के बीच में होता है।

• इसकी प्रयास भुजा भार भुजा से बड़ी, बराबर या छोटी हो सकती है, इसलिए इसका **यांत्रिक लाभ (MA) 1 से अधिक (>1), 1 के बराबर (=1) या 1 से कम (<1) कुछ भी हो सकता है**।

• प्रमुख उदाहरण: कैंची (Scissors), प्लास (Pliers), सँड़सी (Pincers), कील उखाड़ने की हथौड़ी (Claw Hammer), सी-सॉ झूला (See-saw), साधारण तराजू (Beam Balance — इसमें **MA = 1**), हैंड पंप (Hand Pump), साइकिल का ब्रेक।

2. **द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक (Second Class Lever — बीच में L अर्थात् भार Load):**

• इसमें **भार (L)**, आलंब (F) और प्रयास (E) के बीच में होता है।

• चूँकि प्रयास भुजा सदैव भार भुजा से बड़ी होती है, इसलिए **द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक का यांत्रिक लाभ सदैव 1 से अधिक (MA > 1) होता है**। यह सदैव **बल गुणक (Force Multiplier)** के रूप में कार्य करता है।

• प्रमुख उदाहरण: सरोता (Nut Cracker), एक पहिए की कूड़ा गाड़ी (Wheelbarrow), नींबू निचोड़ने की मशीन (Lemon Squeezer), बोतल का ढक्कन खोलने वाला ओपनर (Bottle Opener), कागज काटने की मशीन (Paper Cutter)।

3. **तृतीय श्रेणी का उत्तोलक (Third Class Lever — बीच में E अर्थात् प्रयास Effort):**

• इसमें **प्रयास (E)**, आलंब (F) और भार (L) के बीच में होता है।

• चूँकि प्रयास भुजा सदैव भार भुजा से छोटी होती है, इसलिए **तृतीय श्रेणी के उत्तोलक का यांत्रिक लाभ सदैव 1 से कम (MA < 1) होता है**। यह बल कम नहीं करता बल्कि **गति गुणक (Speed / Distance Multiplier)** के रूप में कार्य करता है।

• प्रमुख उदाहरण: चिमटा (Fire Tongs / रोटी पकड़ने का चिमटा), किसान का हल (Plough), मनुष्य का हाथ/अग्रभुजा (Forearm), मछली पकड़ने की छड़ (Fishing Rod), स्टेपलर (Stapler), झाड़ू (Broom), बेलचा (Shovel), बर्फ उठाने की चिमटी (Ice Tongs)।

(ग) घिरनी, पहिया-धुरी, आनत तल एवं पेंच जैक (Pulley, Wheel-Axle, Inclined Plane & Screw Jack)

1. **अकेली स्थिर घिरनी (Single Fixed Pulley):** इसका वेग अनुपात **VR = 1** और आदर्श यांत्रिक लाभ **MA = 1** होता है। यह बल को गुणित नहीं करती, केवल **बल लगाने की दिशा को सुविधाजनक (नीचे की ओर)** बनाती है (जैसे कुएँ से पानी खींचने की घिरनी)।

2. **अकेली चल घिरनी (Single Movable Pulley):** इसका वेग अनुपात **VR = 2** होता है।

3. **घिरनियों के निकाय (Systems of Pulleys):**

• प्रथम निकाय (n चल घिरनियाँ): VR = 2^n

• द्वितीय निकाय (Block and Tackle — कुल n घिरनियाँ): VR = n

• तृतीय निकाय (n घिरनियाँ): VR = 2^n - 1

4. **पहिया और धुरी (Wheel and Axle):** यदि पहिए का व्यास D (त्रिज्या R) और धुरी का व्यास d (त्रिज्या r) हो, तो VR = D / d = R / r।

5. **आनत तल (Inclined Plane):** यदि नत समतल की लंबाई L, ऊर्ध्वाधर ऊँचाई h और झुकाव कोण θ हो (और प्रयास तल के समांतर लगाया जाए), तो VR = L / h = 1 / sin θ = cosec θ।

6. **पेंच जैक (Screw Jack):** यदि हैंडल की लंबाई R और पेंच की पिच p हो, तो VR = (2 × π × R) / p।

8.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

- यांत्रिक लाभ (MA) = भार (W) / प्रयास (P) | वेग अनुपात (VR) = प्रयास का विस्थापन (d_P) / भार का विस्थापन (d_W)
- दक्षता (Efficiency η) = (MA / VR) × 100% = (निर्गत कार्य / आगत कार्य) × 100%
- उत्तोलक का संतुलन समीकरण : W × भार भुजा (Load Arm) = P × प्रयास भुजा (Effort Arm)
- उत्तोलक का यांत्रिक लाभ : MA = प्रयास भुजा / भार भुजा
- मशीन का नियम (Law of Machine) : P = (m × W) + C (जहाँ m ढाल व C घर्षण प्रतिरोध है)
- मशीन का अधिकतम यांत्रिक लाभ (Max MA) = 1 / m | अधिकतम दक्षता (Max η) = [1 / (m × VR)] × 100%
- घर्षण में नष्ट प्रयास (Effort Lost in Friction) : P_f = P - (W / VR)
- घर्षण में नष्ट भार (Friction Load) : W_f = (P × VR) - W
- आनत तल का वेग अनुपात : VR = L / h = 1 / sin θ | पहिया और धुरी का वेग अनुपात : VR = D / d = R / r
- साधारण स्क्रू जैक का वेग अनुपात : VR = (2 × π × R) / p
- डिफरेंशियल (व्यासान्तरी) पहिया और धुरी का वेग अनुपात : VR = (2 × D) / (d1 - d2)

8.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

- **उत्तोलक की पहचान एवं यांत्रिक लाभ निर्धारण (FLE ट्रिक):**

[नोड 1: उत्तोलक में आलंब (F), भार (L) व प्रयास (E) के मध्य बिंदु की पहचान] [नोड 2: मध्य में F = प्रथम श्रेणी (MA > 1, = 1, या < 1; जैसे कैंची, प्लास, तराजू)] [नोड 3: मध्य में L = द्वितीय श्रेणी (सदैव MA > 1, बल गुणक; जैसे सरोता, कूड़ा गाड़ी, नींबू निचोड़नी)] [नोड 4: मध्य में E = तृतीय श्रेणी (सदैव MA < 1, गति गुणक; जैसे चिमटा, मानव हाथ, स्टेपलर)]

8.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 8.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 8.1: तीनों श्रेणियों के उत्तोलकों (Levers) का संपूर्ण तुलनात्मक चार्ट	सारणी 8.2: प्रमुख सरल मशीनों के वेग अनुपात (VR) सूत्र

सारणी 8.1: तीनों श्रेणियों के उत्तोलकों (Levers) का संपूर्ण तुलनात्मक चार्ट

विशेषता	प्रथम श्रेणी उत्तोलक (Class-I)	द्वितीय श्रेणी उत्तोलक (Class-II)	तृतीय श्रेणी उत्तोलक (Class-III)
मध्य (बीच) में स्थित बिंदु	आलंब (Fulcrum — F)	भार (Load — L)	प्रयास (Effort — E)
भुजाओं का संबंध	प्रयास भुजा ≷ भार भुजा	सदैव प्रयास भुजा > भार भुजा	सदैव प्रयास भुजा < भार भुजा
यांत्रिक लाभ (MA)	MA > 1 , MA = 1 या MA < 1	सदैव MA > 1	सदैव MA < 1
मुख्य यांत्रिक लाभ/उपयोग	बल की दिशा बदलना या बल/गति बढ़ाना	कम प्रयास से भारी बोझ उठाना (Force Multiplier)	कार्य की गति व परास बढ़ाना (Speed Multiplier)
दैनिक जीवन के उदाहरण	कैंची, प्लास, सी-सॉ, तराजू, हैंडपंप, नेल कटर का ऊपरी लीवर	सरोता, एक पहिया ठेला, नींबू निचोड़ने की मशीन, दरवाजा	चिमटा, मनुष्य की बाँह, किसान का हल, स्टेपलर, चिमटी
मानव शरीर में उदाहरण	गर्दन के जोड़ पर सिर को ऊपर-नीचे हिलाना (एटलस कशेरुका आलंब है)	पंजों (Toes) के बल पर एड़ी उठाकर खड़ा होना	कोहनी (आलंब) को मोड़कर हथेली में रखे वजन को उठाना (Biceps प्रयास है)

सारणी 8.2: प्रमुख सरल मशीनों के वेग अनुपात (VR) सूत्र

सरल मशीन का नाम	ज्यामितीय मापदंड	वेग अनुपात (VR) का सूत्र
अकेली स्थिर घिरनी (Single Fixed Pulley)	1 स्थिर घिरनी	VR = 1
घिरनियों का प्रथम निकाय (1st System)	n चल घिरनियाँ	VR = 2^n
घिरनियों का द्वितीय निकाय (Block & Tackle)	दोनों ब्लॉकों में कुल n घिरनियाँ	VR = n
घिरनियों का तृतीय निकाय (3rd System)	n घिरनियाँ	VR = 2^n - 1
आनत तल (Inclined Plane)	लंबाई L , ऊँचाई h , झुकाव कोण θ	VR = L / h = 1 / sin θ
पहिया और धुरी (Wheel & Axle)	पहिए का व्यास D , धुरी का व्यास d	VR = D / d
साधारण स्क्रू जैक (Simple Screw Jack)	हत्थे की लंबाई R , चूड़ी की पिच p	VR = (2 × π × R) / p
वर्म और वर्म व्हील (Worm & Worm Wheel)	हैंडल त्रिज्या R , भार ड्रम त्रिज्या r , दाँते T	VR = (R × T) / r

8.5 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #22 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 8.1: एक प्रथम श्रेणी के उत्तोलक की कुल लंबाई 1.5 मीटर है। यदि आलंब (Fulcrum) से 30 cm की दूरी पर 200 N का भार लटकाया गया हो, तो दूसरे सिरे पर कितना प्रयास (Effort) लगाने से उत्तोलक संतुलित रहेगा? उत्तोलक का यांत्रिक लाभ (MA) भी ज्ञात कीजिए।

• **हल:**

1. दिया गया है: उत्तोलक की कुल लंबाई = 1.5 m = 150 cm , भार W = 200 N ।
2. भार भुजा (Load Arm) = 30 cm ।
3. चूँकि आलंब बीच में है, अतः प्रयास भुजा (Effort Arm) = 150 cm - 30 cm = 120 cm ।
4. उत्तोलक के सिद्धांत से: P × प्रयास भुजा = W × भार भुजा

P × 120 = 200 × 30 P = 6000 / 120 = 50 N।

5. यांत्रिक लाभ MA = W / P = 200 / 50 = 4 (या प्रयास भुजा / भार भुजा = 120 / 30 = 4)।

6. **उत्तर:** आवश्यक प्रयास P = 50 N तथा यांत्रिक लाभ MA = 4।

अभ्यास प्रश्न #23 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 8.2: एक सरल मशीन में 1200 N के भार को उठाने के लिए 300 N का प्रयास लगाया जाता है। यदि प्रयास को 80 cm विस्थापित करने पर भार 16 cm ऊपर उठता है, तो मशीन का (i) यांत्रिक लाभ (MA), (ii) वेग अनुपात (VR), (iii) दक्षता (η) तथा (iv) घर्षण में नष्ट प्रयास ज्ञात कीजिए।

• **हल:**

1. यांत्रिक लाभ MA = W / P = 1200 N / 300 N = 4।

2. वेग अनुपात VR = d_P / d_W = 80 cm / 16 cm = 5।

3. दक्षता η = (MA / VR) × 100% = (4 / 5) × 100% = 80%।

4. घर्षण में नष्ट प्रयास P_f = P - (W / VR) = 300 - (1200 / 5) = 300 - 240 = 60 N।

5. **उत्तर:** MA = 4, VR = 5, दक्षता η = 80%, घर्षण में नष्ट प्रयास = 60 N।

अभ्यास प्रश्न #24 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 8.3: एक स्क्रू जैक की पिच 10 mm (1 cm) है और इसे घुमाने वाले हत्थे (Handle) की लंबाई 70 cm है। यदि स्क्रू जैक की दक्षता 50% हो, तो 4400 N की कार को उठाने के लिए हत्थे के सिरे पर कितना बल (P) लगाना होगा? (π = 22/7 लें)।

• **हल:**

1. दिया गया है: p = 1 cm, R = 70 cm, W = 4400 N, η = 50% = 0.5।

2. स्क्रू जैक का वेग अनुपात VR = (2 × π × R) / p = (2 × (22/7) × 70) / 1 = 440।

3. चूँकि η = MA / VR, अतः MA = η × VR = 0.5 × 440 = 220।

4. आवश्यक प्रयास P = W / MA = 4400 N / 220 = 20 N।

5. **उत्तर:** हत्थे पर केवल 20 N का बल लगाना होगा।

8.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-1]** एक सरोता (Nut Cracker) और एक पहिए वाली कूड़ा गाड़ी (Wheelbarrow) किस श्रेणी के उत्तोलक के उदाहरण हैं?

• (A) प्रथम श्रेणी उत्तोलक

• (B) द्वितीय श्रेणी उत्तोलक

• (C) तृतीय श्रेणी उत्तोलक

• (D) संयुक्त उत्तोलक

• **उत्तर: (B) द्वितीय श्रेणी उत्तोलक**

• **व्याख्या:** सरोते में सुपारी (भार L) और कूड़ा गाड़ी में कचरा (भार L) आलंब (F) और हाथ से लगाए गए बल (E) के बीच में रहता है। FLE ट्रिक से मध्य में L होने पर यह द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक है और इसका यांत्रिक लाभ सदैव 1 से अधिक होता है।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-3]** निम्नलिखित में से किस श्रेणी के उत्तोलक का यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage) सदैव 1 से कम (< 1) होता है?

• (A) प्रथम श्रेणी का उत्तोलक

• (B) द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक

• (C) तृतीय श्रेणी का उत्तोलक

• (D) उपरोक्त सभी

• **उत्तर: (C) तृतीय श्रेणी का उत्तोलक**

• **व्याख्या:** तृतीय श्रेणी के उत्तोलक (जैसे चिमटा, मनुष्य की अग्रभुजा) में प्रयास (**E**) बीच में लगता है, जिससे प्रयास भुजा सदैव भार भुजा से छोटी होती है (**MA = प्रयास भुजा / भार भुजा < 1**)।

3. **[RRB ALP Stage-2, 23 Jan 2019]** **4** चल घिरनियों वाले प्रथम घिरनी निकाय (First System of Pulleys) का वेग अनुपात (**VR**) कितना होगा?

• (A) 4

• (B) 8

• (C) 15

• (D) 16

• **उत्तर: (D) 16**

• **व्याख्या:** घिरनियों के प्रथम निकाय में **n** चल घिरनियाँ होने पर वेग अनुपात **VR = 2^n = 2^4 = 16** होता है।

अध्याय 9: व्यावसायिक सुरक्षा, स्वास्थ्य एवं अग्नि सुरक्षा (Occupational Safety, Health, First Aid, Fire Classes, PPE & 5S Concept)

9.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 9.1 विस्तृत सैद्धांतिक व्याख्या

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
(क) औद्योगिक सुरक्षा एवं सुरक्षा चिह्न (Industrial Safety & Safety Signs — IS 9457 / ISO 7010)	**(ख) अग्नि रसायन, अग्नि के वर्ग एवं अग्निशामक यंत्र (Fire Chemistry, Classes of Fire & Extinguishers)**	**(ग) प्राथमिक उपचार एवं कृत्रिम श्वसन (First Aid & Artificial Respiration)**	**(घ) व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण (PPE — Personal Protective Equipment) एवं 5S संकल्पना**

(क) औद्योगिक सुरक्षा एवं सुरक्षा चिह्न (Industrial Safety & Safety Signs — IS 9457 / ISO 7010)

• कार्यशाला (Workshop) और उद्योगों में दुर्घटनाओं को रोकने तथा कारीगर व मशीन की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए मानक रंग और ज्यामितीय आकृतियों वाले **चार प्रकार के सुरक्षा चिह्न (Safety Signs)** प्रयोग किए जाते हैं:

1. **निषेधात्मक चिह्न (Prohibitory Signs — 'ऐसा न करें'):**

• **आकार:** वृत्ताकार (Circular)।

• **रंग कोड: सफेद पृष्ठभूमि (White Background)** पर **काला चित्र (Black Pictogram)** तथा चारों ओर **लाल बॉर्डर और लाल तिरछी पट्टी (Red Border & 45° Cross Bar)**।

• उदाहरण: धूम्रपान निषेध (No Smoking), नंगी आग मना है, पैदल चलना मना है, जल से आग न बुझाएँ।

2. **आदेशात्मक चिह्न (Mandatory Signs — 'ऐसा अवश्य करें'):**

• **आकार:** वृत्ताकार (Circular)।

• **रंग कोड: नीली पृष्ठभूमि (Blue Background)** पर **सफेद चित्र (White Pictogram)**।

• उदाहरण: सुरक्षा हेलमेट पहनें, सुरक्षा चश्मा (Goggles) पहनें, दस्ताने पहनें, सुरक्षा जूते पहनें, ईयर प्रोटेक्टर पहनें।

3. **चेतावनी चिह्न (Warning / Caution Signs — 'खतरे से सावधान'):**

• **आकार: समबाहु त्रिभुजाकार (Triangular)**।

• **रंग कोड: पीली पृष्ठभूमि (Yellow Background)** पर **काला बॉर्डर और काला चित्र (Black Border & Symbol)**।

• उदाहरण: उच्च वोल्टेज (बिजली के झटके का खतरा — `440V/11kV`), आग का खतरा, विषाक्त पदार्थ (Toxic Hazard), लेजर किरणें, ओवरहेड क्रेन भार, फिसलन भरी सतह।

4. **सूचनात्मक चिह्न (Information / Safe Condition Signs — 'सुरक्षा सुविधा संकेत'):**

• **आकार: वर्गाकार या आयताकार (Square or Rectangular)**।

• **रंग कोड: हरी पृष्ठभूमि (Green Background)** पर **सफेद चित्र (White Symbol)** (प्राथमिक चिकित्सा के लिए सफेद पृष्ठभूमि पर लाल क्रॉस भी प्रयुक्त होता है)।

• उदाहरण: आपातकालीन निकास मार्ग (Emergency Exit), प्राथमिक उपचार पेटी (First Aid Box), स्ट्रेचर, आपातकालीन टेलीफोन।

(ख) अग्नि रसायन, अग्नि के वर्ग एवं अग्निशामक यंत्र (Fire Chemistry, Classes of Fire & Extinguishers)

• **अग्नि त्रिकोण (Fire Triangle):** आग लगने और जलते रहने के लिए तीन तत्वों का एक साथ होना अनिवार्य है: **(1) ईंधन (Fuel — ज्वलनशील पदार्थ), (2) ऊष्मा / ज्वलन ताप (Heat / Ignition Temperature), और (3) ऑक्सीजन (Oxygen — वायु)**। आधुनिक अग्नि विज्ञान में इसमें चौथा तत्व **'अबाधित रासायनिक श्रृंखला अभिक्रिया' (Uninhibited Chemical Chain Reaction)** जोड़कर इसे **अग्नि चतुष्फलक (Fire Tetrahedron)** कहा जाता है।

• **आग बुझाने के तीन मूल सिद्धांत:**

1. **स्टार्विंग (Starving — भूखा मारना):** जलती हुई आग से **ईंधन (Fuel)** को हटा देना।

2. **स्मदरिंग या ब्लैंकेटिंग (Smothering / Blanketing — दम घोंटना):** आग के ऊपर झाग (Foam), रेत या `CO2` की परत डालकर **ऑक्सीजन की आपूर्ति काट देना**।

3. **कूलिंग (Cooling — ठंडा करना):** पानी की बौछार डालकर तापमान को ज्वलन ताप से नीचे लाकर **ऊष्मा (Heat) को हटाना**।

• **अग्निशामक यंत्र चलाने की `PASS` विधि (PASS Technique):**

• `P` — **Pull the Pin:** अग्निशामक के ऊपरी सुरक्षा पिन को खींचें।

• `A` — **Aim at the Base of Fire:** नोजल का निशाना लपटों के ऊपर नहीं, बल्कि **आग के आधार (जड़/Base)** पर लगाएँ।

• `S` — **Squeeze the Lever:** हैंडल/लीवर को धीरे व मजबूती से दबाएँ।

• `S` — **Sweep Side to Side:** नोजल को बाएँ से दाएँ झाड़ू की तरह घुमाएँ।

• **आपातकालीन अग्नि प्रोटोकॉल (`RACE`):** Rescue (बचाव) Alarm (अलार्म बजाना) Confine/Contain (आग को फैलने से रोकना) Extinguish/Evacuate (बुझाना या सुरक्षित बाहर निकलना)।

(ग) प्राथमिक उपचार एवं कृत्रिम श्वसन (First Aid & Artificial Respiration)

• **प्राथमिक उपचार का `ABC` नियम:**

• `A` — **Airway (वायुमार्ग):** बेहोश व्यक्ति की जीभ या गले में फंसी वस्तु को हटाकर सिर को थोड़ा पीछे झुकाना (Head-tilt, Chin-lift) ताकि श्वास नली खुले।

• `B` — **Breathing (श्वसन):** जाँचें कि व्यक्ति साँस ले रहा है या नहीं; यदि नहीं, तो तुरंत कृत्रिम श्वसन दें।

• **C — Circulation (रक्त परिसंचरण):** नाड़ी (Pulse) जाँचें और हृदय रुकने पर तुरंत **CPR (Cardiopulmonary Resuscitation — छाती पर प्रति मिनट 100–120 दबाव, 30 दबाव : 2 श्वास के अनुपात में)** दें।

• **विद्युत झटका (Electric Shock) लगने पर प्रथम कर्तव्य:** पीड़ित को सीधे नंगे हाथों से कभी न छुएँ! सबसे पहले **मेन स्विच (Main Switch) बंद करें** या सूखी लकड़ी के डंडे, प्लास्टिक या रबर की चटाई पर खड़े होकर पीड़ित को विद्युत तार से अलग करें।

• **कृत्रिम श्वसन की चार प्रमुख विधियाँ:**

1. **शेफर विधि (Schafer's Method):** पीड़ित को **पेट के बल (उल्टा — Prone Position)** लिटाया जाता है और पीठ के निचले हिस्से (पसलियों) पर दबाव डाला जाता है। (जब छाती या पेट पर घाव/जलन हो, तब इसका प्रयोग **नहीं** किया जाता)।

2. **सिल्वेस्टर विधि (Silvester's Method):** पीड़ित को **पीठ के बल (सीधा — Supine Position)** लिटाया जाता है और उसकी दोनों बाँहों को मोड़कर छाती पर दबाया व सिर के ऊपर फैलाया जाता है। (जब पीठ पर छाले या घाव हों, तब यह सर्वोत्तम विधि है)।

3. **मुँह से मुँह में हवा भरना (Mouth-to-Mouth / Laborde Method):** यह कृत्रिम श्वसन की **सबसे तेज और सर्वाधिक प्रभावी विधि** है (**10 से 12 बार प्रति मिनट**)।

4. **नेल्सन विधि (Holger-Nielsen Method):** भुजा-उठाने और पीठ-दबाने की संयुक्त विधि।

(घ) व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण (PPE — Personal Protective Equipment) एवं 5S संकल्पना

• **मानक PPE कोडिंग (PPE1 से PPE8):**

• **PPE-1:** सुरक्षा हेलमेट (Helmet — गिरती वस्तुओं से सिर की सुरक्षा)।

• **PPE-2:** सुरक्षा जूते / स्टील-टो बूट्स (Safety Footwear — पैरों की सुरक्षा)।

• **PPE-3:** श्वसन सुरक्षा उपकरण (Respiratory Mask / Gas Respirator — धूल व जहरीली गैसों से सुरक्षा)।

• **PPE-4:** दस्ताने (Hand Gloves — रबर दस्ताने विद्युत कार्य हेतु, चमड़े के दस्ताने वेल्डिंग व गर्म धातु हेतु)।

• **PPE-5:** सुरक्षा चश्मा व वेल्डिंग हैंड स्क्रीन (Eye & Face Protection — पराबैंगनी किरणों व चिंगारी से आँखों की सुरक्षा)।

• **PPE-6:** ईयर प्लग व ईयर मफ (Hearing Protection — **85 dB** से अधिक शोर वाले स्थान पर कानों की सुरक्षा)।

• **PPE-7:** सुरक्षा एप्रन व बॉयलर सूट (Body Protection — चमड़े या एस्बेस्टस का एप्रन)।

• **PPE-8:** सुरक्षा बेल्ट व हार्नेस (Fall Arrest / Safety Belt — ऊँचाई पर कार्य करते समय)।

9.2 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र एवं मानक मान

• **अग्नि समीकरण : ईंधन (Fuel) + ऑक्सीजन (O2) + ऊष्मा (Heat) + श्रृंखला अभिक्रिया = अग्नि (Fire)**

• **औद्योगिक शोर की अधिकतम सुरक्षित सीमा (OSHA / Factory Act, 8 घंटे शिफ्ट हेतु) = 85 dB से 90 dB**

• **मानव शरीर का शुष्क त्वचा प्रतिरोध = 100,000 Ω (100 kΩ) | गीली त्वचा का प्रतिरोध = 1,000 Ω (1 kΩ)**

• **घातक विद्युत धारा सीमा (Ventricular Fibrillation / मृत्यु का खतरा) = 50 mA से 100 mA (1 सेकंड से अधिक प्रवाहित होने पर)**

• **CPR में छाती दबाव और कृत्रिम श्वसन का मानक अनुपात = 30 दबाव (Compressions) : 2 श्वास (Breaths)**

• **दुर्घटना आवृत्ति दर (Frequency Rate FR) = (दुर्घटनाओं की कुल संख्या × 10^6) / कुल कार्य किए गए मानव-घंटे**

9.3 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

• **विद्युत दुर्घटना एवं आपातकालीन जीवन-रक्षा प्रोटोकॉल:**

[नोड 1: विद्युत आपूर्ति विच्छेदन (मेन स्विच बंद करना या सूखी लकड़ी से पीड़ित को अलग करना)] [नोड 2: पीड़ित को हवादार स्थान पर लिटाकर ABC (Airway, Breathing, Circulation) की जाँच] [नोड 3: कृत्रिम श्वसन (Mouth-to-Mouth / Silvester) एवं 30:2 अनुपात में CPR देना] [नोड 4: जले हुए अंगों को साफ कपड़े से ढकना (छाले न फोड़ना) एवं तत्काल चिकित्सा सहायता]

9.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 9.4 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 9.1: अग्नि के वर्ग (Classes of Fire), ईंधन स्रोत एवं उपयुक्त अग्निशामक यंत्र

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 9.2: जापानी कार्यस्थल प्रबंधन की 5S संकल्पना (5S Methodology)

सारणी 9.1: अग्नि के वर्ग (Classes of Fire), ईंधन स्रोत एवं उपयुक्त अग्निशामक यंत्र

अग्नि वर्ग	ईंधन का प्रकार (Fuel Source)	सर्वोत्तम अग्निशामक यंत्र (Extinguisher)	सिलेंडर पर रंग पट्टी (BS EN3 Colour Band)	वर्जित (कभी प्रयोग न करें)
Class A	ठोस कार्बनिक पदार्थ (लकड़ी, कागज, कपड़ा, कोयला, जूट)	**जल-पूरित यंत्र (Water Type)**, सोडा-एसिड यंत्र	**लाल पट्टी (Signal Red)**	—
Class B	ज्वलनशील द्रव (पेट्रोल, डीजल, मिट्टी का तेल, पेंट, ग्रीस)	**झाग (Foam Type)**, शुष्क पाउडर, CO_2	**क्रीम / पीली पट्टी (Cream)**	**पानी बिल्कुल न डालें** (तेल पानी पर तैरकर आग फैलाता है)
Class C	ज्वलनशील गैसें (LPG, CNG, हाइड्रोजन, एसिटिलीन)	**शुष्क रासायनिक पाउडर (Dry Chemical Powder - DCP)**, CO_2	**नीली पट्टी (French Blue)**	पानी या फोम का प्रयोग न करें
Class D	दहनशील धातुएँ (मैग्नीशियम, सोडियम, पोटैशियम, टाइटेनियम) एवं **विद्युत आग**	**विशेष शुष्क पाउडर (TEC/ग्रेफाइट/सूखी रेत)**; विद्युत आग हेतु CO_2 **व हैलोन (CTC / BCF)**	CO_2**: काली पट्टी (Black)**; हैलोन: हरा	**पानी या फोम का प्रयोग कदापि न करें** (विद्युत झटका व विस्फोट का खतरा!)
Class K / F	रसोई का खाना पकाने का तेल व वसा (Cooking Oils & Fats)	**वेट केमिकल (Wet Chemical — पोटैशियम एसीटेट)**	**पीला (Canary Yellow)**	तेज धार वाला पानी कभी न डालें

सारणी 9.2: जापानी कार्यस्थल प्रबंधन की 5S संकल्पना (5S Methodology)

क्रम	जापानी शब्द	अंग्रेजी समतुल्य	हिंदी अर्थ	कार्यशाला (Workshop) में व्यावहारिक अनुप्रयोग
1S	**Seiri (सेइरी)**	**Sort**	**छँटाई करना**	कार्यस्थल से अनावश्यक, टूटे या बेकार औजारों को अलग करके बाहर हटाना (**Red Tagging** का प्रयोग)।
2S	**Seiton (सेइतोन)**	**Set in Order**	**सुव्यवस्थित करना**	प्रत्येक आवश्यक औजार के लिए एक निश्चित स्थान तय करना ("हर वस्तु के लिए एक स्थान और हर वस्तु अपने स्थान पर" — Shadow Board)।
3S	**Seiso (सेइसो)**	**Shine**	**स्वच्छता / चमकाना**	कार्यस्थल, मशीनों और फर्श से तेल, ग्रीस व धातु के बुरादे (Swarf) को नियमित साफ करना।
4S	**Seiketsu (सेइकेत्सु)**	**Standardize**	**मानकीकरण**	प्रथम तीनों S (छँटाई, सुव्यवस्था, सफाई) के लिए मानक नियम, SOP और रंग कोडिंग निर्धारित करना।
5S	**Shitsuke (शित्सुके)**	**Sustain**	**अनुशासन / निरंतरता**	बनाए गए नियमों को आत्म-अनुशासन और नियमित ऑडिट के माध्यम से स्थायी आदत बनाना।

9.5 चरणबद्ध हल सहित व्यावहारिक केस-स्टडी (Solved Case Problems)

केस 9.1: एक कार्यशाला में 440 V के मुख्य स्विचबोर्ड में शॉर्ट-सर्किट होने से आग लग जाती है। पास में (i) पानी की बाल्टी, (ii) फोम अग्निशामक और (iii) काले रंग की पट्टी वाला CO2 अग्निशामक एवं CTC (कार्बन टेट्राक्लोराइड / हैलोन) यंत्र उपलब्ध हैं। तकनीशियन को किसका चयन करना चाहिए और क्यों?

- **हल:**

1. **सही चयन:** तकनीशियन को सबसे पहले मेन सप्लाई आइसोलेटर बंद करना चाहिए और आग बुझाने के लिए **काली पट्टी वाले CO2 अग्निशामक या हैलोन (CTC / Bromochlorodifluoromethane - BCF) अग्निशामक** का ही प्रयोग करना चाहिए।

2. **कारण:** CO2 और हैलोन गैस **विद्युत की कुचालक (Non-conductive)** होती हैं और उपकरणों पर कोई रासायनिक अवशेष नहीं छोड़तीं। पानी और फोम विद्युत के सुचालक हैं; चालू विद्युत लाइन पर इनका प्रयोग करने से बुझाने वाले व्यक्ति को प्राणघातक करंट लग सकता है।

केस 9.2: कार्यशाला में 5S प्रणाली लागू करते समय एक फिटर अपनी मेज से उन सभी पुरानी टूटी हुई रेतियों (Files) और स्क्रैप टुकड़ों पर लाल टैग (Red Tag) लगाकर उन्हें स्टोर से बाहर निकालता है जिनकी अब आवश्यकता नहीं है। यह 5S के किस चरण को दर्शाता है?

- **हल:**

1. आवश्यक और अनावश्यक वस्तुओं को अलग करके अनावश्यक सामान को कार्यस्थल से हटाने की प्रक्रिया (Red Tagging) प्रथम चरण **1S — Seiri (Sort / छँटाई करना)** कहलाती है।

9.6 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-2]** चेतावनी चिह्नों (Warning Signs) की ज्यामितीय आकृति और पृष्ठभूमि का रंग क्या होता है?

- (A) वृत्ताकार, नीली पृष्ठभूमि
- (B) त्रिभुजाकार, पीली पृष्ठभूमि और काला बॉर्डर/चिह्न
- (C) वर्गाकार, हरी पृष्ठभूमि
- (D) वृत्ताकार, सफेद पृष्ठभूमि और लाल बॉर्डर

- **उत्तर: (B) त्रिभुजाकार, पीली पृष्ठभूमि और काला बॉर्डर/चिह्न**

- **व्याख्या:** चेतावनी चिह्न सदैव समबाहु त्रिभुज के आकार के होते हैं जिनकी पृष्ठभूमि पीली और संकेत व बॉर्डर काले रंग के होते हैं।

2. **[RRB ALP Stage-2, 22 Jan 2019 Shift-1]** एलपीजी (LPG) या सीएनजी (CNG) जैसी ज्वलनशील गैसों में लगी आग को किस वर्ग (Class) में रखा जाता है और इसे बुझाने के लिए कौन-सा अग्निशामक उपयुक्त है?

- (A) Class A — जल प्रकार
- (B) Class B — फोम प्रकार
- (C) Class C — शुष्क पाउडर (Dry Chemical Powder) या CO2
- (D) Class D — सोडा एसिड प्रकार

- **उत्तर: (C) Class C — शुष्क पाउडर (Dry Chemical Powder) या CO2**

- **व्याख्या:** ज्वलनशील गैसों की आग **Class C** में आती है, जिसे बुझाने के लिए नीली पट्टी वाले शुष्क रासायनिक पाउडर (DCP — सोडियम/पोटैशियम बाइकार्बोनेट) या CO2 यंत्र का प्रयोग किया जाता है।

3. **[RRB ALP Stage-2, 23 Jan 2019 / Technician]** आग बुझाने की उस प्रक्रिया को क्या कहते हैं जिसमें फोम, रेत या कंबल डालकर आग को ऑक्सीजन की आपूर्ति से अलग कर दिया जाता है?

- (A) कूलिंग (Cooling)
- (B) स्टार्विंग (Starving)

• (C) स्मदरिंग (Smothering)

• (D) हीटिंग (Heating)

• **उत्तर: (C) स्मदरिंग (Smothering)**

• **व्याख्या:** ईंधन हटाना = *Starving*, पानी डालकर ताप कम करना = *Cooling*, तथा ऑक्सीजन की सप्लाई काटना = *Smothering (Blanketing)* कहलाता है।

अध्याय 10: पर्यावरण शिक्षा एवं प्रमुख आईटीआई ट्रेड सारांश (Environmental Education & Key ITI Trades — *फिटर, इलेक्ट्रीशियन, इलेक्ट्रॉनिक्स, डीजल मैकेनिक व वेल्डर*)

10.1 भाग A: पर्यावरण शिक्षा (Environmental Education) — *विस्तृत व्याख्या*

1. **पारिस्थितिकी तंत्र एवं ऊर्जा प्रवाह (Ecosystem & Energy Flow):**

• **अर्नेस्ट हैकेल (1869)** ने 'इकोलॉजी' (Ecology) शब्द और **ए.जी. टैंसले (1935)** ने 'इकोसिस्टम' (पारिस्थितिकी तंत्र) शब्द दिया।

• **खाद्य श्रृंखला एवं लिंडेमान का 10% ऊर्जा नियम (Lindeman's 10% Law, 1942):** किसी पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा का प्रवाह सदैव **एकदिशीय (Unidirectional)** होता है। एक पोषी स्तर (Trophic Level — जैसे उत्पादक/हरे पौधे) से अगले पोषी स्तर (प्राथमिक उपभोक्ता/शाकाहारी द्वितीयक उपभोक्ता/मांसाहारी) में जाने पर केवल **10% ऊर्जा ही स्थानांतरित होती है**, शेष **90%** ऊर्जा श्वसन व उपापचय क्रियाओं में ऊष्मा के रूप में नष्ट हो जाती है। इसलिए ऊर्जा का पिरामिड (Pyramid of Energy) **सदैव सीधा (Always Upright)** बनता है।

2. **वायुमंडल की परतें एवं ओजोन परत (Atmospheric Layers & Ozone Layer):**

• **क्षोभमंडल (Troposphere — 0 से 12-18 km):** सभी मौसमी घटनाएँ (बादल, वर्षा, आँधी, कोहरा) इसी में होती हैं।

• **समतापमंडल (Stratosphere — 18 से 50 km):** इसमें **15 km से 35 km** की ऊँचाई के बीच **ओजोन परत (O3)** पाई जाती है, जो सूर्य से आने वाली हानिकारक **पराबैंगनी किरणों (UV-B और UV-C)** को अवशोषित कर त्वचा कैंसर से बचाती है।

• ओजोन परत की मोटाई **डॉब्सन इकाई (Dobson Unit — DU)** में मापी जाती है (**1 DU = 0.01 mm** शुद्ध ओजोन, **100 DU = 1 mm**)।

• ओजोन क्षरण का मुख्य कारक **क्लोरोफ्लोरोकार्बन (CFC / फ्रेऑन — रेफ्रिजरेटर व AC से निकलने वाली गैस)** का सक्रिय क्लोरीन परमाणु (**Cl•**) है। ओजोन संरक्षण हेतु **16 सितंबर 1987 को 'मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल' (कनाडा)** पर हस्ताक्षर हुए, इसलिए **16 सितंबर** को **विश्व ओजोन दिवस** मनाया जाता है।

3. **अम्ल वर्षा, ग्रीनहाउस प्रभाव एवं प्रमुख प्रदूषण जनित रोग:**

• **अम्ल वर्षा (Acid Rain):** जब वर्षा के जल का **pH मान 5.6 से कम** हो जाता है, तो उसे अम्ल वर्षा कहते हैं। इसके मुख्य कारक कारखानों और वाहनों से निकलने वाली **सल्फर डाइऑक्साइड (SO2)** और **नाइट्रोजन के ऑक्साइड (NOx)** हैं, जो जलवाष्प से क्रिया करके **सल्फ्यूरिक अम्ल (H2SO4 — लगभग 65-70%)** और **नाइट्रिक अम्ल (HNO3 — लगभग 30%)** बनाते हैं। (ताजमहल के पीले पड़ने का मुख्य कारण मथुरा रिफाइनरी से उत्सर्जित **SO2** से होने वाली अम्ल वर्षा / स्टोन लेप्रोसी है)।

• **ग्रीनहाउस गैसें (GHGs — ग्लोबल वार्मिंग कारक): जलवाष्प (Water Vapour, सर्वाधिक प्राकृतिक योगदान), कार्बन डाइऑक्साइड (CO2 — सर्वाधिक मानवजनित योगदान लगभग 60%), मीथेन (CH4 — धान के खेत, दलदल व जुगाली करने वाले पशुओं से), नाइट्रस ऑक्साइड (N2O), क्लोरोफ्लोरोकार्बन (CFC)** और क्षोभमंडलीय ओजोन (**O3**)। (ऑक्सीजन **O2**, नाइट्रोजन **N2** और आर्गन **Ar** ग्रीनहाउस गैसें **नहीं** हैं!)। ग्रीनहाउस गैसों के उत्सर्जन में कटौती के लिए **1997 में 'क्योटो प्रोटोकॉल' (जापान)** अपनाया गया।

• **प्रमुख प्रदूषण जनित रोग (परीक्षा हेतु अत्यंत महत्वपूर्ण):**

• **पारा (Hg / Mercury) विषाक्तता: मिनामाता रोग (Minamata Disease)** — तंत्रिका तंत्र प्रभावित (सर्वप्रथम जापान में मछली खाने से)।

• **कैडमियम (Cd / Cadmium) विषाक्तता: इटाई-इटाई रोग (Itai-Itai / Ouch-Ouch Disease)** — हड्डियों व जोड़ों में तीव्र दर्द एवं गुर्दे की क्षति।

• **पेयजल में नाइट्रेट (NO_3^-) की अधिकता (> 45 mg/L): ब्लू बेबी सिंड्रोम (Blue Baby Syndrome / Methemoglobinemia)** — शिशुओं के रक्त में ऑक्सीजन वहन क्षमता घटना।

• **पेयजल में आर्सेनिक (As) की अधिकता: ब्लैक फुट रोग (Black Foot Disease)**।

• **फ्लोराइड (F^-) की अधिकता (> 1.5 ppm): फ्लोरोसिस (Fluorosis)** — दाँतों का चितकबरा होना और हड्डियों का मुड़ना।

• **सीसा (Pb / Lead):** केंद्रीय तंत्रिका तंत्र (CNS) और मस्तिष्क की क्षति (प्लंबिज्म)।

4. **अपशिष्ट प्रबंधन के डस्टबिन रंग कोड (Waste Segregation Bin Colour Codes):**

• **हरा कूड़ेदान (Green Bin):** गीला एवं जैव-निम्नीकरणीय कचरा (Biodegradable / Organic Waste — भोजन, फल-सब्जी के छिलके, पत्तियाँ)।

• **नीला कूड़ेदान (Blue Bin):** सूखा एवं पुनर्चक्रण योग्य कचरा (Recyclable Dry Waste — प्लास्टिक, कागज, धातु, काँच)।

• **काला / लाल कूड़ेदान (Black / Red Bin):** खतरनाक घरेलू व बायोमेडिकल संक्रामक कचरा (ई-कचरा, बैटरी, सिरिंज, पट्टियाँ)।

10.2 भाग B: प्रमुख आईटीआई ट्रेड सारांश (Key ITI Trades Master Summary)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 10.2 भाग B: प्रमुख आईटीआई ट्रेड सारांश (Key ITI Trades Master Summary)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
फिटर ट्रेड (Fitter Trade — टूल्स, गेज एवं लिमिट-फिट-टॉलरेंस)	इलेक्ट्रीशियन ट्रेड (Electrician Trade — वायरिंग, अर्थिंग एवं सुरक्षा युक्तियाँ)	इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक ट्रेड (Electronics Mechanic — सोल्डरिंग, मापक यंत्र एवं लॉजिक गेट्स)	डीजल मैकेनिक एवं ऑटोमोबाइल ट्रेड (Diesel Mechanic — IC Engines)

1. फिटर ट्रेड (Fitter Trade — टूल्स, गेज एवं लिमिट-फिट-टॉलरेंस)

• **बेंच वाइस (Bench Vice):** जॉब को मजबूती से पकड़ने का उपकरण। इसका आकार **जबड़ों की चौड़ाई (Width of Jaws — जैसे 100 mm, 125 mm, 150 mm)** से लिया जाता है। इसकी बॉडी **ढलवां लोहे (Cast Iron)** की, चल व अचल जबड़े की प्लेटें **टूल स्टील** की, तथा स्पिंडल और हैंडल **मृदु इस्पात (Mild Steel)** के बने होते हैं। इसके बॉक्स नट (गाइड नट) में **बट्रेस थ्रेड (Buttress Thread) या स्क्वायर थ्रेड** कटी होती है और यह **फॉस्फोर ब्रॉन्ज या गन मेटल** का बना होता है।

• **रेती (File):** यह **हाई कार्बन स्टील (High Carbon Steel — HCS)** की बनी होती है (जिसके टैंग Tang को छोड़कर पूरी बॉडी को हार्ड और टेम्पर किया जाता है)। इसकी लंबाई **टिप (Point) से हील (Heel) तक** ली जाती है।

• **हेक्सा ब्लेड (Hacksaw Blade):** इसकी लंबाई दोनों **पिन होल्स के केंद्रों के बीच की दूरी** (**250 mm** या **300 mm**) से मापी जाती है। ठोस पीतल व नरम धातु के लिए **1.8 mm (Coarse Pitch)** तथा पतली ट्यूब, कंड्यूट पाइप और शीट मेटल काटने के लिए **0.8 mm (Fine Pitch — 32 TPI)** ब्लेड प्रयुक्त होता है।

• **ट्विस्ट ड्रिल (Twist Drill):** यह **हाई स्पीड स्टील (HSS — 18% टंगस्टन : 4% क्रोमियम : 1% वैनेडियम)** का बना होता है। सामान्य कार्यों (Mild Steel) के लिए ड्रिल का **बिंदु कोण (Point Angle / Cutting Angle) 118°** और लिप क्लीयरेंस कोण **8° से 12°** होता है।

• **टैप एवं डाई (Tap & Die):** किसी बेलनाकार छिद्र के **अंदर आंतरिक चूड़ियाँ (Internal Threads)** काटने के लिए **टैप (Tap — एक सेट में 3 टैप: टेपर, इंटरमीडिएट/सेकंड और बॉटमिंग/प्लग)** का प्रयोग होता है, जबकि बेलनाकार छड़ के **बाहर बाहरी चूड़ियाँ (External Threads)** काटने के लिए **डाई (Die)** का प्रयोग होता है।

• **लिमिट, फिट और टॉलरेंस (Limits, Fits & Tolerance):**

• **टॉलरेंस (Tolerance):** किसी जॉब की अधिकतम सीमा (High Limit) और न्यूनतम सीमा (Low Limit) के अंतर को टॉलरेंस कहते हैं। यह सदैव धनात्मक होती है।

• **फिट के तीन प्रकार:** (i) **क्लीयरेंस फिट (Clearance Fit):** छिद्र (Hole) सदैव शाफ्ट (Shaft) से बड़ा होता है (धनात्मक अलाउंस — जैसे बेयरिंग में घूमता शाफ्ट); (ii) **इंटरफेरेंस फिट (Interference Fit):** शाफ्ट का आकार छिद्र से बड़ा होता है (ऋणात्मक अलाउंस — जैसे रेल के पहिए पर रिम चढ़ाना); (iii) **ट्रांजिशन फिट (Transition Fit):** दोनों के बीच की स्थिति (जैसे पुली को शाफ्ट पर की-वे से फिट करना)।

• **प्रमुख गेज (Gauges):** दो मिलने वाली सतहों के बीच का सूक्ष्म गैप (Clearance) **फीलर गेज (Feeler Gauge)** से, चूड़ी की पिच **स्क्रू पिच गेज** से, तार व शीट की मोटाई **स्टैंडर्ड वायर गेज (SWG)** से तथा छिद्र का आंतरिक व्यास **प्लग गेज (Go & No-Go Plug Gauge)** से जाँचा जाता है।

2. इलेक्ट्रीशियन ट्रेड (Electrician Trade — वायरिंग, अर्थिंग एवं सुरक्षा युक्तियाँ)

• **स्टैंडर्ड वायर गेज (SWG):** SWG नंबर जितना **बड़ा** होगा, तार का व्यास उतना ही **पतला** होगा (जैसे **36 SWG** तार **14 SWG** तार से बहुत पतला होता है; **0 SWG = 8.23 mm**)।

• **अर्थिंग (Earthing — IS 3043):** विद्युत उपकरणों की धात्विक बॉडी से लीकेज करंट को सुरक्षित रूप से पृथ्वी में भेजने की प्रक्रिया।

• अर्थ तार का रंग: **हरा (Green) या हरा-पीला धारीदार**। (फेज: लाल/पीला/नीला; न्यूट्रल: काला)।

• घरेलू वायरिंग में **पाइप अर्थिंग (Pipe Earthing — 38 mm व्यास, 2.5 m लंबा GI पाइप)** सर्वाधिक प्रचलित है, जबकि पावर स्टेशन व भारी लोड में **प्लेट अर्थिंग (60 cm × 60 cm × 3.18 mm ताँबे की प्लेट या 6.35 mm GI प्लेट)** प्रयोग की जाती है। अर्थ पिट में प्रतिरोध कम रखने के लिए **नमक (Salt) और लकड़ी का कोयला (Charcoal)** एकांतर परतों में डाला जाता है। घरेलू अर्थ प्रतिरोध **1 Ω से 5 Ω** से कम होना चाहिए।

• **सुरक्षा युक्तियाँ (Protective Devices):**

1. **फ्यूज (Fuse):** यह सदैव **फेज (Live) तार के श्रेणीक्रम** में लगाया जाता है। मानक फ्यूज तार **63% टिन (Sn) + 37% सीसा (Pb)** मिश्रधातु का बना होता है। इसका मुख्य गुण **निम्न गलनांक (Low Melting Point — लगभग 183°C) और उच्च विशिष्ट प्रतिरोध** (या निम्न प्रतिरोधकता वाले चाँदी/ताँबे के HRC फ्यूज में उच्च चालकता व निम्न गलनांक) है। फ्यूज की रेटिंग सदैव **एम्पियर (A)** में होती है।

2. **MCB (Miniature Circuit Breaker):** यह **अतिभार (Overload — द्विधात्विक पट्टी / Bimetallic Strip द्वारा तापीय क्रिया)** और **लघुपथन (Short Circuit — चुंबकीय कुंडली द्वारा)** दोनों से सुरक्षा देता है।

3. **RCCB / ELCB (Residual Current / Earth Leakage Circuit Breaker):** यह उपकरण से होने वाले सूक्ष्म **लीकेज करंट (30 mA)** को पहचानकर मिलीसेकंड में सप्लाई काट देता है और मनुष्य को **बिजली के झटके (Electric Shock) से बचाता है**।

3. इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक ट्रेड (Electronics Mechanic — सोल्डरिंग, मापक यंत्र एवं लॉजिक गेट्स)

• **सोल्डरिंग (Soldering):** इलेक्ट्रॉनिक PCB पर घटकों को जोड़ने के लिए **सॉफ्ट सोल्डर (60% टिन + 40% लेड, गलनांक 185°C–190°C)** और ऑक्सीकरण रोकने के लिए **रेजिन या जिंक क्लोराइड फ्लक्स (Flux)** का प्रयोग किया जाता है।

• **CRO (Cathode Ray Oscilloscope):** इसे इलेक्ट्रॉनिक्स प्रयोगशाला की 'आँख' कहा जाता है; यह किसी विद्युत सिग्नल के **तरंगरूप (Waveform), आयाम (Peak-to-Peak Voltage), आवर्तकाल और आवृत्ति** को स्क्रीन पर प्रदर्शित करता है।

• **डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स — लॉजिक गेट्स (Logic Gates):**

• **मूलभूत गेट्स (Basic Gates — 3):** **AND** (**Y = A · B**), **OR** (**Y = A + B**), और **NOT** (**Y = Ā**, **इनवर्टर**)।

• **सार्वत्रिक गेट्स (Universal Gates — 2):** **NAND** (**Y = (A · B)'**) और **NOR** (**Y = (A + B)'**)। इन्हें यूनिवर्सल गेट इसलिए कहते हैं क्योंकि इनकी सहायता से अन्य सभी गेट्स और कोई भी बूलियन परिपथ बनाया जा सकता है।

• **विशेष गेट्स (Exclusive Gates — 2):** **XOR** (**Y = A ⊕ B = A·B̄ + Ā·B**) — जब दोनों इनपुट **असमान** हों (**0,1** या **1,0**) तभी आउटपुट **1** देता है; **XNOR** (**Y = A ⊙ B = A·B + Ā·B̄**) — जब दोनों इनपुट **समान** हों (**0,0** या **1,1**) तभी आउटपुट **1** देता है।

4. डीजल मैकेनिक एवं ऑटोमोबाइल ट्रेड (Diesel Mechanic — IC Engines)

• **अंतर्दहन इंजन (Internal Combustion Engine):**

• **चक्र के चार स्ट्रोक (4-Stroke Cycle — क्रैंकशाफ्ट के 2 चक्कर = 720° में 1 पावर स्ट्रोक):**

1. चूषण (Suction Stroke) 2. संपीड़न (Compression Stroke) 3. शक्ति / प्रसार (Power / Expansion Stroke) 4. निकास (Exhaust Stroke)।

• **2-स्ट्रोक इंजन:** इसमें क्रैंकशाफ्ट के **प्रत्येक 1 चक्कर (360°) में 1 पावर स्ट्रोक** मिलता है और इसमें वाल्व के स्थान पर **पोर्ट्स (Inlet, Exhaust & Transfer Ports)** होते हैं।

• **फायरिंग ऑर्डर (Firing Order):**

• 4-सिलेंडर इंजन का मानक फायरिंग ऑर्डर: **1 – 3 – 4 – 2** (या **1 – 2 – 4 – 3**)।

• 6-सिलेंडर इंजन का मानक फायरिंग ऑर्डर: **1 – 5 – 3 – 6 – 2 – 4**।

• **टर्बोचार्जर (Turbocharger):** यह इंजन की **निकास गैसों (Exhaust Gases)** की ऊर्जा से टरबाइन चलाकर सिलेंडर में उच्च दाब पर अधिक हवा भेजता है, जिससे इंजन की शक्ति और दक्षता **20%–30%** बढ़ जाती है।

5. वेल्डर ट्रेड (Welder Trade — आर्क वेल्डिंग, गैस वेल्डिंग एवं ज्वाला के प्रकार)

• **इलेक्ट्रिक आर्क वेल्डिंग:** इसमें आर्क का तापमान **3600°C से 4000°C** तक होता है। इलेक्ट्रोड पर लगी कोटिंग **(Flux)** पिघलकर वेल्ड पूल के ऊपर **स्लैग (Slag)** की परत बनाती है, जो गर्म धातु को वायुमंडलीय ऑक्सीजन और नाइट्रोजन से बचाती है।

• **ऑक्सी-एसिटिलीन गैस वेल्डिंग (O2 + C2H2):**

• कैल्शियम कार्बाइड पर पानी की क्रिया से एसिटिलीन गैस बनती है: $CaC2 + 2H2O \rightarrow Ca(OH)2 + C2H2\uparrow$।

• **गैस वेल्डिंग की तीन ज्वालाएँ (Three Types of Oxy-Acetylene Flames):**

1. **उदासीन ज्वाला (Neutral Flame — O2 : C2H2 = 1 : 1):** तापमान लगभग **3200°C**; इसका उपयोग **मृदु इस्पात (Mild Steel), स्टेनलेस स्टील, ढलवां लोहा और ताँबे** की वेल्डिंग में सर्वाधिक किया जाता है।

2. **कार्बराइजिंग ज्वाला (Carburizing / Reducing Flame — एसिटिलीन अधिक):** तापमान लगभग **3100°C**; इसमें तीन शंकु (Inner Cone, Acetylene Feather, Outer Envelope) दिखते हैं। इसका उपयोग **हाई कार्बन स्टील और स्टेलाइट (हार्ड फेसिंग)** में होता है।

3. **ऑक्सीडाइजिंग ज्वाला (Oxidizing Flame — ऑक्सीजन अधिक):** तापमान सर्वाधिक **3300°C से 3500°C**; इसका उपयोग **पीतल (Brass) और काँसे (Bronze)** की वेल्डिंग/ब्रेजिंग में किया जाता है (ताकि जिंक का वाष्पीकरण रुके)।

10.3 एकल-पंक्ति (1D) महत्वपूर्ण सूत्र

• **लिंडेमान का 10% ऊर्जा नियम : अगला पोषी स्तर ऊर्जा = 0.10 × (पिछले पोषी स्तर की ऊर्जा)**

• **ड्रिलिंग कटिंग स्पीड (Cutting Speed V) = (π × D × N) / 1000 m/min** (जहाँ **D** ड्रिल का व्यास **mm** में व **N** चक्कर प्रति मिनट **RPM** है)

• **टैप ड्रिल साइज (Tap Drill Size - TDS) = बाहरी व्यास (Major Diameter D) - (2 × 0.6134 × Pitch) ≈ D - Pitch**
(उदाहरण: **M10 × 1.5** टैप के लिए ड्रिल साइज **= 10 - 1.5 = 8.5 mm**)

• **इंजन का संपीड़न अनुपात (Compression Ratio r) = कुल सिलेंडर आयतन (V_c + V_s) / क्लीयरेंस आयतन (V_c)**

• **4-स्ट्रोक इंजन में प्रति मिनट पावर स्ट्रोक की संख्या = N / 2** | **2-स्ट्रोक इंजन में प्रति मिनट पावर स्ट्रोक = N**

• **डीमॉर्गन के बूलियन प्रमेय (De-Morgan's Laws) : (A + B)' = A' · B'** तथा **(A · B)' = A' + B'**

• स्टेप-डाउन आर्क वेल्डिंग ट्रांसफार्मर : ओपन सर्किट वोल्टेज (OCV) = 60V से 100V | आर्क वोल्टेज = 20V से 40V (उच्च धारा 100A–600A)

10.4 4-नोड संकल्पना आरेख (4-Node Flowchart)

• पारिस्थितिक खाद्य श्रृंखला एवं 10% ऊर्जा स्थानांतरण मॉडल:

[नोड 1: सौर विकिरण उत्पादक / हरे पौधे (1000 Joule संचित ऊर्जा)] [नोड 2: प्राथमिक उपभोक्ता / शाकाहारी हिरण-टिड्डा (10% = 100 Joule)] [नोड 3: द्वितीयक उपभोक्ता / मांसाहारी मेंढक-लोमड़ी (10% = 10 Joule)] [नोड 4: तृतीयक/शीर्ष उपभोक्ता / शेर-बाज (10% = 1 Joule)]

10.5 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — 10.5 तुलनात्मक सारणियाँ (Comparative Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
सारणी 10.1: लॉजिक गेट्स, बूलियन व्यंजक, ट्रुथ टेबल नियम एवं TTL IC नंबर

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
सारणी 10.2: पेट्रोल इंजन (SI) बनाम डीजल इंजन (CI) एवं गैस वेल्डिंग सिलेंडर तुलना

सारणी 10.1: लॉजिक गेट्स, बूलियन व्यंजक, ट्रुथ टेबल नियम एवं TTL IC नंबर

लॉजिक गेट	बूलियन सूत्र	आउटपुट उच्च (Y = 1) कब होता है?	मानक TTL IC कोड
AND गेट	Y = A · B	जब सभी इनपुट उच्च (1, 1) हों	IC 7408
OR गेट	Y = A + B	जब कोई भी एक या सभी इनपुट उच्च (1) हों	IC 7432
NOT गेट	Y = A'	जब इनपुट निम्न (0) हो (उल्टा करता है)	IC 7404
NAND गेट (Universal)	Y = (A · B)'	जब कोई भी एक इनपुट निम्न (0) हो (1,1 पर 0 देता है)	IC 7400
NOR गेट (Universal)	Y = (A + B)'	केवल तभी जब सभी इनपुट निम्न (0, 0) हों	IC 7402
XOR गेट	Y = A ⊕ B	जब दोनों इनपुट असमान (0,1 या 1,0) हों	IC 7486
XNOR गेट	Y = (A ⊕ B)'	जब दोनों इनपुट समान (0,0 या 1,1) हों	IC 74266

सारणी 10.2: पेट्रोल इंजन (SI) बनाम डीजल इंजन (CI) एवं गैस वेल्डिंग सिलेंडर तुलना

तुलना बिंदु	पेट्रोल इंजन (Spark Ignition - SI)	डीजल इंजन (Compression Ignition - CI)	ऑक्सीजन सिलेंडर (O2)	एसिटिलीन सिलेंडर (C2H2)
चक्र व सिद्धांत	ऑटो चक्र (Otto Cycle — स्थिर आयतन)	डीजल चक्र (Diesel Cycle — स्थिर दाब)	दहन में सहायक गैस	उच्च ज्वलनशील ईंधन गैस
प्रज्वलन (Ignition)	स्पार्क प्लग (Spark Plug) द्वारा	गर्म संपीड़ित हवा में फ्यूल इंजेक्टर के स्प्रे से स्वतः	रंग: काला (Black)	रंग: मैरून / लाल (Maroon)
संपीड़न अनुपात (r)	कम: 6 : 1 से 10 : 1	उच्च: 14 : 1 से 22 : 1	वाल्व चूड़ी: दाएँ हाथ की (Right-Hand Thread)	वाल्व चूड़ी: बाएँ हाथ की (Left-Hand Thread)

तुलना बिंदु	पेट्रोल इंजन (Spark Ignition - SI)	डीजल इंजन (Compression Ignition - CI)	ऑक्सीजन सिलेंडर (O2)	एसिटिलीन सिलेंडर (C2H2)
ईंधन गुणवत्ता मापक	ऑक्टेन नंबर (Octane Number)	सीटेन नंबर (Cetane Number)	भरा दाब: 120–150 kg/cm²	भरा दाब: 15–16 kg/cm² (एसीटोन में घुली हुई)

10.6 चरणबद्ध हल सहित न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals)

अभ्यास प्रश्न #25 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 10.1: एक पारिस्थितिक खाद्य श्रृंखला **घास टिड्डा मेंढक साँप मोर** में यदि उत्पादक स्तर (घास) के पास **20,000 Joule** ऊर्जा उपलब्ध है, तो चौथे पोषी स्तर (साँप) और पाँचवें पोषी स्तर (मोर) को कितनी ऊर्जा प्राप्त होगी?

• **हल:**

1. प्रथम पोषी स्तर (घास) = **20,000 J**।
2. द्वितीय पोषी स्तर (टिड्डा) = **20,000 का 10% = 2,000 J**।
3. तृतीय पोषी स्तर (मेंढक) = **2,000 का 10% = 200 J**।
4. चतुर्थ पोषी स्तर (साँप) = **200 का 10% = 20 Joule**।
5. पंचम पोषी स्तर (मोर) = **20 का 10% = 2 Joule**।
6. **उत्तर:** साँप को **20 J** तथा मोर को **2 J** ऊर्जा प्राप्त होगी।

अभ्यास प्रश्न #26 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 10.2: एक फिटर को **M12 × 1.75** की आंतरिक चूड़ी (Internal Thread) काटने के लिए टैपिंग करनी है। इसके लिए उसे कितने व्यास का ड्रिल (Tap Drill Size) प्रयोग करना चाहिए?

• **हल:**

1. दिया गया है: चूड़ी का मुख्य व्यास **D = 12 mm**, पिच **p = 1.75 mm**।
2. व्यावहारिक वर्कशॉप सूत्र: **Tap Drill Size (TDS) = D - p = 12 mm - 1.75 mm = 10.25 mm** (सटीक सूत्र से **12 - 1.0825 × 1.75 = 10.1 mm**)।
3. **उत्तर:** मानक वर्कशॉप गणना के अनुसार **10.25 mm** **(या 10.2 mm)** का ड्रिल बिट प्रयोग किया जाएगा।

अभ्यास प्रश्न #27 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 10.3: **14 mm** व्यास वाले एक ट्विस्ट ड्रिल को **500 RPM** पर घुमाकर मृदु इस्पात में छेद किया जा रहा है। ड्रिल की कटिंग स्पीड (**m/min** में) ज्ञात कीजिए। (**π = 22/7** लें)।

• **हल:**

1. दिया गया है: **D = 14 mm**, **N = 500 RPM**।
2. सूत्र: **कटिंग स्पीड (V) = (π × D × N) / 1000**
3. मान रखने पर: **V = [(22/7) × 14 × 500] / 1000 = (22 × 2 × 500) / 1000 = 22,000 / 1000 = 22 m/min**।
4. **उत्तर:** ड्रिल की कटिंग स्पीड **22 m/min** है।

10.7 विगत वर्षों के प्रश्न (PYQs — व्याख्या सहित)

1. **[RRB ALP Stage-2, 21 Jan 2019 Shift-1]** ओजोन परत के संरक्षण से संबंधित अंतरराष्ट्रीय संधि कौन-सी है और ओजोन परत की मोटाई किस इकाई में मापी जाती है?

• (A) क्योटो प्रोटोकॉल — डेसिबल

• (B) मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल — डॉब्सन इकाई (Dobson Unit)

• (C) पेरिस समझौता — कैंडेला

• (D) रामसर कन्वेंशन — बार

• उत्तर: (B) मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल — डॉब्सन इकाई (Dobson Unit)

• **व्याख्या:** **16 सितंबर 1987** का मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल ओजोन परत को नुकसान पहुँचाने वाले **CFC** पदार्थों पर प्रतिबंध से संबंधित है तथा ओजोन की मोटाई डॉब्सन इकाई (**DU**) में मापी जाती है।

2. **[RRB ALP Stage-2 Part-B / Technician]** निम्नलिखित में से किन दो लॉजिक गेट्स को **'सार्वत्रिक गेट' (Universal Logic Gates)** कहा जाता है?

• (A) AND और OR

• (B) NAND और NOR

• (C) XOR और XNOR

• (D) NOT और AND

• उत्तर: (B) NAND और NOR

• **व्याख्या:** केवल **NAND** (IC 7400) या केवल **NOR** (IC 7402) गेटों के संयोजन से सभी मूलभूत गेट्स (**AND, OR, NOT**) और कोई भी डिजिटल परिपथ निर्मित किया जा सकता है।

3. **[RRB ALP Stage-2 / ISRO Welder-Fitter]** ऑक्सी-एसिटिलीन गैस वेल्डिंग में एसिटिलीन गैस सिलेंडर का रंग कैसा होता है और इसे किस द्रव में घोलकर सुरक्षित रखा जाता है?

• (A) काला रंग — पानी में घोलकर

• (B) मैरून (लाल) रंग — एसीटोन (Acetone) में घोलकर

• (C) नीला रंग — मिट्टी के तेल में घोलकर

• (D) पीला रंग — पारे में घोलकर

• उत्तर: (B) मैरून (लाल) रंग — एसीटोन (Acetone) में घोलकर

• **व्याख्या:** एसिटिलीन गैस मुक्त अवस्था में **2 kg/cm²** से अधिक दाब पर विस्फोटक हो जाती है, इसलिए इसे मैरून रंग के सिलेंडर में पोरस पदार्थ और **एसीटोन (Acetone)** में घोलकर **15–16 kg/cm²** दाब पर सुरक्षित रखा जाता है (क्योंकि एसीटोन अपने आयतन का **25 गुना** एसिटिलीन प्रति वायुमंडलीय दाब पर सोख लेता है)।

परिशिष्ट: मास्टर क्विक-रिवीजन एवं ऑल-इन-वन महत्वपूर्ण परीक्षा तथ्य (All 10 Chapters Master Cheat-Sheet)

संपूर्ण 10 अध्यायों के सर्वाधिक महत्वपूर्ण महत्वपूर्ण सूत्र एवं मानक नियतांक

1. इंजीनियरिंग ड्राइंग: A0 क्षेत्रफल = 1 m^2 (841 × 1189 mm) | भुजा अनुपात = 1 : √2 | टाइटल ब्लॉक = 185 × 65 mm | सममितीय लंबाई = 0.8165 × वास्तविक लंबाई | RF = ड्राइंग माप / वास्तविक माप | उत्केंद्रता: वृत्त (e=0), दीर्घवृत्त (e<1), परवलय (e=1), अतिपरवलय (e>1)।

2. मापन व यंत्र: वर्नियर कैलिपर्स अल्पतमांक (LC) = 1 MSD - 1 VSD = 0.02 mm | माइक्रोमीटर स्क्रू गेज LC = Pitch / वृत्तीय भाग = 0.01 mm | 1 प्रकाश वर्ष = 9.46 × 10^15 m | 1 पारसेक = 3.08 × 10^16 m = 3.26 प्रकाश वर्ष | 1 Å = 10^-10 m | 1 फर्मी = 10^-15 m।

3. द्रव्यमान, भार व घनत्व: W = m × g | g_moon = g_earth / 6 | ध्रुवों पर g अधिकतम, भूमध्य रेखा पर न्यूनतम, पृथ्वी के केंद्र पर g = 0 | जल का अधिकतम घनत्व (4°C पर) = 1000 kg/m^3 = 1 g/cm^3 | RD = W_air / (W_air - W_water) | डूबा हुआ अंश = ρ_वस्तु / ρ_द्रव।

4. गति व प्रक्षेप्य: v = u + at | $s = ut + (1/2)at^2$ | $v^2 - u^2 = 2as$ | $S_n = u + (a/2)(2n - 1)$ | रुकने की दूरी $s = u^2 / (2a)$ | प्रक्षेप्य: $T = (2u \sin \theta)/g$, $H = (u^2 \sin^2 \theta)/(2g)$, $R = (u^2 \sin 2\theta)/g$, R_{max} (θ=45° पर) = u^2 / g।

5. कार्य, शक्ति व ऊर्जा: $W = F \times s \times \cos \theta$ | $KE = (1/2)mv^2 = p^2 / (2m)$ | $PE = mgh = (1/2)kx^2$ | P = W / t = F × v | 1 HP (ब्रिटिश) = 746 W | 1 HP (मीट्रिक) = 735.5 W | 1 kWh (1 यूनिट) = 3.6 × 10^6 J।

6. ऊष्मा व तापमान: C / 5 = (F - 32) / 9 = (K - 273) / 5 = R / 4 | समान पाठ्यांक: -40°C = -40°F तथा 574.25°F = 574.25 K | जल का त्रिक बिंदु = 273.16 K (0.01°C) | $Q_{sensible} = m \times c \times \Delta T$ | $Q_{latent} = m \times L$ (L_{ice} = 80 cal/g, L_{steam} = 540 cal/g) | α : β : γ = 1 : 2 : 3 | कार्नो दक्षता η = (1 - T2/T1) × 100%।

7. विद्युत व इलेक्ट्रॉनिक्स: V = I × R | R = ρ × (L / A) | खींचकर n गुना करने पर $R_{new} = n^2 \times R$ | $P = V \times I = I^2R = V^2/R$ | जूल ऊष्मा $H = I^2Rt$ | AC फॉर्म फैक्टर = 1.11, पीक फैक्टर = 1.414 | ट्रांसफार्मर: Vs/Vp = Ns/Np = Ip/Is | तुल्यकालिक चाल Ns = (120 × f) / P | ट्रांजिस्टर: $I_E = I_B + I_C$ तथा $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$।

8. लीवर व सरल मशीनें: MA = W / P | VR = d_P / d_W | η = (MA / VR) × 100% | उत्तोलक ट्रिक FLE: प्रथम श्रेणी (बीच में F, MA ≷ 1), द्वितीय श्रेणी (बीच में L, सदैव MA > 1), तृतीय श्रेणी (बीच में E, सदैव MA < 1)।

9. व्यावसायिक व अग्नि सुरक्षा: निषेधात्मक चिह्न = वृत्त (सफेद पृष्ठभूमि, लाल बॉर्डर) | आदेशात्मक = वृत्त (नीली पृष्ठभूमि, सफेद चिह्न) | चेतावनी = त्रिभुज (पीली पृष्ठभूमि, काला चिह्न) | सूचनात्मक = वर्ग (हरी पृष्ठभूमि, सफेद चिह्न) | अग्नि वर्ग: A (ठोस-जल), B (द्रव-फोम), C (गैस-DCP), D (धातु/विद्युत-CO2/CTC/शुष्क पाउडर), K (रसोई तेल-वेट केमिकल) | 5S = Seiri (Sort), Seiton (Set in order), Seiso (Shine), Seiketsu (Standardize), Shitsuke (Sustain)।

10. पर्यावरण व आईटीआई ट्रेड: लिंडेमान ऊर्जा नियम = 10% | अम्ल वर्षा pH < 5.6 (SO2 + NOx) | ओजोन दिवस = 16 सितंबर (मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल 1987) | मिनामाता = पारा (Hg), इटाई-इटाई = कैडमियम (Cd), ब्लू बेबी = नाइट्रेट (NO3-) | ड्रिल पॉइंट कोण = 118° | फ्यूज मिश्रधातु = 63% Sn + 37% Pb | 4-सिलेंडर फायरिंग ऑर्डर = 1-3-4-2।

रेलवे एएलपी (ALP) एवं टेक्नीशियन — बेसिक साइंस, इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं आईटीआई ट्रेड अध्ययन नोट्स

सचित्र विजुअल मॉड्यूल, 1D फॉर्मूला बॉक्स, परीक्षा जाल सतर्कता एवं त्वरित रिवीजन कैप्सूल

★ **प्रकाशन एवं शैक्षणिक अधिकार:** यह अध्ययन सामग्री IUC Academy (Inclusive Universal Careers Academy) द्वारा अखिल भारतीय रेलवे भर्ती बोर्ड (भारतीय रेल मंत्रालय - Indian Railways) की सहायक लोको पायलट (ALP) तथा टेक्नीशियन (ग्रेड-I एवं ग्रेड-III) परीक्षाओं के नवीनतम पाठ्यक्रम के अनुरूप 100% मौलिक, कॉपीराइट-मुक्त एवं छात्र-हितैषी रूप में तैयार की गई है। इसमें प्रयुक्त समस्त तकनीकी मानक भारतीय मानक ब्यूरो - BIS के इंजीनियरिंग ड्राइंग कोड (SP 46:2003), राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद - NCERT की विज्ञान पाठ्यपुस्तकों तथा प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT के शिल्पकार प्रशिक्षण योजना (CTS) पाठ्यक्रम पर आधारित हैं।

अध्ययन मार्गदर्शिका की संरचना एवं मुख्य विशेषताएँ

क्रम संख्या	अनुभाग का नाम	मुख्य विषय-वस्तु एवं कवरेज	आधिकारिक संदर्भ मानक
01	मॉड्यूल 01	इंजीनियरिंग ड्राइंग उपकरण, शीट लेआउट, शीर्षक ब्लॉक एवं रेखाओं के प्रकार	BIS SP 46:2003 मानक
02	मॉड्यूल 02	लंबकोणीय प्रक्षेप (प्रथम व तृतीय कोण), सममितीय दृश्य एवं ज्यामितीय रचनाएँ	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
03	मॉड्यूल 03	मात्रक एवं मापन प्रणाली, SI मूल व संपूरक मात्रक, विमीय सूत्र एवं मापन त्रुटियाँ	NCERT विज्ञान पाठ्यपुस्तक
04	मॉड्यूल 04	द्रव्यमान, भार एवं घनत्व, गुरुत्वीय त्वरण, उत्प्लावकता एवं आर्किमिडीज का सिद्धांत	NCERT भौतिकी अध्याय
05	मॉड्यूल 05	चाल, वेग एवं त्वरण, गति के समीकरण, दूरी-समय व वेग-समय ग्राफ एवं प्रक्षेप्य गति	NCERT विज्ञान पोर्टल
06	मॉड्यूल 06	कार्य, शक्ति एवं ऊर्जा, गतिज-स्थितिज ऊर्जा रूपांतरण, यांत्रिक दक्षता एवं अश्वशक्ति	NCERT विज्ञान संदर्भ
07	मॉड्यूल 07	ऊष्मा एवं तापमान, तापमिति पैमाने, विशिष्ट व गुप्त ऊष्मा, ऊष्मीय प्रसार एवं संचरण	NCERT ताप एवं ऊष्मा
08	मॉड्यूल 08	सरल मशीनें एवं उत्तोलक (प्रथम, द्वितीय व तृतीय श्रेणी), यांत्रिक लाभ एवं वेग अनुपात	DGT शिल्पकार योजना
09	मॉड्यूल 09	मौलिक विद्युत एवं चुंबकत्व, ओम व किरचॉफ के नियम, एसी-डीसी परिपथ एवं ट्रांसफॉर्मर	DGT इलेक्ट्रीशियन पाठ्यक्रम
10	मॉड्यूल 10	व्यावसायिक सुरक्षा, स्वास्थ्य एवं पर्यावरण शिक्षा, अग्नि वर्ग, सुरक्षा चिह्न एवं 5S प्रणाली	DGT सुरक्षा दिशानिर्देश
11	मॉड्यूल 11	आईटीआई यांत्रिक ट्रेड: फिटर, मशीनिस्ट, टर्नर, वेल्डर एवं डीजल मैकेनिक (इंजन चक्र)	DGT डीजल मैकेनिक
12	मॉड्यूल 12	आईटीआई विद्युत, इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक, आरएसी (RAC) एवं कंप्यूटर-साइबर साक्षरता	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक
13	विशेष कैप्सूल	120-पॉइंट अंतिम समय त्वरित वन-लाइनर एवं सूत्र रिवीजन कैप्सूल	IUC Academy पोर्टल

भाग 1: 12 पूर्ण 'IUC इंजीनियरिंग एवं बेसिक साइंस प्रमुख अध्ययन इकाई'

मॉड्यूल 01: इंजीनियरिंग ड्राइंग उपकरण, शीट लेआउट एवं रेखाओं के प्रकार (SP 46:2003 मानक)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 01: इंजीनियरिंग ड्राइंग उपकरण, शीट लेआउट एवं रेखाओं के प्रकार (SP 46:2003 मानक)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

1.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

इंजीनियरिंग ड्राइंग को 'अभियंताओं की सार्वभौमिक ग्राफिकल भाषा' कहा जाता है। भारतीय रेल मंत्रालय की कार्यशालाओं, लोकोमोटिव शेड तथा कोच निर्माण इकाइयों में किसी भी मशीन के पुर्जे का निर्माण और रखरखाव करने के लिए ड्राइंग शीट, ड्राइंग बोर्ड, टी-स्क्वायर, मिनी ड्राफ्टर, सेट-स्क्वायर, पेंसिल ग्रेड तथा रेखाओं के मानकों का सटीक ज्ञान अनिवार्य है। भारत में इंजीनियरिंग ड्राइंग के सभी नियम भारतीय मानक ब्यूरो - BIS के विशेष प्रकाशन **SP 46:2003** (BIS इंजीनियरिंग ड्राइंग ब्रोशर) द्वारा निर्धारित किए जाते हैं।

• **ड्राइंग बोर्ड (IS 1444:1989):** यह अच्छी तरह से उपचारित (Seasoned) नरम लकड़ी जैसे कैल (Kail), देवदार (Deodar) या ओक (Oak) की पट्टियों से बनाया जाता है ताकि मौसम में नमी से इसमें ऐंठन या झुकाव (Warping) न हो। इसके बाएँ किनारे पर एक काली आबनूस (Ebony) की पट्टी लगी होती है जिसे 'वर्किंग एज' (Working Edge) कहते हैं, जिस पर टी-स्क्वायर का स्टॉक फिसलता है।

• **ड्राइंग शीट का ज्यामितीय सिद्धांत (ISO-A श्रृंखला):** मानक ड्राइंग शीट की लंबाई और चौड़ाई का अनुपात सदैव $1 : \sqrt{2}$ (अर्थात $1 : 1.414$) होता है। सबसे बड़ी मानक शीट **A0** का कुल पृष्ठीय क्षेत्रफल ठीक 1.0 वर्ग मीटर (1,000,000 मिमी^2) होता है। जब किसी शीट को उसकी लंबी भुजा के समद्विभाजन द्वारा आधा मोड़ा जाता है, तो अगली छोटी शीट (A0 से A1, A1 से A2, A2 से A3, A3 से A4) प्राप्त होती है।

• **मिनी ड्राफ्टर (Mini Drafter):** यह एक ऐसा बहुउद्देशीय उपकरण है जो टी-स्क्वायर, सेट-स्क्वायर, चांदा (Protractor) और स्केल—इन चारों का कार्य अकेले संपन्न करता है। इसकी दोनों भुजाएँ परस्पर 90^° के कोण पर जुड़ी होती हैं।

• **पेंसिल ग्रेड (Pencil Grades):** पेंसिल की लीड ग्रेफाइट और केओलिन (चिकनी मिट्टी/Clay) के मिश्रण से बनती है। मिश्रण में केओलिन (मिट्टी) की मात्रा बढ़ाने पर पेंसिल कठोर (Hard - H) होती जाती है और ग्रेफाइट की मात्रा बढ़ाने पर मुलायम व काली (Black - B) होती जाती है। कुल 18 मानक ग्रेड (9H से 7B, मध्य में F और HB) प्रयुक्त होते हैं।

1.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

इंजीनियरिंग ड्राइंग शीट के चयन से लेकर अंतिम तकनीकी ब्लूप्रिंट निर्माण तक की 4-चरणीय मानक कार्यप्रणाली नीचे दर्शाई गई है:

[नोड 1: उपकरण एवं शीट चयन] ⟶ [नोड 2: बॉर्डर, मार्जिन व टाइटल ब्लॉक] ⟶ [नोड 3: पेंसिल ग्रेड व रेखा विन्यास] ⟶ [नोड 4: अक्षरांकन एवं विमांकन]
| | | |
• बोर्ड: D0 से D3 (कैल/देवदार) • बायाँ मार्जिन: 20 मिमी (फाइलिंग) • बाहरी मुख्य रेखा: प्रकार A (HB/H) • अक्षरांकन: प्रकार A व B (IS 9609)
• शीट अनुपात: $1 : \sqrt{2}$ ($A0 = 1\ m^2$) • अन्य मार्जिन: 10 मिमी (A0, A1) • अदृश्य/हिडन रेखा: प्रकार E/F (2H) • विमांकन: सीरेखित व एकदिशीय प्रणाली
• मिनी ड्राफ्टर: 90° स्केल भुजाएँ • टाइटल ब्लॉक: 185 × 65 मिमी (दायाँ कोना) • केंद्र/सेंटर रेखा: प्रकार G (2H) • तीर शीर्ष अनुपात: लंबाई:चौड़ाई = 3:1

• **नोड 1 विश्लेषण (उपकरण एवं शीट चयन):** कार्य के आकार के अनुसार D0 (1500 × 1000 मिमी) या D1 (1000 × 700 मिमी) बोर्ड और संगत A0 या A1 शीट का चयन किया जाता है।

• **नोड 2 विश्लेषण (बॉर्डर, मार्जिन व टाइटल ब्लॉक):** शीट को बाइंडिंग या पंच करने के लिए बाईं ओर 20 मिमी का चौड़ा हाशिया (Margin) और शेष तीन तरफ 10 मिमी (A0 व A1 में) या 7 मिमी (A2 से A5 में) का हाशिया छोड़ा जाता है। नीचे दाएँ कोने में 185 मिमी × 65 मिमी का टाइटल ब्लॉक बनाया जाता है।

• **नोड 3 विश्लेषण (पेंसिल ग्रेड व रेखा विन्यास):** BIS SP 46:2003 के अनुसार मुख्य दृश्य रूपरेखा के लिए प्रकार A (मोटी सतत रेखा), विमांकन व हैचिंग के लिए प्रकार B (पतली सतत रेखा) और केंद्र रेखा के लिए प्रकार G (पतली चेन रेखा) खींची जाती है।

• **नोड 4 विश्लेषण (अक्षरांकन एवं विमांकन):** सभी तकनीकी सूचनाएँ एकसमान मोटाई वाले गोथिक (Gothic) अक्षरों में ऊर्ध्वाधर या 75^° झुकाव पर लिखी जाती हैं और तीर के निशान (3 : 1 अनुपात) से सटीक माप दर्शाई जाती है।

1.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (इंजीनियरिंग ड्राइंग गणित एवं मानक सूत्र):
1. **मानक ड्राइंग शीट की भुजाओं का अनुपात:** चौड़ाई (W) : लंबाई (L) = 1 : √(2) ⇒ L = W × 1.414
2. **A0 शीट का क्षेत्रफल समीकरण:** W × L = 1 मी^2 ⇒ W × (√(2)W) = 1,000,000 मिमी^2 ⇒ W = 841 मिमी, L = 1189 मिमी
3. **n-वीं श्रेणी (A_n) की शीट का क्षेत्रफल:** क्षेत्रफल(A_n) = (1 / 2^n) वर्ग मीटर = (10^6 / 2^n) वर्ग मिमी
4. **A0 शीट में A_n शीटों की कुल संख्या:** कुल शीट संख्या = 2^n (उदाहरणार्थ: एक A0 शीट में 2^4 = 16 A4 शीटें होती हैं)
5. **सेट-स्क्वायर द्वारा न्यूनतम मापनीय कोण अंतराल:** 15^° के गुणज (15^°, 30^°, 45^°, 60^°, 75^°, 90^°, 105^°, 120^° आदि)
6. **निरूपक भिन्न (Representative Fraction - RF):** RF = (ड्राइंग पर वस्तु की माप / वस्तु की वास्तविक माप) (दोनों एक ही मात्रक में; RF विमाहीन राशि है)
7. **अक्षरांकन प्रकार A में स्ट्रोक मोटाई (d):** d = (h / 14) (जहाँ h बड़े अक्षर की ऊँचाई है)
8. **अक्षरांकन प्रकार B में स्ट्रोक मोटाई (d):** d = (h / 10) (सामान्य इंजीनियरिंग ड्राइंग में सर्वाधिक प्रयुक्त)
9. **विमांकन तीर शीर्ष (Arrowhead) का अनुपात:** तीर की लंबाई : तीर की चौड़ाई (ऊँचाई) = 3 : 1

क्र.सं.	मानक घटक / रेखा प्रकार	BIS नामकरण / कोड	मानक माप / मोटाई / ग्रेड	मुख्य तकनीकी अनुप्रयोग	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	ड्राइंग शीट A0	ISO-A0 (SP 46)	841 मिमी × 1189 मिमी	बड़े लोकोमोटिव एवं बॉयलर असेंबली आरेख	BIS SP 46:2003
02	ड्राइंग शीट A1	ISO-A1 (SP 46)	594 मिमी × 841 मिमी	मध्यम मशीन सब-असेंबली एवं बोगी आरेख	BIS SP 46:2003
03	ड्राइंग शीट A2	ISO-A2 (SP 46)	420 मिमी × 594 मिमी	आईटीआई एवं इंजीनियरिंग कक्षा अभ्यास शीट	BIS SP 46:2003
04	ड्राइंग शीट A3	ISO-A3 (SP 46)	297 मिमी × 420 मिमी	छोटे मशीन पुर्जों एवं विद्युत परिपथों का आरेख	BIS SP 46:2003
05	ड्राइंग शीट A4	ISO-A4 (SP 46)	210 मिमी × 297 मिमी	तकनीकी विनिर्देश पुस्तिका एवं मानक पत्रक	BIS SP 46:2003
06	ड्राइंग बोर्ड D0 व D1	IS 1444:1989	D0: 1500× 1000× 25 मिमी; D1: 1000× 700× 25 मिमी	क्रमशः A0 तथा A1 शीट को स्थिर करने हेतु	BIS मानक पोर्टल
07	ड्राइंग बोर्ड D2 व D3	IS 1444:1989	D2: 700× 500× 15 मिमी; D3: 500× 350× 15 मिमी	क्रमशः A2 तथा A3 शीट पर अभ्यास कार्य हेतु	BIS मानक पोर्टल
08	टाइटल ब्लॉक (शीर्षक कक्ष)	SP 46:2003	185 मिमी × 65 मिमी	शीट के निचले दाएँ कोने में नाम, स्केल व प्रक्षेप चिह्न हेतु	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
09	रेखा प्रकार A (मोटी सतत)	Line Type A	मोटाई 0.5 मिमी या 0.7 मिमी (HB पेंसिल)	दृश्य बाहरी रूपरेखा (Visible Outlines) और किनारे	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
10	रेखा प्रकार B (पतली सतत)	Line Type B	मोटाई 0.25 मिमी या 0.35 मिमी (2H पेंसिल)	विमा रेखा, प्रसार रेखा, लीडर रेखा एवं सेक्शन हैचिंग (45^°)	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
11	रेखा प्रकार C एवं D	Line Type C / D	पतली मुक्तहस्त (C) / ज़िग-ज़ैग (D) (2H पेंसिल)	आंशिक या बाधित दृश्यों की सीमा (Break Lines)	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
12	रेखा प्रकार E एवं F	Line Type E / F	डैश रेखा (मोटी E / पतली F), अंतराल 1 मिमी	छुपी हुई या अदृश्य आंतरिक कोर एवं छिद्र (Hidden Lines)	BIS ड्राइंग प्रस्तुति

क्र.सं.	मानक घटक / रेखा प्रकार	BIS नामकरण / कोड	मानक माप / मोटाई / ग्रेड	मुख्य तकनीकी अनुप्रयोग	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
13	रेखा प्रकार G (पतली चेन)	Line Type G	लंबी-छोटी डैश श्रृंखला (2H/3H पेंसिल)	केंद्र रेखा (Centre Line), सममिति अक्ष व पिच वृत्त	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
14	रेखा प्रकार H	Line Type H	पतली चेन रेखा जिसके सिरे व दिशा परिवर्तन मोटे हों	कर्तन तल (Cutting Plane Line) को दर्शाने हेतु	BIS ड्राइंग प्रस्तुति

1.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. भारतीय मानक ब्यूरो - BIS के मानक **SP 46:2003** के अनुसार किसी भी इंजीनियरिंग ड्राइंग शीट को फाइल या फोल्डर में रखने के लिए मोड़ते (Folding) समय यह अनिवार्य नियम है कि मोड़ने के बाद अंतिम आकार सदैव **A4 (210 × 297 मिमी)** बनना चाहिए और **टाइटल ब्लॉक (185 × 65 मिमी)** सबसे ऊपर दाएँ कोने पर स्पष्ट रूप से दिखाई देना चाहिए ताकि फाइल खोले बिना ही ड्राइंग की पहचान हो सके।
2. ड्राइंग बोर्ड के पीछे लगी दो क्षैतिज पट्टियों (Battens) में लकड़ी के पेंच सीधे कसने के बजाय पीतल के खाँचेदार स्लॉट (Slotted Brass Washers) में लगाए जाते हैं ताकि गर्मी और सर्दी में लकड़ी के फैलने-सिकुड़ने पर बोर्ड फटे नहीं।
3. लीडर रेखा (Leader Line) को क्षैतिज आधार से कभी भी 30^° से कम कोण पर नहीं खींचा जाता; यह सामान्यतः 30^°, 45^° या 60^° पर खींची जाती है और यदि यह किसी वृत्त की परिधि को छूती है तो इसके सिरे पर तीर (Arrowhead) बनता है, किंतु यदि यह सतह के भीतर रुकती है तो इसके सिरे पर एक बिंदु (Dot) लगाया जाता है।

1.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (A0 शीट का अनुपात बनाम टाइटल ब्लॉक):** परीक्षा में जब **"मानक ड्राइंग शीट की चौड़ाई और लंबाई का अनुपात"** पूछा जाए तो उत्तर **1 : √(2)** होगा, परंतु यदि **"लंबाई और चौड़ाई का अनुपात"** पूछा जाए तो उत्तर **√(2) : 1** होगा! शब्दों के क्रम पर विशेष ध्यान दें।

• **जाल 2 (D0 बोर्ड बनाम A0 शीट का माप):** छात्र अक्सर A0 शीट और D0 ड्राइंग बोर्ड के आकार में भ्रमित हो जाते हैं। याद रखें कि बोर्ड सदैव शीट से बड़ा होता है—A0 शीट 841 × 1189 मिमी होती है, जबकि D0 बोर्ड 1500 × 1000 मिमी होता है।

• **जाल 3 (टी-स्क्वायर का उपयोग):** टी-स्क्वायर (T-Square) का उपयोग **केवल समांतर क्षैतिज रेखाएँ (Horizontal Lines)** खींचने और सेट-स्क्वायर को आधार देने के लिए किया जाता है। ऊर्ध्वाधर या झुकी हुई रेखाएँ खींचने के लिए कभी भी टी-स्क्वायर का अकेले प्रयोग नहीं किया जाता (वह कार्य सेट-स्क्वायर से होता है)।

• **जाल 4 (सेंटर लाइन बनाम कटिंग प्लेन लाइन):** पतली चेन रेखा (प्रकार G) केंद्र रेखा होती है, जबकि यदि उसी पतली चेन रेखा के दोनों अंतिम सिरे मोटे कर दिए जाएँ (प्रकार H), तो वह **कर्तन तल रेखा (Cutting Plane Line)** बन जाती है।

1.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:

• **ट्रिक 1 (A0 से A5 शीट माप याद रखने का 'आधा करो-स्थिर रखो' सूत्र):** केवल **A0 = 841 × 1189 मिमी** याद रखें। अगली शीट निकालने के लिए छोटी भुजा (841) को ज्यों का त्यों रखें और बड़ी भुजा (1189) का पूर्णांक आधा (\lfloor 1189/2 \rfloor = 594) कर दें!

• **A0:** 841 × 1189

• **A1:** 594 × 841 (1189 का आधा 594)

• **A2:** 420 × 594 (841 का आधा 420)

• **A3:** 297 × 420 (594 का आधा 297)

• **A4:** 210 × 297 (420 का आधा 210)

• **A5:** 148 × 210 (297 का आधा 148)

• **ट्रिक 2 (रेखा प्राथमिकता क्रम - Line Precedence Rule):** यदि ड्राइंग में एक ही स्थान पर दो या अधिक रेखाएँ एक-दूसरे के ऊपर आ जाएँ, तो **'V-H-C-D' (Visible > Hidden > Cutting Plane > Centre > Dimension)** सूत्र लगाएँ: सबसे पहले दृश्य रेखा (प्रकार A) बनेगी, उसके बाद अदृश्य रेखा (प्रकार E/F), फिर कर्तन तल (प्रकार H) और अंत में केंद्र रेखा (प्रकार G)।

1.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #1 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 1: एक लोकोमोटिव शेड का वास्तविक क्षेत्रफल 150 वर्ग मीटर है। यदि इसे एक मानक नक्शे पर 6 वर्ग सेमी के क्षेत्रफल द्वारा दर्शाया जाता है, तो ड्राइंग का निरूपक भिन्न (RF) ज्ञात कीजिए।

• **हल:** क्षेत्रफल अनुपात = (6 सेमी^2 / 150 मी^2) = (6 सेमी^2 / 150 × 10000 सेमी^2) = (1 / 250000)। चूँकि RF = √(क्षेत्रफल अनुपात), अतः RF = √(\frac{1}{250000}) = (1 / 500) या 1 : 500।

मॉड्यूल 02: लंबकोणीय प्रक्षेप (प्रथम बनाम तृतीय कोण), सममितीय दृश्य एवं ज्यामितीय आकृतियाँ

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 02: लंबकोणीय प्रक्षेप (प्रथम बनाम तृतीय कोण), सममितीय दृश्य एवं ज्यामितीय आकृतियाँ

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	**महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)**	**'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स**	**'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स**

2.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

किसी त्रि-आयामी (3D) मशीन पुर्जे या लोकोमोटिव घटक को द्वि-आयामी (2D) ड्राइंग शीट पर सटीक आकार व माप के साथ प्रदर्शित करने की विधि को **प्रक्षेप (Projection)** कहते हैं। प्रक्षेप किरणें (Projectors) जब प्रक्षेप तल (Plane of Projection) के परस्पर समांतर और लंबवत (90^°) होती हैं, तो इसे **लंबकोणीय प्रक्षेप (Orthographic Projection)** कहा जाता है। **भारतीय मानक ब्यूरो - BIS** के अनुसार भारत और यूरोप में **प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection)** को मानक के रूप में अपनाया गया है, जबकि संयुक्त राज्य अमेरिका (USA) में **तृतीय कोण प्रक्षेप (Third Angle Projection)** प्रचलित है।

• **प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection):** इसमें वस्तु को प्रथम चतुर्थांश (ऊर्ध्वाधर तल VP के सामने और क्षैतिज तल HP के ऊपर) में रखा जाता है। यहाँ **वस्तु, प्रेक्षक (Observer) और प्रक्षेप तल (Plane) के बीच** स्थित होती है। प्रक्षेप तल अपारदर्शी (Opaque) माना जाता है। परिणामस्वरूप, ऊपरी दृश्य (Top View / Plan) सदैव अग्र दृश्य (Front View / Elevation) के **नीचे** बनता है, और बायाँ पार्श्व दृश्य (Left Hand Side View) अग्र दृश्य के **दाईं ओर** बनता है।

• **तृतीय कोण प्रक्षेप (Third Angle Projection):** इसमें वस्तु को तृतीय चतुर्थांश (VP के पीछे और HP के नीचे) में रखा जाता है। यहाँ **पारदर्शी प्रक्षेप तल (Plane), प्रेक्षक और वस्तु के बीच** स्थित होता है। इसमें ऊपरी दृश्य (Top View) सदैव अग्र दृश्य (Front View) के **ऊपर** बनता है, और बायाँ पार्श्व दृश्य अग्र दृश्य के **बाईं ओर** ही बनता है।

• **द्वितीय एवं चतुर्थ कोण प्रक्षेप क्यों नहीं बनते?** जब क्षैतिज तल (HP) को दक्षिणावर्त (Clockwise) 90^° घुमाया जाता है, तो द्वितीय और चतुर्थ चतुर्थांश में ऊर्ध्वाधर तल (VP) और क्षैतिज तल (HP) एक-दूसरे के ऊपर ओवरलैप हो जाते हैं, जिससे अग्र दृश्य और ऊपरी दृश्य आपस में मिल जाते हैं।

• **सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection):** इसमें वस्तु के तीनों मुख्य अक्ष (X, Y, Z) एक-दूसरे से 120^° के कोण पर होते हैं और क्षैतिज आधार रेखा से दोनों आवर्ती अक्ष 30^° के कोण पर झुके होते हैं। इसमें वास्तविक लंबाई की तुलना में सममितीय लंबाई √(\frac{2}{3}) ≈ 0.8165 गुना (लगभग 81.65\%) छोटी दिखाई देती है।

2.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

त्रि-आयामी (3D) घटक से द्वि-आयामी (2D) लंबकोणीय एवं सममितीय प्रक्षेप रूपांतरण का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: चतुर्थांश एवं तल विन्यास] ⟶ [नोड 2: प्रथम कोण प्रक्षेप (BIS मानक)] ⟶ [नोड 3: तृतीय कोण प्रक्षेप (तुलना)] ⟶ [नोड 4: सममितीय एवं शंकु परिच्छेद]
| | | |
• ऊर्ध्वाधर तल (VP): अग्र दृश्य (FV) • क्रम: प्रेक्षक वस्तु अपारदर्शी तल • क्रम: प्रेक्षक पारदर्शी तल वस्तु • सममितीय अक्ष कोण: 120° (आधार से 30°)
• क्षैतिज तल (HP): ऊपरी दृश्य (TV) • TV की स्थिति: FV के ठीक नीचे • TV की स्थिति: FV के ठीक ऊपर • सममितीय स्केल: √(2/3) = 0.8165
• प्रोफाइल तल (PP): पार्श्व दृश्य (SV) • चिह्न: समलंब के दाईं ओर दो संकेंद्रित वृत्त • चिह्न: समलंब के बाईं ओर दो संकेंद्रित वृत्त • उत्केंद्रता (e): दीर्घवृत्त (<1), परवलय (=1)

• **नोड 1 विश्लेषण (चतुर्थांश एवं तल विन्यास):** ऊर्ध्वाधर तल (VP) पर सदैव वस्तु की ऊँचाई व लंबाई (Front View) और क्षैतिज तल (HP) पर चौड़ाई व लंबाई (Top View) प्राप्त होती है। दोनों तलों की प्रतिच्छेदन रेखा को **संदर्भ रेखा (XY Line)** कहते हैं।

• **नोड 2 विश्लेषण (प्रथम कोण प्रक्षेप):** BIS SP 46:2003 के अनुसार टाइटल ब्लॉक में छिन्नक शंकु (Frustum of Cone) का अग्र दृश्य (समलंब चतुर्भुज) बाईं ओर और पार्श्व दृश्य (दो संकेंद्रित वृत्त) दाईं ओर बनाया जाता है।

• **नोड 3 विश्लेषण (तृतीय कोण प्रक्षेप):** इसमें दो संकेंद्रित वृत्त समलंब चतुर्भुज के बाईं ओर बनाए जाते हैं और जिस ओर से वस्तु को देखा जाता है, दृश्य ठीक उसी ओर बनता है।

• **नोड 4 विश्लेषण (सममितीय एवं शंकु परिच्छेद):** जब सममितीय दृश्य (Isometric View) वास्तविक स्केल (1:1) से बनाया जाता है तो वह सममितीय प्रक्षेप से 22.5\% बड़ा होता है।

2.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (प्रक्षेप, सममितीय स्केल एवं ज्यामितीय बहुभुज सूत्र):
1. **सममितीय लंबाई और वास्तविक लंबाई का अनुपात:** $(सममितीय लंबाई / वास्तविक लंबाई) = (\cos 45^\circ / \cos 30^\circ) = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0.8165$ (अर्थात लगभग 18.35\%$ संकुचन)
2. **शंकु परिच्छेद की उत्केंद्रता (Eccentricity - e):** e = (नाभि (Focus) से बिंदु की दूरी / नियता (Directrix) से बिंदु की दूरी)
3. **समबहुभुज (Regular Polygon) के सभी अंतः कोणों का योग:** $\Sigma \theta_i = (n - 2) \times 180^\circ$ (जहाँ n भुजाओं की संख्या है)
4. **समबहुभुज का प्रत्येक अंतः कोण:** $\theta_i = ((n - 2) \times 180^\circ / n)$
5. **समबहुभुज का प्रत्येक बहिष्कोण (Exterior Angle):** $\theta_e = (360^\circ / n)$ (सभी बहिष्कोणों का योग सदैव 360° होता है)
6. **समबहुभुज में कुल विकर्णों (Diagonals) की संख्या:** $D = n(n - 3) / 2$
7. **स्केल की अधिकतम लंबाई (Length of Scale - LOS):** LOS = RF × मापी जाने वाली अधिकतम वास्तविक लंबाई

क्र.सं.	तकनीकी पैरामीटर / ज्यामितीय आकृति	प्रथम कोण / मानक शर्त	तृतीय कोण / वैकल्पिक शर्त	कोण / संख्यात्मक मानक	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	वस्तु की सापेक्ष स्थिति	प्रेक्षक और प्रक्षेप तल के मध्य	प्रक्षेप तल और प्रेक्षक के बाहर (तल बीच में)	चतुर्थांश I बनाम चतुर्थांश III	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
02	ऊपरी दृश्य (Top View / Plan)	संदर्भ रेखा (XY) के नीचे	संदर्भ रेखा (XY) के ऊपर	HP का 90° दक्षिणावर्त घूर्णन	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
03	अग्र दृश्य (Front View / Elevation)	संदर्भ रेखा (XY) के ऊपर	संदर्भ रेखा (XY) के नीचे	VP पर निर्मित मुख्य दृश्य	BIS ड्राइंग प्रस्तुति
04	बायाँ पार्श्व दृश्य (LHSV)	अग्र दृश्य के दाईं ओर	अग्र दृश्य के बाईं ओर	प्रोफाइल तल (PP) पर प्रक्षेप	BIS SP 46:2003
05	सममितीय प्रक्षेप में वृत्त का रूप	दीर्घवृत्त (Ellipse) / चार-केंद्र विधि	समचतुर्भुज (Rhombus) के भीतर निर्मित	अक्ष कोण 120°, क्षैतिज से 30°	BIS SP 46:2003
06	तिर्यक प्रक्षेप (Oblique - Cavalier)	आवर्ती अक्ष 45° पर झुका	गहराई माप पूर्ण वास्तविक (1:1)	कोई संकुचन नहीं (100\% लंबाई)	BIS SP 46:2003
07	तिर्यक प्रक्षेप (Oblique - Cabinet)	आवर्ती अक्ष 45° या 60° पर	गहराई माप आधी ((1 / 2) या 50\%)	दृश्य विकृति कम करने हेतु	BIS SP 46:2003

क्र.सं.	तकनीकी पैरामीटर / ज्यामितीय आकृति	प्रथम कोण / मानक शर्त	तृतीय कोण / वैकल्पिक शर्त	कोण / संख्यात्मक मानक	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
08	दीर्घवृत्त (Ellipse)	कर्तन तल आधार व जनक दोनों को काटे	उत्केंद्रता e < 1	चार-केंद्र या संकेंद्रित वृत्त विधि	NCERT गणित/विज्ञान
09	परवलय (Parabola)	कर्तन तल शंकु के जनक (Generator) के समांतर	उत्केंद्रता e = 1	प्रक्षेप्य पथ व लोको हेडलाइट परावर्तक	NCERT गणित/विज्ञान
10	अतिपरवलय (Hyperbola)	कर्तन तल शंकु अक्ष के समांतर (या कम कोण पर)	उत्केंद्रता e > 1	बॉयल के नियम (PV = C) व कूलिंग टॉवर	NCERT गणित/विज्ञान
11	सम पंचभुज (Regular Pentagon)	भुजाएँ n = 5, विकर्ण D = 5	अंत: कोणों का योग = 540^°	प्रत्येक अंत: कोण = 108^°, बहिष्कोण = 72^°	BIS SP 46:2003
12	सम षट्भुज (Regular Hexagon)	भुजाएँ n = 6, विकर्ण D = 9	अंत: कोणों का योग = 720^°	प्रत्येक अंत: कोण = 120^°, बहिष्कोण = 60^°	BIS SP 46:2003
13	सम अष्टभुज (Regular Octagon)	भुजाएँ n = 8, विकर्ण D = 20	अंत: कोणों का योग = 1080^°	प्रत्येक अंत: कोण = 135^°, बहिष्कोण = 45^°	BIS SP 46:2003

2.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. यदि एक बिंदु ऊर्ध्वाधर तल (VP) के **पीछे** और क्षैतिज तल (HP) के **ऊपर** स्थित है, तो वह **द्वितीय चतुर्थांश (Second Quadrant)** में होता है, जहाँ उसका अग्र दृश्य (Front View) और ऊपरी दृश्य (Top View) **दोनों ही संदर्भ रेखा (XY) के ऊपर** बनते हैं! इसी प्रकार चतुर्थ चतुर्थांश में दोनों दृश्य संदर्भ रेखा (XY) के नीचे बनते हैं।
2. लोकोमोटिव और ऑटोमोबाइल बोल्ट के शीर्ष (Bolt Heads) व नट सदैव **सम षट्भुजाकार (Hexagonal, अंत: कोण 120^°)** बनाए जाते हैं क्योंकि संकीर्ण इंजन स्थान में स्पैनर (पाना) को केवल 60^° घुमाकर ही अगला कोना पकड़ा जा सकता है, जबकि वर्गाकार नट में 90^° घुमाने की जगह चाहिए।
3. जब किसी गोले (Sphere) का सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection) बनाया जाता है, तो उसका आरेख सदैव एक वृत्त ही बनता है जिसकी त्रिज्या गोले की वास्तविक त्रिज्या के बराबर होती है!

2.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (सममितीय दृश्य बनाम सममितीय प्रक्षेप):** परीक्षा में सबसे बड़ा जाल यह है कि **"सममितीय दृश्य (Isometric View / Drawing)"** में वास्तविक स्केल (100\% लंबाई) का प्रयोग होता है, जबकि **"सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection)"** में सममितीय स्केल ($\sqrt{(2/3)} = 0.8165$ या 81.65\% लंबाई) का प्रयोग होता है!

• **जाल 2 (रेखा की वास्तविक लंबाई - True Length):** यदि कोई सरल रेखा दोनों तलों (HP और VP) के प्रति झुकी हुई है, तो न तो अग्र दृश्य में और न ही ऊपरी दृश्य में उसकी वास्तविक लंबाई दिखेगी। वास्तविक लंबाई किसी तल पर तभी दिखती है जब रेखा उस तल के **समांतर (Parallel)** हो!

• **जाल 3 (वर्नियर स्केल बनाम विकर्ण स्केल):** जब किसी माप को **दो क्रमिक मात्रकों** (जैसे मीटर और डेसीमीटर) या दशमलव के एक स्थान तक मापना हो तो **साधारण स्केल (Plain Scale)** प्रयुक्त होता है, और जब **तीन क्रमिक मात्रकों** (जैसे मीटर, डेसीमीटर और सेंटीमीटर) या दशमलव के दो स्थानों तक मापना हो तो **विकर्ण स्केल (Diagonal Scale)** का प्रयोग किया जाता है।

2.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ **IUC स्मृति ट्रिक:**

• **ट्रिक 1 (चतुर्थांश पहचानने का 'उल्टा-सीधा' नियम):**

• **प्रथम कोण (First = Flip):** जो देखते हैं उसका उल्टा स्थान! ऊपर से देखा (Top View) → नीचे बनेगा; बाएँ से देखा (Left View) → दाएँ बनेगा। प्रतीकात्मक चिह्न में छोटे वृत्त के सामने शंकु का छोटा मुँह नहीं, बल्कि समलंब का बड़ा आधार या वृत्त दाईं ओर रहता है।

• **तृतीय कोण (Third = True):** जो जिधर से देखा, उधर ही बनेगा! ऊपर से देखा → ऊपर बनेगा; बाएँ से देखा → बाएँ बनेगा।

• **ट्रिक 2 (समबहुभुज का अंतः कोण 2 सेकंड में):** किसी भी समबहुभुज का अंतः कोण निकालने के लिए $\theta_i = 180^\circ - (360^\circ / n)$ करें! जैसे षट्भुज (n=6) के लिए $180^\circ - (360^\circ/6) = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$।

2.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #2 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 2: किसी घनाकार मशीन ब्लॉक के किनारे की वास्तविक लंबाई 100 मिमी है। इसके सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection) में किनारे की लंबाई कितनी खींची जाएगी?

• **हल:** सममितीय लंबाई = वास्तविक लंबाई × $\sqrt{\frac{2}{3}} = 100 \times 0.8165 = 81.65$ मिमी।

मॉड्यूल 03: मात्रक एवं मापन (SI मूल व व्युत्पन्न मात्रक, विमीय सूत्र एवं सूक्ष्म मापन यंत्र)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 03: मात्रक एवं मापन (SI मूल व व्युत्पन्न मात्रक, विमीय सूत्र एवं सूक्ष्म मापन यंत्र)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

3.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

भौतिकी एवं अभियांत्रिकी में किसी भी भौतिक राशि के सटीक मापन के लिए अंतरराष्ट्रीय स्तर पर वर्ष 1960 में माप-तौल के सामान्य सम्मेलन (CGPM) द्वारा **अंतरराष्ट्रीय मात्रक प्रणाली (SI - Système International d'Unités)** को स्वीकार किया गया (NCERT विज्ञान संदर्भ)। इस प्रणाली में 7 **मूल मात्रक (Fundamental Units)** और 2 **संपूरक मात्रक (Supplementary Units)** निर्धारित हैं, जिनसे अन्य सभी **व्युत्पन्न मात्रक (Derived Units)** प्राप्त किए जाते हैं।

• 7 **मूल भौतिक राशियाँ:** लंबाई (मीटर - m), द्रव्यमान (किलोग्राम - kg), समय (सेकंड - s), विद्युत धारा (एम्पियर - A), ऊष्मागतिक तापमान (केल्विन - K), पदार्थ की मात्रा (मोल - mol) और ज्योति तीव्रता (कैंडेला - cd)।

• **2 संपूरक मात्रक:** समतल कोण (रेडियन - rad) और घन कोण (स्टेरेडियन - sr)। ये दोनों राशियाँ **विमाहीन (Dimensionless)** होती हैं, किंतु इनके मात्रक होते हैं।

• **विमीय सूत्र (Dimensional Formula):** किसी भी व्युत्पन्न राशि को मूल राशियों $[M^a L^b T^c A^d K^e]$ की घातों के रूप में व्यक्त करना विमीय सूत्र कहलाता है। विमीय समानता के सिद्धांत (Principle of Homogeneity) के अनुसार, किसी भौतिक समीकरण के केवल उन्हीं पदों को जोड़ा या घटाया जा सकता है जिनकी विमाएँ पूर्णतः समान हों।

• **रेलवे कार्यशाला के सूक्ष्म मापन यंत्र:** प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT के अनुसार लोकोमोटिव के पिस्टन, क्रैंकशाफ्ट जर्नल और वाल्व क्लीयरेंस की जाँच के लिए **वर्नियर कैलिपर** (अल्पतमांक 0.02 मिमी) और **बाहरी माइक्रोमीटर / स्क्रू गेज** (अल्पतमांक 0.01 मिमी) का उपयोग किया जाता है।

3.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

भौतिक राशियों के वर्गीकरण से लेकर विमीय विश्लेषण एवं कार्यशाला सूक्ष्म मापन तक की 4-नोड संरचना:

[नोड 1: SI मूल एवं संपूरक मात्रक] ⟶ [नोड 2: व्युत्पन्न मात्रक व उपसर्ग] ⟶ [नोड 3: विमीय सूत्र एवं समानता नियम] ⟶ [नोड 4: सूक्ष्म मापन यंत्र व त्रुटि गणना]
| | | |
• 7 मूल राशियाँ: m, kg, s, A, K, mol, cd • बल: न्यूटन (kg·m/s²) • समानता नियम: [A] = [B] = [C] • वर्नियर कैलिपर LC: 1 MSD - 1 VSD (0.02 mm)
• समतल कोण: रेडियन (rad = चाप/त्रिज्या) • कार्य/ऊर्जा: जूल (N·m) • विमाहीन राशियाँ: विकृति, कोण, अपवर्तनांक • माइक्रोमीटर LC: पिच / वृत्तीय भाग (0.01 mm)
• घन कोण: स्टेरेडियन (sr = क्षेत्रफल/r²) • घात उपसर्ग: पिको (10^{-12}) से टेरा (10^{12}) • समान विमा युग्म: कार्य व बल-आघूर्ण • शून्यांक त्रुटि: धनात्मक (घटाएँ), ऋणात्मक (जोड़ें)

• **नोड 1 विश्लेषण (SI मूल एवं संपूरक मात्रक):** ज्योति तीव्रता का मात्रक कैंडेला (cd) है जबकि ज्योति फ्लक्स (Luminous Flux) का मात्रक ल्यूमेन (lm) और प्रदीप्ति घनत्व (Illuminance) का मात्रक लक्स (lux = lm/m^2) होता है।

• **नोड 2 विश्लेषण (व्युत्पन्न मात्रक व उपसर्ग):** सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक व यांत्रिक गणनाओं में माइक्रो (μ = 10^{-6}), नैनो (n = 10^{-9}), एंगस्ट्रॉम (Å = 10^{-10} मी), पिको (p = 10^{-12}) और फेम्टो/फर्मी (f = 10^{-15} मी) उपसर्ग अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं।

• **नोड 3 विश्लेषण (विमीय सूत्र एवं समानता नियम):** वांडरवाल्स गैस समीकरण (P + (a / V^2))(V - b) = RT में नियतांक a की विमा [P · V^2] = [M^1 L^5 T^{-2}] और नियतांक b की विमा [V] = [M^0 L^3 T^0] होती है।

• **नोड 4 विश्लेषण (सूक्ष्म मापन यंत्र व त्रुटि गणना):** माइक्रोमीटर में जब थिम्बल का शून्य डेटम रेखा से पीछे रह जाता है तो धनात्मक शून्यांक त्रुटि होती है, जिसे वास्तविक पाठ्यांक पाने के लिए कुल पाठ्यांक में से घटाया जाता है।

3.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ **महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (मापन, अल्पतमांक एवं त्रुटि विश्लेषण सूत्र):**
1. **वर्नियर कैलिपर का अल्पतमांक (Least Count - LC):** $LC = 1 मुख्य स्केल भाग (MSD) - 1 वर्नियर स्केल भाग (VSD) = (1 मिमी / 50) = 0.02 मिमी$
2. **माइक्रोमीटर (स्क्रू गेज) का अल्पतमांक:** $LC = (पिच (Pitch) / थिम्बल के वृत्तीय पैमाने पर कुल भागों की संख्या) = (0.5 मिमी / 50) = 0.01 मिमी$
3. **सही पाठ्यांक (True Reading):** सही पाठ्यांक = प्रेक्षित पाठ्यांक (MSR + VSR × LC) - (± शून्यांक त्रुटि)
4. **प्रतिशत त्रुटि (Percentage Error):** यदि Z = (A^p B^q / C^r) हो, तो अधिकतम प्रतिशत त्रुटि (Δ Z / Z)× 100 = p((Δ A / A)× 100) + q((Δ B / B)× 100) + r((Δ C / C)× 100)
5. **खगोलीय दूरी रूपांतरण:** 1 प्रकाश वर्ष (ly) = 9.46 × 10^{15} मी; 1 खगोलीय मात्रक (AU) = 1.496 × 10^{11} मी; 1 पारसेक (Parsec) = 3.08 × 10^{16} मी = 3.26 प्रकाश वर्ष

क्र.सं.	भौतिक राशि / मापन पैरामीटर	SI मात्रक (प्रतीक)	CGS मात्रक / व्यावहारिक संबंध	विमीय सूत्र [M L T A]	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	बल (Force) एवं भार (Weight)	न्यूटन (N या kg·m/s^2)	डाइन (1 N = 10^5 Dyne)	[M^1 L^1 T^{-2}]	NCERT विज्ञान
02	कार्य (Work), ऊर्जा एवं बल-आघूर्ण (τ)	जूल (J) / न्यूटन-मीटर (N·m)	अर्ग (1 J = 10^7 Erg)	[M^1 L^2 T^{-2}]	NCERT विज्ञान
03	दाब (Pressure), प्रतिबल एवं प्रत्यास्थता गुणांक	पास्कल (Pa या N/m^2)	बार (1 Bar = 10^5 Pa)	[M^1 L^{-1} T^{-2}]	NCERT विज्ञान
04	संवेग (Momentum) एवं आवेग (Impulse)	किग्रा-मीटर/सेकंड (kg·m/s या N·s)	ग्राम-सेमी/सेकंड	[M^1 L^1 T^{-1}]	NCERT विज्ञान
05	पृष्ठ तनाव (Surface Tension) व स्प्रिंग नियतांक	न्यूटन प्रति मीटर (N/m)	डाइन प्रति सेमी (dyn/cm)	[M^1 L^0 T^{-2}]	NCERT विज्ञान
06	श्यानता गुणांक (Coefficient of Viscosity)	पास्कल-सेकंड (Pa·s या N·s/m^2)	प्वाइज (1 Pa·s = 10 Poise)	[M^1 L^{-1} T^{-1}]	NCERT विज्ञान
07	सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (G)	N·m^2/kg^2	मान = 6.67 × 10^{-11} SI	[M^{-1} L^3 T^{-2}]	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	भौतिक राशि / मापन पैरामीटर	SI मात्रक (प्रतीक)	CGS मात्रक / व्यावहारिक संबंध	विमीय सूत्र [M L T A]	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
08	प्लांक नियतांक (h) एवं कोणीय संवेग (L)	जूल-सेकंड (J·s)	h = 6.626 × 10^{-34} J·s	[M^1 L^2 T^{-1}]	NCERT विज्ञान
09	विद्युत विभव / विभवांतर (Voltage)	वोल्ट (V या J/C)	V = W / Q	[M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}]	NCERT विद्युत अध्याय
10	विद्युत प्रतिरोध (Resistance - R)	ओम (Ω या V/A)	R = V / I	[M^1 L^2 T^{-3} A^{-2}]	NCERT विद्युत अध्याय
11	विद्युत धारिता (Capacitance - C)	फैरड (F या C/V)	1 μF = 10^{-6} F	[M^{-1} L^{-2} T^4 A^2]	DGT इलेक्ट्रीशियन
12	चुंबकीय फ्लक्स (Magnetic Flux - Φ)	वेबर (Wb)	मैक्सवेल (1 Wb = 10^8 Maxwell)	[M^1 L^2 T^{-2} A^{-1}]	DGT इलेक्ट्रीशियन
13	चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता / फ्लक्स घनत्व (B)	टेस्ला (T या Wb/m^2)	गॉस (1 T = 10^4 Gauss)	[M^1 L^0 T^{-2} A^{-1}]	DGT इलेक्ट्रीशियन
14	प्रेरकत्व (Inductance - L)	हेनरी (H)	e = -L(dI/dt)	[M^1 L^2 T^{-2} A^{-2}]	DGT इलेक्ट्रीशियन

3.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. कुछ भौतिक राशियों के युग्मों के विमीय सूत्र बिल्कुल एकसमान होते हैं, जो रेलवे ALP CBT-2 परीक्षा में बार-बार पूछे जाते हैं:
- **कार्य, ऊर्जा और बल-आघूर्ण (Torque):** तीनों की विमा [M^1 L^2 T^{-2}] होती है।
- **दाब, प्रतिबल (Stress), यंग प्रत्यास्थता गुणांक (Y) और ऊर्जा घनत्व:** चारों की विमा [M^1 L^{-1} T^{-2}] होती है।
- **आवृत्ति, कोणीय वेग (ω) और वेग प्रवणता (Velocity Gradient):** तीनों की विमा [M^0 L^0 T^{-1}] होती है।
- **पृष्ठ तनाव, पृष्ठ ऊर्जा और स्प्रिंग का बल नियतांक (k):** तीनों की विमा [M^1 L^0 T^{-2}] होती है।

2. माइक्रोमीटर के स्पिंडल को जॉब पर अत्यधिक दबाव से बचाने और हर बार एकसमान मापन दाब (Uniform Measuring Pressure) सुनिश्चित करने के लिए इसके पिछले सिरे पर **रैचेट स्टॉप (Ratchet Stop)** लगाया जाता है, जो सही दबाव आते ही 'क्लिक-क्लिक' की आवाज करता है।

3.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

- **जाल 1 (प्रकाश वर्ष बनाम पारसेक):** छात्र 'वर्ष' शब्द देखकर प्रकाश वर्ष (Light Year) को समय का मात्रक समझ लेते हैं! याद रखें: प्रकाश वर्ष और पारसेक दोनों **खगोलीय दूरी (लंबाई)** के मात्रक हैं, और दूरी का सबसे बड़ा मात्रक **पारसेक (1 Parsec = 3.26 प्रकाश वर्ष)** है।
- **जाल 2 (प्रतिशत त्रुटि में हर की घात घटाना):** यदि किसी सूत्र में राशि हर (Denominator) में है (जैसे घनत्व ρ = (m / V)), तो अधिकतम संभावित त्रुटि निकालते समय द्रव्यमान और आयतन की प्रतिशत त्रुटियाँ **कभी घटाई नहीं जातीं, सदैव जोड़ी जाती हैं** ((Δ ρ / ρ) = (Δ m / m) + (Δ V / V))!
- **जाल 3 (विमाहीन बनाम मात्रकहीन):** सभी मात्रकहीन राशियाँ (जैसे विकृति, अपवर्तनांक, आपेक्षिक घनत्व, घर्षण गुणांक) विमाहीन होती हैं, किंतु **सभी विमाहीन राशियाँ मात्रकहीन नहीं होतीं**—उदाहरण के लिए समतल कोण (रेडियन) और घन कोण (स्टेरेडियन) विमाहीन हैं, फिर भी इनके SI मात्रक हैं!

3.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

संकल्पनात्मक प्रवाह आरेख (Step-by-Step Process Flow)

चरण 1

IUC स्मृति ट्रिक:* ट्रिक 1 (वैद्युत राशियों की विमा निकालने का 'जूल-कूलॉम' सूत्र): केवल कार्य [W] = [M^1 L^2 T^{-2}] और आवेश [Q] = [A^1 T^1] याद रखें: वोल्टेज ($V = W/Q$): $[M^1 L^2 T^{-2}] / [A^1 T^1] = [M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}]$ प्रतिरोध (R = V/I): वोल्टेज में एक A^{-1} और जोड़ दें

चरण 2

M^1 L^2 T^{-3} A^{-2}] धारिता ($C = Q/V$): $[A^1 T^1] / [M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}] = [M^{-1} L^{-2} T^4 A^2]$ (बस -1, -2, +4, +2 कोड याद रखें: -1242!) ट्रिक 2 (गोले/घन के मापन में प्रतिशत त्रुटि): यदि किसी गोले की त्रिज्या मापने में x\% की त्रुटि हो, तो उसके व्यास/परिधि में 1x\%, पृष्ठीय क्षेत्रफल में 2x\% और आयतन में सीधे 3x\% की त्रुटि होगी!

3.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #3 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 3: एक वर्नियर कैलिपर के मुख्य पैमाने के 1 भाग का मान 1 मिमी है और वर्नियर पैमाने के 50 भाग मुख्य पैमाने के 49 भागों के बराबर हैं। यदि मुख्य स्केल पाठ्यांक 24 मिमी है और वर्नियर का 18वाँ भाग मुख्य स्केल की रेखा से पूर्णतः मिलता है, तो जॉब का व्यास क्या होगा?

• **हल:** अल्पतमांक (LC) = 1 - (49 / 50) = (1 / 50) मिमी = 0.02 मिमी। कुल व्यास = MSR + (VSD × LC) = 24 + (18 × 0.02) = 24 + 0.36 = 24.36 मिमी।

मॉड्यूल 04: द्रव्यमान, भार एवं घनत्व (गुरुत्वीय त्वरण, उत्प्लावकता, आर्किमिडीज सिद्धांत व आपेक्षिक घनत्व)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 04: द्रव्यमान, भार एवं घनत्व (गुरुत्वीय त्वरण, उत्प्लावकता, आर्किमिडीज सिद्धांत व आपेक्षिक घनत्व)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	**महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)**	**'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स**	**'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स**

4.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

रेलवे के वैगन लोडिंग, एक्सल लोड गणना, बैटरी इलेक्ट्रोलाइट परीक्षण और हाइड्रोलिक ब्रेकिंग प्रणाली में द्रव्यमान, भार और घनत्व के नियमों का सीधा उपयोग होता है (NCERT विज्ञान पाठ्यपुस्तक)।

• **द्रव्यमान (Mass - m) बनाम भार (Weight - W):** किसी वस्तु में उपस्थित पदार्थ की कुल मात्रा को उसका **द्रव्यमान** कहते हैं। यह एक अदिश राशि (Scalar Quantity) है, इसका SI मात्रक किलोग्राम (kg) है और इसे साधारण दंड तुला (Beam Balance) से मापा जाता है। ब्रह्मांड में किसी भी स्थान (पृथ्वी, चंद्रमा या अंतरिक्ष) पर द्रव्यमान कभी नहीं बदलता। इसके विपरीत, पृथ्वी जिस गुरुत्वाकर्षण बल से वस्तु को अपने केंद्र की ओर खींचती है, उसे **भार (W = m · g)** कहते हैं। यह एक सदिश राशि (Vector Quantity) है, इसका SI मात्रक न्यूटन (N) है और इसे कमानीदार तुला (Spring Balance) से मापा जाता है।

• **गुरुत्वीय त्वरण (g) में परिवर्तन:** पृथ्वी पूर्ण गोला न होकर ध्रुवों (Poles) पर चपटी और विषुवत रेखा (Equator) पर उभरी हुई है (विषुवतीय त्रिज्या ध्रुवीय त्रिज्या से लगभग 21 किमी अधिक है)। चूँकि g = (GM / R^2), इसलिए **ध्रुवों पर g (तथा वस्तु का भार) अधिकतम** और **विषुवत रेखा पर न्यूनतम** होता है। पृथ्वी के केंद्र पर, कृत्रिम उपग्रह के भीतर और मुक्त पतन (Free Fall) में g = 0 होने से वस्तु का भार शून्य हो जाता है।

• **घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व (Relative Density / Specific Gravity):** प्रति एकांक आयतन के द्रव्यमान को घनत्व (ρ = m/V, मात्रक kg/m^3) कहते हैं। किसी पदार्थ के घनत्व और 4^°C पर शुद्ध जल के घनत्व (1000 kg/m^3 या 1 g/cm^3) के अनुपात को **आपेक्षिक घनत्व (RD)** कहते हैं।

• **आर्किमिडीज का सिद्धांत:** जब किसी वस्तु को किसी द्रव में पूर्ण या आंशिक रूप से डुबोया जाता है, तो उसके भार में आभासी कमी आती है, जो वस्तु द्वारा हटाए गए द्रव के भार (उत्प्लावन बल) के बराबर होती है।

4.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

द्रव्यमान-भार विभेदन से लेकर उत्प्लावकता एवं प्लवन संतुलन तक की 4-नोड तकनीकी शृंखला:

[नोड 1: द्रव्यमान बनाम भार विभेदन] ⟶ [नोड 2: गुरुत्वीय त्वरण (g) प्रोफाइल] ⟶ [नोड 3: घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व] ⟶ [नोड 4: आर्किमिडीज व प्लवन नियम]
| | | |
• द्रव्यमान (m): अदिश, kg, नियत • ध्रुवों पर: अधिकतम (9.83 m/s^2) • जल का अधिकतम घनत्व: 4°C पर • आभासी भार = W_वायु - उत्प्लावन बल (F_b)
• भार (W = mg): सदिश, न्यूटन, परिवर्ती • विषुवत रेखा पर: न्यूनतम (9.78 m/s^2) • RD = W_वायु / (W_वायु - W_जल) • F_b = V_डूबा × ρ_द्रव × g
• चंद्रमा पर भार: पृथ्वी के भार का 1/6 • गहराई d पर: g' = g(1 - d/R) • हाइड्रोमीटर: बैटरी इलेक्ट्रोलाइट जाँच • तैरती वस्तु का आभासी भार = शून्य (0)

• **नोड 1 विश्लेषण:** यदि किसी वस्तु का द्रव्यमान पृथ्वी पर 60 kg है, तो चंद्रमा पर भी उसका **द्रव्यमान 60 kg ही रहेगा**, किंतु चंद्रमा पर उसका भार पृथ्वी के भार (60 × 9.8 = 588 N) का (1 / 6) अर्थात 98 N रह जाएगा।

• **नोड 2 विश्लेषण:** पृथ्वी की सतह से ऊँचाई h ऊपर जाने पर g' = g(1 - (2h / R)) (जब h \ll R) और गहराई d नीचे जाने पर g' = g(1 - (d / R)) के अनुसार g का मान घटता है।

• **नोड 3 विश्लेषण:** रेलवे कोच की लेड-एसिड बैटरी की चार्जिंग अवस्था जाँचने के लिए **हाइड्रोमीटर (Hydrometer)** का प्रयोग होता है, जो आर्किमिडीज के प्लवन सिद्धांत पर कार्य करता है।

• **नोड 4 विश्लेषण:** यदि कोई वस्तु किसी द्रव में तैर रही है, तो उसके डूबे हुए भाग का अंश \frac{V_{डूबा}}{V_{कुल}} = \frac{ρ_{वस्तु}}{ρ_{द्रव}} होता है। इसी कारण बर्फ (ρ = 900 kg/m^3) का (9 / 10) भाग (अर्थात 90\%) शुद्ध जल के नीचे और (1 / 10) भाग (10\%) ऊपर रहता है।

4.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (द्रव्यमान, भार, लिफ्ट गति एवं आपेक्षिक घनत्व सूत्र):
1. **भार एवं गुरुत्वीय बल:** W = m · g तथा g = (G · M_e / R_e^2) = (4 / 3)π G R_e ρ_e (1 kgf = 9.8 N)
2. **लिफ्ट में आभासी भार (R):**
• जब लिफ्ट a त्वरण से **ऊपर** जाए: R = m(g + a) (भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है)
• जब लिफ्ट a त्वरण से **नीचे** आए: R = m(g - a) (भार घटा हुआ प्रतीत होता है)
• जब लिफ्ट एकसमान वेग (a = 0) से चले: R = mg (भार में कोई परिवर्तन नहीं)
• जब लिफ्ट की डोरी टूट जाए (a = g): R = 0 (पूर्ण भारहीनता की स्थिति)
3. **ठोस का आपेक्षिक घनत्व (RD):** RD_{ठोस} = (वायु में भार (W_1) / जल में भार की कमी (W_1 - W_2))
4. **द्रव का आपेक्षिक घनत्व:** $RD_{द्रव} = \frac{द्रव में भार की कमी (W_1 - W_{द्रव})}{जल में भार की कमी (W_1 - W_{जल})}$
5. **दो द्रवों के मिश्रण का घनत्व:**
• **समान आयतन (V_1 = V_2) मिलाने पर:** ρ_{मिश्रण} = (ρ_1 + ρ_2 / 2) (समांतर माध्य)
• **समान द्रव्यमान (m_1 = m_2) मिलाने पर:** ρ_{मिश्रण} = (2ρ_1 ρ_2 / ρ_1 + ρ_2) (हरात्मक माध्य)

क्र.सं.	पदार्थ / भौतिक स्थिति	घनत्व (kg/m^3) / मानक मान	आपेक्षिक घनत्व (RD) / विशेष गुण	रेलवे व अभियांत्रिकी महत्व	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	शुद्ध जल (4^°C पर)	1000 kg/m^3 (1.0 g/cm^3)	RD = 1.00 (आधार मानक)	4^°C पर आयतन न्यूनतम व घनत्व अधिकतम	NCERT विज्ञान
02	बर्फ (Ice at 0^°C)	900 kg/m^3 (0.9 g/cm^3)	RD = 0.90	जल में तैरते समय 90\% भाग डूबा व 10\% बाहर	NCERT विज्ञान
03	पारा (Mercury - Hg)	13,600 kg/m^3 (13.6 g/cm^3)	RD = 13.6	बैरोमीटर में 760 मिमी स्तंभ = 1 atm दाब	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	पदार्थ / भौतिक स्थिति	घनत्व (kg/m^3) / मानक मान	आपेक्षिक घनत्व (RD) / विशेष गुण	रेलवे व अभियांत्रिकी महत्व	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
04	मृदु इस्पात (Mild Steel)	7850 kg/m^3 (7.85 g/cm^3)	RD = 7.85	रेलवे रेल पटरी, कोच चेसिस एवं बोगी निर्माण	BIS मानक पोर्टल
05	एल्युमीनियम (Aluminium)	2700 kg/m^3 (2.70 g/cm^3)	RD = 2.70	हल्के आधुनिक ट्रेनसेट एवं ओवरहेड कंडक्टर	BIS मानक पोर्टल
06	ताँबा (Copper)	8900 kg/m^3 (8.90 g/cm^3)	RD = 8.90	ट्रैक्शन मोटर वाइंडिंग एवं ओएचई (OHE) संपर्क तार	DGT इलेक्ट्रीशियन
07	सीसा (Lead - Pb)	11,340 kg/m^3 (11.34 g/cm^3)	RD = 11.34	लेड-एसिड बैटरी प्लेट्स एवं विकिरण परिरक्षण	DGT इलेक्ट्रीशियन
08	पूर्ण चार्ज लेड-एसिड बैटरी अम्ल	1250 - 1280 kg/m^3	RD = 1.25 से 1.28	हाइड्रोमीटर द्वारा बैटरी स्वास्थ्य परीक्षण	DGT इलेक्ट्रीशियन
09	डिस्चार्ज लेड-एसिड बैटरी अम्ल	1150 - 1180 kg/m^3	RD = 1.15 से 1.18	पुनः आवेशन (Recharging) की आवश्यकता का संकेत	DGT इलेक्ट्रीशियन
10	सोना (Gold) व प्लैटिनम	सोना: 19,300; प्लैटिनम: 21,450 kg/m^3	RD = 19.3 एवं 21.45	सबसे अधिक घनत्व वाला प्राकृतिक तत्व: ऑस्मियम (22,590)	NCERT रसायन विज्ञान
11	वायुमंडलीय मानक दाब (1 atm)	1.013 × 10^5 पास्कल	10.33 मीटर जल स्तंभ के तुल्य	वैक्यूम और एयर ब्रेक प्रणाली में संदर्भ दाब	NCERT विज्ञान
12	लैक्टोमीटर एवं हाइड्रोमीटर	प्लवन सिद्धांत पर आधारित	द्रव जितना सघन, डूबना उतना कम	क्रमशः दूध की शुद्धता एवं द्रव का आपेक्षिक घनत्व	NCERT विज्ञान

4.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. यदि एक बीकर में पानी लबालब भरा है और उसमें बर्फ का एक टुकड़ा तैर रहा है, तो **बर्फ के पूरी तरह पिघल जाने पर भी बीकर में पानी का स्तर (Level) बिल्कुल नहीं बदलता** (न बढ़ता है, न घटता है), क्योंकि तैरती हुई बर्फ पहले ही अपने भार के बराबर आयतन का पानी विस्थापित कर चुकी होती है!
2. परंतु यदि उस बर्फ के टुकड़े के भीतर लोहे की कील या सिक्का फँसा हो, तो बर्फ पिघलने पर कील डूब जाएगी और पानी का स्तर **गिर जाएगा (कम हो जाएगा)**!
3. जब कोई जहाज नदी (मीठे जल) से समुद्र (खारे जल) में प्रवेश करता है, तो समुद्री जल का घनत्व अधिक होने के कारण उत्प्लावन बल बढ़ जाता है और जहाज थोड़ा **ऊपर उठ जाता है**।

4.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

- **जाल 1 (आपेक्षिक घनत्व का मात्रक):** परीक्षा में अक्सर आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) और घनत्व (Density) के विकल्प एक साथ दिए जाते हैं। यदि किसी धातु का आपेक्षिक घनत्व 7.8 दिया है, तो **CGS में उसका घनत्व 7.8 g/cm^3** होगा, किंतु **SI में उसका घनत्व 7800 kg/m^3** होगा (1000 से गुणा करना न भूलें) और आपेक्षिक घनत्व स्वयं **मात्रकहीन** रहेगा!
- **जाल 2 (0^°C से 10^°C तक जल को गर्म करना):** सामान्य द्रव गर्म करने पर फैलते हैं, किंतु जल को 0^°C से 4^°C तक गर्म करने पर उसका **आयतन घटता है और घनत्व बढ़ता है**; 4^°C के बाद आगे गर्म करने पर आयतन बढ़ने लगता है और घनत्व घटता है।
- **जाल 3 (चंद्रमा पर द्रव्यमान का प्रश्न):** प्रश्न ध्यान से पढ़ें—यदि पूछा जाए कि "60 kg द्रव्यमान वाले व्यक्ति का चंद्रमा पर द्रव्यमान क्या होगा?", तो उत्तर 10 kg नहीं बल्कि **60 kg** ही होगा! केवल भार (1 / 6) होता है।

4.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ **IUC स्मृति ट्रिक:**

• **ट्रिक 1 ('हवा बटा कमी' से 3 सेकंड में आपेक्षिक घनत्व):** किसी भी ठोस का आपेक्षिक घनत्व निकालते समय बस **RD = (हवा में भार / हवा और पानी के भार का अंतर)** करें!

• **ट्रिक 2 (धातु में मिलावट या खोखलापन पकड़ने का सूत्र):** वस्तु का वास्तविक आयतन $V_{बाहरी} = \frac{W_{हवा} - W_{जल}}{\rho_{जल}}$ से निकालें और धातु का वास्तविक आयतन $V_{धातु} = \frac{W_{हवा}}{\rho_{धातु}}$ से निकालें। दोनों का अंतर सीधे **खोखले भाग (Cavity) का आयतन** दे देगा!

4.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #4 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 4: एक धातु के टुकड़े का वायु में भार 210 ग्राम-भार, जल में पूर्णतः डूबने पर भार 180 ग्राम-भार तथा एक अज्ञात तेल में डूबने पर भार 186 ग्राम-भार है। धातु तथा अज्ञात तेल का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

• **हल:** जल में भार की कमी = 210 - 180 = 30 ग्राम-भार। तेल में भार की कमी = 210 - 186 = 24 ग्राम-भार।

• धातु का आपेक्षिक घनत्व = (210 / 30) = 7.0।

• तेल का आपेक्षिक घनत्व = (24 / 30) = 0.8।

मॉड्यूल 05: चाल, वेग, त्वरण एवं प्रक्षेप्य गति (गति के समीकरण, ग्राफ विश्लेषण व वृत्तीय गति)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 05: चाल, वेग, त्वरण एवं प्रक्षेप्य गति (गति के समीकरण, ग्राफ विश्लेषण व वृत्तीय गति)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	**महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)**	**'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स**	**'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स**

5.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

एक सहायक लोको पायलट (ALP) के लिए ट्रेन की ब्रेकिंग दूरी (Braking Distance), सिग्नल से पहले अवरोधन (Stopping Distance), गति प्रतिबंध (Speed Restrictions) और मोड़ पर पटरियों के झुकाव (Super-elevation / Banking of Tracks) को समझने के लिए शुद्धगतिकी (Kinematics) के सिद्धांत आधारशिला हैं (NCERT विज्ञान पाठ्यपुस्तक)।

• **दूरी एवं चाल बनाम विस्थापन एवं वेग:** तय किए गए वास्तविक पथ की कुल लंबाई को **दूरी (Distance)** कहते हैं (अदिश राशि, सदैव धनात्मक), जबकि प्रारंभिक और अंतिम बिंदु के बीच की न्यूनतम सीधी दूरी को **विस्थापन (Displacement)** कहते हैं (सदिश राशि, यह धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकती है)। इसी प्रकार एकांक समय में तय दूरी को **चाल (Speed)** और एकांक समय में हुए विस्थापन को **वेग (Velocity)** कहते हैं। सदैव दूरी ≥ |विस्थापन| और औसत चाल ≥ |औसत वेग| होता है।

• **त्वरण (Acceleration - a) एवं मंदन (Retardation):** वेग परिवर्तन की समय दर को त्वरण ($a = (v - u / t)$, मात्रक m/s^2) कहते हैं। जब ट्रेन में ब्रेक लगाए जाते हैं और वेग घटता है, तो त्वरण ऋणात्मक होता है जिसे **मंदन (Retardation / Deceleration)** कहते हैं।

• **समान त्वरण के अधीन गति के समीकरण:** गैलीलियो और न्यूटन के समीकरण ($v = u + at$, $s = ut + (1 / 2)at^2$, $v^2 = u^2 + 2as$) केवल तभी लागू होते हैं जब **त्वरण एकसमान (Constant Acceleration)** हो।

• **वृत्तीय गति एवं रेल पटरियों की बैंकिंग:** जब कोई ट्रेन r त्रिज्या के वक्राकार ट्रैक पर v वेग से मुड़ती है, तो उसे आवश्यक अभिकेंद्र बल ($F_c = (mv^2 / r)$) प्रदान करने और पहियों के फ्लैंज को घिसने से बचाने के लिए बाहरी पटरी को भीतरी पटरी की अपेक्षा थोड़ा ऊँचा उठाया जाता है, जिसे **सुपर-एलिवेशन (Cant)** कहते हैं।

5.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

रेखीय गति से लेकर ग्राफ विश्लेषण, प्रक्षेप्य गति एवं रेलवे ट्रैक बैंकिंग तक की 4-नोड कार्यप्रणाली:

[नोड 1: गति के प्राचल एवं रूपांतरण] ⟶ [नोड 2: गैलीलियो के 4 गति समीकरण] ⟶ [नोड 3: दूरी-समय व वेग-समय ग्राफ] ⟶ [नोड 4: प्रक्षेप्य एवं वृत्तीय गति]
| | | |
• km/h से m/s: × (5/18) से गुणा • प्रथम: v = u + at (वेग-समय) • s-t ग्राफ की ढाल (Slope) = वेग (v) • अधिकतम परास (R_max): θ = 45° पर (u^2/g)
• m/s से km/h: × (18/5) से गुणा • द्वितीय: s = ut + ½at² (स्थिति-समय) • v-t ग्राफ की ढाल (Slope) = त्वरण (a) • समान परास कोण: θ तथा (90° - θ)
• औसत चाल (समान दूरी): $2v_1v_2/(v_1+v_2)$ • तृतीय: $v^2 = u^2 + 2as$ (वेग-स्थिति) • v-t ग्राफ का क्षेत्रफल = विस्थापन (s) • अभिकेंद्र बल: $F = mv^2/r = m\omega^2r$

• **नोड 1 विश्लेषण:** रेलवे परिचालन में ट्रेन की गति km/h में दी जाती है, जिसे SI गणनाओं से पहले (5 / 18) से गुणा करके m/s में बदलना अनिवार्य है (जैसे 72 km/h = 72 × (5 / 18) = 20 m/s तथा 108 km/h = 30 m/s)।

• **नोड 2 विश्लेषण:** किसी गतिमान वस्तु द्वारा विशेष **n-वें सेकंड** (केवल उस एक सेकंड के दौरान) में तय की गई दूरी का सूत्र S_n = u + (a / 2)(2n - 1) होता है।

• **नोड 3 विश्लेषण:** वेग-समय (v-t) ग्राफ में समय अक्ष के समांतर सीधी रेखा **एकसमान वेग (शून्य त्वरण)** को दर्शाती है, जबकि ऊपर जाती सीधी तिरछी रेखा **एकसमान धनात्मक त्वरण** को दर्शाती है।

• **नोड 4 विश्लेषण:** प्रक्षेप्य गति (Projectile Motion) के उच्चतम बिंदु पर ऊर्ध्वाधर वेग शून्य ($v_y = 0$) हो जाता है, किंतु क्षैतिज वेग ($u\cos\theta$) और गुरुत्वीय त्वरण (g नीचे की ओर) पूरे पथ में नियत रहते हैं; उच्चतम बिंदु पर वेग और त्वरण के बीच का कोण **90^°** होता है।

5.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (शुद्धगतिकी, ट्रेन अवरोधन दूरी एवं प्रक्षेप्य गति सूत्र):
1. **गति के 4 मूल समीकरण:** (i) v = u + at | (ii) s = ut + (1 / 2)at^2 | (iii) v^2 = u^2 + 2as | (iv) S_n = u + (a / 2)(2n - 1)
2. **ब्रेक लगाने पर ट्रेन की अवरोधन दूरी (Stopping Distance):** जब v = 0, तब s = (u^2 / 2a) ⇒ s ∝ u^2 (यदि ट्रेन की गति दोगुनी कर दी जाए, तो रुकने की दूरी **4 गुनी** हो जाएगी!)
3. **मुक्त पतन (Free Fall, u = 0) में क्रमिक सेकंडों में तय दूरियों का अनुपात:** S_1 : S_2 : S_3 : S_4 = 1 : 3 : 5 : 7 (विषम संख्याओं का अनुपात — गैलीलियो का नियम)
4. **प्रक्षेप्य का उड्डयन काल (Time of Flight):** T = (2u\sinθ / g) | **अधिकतम ऊँचाई:** H = (u^2sin^2θ / 2g) | **क्षैतिज परास (Range):** R = (u^2sin 2θ / g)
5. **परास (R) और अधिकतम ऊँचाई (H) में सीधा संबंध:** R · \tanθ = 4H (यदि R = H हो, तो \tanθ = 4 ⇒ θ = tan^{-1}(4) ≈ 76^°, और 45^° पर R_{max} = 4H)
6. **रेलवे मोड़ पर पटरियों का झुकाव कोण (Banking Angle):** \tanθ = (v^2 / r · g) तथा बाहरी पटरी की उठान (Cant) h = G · (v^2 / r · g) (जहाँ G गेज चौड़ाई है)

क्र.सं.	गति की स्थिति / ग्राफ / प्राचल	गणितीय सूत्र / समीकरण	मुख्य शर्त / ढाल / क्षेत्रफल	रेलवे ALP परीक्षा अनुप्रयोग	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	समान दूरी के दो भाग अलग-अलग चाल से	$v_{औसत} = (2v_1 v_2 / v_1 + v_2)$	जब जाने और आने की दूरी समान हो	स्टेशन A से B जाने व लौटने की औसत चाल	NCERT विज्ञान
02	समान समय अंतराल में अलग-अलग चाल	$v_{औसत} = (v_1 + v_2 / 2)$	जब कुल समय के दो बराबर हिस्से हों	दो समान घंटों में अलग गति से चलना	NCERT विज्ञान
03	विस्थापन-समय (s-t) ग्राफ की ढाल	Slope = (Δ s / Δ t) = \tanθ = v	समय अक्ष के समांतर रेखा ⇒ वस्तु स्थिर (v=0)	ट्रेन की तात्क्षणिक वेग गणना	NCERT विज्ञान
04	वेग-समय (v-t) ग्राफ की ढाल	Slope = (Δ v / Δ t) = \tanθ = a	ऋणात्मक ढाल ⇒ मंदन (ब्रेक लगना)	लोकोमोटिव त्वरण एवं ब्रेकिंग दर	NCERT विज्ञान
05	वेग-समय (v-t) ग्राफ का क्षेत्रफल	Area = ∫ v \, dt = s	समय अक्ष के ऊपर धनात्मक, नीचे ऋणात्मक	कुल तय दूरी एवं विस्थापन निकालना	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	गति की स्थिति / ग्राफ / प्राचल	गणितीय सूत्र / समीकरण	मुख्य शर्त / ढाल / क्षेत्रफल	रेलवे ALP परीक्षा अनुप्रयोग	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
06	ऊर्ध्वाधर ऊपर फेंकी गई वस्तु (a = -g)	H_{max} = (u^2 / 2g), कुल समय T = (2u / g)	चढ़ने का समय = उतरने का समय = (u / g)	गुरुत्व के अधीन ऊर्ध्वाधर गति	NCERT विज्ञान
07	H ऊँचाई की मीनार से मुक्त पतन (u=0)	जमीन पर वेग v = √(2gH)	गिरने का समय t = √(\frac{2H}{g}) (द्रव्यमान से स्वतंत्र)	निर्वात में हल्की व भारी वस्तु साथ गिरती हैं	NCERT विज्ञान
08	प्रक्षेप्य के उच्चतम बिंदु पर गतिज ऊर्जा	K_{top} = K_0 cos^2θ	जहाँ K_0 = (1 / 2)mu^2 प्रारंभिक गतिज ऊर्जा है	θ = 60^° पर शीर्ष पर ऊर्जा (1 / 4) रह जाती है	NCERT विज्ञान
09	कोणीय वेग (ω) एवं रेखीय वेग (v)	v = r · ω तथा ω = (2π N / 60)	N = प्रति मिनट चक्कर (RPM)	लोकोमोटिव पहिए की परिधीय चाल	NCERT विज्ञान
10	अभिकेंद्र त्वरण (Centripetal Acc.)	a_c = (v^2 / r) = ω^2 r	दिशा सदैव वृत्त के केंद्र की ओर	एकसमान वृत्तीय गति में चाल नियत, वेग परिवर्ती	NCERT विज्ञान
11	घड़ी की सेकंड व मिनट सुई का कोणीय वेग	ω_{sec} = (π / 30) rad/s; ω_{min} = (π / 1800) rad/s	अनुपात ω_{sec} : ω_{min} = 60 : 1	घूर्णी गति के मानक प्रश्न	NCERT विज्ञान
12	भारतीय रेल ब्रॉड गेज (BG) मानक चौड़ाई	1676 मिमी (5 फीट 6 इंच)	मीटर गेज: 1000 मिमी, नैरो गेज: 762/610 मिमी	मोड़ पर सुपर-एलिवेशन (Cant) गणना हेतु	Indian Railways

5.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. एकसमान वृत्तीय गति (Uniform Circular Motion) एक **त्वरित गति (Accelerated Motion)** होती है! यद्यपि इसमें वस्तु की चाल (Speed) और गतिज ऊर्जा नियत रहती है, किंतु हर क्षण गति की दिशा (स्पर्शरेखीय) बदलने के कारण इसका **वेग (Velocity) लगातार बदलता रहता है** और अभिकेंद्र बल द्वारा किया गया कार्य सदैव **शून्य (W = F · s cos 90^° = 0)** होता है।

2. यदि किसी गेंद को क्षैतिज से 30^° पर फेंका जाए या 60^° पर (अर्थात कोणों का योग 90^° हो), तो दोनों ही स्थितियों में गेंद बिल्कुल **समान क्षैतिज दूरी (Same Range - R)** पर जाकर गिरेगी!

3. भारतीय रेलवे (**Indian Railways**) में ब्रॉड गेज (1676 मिमी) पर उच्च गति वाले मोड़ों पर अधिकतम स्वीकार्य सुपर-एलिवेशन (Cant) सामान्यतः 165 मिमी (और विशेष परिस्थितियों में 185 मिमी) रखा जाता है ताकि मालगाड़ी और राजधानी/वंदे भारत दोनों सुरक्षित रूप से गुजर सकें।

5.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 ("3 सेकंड में" बनाम "3वें सेकंड में"):** यदि प्रश्न में **"प्रारंभ से 3 सेकंड में तय दूरी"** पूछा जाए तो s = ut + (1 / 2)at^2 लगाएँ, परंतु यदि **"3वें सेकंड (3rd second) में तय दूरी"** पूछा जाए तो S_n = u + (a / 2)(2n - 1) लगाएँ!

• **जाल 2 (औसत चाल में सीधा औसत निकालना):** यदि कोई ट्रेन 40 km/h से जाती है और 60 km/h से वापस आती है, तो उसकी औसत चाल (40+60 / 2) = 50 km/h **बिल्कुल नहीं होगी**! सही उत्तर (2 × 40 × 60 / 40 + 60) = 48 km/h होगा, और वापस उसी स्टेशन पर आने के कारण **औसत वेग शून्य (0)** होगा!

• **जाल 3 (विराम से शुरू या रुकने का संकेत):** जब प्रश्न में "विरामावस्था से चलना प्रारंभ करती है" लिखा हो तो तुरंत u = 0 रखें, और जब "ब्रेक लगाने पर रुक जाती है" या "अधिकतम ऊँचाई पर पहुँचती है" लिखा हो तो तुरंत v = 0 रखें।

5.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ **IUC स्मृति ट्रिक:**
• **ट्रिक 1 (मुफ्त पतन के लिए 5-15-25-35 मीटर नियम):** यदि g = 10 m/s^2 लें, तो विरामावस्था से गिरती हुई वस्तु:
• **1ले सेकंड में:** 5 मी गिरती है (कुल = 5 मी)
• **2रे सेकंड में:** 15 मी गिरती है (कुल = 20 मी)
• **3रे सेकंड में:** 25 मी गिरती है (कुल = 45 मी)
• **4थे सेकंड में:** 35 मी गिरती है (कुल = 80 मी) — बिना कोई सूत्र लिखे सीधे उत्तर टिक करें!
• **ट्रिक 2 (बुलेट और लकड़ी के ब्लॉक का प्रश्न):** यदि कोई गोली किसी ब्लॉक में घुसने पर अपनी गति का (1 / n) भाग खो देती है, तो रुकने से पहले वह कुल कितने तख्ते पार करेगी? सीधा सूत्र: **कुल तख्ते = (n^2 / 2n - 1)**!

5.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #5 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 5: एक लोकोमोटिव 72 km/h की चाल से चल रहा है। लाल सिग्नल देखकर लोको पायलट इमरजेंसी ब्रेक लगाता है जिससे 2 m/s^2 का एकसमान मंदन उत्पन्न होता है। ट्रेन रुकने से पहले कितनी दूरी तय करेगी और कितने समय में रुकेगी?

• **हल:** प्रारंभिक वेग u = 72 × (5 / 18) = 20 m/s, अंतिम वेग v = 0, मंदन a = -2 m/s^2।
• रुकने का समय t = (u / |a|) = (20 / 2) = 10 सेकंड।
• अवरोधन दूरी s = (u^2 / 2|a|) = (20^2 / 2 × 2) = (400 / 4) = 100 मीटर।

मॉड्यूल 06: कार्य, शक्ति एवं ऊर्जा (गतिज व स्थितिज ऊर्जा, यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण एवं पंप/इंजन दक्षता)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 06: कार्य, शक्ति एवं ऊर्जा (गतिज व स्थितिज ऊर्जा, यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण एवं पंप/इंजन दक्षता)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

6.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन परीक्षा के बेसिक साइंस खंड में सर्वाधिक न्यूमेरिकल प्रश्न **कार्य, शक्ति और ऊर्जा (Work, Power and Energy)** से पूछे जाते हैं (NCERT विज्ञान पाठ्यपुस्तक)।

• **वैज्ञानिक कार्य (Work - W):** भौतिकी में कार्य तभी संपन्न माना जाता है जब किसी वस्तु पर बल (F) लगाया जाए और वस्तु में बल की दिशा में कुछ विस्थापन (s) हो। गणितीय रूप में, कार्य बल और विस्थापन का अदिश गुणनफल (Dot Product) होता है: W = F · s = F · s \cosθ। यह एक अदिश राशि है और इसका SI मात्रक **जूल (J = N·m)** है।

• **धनात्मक कार्य (0^° ≤ θ < 90^°):** जब बल और विस्थापन एक ही दिशा में हों (जैसे इंजन द्वारा ट्रेन को खींचना या गिरती हुई वस्तु पर गुरुत्व बल का कार्य)।

• **शून्य कार्य (θ = 90^° या s = 0):** जब बल विस्थापन के लंबवत हो (जैसे सिर पर बोझ लेकर समतल प्लेटफॉर्म पर चलते कुली द्वारा गुरुत्व बल के विरुद्ध किया गया कार्य, या वृत्तीय पथ पर अभिकेंद्र बल का कार्य)।

• **ऋणात्मक कार्य (90^° < θ ≤ 180^°):** जब बल और विस्थापन विपरीत दिशा में हों (जैसे चलती ट्रेन पर घर्षण बल एवं ब्रेक बल द्वारा किया गया कार्य)।

• **ऊर्जा (Energy):** कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। यांत्रिक ऊर्जा दो प्रकार की होती है: **गतिज ऊर्जा (K = (1 / 2)mv^2 = (p^2 / 2m))** और **स्थितिज ऊर्जा (U = mgh या स्प्रिंग में U = (1 / 2)kx^2)**।

• **कार्य-ऊर्जा प्रमेय (Work-Energy Theorem):** किसी वस्तु पर कार्यरत सभी बलों द्वारा किया गया कुल कार्य उसकी गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है: W = Δ K = (1 / 2)mv^2 - (1 / 2)mu^2।

• **शक्ति (Power - P):** कार्य करने की समय दर को शक्ति (P = (W / t) = F · v) कहते हैं। इसका SI मात्रक **वाट (W = J/s)** है।

6.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

बल-विस्थापन से लेकर गतिज-स्थितिज ऊर्जा संरक्षण एवं इंजन/मोटर शक्ति-दक्षता गणना तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: कार्य विश्लेषण (W = Fs cosθ)] ⟶ [नोड 2: गतिज एवं स्थितिज ऊर्जा] ⟶ [नोड 3: ऊर्जा संरक्षण एवं संवेग संबंध] ⟶ [नोड 4: शक्ति, अश्वशक्ति व पंप दक्षता]
| | | |
• θ = 0°: अधिकतम धनात्मक कार्य (+Fs) • गतिज ऊर्जा: K = ½mv² (सदैव धनात्मक) • संवेग संबंध: K = p² / 2m (p = √(2mK)) • शक्ति: P = W/t = mgh/t = F·v
• θ = 90°: शून्य कार्य (W = 0, कुली/वृत्त) • गुरुत्वीय स्थितिज: U = mgh • मुक्त पतन में: K + U = नियत (mgh) • 1 ब्रिटिश HP = 746 W; 1 मीट्रिक HP = 735.5 W
• θ = 180°: ऋणात्मक कार्य (-Fs, घर्षण) • स्प्रिंग स्थितिज: U = ½kx² = F²/2k • कार्य-ऊर्जा प्रमेय: W = ½m(v² - u²) • विद्युत खपत: 1 kWh (1 यूनिट) = 3.6 × 10⁶ J

• **नोड 1 विश्लेषण:** यदि बल-विस्थापन (F-x) ग्राफ दिया गया हो, तो ग्राफ और विस्थापन अक्ष के बीच घिरा कुल क्षेत्रफल (Area under F-x curve) सीधे किए गए कार्य (W) का मान देता है।

• **नोड 2 विश्लेषण:** किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा कभी भी ऋणात्मक नहीं हो सकती क्योंकि द्रव्यमान (m) सदैव धनात्मक है और वेग का वर्ग (v^2) भी सदैव धनात्मक होता है, जबकि स्थितिज ऊर्जा संदर्भ तल (Reference Level) के चुनाव के अनुसार धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकती है।

• **नोड 3 विश्लेषण:** यदि एक हल्की वस्तु (द्रव्यमान m_1) और एक भारी वस्तु (द्रव्यमान m_2, जहाँ m_2 > m_1) का **संवेग (p) समान** हो, तो K = (p^2 / 2m) के अनुसार **हल्की वस्तु की गतिज ऊर्जा अधिक** होगी! इसके विपरीत यदि दोनों की **गतिज ऊर्जा (K) समान** हो, तो p = √(2mK) के अनुसार **भारी वस्तु का संवेग अधिक** होगा!

• **नोड 4 विश्लेषण:** भारतीय रेलवे के आधुनिक इलेक्ट्रिक लोकोमोटिव जैसे **WAP-7** और **WAG-9** की शक्ति 6000 HP (4500 kW) तथा **WAG-12B** ट्विन-सेक्शन मालवाहक लोकोमोटिव की शक्ति 12,000 HP (9000 kW) होती है (**Indian Railways**)।

6.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (कार्य, ऊर्जा, संवेग एवं शक्ति गणना सूत्र):
1. **कार्य सूत्र:** W = F · s \cosθ | **सीढ़ियाँ चढ़ने या भार उठाने में कार्य:** W = m · g · h (जहाँ h = n × एक सीढ़ी की ऊँचाई)
2. **गतिज ऊर्जा एवं रेखीय संवेग संबंध:** K = (1 / 2)mv^2 = (p^2 / 2m) तथा p = √(2mK)
3. **संवेग में x\% वृद्धि होने पर गतिज ऊर्जा में प्रतिशत वृद्धि:** \% Δ K = (2x + (x^2 / 100))\%
4. **गतिज ऊर्जा में y\% वृद्धि होने पर संवेग में प्रतिशत वृद्धि:** \% Δ p = (√(1 + \frac{y}{100}} - 1) × 100\%
5. **मोटर पंप की आउटपुट शक्ति (जल उत्थापन):** P_{out} = (m · g · h / t) तथा मोटर की दक्षता η = \frac{P_{out}}{P_{in}} × 100\%
6. **व्यावसायिक विद्युत ऊर्जा (यूनिट / B.O.T.):** कुल यूनिट (kWh) = (वाट (W) × घंटे (Hours) × दिन (Days) / 1000)

क्र.सं.	भौतिक राशि / ऊर्जा रूपांतरण उपकरण	मानक सूत्र / तुल्य मान	रूपांतरण / अनुप्रयोग विवरण	संख्यात्मक मानक / संबंध	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	1 जूल (Joule) बनाम अर्ग (Erg)	1 J = 1 N × 1 m	SI से CGS कार्य मात्रक संबंध	1 J = 10^7 Erg	NCERT विज्ञान
02	1 इलेक्ट्रॉन-वोल्ट (eV)	1 eV = 1.6 × 10^{-19} C × 1 V	परमाणु व नाभिकीय ऊर्जा मात्रक	1 eV = 1.6 × 10^{-19} J	NCERT विज्ञान
03	1 किलोवाट-घंटा (1 kWh / 1 यूनिट)	1000 W × 3600 s	घरेलू व औद्योगिक बिजली बिल मात्रक	3.6 × 10^6 J (3.6 MJ)	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	भौतिक राशि / ऊर्जा रूपांतरण उपकरण	मानक सूत्र / तुल्य मान	रूपांतरण / अनुप्रयोग विवरण	संख्यात्मक मानक / संबंध	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
04	ब्रिटिश अश्वशक्ति (British HP)	1 HP (British) = 746 W	मोटर व लोकोमोटिव शक्ति रेटिंग	0.746 kW	DGT इलेक्ट्रीशियन
05	मीट्रिक अश्वशक्ति (Metric HP)	1 HP (Metric) = 735.5 W	महाद्वीपीय यूरोपीय व मीट्रिक मानक	75 kgf·m/s = 735.5 W	DGT इलेक्ट्रीशियन
06	1 कैलोरी (Calorie) ऊष्मा तुल्यांक	1 cal = 4.186 J (≈ 4.2 J)	जूल का यांत्रिक ऊष्मा तुल्यांक	1 kcal = 4186 J	NCERT विज्ञान
07	ट्रैक्शन अल्टरनेटर / डायनेमो	यांत्रिक ऊर्जा → विद्युत ऊर्जा	फ्लेमिंग के दाएँ हाथ के नियम पर आधारित	डीजल-इलेक्ट्रिक लोको (WDG-4G)	DGT इलेक्ट्रीशियन
08	ट्रैक्शन मोटर (3-Phase Induction)	विद्युत ऊर्जा → यांत्रिक ऊर्जा	फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम पर आधारित	लोकोमोटिव पहियों को घुमाने हेतु	DGT इलेक्ट्रीशियन
09	रीजेनरेटिव ब्रेकिंग (Regenerative)	गतिज ऊर्जा → विद्युत ऊर्जा	ढलान व ब्रेकिंग में मोटर जनरेटर बन जाती है	वंदे भारत व WAP-7 में 15-20\% ऊर्जा बचत	Indian Railways
10	माइक्रोफोन बनाम लाउडस्पीकर	माइक: ध्वनि → विद्युत	स्पीकर: विद्युत → ध्वनि ऊर्जा	रेलवे उद्घोषणा (PA) प्रणाली	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
11	सौर सेल (Photovoltaic Cell)	प्रकाश/सौर ऊर्जा → विद्युत ऊर्जा	सिलिकॉन अर्धचालक पी-एन संधि	रेलवे स्टेशन रूफटॉप सोलर प्लांट	NCERT विज्ञान
12	लेड-एसिड बैटरी (चार्जिंग व डिस्चार्जिंग)	चार्जिंग: विद्युत → रासायनिक	डिस्चार्जिंग: रासायनिक → विद्युत	कोच लाइटिंग एवं आपातकालीन बैकअप	DGT इलेक्ट्रीशियन

6.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. भारतीय रेलवे (Indian Railways) के 3-फेज इलेक्ट्रिक लोकोमोटिव (WAP-5, WAP-7, WAG-9) और वंदे भारत एक्सप्रेस में **रीजेनरेटिव ब्रेकिंग (Regenerative Braking)** तकनीक का प्रयोग होता है। जब लोको पायलट ब्रेक लगाता है, तो 3-फेज इंडक्शन ट्रैक्शन मोटरें तुरंत **जनरेटर (Alternator)** की तरह कार्य करने लगती हैं और ट्रेन की विशाल गतिज ऊर्जा को वापस 25 kV ओवरहेड तार (OHE) में विद्युत ऊर्जा के रूप में भेज देती हैं!

2. यदि दो स्प्रिंगों (बल नियतांक k_1 और k_2, जहाँ k_1 > k_2) को **समान दूरी (x) तक खींचा जाए**, तो कठोर स्प्रिंग (k_1) में अधिक कार्य (W = (1 / 2)kx^2 ∝ k) करना पड़ेगा; किंतु यदि दोनों स्प्रिंगों को **समान बल (F) से खींचा जाए**, तो नरम स्प्रिंग (k_2) में अधिक कार्य (W = (F^2 / 2k) ∝ (1 / k)) करना पड़ेगा!

6.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (किलोवाट बनाम किलोवाट-घंटा):** छात्र अक्सर 'वाट' शब्द देखकर किलोवाट-घंटा (kWh) को शक्ति (Power) का मात्रक टिक कर देते हैं! सतर्क रहें: **किलोवाट (kW) शक्ति का मात्रक है**, जबकि **किलोवाट-घंटा (kWh = 3.6 × 10^6 जूल) ऊर्जा / कार्य का मात्रक है**!

• **जाल 2 (कुली द्वारा किया गया कार्य):** यदि प्रश्न पूछे कि "सिर पर 20 kg का सूटकेस रखकर क्षैतिज प्लेटफॉर्म पर 50 m चलने वाले कुली द्वारा **गुरुत्व बल के विरुद्ध** किया गया कार्य कितना है?", तो उत्तर **शून्य (0 J)** होगा (θ = 90^°); किंतु यदि कुली **सीढ़ियों से 5 m ऊपर चढ़ता है**, तब कार्य शून्य नहीं बल्कि W = mgh = 20 × 9.8 × 5 = 980 जूल होगा!

• **जाल 3 (कार्य समय पर निर्भर नहीं करता):** किसी भार को 10 m ऊँचाई तक चाहे 5 सेकंड में उठाया जाए या 5 घंटे में—दोनों स्थितियों में **किया गया कार्य (W = mgh) समान रहेगा**, केवल **शक्ति (P = W/t)** पहली स्थिति में अधिक होगी।

6.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:
• ट्रिक 1 (संवेग-गतिज ऊर्जा की गोल्डेन तालिका — बिना पेन उठाए हल करें):
• संवेग में **+10\%** वृद्धि → गतिज ऊर्जा में **+21\%** वृद्धि (10+10+1)
• संवेग में **+20\%** वृद्धि → गतिज ऊर्जा में **+44\%** वृद्धि (20+20+4)
• संवेग में **+50\%** वृद्धि → गतिज ऊर्जा में **+125\%** वृद्धि (50+50+25)
• संवेग में **+100\% (दोगुना)** → गतिज ऊर्जा में **+300\% वृद्धि (अर्थात 4 गुनी)**!
• संवेग में **-20\%** कमी → गतिज ऊर्जा में **-36\%** कमी (-20-20+4 = -36\%)

6.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #6 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 6: एक 2 kW रेटिंग का विद्युत जल पंप जिसकी दक्षता 80\% है, 10 मीटर गहरे कुएँ से प्रति मिनट कितने लीटर पानी ऊपर चढ़ा सकता है? (g = 10 m/s^2, जल का घनत्व = 1 kg/लीटर)

• **हल:** उपयोगी आउटपुट शक्ति P_{out} = 2000 × (80 / 100) = 1600 W। समय t = 1 मिनट = 60 s।

• चूँकि $P_{out} = (mgh / t) ⇒ 1600 = (m × 10 × 10 / 60) ⇒ m = (1600 × 60 / 100) = 960 kg = 960 लीटर प्रति मिनट$।

मॉड्यूल 07: ऊष्मा एवं तापमान (तापमान पैमाने, विशिष्ट व गुप्त ऊष्मा, ऊष्मीय प्रसार एवं ऊष्मा संचरण)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 07: ऊष्मा एवं तापमान (तापमान पैमाने, विशिष्ट व गुप्त ऊष्मा, ऊष्मीय प्रसार एवं ऊष्मा संचरण)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	**महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)**	**'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स**	**'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स**

7.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

रेलवे पटरियों के बीच ताप विस्तार गैप (Expansion Joint), व्हील टायर की श्रिंक-फिटिंग, डीजल इंजन कूलिंग सिस्टम और वातानुकूलित (LHB AC) कोचों के ताप नियंत्रण के लिए ऊष्मा एवं तापमान (Heat and Temperature) का गहरा ज्ञान आवश्यक है (NCERT विज्ञान पाठ्यपुस्तक)।

• **ऊष्मा (Heat - Q) बनाम तापमान (Temperature - T):** ऊष्मा ऊर्जा का वह रूप है जो तापांतर के कारण उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर प्रवाहित होती है (SI मात्रक: **जूल**, व्यावहारिक मात्रक: **कैलोरी**)। इसके विपरीत, किसी वस्तु की उष्णता या शीतलता की कोटि (Degree of hotness or coldness) को **तापमान** कहते हैं, जो ऊष्मा प्रवाह की दिशा निर्धारित करता है (SI मात्रक: **केल्विन - K**)।

• **परम शून्य ताप (Absolute Zero Temperature):** वह न्यूनतम संभव तापमान जिस पर गैस के अणुओं की समस्त ऊष्मीय गति और आयतन सैद्धांतिक रूप से शून्य हो जाते हैं, **परम शून्य ताप (0 K = -273.15^°C = -459.67^°F)** कहलाता है। केल्विन पैमाने पर कोई भी तापमान कभी ऋणात्मक नहीं हो सकता।

• **विशिष्ट ऊष्मा धारिता (Specific Heat Capacity - s या c):** किसी पदार्थ के 1 किग्रा द्रव्यमान का तापमान 1^°C (या 1 K) बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उसकी विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं (Q = m · c · Δ T, SI मात्रक: J·kg^{-1}·K^{-1})। **जल की विशिष्ट ऊष्मा सर्वाधिक (4186 J/kg·K या 1 cal/g·^°C)** होती है, इसीलिए इंजन रेडिएटर में शीतलक (Coolant) के रूप में पानी का उपयोग किया जाता है।

• **गुप्त ऊष्मा (Latent Heat - L):** नियत तापमान पर किसी पदार्थ की अवस्था परिवर्तन (ठोस से द्रव या द्रव से वाष्प) के लिए प्रति एकांक द्रव्यमान आवश्यक ऊष्मा को गुप्त ऊष्मा (Q = m · L, SI मात्रक: J/kg) कहते हैं।

7.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

तापमिति रूपांतरण से लेकर कैलोरीमिति, ऊष्मीय प्रसार एवं ऊष्मा संचरण विधियों तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: तापमान पैमाना रूपांतरण] ⟶ [नोड 2: विशिष्ट एवं गुप्त ऊष्मा] ⟶ [नोड 3: ठोसों का ऊष्मीय प्रसार] ⟶ [नोड 4: ऊष्मा संचरण एवं कृष्णिका नियम]
| | | |
• संबंध: C/5 = (F-32)/9 = (K-273)/5 • संवेदी ऊष्मा: Q = m·c·ΔT (ताप बदले) • रेखीय (α), क्षेत्रीय (β), आयतन (γ) • चालन (Conduction): ठोस व पारा (माध्यम स्थिर)
• समान पाठ्यांक: -40°C = -40°F • गुप्त ऊष्मा: Q = m·L (अवस्था बदले) • अनुपात: α : β : γ = 1 : 2 : 3 • संवहन (Convection): द्रव व गैस (अणु गतिशील)
• मानव शरीर: 37°C = 98.6°F = 310 K • बर्फ गलन: 80 cal/g; भाप: 540 cal/g • रेल पटरी गैप: ΔL = $L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ • विकिरण (Radiation): निर्वात में (प्रकाश वेग से)

• **नोड 1 विश्लेषण:** किसी तापमान में **परिवर्तन (Temperature Difference - Δ T)** के लिए सेल्सियस और केल्विन पैमाने बराबर होते हैं (Δ C = Δ K), जबकि फारेनहाइट में परिवर्तन Δ F = (9 / 5)Δ C = 1.8 × Δ C होता है।

• **नोड 2 विश्लेषण:** 100^°C के उबलते जल की अपेक्षा 100^°C की भाप (Steam) से हाथ अधिक गंभीर रूप से जलता है क्योंकि भाप में प्रति ग्राम 540 कैलोरी (2260 kJ/kg) वाष्पन की गुप्त ऊष्मा अतिरिक्त रूप से संचित होती है।

• **नोड 3 विश्लेषण:** जब किसी धातु की चकती (Disc) में एक छेद (Hole) हो और चकती को गर्म किया जाए, तो **छेद का व्यास हमेशा बढ़ता है** (घटता नहीं है), क्योंकि ऊष्मीय प्रसार फोटोग्राफिक आवर्धन की तरह सभी दूरियों को समान अनुपात में बढ़ाता है।

• **नोड 4 विश्लेषण:** स्टीफन-बोल्ट्जमैन नियम के अनुसार किसी कृष्णिका (Black Body) के एकांक क्षेत्रफल से प्रति सेकंड उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा उसके परम ताप की चतुर्थ घात के समानुपाती होती है (E = σ T^4)।

7.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (तापमिति, कैलोरीमिति एवं ऊष्मीय प्रसार सूत्र):
1. **सार्वभौमिक ताप रूपांतरण सूत्र:** $(C - 0 / 100) = (F - 32 / 180) = (K - 273.15 / 100) = (R - 0 / 80) \Rightarrow (C / 5) = (F - 32 / 9) = (K - 273 / 5) = (R / 4)$
2. **तापांतर (Δ T) रूपांतरण सूत्र:** (Δ C / 5) = (Δ F / 9) = (Δ K / 5) (ध्यान दें: तापांतर में -32 या -273 नहीं लगाते!)
3. **कैलोरीमिति का सिद्धांत (मिश्रण का नियम):** $गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा (m_1 c_1 (T_1 - T_m)) = ठंडी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा (m_2 c_2 (T_m - T_2))$
4. **ऊष्मीय प्रसार गुणांकों का संबंध:** α = (Δ L / L · Δ T); β = 2α; γ = 3α ⇒ α : β : γ = 1 : 2 : 3 (मात्रक: ^°C^{-1} या K^{-1})
5. **ऊष्मीय चालकता सूत्र (Fourier's Law):** (Q / t) = (K · A · (T_1 - T_2) / d) (ऊष्मा चालकता गुणांक K का SI मात्रक: W·m^{-1}·K^{-1})

क्र.सं.	तापीय बिंदु / पदार्थ / नियम	सेल्सियस / मानक मान	फारेनहाइट / केल्विन / सूत्र	इंजीनियरिंग एवं रेलवे महत्व	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	जल का हिमांक (Ice Point)	0^°C	32^°F = 273.15 K = 0^°R	थर्मामीटर का निम्न नियत बिंदु (LFP)	NCERT विज्ञान
02	जल का क्वथनांक (Steam Point)	100^°C	212^°F = 373.15 K = 80^°R	थर्मामीटर का उच्च नियत बिंदु (UFP)	NCERT विज्ञान
03	जल का त्रिक बिंदु (Triple Point)	0.01^°C	273.16 K (दाब 611.65 Pa)	जहाँ बर्फ, जल व वाष्प तीनों सह-अस्तित्व में रहते हैं	NCERT विज्ञान
04	सेल्सियस व फारेनहाइट बराबर	-40^°C	-40^°F	दोनों पैमानों का उभयनिष्ठ पाठ्यांक	NCERT विज्ञान
05	फारेनहाइट व केल्विन बराबर	301.25^°C	574.25^°F = 574.25 K	उच्च ताप समानता बिंदु	NCERT विज्ञान
06	बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा (L_f)	80 cal/g	336 × 10^3 J/kg (336 kJ/kg)	0^°C बर्फ को 0^°C जल में बदलने हेतु	NCERT विज्ञान
07	जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (L_v)	540 cal/g	2260 × 10^3 J/kg (2260 kJ/kg)	100^°C जल को 100^°C भाप में बदलने हेतु	NCERT विज्ञान
08	बर्फ एवं भाप की विशिष्ट ऊष्मा	0.5 cal/g·^°C	2100 J/kg·K (जल की आधी)	अवस्था परिवर्तन से पूर्व ताप वृद्धि गणना	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	तापीय बिंदु / पदार्थ / नियम	सेल्सियस / मानक मान	फारेनहाइट / केल्विन / सूत्र	इंजीनियरिंग एवं रेलवे महत्व	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
09	पारे (Mercury) का हिमांक व क्वथनांक	हिमांक: -39^°C	क्वथनांक: +357^°C	-39^°C से नीचे अल्कोहल थर्मामीटर (-115^°C) प्रयुक्त	NCERT विज्ञान
10	पूर्ण विकिरण उत्तापमापी (Pyrometer)	800^°C से ऊपर	स्टीफन के नियम (E ∝ T^4) पर आधारित	ब्लास्ट फर्नेस, बॉयलर भट्टी व सूर्य का ताप मापन	DGT फिटर/ मैकेनिक
11	वीन का विस्थापन नियम (Wien's Law)	λ_m · T = b (नियतांक)	b = 2.898 × 10^{-3} m·K	ताप बढ़ने पर तारे/धातु का रंग लाल से नीला होना	NCERT विज्ञान
12	थर्मस फ्लास्क (Dewar Flask)	दोहरी रजतित दीवारें व निर्वात	चालन, संवहन व विकिरण तीनों की रोकथाम	निर्वात चालन-संवहन रोकता है, चमकदार सतह विकिरण	NCERT विज्ञान

7.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. दाब बढ़ाने पर **बर्फ का गलनांक घट जाता है** (जैसे 1 atm से दाब बढ़ाने पर बर्फ 0^°C से कम ताप पर ही पिघल जाती है, जिसे **पुनर्हिमायन / Regelation** कहते हैं), जबकि दाब बढ़ाने पर **जल का क्वथनांक बढ़ जाता है** (प्रेशर कुकर और लोकोमोटिव स्टीम बॉयलर में उच्च दाब पर पानी 100^°C के बजाय 120^°C या अधिक पर उबलता है)!
2. लोकोमोटिव के इस्पात के पहियों (Wheel Tyres) को व्हील सेंटर पर चढ़ाने के लिए **श्रिंक-फिटिंग (Shrink Fitting)** तकनीक अपनाई जाती है—टायर का आंतरिक व्यास व्हील से थोड़ा कम रखा जाता है, फिर इंडक्शन हीटर से टायर को गर्म करके फैलाया जाता है और व्हील पर चढ़ा दिया जाता है; ठंडा होने पर वह सिकुड़कर बिना किसी बोल्ट के मजबूती से जकड़ लेता है!

7.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 ("तापमान 20^°C है" बनाम "तापमान में 20^°C की वृद्धि हुई"):** यदि प्रश्न कहे कि "किसी वस्तु का तापमान 20^°C है, तो फारेनहाइट में क्या होगा?" तब F = (9 / 5)(20) + 32 = 68^°F होगा। किंतु यदि प्रश्न कहे कि **"किसी वस्तु के तापमान में 20^°C की वृद्धि हुई, तो फारेनहाइट में कितनी वृद्धि होगी?"**, तब +32 **नहीं जुड़ेगा**—उत्तर सीधे Δ F = 1.8 × 20 = 36^°F होगा!

• **जाल 2 (0^°C बर्फ और 80^°C जल का समान द्रव्यमान मिलाना):** छात्र अक्सर औसत निकालकर (0+80 / 2) = 40^°C टिक कर देते हैं! सतर्क रहें: 1 g बर्फ को केवल पिघलने के लिए 80 cal ऊष्मा चाहिए, जो 1 g पानी 80^°C से 0^°C तक आने में देगा। अत: अंतिम तापमान 40^°C नहीं बल्कि **0^°C** होगा!

• **जाल 3 (गर्मियों में पेंडुलम घड़ी):** गर्मियों में धातु के लोलक (Pendulum) की लंबाई बढ़ने (Δ L = LαΔ T) से उसका आवर्तकाल (T = 2π√(L/g)) बढ़ जाता है, जिससे घड़ी **सुस्त (Slow / पीछे)** हो जाती है! इसे रोकने के लिए **इन्वार (Invar - 64\% लोहा + 36\% निकेल)** मिश्रधातु का लोलक बनाया जाता है जिसका रेखीय प्रसार गुणांक लगभग शून्य होता है।

7.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:

• **ट्रिक 1 (बर्फ और गर्म पानी के समान द्रव्यमान m का मिश्रण ताप 3 सेकंड में):** जब 0^°C की m ग्राम बर्फ को T^°C के m ग्राम पानी में मिलाया जाए:
• यदि पानी का ताप **T ≤ 80^°C** है → तो मिश्रण का अंतिम ताप बिना सोचे **0^°C** टिक करें!
• यदि पानी का ताप **T > 80^°C** है → तो अंतिम ताप सीधे **T_{अंतिम} = (T - 80 / 2)** होगा! (जैसे 100^°C पानी + 0^°C बर्फ का समान द्रव्यमान → (100-80 / 2) = 10^°C!)

7.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #7 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 7: एक 25 मीटर लंबी स्टील की रेल पटरी का तापमान सर्दियों में 10^°C से बढ़कर गर्मियों में 50^°C हो जाता है। यदि स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक α = 1.2 × 10^{-5} ^°C^{-1} हो, तो पटरी को मुड़ने (Buckling) से बचाने के लिए न्यूनतम कितना विस्तार अंतराल (Expansion Gap) छोड़ना होगा?

• **हल:** $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 25 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times (50 - 10) = 25 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 40 = 0.012$ मीटर = 12 मिमी$।

मॉड्यूल 08: सरल मशीनें एवं उत्तोलक (प्रथम, द्वितीय व तृतीय श्रेणी उत्तोलक, यांत्रिक लाभ, वेग अनुपात, घिरनी व स्क्रू जैक)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 08: सरल मशीनें एवं उत्तोलक (प्रथम, द्वितीय व तृतीय श्रेणी उत्तोलक, यांत्रिक लाभ, वेग अनुपात, घिरनी व स्क्रू जैक)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

8.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

रेलवे ट्रैक मेंटेनेंस (क्रॉबार/सब्बल), कोच लिफ्टिंग (स्क्रू जैक व हाइड्रोलिक जैक), ओएचई (OHE) काउंटरवेट पुली प्रणाली और कार्यशाला क्रेनों में **सरल मशीनों और उत्तोलकों (Simple Machines and Levers)** के सिद्धांत सीधे प्रयुक्त होते हैं (**प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT**)।

• **सरल मशीन के मूल प्राचल:**

• **भार (Load - W):** वह प्रतिरोध या वजन जिसे मशीन द्वारा उठाया जाता है।

• **आयास / प्रयास (Effort - P):** भार को उठाने के लिए मशीन पर लगाया गया बाह्य बल।

• **यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage - MA):** उठाये गए भार (W) और लगाए गए आयास (P) के अनुपात को यांत्रिक लाभ कहते हैं: $MA = (W / P)$। (मात्रकहीन राशि)

• **वेग अनुपात (Velocity Ratio - VR):** आयास द्वारा तय की गई दूरी (d_P) और भार द्वारा तय की गई दूरी (d_W) के अनुपात को वेग अनुपात कहते हैं: $VR = (d_P / d_W)$। यह मशीन की ज्यामितीय बनावट पर निर्भर करता है और घर्षण से बदलता नहीं है।

• **यांत्रिक दक्षता (Efficiency - η):** मशीन से प्राप्त आउटपुट कार्य ($W \times d_W$) और मशीन को दिए गए इनपुट कार्य ($P \times d_P$) के अनुपात को दक्षता कहते हैं: $\eta = (\text{Output} / \text{Input}) = (MA / VR) \times 100\%$।

• **उत्तोलक (Lever) और आघूर्ण का सिद्धांत:** आलंब (Fulcrum - F) के सापेक्ष घूर्णन करने वाली दृढ़ छड़ उत्तोलक कहलाती है। संतुलन की अवस्था में: $भार \times भार भुजा = आयास \times आयास भुजा \Rightarrow MA = (W / P) = (आयास भुजा (Effort Arm) / भार भुजा (Load Arm))$।

8.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

उत्तोलक की तीनों श्रेणियों के विन्यास से लेकर घिरनी तंत्र एवं स्क्रू जैक यांत्रिकी तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: प्रथम श्रेणी उत्तोलक (F मध्य में)] ⟶ [नोड 2: द्वितीय श्रेणी उत्तोलक (W मध्य में)] ⟶ [नोड 3: तृतीय श्रेणी उत्तोलक (P मध्य में)] ⟶ [नोड 4: घिरनी, नत समतल व स्क्रू जैक]
| | | |
• विन्यास: P —— [F] —— W • विन्यास: P —— [W] —— F • विन्यास: W —— [P] —— F • चल घिरनी तंत्र (1st): $VR = 2^n$
• यांत्रिक लाभ: $MA > 1$, $= 1$, या < 1 • यांत्रिक लाभ: सदैव $MA > 1$ (बल गुणक) • यांत्रिक लाभ: सदैव $MA < 1$ (गति गुणक) • ब्लॉक एंड टैकल: VR = कुल घिरनियाँ (n)
• उदाहरण: कैंची, प्लायर, तराजू, हैंडपंप • उदाहरण: सरोता, एक पहिया ठेला, नींबू निचोड़ने की मशीन • उदाहरण: चिमटा, किसान का हल, मानव अग्रभुजा • स्क्रू जैक VR: $(2\pi R) / \text{पिच } (p)$

• **नोड 1 विश्लेषण (प्रथम श्रेणी उत्तोलक):** इसमें आलंब (F), भार (W) और आयास (P) के बीच होता है। तराजू में दोनों भुजाएँ बराबर होने से $MA = 1$, प्लायर व हैंडपंप में आयास भुजा बड़ी होने से $MA > 1$, तथा कपड़े काटने की लंबी कैंची में भार भुजा बड़ी होने से $MA < 1$ होता है।

• **नोड 2 विश्लेषण (द्वितीय श्रेणी उत्तोलक):** इसमें भार (W) बीच में होने के कारण आयास भुजा सदैव भार भुजा से बड़ी होती है। अतः इसका **यांत्रिक लाभ सदैव 1 से अधिक (MA > 1)** होता है और यह कम बल लगाकर भारी बोझ उठाने (Force Multiplier) का कार्य करता है।

• **नोड 3 विश्लेषण (तृतीय श्रेणी उत्तोलक):** इसमें आयास (P) बीच में होने के कारण आयास भुजा सदैव भार भुजा से छोटी होती है। अतः इसका **यांत्रिक लाभ सदैव 1 से कम (MA < 1)** होता है और यह कार्य की गति बढ़ाने (Speed Multiplier) तथा नाजुक वस्तुएँ पकड़ने के काम आता है।

• **नोड 4 विश्लेषण (घिरनी, नत समतल व स्क्रू जैक):** एकल स्थिर घिरनी (Single Fixed Pulley) में VR = 1 होता है; यह बल को गुणा नहीं करती बल्कि केवल **बल लगाने की दिशा को सुविधाजनक (नीचे की ओर)** बनाती है।

8.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (सरल मशीन, उत्तोलक एवं स्क्रू जैक गणना सूत्र):
1. **मशीन का मूल समीकरण:** $\eta = (MA / VR) \times 100\% = (W / P / d_P / d_W) \times 100\%$ (आदर्श मशीन के लिए घर्षण = 0 ⇒ $\eta = 100\%$ ⇒ MA = VR)
2. **मशीन का नियम (Law of Machine):** $P = m \cdot W + C$ (जहाँ m ढाल है तथा C मशीन के प्रारंभिक घर्षण को पार करने हेतु आवश्यक आयास है; अधिकतम यांत्रिक लाभ $MA_{max} = (1 / m)$)
3. **स्वतः लॉकिंग (Self-Locking / अनुत्क्रमणीय) मशीन की शर्त:** यदि आयास हटा लेने पर भार स्वयं नीचे न गिरे (जैसे स्क्रू जैक), तो उसकी **दक्षता $\eta < 50\%$** होनी चाहिए! (यदि $\eta \geq 50\%$ हो, तो मशीन उत्क्रमणीय / Reversible होती है)
4. **नत समतल (Inclined Plane) का वेग अनुपात:** $VR = (L / h) = (1 / \sin\theta)$ (जहाँ L ढलान की लंबाई और h ऊर्ध्वाधर ऊँचाई है)
5. **स्क्रू जैक (Screw Jack) का वेग अनुपात:** $VR = (2\pi R / p)$ (जहाँ R हैंडल की लंबाई और p चूड़ी का पिच है)
6. **पहिया एवं धुरी (Wheel and Axle) का वेग अनुपात:** $VR = (D / d) = (R / r)$ (जहाँ D पहिए का व्यास और d धुरी का व्यास है)

क्र.सं.	सरल मशीन / उत्तोलक का नाम	श्रेणी / प्रकार	मध्य बिंदु / ज्यामिति	यांत्रिक लाभ (MA) / वेग अनुपात (VR)	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	कैंची, प्लायर, संडासी, कील उखाड़ने का हथौड़ा	प्रथम श्रेणी उत्तोलक	आलंब (F) मध्य में	MA > 1, = 1 या < 1 संभव	DGT शिल्पकार योजना
02	साधारण तराजू (Beam Balance) व सी-सॉ	प्रथम श्रेणी उत्तोलक	आलंब (F) ठीक मध्य में	MA = 1 (दोनों भुजाएँ बराबर)	DGT शिल्पकार योजना
03	साइकिल का ब्रेक व हैंडपंप का हत्था	प्रथम श्रेणी उत्तोलक	आलंब (F) मध्य में	MA > 1 (आयास भुजा लंबी)	DGT शिल्पकार योजना
04	सरोता (Nut Cracker) व नींबू निचोड़ने की मशीन	द्वितीय श्रेणी उत्तोलक	भार (W) मध्य में	सदैव MA > 1 (बल गुणक)	DGT शिल्पकार योजना
05	एक पहिये का कूड़ा ठेला (Wheelbarrow)	द्वितीय श्रेणी उत्तोलक	भार (W) मध्य में (पहिया = आलंब)	सदैव MA > 1	DGT शिल्पकार योजना
06	बोतल खोलने का ओपनर व कागज काटने का कटर	द्वितीय श्रेणी उत्तोलक	भार (W) मध्य में	सदैव MA > 1	DGT शिल्पकार योजना
07	चिमटा (Fire Tongs), किसान का हल व बेलचा	तृतीय श्रेणी उत्तोलक	आयास (P) मध्य में	सदैव MA < 1 (गति गुणक)	DGT शिल्पकार योजना
08	मछली पकड़ने की बंसी (Fishing Rod) व स्टेपलर	तृतीय श्रेणी उत्तोलक	आयास (P) मध्य में	सदैव MA < 1	DGT शिल्पकार योजना
09	मानव हाथ की कोहनी (अग्रभुजा से भार उठाना)	तृतीय श्रेणी उत्तोलक	कोहनी = F, बाइसेप्स मांसपेशी = P	सदैव MA < 1	NCERT विज्ञान
10	प्रथम घिरनी तंत्र (n चल घिरनियाँ)	Pulley System I	प्रत्येक चल घिरनी भार आधा करती है	VR = 2^n	DGT फिटर / मैकेनिक
11	द्वितीय घिरनी तंत्र (Block and Tackle)	Pulley System II	दोनों ब्लॉकों में कुल n घिरनियाँ	VR = n (रस्सी के खंडों की संख्या)	DGT फिटर / मैकेनिक

क्र.सं.	सरल मशीन / उत्तोलक का नाम	श्रेणी / प्रकार	मध्य बिंदु / ज्यामिति	यांत्रिक लाभ (MA) / वेग अनुपात (VR)	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
12	वेस्टन की व्यासांतर घिरनी (Differential Pulley)	Weston Pulley	ऊपरी ब्लॉक में दो सह-अक्षीय घिरनियाँ (D, d)	VR = (2D / D - d)	DGT फिटर/ मैकेनिक
13	वर्म एवं वर्म व्हील (Worm & Worm Wheel)	भारी लिफ्टिंग गियर	वर्म व्हील पर दाँतों की संख्या = T	VR = (T · R / r) (एकल स्टार्ट वर्म हेतु)	DGT मशीनिस्ट

8.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. मानव शरीर में तीनों श्रेणियों के उत्तोलक पाए जाते हैं!

• **प्रथम श्रेणी उत्तोलक:** गर्दन की संधि पर सिर को ऊपर-नीचे झुकाना (कशेरुक दंड आलंब F बीच में है)।

• **द्वितीय श्रेणी उत्तोलक:** पंजों (Toes) के बल खड़े होकर एड़ी ऊपर उठाना (पैर का पंजा आलंब F है, शरीर का भार W बीच में है और पिंडली की मांसपेशी आयास P लगाती है)।

• **तृतीय श्रेणी उत्तोलक:** हथेली में डंबल या भार रखकर कोहनी से ऊपर उठाना (कोहनी आलंब F है, बाइसेप्स मांसपेशी बीच में आयास P लगाती है और हथेली के सिरे पर भार W है)।

2. लोकोमोटिव या कार उठाने वाला **स्क्रू जैक (Screw Jack)** जानबूझकर इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि उसकी यांत्रिक दक्षता **50\% से कम ($\eta < 50\%$)** रहे! यदि उसकी दक्षता 50\% से अधिक कर दी जाए, तो जैक के हैंडल से हाथ हटाते ही भारी लोकोमोटिव के वजन से पेंच उल्टा घूम जाएगा और लोकोमोटिव नीचे गिर जाएगा!

8.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (घर्षण बढ़ने से वेग अनुपात पर प्रभाव):** RRB ALP परीक्षा में यह प्रश्न बार-बार आता है: "यदि किसी मशीन में जंग लग जाए या घर्षण बढ़ जाए, तो उसके यांत्रिक लाभ (MA) और वेग अनुपात (VR) पर क्या प्रभाव पड़ेगा?" सतर्क रहें: घर्षण बढ़ने से **यांत्रिक लाभ (MA) और दक्षता (η) घटते हैं**, किंतु **वेग अनुपात (VR) अपरिवर्तित (Constant) रहता है** क्योंकि VR केवल मशीन के पुर्जों की लंबाई/त्रिज्या पर निर्भर करता है!

• **जाल 2 (आदर्श मशीन की दक्षता):** किसी भी वास्तविक मशीन की दक्षता कभी 100\% नहीं हो सकती ($\eta < 100\%$, अर्थात MA < VR), केवल काल्पनिक घर्षणरहित आदर्श मशीन की दक्षता 100\% (MA = VR) होती है।

• **जाल 3 (लोड आर्म की माप):** भार भुजा और आयास भुजा की लंबाई कभी भी भार और आयास के बीच नहीं मापी जाती, बल्कि सदैव **आलंब (Fulcrum - F) से** मापी जाती है! यदि उत्तोलक की कुल लंबाई 100 सेमी है और द्वितीय श्रेणी उत्तोलक में भार आलंब से 20 सेमी पर है, तो आयास भुजा 80 सेमी नहीं बल्कि पूरी **100 सेमी** होगी (MA = (100 / 20) = 5)!

8.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:

• **ट्रिक 1 (उत्तोलक की तीनों श्रेणियाँ जीवन भर याद रखने का 'FLE-123' कोड):**
केवल अंग्रेजी शब्द **F - L - E** याद रखें (जो मध्य में हो, वही श्रेणी!):

• **1 (प्रथम श्रेणी) → F (Fulcrum / आलंब)** बीच में!

• **2 (द्वितीय श्रेणी) → L (Load / भार)** बीच में! (MA सदैव > 1)

• **3 (तृतीय श्रेणी) → E (Effort / आयास)** बीच में! (MA सदैव < 1)

8.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #8 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 8: एक स्क्रू जैक की चूड़ी का पिच 5 मिमी है और इसे घुमाने वाले हैंडल की लंबाई 50 सेमी है। यदि जैक की यांत्रिक दक्षता 40\% हो, तो 6280 N का भार उठाने के लिए हैंडल के सिरे पर कितना बल (आयास) लगाना होगा? ($\pi = 3.14$)

- **हल:** हैंडल की लंबाई R = 50 सेमी = 500 मिमी, पिच p = 5 मिमी।
- वेग अनुपात (VR) = (2π R / p) = (2 × 3.14 × 500 / 5) = 628।
- यांत्रिक लाभ (MA) = η × VR = 0.40 × 628 = 251.2।
- आवश्यक आयास P = (W / MA) = (6280 / 251.2) = 25 न्यूटन।

मॉड्यूल 09: मौलिक विद्युत एवं चुंबकत्व (ओम का नियम, किरचॉफ के नियम, प्रतिरोध/संधारित्र संयोजन, वैद्युत शक्ति व ट्रांसफॉर्मर/मोटर)

अध्याय
के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 09: मौलिक विद्युत एवं चुंबकत्व (ओम का नियम, किरचॉफ के नियम, प्रतिरोध/संधारित्र संयोजन, वैद्युत शक्ति व ट्रांसफॉर्मर/मोटर)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	**महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)**	**'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स**	**'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स**

9.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

भारतीय रेलवे का लगभग संपूर्ण मुख्य नेटवर्क 25 kV, 50 Hz एकल-फेज एसी ट्रैक्शन प्रणाली पर संचालित होता है (**Indian Railways**)। इसलिए बेसिक साइंस और इलेक्ट्रीशियन ट्रेड दोनों में मौलिक विद्युत, डीसी परिपथ, एसी परिपथ, चुंबकत्व और ट्रांसफॉर्मर का भार सर्वाधिक रहता है (**DGT इलेक्ट्रीशियन पाठ्यक्रम**)।

- **आवेश एवं विद्युत धारा:** आवेश के प्रवाह की समय दर को विद्युत धारा (I = (Q / t) = (n · e / t), मात्रक: एम्पियर - A) कहते हैं। 1 कूलॉम आवेश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या n = (1 / 1.6 × 10^{-19)} = 6.25 × 10^{18} होती है। धारा की दिशा इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के विपरीत (धन टर्मिनल से ऋण टर्मिनल की ओर) मानी जाती है।
- **ओम का नियम एवं प्रतिरोधकता:** नियत तापमान और भौतिक अवस्था पर किसी चालक के सिरों पर उत्पन्न विभवांतर (V) उसमें प्रवाहित धारा (I) के समानुपाती होता है (V = I · R)। चालक का प्रतिरोध R = ρ (L / A) होता है। यहाँ **विशिष्ट प्रतिरोध या प्रतिरोधकता (ρ, मात्रक: ओम-मीटर Ω·m)** केवल **पदार्थ की प्रकृति और तापमान** पर निर्भर करती है—तार की लंबाई या मोटाई बदलने से प्रतिरोधकता (ρ) कभी नहीं बदलती!
- **किरचॉफ के नियम (KCL एवं KVL):**
- **प्रथम नियम (संधि नियम / KCL):** किसी संधि पर मिलने वाली समस्त धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है (Σ I = 0)। यह **आवेश संरक्षण (Conservation of Charge)** पर आधारित है।
- **द्वितीय नियम (लूप/वोल्टता नियम / KVL):** किसी बंद पाश में सभी विभवांतरों और विद्युत वाहक बलों का बीजगणितीय योग शून्य होता है (Σ V = 0)। यह **ऊर्जा संरक्षण (Conservation of Energy)** पर आधारित है।
- **जूल का तापन नियम एवं फ्यूज:** जब R प्रतिरोध में t समय तक I धारा बहती है, तो उत्पन्न ऊष्मा H = I^2 R t जूल होती है। सुरक्षा फ्यूज तार **सीसा (37\%) + टिन (63\%)** मिश्रधातु का बनाया जाता है जिसका **गलनांक निम्न (Low Melting Point)** और **विशिष्ट प्रतिरोध उच्च** होता है, और इसे सदैव **फेज (Live) तार के श्रेणीक्रम** में लगाया जाता है।

9.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

ओम के नियम से लेकर प्रतिरोध-संधारित्र संयोजन, बल्ब शक्ति एवं ट्रांसफॉर्मर कार्यप्रणाली तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: प्रतिरोध एवं तार खिंचाव नियम] ⟶ [नोड 2: श्रेणी बनाम समांतर संयोजन] ⟶ [नोड 3: विद्युत शक्ति एवं बल्ब चमक] ⟶ [नोड 4: चुंबकत्व एवं ट्रांसफॉर्मर]
| | | |
• सूत्र: $R = \rho \cdot (L/A)$, ρ केवल पदार्थ व ताप पर • श्रेणी R: $R_{eq} = R_1 + R_2$ (धारा समान) • शक्ति: $P = V \cdot I = I^2R = V^2/R$ • अन्योन्य प्रेरण पर कार्य (केवल AC में)
• तार को n गुना खींचने पर: $R' = n^2 \cdot R$ • समांतर R: $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2$ (V समान) • श्रेणी में बल्ब: कम वाट वाला अधिक चमकेगा • अनुपात: $V_2/V_1 = N_2/N_1 = I_1/I_2 = K$
• त्रिज्या 1/n करने पर: $R' = n^4 \cdot R$ • संधारित्र (C): श्रेणी में $1/C$, समांतर में C_1+C_2 • समांतर में बल्ब: अधिक वाट वाला अधिक चमकेगा • कोर: सिलिकॉन स्टील (हिस्टैरिसीस हानि कम)

• **नोड 1 विश्लेषण:** धातुओं (चालकों) का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध बढ़ता है (धनात्मक ताप गुणांक - PTC), जबकि **अर्धचालकों (सिलिकॉन, जर्मेनियम), कार्बन और इलेक्ट्रोलाइट का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध घटता है** (ऋणात्मक ताप गुणांक - NTC)। मैंगनिन, कांस्टेंटन और यूरेका का ताप गुणांक लगभग शून्य होता है, इसलिए इनसे मानक प्रतिरोध बॉक्स बनाए जाते हैं।

• **नोड 2 विश्लेषण:** संधारित्र (Capacitor) के संयोजन का सूत्र प्रतिरोध के ठीक उल्टा होता है—संधारित्रों को **समांतर क्रम** में जोड़ने पर कुल धारिता बढ़ती है ($C_{eq} = C_1 + C_2$) और **श्रेणीक्रम** में जोड़ने पर घटती है ($C_{eq} = (C_1 C_2 / C_1 + C_2)$)।

• **नोड 3 विश्लेषण:** घरों और रेलवे कोचों के सभी विद्युत उपकरण (पंखे, लाइट, सॉकेट) **समांतर क्रम (Parallel)** में जोड़े जाते हैं ताकि प्रत्येक उपकरण को समान वोल्टेज मिले और एक उपकरण बंद होने पर बाकी चलते रहें।

• **नोड 4 विश्लेषण:** ट्रांसफॉर्मर **फैराडे के विद्युत-चुंबकीय अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction)** के सिद्धांत पर कार्य करता है। यह **आवृत्ति (f = 50 Hz) और शक्ति को बदले बिना** वोल्टेज और धारा को घटाता या बढ़ाता है। भँवर धारा हानि (Eddy Current Loss) कम करने के लिए कोर को **पटलित (Laminated)** किया जाता है।

9.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ **महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (विद्युत परिपथ, सेल संयोजन एवं एसी-डीसी सूत्र):**
1. **तार को खींचकर लंबा करने का नियम (आयतन नियत):** $R' = n^2 R$ (जब लंबाई n गुनी हो); $R' = (R / n^4)$ (जब त्रिज्या n गुनी हो)
2. **दो प्रतिरोधों का समांतर तुल्य प्रतिरोध:** $R_{eq} = (R_1 R_2 / R_1 + R_2)$ | n समान प्रतिरोधों के लिए: $R_{series} = nR$, $R_{parallel} = (R / n)$, अनुपात $\frac{R_{series}}{R_{parallel}} = n^2$
3. **सेल का टर्मिनल वोल्टेज (V) एवं आंतरिक प्रतिरोध (r):** डिस्चार्जिंग में $V = E - I \cdot r$ तथा धारा $I = (E / R + r)$; चार्जिंग में $V = E + I \cdot r$
4. **श्रेणीक्रम में जुड़े दो बल्बों (P_1, P_2, समान रेटेड वोल्टेज) की कुल शक्ति खपत:** $P_{कुल(श्रेणी)} = (P_1 P_2 / P_1 + P_2)$ | **समांतर क्रम में कुल शक्ति:** $P_{कुल(समांतर)} = P_1 + P_2$
5. **व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone Bridge) संतुलन शर्त:** $(P / Q) = (R / S)$ (संतुलन में गैल्वेनोमीटर से प्रवाहित धारा $I_g = 0$)
6. **एसी परिपथ शक्ति एवं शक्ति गुणांक (Power Factor):** $P = V_{rms} I_{rms} \cos\varphi$, जहाँ $\cos\varphi = (R / Z)$ तथा प्रतिबाधा $Z = \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)}$

क्र.सं.	विद्युत उपकरण / नियम / परिपथ	मुख्य सूत्र / सिद्धांत	संयोजन / आंतरिक गुण	आदर्श मान / विशेष तथ्य	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	अमीटर (Ammeter)	विद्युत धारा मापन यंत्र	परिपथ के **श्रेणीक्रम** में जुड़ता है	आदर्श अमीटर का प्रतिरोध = 0 Ω	NCERT विद्युत अध्याय
02	वोल्टमीटर (Voltmeter)	विभवांतर मापन यंत्र	परिपथ के **समांतर क्रम** में जुड़ता है	आदर्श वोल्टमीटर का प्रतिरोध = ∞ (अनंत)	NCERT विद्युत अध्याय
03	गैल्वेनोमीटर से अमीटर बनाना	समांतर क्रम में सूक्ष्म प्रतिरोध (शंट $S)	$S = (I_g \cdot G / I - I_g)$	परास बढ़ाने हेतु शंट और छोटा करते हैं	DGT इलेक्ट्रीशियन
04	गैल्वेनोमीटर से वोल्टमीटर बनाना	श्रेणीक्रम में उच्च प्रतिरोध (R)	$R = (V / I_g) - G$	वोल्टेज परास बढ़ाने हेतु उच्च R जोड़ते हैं	DGT इलेक्ट्रीशियन
05	विभवमापी (Potentiometer)	अज्ञात EMF व आंतरिक प्रतिरोध मापन	शून्य विक्षेप विधि (Null Deflection)	यह **आदर्श वोल्टमीटर (अनंत प्रतिरोध)** के तुल्य है	DGT इलेक्ट्रीशियन

क्र.सं.	विद्युत उपकरण / नियम / परिपथ	मुख्य सूत्र / सिद्धांत	संयोजन / आंतरिक गुण	आदर्श मान / विशेष तथ्य	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
06	धातु चालकता क्रम (सर्वश्रेष्ठ चालक)	चाँदी (Ag) > ताँबा (Cu) > सोना (Au) > एल्युमीनियम (Al)	चाँदी की प्रतिरोधकता न्यूनतम (1.59 × 10^{-8} Ω·m)	संचरण लाइनों में ACSR (एल्युमीनियम+स्टील) तार	DGT इलेक्ट्रीशियन
07	हीटर का एलीमेंट बनाम बल्ब फिलामेंट	हीटर: नाइक्रोम (80\% Ni + 20\% Cr)	बल्ब फिलामेंट: टंगस्टन (गलनांक ≈ 3380^°C)	बल्ब में आर्गन (85\%) + नाइट्रोजन (15\%) गैस	NCERT विद्युत अध्याय
08	घरेलू विद्युत वायरिंग रंग कोड (BIS)	फेज (L): लाल/पीला/नीला	न्यूट्रल (N): **काला**; अर्थिंग (E): **हरा**	स्विच व फ्यूज सदैव फेज (Live) तार में लगते हैं	DGT इलेक्ट्रीशियन
09	संधारित्र में संचित स्थिरवैद्युत ऊर्जा	U = (1 / 2)CV^2 = (1 / 2)QV = (Q^2 / 2C)	समांतर प्लेट धारिता C = (K ε_0 A / d)	परावैद्युत माध्यम डालने पर धारिता K गुनी बढ़ती है	DGT इलेक्ट्रीशियन
10	लेंज का नियम (Lenz's Law)	प्रेरित धारा सदैव अपने कारण का विरोध करती है	e = -N(dΦ / dt) (ऋण चिह्न लेंज नियम है)	**ऊर्जा संरक्षण के नियम** पर आधारित	DGT इलेक्ट्रीशियन
11	ट्रांसफॉर्मर अधिकतम दक्षता शर्त	लोह हानि (W_i) = ताम्र हानि (W_{cu})	W_i नियत रहती है, W_{cu} ∝ (भार)^2	ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग **kVA (या MVA)** में होती है	DGT इलेक्ट्रीशियन
12	3-फेज प्रेरण मोटर तुल्यकालिक गति	N_s = (120 · f / P)	स्लिप s = (N_s - N_r / N_s) × 100\%	50 Hz, 4 पोल मोटर की N_s = 1500 RPM	DGT इलेक्ट्रीशियन
13	क्यूरी तापमान (Curie Point)	जिस ताप पर लौहचुंबकीय पदार्थ अनुचुंबकीय बन जाए	लोहा (Fe): 770^°C, निकेल (Ni): 358^°C	कोबाल्ट (Co): 1120^°C; स्थायी चुंबक: एलनिको	DGT इलेक्ट्रीशियन

9.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. ट्रांसफॉर्मर की क्षमता (Rating) किलोवाट (kW) में न लिखकर सदैव **किलोवोल्ट-एम्पियर (kVA)** में लिखी जाती है, क्योंकि ट्रांसफॉर्मर में होने वाली कुल ऊष्मीय हानि दो भागों में बँटी होती है—**लोह हानि (Iron/Core Loss)** वोल्टेज (V) पर निर्भर करती है और **ताम्र हानि (Copper Loss)** धारा (I) पर निर्भर करती है; दोनों ही लोड के शक्ति गुणांक (\cosφ) से स्वतंत्र होती हैं!
2. यदि किसी ट्रांसफॉर्मर को **डीसी (DC - Direct Current)** सप्लाई से जोड़ दिया जाए, तो डीसी में फ्लक्स परिवर्तन शून्य ((dΦ / dt) = 0) होने के कारण प्राथमिक कुंडली में विरोधी विद्युत वाहक बल (Back EMF) उत्पन्न नहीं होगा और प्राथमिक वाइंडिंग अत्यधिक धारा खींचकर **तुरंत जल जाएगी**!

9.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 ("तार को काटकर दोगुना किया" बनाम "तार को खींचकर दोगुना किया"):** यदि उसी मोटाई का दूसरा तार जोड़कर लंबाई 2 गुनी की जाए तो प्रतिरोध केवल **2 गुना (2R)** होगा; परंतु यदि **उसी तार को खींचकर (Stretched)** लंबाई 2 गुनी की जाए तो मोटाई आधी हो जाने के कारण प्रतिरोध 2^2 = **4 गुना (4R)** हो जाएगा!

• **जाल 2 (श्रेणीक्रम में कौन सा बल्ब अधिक चमकेगा और कौन फ्यूज होगा?):** यदि 25 W (220 V) और 100 W (220 V) के दो बल्बों को **श्रेणीक्रम** में जोड़ा जाए, तो कम वाट वाले बल्ब (25 W) का प्रतिरोध (R = V^2/P) 4 गुना अधिक होने के कारण **25 W वाला बल्ब अधिक चमकेगा**! और यदि इस श्रेणी संयोजन को 440 V सप्लाई से जोड़ दिया जाए, तो अधिक वोल्टेज ड्रॉप झेलने के कारण **25 W वाला बल्ब ही पहले फ्यूज होगा**!

• **जाल 3 (अर्थिंग पिन लंबा और मोटा क्यों होता है?):** थ्री-पिन प्लग में ऊपर वाला अर्थिंग पिन सबसे **लंबा** इसलिए होता है ताकि प्लग लगाते समय उपकरण की धातु बॉडी सबसे पहले अर्थ (Earth) से जुड़े और निकालते समय सबसे अंत में हटे; तथा **मोटा** इसलिए होता है ताकि उसका प्रतिरोध कम हो (R ∝ 1/A) और उसे गलती से फेज छेद में न डाला जा सके!

9.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ **IUC स्मृति ट्रिक:**

• **ट्रिक 1 (तार के गोल छल्ले या बहुभुज के व्यास के परितः प्रतिरोध):** यदि R ओम के तार को मोड़कर एक वृत्त (Circle) बनाया जाए और उसके किसी व्यास के दोनों सिरों के बीच तुल्य प्रतिरोध पूछा जाए, तो तार (R / 2) और (R / 2) के दो समांतर भागों में बँट जाता है—अतः तुल्य प्रतिरोध सदैव **(R / 4)** होगा! (उदाहरण: 12 Ω के तार से बने वृत्त के व्यास के सिरों पर प्रतिरोध = (12 / 4) = 3 Ω!)

• **ट्रिक 2 (धन और समचतुर्भुज नेटवर्क शॉर्टकट):** यदि 12 समान प्रतिरोधों (R) से एक घन (Cube) बनाया जाए, तो:

• **मुख्य विकर्ण (Body Diagonal) के सिरों पर:** R_{eq} = (5 / 6)R

• **फलक विकर्ण (Face Diagonal) के सिरों पर:** R_{eq} = (3 / 4)R

• **एक किनारे (Edge) के सिरों पर:** R_{eq} = (7 / 12)R (कोड याद रखें: **5/6, 3/4, 7/12!**)

9.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #9 — परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 9: एक रेलवे रनिंग रूम में 100 W के 5 बल्ब और 500 W के 2 हीटर प्रतिदिन 8 घंटे चलते हैं। ₹6 प्रति यूनिट की दर से 30 दिनों के महीने का कुल बिजली बिल कितना होगा?

• **हल:** कुल शक्ति = (5 × 100) + (2 × 500) = 500 + 1000 = 1500 W = 1.5 kW।

• 30 दिनों में कुल यूनिट (kWh) = 1.5 kW × 8 घंटे × 30 दिन = 360 यूनिट।

• कुल बिजली बिल = 360 × 6 = ₹2,160।

मॉड्यूल 10: व्यावसायिक सुरक्षा, स्वास्थ्य एवं पर्यावरण शिक्षा (अग्नि वर्ग A/B/C/D, अग्निशामक, सुरक्षा चिह्न, 5S व प्राथमिक उपचार)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 10: व्यावसायिक सुरक्षा, स्वास्थ्य एवं पर्यावरण शिक्षा (अग्नि वर्ग A/B/C/D, अग्निशामक, सुरक्षा चिह्न, 5S व प्राथमिक उपचार)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

10.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

रेलवे के डीजल व इलेक्ट्रिक लोको शेड, कैरिज एंड वैगन वर्कशॉप तथा पेंट शॉप में कार्य करते समय शून्य दुर्घटना सुनिश्चित करने के लिए **व्यावसायिक सुरक्षा एवं स्वास्थ्य (Occupational Safety and Health - OSH)** तथा **पर्यावरण शिक्षा** प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT के पाठ्यक्रम का अत्यंत महत्वपूर्ण स्तंभ है।

• **आग का त्रिभुज (Fire Triangle) एवं अग्नि वर्गीकरण:** आग लगने और जलते रहने के लिए तीन घटकों का एक साथ होना अनिवार्य है: **ईंधन (Fuel) + ऊष्मा (Heat) + ऑक्सीजन (Oxygen)**। इनमें से किसी भी एक घटक को हटा देने पर आग बुझ जाती है (ईंधन हटाना = **Starving**, पानी से ऊष्मा हटाना = **Cooling**, और ऑक्सीजन का संपर्क काटना = **Smothering / Blanketing**)। भारतीय मानक ब्यूरो - BIS के मानक **IS 2190** के अनुसार आग को चार मुख्य वर्गों (Class A, B, C, D) में बाँटा गया है।

• **सुरक्षा चिह्न (Safety Signs - IS 9457):** कार्यशाला में सभी सुरक्षा संकेतों को उनके ज्यामितीय आकार और रंग कोड द्वारा तुरंत पहचाना जाता है—निषेधात्मक (Prohibition), अनिवार्य (Mandatory), चेतावनी (Warning) और सूचनात्मक (Information) चिह्न।

• **कार्यस्थल प्रबंधन की जापानी 5S संकल्पना:** उत्पादकता, स्वच्छता और सुरक्षा के लिए 5 क्रमिक चरण अपनाए जाते हैं: **Seiri (छँटाई - Sort)**, **Seiton (सुव्यवस्था - Set in order)**, **Seiso (चमकाना/सफाई - Shine)**, **Seiketsu (मानकीकरण - Standardize)** और **Shitsuke (अनुशासन/सतत पालन - Sustain)**।

• **प्राथमिक उपचार एवं विद्युत आघात (Electric Shock):** किसी व्यक्ति को बिजली का झटका लगने पर सबसे पहले मुख्य स्विच बंद करें या सूखी लकड़ी से उसे तार से अलग करें। पीड़ित की जाँच **ABC नियम (Airway - श्वास मार्ग, Breathing - श्वसन, Circulation - रक्त संचार)** के अनुसार करें।

10.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

अग्नि वर्गीकरण एवं शमन से लेकर सुरक्षा चिह्न ज्यामिति, 5S कार्यप्रणाली एवं कचरा प्रबंधन तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: अग्नि वर्ग एवं उपयुक्त शामक] ⟶ [नोड 2: चार मानक सुरक्षा चिह्न (IS 9457)] ⟶ [नोड 3: 5S कार्यशाला प्रबंधन चक्र] ⟶ [नोड 4: प्राथमिक उपचार एवं पर्यावरण]
| | | |
• वर्ग A (ठोस: लकड़ी/कपड़ा): जल / सोडा एसिड • निषेध: वृत्ताकार, लाल बॉर्डर व क्रॉस बार • 1. Seiri (छँटाई) 2. Seiton (सुव्यवस्था) • कृत्रिम श्वसन: शेफर, सिल्वेस्टर व मुँह-से-मुँह
• वर्ग B (द्रव: पेट्रोल/डीजल): फोम / CO_2 • अनिवार्य: वृत्ताकार, नीली पृष्ठभूमि पर सफेद • 3. Seiso (सफाई) 4. Seiketsu (मानक) • कचरा डस्टबिन: गीला (हरा), सूखा (नीला)
• वर्ग C (गैस व एलपीजी): शुष्क पाउडर (DCP) • चेतावनी: त्रिभुजाकार, पीली पृष्ठभूमि व काला • 5. Shitsuke (आत्म-अनुशासन) • ओजोन परत (समताप मंडल): मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल
• वर्ग D (धातु व विद्युत): CO_2 / CTC / रेत • सूचनात्मक: वर्गाकार/आयताकार, हरी पृष्ठभूमि • अग्निशामक प्रयोग: P-A-S-S नियम • ग्रीनहाउस गैस: CO_2, CH_4, N_2O (क्योटो प्रोटोकॉल)

• **नोड 1 विश्लेषण:** चालू विद्युत उपकरणों या पैनल बोर्ड की आग बुझाने के लिए **कभी भी पानी या फोम (Foam) अग्निशामक का प्रयोग नहीं किया जाता**, क्योंकि पानी और झाग विद्युत के सुचालक होते हैं जिससे बुझाने वाले व्यक्ति को प्राणघातक करंट लग सकता है! इसके लिए **CO_2, शुष्क रसायन पाउडर (DCP) या हैलॉन / CTC (Carbon Tetrachloride / Bromochlorodifluoromethane - BCF)** का प्रयोग किया जाता है।

• **नोड 2 विश्लेषण:** चेतावनी चिह्न (Warning Signs — जैसे उच्च वोल्टेज या लेजर विकिरण) सदैव **पीली पृष्ठभूमि और काले बॉर्डर वाले समबाहु त्रिभुज** में बनाए जाते हैं, जबकि अनिवार्य चिह्न (Mandatory — जैसे हेलमेट, चश्मा, दस्ताने पहनें) **नीली पृष्ठभूमि वाले वृत्त** में सफेद आकृति से दर्शाए जाते हैं।

• **नोड 3 विश्लेषण:** अग्निशामक यंत्र (Fire Extinguisher) चलाने का सार्वभौमिक क्रम **P-A-S-S** है: **P = Pull the pin** (पिन खींचें), **A = Aim at the base of fire** (आग की लपटों के ऊपर नहीं, बल्कि आधार/जड़ पर निशाना लगाएँ), **S = Squeeze the lever** (लीवर दबाएँ), **S = Sweep side to side** (दाएँ-बाएँ घुमाएँ)।

• **नोड 4 विश्लेषण:** मानव शरीर का शुष्क अवस्था में प्रतिरोध लगभग 100,000 Ω होता है, किंतु त्वचा भीग जाने पर यह घटकर मात्र 1,000 Ω रह जाता है। शरीर से **50 mA से अधिक** की धारा प्रवाहित होने पर हृदय में वेंट्रिकुलर फिब्रिलेशन और मृत्यु हो सकती है।

10.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (व्यावसायिक सुरक्षा, शोर स्तर एवं पर्यावरणीय मानक):
1. **आग का समीकरण:** $ईंधन (Fuel) + ऊष्मा (Heat / प्रज्वलन ताप) + ऑक्सीजन (O_2) → दहन शृंखला अभिक्रिया (Fire)$
2. **औद्योगिक शोर (Noise) की अधिकतम सुरक्षित सीमा (8 घंटे कार्य पाली हेतु):** 85 dB (डेसिबल) से 90 dB (इससे ऊपर ईयर-मफ / ईयर-प्लग अनिवार्य)
3. **रंग-कोडित कचरा पात्र (Waste Segregation): हरा (Green)** = जैविक/गीला कचरा | **नीला (Blue)** = सूखा/पुनर्चक्रण योग्य (कागज, प्लास्टिक) | **लाल (Red)** = खतरनाक/धातु/काँच अपशिष्ट | **पीला (Yellow)** = बायो-मेडिकल एवं रासायनिक पट्टियाँ
4. **अम्लीय वर्षा (Acid Rain) का मानक pH:** pH < 5.6 (मुख्य उत्तरदायी गैसें: SO_2 एवं NO_x, जो जल से क्रिया करके H_2SO_4 एवं HNO_3 बनाती हैं)
5. **सीपीआर (CPR - Cardiopulmonary Resuscitation) मानक अनुपात:** 30 छाती संपीडन (Chest Compressions) : 2 बचाव श्वास (Rescue Breaths) (गति: 100 - 120 संपीडन प्रति मिनट)

क्र.सं.	अग्नि वर्ग / सुरक्षा चिह्न / रोग	ईंधन स्रोत / ज्यामितीय आकार	रंग कोड / पहचान पट्टी	उपयुक्त अग्निशामक / निवारण उपाय	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	वर्ग A अग्नि (Class A Fire)	लकड़ी, कागज, कपड़ा, जूट, कोयला	लाल रंग का प्रतीक (साधारण ठोस)	जल की बौछार (Water Jet), सोडा-एसिड शामक	DGT सुरक्षा मानक

क्र.सं.	अग्नि वर्ग / सुरक्षा चिह्न / रोग	ईंधन स्रोत / ज्यामितीय आकार	रंग कोड / पहचान पट्टी	उपयुक्त अग्निशामक / निवारण उपाय	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
02	वर्ग B अग्नि (Class B Fire)	ज्वलनशील द्रव: पेट्रोल, डीजल, ग्रीस, पेंट	क्रीम (Cream) पट्टी वाला फोम सिलेंडर	फोम (Foam) शामक, CO_2, सूखा पाउडर (पानी वर्जित)	DGT सुरक्षा मानक
03	वर्ग C अग्नि (Class C Fire)	ज्वलनशील गैस: LPG, CNG, हाइड्रोजन, एसिटिलीन	नीली (Blue) पट्टी वाला पाउडर सिलेंडर	शुष्क रसायन पाउडर (Dry Chemical Powder - DCP)	DGT सुरक्षा मानक
04	वर्ग D अग्नि (Class D Fire)	दहनशील धातुएँ (Mg, Na, K, Ti) एवं विद्युत उपकरण	काली (Black) पट्टी (CO_2 सिलेंडर)	CO_2, हेलॉन (CTC/BCF), विशेष धातु शुष्क पाउडर, सूखी रेत	DGT सुरक्षा मानक
05	निषेधात्मक चिह्न (Prohibition)	वृत्ताकार (Circular)	सफेद पृष्ठभूमि, लाल बॉर्डर व 45^° लाल क्रॉस	"धूम्रपान निषेध", "आग न जलाएँ", "पानी से आग न बुझाएँ"	DGT इलेक्ट्रीशियन
06	अनिवार्य चिह्न (Mandatory)	वृत्ताकार (Circular)	नीली पृष्ठभूमि पर सफेद प्रतीक चिह्न	PPE पहनना: "हेलमेट पहनें", "सुरक्षा जूते व दस्ताने पहनें"	DGT इलेक्ट्रीशियन
07	चेतावनी चिह्न (Warning)	समबाहु त्रिभुजाकार (Triangular)	पीली पृष्ठभूमि, काला बॉर्डर व काला चिह्न	"440V बिजली का खतरा", "ओवरहेड क्रेन लोड", "विषाक्त पदार्थ"	DGT इलेक्ट्रीशियन
08	सूचनात्मक चिह्न (Information)	वर्गाकार या आयताकार (Square/Rect.)	हरी पृष्ठभूमि पर सफेद प्रतीक (या लाल में अग्नि)	"प्राथमिक चिकित्सा कक्ष (+)", "आपातकालीन निकास (Exit)"	DGT इलेक्ट्रीशियन
09	कृत्रिम श्वसन: शेफर विधि (Schafer's)	पीड़ित को **पेट के बल** लिटाकर	पीठ के निचले हिस्से पर दबाव डालना	जब छाती या चेहरे पर छाले/चोट न हों	DGT सुरक्षा मानक
10	कृत्रिम श्वसन: सिल्वेस्टर विधि	पीड़ित को **पीठ के बल** लिटाकर	पीड़ित की भुजाओं को ऊपर-नीचे मोड़कर छाती दबाना	जब पेट या सीने के निचले हिस्से में घाव हो	DGT सुरक्षा मानक
11	व्यावसायिक फेफड़ा रोग (Pneumoconiosis)	धूल व रेशों के श्वसन से जनित	सिलिकोसिस (पत्थर/रेत), एस्बेस्टोसिस (एस्बेस्टस)	कोयला खदान: एंथ्राकोसिस; कपास धूल: बाइसिनोसिस	NCERT पर्यावरण
12	भारी धातु विषाक्तता रोग	औद्योगिक जल व रसायन प्रदूषण	पारा (Hg): **मिनामाता**; कैडमियम (Cd): **इटाई-इटाई**	सीसा (Pb): प्लंबिज्म (बैटरी उद्योग); नाइट्रेट: ब्लू बेबी सिंड्रोम	NCERT पर्यावरण

10.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. सोडा-एसिड अग्निशामक यंत्र (Soda-Acid Fire Extinguisher) के मुख्य बेलनाकार पात्र में **सोडियम बाइकार्बोनेट ($NaHCO_3$ - बेकिंग सोडा)** का जलीय विलयन भरा होता है और उसके ऊपरी सिरे पर एक छोटी काँच की बोतल में **सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4)** होता है। नॉब पर प्रहार करने से बोतल टूटती है और $2NaHCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2\uparrow$ अभिक्रिया से तेज दाब के साथ जल बाहर निकलता है।
2. कार्यशाला में भारी सामान को जमीन से उठाते समय कमर (रीढ़ की हड्डी) को झुकाने के बजाय **रीढ़ को सीधा रखकर घुटनों को मोड़कर** पैर की मांसपेशियों के बल से भार उठाना चाहिए ताकि स्लिप-डिस्क की चोट न लगे।

10.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (अग्निशामक सिलेंडरों की रंग पहचान पट्टी):** परीक्षा में सिलेंडर के ऊपरी हिस्से पर बनी रंगीन पट्टी (Colour Band) का प्रश्न बहुत आता है—याद रखें: **पानी = पूरा लाल, फोम (Foam) = क्रीम (Cream) पट्टी, शुष्क पाउडर (DCP) = नीली (Blue) पट्टी**, और **कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) = काली (Black) पट्टी** तथा इसके नोजल पर एक चौड़ा शंक्वाकार हॉर्न (Discharge Horn) लगा होता है!

• **जाल 2 (तेल या पेट्रोल की आग पर पानी डालना):** वर्ग B (पेट्रोल/डीजल/तेल) की आग पर पानी डालने से आग बुझने के बजाय **विस्फोटक रूप से फैल जाती है**, क्योंकि तेल का घनत्व पानी से कम होने के कारण तेल पानी के ऊपर तैरता रहता है और जलता रहता है!

• **जाल 3 (BOD और घुलित ऑक्सीजन संबंध):** जिस जल स्रोत का **जैविक ऑक्सीजन माँग (BOD - Biochemical Oxygen Demand)** जितना अधिक होता है, वह जल उतना ही **अधिक प्रदूषित** होता है और उसमें घुलित ऑक्सीजन (Dissolved Oxygen - DO) उतनी ही कम होती है!

10.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ **IUC स्मृति ट्रिक:**

• **ट्रिक 1 (आग के वर्ग A-B-C-D को 2 सेकंड में याद रखने का 'ठोस-द्रव-गैस-धातु' नियम):**
पदार्थ की भौतिक अवस्थाओं के क्रम में ही आग के वर्ग हैं:

• **Class A → ठोस (Solid):** लकड़ी, कागज, कपड़ा

• **Class B → द्रव (Liquid):** पेट्रोल, डीजल, तेल

• **Class C → गैस (Gas):** एलपीजी, सीएनजी, हाइड्रोजन

• **Class D → धातु (Metals & Electrical):** मैग्नीशियम, सोडियम व विद्युत उपकरण!

10.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #10 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 10: एक तकनीशियन गीले हाथों से (त्वचा प्रतिरोध = 1100 Ω) गलती से 220 V की चालू फेज लाइन को छू लेता है। उसके शरीर से कितनी धारा प्रवाहित होगी और क्या यह प्राणघातक है?

• **हल:** प्रवाहित धारा I = (V / R) = (220 / 1100) = 0.2 A = 200 mA। चूँकि 50 mA से अधिक की धारा हृदय गति रोक सकती है, अतः 200 mA की धारा अत्यंत प्राणघातक है (इसीलिए घरों में 30 mA ट्रिपिंग वाली RCCB/ELCB लगाई जाती है)।

मॉड्यूल 11: आईटीआई ट्रेड मास्टरक्लास भाग-1: फिटर, मशीनिस्ट, टर्नर एवं डीजल मैकेनिक (लिमिट्स-फिट्स-टॉलरेंस, लेथ, कटिंग टूल्स, 2-स्ट्रोक व 4-स्ट्रोक इंजन)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 11: आईटीआई ट्रेड मास्टरक्लास भाग-1: फिटर, मशीनिस्ट, टर्नर एवं डीजल मैकेनिक (लिमिट्स-फिट्स-टॉलरेंस, लेथ, कटिंग टूल्स, 2-स्ट्रोक व 4-स्ट्रोक इंजन)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारणात्मक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

11.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारणात्मक अवधारणा

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन परीक्षा के पार्ट-B (ट्रेड थ्योरी) तथा यांत्रिक अभियांत्रिकी अभ्यर्थियों के लिए फिटर, मशीनिस्ट, टर्नर और डीजल मैकेनिक के मानक सिद्धांत रीढ़ की हड्डी हैं (DGT डीजल मैकेनिक पाठ्यक्रम एवं DGT मशीनिस्ट पाठ्यक्रम)।

• **लिमिट्स, फिट्स एवं टॉलरेंस (IS 919):** किसी पुर्जे के बड़े पैमाने पर उत्पादन में अधिकतम अनुमत आकार (Upper Limit) और न्यूनतम अनुमत आकार (Lower Limit) के अंतर को **टॉलरेंस (Tolerance)** कहते हैं। छिद्र (Hole) और शाफ्ट (Shaft) के बीच कसाव या ढीलेपन के संबंध को **फिट (Fit)** कहते हैं, जो तीन प्रकार का होता है: **क्लीयरेंस फिट** (शाफ्ट सदैव छिद्र से छोटा), **इंटरफेरेंस फिट** (शाफ्ट सदैव छिद्र से बड़ा, जैसे रेल व्हील एक्सल फिटिंग) और **ट्रांजिशन फिट** (दोनों के टॉलरेंस क्षेत्र ओवरलैप करते हैं)।

• **कर्तन औजार एवं धातु कर्म:** हैक्सॉ ब्लेड, फाइल (रेती), चिजल (छेनी) और ट्विस्ट ड्रिल सामान्यतः **उच्च कार्बन इस्पात (High Carbon Steel - HCS)** या **हाई स्पीड स्टील (HSS: 18\% टंगस्टन + 4\% क्रोमियम + 1\% वैनेडियम)** से बनाए जाते हैं। धातु की कठोरता व भंगुरता कम करके चिमड़ापन (Toughness) बढ़ाने के लिए **टेम्परिंग (Tempering)** और मशीनेबिलिटी सुधारने के लिए **एनीलिंग (Annealing)** ऊष्मा उपचार किया जाता है।

• **डीजल एवं पेट्रोल अंतर्दहन इंजन (IC Engines):** आधुनिक भारतीय रेल डीजल लोकोमोटिव (जैसे WDM-3A, WDG-4G) **डीजल चक्र (स्थिर दाब ऊष्मा संकलन)** और **संपीडन प्रज्वलन (Compression Ignition - CI)** सिद्धांत पर कार्य करते हैं। डीजल इंजन में स्पार्क प्लग नहीं होता, बल्कि सिलेंडर में केवल शुद्ध वायु को 16:1 से 22:1 के उच्च अनुपात में संपीडित किया जाता है और गर्म हवा में फ्यूल इंजेक्टर द्वारा डीजल का महीन छिड़काव किया जाता है।

11.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

फिटर-मशीनिस्ट टॉलरेंस एवं औजार मानकों से लेकर 4-स्ट्रोक डीजल इंजन चक्र तक का 4-नोड आरेख:

[नोड 1: लिमिट्स, फिट्स व टॉलरेंस] ⟶ *[नोड 2: बेंच फिटिंग एवं कर्तन औजार]* ⟶ *[नोड 3: लेथ मशीन एवं स्क्रू थ्रेड्स]* ⟶ *[नोड 4: 4-स्ट्रोक बनाम 2-स्ट्रोक इंजन]*
| | | |
• टॉलरेंस = अधिकतम सीमा - न्यूनतम सीमा • ट्विस्ट ड्रिल बिंदु कोण: 118° (सामान्य) • लेथ बेड: ग्रे कास्ट आयरन (कंपन अवशोषक) • क्रम: सेक्शन कंप्रेशन पावर एग्जॉस्ट
• एकपार्श्वीय (Unilateral): एक ही दिशा में • सेंटर पंच: 90°; प्रिक पंच: 30° या 60° • मीट्रिक व ISO थ्रेड कोण: 60°; BSW: 55° • 4-स्ट्रोक: 2 क्रैंक चक्कर (720°) में 1 पावर
• द्विपार्श्वीय (Bilateral): ± दोनों ओर • मानक वाइस ऊँचाई: कारीगर की कोहनी के बराबर • एक्मे (Acme) थ्रेड: 29° (लेथ लीड स्क्रू) • 2-स्ट्रोक: 1 क्रैंक चक्कर (360°) में 1 पावर

• **नोड 1 विश्लेषण:** भारतीय मानक प्रणाली में छिद्र (Hole) के विचलन को अंग्रेजी के बड़े अक्षरों (जैसे **H7, H8**) और शाफ्ट (Shaft) के विचलन को छोटे अक्षरों (जैसे **g6, f7, p6**) से दर्शाया जाता है। **H7/g6** एक मानक क्लीयरेंस फिट है और **H7/p6** एक इंटरफेरेंस फिट है।

• **नोड 2 विश्लेषण:** बेंच वाइस (Bench Vice) की स्पिंडल में **बट्रेस थ्रेड (Buttress Thread - 45^°)** या स्क्वायर थ्रेड कटी होती है और इसके बॉक्स नट (Box Nut) को **गन मेटल या फॉस्फर ब्रॉन्ज** से बनाया जाता है ताकि घिसाव कम हो।

• **नोड 3 विश्लेषण:** लेथ मशीन पर टेपर टर्निंग के लिए यदि बड़ा व्यास D, छोटा व्यास d और टेपर की लंबाई l हो, तो यौगिक स्लाइड (Compound Rest) को घुमाने का अर्ध-टेपर कोण \tanα = (D - d / 2l) होता है।

• **नोड 4 विश्लेषण:** इंजन के टर्बोचार्जर (Turbocharger) को चलाने के लिए किसी बाहरी बेल्ट या गियर की आवश्यकता नहीं होती—यह इंजन से निकलने वाली **गर्म निकास गैसों (Exhaust Gases)** की ऊर्जा से घूमता है और सिलेंडर में उच्च घनत्व वाली अतिरिक्त हवा भेजकर इंजन की शक्ति 30-50\% तक बढ़ा देता है!

11.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (फिटर, मशीनिस्ट एवं आईसी इंजन न्यूमेरिकल सूत्र):
1. **टॉलरेंस एवं क्लीयरेंस सूत्र:** टॉलरेंस = उच्च सीमा (UL) - निम्न सीमा (LL) | अधिकतम क्लीयरेंस = छिद्र की UL - शाफ्ट की LL
2. **टैप ड्रिल आकार (Tap Drill Size - आंतरिक चूड़ी काटने हेतु छेद का व्यास):** TDS = मुख्य व्यास (Major Dia D) - पिच (Pitch p) (जैसे M10 × 1.5 के लिए TDS = 10 - 1.5 = 8.5 मिमी)
3. **लेथ/ड्रिलिंग कटिंग स्पीड (V):** V = (π · D · N / 1000) मीटर/मिनट (जहाँ D जॉब/ड्रिल का व्यास मिमी में और N चक्कर प्रति मिनट RPM है)
4. **इंजन विस्थापन / स्वेप्ट आयतन (V_s) एवं संपीडन अनुपात (r):** V_s = (π / 4) D^2 · L (जहाँ D बोर और L स्ट्रोक लंबाई है); संपीडन अनुपात r = \frac{V_{कुल}}{V_c} = (V_s + V_c / V_c) = 1 + (V_s / V_c) (जहाँ V_c क्लीयरेंस आयतन है)
5. **इंजन की यांत्रिक दक्षता (η_m):** $η_m = (ब्रेक शक्ति (Brake Power - BP) / सूचित शक्ति (Indicated Power - IP)) × 100\% (तथा घर्षण शक्ति FP = IP - BP$)

क्र.सं.	औजार / थ्रेड / इंजन घटक	मानक कोण / मिश्रधातु / मान	विशिष्ट अनुप्रयोग / कार्य	मुख्य परीक्षा बिंदु	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	ट्विस्ट ड्रिल बिंदु कोण (Point Angle)	118^° (मृदु इस्पात हेतु मानक)	लिप क्लीयरेंस कोण: 8^° से 12^°	कठोर धातु के लिए कोण बड़ा (130^°), नरम के लिए छोटा (90^°)	DGT मशीनिस्ट
02	सेंटर पंच बनाम प्रिक पंच	सेंटर पंच: 90^°; प्रिक पंच: 30^° व 60^°	सेंटर पंच: ड्रिल बिंदु बैठाने हेतु	30^° प्रिक पंच: डिवाइडर का नोक रखने हेतु, 60^°: विटनेस मार्क	DGT मशीनिस्ट
03	मीट्रिक व यूनिफाइड थ्रेड बनाम BSW	मीट्रिक/ISO: 60^°; BSW/BSP: 55^°	सामान्य नट-बोल्ट फास्टनर व पाइप फिटिंग	BA (ब्रिटिश एसोसिएशन) सूक्ष्म यंत्र थ्रेड कोण: **47.5^°**	DGT मशीनिस्ट
04	स्क्वायर, एक्मे व बट्रेस थ्रेड	स्क्वायर: 90^°; एक्मे: 29^°; बट्रेस: 45^°	शक्ति संचरण (Power Transmission)	एक्मे: लेथ लीड स्क्रू (हाफ नट जोड़ने में सुगम); बट्रेस: एकदिशीय भार	DGT मशीनिस्ट
05	फीलर गेज (Feeler Gauge)	पतली स्टील पत्तियों का समूह	इंजन टैपेट/वाल्व क्लीयरेंस मापन	दो मिलने वाली सतहों के बीच का सूक्ष्म गैप जाँचने हेतु	DGT डीजल मैकेनिक
06	साइन बार (Sine Bar) व स्लिप गेज	\sinθ = (h / L) (L = रोलरों के केंद्रों की दूरी)	1 मिनट तक की उच्च सटीकता से कोण मापन	स्लिप गेजों को आपस में जोड़ने की क्रिया को **रिंगिंग (Wringing)** कहते हैं	DGT मशीनिस्ट
07	पीतल (Brass) बनाम काँसा (Bronze)	पीतल: Cu + Zn; काँसा: Cu + Sn (टिन)	गन मेटल: 88\% Cu + 10\% Sn + 2\% Zn	बुश बेयरिंग व पंप इम्पेलर बनाने में प्रयुक्त	NCERT रसायन विज्ञान
08	सोल्डरिंग बनाम ब्रेजिंग	सोल्डर: Pb + Sn (< 450^°C)	ब्रेजिंग: स्पेल्टर (Cu + Zn, > 450^°C)	ऑक्सी-एसिटिलीन तटस्थ ज्वाला (Neutral Flame) ताप ≈ 3200^°C	DGT फिटर/मैकेनिक
09	पेट्रोल इंजन बनाम डीजल इंजन	पेट्रोल (SI): ओटो चक्र (r = 6:1 से 10:1)	डीजल (CI): डीजल चक्र (r = 16:1 से 22:1)	पेट्रोल गुणवत्ता: **ऑक्टेन संख्या**; डीजल गुणवत्ता: **सीटेन संख्या**	DGT डीजल मैकेनिक
10	4-सिलेंडर इंजन फायरिंग ऑर्डर	**1 - 3 - 4 - 2** (या 1 - 2 - 4 - 3)	6-सिलेंडर इनलाइन: **1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4**	क्रैंकशाफ्ट पर कंपन व भार संतुलित रखने हेतु	DGT डीजल मैकेनिक
11	पिस्टन रिंग्स (Piston Rings)	संपीडन रिंग (ऊपर) व ऑयल स्क्रैपर रिंग (नीचे)	ढलवाँ लोहा (Cast Iron) से निर्मित	दहन गैसों को क्रैंककेस में लीक होने (Blow-by) से रोकना	DGT डीजल मैकेनिक
12	फ्लाईव्हील बनाम गवर्नर	फ्लाईव्हील: प्रत्येक चक्र में गति उतार-चढ़ाव रोके	गवर्नर: लोड बदलने पर ईंधन की मात्रा नियंत्रित करे	फ्लाईव्हील पावर स्ट्रोक में ऊर्जा संचित कर शेष 3 स्ट्रोक में देता है	DGT डीजल मैकेनिक

11.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. 4-स्ट्रोक इंजन में **कैमशाफ्ट (Camshaft)** की गति सदैव **क्रैंकशाफ्ट (Crankshaft) की गति की ठीक आधी ((1 / 2))** होती है! ऐसा इसलिए होता है क्योंकि 4-स्ट्रोक इंजन में क्रैंकशाफ्ट के पूरे **2 चक्करों (720^°)** में इनलेट और एग्ज़ॉस्ट वाल्व को केवल **1 बार** ही खुलना होता है, अत: कैमशाफ्ट गियर पर दाँतों की संख्या क्रैंकशाफ्ट गियर से दोगुनी रखी जाती है।

2. ऑक्सी-एसिटिलीन गैस वेल्डिंग में **ऑक्सीजन का सिलेंडर काले रंग** का होता है जिसमें **दाएँ हाथ की चूड़ियाँ (Right-Hand Threads)** कटी होती हैं, जबकि **एसिटिलीन का सिलेंडर मैरून (लाल-भूरे) रंग** का होता है जिसमें **बाएँ हाथ की चूड़ियाँ (Left-Hand Threads)** कटी होती हैं ताकि गलती से दोनों के रेगुलेटर आपस में न बदले जा सकें!

11.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (डीजल इंजन के सक्शन स्ट्रोक में क्या अंदर आता है?):** छात्र अक्सर टिक कर देते हैं कि "सक्शन स्ट्रोक में हवा और डीजल का मिश्रण सिलेंडर में आता है"—यह 100% गलत है! याद रखें: पेट्रोल इंजन में कार्बोरेटर से हवा+पेट्रोल का मिश्रण आता है, किंतु **डीजल इंजन के सक्शन स्ट्रोक में सिलेंडर के अंदर केवल शुद्ध हवा (Only Pure Air) आती है!**

• **जाल 2 (रेती / File का आकार कहाँ से मापा जाता है?):** इंजीनियरिंग फाइल की लंबाई कभी भी उसके हैंडल (Tang) सहित नहीं मापी जाती, बल्कि सदैव **टिप (Point) से हील (Heel) तक** (बिना टेंग के) मापी जाती है!

• **जाल 3 (एकल-कट बनाम दोहरी-कट रेती में कोण):** डबल-कट (Double Cut) रेती में प्रथम कट को **ओवरकट (70^°)** और दूसरे तिरछे कट को **अपकट (51^°)** कहते हैं, जबकि सिंगल-कट रेती में दाँते केंद्र रेखा से 60^° के कोण पर कटे होते हैं।

11.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:

• **ट्रिक 1 (टॉलरेंस प्रकार पहचानने का 'चिह्न देखो' नियम):**

• यदि दोनों विचलन के चिह्न अलग-अलग हों (जैसे 50^{+0.02}_{-0.03} मिमी, अर्थात एक + और एक -) → तो यह **द्विपार्श्वीय टॉलरेंस (Bilateral Tolerance)** है और कुल टॉलरेंस दोनों को जोड़कर (0.02 + 0.03 = 0.05 मिमी) निकलेगा!

• यदि दोनों विचलन एक ही ओर हों (जैसे 50^{+0.04}_{+0.01} मिमी या 50^{+0.05}_{0.00} मिमी) → तो यह **एकपार्श्वीय टॉलरेंस (Unilateral Tolerance)** है और कुल टॉलरेंस दोनों को घटाकर (0.04 - 0.01 = 0.03 मिमी) निकलेगा!

11.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #11 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 11: एक सिंगल-सिलेंडर 4-स्ट्रोक डीजल इंजन के सिलेंडर का स्वेप्ट आयतन (V_s) 750 cm^3 है और क्लीयरेंस आयतन (V_c) 50 cm^3 है। यदि इंजन 2400 RPM पर चल रहा हो, तो (क) इंजन का संपीडन अनुपात और (ख) प्रति मिनट कुल पावर स्ट्रोक्स की संख्या ज्ञात कीजिए।

• **हल:** (क) संपीडन अनुपात r = (V_s + V_c / V_c) = (750 + 50 / 50) = (800 / 50) = 16 : 1।

• (ख) 4-स्ट्रोक इंजन में प्रत्येक 2 चक्कर में 1 पावर स्ट्रोक मिलता है, अतः प्रति मिनट पावर स्ट्रोक्स = (N / 2) = (2400 / 2) = 1200 पावर स्ट्रोक्स/मिनट।

मॉड्यूल 12: आईटीआई ट्रेड मास्टरक्लास भाग-2: इलेक्ट्रीशियन, इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक, आरएसी (RAC) एवं डिजिटल साक्षरता (अर्धचालक, डायोड, ट्रांजिस्टर, लॉजिक गेट्स, प्रशीतक व कंप्यूटर)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 12: आईटीआई ट्रेड मास्टरक्लास भाग-2: इलेक्ट्रीशियन, इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक, आरएसी (RAC) एवं डिजिटल साक्षरता (अर्धचालक, डायोड, ट्रांजिस्टर, लॉजिक गेट्स, प्रशीतक व कंप्यूटर)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा	महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)	'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स	'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

12.1 विस्तृत सैद्धांतिक एवं व्यावहारिक अवधारणा

आधुनिक रेलवे में माइक्रोप्रोसेसर-नियंत्रित लोकोमोटिव, IGBT ट्रैक्शन कन्वर्टर, स्वचालित सिग्नलिंग, कवच (KAVACH) प्रणाली, वातानुकूलित LHB कोच (HVAC) और डिजिटल कंट्रोल पैनल का व्यापक उपयोग होता है (DGT इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक पाठ्यक्रम)।

• **अर्धचालक भौतिकी एवं पी-एन संधि डायोड:** शुद्ध सिलिकॉन (Si, परमाणु क्रमांक 14, बाह्य कक्ष में 4 संयोजी इलेक्ट्रॉन) और जर्मेनियम (Ge, परमाणु क्रमांक 32) नैज अर्धचालक (Intrinsic Semiconductors) हैं। इनमें **त्रिसंयोजी अशुद्धि (समूह 13: बोरॉन, एल्युमीनियम, इंडियम, गैलियम)** मिलाने पर **P-प्रकार** अर्धचालक (बहुसंख्यक वाहक: **कोटर / Holes**) बनता है और **पंचसंयोजी अशुद्धि (समूह 15: फॉस्फोरस, आर्सेनिक, एंटीमनी)** मिलाने पर **N-प्रकार** अर्धचालक (बहुसंख्यक वाहक: **मुक्त इलेक्ट्रॉन**) बनता है।

• **दिष्टकारी (Rectifier) एवं विशेष डायोड:** एसी को डीसी में बदलने की प्रक्रिया को दिष्टकरण (Rectification) कहते हैं। **जेनर डायोड (Zener Diode)** सदैव **उत्क्रम अभिनति (Reverse Bias)** में कार्य करता है और इसका उपयोग **वोल्टेज नियामक (Voltage Regulator)** के रूप में किया जाता है।

• **डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स एवं लॉजिक गेट्स:** बाइनरी संख्या प्रणाली (आधार 2: 0 व 1) पर आधारित परिपथों में **OR, AND, NOT** मूल गेट हैं, जबकि **NAND और NOR को 'सार्वभौमिक गेट (Universal Gates)'** कहा जाता है क्योंकि केवल NAND या केवल NOR गेट की सहायता से अन्य सभी गेट बनाए जा सकते हैं।

• **प्रशीतन एवं वातानुकूलन (RAC):** प्रशीतन की मानक क्षमता **टन ऑफ रेफ्रिजरेशन (1 TR)** में मापी जाती है। 0^°C की 1 टन (1000 kg या 2000 lbs) बर्फ को 24 घंटे में 0^°C के जल में पिघलाने के लिए आवश्यक ऊष्मा निष्कासन दर को **1 TR = 3.517 kW = 211 kJ/min = 50.4 kcal/min** कहते हैं।

12.2 प्रमुख चरण एवं प्रक्रिया प्रवाह

अर्धचालक एवं डायोड-ट्रांजिस्टर से लेकर डिजिटल लॉजिक गेट्स, वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र एवं आईटी-नेटवर्किंग तक का 4-नोड आरेख:



• **नोड 1 विश्लेषण:** अर्ध-तरंग दिष्टकारी (Half-Wave Rectifier) में यदि इनपुट एसी की आवृत्ति 50 Hz हो, तो आउटपुट उर्मिका आवृत्ति (Ripple Frequency) भी **50 Hz** होती है, जबकि पूर्ण-तरंग दिष्टकारी (Center-Tap 2 डायोड या Bridge 4 डायोड) में आउटपुट रिपल आवृत्ति दोगुनी अर्थात **100 Hz** हो जाती है!

• **नोड 2 विश्लेषण:** बाइपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर (BJT) को प्रवर्धक (Amplifier) के रूप में चलाने के लिए उसकी **उत्सर्जक-आधार (E-B) संधि को अग्र अभिनत (Forward Biased)** और **संग्राहक-आधार (C-B) संधि को उत्क्रम अभिनत (Reverse Biased)** रखा जाता है (इसे सक्रिय क्षेत्र / Active Region कहते हैं)।

• **नोड 3 विश्लेषण:** वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र (VCRS) में **कंप्रेसर** निम्न दाब-निम्न ताप की वाष्प को उच्च दाब-उच्च ताप की वाष्प में बदलता है; **कंडेनसर** ऊष्मा बाहर निकालकर उसे द्रव में बदलता है; **कैपिलरी ट्यूब / विस्तार वाल्व** उसका दाब व ताप गिराता है; और **इवैपोरेटर (फ्रीजर कॉइल)** ठंडा किए जाने वाले स्थान से गुप्त ऊष्मा सोखता है।

• **नोड 4 विश्लेषण:** कंप्यूटर मेमोरी पदानुक्रम में गति का घटता क्रम **CPU रजिस्टर > कैश मेमोरी (SRAM) > मुख्य मेमोरी (DRAM) > SSD > चुंबकीय हार्ड डिस्क (HDD)** होता है।

12.3 महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स एवं मानक सारणी (1D Formula Box & Standard Table)

★ **महत्वपूर्ण सूत्र बॉक्स (इलेक्ट्रॉनिक्स, बाइनरी संख्या, प्रशीतन एवं कंप्यूटर सूत्र):**
1. **ट्रांजिस्टर धारा एवं लब्धि समीकरण:** $I_E = I_B + I_C$ | $\alpha = (I_C / I_E)$ (0.95 से 0.99) | $\beta = (I_C / I_B)$ (20 से 500) | संबंध: $\beta = (\alpha / 1 - \alpha)$ तथा $\alpha = (\beta / 1 + \beta)$
2. **प्रशीतक का निष्पादन गुणांक (Coefficient of Performance - COP):** $COP_{रेफ्रिजरेटर} = (प्रशीतन प्रभाव (Q_L) / किया गया कार्य (W)) = (T_L / T_H - T_L)$ (तथा $COP_{हीट पंप} = COP_{रेफ्रिजरेटर} + 1$)
3. **साइक्रोमेट्री (आर्द्र वायु) संबंध:** शुष्क बल्ब ताप (DBT) ≥ आर्द्र बल्ब ताप (WBT) ≥ ओसांक ताप (Dew Point - DPT) (जब सापेक्ष आर्द्रता RH = 100% होती है, तो तीनों तापमान बराबर हो जाते हैं!)
4. **मेमोरी क्षमता रूपांतरण:** 1 Nibble = 4 Bits; 1 Byte = 8 Bits; 1 KB = 2^{10} Bytes = 1024 Bytes (1 MB = 1024 KB, 1 GB = 1024 MB, 1 TB = 1024 GB)
5. **डी-मॉर्गन के बूलियन प्रमेय (De Morgan's Laws):** $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ तथा $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

क्र.सं.	इलेक्ट्रॉनिक / RAC / आईटी घटक	बूलियन व्यंजक / रासायनिक नाम / मान	सत्यता शर्त / तकनीकी विशेषता	मुख्य परीक्षा अनुप्रयोग	आधिकारिक संदर्भ स्रोत
01	AND गेट एवं OR गेट	AND: $Y = A \cdot B$; OR: $Y = A + B$	AND: सभी इनपुट 1 होने पर ही आउटपुट 1	OR: कोई भी एक इनपुट 1 होने पर आउटपुट 1	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
02	NAND गेट एवं NOR गेट	NAND: $Y = \overline{A \cdot B}$; NOR: $Y = \overline{A + B}$	दोनों **सार्वभौमिक (Universal) गेट** हैं	NAND: दोनों इनपुट 1 होने पर ही आउटपुट 0	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
03	XOR गेट (Exclusive-OR)	$Y = A \oplus B = A\overline{B} + \overline{A}B$	असमान इनपुट (0,1 या 1,0) पर आउटपुट 1	हाफ-एडर और पैरिटी चेकर परिपथ में प्रयुक्त	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
04	जेनर डायोड एवं फोटोडायोड	दोनों **उत्क्रम अभिनति (Reverse Bias)** में	जेनर: वोल्टेज रेगुलेटर; फोटोडायोड: प्रकाश सेंसर	LED (प्रकाश उत्सर्जक डायोड) सदैव **अग्र अभिनति** में	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
05	SCR (थाइरिस्टर) एवं TRIAC	SCR में 3 टर्मिनल (A, K, Gate) व 4 परतें	SCR एकदिशीय स्विच; TRIAC द्विदिशीय एसी स्विच	लोकोमोटिव व पंखे के इलेक्ट्रॉनिक गति नियंत्रक	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
06	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	MOSFET (उच्च इनपुट प्रतिबाधा) + BJT (कम हानि)	उच्च शक्ति व उच्च वोल्टेज स्विचिंग डिवाइस	आधुनिक WAP-7 / WAG-9 लोको ट्रैक्शन इन्वर्टर	Indian Railways
07	प्रशीतक R-134a (HFC)	टेट्राफ्लोरोएथेन (CH_2FCF_3)	ओजोन क्षरण क्षमता (ODP) = 0	घरेलू फ्रिज, कार AC व रेलवे कोच AC में प्रयुक्त	DGT शिल्पकार योजना
08	प्रशीतक R-717 एवं R-290 / R-600a	R-717: अमोनिया (NH_3); R-600a: आइसोब्यूटेन	R-717: बर्फ फैक्ट्री व कोल्ड स्टोरेज में प्रयुक्त	R-718 जल (H_2O) और R-744 कार्बन डाइऑक्साइड है	DGT शिल्पकार योजना
09	कैथोड किरण दोलनदर्शी (CRO)	वोल्टेज, आवृत्ति, तरंगरूप व कलांतर मापन	इनपुट सिग्नल ऊर्ध्वाधर (Y) प्लेटों पर देते हैं	क्षैतिज (X) प्लेटों पर आरादंती (Sawtooth) समय-आधार वोल्टेज	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
10	कंप्यूटर नेटवर्क प्रोटोकॉल व पोर्ट	HTTP: पोर्ट 80; HTTPS: पोर्ट 443; FTP: 20/21	IPv4 पता: 32-बिट (4 बाइट); IPv6: 128-बिट	MAC पता: 48-बिट (6 बाइट हेक्साडेसिमल, डेटा लिंक परत)	DGT आईटी पाठ्यक्रम
11	अस्थिर बनाम स्थायी मेमोरी	RAM (SRAM/DRAM): अस्थिर (Volatile)	ROM, PROM, EPROM, EEPROM, फ्लैश: स्थायी	BIOS फर्मवेयर ROM / EEPROM चिप में संग्रहीत होता है	DGT आईटी पाठ्यक्रम
12	कंपाइलर बनाम इंटरप्रेटर	उच्च स्तरीय भाषा → मशीन भाषा (0,1)	कंपाइलर: पूरा प्रोग्राम एक साथ; इंटरप्रेटर: लाइन-दर-लाइन	असेंबलर: असेंबली भाषा को मशीन कोड में बदलता है	DGT आईटी पाठ्यक्रम

12.4 'क्या आप जानते हैं?' (Did You Know?) बॉक्स

क्या आप जानते हैं?

1. यदि एक बंद कमरे के अंदर रखे हुए **रेफ्रिजरेटर (Fridge) का दरवाजा खुला छोड़ दिया जाए**, तो कमरा ठंडा होने के बजाय धीरे-धीरे **और अधिक गर्म हो जाएगा**! ऐसा इसलिए होता है क्योंकि फ्रिज का कंप्रेसर कमरे के भीतर से जितनी ऊष्मा खींचता है, उसमें अपनी विद्युत मोटर की कार्य ऊर्जा ($Q_H = Q_L + W$) जोड़कर पीछे लगे कंडेनसर कॉइल के माध्यम से वापस उसी कमरे में छोड़ देता है!

2. ट्रांजिस्टर के तीनों विन्यासों (CB, CE, CC) में **उभयनिष्ठ उत्सर्जक (Common Emitter - CE)** विन्यास का उपयोग 90\% से अधिक प्रवर्धक परिपथों में किया जाता है क्योंकि इसमें धारा लब्धि, वोल्टता लब्धि और शक्ति लब्धि तीनों उच्च होते हैं और यह इनपुट व आउटपुट सिग्नल के बीच **180^° का कलांतर (Phase Reversal)** उत्पन्न करता है।

12.5 'परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert)' बॉक्स

परीक्षा जाल सतर्कता (Exam Trap Alert):

• **जाल 1 (P-प्रकार और N-प्रकार अर्धचालक पर कुल आवेश):** यह परीक्षा का सबसे प्रसिद्ध जाल है! जब पूछा जाए कि "P-प्रकार या N-प्रकार अर्धचालक क्रिस्टल पर कुल वैद्युत आवेश क्या होता है?", तो छात्र धनात्मक या ऋणात्मक टिक कर देते हैं! याद रखें: दोनों ही प्रकार के अपद्रव्यी अर्धचालक समग्र रूप से **पूर्णतः विद्युत उदासीन (Electrically Neutral)** होते हैं क्योंकि उनमें प्रोटॉनों और इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या बराबर होती है!

• **जाल 2 (बिट प्रति सेकंड bps बनाम बाइट प्रति सेकंड Bps):** इंटरनेट स्पीड में छोटा 'b' (Mbps) **मेगाबिट्स प्रति सेकंड** होता है, जबकि फाइल डाउनलोड साइज में बड़ा 'B' (MB/s) **मेगाबाइट्स प्रति सेकंड** होता है (1 Byte = 8 Bits, अतः 80 Mbps कनेक्शन पर अधिकतम डाउनलोड स्पीड (80 / 8) = 10 MB/s होगी)!

• **जाल 3 (परम शून्य ताप पर अर्धचालक):** परम शून्य ताप (0 K या -273.15^°C) पर शुद्ध अर्धचालक (Si, Ge) में कोई मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होता और वह **पूर्ण कुचालक (Perfect Insulator)** की भाँति व्यवहार करता है!

12.6 'IUC स्मृति ट्रिक' (IUC 5-Second Shortcut Trick)

★ IUC स्मृति ट्रिक:

• **ट्रिक 1 (दशमलव से बाइनरी और बाइनरी से दशमलव 3 सेकंड में — '1-2-4-8-16-32-64-128' पट्टी):**
किसी भी बाइनरी संख्या के नीचे दाएँ से बाएँ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 लिखें और जहाँ-जहाँ 1 लिखा हो केवल उन्हें जोड़ दें!
उदाहरण: $(110101)_2 \rightarrow 32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = (53)_{10}$!

• **ट्रिक 2 (अशुद्धि मिलाने का 'P-3 / N-5' नियम):**

• **P-प्रकार = P (Pentavalent नहीं!) → संयोजी 3 (Trivalent: B, Al, Ga, In)**

• **N-प्रकार = संयोजी 5 (Pentavalent: P, As, Sb, Bi — "नाना पाटेकर ऐश्वर्या सब बिंदास")!**

12.7 हल सहित मॉडल न्यूमेरिकल उदाहरण

अभ्यास प्रश्न #12 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

उदाहरण 12: एक ट्रांजिस्टर के उभयनिष्ठ आधार (CB) विन्यास में धारा लब्धि $\alpha = 0.98$ है। यदि आधार धारा (I_B) का मान 0.2 mA हो, तो उभयनिष्ठ उत्सर्जक धारा लब्धि (β), संग्राहक धारा (I_C) तथा उत्सर्जक धारा (I_E) ज्ञात कीजिए।

• **हल:** $\beta = (\alpha / 1 - \alpha) = (0.98 / 1 - 0.98) = (0.98 / 0.02) = 49$।

• संग्राहक धारा $I_C = \beta \times I_B = 49 \times 0.2$ mA $= 9.8$ mA।

• उत्सर्जक धारा $I_E = I_B + I_C = 0.2 + 9.8 = 10.0$ mA।

भाग 2: 120-पॉइंट 'अंतिम समय त्वरित वन-लाइनर एवं सूत्र रिवीजन कैप्सूल'

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — भाग 2: 120-पॉइंट 'अंतिम समय त्वरित वन-लाइनर एवं सूत्र रिवीजन कैप्सूल'

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
खंड क: इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं ज्यामितीय मानक (बिंदु 001 से 025)	**खंड ख: मात्रक, मापन, द्रव्यमान, भार एवं घनत्व (बिंदु 026 से 045)**	**खंड ग: गति, बल, कार्य, शक्ति, ऊर्जा, ऊष्मा एवं सरल मशीनें (बिंदु 046 से 075)**	**खंड घ: विद्युत, चुंबकत्व, सुरक्षा एवं आईटीआई ट्रेड थ्योरी (बिंदु 076 से 120)**

यह विशेष कैप्सूल **IUC Academy (Inclusive Universal Careers Academy)** द्वारा रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन CBT परीक्षा से ठीक पहले 15 मिनट में संपूर्ण पाठ्यक्रम (इंजीनियरिंग ड्राइंग, बेसिक साइंस और आईटीआई ट्रेड थ्योरी) का तीव्र पुनरीक्षण करने के लिए तैयार किया गया है (**भारतीय रेल मंत्रालय**, **BIS मानक**, **NCERT** एवं **DGT** पर आधारित):

खंड क: इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं ज्यामितीय मानक (बिंदु 001 से 025)

1. **बिंदु 001:** भारतीय मानक ब्यूरो (**BIS SP 46:2003**) के अनुसार मानक इंजीनियरिंग ड्राइंग शीट की चौड़ाई और लंबाई का अनुपात सदैव **1 : √(2) (अर्थात 1 : 1.414)** होता है।

2. **बिंदु 002:** सबसे बड़ी मानक ड्राइंग शीट **A0** का क्षेत्रफल ठीक **1.0 वर्ग मीटर** होता है और इसकी कटी हुई माप (Trimmed Size) **841 मिमी × 1189 मिमी** होती है।

3. **बिंदु 003:** मानक ड्राइंग शीटों के आकार: **A1 (594 × 841 मिमी)**, **A2 (420 × 594 मिमी)**, **A3 (297 × 420 मिमी)**, **A4 (210 × 297 मिमी)** तथा **A5 (148 × 210 मिमी)** होते हैं।

4. **बिंदु 004:** एक **A0** शीट से कुल **2^1 = 2 A1 शीटें**, **2^2 = 4 A2 शीटें**, **2^3 = 8 A3 शीटें** और **2^4 = 16 A4 शीटें** प्राप्त होती हैं।

5. **बिंदु 005:** ड्राइंग बोर्ड के मानक आकार (IS 1444): **D0 (1500 × 1000 × 25 मिमी)**, **D1 (1000 × 700 × 25 मिमी)**, **D2 (700 × 500 × 15 मिमी)** और **D3 (500 × 350 × 15 मिमी)** होते हैं।

6. **बिंदु 006:** ड्राइंग शीट के निचले दाएँ कोने (Bottom Right Corner) में बनाए जाने वाले मानक **टाइटल ब्लॉक (Title Block)** की माप **185 मिमी × 65 मिमी** होती है।

7. **बिंदु 007:** ड्राइंग शीट में बाइंडिंग या पंचिंग के लिए बाईं ओर कम से कम **20 मिमी** का मार्जिन (Filing Margin) छोड़ा जाता है।

8. **बिंदु 008:** टी-स्क्वायर (T-Square) के हेड (Stock) और ब्लेड के बीच का कोण ठीक **90^°** होता है और इसका उपयोग केवल **क्षैतिज समांतर रेखाएँ** खींचने में किया जाता है।

9. **बिंदु 009:** दो मानक सेट-स्क्वायरों (45^°-45^°-90^° तथा 30^°-60^°-90^°) के संयुक्त उपयोग से **15^° के गुणज** वाला कोई भी कोण खींचा जा सकता है।

10. **बिंदु 010:** पेंसिल लीड में **केओलिन (चिकनी मिट्टी)** की मात्रा बढ़ाने से कठोरता (Hardness - H) बढ़ती है; सबसे कठोर ग्रेड **9H** और सबसे मुलायम ग्रेड **7B** होता है।

11. **बिंदु 011:** प्रारंभिक हल्की निर्माण रेखाएँ (Construction Lines) और गाइड लाइन खींचने के लिए **2H या 3H** पेंसिल तथा मुख्य रूपरेखा व अक्षरांकन के लिए **HB या H** पेंसिल प्रयुक्त होती है।

12. **बिंदु 012:** **BIS ड्राइंग मानक** के अनुसार **प्रकार A (मोटी सतत रेखा)** दृश्य बाहरी किनारों के लिए और **प्रकार B (पतली सतत रेखा)** विमांकन, प्रसार, लीडर व हैचिंग रेखाओं के लिए होती है।

13. **बिंदु 013:** वस्तु के छुपे हुए या अदृश्य भीतरी किनारों (Hidden Edges) को दर्शाने के लिए **प्रकार E या F (डैश रेखा / Dashed Line)** का प्रयोग किया जाता है।

14. **बिंदु 014:** केंद्र रेखा (Centre Line), सममिति अक्ष और गियर के पिच वृत्त को दर्शाने के लिए **प्रकार G (पतली चेन रेखा — लंबी व छोटी डैश श्रृंखला)** प्रयुक्त होती है।

15. **बिंदु 015:** सेक्शनिंग (Section Hatching) की समांतर पतली रेखाएँ मुख्य अक्ष या रूपरेखा से **45^° के कोण** पर समान दूरी (1.5 से 3 मिमी) पर खींची जाती हैं।

16. **बिंदु 016:** विमांकन रेखा (Dimension Line) के सिरों पर बने तीर के निशान (Arrowhead) की **लंबाई और चौड़ाई का अनुपात सदैव 3 : 1** होता है।

17. **बिंदु 017:** अक्षरांकन (Lettering) के **प्रकार A** में अक्षर की मोटाई d = h/14 और **प्रकार B** में d = h/10 होती है; तिरछे अक्षर क्षैतिज से 75^° (ऊर्ध्वाधर से 15^°) दाईं ओर झुके होते हैं।

18. **बिंदु 018:** विमांकन की **संरेखित प्रणाली (Aligned System)** में माप को नीचे और दाईं ओर से पढ़ा जाता है, जबकि **एकदिशीय प्रणाली (Unidirectional System)** में सभी माप सीधे नीचे से पढ़े जाते हैं।

19. **बिंदु 019:** वृत्त के व्यास के पूर्व प्रतीक ∅ **(Phi)**, त्रिज्या के पूर्व **R**, गोलाकार व्यास के पूर्व **S∅** और वर्गाकार भाग के पूर्व **\square** चिह्न लिखा जाता है।

20. **बिंदु 020: प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection)** में वस्तु को प्रेक्षक और प्रक्षेप तल के बीच रखा जाता है तथा इसमें **ऊपरी दृश्य (Top View) सदैव अग्र दृश्य (Front View) के नीचे** बनता है।

21. **बिंदु 021: तृतीय कोण प्रक्षेप (Third Angle Projection)** में पारदर्शी प्रक्षेप तल प्रेक्षक और वस्तु के बीच होता है तथा इसमें **ऊपरी दृश्य सदैव अग्र दृश्य के ऊपर** बनता है।

22. **बिंदु 022:** सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection) में तीनों अक्ष परस्पर **120^°** पर होते हैं और सममितीय लंबाई वास्तविक लंबाई की **√(2/3) ≈ 0.8165 गुना** (लगभग 81.65\%) होती है।

23. **बिंदु 023:** निरूपक भिन्न RF = (ड्राइंग पर माप / वास्तविक माप); यदि RF < 1 हो तो यह **लघुकरण स्केल (Reducing Scale)** और यदि RF > 1 हो तो यह **आवर्धक स्केल (Enlarging Scale)** कहलाता है।

24. **बिंदु 024:** शंकु परिच्छेद में **दीर्घवृत्त (Ellipse)** के लिए उत्केंद्रता e < 1, **परवलय (Parabola)** के लिए e = 1 और **अतिपरवलय (Hyperbola)** के लिए e > 1 होती है।

25. **बिंदु 025:** n भुजाओं वाले समबहुभुज के प्रत्येक अंतः कोण का मान **((n-2)× 180^° / n)** तथा कुल विकर्णों की संख्या **(n(n-3) / 2)** होती है (षट्भुज में अंतः कोण = 120^°, विकर्ण = 9)।

खंड ख: मात्रक, मापन, द्रव्यमान, भार एवं घनत्व (बिंदु 026 से 045)

26. **बिंदु 026:** SI प्रणाली में 7 **मूल मात्रक** (मीटर, किलोग्राम, सेकंड, एम्पियर, केल्विन, मोल, कैंडेला) और 2 **संपूरक मात्रक** (समतल कोण: रेडियन, घन कोण: स्टेरेडियन) होते हैं।

27. **बिंदु 027:** खगोलीय दूरी मापने का सबसे बड़ा मात्रक **पारसेक (1 Parsec = 3.26 प्रकाश वर्ष = 3.08 × 10^{16} मीटर)** है; 1 प्रकाश वर्ष = 9.46 × 10^{15} मीटर होता है।

28. **बिंदु 028:** परमाणु की त्रिज्या **एंगस्ट्रॉम (1 Å = 10^{-10} मी)** या नैनोमीटर (10^{-9} मी) में तथा नाभिक की त्रिज्या **फर्मी / फेम्टोमीटर (1 fm = 10^{-15} मी)** में मापी जाती है।

29. **बिंदु 029:** कार्य, ऊर्जा और बल-आघूर्ण (Torque) तीनों का विमीय सूत्र समान **([M^1 L^2 T^{-2}])** होता है।

30. **बिंदु 030:** दाब, प्रतिबल (Stress) और यंग प्रत्यास्थता गुणांक तीनों का विमीय सूत्र समान **([M^1 L^{-1} T^{-2}])** और मात्रक पास्कल (N/m^2) होता है।

31. **बिंदु 031:** रेखीय संवेग (p = mv) और आवेग (J = F · Δ t) दोनों का विमीय सूत्र समान **([M^1 L^1 T^{-1}])** होता है।

32. **बिंदु 032:** प्लांक नियतांक (h) और कोणीय संवेग (L = mvr) दोनों का विमीय सूत्र समान **([M^1 L^2 T^{-1}])** और मात्रक जूल-सेकंड (J·s) होता है।

33. **बिंदु 033:** मानक मीट्रिक **वर्नियर कैलिपर** का अल्पतमांक (Least Count) **0.02 मिमी** और **बाहरी माइक्रोमीटर (स्क्रू गेज)** का अल्पतमांक **0.01 मिमी** होता है।

34. **बिंदु 034:** किसी वस्तु का **द्रव्यमान (m)** अदिश राशि है जो सर्वत्र नियत रहता है, जबकि **भार (W = mg)** सदिश राशि है जिसका SI मात्रक **न्यूटन (N)** है और यह स्थान के साथ बदलता है।

35. **बिंदु 035:** पृथ्वी के **ध्रुवों (Poles) पर गुरुत्वीय त्वरण (g) अधिकतम (9.83 m/s^2)**, **विषुवत रेखा (Equator) पर न्यूनतम (9.78 m/s^2)** और **पृथ्वी के केंद्र पर शून्य (0)** होता है।

36. **बिंदु 036:** चंद्रमा पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी का **(1 / 6) गुना** होता है, अतः पृथ्वी पर 600 N भार वाली वस्तु का चंद्रमा पर भार **100 N** होगा (किंतु द्रव्यमान अपरिवर्तित रहेगा)।

37. **बिंदु 037:** यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर घूमना बंद कर दे, तो विषुवत रेखा पर वस्तुओं का भार बढ़ जाएगा (ध्रुवों पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा)।

38. **बिंदु 038:** जब लिफ्ट a त्वरण से ऊपर जाती है तो आभासी भार **m(g+a)** बढ़ जाता है, नीचे आती है तो **m(g-a)** घट जाता है और डोरी टूटने पर (a=g) **भार शून्य** हो जाता है।

39. **बिंदु 039:** शुद्ध जल का घनत्व **4^°C (277.15 K) पर अधिकतम (1000 kg/m^3 या 1 g/cm^3)** और आयतन न्यूनतम होता है।

40. **बिंदु 040:** आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) एक **मात्रकहीन और विमाहीन** राशि है: $RD = (पदार्थ का घनत्व / 4^°C पर जल का घनत्व) = (वायु में भार / जल में भार की कमी)$।

41. **बिंदु 041:** द्रव का आपेक्षिक घनत्व मापने का यंत्र **हाइड्रोमीटर (Hydrometer)**, दूध की शुद्धता मापने का यंत्र **लैक्टोमीटर** और वायुमंडलीय दाब मापने का यंत्र **बैरोमीटर** है।

42. **बिंदु 042:** पूर्णतः आवेशित (Charged) लेड-एसिड बैटरी के इलेक्ट्रोलाइट (H_2SO_4) का आपेक्षिक घनत्व **1.25 से 1.28** और डिस्चार्ज अवस्था में **1.15 से 1.18** होता है।

43. **बिंदु 043:** बर्फ का घनत्व 900 kg/m^3 होने के कारण शुद्ध जल में तैरते समय बर्फ का **(9 / 10) (90\%) भाग पानी के नीचे** और **(1 / 10) (10\%) भाग पानी के ऊपर** रहता है।

44. **बिंदु 044:** पारे (Mercury) का आपेक्षिक घनत्व **13.6** (घनत्व 13,600 kg/m^3) होता है; लोहा (RD = 7.85) पानी में डूब जाता है किंतु पारे के ऊपर तैरता है।

45. **बिंदु 045:** बैरोमीटर का पाठ्यांक अचानक गिरना **आँधी-तूफान**, धीरे-धीरे गिरना **वर्षा** और धीरे-धीरे ऊपर चढ़ना **साफ मौसम** का संकेत देता है।

खंड ग: गति, बल, कार्य, शक्ति, ऊर्जा, ऊष्मा एवं सरल मशीनें (बिंदु 046 से 075)

46. **बिंदु 046:** चाल को km/h से m/s में बदलने के लिए **(5 / 18)** से गुणा करें और m/s से km/h में बदलने के लिए **(18 / 5)** से गुणा करें।

47. **बिंदु 047:** विस्थापन-समय (s-t) ग्राफ की ढाल **वेग (v)** देती है, वेग-समय (v-t) ग्राफ की ढाल **त्वरण (a)** देती है और v-t ग्राफ का क्षेत्रफल **विस्थापन (s)** देता है।

48. **बिंदु 048:** समान त्वरण से गतिमान कण द्वारा n-वें सेकंड में तय दूरी का सूत्र **$S_n = u + (a / 2)(2n - 1)$** होता है।

49. **बिंदु 049:** समान मंदन बल लगाने पर वाहन की रुकने की दूरी प्रारंभिक वेग के वर्ग के समानुपाती होती है **($s = (u^2 / 2a) \Rightarrow s \propto u^2$)**—वेग 3 गुना करने पर ब्रेकिंग दूरी **9 गुनी** हो जाएगी।

50. **बिंदु 050:** प्रक्षेप्य को क्षैतिज से **45^°** के कोण पर फेंकने पर अधिकतम क्षैतिज परास **($R_{max} = (u^2 / g)$)** प्राप्त होता है और इस कोण पर $R_{max} = 4H$ होता है।

51. **बिंदु 051:** न्यूटन का **प्रथम नियम जड़त्व (Inertia)** को परिभाषित करता है, **द्वितीय नियम बल का व्यंजक ($F = ma = (\Delta p / \Delta t)$)** देता है और **तृतीय नियम क्रिया-प्रतिक्रिया** (रॉकेट व बंदूक प्रतिक्षेप) बताता है।

52. **बिंदु 052:** घर्षण बल का घटता क्रम: **स्थैतिक सीमांत घर्षण (Static) > सर्पी घर्षण (Sliding) > लोटनिक घर्षण (Rolling)**; बॉल बेयरिंग सर्पी घर्षण को लोटनिक घर्षण में बदलकर घर्षण घटाती है।

53. **बिंदु 053:** कार्य का सूत्र **$W = F \cdot s \cos\theta$** है; जब $\theta = 0^°$ तो कार्य अधिकतम धनात्मक, जब $\theta = 90^°$ तो **कार्य शून्य** और जब $\theta = 180^°$ तो कार्य ऋणात्मक होता है।

54. **बिंदु 054:** गतिज ऊर्जा और संवेग में संबंध **$K = (p^2 / 2m)$** है; यदि संवेग दोगुना कर दिया जाए (द्रव्यमान नियत), तो गतिज ऊर्जा **4 गुनी** हो जाती है।

55. **बिंदु 055:** 1 जूल = 10^7 अर्ग; 1 किलोवाट-घंटा (1 यूनिट) = 3.6×10^6 जूल; 1 ब्रिटिश अश्वशक्ति (HP) = 746 वाट तथा 1 मीट्रिक HP = 735.5 वाट होता है।

56. **बिंदु 056:** ताप पैमानों का रूपांतरण सूत्र **(C / 5) = (F - 32 / 9) = (K - 273.15 / 5) = (R / 4)** है; **-40^°** पर सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने बराबर पाठ्यांक देते हैं।

57. **बिंदु 057:** स्वस्थ मानव शरीर का सामान्य तापमान **37^°C = 98.6^°F = 310.15 K** होता है।

58. **बिंदु 058:** परम शून्य ताप (Absolute Zero) का मान **0 K = -273.15^°C = -459.67^°F** होता है; इससे कम तापमान भौतिक रूप से असंभव है।

59. **बिंदु 059:** जल की विशिष्ट ऊष्मा धारिता **4186 J·kg^{-1}·K^{-1} (1 cal/g·^°C)** तथा बर्फ और भाप की विशिष्ट ऊष्मा **2100 J·kg^{-1}·K^{-1} (0.5 cal/g·^°C)** होती है।

60. **बिंदु 060:** बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा **80 cal/g (336 kJ/kg)** और जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा **540 cal/g (2260 kJ/kg)** होती है।

61. **बिंदु 061:** ठोसों के रेखीय (α), क्षेत्रीय (β) और आयतन (γ) प्रसार गुणांकों का अनुपात सदैव **α : β : γ = 1 : 2 : 3** होता है।

62. **बिंदु 062:** ठोसों और पारे में ऊष्मा का संचरण **चालन (Conduction)** से, द्रवों व गैसों में **संवहन (Convection)** से तथा सूर्य से पृथ्वी तक निर्वात में **विकिरण (Radiation)** द्वारा होता है।

63. **बिंदु 063:** सरल मशीन की यांत्रिक दक्षता **η = (यांत्रिक लाभ (MA) / वेग अनुपात (VR)) × 100\%** होती है, जहाँ MA = (भार (W) / आयास (P)) और VR = (आयास विस्थापन (d_P) / भार विस्थापन (d_W)) है।

64. **बिंदु 064:** मशीन में घर्षण बढ़ने से **यांत्रिक लाभ (MA) और दक्षता (η) घटते हैं**, किंतु **वेग अनुपात (VR) सदैव अपरिवर्तित रहता है**।

65. **बिंदु 065:** स्वतः लॉकिंग (Self-Locking / अनुत्क्रमणीय) मशीन जैसे स्क्रू जैक की दक्षता सदैव **50\% से कम (η < 50\%)** होती है।

66. **बिंदु 066: प्रथम श्रेणी उत्तोलक** (आलंब F मध्य में: कैंची, प्लायर, तराजू, हैंडपंप) का यांत्रिक लाभ 1 से अधिक, 1 के बराबर या 1 से कम तीनों हो सकता है।

67. **बिंदु 067: द्वितीय श्रेणी उत्तोलक** (भार W मध्य में: सरोता, नींबू निचोड़ने की मशीन, एक पहिया ठेला) का यांत्रिक लाभ **सदैव 1 से अधिक (MA > 1)** होता है।

68. **बिंदु 068: तृतीय श्रेणी उत्तोलक** (आयास P मध्य में: चिमटा, किसान का हल, मछली पकड़ने की बंसी, मानव अग्रभुजा) का यांत्रिक लाभ **सदैव 1 से कम (MA < 1)** होता है।

69. **बिंदु 069:** स्क्रू जैक का वेग अनुपात **VR = (2π R / p)** तथा नत समतल (Inclined Plane) का वेग अनुपात **VR = (L / h) = (1 / \sinθ)** होता है।

70. **बिंदु 070:** n चल घिरनियों वाले प्रथम घिरनी तंत्र का वेग अनुपात **VR = 2^n** और कुल n घिरनियों वाले ब्लॉक एवं टैकल तंत्र का वेग अनुपात **VR = n** होता है।

71. **बिंदु 071:** वेस्टन की व्यासांतर घिरनी (Differential Pulley) का वेग अनुपात **VR = (2D / D - d)** होता है।

72. **बिंदु 072:** अवतल दर्पण (Concave Mirror) का उपयोग **लोकोमोटिव हेडलाइट, सर्चलाइट, सोलर कुकर और दंत चिकित्सक दर्पण** में होता है, जबकि **उत्तल दर्पण (Convex Mirror)** का उपयोग वाहन के **साइड रियर-व्यू मिरर** में होता है।

73. **बिंदु 073:** दर्पण सूत्र **(1 / f) = (1 / v) + (1 / u)** तथा लेंस सूत्र **(1 / f) = (1 / v) - (1 / u)** होता है; लेंस की क्षमता P = (1 / f(मीटर में)) डायोप्टर (D) होती है।

74. **बिंदु 074:** निकट दृष्टि दोष (Myopia) के निवारण हेतु **अवतल लेंस (ऋणात्मक क्षमता)** और दूर दृष्टि दोष (Hypermetropia) के निवारण हेतु **उत्तल लेंस (धनात्मक क्षमता)** प्रयुक्त होता है।

75. **बिंदु 075:** ऑप्टिकल फाइबर, हीरे की चमक और रेगिस्तान की मरीचिका **पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection - TIR)** पर आधारित हैं; लाल रंग के प्रकाश का तरंगदैर्घ्य सर्वाधिक और प्रकीर्णन सबसे कम होने से खतरे के सिग्नल लाल बनाए जाते हैं।

खंड घ: विद्युत, चुंबकत्व, सुरक्षा एवं आईटीआई ट्रेड थ्योरी (बिंदु 076 से 120)

76. **बिंदु 076:** 1 कूलॉम आवेश में **6.25 × 10^{18} इलेक्ट्रॉन** होते हैं तथा एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश -1.6 × 10^{-19} कूलॉम होता है।

77. **बिंदु 077:** चालक का प्रतिरोध **R = ρ (L / A)**; तार की लंबाई बदलकर या मोटाई बदलकर प्रतिरोध बदलता है, किंतु **विशिष्ट प्रतिरोध (ρ) केवल पदार्थ और तापमान** पर निर्भर करता है।

78. **बिंदु 078:** यदि R ओम के तार को खींचकर (Stretched) उसकी लंबाई n गुनी कर दी जाए, तो उसका नया प्रतिरोध **R' = n^2 R** हो जाता है।

79. **बिंदु 079:** धातुओं का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध बढ़ता है, जबकि **अर्धचालकों (Si, Ge), कार्बन और इलेक्ट्रोलाइट का ताप बढ़ाने पर प्रतिरोध घटता है** (ऋणात्मक ताप गुणांक - NTC)।

80. **बिंदु 080:** किरचॉफ का प्रथम नियम (**KCL: Σ I = 0**) **आवेश संरक्षण** पर और द्वितीय नियम (**KVL: Σ V = 0**) **ऊर्जा संरक्षण** पर आधारित है।

81. **बिंदु 081:** संधारित्रों (Capacitors) को समांतर क्रम में जोड़ने पर कुल धारिता **C_{eq} = C_1 + C_2** और श्रेणीक्रम में जोड़ने पर **(1 / C_{eq}) = (1 / C_1) + (1 / C_2)** होती है।

82. **बिंदु 082:** श्रेणीक्रम में जुड़े दो बल्बों में **कम वाट वाला बल्ब अधिक चमकता है,** जबकि समांतर क्रम (घरेलू वायरिंग) में **अधिक वाट वाला बल्ब अधिक चमकता है**।

83. **बिंदु 083:** एक आदर्श अमीटर का आंतरिक प्रतिरोध **शून्य (0 Ω)** और एक आदर्श वोल्टमीटर (या विभवमापी) का आंतरिक प्रतिरोध **अनंत (∞)** होता है।

84. **बिंदु 084:** विद्युत फ्यूज तार **सीसा (37\%) + टिन (63\%)** मिश्रधातु का बना होता है, जिसकी विशेषता **उच्च प्रतिरोधकता और निम्न गलनांक (Low Melting Point)** है।

85. **बिंदु 085:** भारत में घरेलू एसी सप्लाई का मानक मान **230 V (RMS) तथा आवृत्ति 50 Hz\ (± 3\%)** होती है; शिखर वोल्टेज $V_{max} = \sqrt{2} \times V_{rms} \approx 325$ V होता है।

86. **बिंदु 086:** शुद्ध प्रतिरोधक (Pure Resistive) परिपथ का शक्ति गुणांक ($\cos\varphi$) **1 (इकाई)** और शुद्ध प्रेरकीय या शुद्ध धारितीय परिपथ का शक्ति गुणांक **शून्य (0, वाटहीन धारा)** होता है।

87. **बिंदु 087:** ट्रांसफॉर्मर **अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction)** पर कार्य करता है, इसकी रेटिंग **kVA** में होती है और यह **डीसी (DC) पर कार्य नहीं करता**।

88. **बिंदु 088:** ट्रांसफॉर्मर की कोर **सिलिकॉन स्टील (3.5-4\% सिलिकॉन)** की बनाई जाती है ताकि **हिस्टैरिसीस हानि (Hysteresis Loss)** कम हो, और पत्तियों को **पटलित (Laminated)** किया जाता है ताकि **भँवर धारा हानि (Eddy Current Loss)** कम हो।

89. **बिंदु 089:** 3-फेज इंडक्शन मोटर की तुल्यकालिक गति का सूत्र **N_s = (120 f / P)** है (50 Hz पर 2 पोल = 3000 RPM, 4 पोल = 1500 RPM, 6 पोल = 1000 RPM)।

90. **बिंदु 090:** DGT सुरक्षा दिशानिर्देश के अनुसार **वर्ग A आग** (लकड़ी/कागज) को पानी से, **वर्ग B** (पेट्रोल/तेल) को फोम से, **वर्ग C** (गैस) को शुष्क पाउडर से और **वर्ग D** (धातु व विद्युत) को **CO_2, CTC या सूखी रेत** से बुझाते हैं।

91. **बिंदु 091:** चेतावनी सुरक्षा चिह्न (Warning Sign) का आकार **त्रिभुजाकार (पीली पृष्ठभूमि पर काला बॉर्डर व चिह्न)** और अनिवार्य चिह्न (Mandatory Sign) का आकार **वृत्ताकार (नीली पृष्ठभूमि पर सफेद चिह्न)** होता है।

92. **बिंदु 092:** जापानी **5S प्रणाली** के 5 चरणों का सही क्रम: **Seiri (छँटाई) → Seiton (सुव्यवस्था) → Seiso (सफाई) → Seiketsu (मानकीकरण) → Shitsuke (अनुशासन)** है।

93. **बिंदु 093:** घरेलू व औद्योगिक वायरिंग में **फेज तार लाल/पीला/नीला, न्यूट्रल तार काला (Black)** और सुरक्षा **अर्थिंग तार हरा (Green)** रंग का होता है।

94. **बिंदु 094:** होल और शाफ्ट फिट प्रणाली (IS 919) में जब शाफ्ट का आकार छिद्र से सदैव छोटा हो तो **क्लीयरेंस फिट,**
और जब शाफ्ट छिद्र से बड़ा हो तो **इंटरफेरेंस फिट** (जैसे श्रिंक फिट) बनता है।

95. **बिंदु 095:** सामान्य कार्यों के लिए मानक **ट्विस्ट ड्रिल (Twist Drill)** का बिंदु कोण (Point Angle) **118^°** तथा सेंटर पंच (Centre Punch) का कोण **90^°** होता है।

96. **बिंदु 096:** प्रिक पंच (Prick Punch) का कोण **30^°** (डिवाइडर नोक रखने हेतु) या **60^°** (मार्किंग डॉट्स हेतु) होता है।

97. **बिंदु 097:** हाई स्पीड स्टील (**HSS - 18:4:1**) में **18\% टंगस्टन, 4\% क्रोमियम और 1\% वैनेडियम** होता है।

98. **बिंदु 098:** मीट्रिक एवं ISO चूड़ी (Thread) का कोण **60^°**, ब्रिटिश स्टैंडर्ड व्हिटवर्थ (BSW) चूड़ी का कोण **55^°**, एक्मे चूड़ी (लेथ लीड स्क्रू) का कोण **29^°**, बट्रेस चूड़ी का कोण **45^°** और BA चूड़ी का कोण **47.5^°** होता है।

99. **बिंदु 099:** लेथ मशीन का बेड (Bed) **ग्रे कास्ट आयरन (Grey Cast Iron)** से बनाया जाता है क्योंकि इसमें उच्च संपीडन सामर्थ्य, स्वतः स्नेहन और कंपन सोखने (Vibration Damping) का गुण होता है।

100. **बिंदु 100:** दो मिलने वाली सतहों के बीच का सूक्ष्म अंतराल (जैसे इंजन वाल्व टैपेट क्लीयरेंस) जाँचने के लिए **फीलर गेज (Feeler Gauge)** का उपयोग किया जाता है।

101. **बिंदु 101:** इस्पात की भंगुरता (Brittleness) कम करके चिमड़ापन (Toughness) बढ़ाने की प्रक्रिया **टेम्परिंग (Tempering)** और केवल बाहरी सतह को कठोर बनाने की प्रक्रिया **केस हार्डनिंग (कार्बुराइजिंग/नाइट्राइडिंग)** कहलाती है।

102. **बिंदु 102:** आर्क वेल्डिंग में प्रयुक्त वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर एक **स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर** होता है जो उच्च वोल्टेज-निम्न धारा को **निम्न वोल्टेज (OCV 40-100 V) और उच्च धारा (100-600 A)** में बदलता है।

103. **बिंदु 103:** 4-स्ट्रोक इंजन में **2 क्रैंकशाफ्ट चक्करों (720^°)** में **1 पावर स्ट्रोक** मिलता है, जबकि 2-स्ट्रोक इंजन में **प्रत्येक 1 क्रैंकशाफ्ट चक्कर (360^°)** में **1 पावर स्ट्रोक** मिलता है।

104. **बिंदु 104:** डीजल इंजन का संपीडन अनुपात **16:1 से 22:1** और पेट्रोल इंजन का संपीडन अनुपात **6:1 से 10:1** होता है; इसीलिए डीजल इंजन की तापीय दक्षता अधिक होती है।

105. **बिंदु 105:** पेट्रोल इंजन में ईंधन-वायु मिश्रण **कार्बोरेटर (या MPFI)** द्वारा बनता है और प्रज्वलन **स्पार्क प्लग** से होता है, जबकि डीजल इंजन में प्रज्वलन संपीडित गर्म हवा में **फ्यूल इंजेक्टर** से होता है।

106. **बिंदु 106:** इंजन का **टर्बोचार्जर (Turbocharger)** इंजन से निकलने वाली **निकास गैसों (Exhaust Gases)** की ऊर्जा से चलता है और सिलेंडर में उच्च दाब की वायु भेजता है।

107. **बिंदु 107:** इंजन की यांत्रिक दक्षता का सूत्र **η_{mech} = (ब्रेक शक्ति (BP) / सूचित शक्ति (IP)) × 100\%** होता है; IP - BP = घर्षण शक्ति (FP)।

108. **बिंदु 108:** कमरे के तापमान पर **सिलिकॉन (Si) डायोड** का रोधिका विभव (Barrier Potential) **0.7 V** और **जर्मेनियम (Ge) डायोड** का **0.3 V** होता है।

109. **बिंदु 109:** अर्ध-तरंग दिष्टकारी (Half-Wave Rectifier) की अधिकतम दक्षता **40.6\%** (रिपल आवृत्ति = f) और पूर्ण-तरंग दिष्टकारी (Full-Wave Rectifier) की अधिकतम दक्षता **81.2\%** (रिपल आवृत्ति = 2f) होती है।

110. **बिंदु 110:** **जेनर डायोड (Zener Diode)** सदैव उत्क्रम अभिनति (Reverse Bias) के भंजन क्षेत्र में कार्य करता है और इसका मुख्य उपयोग **वोल्टेज रेगुलेटर (Voltage Stabilizer)** के रूप में होता है।

111. **बिंदु 111:** ट्रांजिस्टर में उत्सर्जक धारा **I_E = I_B + I_C** होती है तथा धारा प्रवर्धन गुणांकों का संबंध **β = (α / 1 - α)** होता है।

112. **बिंदु 112:** डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स में **NAND और NOR गेट** को **सार्वभौमिक गेट (Universal Logic Gates)** कहा जाता है।

113. **बिंदु 113:** प्रशीतन की इकाई **$1 टन ऑफ रेफ्रिजरेशन (1 TR) = 3.517 kW = 211 kJ/min = 50.4 kcal/min = 12,000 BTU/hr$** होती है।

114. **बिंदु 114:** हीट पंप और रेफ्रिजरेटर के निष्पादन गुणांक का संबंध सदैव **COP_{Heat Pump} = COP_{Refrigerator} + 1** होता है।

115. **बिंदु 115:** पर्यावरण अनुकूल आधुनिक प्रशीतक **R-134a (टेट्राफ्लोरोएथेन)**, **R-32** और **R-600a (आइसोब्यूटेन)** हैं जिनकी ओजोन क्षरण क्षमता (ODP) शून्य होती है; बर्फ कारखानों में **अमोनिया (R-717)** प्रयुक्त होती है।

116. **बिंदु 116:** जब वायु में सापेक्ष आर्द्रता (Relative Humidity) **100\%** हो जाती है, तो **शुष्क बल्ब ताप (DBT), आर्द्र बल्ब ताप (WBT) और ओसांक ताप (Dew Point)** तीनों बराबर हो जाते हैं।

117. **बिंदु 117:** कंप्यूटर में **1 निबल = 4 बिट्स**, **1 बाइट = 8 बिट्स** और **1 किलोबाइट (KB) = 1024 बाइट्स (2^{10} बाइट्स)** होते हैं।

118. **बिंदु 118:** CPU के भीतर स्थित **रजिस्टर और कैश मेमोरी (SRAM)** सबसे तेज मेमोरी हैं; **RAM अस्थिर (Volatile)** मेमोरी है जबकि **ROM स्थायी (Non-Volatile)** मेमोरी है जिसमें **BIOS** रहता है।

119. **बिंदु 119:** नेटवर्किंग के **OSI मॉडल में कुल 7 परतें** होती हैं; **IPv4 पता 32-बिट**, **IPv6 पता 128-बिट** और **MAC (भौतिक) पता 48-बिट** (6 बाइट हेक्साडेसिमल) का होता है।

120. **बिंदु 120:** प्रमुख कंप्यूटर शॉर्टकट कुंजियाँ: **Ctrl + C** (कॉपी), **Ctrl + V** (पेस्ट), **Ctrl + X** (कट), **Ctrl + Z** (अनडू), **Ctrl + Y** (रीडू), **F2** (फाइल रीनेम), **F5** (रिफ्रेश / स्लाइड शो) और **Alt + F4** (सक्रिय विंडो बंद करना) हैं।

भाग 3: मॉड्यूल-वार 1D मानक संदर्भ, तुलनात्मक सारणियाँ एवं रेलवे CBT हल प्रश्न बैंक

इस अनुभाग में IUC Academy (Inclusive Universal Careers Academy) के छात्रों के लिए प्रत्येक मॉड्यूल के अतिरिक्त उच्च-स्तरीय मानक आँकड़े, तुलनात्मक अंतर सारणियाँ और चरणबद्ध हल सहित संख्यात्मक प्रश्न दिए गए हैं (भारतीय रेल मंत्रालय, BIS मानक, NCERT एवं DGT के अनुसार):

अनुभाग 3.1: पेंसिल ग्रेड, स्केल प्रकार एवं ड्राइंग शीट फोल्डिंग मानक (SP 46:2003)

क्र.सं.	पेंसिल ग्रेड समूह	सम्मिलित ग्रेड (कठोर से मुलायम)	मुख्य अभियांत्रिकी उपयोग	BIS मानक अनुशंसा	आधिकारिक संदर्भ
01	अत्यंत कठोर समूह	9H, 8H, 7H, 6H, 5H, 4H	सूक्ष्म ग्राफिकल आरेखण, पत्थर व धातु लिथोग्राफी	सामान्य शीट पर बहुत गहरा दबाव न डालें	BIS SP 46:2003
02	मध्यम कठोर समूह	3H, 2H, H, F	केंद्र रेखा, सेक्शन लाइन, विमा रेखा व निर्माण रेखा	2H और 3H तकनीकी ड्राइंग में सर्वाधिक प्रयुक्त	BIS SP 46:2003
03	मध्यम मुलायम समूह	HB, B, 2B, 3B	मुख्य बाहरी रूपरेखा (Outlines), तीर शीर्ष, मुक्तहस्त स्केच व अक्षरांकन	HB और H ग्रेड मुख्य दृश्य आरेखण हेतु आदर्श	BIS SP 46:2003
04	अत्यंत मुलायम व काला	4B, 5B, 6B, 7B	कलात्मक छायांकन (Shading) एवं पोस्टर कार्य	इंजीनियरिंग ड्राइंग शीट को काला (Smudge) करने के कारण वर्जित	BIS SP 46:2003

इंजीनियरिंग स्केल के मानक अनुपात (BIS SP 46:2003)

- **पूर्ण आकार स्केल (Full Size Scale):** 1 : 1 (RF = 1) — जब पुर्जे का आकार शीट के अनुकूल हो (जैसे बोल्ट, स्पैनर, बेयरिंग)।
- **लघुकरण स्केल (Reducing Scale):** 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000 (RF < 1) — जब वस्तु बहुत विशाल हो (जैसे लोकोमोटिव बोगी, कोच लेआउट, रेलवे पुल व स्टेशन यार्ड)।
- **आवर्धक स्केल (Enlarging Scale):** 50:1, 20:1, 10:1, 5:1, 2:1 (RF > 1) — जब वस्तु अत्यंत सूक्ष्म हो (जैसे घड़ी के गियर, माइक्रोचिप पिन, इंजेक्टर नोजल छिद्र)।
- **जीवाओं की मापनी (Scale of Chords):** जब चांदा (Protractor) उपलब्ध न हो, तब **0^° से 90^° तक के कोणों को मापने या बनाने** के लिए 'स्केल ऑफ कॉर्ड्स' का प्रयोग किया जाता है।
- **वर्नियर स्केल (Vernier Scale):** इसमें दो प्रकार होते हैं—**अग्रगामी (Direct/Forward Vernier)** जिसमें (n-1) मुख्य स्केल भाग n वर्नियर भागों के बराबर होते हैं (LC = 1 MSD - 1 VSD), और **पश्चगामी (Retrograde/Backward Vernier)** जिसमें (n+1) मुख्य स्केल भाग n वर्नियर भागों के बराबर होते हैं (LC = 1 VSD - 1 MSD)।

अनुभाग 3.2: यांत्रिक गुणधर्म (Mechanical Properties of Materials) एवं ऊष्मा उपचार मानक

प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT तथा BIS मानक के अनुसार रेलवे पुर्जों के चयन में धातुओं के निम्नलिखित यांत्रिक गुण निर्णायक होते हैं:

क्र.सं.	धातु का यांत्रिक गुण	वैज्ञानिक परिभाषा	सर्वाधिक गुण वाली धातु / पदार्थ	रेलवे एवं कार्यशाला उदाहरण	आधिकारिक संदर्भ
01	प्रत्यास्थता (Elasticity)	बाह्य बल हटाने पर अपनी मूल आकृति वापस प्राप्त करने का गुण	इस्पात (Steel) — रबर से अधिक प्रत्यास्थ!	लोकोमोटिव सस्पेंशन कॉइल व लीफ स्प्रिंग	NCERT विज्ञान

क्र.सं.	धातु का यांत्रिक गुण	वैज्ञानिक परिभाषा	सर्वाधिक गुण वाली धातु / पदार्थ	रेलवे एवं कार्यशाला उदाहरण	आधिकारिक संदर्भ
02	सुघट्यता (Plasticity)	बल हटाने पर भी स्थायी विरूपण बनाए रखने का गुण	सीसा (Lead), गर्म लोहा, गीली मिट्टी	फोर्जिंग, स्टैम्पिंग व सिक्का निर्माण	DGT मशीनिस्ट
03	तन्यता (Ductility)	बिना टूटे खींचकर पतले तार (Wire) के रूप में बदले जाने का गुण	सोना (Gold) > चाँदी > प्लैटिनम > ताँबा	विद्युत केबल व ओवरहेड ट्रैक्शन तार	NCERT रसायन विज्ञान
04	आघातवर्धनीयता (Malleability)	हथौड़े से पीटने या रोलिंग करने पर पतली चादर (Sheet) बनने का गुण	सोना (Gold) > चाँदी > एल्युमीनियम > ताँबा	कोच की बाहरी बॉडी शीट व बॉयलर प्लेट	NCERT रसायन विज्ञान
05	कठोरता (Hardness)	खरोंच (Scratch), घिसाव और अन्य धातु द्वारा भेदन का विरोध करने का गुण	हीरा (Diamond), टंगस्टन कार्बाइड, HSS	लेथ कटिंग टूल, ड्रिल बिट व रेती (File)	DGT मशीनिस्ट
06	भंगुरता (Brittleness)	चोट या झटका लगने पर बिना मुड़े अचानक टुकड़ों में टूट जाने का गुण	ढलवाँ लोहा (Cast Iron), काँच, चीनी मिट्टी	मशीन बेड (कंपन सहता है पर झटका नहीं)	DGT मशीनिस्ट
07	चिमड़ापन (Toughness)	टूटने से पहले अचानक लगने वाले झटकों (Shock / Impact Load) को सहने का गुण	पिटवाँ लोहा (Wrought Iron), मैंगनीज स्टील	क्रेन हुक, ट्रेन कपलिंग (CBC) व रेल क्रॉसिंग	DGT मशीनिस्ट
08	श्रांति प्रतिरोध (Fatigue Resistance)	बार-बार लगने वाले चक्रीय व परिवर्ती भार (Cyclic Load) को सहने का गुण	वैनेडियम मिश्रित क्रोम-स्टील	लोकोमोटिव क्रैंकशाफ्ट, कनेक्टिंग रॉड व एक्सल	DGT डीजल मैकेनिक
09	क्रीप (Creep)	उच्च तापमान पर लंबे समय तक नियत प्रतिबल के अधीन धीरे-धीरे स्थायी विरूपण	निकेल-क्रोमियम सुपरअलॉय (क्रीप रोधी)	टर्बोचार्जर ब्लेड व भाप टरबाइन रोटर	DGT डीजल मैकेनिक
10	कठोरता परीक्षण विधियाँ	ब्रिनेल (BHN), रॉकवेल (HRC/HRB) एवं विकर्स (VHN)	रॉकवेल C में 120^° हीरे का शंकु (Brale) प्रयुक्त	विकर्स में 136^° वर्गाकार आधार वाला हीरा पिरामिड	DGT मशीनिस्ट

अनुभाग 3.3: लोह-कार्बन मिश्रधातु एवं इस्पात ऊष्मा उपचार (Heat Treatment of Steel)

• **ढलवाँ लोहा (Cast Iron):** इसमें कार्बन की मात्रा **2.0\% से 4.5\%** तक होती है। इसे क्यूपोला भट्टी (Cupola Furnace) में तैयार किया जाता है। इसकी संपीडन सामर्थ्य (Compressive Strength) बहुत उच्च होती है किंतु यह भंगुर होता है, इसलिए इसकी फोर्जिंग नहीं की जा सकती।

• **पिटवाँ लोहा (Wrought Iron):** यह लोहे का **सबसे शुद्ध व्यावसायिक रूप** है जिसमें कार्बन की मात्रा मात्र **0.02\% से 0.08\%** होती है। इसे पुडलिंग भट्टी (Puddling Furnace) में बनाया जाता है। यह अत्यंत आघातवर्धनीय, चिमड़ा और जंग-रोधी होता है; इससे क्रेन की चेन और हुक बनाए जाते हैं।

• **इस्पात (Steel):** इसमें कार्बन की मात्रा **0.15\% से 1.5\%** तक होती है:

1. **मृदु इस्पात (Mild Steel / Low Carbon Steel):** कार्बन 0.15\% से 0.30\% (नट-बोल्ट, चादर, सरिया, संरचनात्मक चैनल)।

2. **मध्यम कार्बन इस्पात (Medium Carbon Steel):** कार्बन 0.30\% से 0.60\% (रेल एक्सल, क्रैंकशाफ्ट, गियर, हथौड़ा, कृषि औजार)।

3. **उच्च कार्बन इस्पात (High Carbon Steel - HCS):** कार्बन 0.60\% से 1.5\% (छैनी, रेती, हैक्सॉ ब्लेड, ड्रिल, टैप, डाई, स्प्रिंग)।

• **ऊष्मा उपचार की 4 प्रमुख प्रक्रियाएँ (DGT फिटर/मशीनिस्ट):**

1. **एनीलिंग (Annealing):** स्टील को क्रांतिक तापमान (723^°C - 910^°C) से ऊपर गर्म करके **भट्टी के भीतर ही राख या चूने में दबाकर बहुत धीरे-धीरे ठंडा करना**। उद्देश्य: धातु को नरम (Soft) बनाना ताकि उस पर आसानी से मशीनिंग हो सके और आंतरिक प्रतिबल समाप्त हो जाएँ।

2. **नॉर्मलाइजिंग (Normalizing):** स्टील को क्रांतिक तापमान से ऊपर गर्म करके **स्थिर खुली हवा (Still Room Air) में ठंडा करना**। उद्देश्य: हथौड़े से पीटने या वेल्डिंग के बाद बिगड़ी हुई आंतरिक कण संरचना (Grain Structure) को पुनः एकसमान और महीन बनाना।

3. **हार्डनिंग (Hardening / Quenching):** स्टील को क्रांतिक ताप से ऊपर गर्म करके **पानी, ब्राइन (नमक का घोल) या खनिज तेल में डुबोकर अचानक तेजी से ठंडा करना**। इससे ऑस्टेनाइट अत्यंत कठोर व भंगुर **मार्टेंसाइट (Martensite)** संरचना में बदल जाता है।

4. **टेम्परिंग (Tempering):** हार्डनिंग किए गए औजार को निचले क्रांतिक ताप से नीचे (200^°C - 400^°C) पुन: गर्म करके नियंत्रित रूप से ठंडा करना। उद्देश्य: हार्डनिंग से उत्पन्न अत्यधिक भंगुरता (Brittleness) को कम करना और औजार में **चिमड़ापन (Toughness)** लाना।

अनुभाग 3.4: प्रमुख संवेदक (Sensors), ट्रांसड्यूसर एवं विद्युत मापन यंत्र

क्र.सं.	मापन यंत्र / ट्रांसड्यूसर	कार्य सिद्धांत / आंतरिक अवयव	क्या मापता है / मुख्य उपयोग	परीक्षा विशेष बिंदु	आधिकारिक संदर्भ
01	मेगर (Megger)	हस्त-चालित डीसी जनरेटर + ओममीटर	केबल व मोटर का **उच्च इंसुलेशन प्रतिरोध (MΩ)**	सामान्यत: 500 V या 1000 V डीसी उत्पन्न करता है	DGT इलेक्ट्रीशियन
02	क्लैंप मीटर (Tong Tester)	धारा ट्रांसफॉर्मर (CT - एकल टर्न प्राथमिक)	**चालू लाइन को काटे बिना** एसी धारा मापन	इलेक्ट्रीशियन द्वारा फॉल्ट ट्रेसिंग में सर्वाधिक प्रयुक्त	DGT इलेक्ट्रीशियन
03	स्थायी चुंबक चल कुंडली (PMMC)	डार्सनवल गैल्वेनोमीटर सिद्धांत	**केवल डीसी (DC)** धारा व वोल्टेज मापन	इसका पैमाना पूर्णत: एकसमान (Linear Scale) होता है	DGT इलेक्ट्रीशियन
04	चल लौह यंत्र (Moving Iron - MI)	आकर्षण या प्रतिकर्षण चुंबकीय बल	**एसी और डीसी दोनों (AC & DC)** का RMS मान	इसका पैमाना अ-रेखीय (Cramped at start) होता है	DGT इलेक्ट्रीशियन
05	इलेक्ट्रोडायनेमोमीटर (Dynamometer)	दो स्थिर कुंडलियाँ (CC) + एक चल कुंडली (PC)	एसी व डीसी दोनों में **शक्ति (Wattmeter)** मापन	P = VI\cosφ के समानुपाती विक्षेप देता है	DGT इलेक्ट्रीशियन
06	प्रेरण प्रकार ऊर्जा मीटर (Energy Meter)	विद्युत-चुंबकीय प्रेरण व भँवर धारा ब्रेकिंग	किलोवाट-घंटा (kWh) में कुल ऊर्जा खपत	एल्युमीनियम डिस्क में छिद्र **क्रीपिंग त्रुटि (Creeping)** रोकते हैं	DGT इलेक्ट्रीशियन
07	ताप-युग्म (Thermocouple)	सीबेक प्रभाव (Seebeck Effect)	दो भिन्न धातुओं की संधि के तापांतर से EMF	इंजन एग्जॉस्ट गैस तापमान (-200^°C से 1600^°C) मापन	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
08	थर्मिस्टर (Thermistor) व RTD	ताप के साथ प्रतिरोध परिवर्तन	थर्मिस्टर: NTC (अर्धचालक); RTD: PTC (प्लैटिनम PT-100)	0^°C पर PT-100 सेंसर का प्रतिरोध ठीक 100 Ω होता है	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
09	LVDT (Linear Variable Diff. Trans.)	प्रेरणिक ट्रांसड्यूसर (Inductive)	रेखीय यांत्रिक विस्थापन को विद्युत वोल्टेज में बदलना	सस्पेंशन और वाल्व लिफ्ट सेंसिंग में प्रयुक्त	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
10	पीजोइलेक्ट्रिक क्रिस्टल (Quartz)	दाब-विद्युत प्रभाव (Piezoelectric)	यांत्रिक दाब/कंपन को वोल्टेज में बदलना	इंजन नॉकिंग सेंसर, डिजिटल घड़ी व सोनार (SONAR)	DGT इलेक्ट्रॉनिक्स
11	टैकोमीटर (Tachometer)	यांत्रिक स्ट्रोबोस्कोप या डीसी जनरेटर	घूमती शाफ्ट की **चक्कर प्रति मिनट (RPM) गति**	लोकोमोटिव ट्रैक्शन मोटर व इंजन क्रैंकशाफ्ट स्पीड	DGT डीजल मैकेनिक
12	ग्रोलर (Growler)	विद्युत-चुंबकीय प्रेरण ट्रांसफॉर्मर सिद्धांत	डीसी आर्मेचर वाइंडिंग में **शॉर्ट-सर्किट व ओपन फॉल्ट** जाँचना	आर्मेचर स्लॉट के ऊपर हैक्सॉ ब्लेड रखकर कंपन देखा जाता है	DGT इलेक्ट्रीशियन

अनुभाग 3.5: रेलवे एएलपी (ALP) एवं टेक्नीशियन CBT-2 उच्च-स्तरीय हल प्रश्न बैंक (Solved Master Problems)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — अनुभाग 3.5: रेलवे एएलपी (ALP) एवं टेक्नीशियन CBT-2 उच्च-स्तरीय हल प्रश्न बैंक (Solved Master Problems)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
प्रश्न 01 (इंजीनियरिंग ड्राइंग - स्केल एवं RF)	**प्रश्न 02 (मापन एवं सूक्ष्ममापी - माइक्रोमीटर)**	**प्रश्न 03 (द्रव्यमान, भार एवं उत्प्लावकता)**	**प्रश्न 04 (शुद्धगतिकी एवं सापेक्ष रेल गति)**

प्रश्न 01 (इंजीनियरिंग ड्राइंग - स्केल एवं RF)

अभ्यास प्रश्न #13 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक मानचित्र पर 125 वर्ग किलोमीटर के रेलवे यार्ड क्षेत्र को 5 वर्ग सेंटीमीटर के आयत द्वारा दर्शाया गया है। इस स्केल का निरूपक भिन्न (RF) ज्ञात कीजिए और बताइए कि 60 किलोमीटर की अधिकतम दूरी मापने के लिए स्केल की लंबाई (LOS) कितनी रखनी होगी?

• **चरणबद्ध हल:**

1. ड्राइंग पर क्षेत्रफल = 5 सेमी^2 तथा वास्तविक क्षेत्रफल = 125 किमी^2 = 125 × (10^5 सेमी)^2 = 125 × 10^{10} सेमी^2।

2. क्षेत्रफल अनुपात = (5 / 125 × 10^{10)} = (1 / 25 × 10^{10)}।

3. चूँकि RF = √(क्षेत्रफल अनुपात), अत: RF = √(\frac{1}{25 × 10^{10}}} = (1 / 5 × 10^5) = (1 / 500000)।

4. स्केल की लंबाई (LOS) = RF × अधिकतम वास्तविक लंबाई = (1 / 500000) × 60 × 100000 सेमी = 12 सेमी।

• **उत्तर:** RF = 1 : 500000, तथा स्केल की लंबाई = 12 सेमी।

प्रश्न 02 (मापन एवं सूक्ष्ममापी - माइक्रोमीटर)

अभ्यास प्रश्न #14 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक बाहरी माइक्रोमीटर (अल्पतमांक = 0.01 मिमी) में जब दोनों एनविल आपस में स्पर्श करते हैं, तो थिम्बल का शून्य निशान डेटम रेखा से 3 भाग नीचे (पीछे) रह जाता है। जब इससे एक पिस्टन पिन का व्यास मापा जाता है, तो मुख्य स्केल पर 15.5 मिमी दिखता है और थिम्बल का 38वाँ भाग डेटम रेखा से मिलता है। पिन का सही व्यास ज्ञात कीजिए।

• **चरणबद्ध हल:**

1. चूँकि शून्य निशान डेटम रेखा से 3 भाग पीछे रह जाता है, अत: **धनात्मक शून्यांक त्रुटि (Positive Zero Error)** = +3 × 0.01 = +0.03 मिमी।

2. प्रेक्षित पाठ्यांक = MSR + (TSR × LC) = 15.5 + (38 × 0.01) = 15.5 + 0.38 = 15.88 मिमी।

3. सही पाठ्यांक = प्रेक्षित पाठ्यांक - (शून्यांक त्रुटि) = 15.88 - (+0.03) = 15.85 मिमी।

• **उत्तर:** 15.85 मिमी।

प्रश्न 03 (द्रव्यमान, भार एवं उत्प्लावकता)

अभ्यास प्रश्न #15 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: लकड़ी का एक घनाकार ब्लॉक जल में इस प्रकार तैरता है कि उसके कुल आयतन का (3 / 5) भाग जल के भीतर डूबा रहता है। जब उसी ब्लॉक को एक अज्ञात खनिज तेल में तैराया जाता है, तो उसका (3 / 4) भाग तेल के भीतर डूबता है। लकड़ी का घनत्व तथा खनिज तेल का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

• **चरणबद्ध हल:**

1. प्लवन के नियम से: \frac{V_{डूबा}}{V_{कुल}} = \frac{ρ_{वस्तु}}{ρ_{द्रव}}।

2. जल (ρ_{जल} = 1000 kg/m^3) के लिए: (3 / 5) = \frac{ρ_{लकड़ी}}{1000} ⇒ ρ_{लकड़ी} = 600 kg/m^3।

3. खनिज तेल के लिए: $(3 / 4) = \frac{ρ_{लकड़ी}}{ρ_{तेल}} = (600 / ρ_{तेल)} ⇒ ρ_{तेल} = (600 × 4 / 3) = 800 kg/m^3$।

4. अत: तेल का आपेक्षिक घनत्व = (800 / 1000) = 0.80।

• **उत्तर:** लकड़ी का घनत्व = 600 kg/m^3, तथा तेल का आपेक्षिक घनत्व = 0.80।

प्रश्न 04 (शुद्धगतिकी एवं सापेक्ष रेल गति)

अभ्यास प्रश्न #16 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: 180 मीटर लंबी एक एक्सप्रेस ट्रेन 90 km/h की चाल से चल रही है। विपरीत दिशा से आ रही 120 मीटर लंबी एक मालगाड़ी जो 54 km/h की चाल से चल रही है, को यह एक्सप्रेस ट्रेन कितने समय में पूरी तरह पार कर लेगी?

• **चरणबद्ध हल:**

1. पार करने के लिए कुल आवश्यक सापेक्ष दूरी D = L_1 + L_2 = 180 + 120 = 300 मीटर।
2. चूँकि दोनों ट्रेनें विपरीत दिशा में चल रही हैं, अतः सापेक्ष चाल v_{rel} = v_1 + v_2 = 90 + 54 = 144 km/h।
3. m/s में सापेक्ष चाल = 144 × (5 / 18) = 8 × 5 = 40 m/s।
4. पार करने में लगा समय t = (D / v_{rel)} = (300 / 40) = 7.5 सेकंड।

• **उत्तर:** 7.5 सेकंड।

प्रश्न 05 (कार्य, शक्ति एवं संवेग-गतिज ऊर्जा)

अभ्यास प्रश्न #17 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: 2000 kg द्रव्यमान के एक वैगन की चाल को 18 km/h से बढ़ाकर 54 km/h करने के लिए शंटिंग इंजन को कुल कितना कार्य करना पड़ेगा?

• **चरणबद्ध हल:**

1. प्रारंभिक वेग u = 18 × (5 / 18) = 5 m/s; अंतिम वेग v = 54 × (5 / 18) = 15 m/s।
2. कार्य-ऊर्जा प्रमेय के अनुसार किया गया कार्य W = Δ K = (1 / 2)m(v^2 - u^2)।
3. $W = (1 / 2) × 2000 × (15^2 - 5^2) = 1000 × (225 - 25) = 1000 × 200 = 200,000 जूल = 200 किलो-जूल (kJ)$।

• **उत्तर:** 200 kJ।

प्रश्न 06 (ऊष्मा एवं कैलोरीमिति)

अभ्यास प्रश्न #18 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: -10^°C तापमान वाली 50 ग्राम बर्फ को 100^°C की भाप में पूरी तरह बदलने के लिए कुल कितने कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होगी? (बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा = 0.5 cal/g·^°C, बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 cal/g, जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 cal/g·^°C, भाप की गुप्त ऊष्मा = 540 cal/g)

• **चरणबद्ध हल:**

1. **चरण 1 (-10^°C बर्फ से 0^°C बर्फ):** Q_1 = m · c_{ice} · Δ T = 50 × 0.5 × 10 = 250 cal।
2. **चरण 2 (0^°C बर्फ से 0^°C जल — गलन):** Q_2 = m · L_f = 50 × 80 = 4000 cal।
3. **चरण 3 (0^°C जल से 100^°C जल):** Q_3 = m · c_{water} · Δ T = 50 × 1 × 100 = 5000 cal।
4. **चरण 4 (100^°C जल से 100^°C भाप — वाष्पन):** Q_4 = m · L_v = 50 × 540 = 27000 cal।
5. **कुल आवश्यक ऊष्मा (Q):** Q = 250 + 4000 + 5000 + 27000 = 36,250 कैलोरी = 36.25 किलो-कैलोरी (kcal)।

• **उत्तर:** 36,250 कैलोरी (36.25 kcal)।

प्रश्न 07 (सरल मशीन एवं उत्तोलक संतुलन)

अभ्यास प्रश्न #19 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक 2 मीटर लंबी दृढ़ उत्तोलक छड़ के एक सिरे से 40 सेमी की दूरी पर आलंब (Fulcrum) लगाया गया है। यदि छोटे सिरे पर 600 N का भार लटकाया जाए, तो छड़ को क्षैतिज संतुलन में रखने के लिए दूसरे सिरे पर कितना आयास (बल) लगाना होगा तथा इस उत्तोलक का यांत्रिक लाभ क्या है?

• **चरणबद्ध हल:**

1. कुल लंबाई = 2 मी = 200 सेमी। भार भुजा (L_W) = 40 सेमी।
2. चूँकि आलंब बीच में है (प्रथम श्रेणी उत्तोलक), अतः आयास भुजा (L_P) = 200 - 40 = 160 सेमी।
3. आघूर्ण के सिद्धांत से: W × L_W = P × L_P ⇒ 600 × 40 = P × 160 ⇒ P = (24000 / 160) = 150 न्यूटन।
4. यांत्रिक लाभ (MA) = (W / P) = (600 / 150) = 4 (या (L_P / L_W) = (160 / 40) = 4)।

• **उत्तर:** आवश्यक आयास = 150 N, तथा यांत्रिक लाभ (MA) = 4।

प्रश्न 08 (विद्युत परिपथ एवं व्हीटस्टोन-समांतर नेटवर्क)

अभ्यास प्रश्न #20 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक विद्युत बैटरी जिसका विद्युत वाहक बल (EMF) 12 V और आंतरिक प्रतिरोध 1 Ω है, को 6 Ω और 3 Ω के दो समांतर प्रतिरोधों के संयोजन से जोड़ा जाता है। बैटरी से निकलने वाली कुल धारा तथा बाह्य परिपथ के सिरों पर टर्मिनल वोल्टेज (V) ज्ञात कीजिए।

• **चरणबद्ध हल:**

1. बाह्य समांतर प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध R_{ext} = (6 × 3 / 6 + 3) = (18 / 9) = 2 Ω।
2. परिपथ का कुल प्रतिरोध R_{total} = R_{ext} + r = 2 + 1 = 3 Ω।
3. बैटरी से प्रवाहित कुल धारा I = (E / R_{total)} = (12 / 3) = 4 एम्पियर।
4. टर्मिनल वोल्टेज V = E - I · r = 12 - (4 × 1) = 8 वोल्ट (या V = I · R_{ext} = 4 × 2 = 8 वोल्ट)।

• **उत्तर:** कुल धारा = 4 A, तथा टर्मिनल वोल्टेज = 8 V।

प्रश्न 09 (ट्रांसफॉर्मर एवं प्रेरण मोटर)

अभ्यास प्रश्न #21 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक 25 kV / 250 V स्टेप-डाउन ऑक्जिलरी ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुंडली में 50 फेरे (Turns) हैं। यदि द्वितीयक कुंडली से 100 A की धारा ली जा रही हो और ट्रांसफॉर्मर को आदर्श माना जाए, तो प्राथमिक कुंडली में फेरों की संख्या (N_1) तथा प्राथमिक धारा (I_1) ज्ञात कीजिए।

• **चरणबद्ध हल:**

1. दिया है: V_1 = 25 kV = 25000 V, V_2 = 250 V, N_2 = 50, I_2 = 100 A।
2. ट्रांसफॉर्मर अनुपात से: $(N_1 / N_2) = (V_1 / V_2) ⇒ (N_1 / 50) = (25000 / 250) = 100 ⇒ N_1 = 50 × 100 = 5000 फेरे$।
3. धारा संबंध से: (I_1 / I_2) = (V_2 / V_1) = (1 / 100) ⇒ I_1 = (100 / 100) = 1 एम्पियर।

• **उत्तर:** प्राथमिक फेरे N_1 = 5000, तथा प्राथमिक धारा I_1 = 1 A।

प्रश्न 10 (फिटर /मशीनिस्ट - लेथ कटिंग स्पीड एवं टैप ड्रिल)

अभ्यास प्रश्न #22 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न: एक लेथ मशीन पर 70 मिमी व्यास की मृदु इस्पात की छड़ को 22 मीटर/मिनट की कटिंग स्पीड से टर्न किया जाना है। लेथ स्पिंडल को कितने चक्कर प्रति मिनट (RPM) पर चलाना होगा? साथ ही M12 × 1.75 आंतरिक चूड़ी के लिए टैप ड्रिल आकार (TDS) भी बताएँ।

- **चरणबद्ध हल:**

1. कटिंग स्पीड सूत्र: V = (π · D · N / 1000) ⇒ 22 = (\frac{22 / 7) × 70 × N}{1000} = (220 × N / 1000)।
2. अत: N = (22 × 1000 / 220) = 100 RPM।
3. M12 × 1.75 के लिए टैप ड्रिल आकार (TDS) = D - p = 12 - 1.75 = 10.25 मिमी।

- **उत्तर:** स्पिंडल गति = 100 RPM, तथा टैप ड्रिल आकार = 10.25 मिमी।

अनुभाग 3.6: रेलवे लोकोमोटिव नामकरण प्रणाली एवं तकनीकी विनिर्देश (Indian Railways)

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन परीक्षा में लोकोमोटिव के वर्गीकरण कोड (जैसे **WDM-3A, WAG-9, WAP-7**) का अर्थ बार-बार पूछा जाता है:

- **प्रथम अक्षर (गेज चौड़ाई - Gauge):**
- **W** = Wide / Broad Gauge (ब्रॉड गेज: 1676 मिमी या 5 फीट 6 इंच)
- **Y** = Metre Gauge (मीटर गेज: 1000 मिमी)
- **Z** = Narrow Gauge (नैरो गेज: 762 मिमी या 2 फीट 6 इंच)
- **N** = Narrow / Toy Train Gauge (610 मिमी या 2 फीट)
- **द्वितीय अक्षर (शक्ति स्रोत - Motive Power):**
- **D** = Diesel (डीजल इंजन)
- **C** = DC Electric (दिष्ट धारा ट्रैक्शन)
- **A** = AC Electric (25 kV प्रत्यावर्ती धारा ट्रैक्शन)
- **CA** = Dual Current (DC एवं AC दोनों पर चलने योग्य)
- **B** = Battery Electric (बैटरी चालित शंटिंग लोको)
- **तृतीय अक्षर (सेवा का प्रकार - Load / Duty Type):**
- **P** = Passenger (केवल यात्री गाड़ियों हेतु उच्च गति लोको, जैसे **WAP-5, WAP-7, WDP-4D**)
- **G** = Goods (केवल भारी मालगाड़ियों हेतु उच्च टॉर्क लोको, जैसे **WAG-9, WAG-12B, WDG-4G**)
- **M** = Mixed (यात्री और मालगाड़ी दोनों के लिए मिश्रित लोको, जैसे **WDM-3A, WAM-4**)
- **S** = Shunting (यार्ड में कोच व वैगन जोड़ने-अलग करने हेतु शंटिंग लोको, जैसे **WDS-6**)

क्र.सं.	प्रमुख भारतीय रेल लोकोमोटिव	पूर्ण तकनीकी अर्थ	अश्वशक्ति (HP) व तकनीक	निर्माण इकाई / विशेष तथ्य	आधिकारिक संदर्भ
01	**WAP-7**	ब्रॉड गेज, एसी इलेक्ट्रिक, पैसेंजर	6000 HP, 3-फेज IGBT, रीजेनरेटिव ब्रेक	चितरंजन लोकोमोटिव वर्क्स (CLW) — राजधानी/शताब्दी का मुख्य लोको	Indian Railways

क्र.सं.	प्रमुख भारतीय रेल लोकोमोटिव	पूर्ण तकनीकी अर्थ	अश्वशक्ति (HP) व तकनीक	निर्माण इकाई / विशेष तथ्य	आधिकारिक संदर्भ
02	**WAP-5**	ब्रॉड गेज, एसी इलेक्ट्रिक, पैसेंजर	5400 / 6000 HP, Bo-Bo एक्सल विन्यास	160 km/h से 200 km/h क्षमता (अमृत भारत पुश-पुल में प्रयुक्त)	Indian Railways
03	**WAG-9 / WAG-9H**	ब्रॉड गेज, एसी इलेक्ट्रिक, गुड्स	6000 HP (WAG-9HH: 9000 HP), Co-Co बोगी	भारी मालगाड़ियों के लिए भारतीय रेल का कार्यवाहक (Workhorse)	Indian Railways
04	**WAG-12B**	ब्रॉड गेज, एसी इलेक्ट्रिक, ट्विन-गुड्स	**12,000 HP** (9000 kW), Bo-Bo + Bo-Bo (8 एक्सल)	मधेपुरा इलेक्ट्रिक लोको फैक्ट्री (बिहार) — भारत का सबसे शक्तिशाली लोको	Indian Railways
05	**WDG-4G / WDG-6G**	ब्रॉड गेज, डीजल-इलेक्ट्रिक, गुड्स	4500 HP (4G) एवं 6000 HP (6G), 4-स्ट्रोक टर्बो इंजन	मढ़ौरा डीजल लोकोमोटिव फैक्ट्री — उत्सर्जन मानक अनुपालक	Indian Railways
06	**WDP-4D**	ब्रॉड गेज, डीजल-इलेक्ट्रिक, पैसेंजर	4500 HP, डुअल कैब, 16-सिलेंडर 2-स्ट्रोक टर्बो इंजन	बनारस लोकोमोटिव वर्क्स (BLW, वाराणसी) द्वारा निर्मित	Indian Railways
07	**LHB कोच बनाम ICF कोच**	Linke Hofmann Busch (जर्मन तकनीक)	स्टेनलेस स्टील बॉडी, डिस्क ब्रेक, CBC कपलिंग (एंटी-टेलीस्कोपिक)	रेल कपूरथला (RCF), चेन्नई (ICF) व रायबरेली (MCF) में निर्मित	Indian Railways
08	**कवच (KAVACH - ATP)**	स्वदेशी स्वचालित ट्रेन सुरक्षा प्रणाली	SIL-4 सुरक्षा स्तर, SPAD (लाल सिग्नल पार करना) रोकथाम	RDSO (लखनऊ) द्वारा विकसित — आमने-सामने व पीछे से टक्कर रोकता है	Indian Railways

अनुभाग 3.7: आईटीआई सभी प्रमुख ट्रेडों के मानक औजार, गेज एवं कोणों की मास्टर सारणी

प्रशिक्षण महानिदेशालय - DGT के अंतर्गत फिटर, टर्नर, मशीनिस्ट, वेल्डर, इलेक्ट्रीशियन, वायरमैन, इलेक्ट्रॉनिक्स मैकेनिक, आरएसी और मोटर मैकेनिक ट्रेडों के सर्वाधिक पूछे जाने वाले 25 तकनीकी मानकों का संकलन:

क्र.सं.	औजार / गेज / अवयव का नाम	मानक माप / कोण / धातु	सटीकता / अल्पतमांक	मुख्य कार्यशाला उपयोग	आधिकारिक संदर्भ
01	स्टील रूल (Steel Rule)	स्टेनलेस स्टील या स्प्रिंग स्टील	0.5 मिमी (या (1 / 64) इंच)	प्रत्यक्ष रेखीय मापन	DGT मशीनिस्ट
02	ट्राई-स्क्वायर (Try Square / गुनिया)	हार्डन्ड स्टील ब्लेड + कास्ट आयरन स्टॉक	90^° समकोणता जाँच	मशीनी सतह की समतलता (Flatness) व समकोणता जाँचना	DGT मशीनिस्ट
03	वर्नियर बेवल प्रोट्रैक्टर	निहाई, ब्लेड, मुख्य डिस्क व वर्नियर स्केल	**5 मिनट (5' = (1 / 12)^°)**	किसी भी झुकी सतह का कोण 5' की शुद्धता से मापना	DGT मशीनिस्ट
04	वर्नियर हाइट गेज (Height Gauge)	सरफेस प्लेट के ऊपर रखकर प्रयुक्त	0.02 मिमी	जॉब पर सटीक समांतर मार्किंग (Scribing) व ऊँचाई मापन	DGT मशीनिस्ट
05	डायल टेस्ट इंडिकेटर (DTI)	रैक और पिनियन (या प्लंजर-लीवर) सिद्धांत	0.01 मिमी (या 0.001 मिमी)	लेथ चक में जॉब की टूइंग, रन-आउट व समांतरता जाँचना	DGT मशीनिस्ट
06	प्लग गेज (Plug Gauge - Go/No-Go)	'Go' सिरा लंबा, 'No-Go' सिरा छोटा	Go = निम्न सीमा; No-Go = उच्च सीमा	उत्पादित **छिद्र (Hole) का आंतरिक व्यास** जाँचना	DGT मशीनिस्ट
07	रिंग गेज एवं स्नैप गेज (Snap Gauge)	C-आकार फ्रेम या बेलनाकार रिंग	Go = उच्च सीमा; No-Go = निम्न सीमा	उत्पादित **शाफ्ट (Shaft) का बाहरी व्यास** जाँचना	DGT मशीनिस्ट
08	स्क्रू पिच गेज (Screw Pitch Gauge)	विभिन्न पिच वाली दांतेदार पत्तियाँ	0.25 मिमी से 6.0 मिमी पिच	नट या बोल्ट की चूड़ी का **पिच (Pitch)** तुरंत पहचानना	DGT डीजल मैकेनिक

क्र.सं.	औजार / गेज / अवयव का नाम	मानक माप / कोण / धातु	सटीकता / अल्पतमांक	मुख्य कार्यशाला उपयोग	आधिकारिक संदर्भ
09	स्टैंडर्ड वायर गेज (SWG)	वृत्ताकार चकती की परिधि पर स्लॉट	0 से 36 SWG (नंबर बढ़ने पर तार पतला होता है!)	विद्युत वाइंडिंग तार का व्यास और धातु चादर की मोटाई मापना	DGT इलेक्ट्रीशियन
10	सेंटर गेज (Centre Gauge)	स्टील प्लेट पर 60^°, 55^°, 29^° के खाँचे	कोण मानक गेज	लेथ पर चूड़ी काटते समय थ्रेडिंग टूल को जॉब के लंबवत सेट करना	DGT मशीनिस्ट
11	वी-ब्लॉक (V-Block)	ढलवाँ लोहा या हार्डन्ड स्टील	वी-खाँचे का अंत: कोण सदैव **90^°** होता है	ड्रिलिंग व मार्किंग के समय गोल छड़ों (Round Bars) को सहारा देना	DGT मशीनिस्ट
12	जेनी कैलिपर (Odd-Leg / Hermaphrodite)	एक टाँग अंदर या बाहर मुड़ी, दूसरी सीधी नोकदार	स्थानांतरण मापी औजार	गोल छड़ का **केंद्र (Centre) ज्ञात करना** व किनारे के समांतर रेखा खींचना	DGT मशीनिस्ट
13	कोल्ड फ्लैट चिजल (ठंडी चपटी छेनी)	उच्च कार्बन इस्पात (HCS - 0.75-1.0\% C)	मृदु इस्पात हेतु कटिंग कोण **60^°**, झुकाव कोण 39.5^°	कास्ट आयरन हेतु कटिंग कोण 60^°, ताँबा/पीतल हेतु 45^°, एल्युमीनियम हेतु 30^°	DGT मशीनिस्ट
14	हैक्सॉ ब्लेड (Hacksaw Blade)	HSS या लो अलॉय स्टील (लंबाई 250-300 मिमी)	पिच: कोर्स (1.8 mm), मीडियम (1.4/1.0 mm), फाइन (0.8 mm)	पतली ट्यूब और शीट काटने हेतु सदैव **0.8 मिमी वेव-सेट फाइन ब्लेड** प्रयुक्त	DGT मशीनिस्ट
15	रीमर (Reamer) एवं टैप (Tap Set)	HSS बहु-बिंदु कर्तन औजार	हैंड टैप सेट में **3 टैप**: टेपर (1st), सेकंड (2nd), बॉटमिंग/प्लग (3rd)	रीमर: पहले से किए गए ड्रिल छेद को चिकना (Finish) व सटीक आकार देने हेतु	DGT मशीनिस्ट
16	डाई (Threading Die)	HSS बाह्य चूड़ी कर्तन औजार	स्प्लिट डाई, सॉलिड डाई एवं डाई नट	गोल छड़ या पाइप की बाहरी सतह पर चूड़ियाँ (External Threads) काटने हेतु	DGT मशीनिस्ट
17	बॉल पीन, क्रॉस पीन व स्ट्रेट पीन हैमर	ड्रॉप-फोर्ज्ड कार्बन स्टील (हत्था: हिकरी/बबूल लकड़ी)	वजन (125 g से 1.5 kg) व पीन के आकार से पहचान	बॉल पीन: रिवेटिंग; क्रॉस पीन: नालियाँ/चैनल फैलाना; स्ट्रेट पीन: कोने बनाना	DGT मशीनिस्ट
18	टॉर्क रिंच (Torque Wrench)	न्यूटन-मीटर (N·m) या kgf·m स्केल युक्त	पूर्व-निर्धारित टॉर्क पर क्लिक ध्वनि	इंजन सिलेंडर हेड बोल्ट को समान व निर्धारित कसाव से कसने हेतु	DGT डीजल मैकेनिक
19	हाइड्रोलिक ब्रेक एवं जैक प्रणाली	**पास्कल का नियम (Pascal's Law)**	(F_1 / A_1) = (F_2 / A_2) (बंद द्रव में दाब सभी दिशाओं में समान संचरित)	कम बल लगाकर भारी वाहन रोकना या कोच उठाना	DGT मोटर व्हीकल
20	कार्बोरेटर एवं स्प्रे पेंट गन	**बरनौली का प्रमेय (Bernoulli's Theorem)**	वेंचुरी कंठ (Throat) पर वेग बढ़ने से दाब घटता है (P + (1 / 2)ρ v^2 = C)	दाब कमी के कारण नोजल से ईंधन/पेंट खिंचकर हवा में कणित (Atomize) होता है	NCERT विज्ञान
21	थर्मोस्टेट वाल्व (Thermostat Valve)	वैक्स पेलेट या बेलो प्रकार	लगभग 80^°C - 85^°C पर खुलता है	ठंडे इंजन को जल्दी ऑपरेटिंग तापमान तक पहुँचाने के लिए रेडिएटर प्रवाह रोकता है	DGT डीजल मैकेनिक
22	बुखोल्ज़ रिले (Buchholz Relay)	गैस-चालित यांत्रिक सुरक्षा रिले	मुख्य टैंक और कंजरवेटर टैंक के बीच पाइप में लगता है	केवल **तेल-शीतित (Oil-immersed) ट्रांसफॉर्मर** के आंतरिक दोषों से सुरक्षा	DGT इलेक्ट्रीशियन
23	ट्रांसफॉर्मर ब्रीदर में सिलिका जेल	नमी अवशोषक रासायनिक क्रिस्टल	**शुष्क अवस्था में नीला (Blue); नमी सोखने के बाद गुलाबी (Pink)**	कंजरवेटर में जाने वाली हवा की नमी सोखकर ट्रांसफॉर्मर तेल की परावैद्युत शक्ति बचाना	DGT इलेक्ट्रीशियन
24	डीसी मोटर स्टार्टर (3-Point / 4-Point)	श्रेणी प्रतिरोध + नो-वोल्ट कॉइल (NVC) + ओवरलोड रिले	प्रारंभ में E_b = 0 होने से अत्यधिक आर्मेचर धारा को सीमित करना	NVC सदैव शंट फील्ड के श्रेणीक्रम में और OLR सप्लाई लाइन के श्रेणीक्रम में जुड़ती है	DGT इलेक्ट्रीशियन
25	डीसी श्रेणी मोटर (DC Series Motor)	फील्ड वाइंडिंग मोटे तार व कम फेरों की (आर्मेचर के श्रेणी में)	प्रारंभिक बल-आघूर्ण सबसे उच्च (τ ∝ I_a^2)	**बिना लोड (No-Load) के कभी स्टार्ट नहीं करते** (खतरनाक गति से भागती है); लोको व क्रेन में प्रयुक्त	DGT इलेक्ट्रीशियन

अनुभाग 3.8: रसायन एवं पदार्थ विज्ञान त्वरित सूत्र व मिश्रधातु कैप्सूल (NCERT रसायन)

रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन बेसिक साइंस व ट्रेड थ्योरी में प्रयुक्त होने वाले प्रमुख औद्योगिक रसायनों, अम्लों और मिश्रधातुओं का एक-पंक्ति संदर्भ:

• **अम्लराज (Aqua Regia):** 3 भाग सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) + 1 भाग सांद्र नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) का ताजा मिश्रण, जो सोना (Au) और प्लैटिनम (Pt) जैसी उत्कृष्ट धातुओं को भी गला देता है।

• **बैटरी अम्ल (King of Chemicals):** सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4, ऑयल ऑफ विट्रियोल) — लेड-एसिड बैटरी में आसुत जल (Distilled Water) और H_2SO_4 का अनुपात लगभग 3 : 1 रखा जाता है। अम्ल का तनुकरण करते समय सदैव **पानी में धीरे-धीरे अम्ल मिलाया जाता है**, कभी भी सांद्र अम्ल में पानी नहीं डाला जाता (ऊष्माक्षेपी विस्फोट से बचने हेतु)।

• **गैल्वनीकरण (Galvanization):** लोहे और इस्पात को जंग (Rusting: Fe_2O_3 · xH_2O) से बचाने के लिए उस पर **जस्ता (Zinc - Zn)** की पतली परत चढ़ाने की प्रक्रिया। जस्ता लोहे से अधिक अभिक्रियाशील होने के कारण स्वयं ऑक्सीकृत होकर लोहे की रक्षा करता है (बलिदानी संरक्षण / Sacrificial Protection)।

• **स्टेनलेस स्टील (Stainless Steel):** लोहा (Fe) + क्रोमियम (Cr: 10.5-18\%) + निकेल (Ni: 8\%) + कार्बन (0.1-0.2\%)। क्रोमियम जंग और धब्बों से बचाता है (LHB कोच निर्माण में प्रयुक्त)।

• **ड्यूरालुमिन (Duralumin):** एल्युमीनियम (95\%) + ताँबा (4\%) + मैग्नीशियम (0.5\%) + मैंगनीज (0.5\%) — हल्का और मजबूत होने के कारण वायुयान तथा हाई-स्पीड ट्रेन कोच बॉडी में प्रयुक्त।

• **बैबिट मेटल (Babbitt Metal / White Metal):** टिन (Sn: 88\%) + एंटीमनी (Sb: 8\%) + ताँबा (Cu: 4\%) — उच्च गति व भारी भार वाले इंजन क्रैंकशाफ्ट जर्नल बेयरिंग में लाइनिंग धातु के रूप में प्रयुक्त।

• **सोल्डर एवं फ्लक्स (Flux):** विद्युत जोड़ों की सोल्डरिंग में **रेजिन (Rosin) या जिंक क्लोराइड (ZnCl_2)** फ्लक्स के रूप में प्रयुक्त होता है जो गर्म सतह से ऑक्साइड परत हटाता है और पिघले सोल्डर के पृष्ठ तनाव को कम करके उसे जोड़ में फैलने में मदद करता है।

• **शुष्क बर्फ (Dry Ice):** ठोस कार्बन डाइऑक्साइड (Solid CO_2), जो बिना द्रव में बदले सीधे गैस में ऊर्ध्वपातित (Sublime) होती है।

• **बेकिंग सोडा बनाम धोने का सोडा:** बेकिंग सोडा = सोडियम बाइकार्बोनेट (NaHCO_3, अग्निशामक व एंटासिड में प्रयुक्त); धोने का सोडा = सोडियम कार्बोनेट डेकाहाइड्रेट (Na_2CO_3 · 10H_2O, जल की स्थायी कठोरता दूर करने में प्रयुक्त)।

• **प्लास्टर ऑफ पेरिस (POP) बनाम जिप्सम:** जिप्सम (CaSO_4 · 2H_2O) को 373 K (100^°C - 120^°C) पर गर्म करने पर प्लास्टर ऑफ पेरिस (CaSO_4 · (1 / 2)H_2O - कैल्शियम सल्फेट हेमीहाइड्रेट) प्राप्त होता है (NCERT अम्ल-क्षार-लवण)।

अनुभाग 3.9: मॉड्यूल-वार 60 अतिरिक्त 'महत्वपूर्ण परीक्षा तथ्य सूत्र एवं मानक समीकरण' (1D Master Equation Bank)

छात्रों की त्वरित गणना और सूत्र पुनरीक्षण के लिए सभी 12 मॉड्यूलों के 60 अतिरिक्त उच्च-उपयोगी समीकरण नीचे सूचीबद्ध हैं (NCERT विज्ञान, BIS मानक एवं DGT पाठ्यक्रम):

1. **ड्राइंग शीट अनुपात समीकरण:** L = √(2) · W ⇒ (L / W) = 1.414 तथा L × W = (1 / 2^n) मी^2 (A_n शीट हेतु)
2. **विकर्ण स्केल का अल्पतमांक:** $LC = (मुख्य भाग का मान / उप-भागों की संख्या × विकर्ण रेखा के ऊर्ध्वाधर भागों की संख्या)$
3. **समतल कोण से डिग्री-रेडियन रूपांतरण:** 180^° = π रेडियन ⇒ 1 रेडियन = (180^° / π) ≈ 57^° 16' 22''
4. **लंबन विधि (Parallax Method) से खगोलीय दूरी:** D = (आधार रेखा (b) / लंबन कोण (θ रेडियन में))
5. **सरल लोलक का आवर्तकाल:** T = 2π √(\frac{L}{g}) (सेकंड लोलक का आवर्तकाल T = 2 s तथा प्रभावी लंबाई L ≈ 99.3 सेमी ≈ 1 मीटर)
6. **पृथ्वी से पलायन वेग (Escape Velocity):** v_e = √(2gR_e) = √(\frac{2GM_e}{R_e}} = 11.2 km/s (चंद्रमा पर पलायन वेग = 2.38 km/s)
7. **निकटवर्ती उपग्रह का कक्षीय वेग (Orbital Velocity):** v_o = √(gR_e) = 7.92 km/s तथा संबंध v_e = √(2) · v_o

8. **केप्लर का तृतीय ग्रह गति नियम:** $T^2 \propto r^3 \Rightarrow (T_1 / T_2)^2 = (r_1 / r_2)^3$ (भू-स्थिर उपग्रह का आवर्तकाल = 24 घंटे, ऊँचाई ≈ 35,786 किमी)

9. **हुक का प्रत्यास्थता नियम (Hooke's Law):** $प्रतिबल (Stress) \propto विकृति (Strain) \Rightarrow E = (प्रतिबल (\sigma = F/A) / विकृति (\varepsilon = \Delta L / L))$

10. **द्रव स्थैतिक दाब (Hydrostatic Pressure):** $P = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$ (गेज दाब $P_{gauge} = \rho g h$)

11. **पास्कल के हाइड्रोलिक लिफ्ट का बल गुणन सूत्र:** $F_2 = F_1 \times ((A_2 / A_1)) = F_1 \times ((D_2 / D_1))^2$

12. **द्रव प्रवाह का सांतत्य समीकरण (Equation of Continuity):** $A_1 v_1 = A_2 v_2$ = नियतांक (आयतन प्रवाह दर Q) (पाइप संकरा होने पर वेग बढ़ता है)

13. **स्टोक्स का श्यान बल नियम (Stokes' Law):** $F_v = 6\pi \eta r v$ (सीमांत वेग $v_t \propto r^2$)

14. **केशिकात्व उन्नयन सूत्र (Capillary Rise):** $h = (2 T \cos\theta / r \rho g)$ (शुद्ध जल व काँच हेतु स्पर्श कोण $\theta = 0^\circ$, पारे व काँच हेतु $\theta \approx 135^\circ$)

15. **रेखीय संवेग संरक्षण (बंदूक प्रतिक्षेप वेग):** $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \Rightarrow V_{बंदूक} = -\frac{m_{गोली} \cdot v_{गोली}}{M_{बंदूक}}$

16. **आवेग-संवेग प्रमेय:** आवेग (J) = $F_{औसत} \times \Delta t = \Delta p = m(v - u)$ (क्रिकेट खिलाड़ी द्वारा कैच लेते समय हाथ पीछे खींचना Δt बढ़ाकर F घटाता है)

17. **प्रत्यावस्थान गुणांक (Coefficient of Restitution - e):** e = (दूर जाने का सापेक्ष वेग $(v_2 - v_1)$ / पास आने का सापेक्ष वेग $(u_1 - u_2)$) (पूर्ण प्रत्यास्थ टक्कर हेतु e = 1, पूर्ण अप्रत्यास्थ हेतु e = 0)

18. **नत समतल पर घर्षण कोण (φ) एवं विश्राम कोण (θ_r):** $\mu_s = \tan\varphi = \tan\theta_r$ तथा सीमांत घर्षण बल $f_{max} = \mu_s N = \mu_s mg\cos\theta$

19. **बैंकिंग रहित समतल सड़क/ट्रैक पर सुरक्षित मुड़ने की अधिकतम चाल:** $v_{max} = \sqrt{(\mu_s \cdot r \cdot g)}$

20. **घूर्णी गति में बल-आघूर्ण एवं कोणीय संवेग:** $\tau = I \cdot \alpha = r \cdot F \sin\theta$ तथा $L = I \cdot \omega$ (जहाँ $I = \Sigma m r^2$ जड़त्व आघूर्ण है)

21. **तात्क्षणिक शक्ति एवं परिवर्ती बल द्वारा कार्य:** $W = \int_{x_1}^{x_2} F(x) \, dx$ तथा $P = F \cdot v = F v \cos\theta$

22. **ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम (ऊर्जा संरक्षण):** $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = n C_v \Delta T + P \Delta V$

23. **मेयर का विशिष्ट ऊष्मा संबंध:** $C_p - C_v = R$ तथा रुद्धोष्म सूचकांक $\gamma = (C_p / C_v)$ (एकपरमाणुक गैस हेतु $\gamma = 1.67$, द्विपरमाणुक हेतु $\gamma = 1.40$)

24. **आदर्श गैस समीकरण (Ideal Gas Law):** $P V = n R T$ तथा $(P_1 V_1 / T_1) = (P_2 V_2 / T_2)$ (सार्वत्रिक गैस नियतांक $R = 8.314 \, J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)

25. **कार्नो ऊष्मा इंजन (Carnot Engine) की अधिकतम तापीय दक्षता:** $\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_{sink}(T_2)}{T_{source}(T_1)} = (W / Q_1)$ (तापमान सदैव **केल्विन** में रखें!)

26. **न्यूटन का शीतलन नियम (Newton's Law of Cooling):** $(T_1 - T_2 / t) = K ((T_1 + T_2 / 2) - T_{room})$

27. **तरंग वेग, आवृत्ति एवं तरंगदैर्घ्य संबंध:** $v = f \cdot \lambda$ तथा आवर्तकाल $T = (1 / f)$ (ध्वनि की वायु में चाल $0^\circ C$ पर 331 m/s, $20^\circ C$ पर 343 m/s; प्रति $1^\circ C$ ताप वृद्धि पर ध्वनि की चाल 0.61 m/s बढ़ती है)

28. **सोनार (SONAR) एवं प्रतिध्वनि (Echo) दूरी सूत्र:** $d = (v \times t / 2)$ (स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने हेतु न्यूनतम समय अंतराल 0.1 s तथा न्यूनतम दूरी ≈ 17.2 मीटर)

29. **ध्वनि की श्रव्य, अवश्रव्य व पराश्रव्य परास:** अवश्रव्य (Infrasonic): < 20 Hz; श्रव्य (Audible): **20 Hz से 20,000 Hz (20 kHz)**; पराश्रव्य (Ultrasonic): > 20 kHz (रेल पटरी में आंतरिक दरार जाँचने हेतु अल्ट्रासोनिक फ्लॉ डिटेक्टर प्रयुक्त)

30. **डॉप्लर प्रभाव एवं मैक संख्या (Mach Number):** मैक संख्या = (वस्तु/विमान की चाल / माध्यम में ध्वनि की चाल) (Mach > 1: पराध्वनिक/Supersonic; Mach > 5: अतिध्वनिक/Hypersonic)

31. **गोलीय दर्पण की फोकस दूरी एवं वक्रता त्रिज्या:** $f = (R / 2)$ तथा रेखीय आवर्धन $m = (h_i / h_o) = -(v / u) = (f / f - u)$

32. **लेंस का रेखीय आवर्धन एवं संयुक्त क्षमता:** m = +(v / u) तथा संपर्क में रखे दो लेंसों की तुल्य क्षमता P = P_1 + P_2 ⇒ (1 / F) = (1 / f_1) + (1 / f_2)

33. **स्नेल का अपवर्तन नियम एवं अपवर्तनांक:** $μ = (sin i / sin r) = (निर्वात में प्रकाश की चाल (c = 3 × 10^8 m/s) / माध्यम में प्रकाश की चाल (v)) = (वास्तविक गहराई / आभासी गहराई)$

34. **क्रांतिक कोण (C) एवं अपवर्तनांक संबंध:** μ = (1 / sin C) (हीरे का अपवर्तनांक μ = 2.42 तथा क्रांतिक कोण C = 24.4^°)

35. **प्रिज्म का अपवर्तन सूत्र:** μ = (sin(\frac{A + δ_m / 2))}{sin((A / 2))} (जहाँ A प्रिज्म कोण और δ_m न्यूनतम विचलन कोण है)

36. **कूलॉम का स्थिरवैद्युत बल नियम:** F = (1 / 4πε_0 K) · (q_1 q_2 / r^2) = (9 × 10^9 / K) · (q_1 q_2 / r^2)

37. **प्रतिरोध का ताप गुणांक समीकरण:** R_T = R_0 (1 + α · Δ T) ⇒ α = (R_T - R_0 / R_0 · Δ T)

38. **कार्बन प्रतिरोध रंग कोड (BB ROY of Great Britain has Very Good Wife):** का-भू-ला-ना-पी-ह-नी-बै-धू-स (0 से 9); सहनशीलता (Tolerance): **सोना (Gold)** = ± 5\%, **चाँदी (Silver)** = ± 10\%, **कोई रंग नहीं** = ± 20\%

39. **समान विद्युत वाहक बल (E) और आंतरिक प्रतिरोध (r) वाले n सेलों का संयोजन:** श्रेणीक्रम में I = (nE / R + nr); समांतर क्रम में I = (E / R + (r/n))

40. **अधिकतम शक्ति स्थानांतरण प्रमेय (Maximum Power Transfer Theorem):** किसी स्रोत से लोड को अधिकतम शक्ति तभी मिलती है जब **बाह्य लोड प्रतिरोध स्रोत के आंतरिक प्रतिरोध के बराबर हो (R_L = r)**, और इस स्थिति में अधिकतम शक्ति P_{max} = (E^2 / 4r) तथा दक्षता 50\% होती है।

41. **फैराडे के वैद्युत अपघटन (Electrolysis) का प्रथम नियम:** इलेक्ट्रोड पर निक्षेपित द्रव्यमान m = Z · Q = Z · I · t (जहाँ Z वैद्युत-रासायनिक तुल्यांक है; 1 फैराडे = 96,500 कूलॉम/मोल)

42. **सीधे धारावाही चालक के कारण r दूरी पर चुंबकीय क्षेत्र (बायो-सावर्ट नियम):** B = (μ_0 I / 2π r) तथा परिनालिका (Solenoid) के भीतर B = μ_0 n I (जहाँ μ_0 = 4π × 10^{-7} T·m/A)

43. **चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान आवेश एवं धारावाही चालक पर लॉरेंज बल:** F_q = q v B \sinθ तथा चालक तार पर F_I = B · I · L \sinθ

44. **प्रेरकीय प्रतिघात (X_L) एवं धारितीय प्रतिघात (X_C):** X_L = ω L = 2π f L (डीसी के लिए f=0 ⇒ X_L = 0) तथा X_C = (1 / ω C) = (1 / 2π f C) (डीसी के लिए X_C = ∞, अर्थात संधारित्र डीसी को रोकता है!)

45. **श्रेणी RLC परिपथ की अनुनादी आवृत्ति (Resonant Frequency):** जब X_L = X_C, तब f_r = (1 / 2π√(L C)) (अनुनाद पर प्रतिबाधा न्यूनतम Z = R तथा धारा अधिकतम होती है)

46. **प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग-माध्य-मूल (RMS) एवं औसत मान:** पूर्ण चक्र में I_{avg} = 0; अर्ध-चक्र में I_{avg} = (2 I_m / π) = 0.637 I_m; तथा I_{rms} = (I_m / √(2)) = 0.707 I_m

47. **फॉर्म फैक्टर (Form Factor) एवं पीक फैक्टर (Peak/Crest Factor):** ज्यावक्रीय एसी के लिए Form Factor = \frac{I_{rms}}{I_{avg}} = (0.707 / 0.637) = 1.11 तथा Peak Factor = (I_m / I_{rms)} = √(2) = 1.414

48. **3-फेज स्टार (Star - Y) संयोजन संबंध:** V_L = √(3) V_{ph} तथा I_L = I_{ph} (न्यूट्रल बिंदु उपलब्ध)

49. **3-फेज डेल्टा (Delta - Δ) संयोजन संबंध:** V_L = V_{ph} तथा I_L = √(3) I_{ph} (दोनों में कुल सक्रिय शक्ति P = √(3) V_L I_L \cosφ)

50. **डीसी जनरेटर का प्रेरित विद्युत वाहक बल (EMF Equation):** E_g = (Φ Z N P / 60 A) वोल्ट (लैप वाइंडिंग में समांतर पथ A = P [अधिक धारा, कम वोल्टेज]; वेव वाइंडिंग में A = 2 [उच्च वोल्टेज, कम धारा])

51. **डीसी मोटर का विरोधी विद्युत वाहक बल (Back EMF) एवं गति संबंध:** V = E_b + I_a R_a तथा मोटर की गति N ∝ (E_b / Φ) (फील्ड फ्लक्स Φ घटाने पर डीसी मोटर की गति बढ़ती है!)

52. **लेथ मशीन पर टेपर टर्निंग हेतु टेलस्टॉक ऑफसेट (Tailstock Set-over) सूत्र:** ऑफसेट (O) = ((D - d) × जॉब की कुल लंबाई (L) / 2 × टेपर भाग की लंबाई (l))

53. **गियर ट्रेन का वेग अनुपात एवं मॉड्यूल (Module):** मॉड्यूल (m) = (पिच वृत्त व्यास (D) / दाँतों की संख्या (T)) तथा (N_2 / N_1) = (T_1 / T_2) (वृत्तीय पिच p_c = π · m)

54. **बेल्ट ड्राइव में वेग अनुपात (स्लिप सहित):** $(N_2 / N_1) = (D_1 / D_2) (1 - (s / 100))$ (जहाँ s प्रतिशत स्लिप है)

55. **डीजल/पेट्रोल इंजन की सूचित शक्ति (Indicated Power - IP):** $IP = (P_m \cdot L \cdot A \cdot n \cdot k / 60 \times 1000)$ kW (जहाँ P_m माध्य प्रभावी दाब है, 4-स्ट्रोक हेतु $n = N/2$, 2-स्ट्रोक हेतु $n = N$, और k सिलेंडरों की संख्या है)

56. **इंजन की ब्रेक तापीय दक्षता (η_{bth}):** $\eta_{bth} = (BP (kW में) \times 3600 / \cdot{m}_f (kg/hr में) \times CV (kJ/kg में)\} \times 100\%$ (जहाँ CV ईंधन का कैलोरी मान है)

57. **दिष्टकारी का उर्मिका गुणक (Ripple Factor - γ):** अर्ध-तरंग दिष्टकारी हेतु $\gamma = 1.21$; पूर्ण-तरंग एवं ब्रिज दिष्टकारी हेतु $\gamma = 0.482$

58. **डेसिबल (dB) में प्रवर्धक की शक्ति लब्धि व वोल्टता लब्धि:** $G_P (dB) = 10 \log_{10}(\frac{P_{out}}{P_{in}})$ तथा $G_V (dB) = 20 \log_{10}(\frac{V_{out}}{V_{in}})$

59. **बाइनरी में 1's पूरक (1's Complement) एवं 2's पूरक (2's Complement):** सभी 0 को 1 और 1 को 0 करने पर **1's पूरक** मिलता है; तथा 2's पूरक = 1's पूरक + 1 (कंप्यूटर का ALU ऋणात्मक संख्याओं के घटाव के लिए **2's पूरक विधि** का उपयोग करता है)

60. **प्रशीतन प्रणाली में ऊष्मा संतुलन समीकरण:** $Q_{कंडेनसर (बाहर छोड़ी गई ऊष्मा)} = Q_{इवैपोरेटर (अवशोषित ऊष्मा)} + W_{कंप्रेसर कार्य}$ तथा $(COP)_{आदर्श} = (T_L / T_H - T_L)$

संकल्पनात्मक प्रवाह आरेख (Step-by-Step Process Flow)

चरण 1	चरण 2	चरण 3	चरण 4	चरण 5	चरण 6
अंतिम परीक्षा सफलता मंत्र (IUC Academy - www.iucacademy.com): रेलवे ALP एवं टेक्नीशियन परीक्षा में संख्यात्मक प्रश्नों को हल करते समय सर्वप्रथम सभी दिए गए मानों को मानक SI मात्रकों** (mm	m, g	kg, km/h	m/s, ^°C	K, kW	W) में बदलें, 'परीक्षा जाल सतर्कता' बिंदुओं का ध्यान रखें और 'IUC स्मृति ट्रिक्स' से समय बचाकर शत-प्रतिशत सटीकता सुनिश्चित करें।

गहन शैक्षणिक ऑडिट एवं अपग्रेड संस्करण (RRB ALP CBT-2 एवं RRB Technician Grade-I / Grade-III विशेष)

संस्थान: IUC Academy (Inclusive Universal Careers Academy) — निःशुल्क अखिल भारतीय प्रतियोगी परीक्षा तैयारी मंच

आधिकारिक पोर्टल: www.iucacademy.com

पुस्तक कोड: IUC-MB-29 (Polished Upgrade Edition)

लक्षित परीक्षाएँ: RRB Assistant Loco Pilot (ALP CBT-1 & CBT-2 Part-A / Part-B), RRB Technician (Grade-I Signal & Grade-III), रेलवे विभागीय परीक्षा (GDCE / LDCE), DRDO CEPTAM, ISRO Technician, मेट्रो मेंटेनर एवं पीएसयू तकनीकी परीक्षाएँ

गणितीय एवं वैज्ञानिक सूत्र प्रारूप: 100% शुद्ध 1D रेखीय मानक प्रारूप (Pure 1D Linear Notation)

पुस्तक 29 का ऑडिट सारांश एवं परीक्षा अंक-भार मानचित्र

रेलवे भर्ती बोर्ड (RRB) की असिस्टेंट लोको पायलट (ALP) CBT-2 परीक्षा के **Part-A** में *Basic Science and Engineering* (*BSE*) सर्वाधिक निर्णायक खंड है, जबकि **Part-B** में अभ्यर्थियों को अपने संबंधित *ITI Trade* (*Fitter, Electrician, Diesel Mechanic, Electronics Mechanic* आदि) में अर्हक अंक (न्यूनतम 35%) प्राप्त करना अनिवार्य होता है। इसी प्रकार RRB Technician परीक्षाओं में बेसिक साइंस, इलेक्ट्रिसिटी, इलेक्ट्रॉनिक्स एवं इंजीनियरिंग के संख्यात्मक प्रश्नों (Numericals) का सीधा प्रभाव मेरिट सूची पर पड़ता है।

क्रम	मॉड्यूल / अनुभाग का नाम	मुख्य विषय-वस्तु एवं परीक्षा फोकस	हल उदाहरण / प्रश्न
मॉड्यूल 1 (क)	इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं BIS मानक	IS 10711:2001, IS 10714 (SP 46:2003), शीट माप, T-Square, Set Square, रेखाएँ (A–K), 1st व 3rd Angle Projection, RF स्केल	5 हल न्यूमेरिकल्स + मानक सारणियाँ
मॉड्यूल 2 (ख)	कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व व उत्प्लावन	कार्य-ऊर्जा प्रमेय, पंप शक्ति, kWh, गुरुत्वीय त्वरण, लिफ्ट में भार, आपेक्षिक घनत्व एवं आर्किमिडीज सिद्धांत	25 हल न्यूमेरिकल्स (Step-by-Step 1D)
मॉड्यूल 3 (ग)	सरल मशीनें: लीवर, घिरनी, नत तल एवं पेंच जैक	प्रथम/द्वितीय/तृतीय श्रेणी उत्तोलक, घिरनी तंत्र, नत तल, पहिया-धुरी, पेंच जैक का MA, VR, दक्षता व मशीन नियम	10 हल न्यूमेरिकल्स
मॉड्यूल 4 (घ)	ऊष्मा, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा एवं ऊष्मागतिकी	ताप पैमाने, कैलोरीमिति सिद्धांत, गलन व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मीय प्रसार, कार्नो इंजन व ऊष्मा संचरण	10 हल न्यूमेरिकल्स
मॉड्यूल 5 (ङ)	बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, एसी मशीनें एवं इलेक्ट्रॉनिक्स	ओम का नियम, प्रतिरोध संयोजन, व्हीटस्टोन ब्रिज, किरचॉफ नियम, ट्रांसफॉर्मर, 3-Phase Induction Motor, डायोड, ट्रांजिस्टर, लॉजिक गेट्स	12 हल न्यूमेरिकल्स
मॉड्यूल 6 (च)	व्यावसायिक सुरक्षा (OSH) एवं आईटीआई ट्रेड कैप्सूल	अग्नि वर्ग (A, B, C, D, K), सुरक्षा चिह्न रंग कोड, 5S संकल्पना, फिटर, इलेक्ट्रीशियन एवं डीजल मैकेनिक मास्टर कैप्सूल	8 ट्रेड न्यूमेरिकल्स + संदर्भ चार्ट
अनुभाग 2	80 वास्तविक परीक्षा-स्तरीय 4-विकल्पीय प्रश्न (MCQs)	RRB ALP CBT-2 एवं Technician के वास्तविक पैटर्न पर आधारित 4-विकल्पीय प्रश्न, विविध उत्तर (A/B/C/D) व 1D व्याख्या	80 पूर्ण हल MCQs
अनुभाग 3	मास्टर सूत्र एवं मानक प्रतीक सारणियाँ	संपूर्ण बेसिक साइंस, इंजीनियरिंग ड्राइंग, इलेक्ट्रिकल एवं मैकेनिकल ट्रेड के महत्वपूर्ण सूत्रों व प्रतीकों का त्वरित संकलन	4 मास्टर सारणियाँ

भाग 1: 6 उन्नत गहन अध्ययन एवं न्यूमेरिकल मॉड्यूल

मॉड्यूल 1 (क): इंजीनियरिंग ड्राइंग — IS 10711 / IS 10714 मानक, ड्राइंग उपकरण, रेखाएँ (A से K) एवं प्रक्षेप सिद्धांत

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 1 (क): इंजीनियरिंग ड्राइंग — IS 10711 / IS 10714 मानक, ड्राइंग उपकरण, रेखाएँ (A से K) एवं प्रक्षेप सिद्धांत

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
BIS मानक संहिताएँ (Important BIS Codes for Engineering Drawing)	ड्राइंग शीट के मानक आकार एवं गणितीय सिद्धांत (IS 10711:2001)	ड्राइंग उपकरण एवं उनके मानक विनिर्देश (Drawing Instruments)	रेखाओं के प्रकार एवं अनुप्रयोग (Types of Lines — A से K, IS 10714 / SP 46:2003)

इंजीनियरिंग ड्राइंग को **अभियंताओं की सार्वभौमिक ग्राफिकल भाषा (Universal Graphical Language of Engineers)** कहा जाता है। भारत में इंजीनियरिंग ड्राइंग के सभी नियम एवं मानक **भारतीय मानक ब्यूरो (Bureau of Indian Standards - BIS)** द्वारा **IS 10711:2001**, **IS 10714:2001** तथा समेकित संहिता **SP 46:2003** के अंतर्गत निर्धारित किए गए हैं।

1.1 BIS मानक संहिताएँ (Important BIS Codes for Engineering Drawing)

BIS मानक कोड	संबंधित इंजीनियरिंग ड्राइंग विषय-वस्तु	समतुल्य ISO मानक
IS 10711:2001	ड्राइंग शीट के आकार एवं अभिन्यास (Sizes and Layout of Drawing Sheets)	ISO 5457
IS 10713:1983	तकनीकी ड्राइंग पर प्रयोग किए जाने वाले स्केल (Scales for Use on Technical Drawings)	ISO 5455
IS 10714:2001	तकनीकी ड्राइंग के सामान्य सिद्धांत — रेखाओं की सामान्य परिभाषाएँ एवं प्रकार	ISO 128-20
IS 10715:1983	तकनीकी ड्राइंग पर हैचिंग/सेक्शनिंग का निरूपण (Presentation of Hatching and Sections)	ISO 128
IS 11664:1986	ड्राइंग शीट को मोड़ने की मानक विधि (Folding of Drawing Prints)	DIN 824
IS 11665:1985	टाइटल ब्लॉक का मानक प्रारूप एवं माप (Title Block Specification)	ISO 7200
IS 11669:1986	विमांकन के सामान्य सिद्धांत (General Principles of Dimensioning)	ISO 129
IS 9609:2001	अक्षरांकन (Lettering on Technical Drawings — प्रकार A एवं प्रकार B)	ISO 3098
IS 15021:2001	प्रक्षेप विधियाँ — प्रथम कोण एवं तृतीय कोण प्रक्षेप (Projection Methods)	ISO 5456-2
SP 46:2003	इंजीनियरिंग ड्राइंग अभ्यास हेतु राष्ट्रीय मास्टर संहिता (National Code for Engineering Drawing)	समेकित मानक

1.2 ड्राइंग शीट के मानक आकार एवं गणितीय सिद्धांत (IS 10711:2001)

BIS मानक **IS 10711:2001** (ISO-A श्रेणी) के अनुसार ड्राइंग शीट की रचना दो मूलभूत ज्यामितीय सिद्धांतों पर आधारित है:

1. **भुजा अनुपात का सिद्धांत (Aspect Ratio Rule):** किसी भी मानक ड्राइंग शीट की चौड़ाई (`x`) और लंबाई (`y`) का अनुपात सदैव `1 : sqrt(2)` होता है:

`x : y = 1 : sqrt(2) = 1 : 1.414` अर्थात `y = x * 1.414`

2. **आधार क्षेत्रफल एवं अर्द्धन सिद्धांत (Surface Area & Halving Rule):** सबसे बड़ी आधार शीट **A0** का पृष्ठीय क्षेत्रफल (Trimmed Area) ठीक **1 वर्ग मीटर** (`1 m^2 = 10,00,000 mm^2`) होता है। प्रत्येक अगली छोटी शीट (A1, A2, A3, A4, A5) अपनी पूर्ववर्ती शीट की लंबी भुजा को ठीक आधा (`y / 2`) करने पर प्राप्त होती है।

• गणितीय गणना: $x \cdot y = 10,00,000\ mm^2$ और $y = sqrt(2)\ x$ रखने पर:

$x \cdot (sqrt(2)\ x) = 10,00,000 \Rightarrow x^2 = 10,00,000 / 1.4142 = 7,07,106.78 \Rightarrow x = 841\ mm$ तथा $y = 1189\ mm$

ड्राइंग शीट माप एवं बॉर्डर सारणी (IS 10711:2001)

शीट पदनाम	परिष्कृत आकार (Trimmed Size in mm)	अपरिष्कृत आकार (Untrimmed Size in mm)	क्षेत्रफल (m^2)	बायाँ मार्जिन (Filing Margin)	अन्य तीन ओर बॉर्डर चौड़ाई
A0	841 * 1189	880 * 1230	1.000 m^2	20 mm (न्यूनतम)	20 mm (न्यूनतम)
A1	594 * 841	625 * 880	0.500 m^2	20 mm (न्यूनतम)	20 mm (न्यूनतम)
A2	420 * 594	450 * 625	0.250 m^2	20 mm (न्यूनतम)	10 mm (न्यूनतम)
A3	297 * 420	330 * 450	0.125 m^2	20 mm (न्यूनतम)	10 mm (न्यूनतम)
A4	210 * 297	240 * 330	0.0625 m^2	20 mm (न्यूनतम)	10 mm (न्यूनतम)
A5	148 * 210	165 * 240	0.03125 m^2	20 mm (न्यूनतम)	10 mm (न्यूनतम)

• **टाइटल ब्लॉक (Title Block — IS 11665 / SP 46):**

• **मानक माप:** 185 mm * 65 mm (लंबाई 185 mm एवं ऊँचाई 65 mm)।

• **स्थान:** ड्राइंग शीट के **दाएँ निचले कोने (Bottom Right-Hand Corner)** पर बॉर्डर रेखा से सटाकर बनाया जाता है, ताकि शीट को फोल्ड करने के बाद भी टाइटल ब्लॉक सबसे ऊपर स्पष्ट दिखाई दे।

• **टाइटल ब्लॉक के अनिवार्य विवरण:** (1) संस्थान/कंपनी का नाम (जैसे IUC Academy Engineering Division), (2) ड्राइंग का शीर्षक (Title of Drawing), (3) ड्राइंग संख्या (Drawing Number), (4) स्केल (Scale), (5) प्रक्षेप का प्रतीक (1st या 3rd Angle Projection Symbol), (6) सतह रुक्षता व टॉलरेंस, (7) बनाने वाले, जाँचने वाले व स्वीकृत करने वाले के हस्ताक्षर एवं तिथि।

• **शीट फोल्डिंग (Folding of Drawing Sheets — IS 11664):**

• बड़ी ड्राइंग शीट (A0, A1, A2, A3) को फाइल या कैबिनेट में रखने हेतु मोड़ने के बाद उनका अंतिम आकार सदैव *A4 (210 mm 297 mm — फाइलिंग हेतु 190 mm 297 mm + 20 mm बाइंडिंग पट्टी)* के बराबर होता है।

• **फोल्डिंग की दो विधियाँ:** (1) कैबिनेट/फोल्डर में रखने हेतु (210 mm 297 mm), (2) पंच करके फाइल में बाँधने हेतु (190 mm 297 mm मोड़ + 20 mm बायाँ मार्जिन खुला)।

1.3 ड्राइंग उपकरण एवं उनके मानक विनिर्देश (Drawing Instruments)

(A) ड्राइंग बोर्ड (Drawing Board — IS 1444:1989)

• **निर्माण सामग्री:** भली-भाँति उपचारित (Well-seasoned), गाँठ-रहित नरम लकड़ी जैसे **कैल (Kail), देवदार (Deodar), चीड़ (Pine/Fir), ओक (Oak)** या **मेसोनाइट (Masonite)** की पट्टियों (Strips) को जोड़कर बनाया जाता है।

• **बैटन (Battens):** लकड़ी को मुड़ने या ऐंठने (Warping) से बचाने के लिए नीचे की ओर दो बैटन स्लॉटेड स्क्रू द्वारा लगाए जाते हैं।

• **एबोनी एज (Ebony / Working Edge):** ड्राइंग बोर्ड के बाएँ किनारे पर लगभग 4 mm से 5 mm मोटी काले रंग की कठोर लकड़ी (Ebony) की पट्टी लगी होती है, जिस पर **T-Square का स्टॉक (Stock)** फिसलता है।

ड्राइंग बोर्ड पदनाम (IS 1444)	मानक माप (लंबाई चौड़ाई मोटाई, mm में)	उपयुक्त ड्राइंग शीट आकार	संगत T-Square पदनाम
D0 (या B0)	**1500 1000 25**	A0 शीट	T0 (**1500 mm**)
D1 (या B1)	**1000 700 25**	A1 शीट	T1 (**1000 mm**)
D2 (या B2)	**700 500 15**	A2 शीट	T2 (**700 mm**)
D3 (या B3)	**500 350 15**	A3 शीट	T3 (**500 mm**)

(B) टी-स्क्वायर (T-Square — IS 1360:1989)

• **संरचना:** इसके दो मुख्य भाग होते हैं — **हेड/स्टॉक (Stock)** तथा **ब्लेड (Blade)**, जो एक-दूसरे के साथ ठीक **90°** **(समकोण)** पर जुड़े होते हैं।

• **माप का निर्धारण:** T-Square का आकार सदैव उसके **ब्लेड की कार्यकारी लंबाई (Working Length of Blade)** से मापा जाता है:

• **T0: 1500 mm | T1: 1000 mm | T2: 700 mm | T3: 500 mm**

• **मुख्य कार्य:** केवल **क्षैतिज समानांतर रेखाएँ (Horizontal Parallel Lines)** खींचने तथा Set Square को आधार प्रदान करने के लिए किया जाता है। (ध्यान दें: T-Square से कभी भी ऊर्ध्वाधर या तिरछी रेखाएँ सीधे नहीं खींची जातीं और न ही इसके किनारे पर रखकर कागज काटा जाता है)।

(C) सेट स्क्वायर (Set Squares — IS 1361:1988)

• पारदर्शी सेलुलॉइड या एक्रिलिक प्लास्टिक के बने समकोण त्रिभुजाकार उपकरण हैं, जो दो मानक सेटों में आते हैं:

1. **45° सेट स्क्वायर:** इसके कोण **45°, 45°, 90°** होते हैं (मानक लंबाई **200 mm**)।
2. **30°–60° सेट स्क्वायर:** इसके कोण **30°, 60°, 90°** होते हैं (मानक लंबाई **250 mm**)।

• **कोण निर्माण क्षमता:** T-Square और दोनों Set Squares के संयुक्त प्रयोग से **15° के किसी भी गुणज (15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165°)** के कोण पर सीधी व समानांतर रेखाएँ खींची जा सकती हैं।

(D) चाँदा (Protractor — IS 1563) एवं मिनी ड्राफ्टर (Mini Drafter)

• **Protractor (चाँदा):** अर्द्धवृत्ताकार (**0°** से **180°**) या वृत्ताकार (**0°** से **360°**) पारदर्शी उपकरण, जिसकी न्यूनतम माप (Least Count) सामान्यतः **1°** **या** **0.5°** होती है। इसका उपयोग उन कोणों को मापने में होता है जो **15°** के गुणज नहीं हैं।

• **वर्नियर बेवल प्रोट्रैक्टर (Vernier Bevel Protractor):** यांत्रिक कार्यशाला व सटीक कोण मापन में प्रयुक्त उपकरण जिसका अल्पतमांक (Least Count) **5'** **(5 मिनट = (1/12)°)** होता है।

• **मिनी ड्राफ्टर (Mini Drafter):** यह अकेला उपकरण **T-Square, Set Square, Scale और Protractor** — इन चारों उपकरणों का कार्य एक साथ करता है। इसकी दो भुजाएँ **90°** पर जुड़ी होती हैं।

(E) इंजीनियरिंग पेंसिल के 18 ग्रेड (Grades of Drawing Pencils)

पेंसिल की लीड **ग्रेफाइट (Graphite)** और **काओलिन मिट्टी (Kaolin Clay / Binder)** के मिश्रण से बनती है। काओलिन की मात्रा जितनी अधिक होती है, पेंसिल उतनी ही **कठोर (Hard)** और हल्की चलती है; ग्रेफाइट जितना अधिक होता है, पेंसिल उतनी ही **मुलायम (Soft)** और काली चलती है।

• **कुल 18 मानक ग्रेड:**

• **कठोर ग्रेड (Hard Grades — 6 ग्रेड):** **9H** (सबसे कठोर एवं सबसे हल्की), **8H**, **7H**, **6H**, **5H**, **4H** — अत्यधिक सूक्ष्म रचनात्मक रेखाओं व ग्राफिकल कार्य हेतु।

• **मध्यम ग्रेड (Medium Grades — 6 ग्रेड):** **3H**, **2H**, **H**, **F** (Firm), **HB** (Hard Black), **B** — इंजीनियरिंग ड्राइंग में सर्वाधिक प्रयुक्त ग्रेड:

• **2H एवं 3H:** रचना रेखाएँ (Construction lines), विमा रेखाएँ (Dimension lines), केंद्र रेखाएँ (Centre lines), सेक्शन/हैचिंग रेखाएँ खींचने हेतु।

• **H एवं HB:** मुख्य वस्तु रेखाएँ (Outlines / Object lines), तीर के निशान (Arrowheads), अक्षरांकन (Lettering) एवं मुक्तहस्त स्केचिंग (Freehand Sketching) हेतु।

• **मुलायम ग्रेड (Soft Grades — 6 ग्रेड):** **2B**, **3B**, **4B**, **5B**, **6B**, **7B** (सबसे मुलायम एवं सबसे काली) — कलात्मक कार्य एवं शेडिंग हेतु।

• **पेंसिल की नोक के प्रकार:**

1. **शंक्वाकार नोक (Conical Point):** अक्षरांकन, मुक्तहस्त चित्रण एवं सामान्य कार्य हेतु।
2. **चपटी/छैनी नोक (Chisel Edge):** समान मोटाई की लंबी सीधी रेखाएँ खींचने हेतु।

1.4 रेखाओं के प्रकार एवं अनुप्रयोग (Types of Lines — A से K, IS 10714 / SP 46:2003)

BIS मानक के अनुसार किसी एक ड्राइंग पर **मोटी (Thick), मध्यम (Medium) और पतली (Thin)** रेखाओं की मोटाई का अनुपात **4 : 2 : 1** (या केवल मोटी व पतली रेखाओं का अनुपात कम-से-कम **2 : 1**) रखा जाता है। मानक रेखा समूह (Line Groups in mm): **0.5 mm** समूह में मोटी रेखा **0.5 mm** व पतली रेखा **0.25 mm**; **0.7 mm** समूह में मोटी रेखा **0.7 mm** व पतली रेखा **0.35 mm** होती है।

रेखा प्रकार	रेखा का नाम एवं विवरण (Description of Line)	मोटाई एवं पेंसिल ग्रेड	दृश्य स्वरूप (1D Representation)	मुख्य इंजीनियरी अनुप्रयोग (Applications)
Type A	सतत मोटी रेखा (Continuous Thick Line)	मोटी (**0.5–0.7 mm**, **H/HB**)	==========	दृश्य बाह्य रूपरेखा (Visible Outlines) एवं दृश्य किनारे (Visible Edges)
Type B	सतत पतली सीधी रेखा (Continuous Thin Line)	पतली (**0.2–0.35 mm**, **2H/3H**)	----------	विमा रेखाएँ (Dimension lines), प्रसार रेखाएँ (Extension lines), हैचिंग/सेक्शन रेखाएँ (**45°** पर), लीडर रेखाएँ, चूड़ी का मूल (Root of Threads)
Type C	सतत पतली मुक्तहस्त रेखा (Continuous Thin Freehand)	पतली (**0.2–0.35 mm**, **2H**)	~~~~~~~~~~~~~~~~	आंशिक या बाधित दृश्यों की सीमा (Short Break Line / Limits of Partial Views)
Type D	सतत पतली जिग-जैग रेखा (Continuous Thin with Zig-Zags)	पतली (**0.2–0.35 mm**, **2H**)	---/\---/\---/\---	लंबी बाधित सीमा रेखा (Long Break Line — मशीन द्वारा बनी ड्राइंग हेतु)
Type E	खंडित मोटी रेखा (Dashed Thick Line)	मोटी (**0.5 mm**, **H**)	=== === === ===	अदृश्य बाह्य रूपरेखा एवं छिपे हुए किनारे (Hidden Outlines and Hidden Edges)
Type F	खंडित पतली रेखा (Dashed Thin Line)	पतली (**0.25 mm**, **2H**)	--- --- --- ---	छिपी हुई रूपरेखा एवं अदृश्य किनारे (Hidden Outlines and Edges — सामान्यतः प्रयुक्त)
Type G	चेन पतली रेखा (Chain Thin Line — एकांतर लंबी व छोटी डैश)	पतली (**0.25 mm**, **2H/3H**)	---- - ---- - ----	केंद्र रेखाएँ (Centre Lines), सममिति अक्ष (Lines of Symmetry), पिच वृत्त (Pitch Circles)
Type H	चेन पतली रेखा, सिरों व दिशा परिवर्तन पर मोटी	पतली/सिरों पर मोटी	=== - ---- - ===	कर्तन तल (Cutting Planes / Sectioning Planes) को दर्शाने हेतु
Type J	चेन मोटी रेखा (Chain Thick Line)	मोटी (**0.5–0.7 mm**, **H**)	==== = ==== = ====	उन सतहों का संकेत जिन पर विशेष उपचार (जैसे Case Hardening, Electroplating) होना है

रेखा प्रकार	रेखा का नाम एवं विवरण (Description of Line)	मोटाई एवं पेंसिल ग्रेड	दृश्य स्वरूप (1D Representation)	मुख्य इंजीनियरी अनुप्रयोग (Applications)
Type K	दोहरी डैश वाली चेन पतली रेखा (Chain Thin Double-Dashed)	पतली (**0.25 mm** , **2H**)	**---- - - ---- - -**	गतिमान पुर्जों की चरम स्थितियाँ (Extreme Positions of Movable Parts), संलग्न पुर्जे, केंद्रक पथ (Centroidal Lines)

- **विमांकन (Dimensioning) एवं तीर के निशान (Arrowheads — IS 11669):**
- किसी भी तीर के निशान (Arrowhead) की **लंबाई और चौड़ाई (ऊँचाई) का मानक अनुपात** **3 : 1** होता है (**Length : Width = 3 : 1**)।
- हैचिंग रेखाएँ (Sectioning Lines — Type B) सदैव मुख्य अक्ष या बाह्य रेखा से **45° के कोण** पर समान दूरी (**1.5 mm** से **3 mm**) पर खींची जाती हैं।

1.5 प्रक्षेप के सिद्धांत: प्रथम कोण बनाम तृतीय कोण प्रक्षेप (First Angle vs Third Angle Projection — IS 15021)

जब किसी त्रिविमीय (3D) वस्तु से आने वाली समानांतर प्रक्षेप किरणें (Projectors) प्रक्षेप तल (Plane of Projection) से **90° (लंबवत)** पर टकराती हैं, तो इसे **लंबकोणीय प्रक्षेप (Orthographic Projection)** कहते हैं।

प्रथम कोण एवं तृतीय कोण प्रक्षेप का संपूर्ण तुलनात्मक चार्ट

तुलना का आधार	प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection)	तृतीय कोण प्रक्षेप (Third Angle Projection)
चतुर्थांश (Quadrant)	वस्तु को **प्रथम चतुर्थांश (First Quadrant)** में रखा जाता है (HP के ऊपर एवं VP के सामने)।	वस्तु को **तृतीय चतुर्थांश (Third Quadrant)** में रखा जाता है (HP के नीचे एवं VP के पीछे)।
क्रम (Order of Elements)	**प्रेक्षक -> वस्तु -> प्रक्षेप तल** (**Observer -> Object -> Plane**) अर्थात वस्तु, प्रेक्षक और तल के बीच होती है।	**प्रेक्षक -> प्रक्षेप तल -> वस्तु** (**Observer -> Plane -> Object**) अर्थात प्रक्षेप तल, प्रेक्षक और वस्तु के बीच होता है।
प्रक्षेप तल की प्रकृति	प्रक्षेप तल को **अपारदर्शी (Non-transparent / Opaque)** माना जाता है।	प्रक्षेप तल को **पारदर्शी (Transparent)** माना जाता है।
Top View (Plan) का स्थान	**Front View (Elevation) के ठीक नीचे** बनता है।	**Front View (Elevation) के ठीक ऊपर** बनता है।
Bottom View का स्थान	**Front View के ठीक ऊपर** बनता है।	**Front View के ठीक नीचे** बनता है।
Left Hand Side View (LHSV)	**Front View के दाएँ (Right Side)** बनता है।	**Front View के बाएँ (Left Side)** बनता है।
Right Hand Side View (RHSV)	**Front View के बाएँ (Left Side)** बनता है।	**Front View के दाएँ (Right Side)** बनता है।
BIS प्रतीक (Frustum of Cone)	शंकु के छिन्नक (Frustum) का पार्श्व दृश्य (समलम्ब चतुर्भुज) बाएँ और **संकेंद्रित वृत्त दाएँ (छोटे व्यास के सामने)** होते हैं: `[	\ ] ((o))` संकेंद्रित वृत्त बाएँ और शंकु के छिन्नक का पार्श्व दृश्य दाएँ (छोटा सिरा वृत्त की ओर) होता है: `((o)) [/]`
मानक उपयोगकर्ता देश	भारत (**BIS मानक**), ब्रिटेन, यूरोपीय देश एवं ISO मानक।	संयुक्त राज्य अमेरिका (USA), कनाडा एवं जापान।

आइसोमेट्रिक बनाम ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेप के मुख्य तथ्य

1. **आइसोमेट्रिक अक्ष (Isometric Axes):** तीनों आइसोमेट्रिक अक्ष (X, Y, Z) एक-दूसरे से **120°** के कोण पर झुके होते हैं तथा दोनों क्षैतिज-आधार अक्ष क्षैतिज रेखा से **30°** का कोण बनाते हैं।

2. **आइसोमेट्रिक लंबाई सूत्र (Isometric Length Formula):**

Isometric Length = sqrt(2 / 3) *True Length* = 0.8165 True Length (अर्थात वास्तविक लंबाई से लगभग **18.35%** **कम** या वास्तविक लंबाई की लगभग **81.65%** **या** **82%** होती है)।

3. **आइसोमेट्रिक व्यू बनाम आइसोमेट्रिक प्रोजेक्शन:**

- **Isometric View (Isometric Drawing):** वास्तविक माप (True Scale 1:1) से सीधे बनाया जाता है।
- **Isometric Projection:** आइसोमेट्रिक स्केल (**0.816 * True Length**) का प्रयोग करके बनाया जाता है।

4. **ऑब्लिक प्रक्षेप (Oblique Projection):** इसमें एक फलक प्रक्षेप तल के समानांतर होता है और पीछे हटने वाली अक्षें (Receding axes) सामान्यतः **30°, 45°** या **60°** पर होती हैं:

- **Cavalier Projection:** पीछे जाने वाली गहराई वास्तविक लंबाई की पूर्ण (**1 : 1**) बनाई जाती है।
- **Cabinet Projection:** दृश्य विकृति कम करने के लिए पीछे जाने वाली गहराई वास्तविक लंबाई की आधी (**1/2**) बनाई जाती है।

1.6 निरूपक भिन्न (Representative Fraction — RF) एवं स्केल न्यूमेरिकल्स

- **निरूपक भिन्न (RF) का महत्वपूर्ण सूत्र:**

RF = (ड्राइंग पर वस्तु की माप) / (वस्तु की वास्तविक माप) (दोनों एक ही इकाई में)

- **लघुकरण स्केल (Reducing Scale):** **RF < 1** (जैसे **1:2, 1:10, 1:100** — भवन, पुल, मशीन भागों हेतु)।
- **पूर्ण आकार स्केल (Full Size Scale):** **RF = 1** (**1:1**)।
- **आवर्धन स्केल (Enlarging Scale):** **RF > 1** (जैसे **2:1, 5:1, 10:1** — घड़ी के पुर्जे, माइक्रोचिप हेतु)।
- **स्केल की लंबाई (Length of Scale — LOS) का महत्वपूर्ण सूत्र:**

LOS = RF * (मापी जाने वाली अधिकतम वास्तविक लंबाई Maximum Length)

- **क्षेत्रफल या आयतन दिए होने पर RF का महत्वपूर्ण सूत्र:**
- क्षेत्रफल से: **RF = sqrt(ड्राइंग पर क्षेत्रफल / वास्तविक क्षेत्रफल)**
- आयतन से: **RF = cbrt(ड्राइंग पर आयतन / वास्तविक आयतन) = (ड्राइंग पर आयतन / वास्तविक आयतन)^(1/3)**

मॉड्यूल 1 के हल न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals on Engineering Drawing Scales)

1. **न्यूमेरिकल 1.1:** एक नक्शे पर **12 km** की वास्तविक दूरी को **4 cm** लंबी रेखा द्वारा दर्शाया गया है। इस स्केल का निरूपक भिन्न (RF) तथा **60 km** तक मापने हेतु स्केल की लंबाई (LOS) ज्ञात कीजिए।

- **1D हल:**

RF = ड्राइंग पर लंबाई / वास्तविक लंबाई

12 km = 12 1000 *m* = 12 1000 * 100 cm = 12,00,000 cm

RF = 4 cm / 12,00,000 cm = 1 / 3,00,000

LOS = RF *Maximum Length* = (1 / 3,00,000) (60 * 1,00,000 cm) = 60,00,000 / 3,00,000 = 20 cm

उत्तर: **RF = 1 : 3,00,000** तथा **LOS = 20 cm**।

2. **न्यूमेरिकल 1.2:** एक भूखंड का वास्तविक क्षेत्रफल **64,000 m^2** है, जिसे नक्शे पर **16 cm^2** के क्षेत्रफल द्वारा दर्शाया गया है। इस नक्शे का RF ज्ञात कीजिए।

- **1D हल:**

RF = sqrt(ड्राइंग पर क्षेत्रफल / वास्तविक क्षेत्रफल)

64,000 m^2 = 64,000 (100 *cm*)^2 = 64,000 10,000 cm^2 = 64 * 10^7 cm^2

RF = sqrt(16 cm^2 / (64 10^7 *cm*^2)) = *sqrt*(1 / (4 10^7)) — यदि वास्तविक क्षेत्रफल **6.4 km^2 = 6.4 10^10 *cm*^2** हो, अथवा **64,000 *m*^2 = 6.4** 10^8 cm^2 हो:

RF = sqrt(16 / 6,40,00,000) = 4 / 80,000 = 1 / 20,000

उत्तर: **RF = 1 : 20,000**।

3. **न्यूमेरिकल 1.3:** एक घनाकार पानी की टंकी का वास्तविक आयतन **125 m^3** है। ड्राइंग पर इसे **27 cm^3** के घन द्वारा प्रदर्शित किया गया है। स्केल का RF ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

RF = (ड्राइंग पर आयतन / वास्तविक आयतन)^(1/3)

125 m^3 = 125 (100 *cm*)^3 = 125 10^6 cm^3

RF = (27 / (125 10^6))^(1/3) = 3 / (5 100) = 3 / 500

उत्तर: **RF = 3 : 500**।

4. **न्यूमेरिकल 1.4:** किसी मशीन शाफ्ट की वास्तविक लंबाई **150 mm** है। आइसोमेट्रिक प्रोजेक्शन (Isometric Projection) में इसकी आइसोमेट्रिक लंबाई कितनी होगी?

• **1D हल:**

Isometric Length = 0.8165 *True Length* = 0.8165 150 mm = 122.475 mm

उत्तर: **122.48 mm**।

5. **न्यूमेरिकल 1.5:** A0 ड्राइंग शीट को कितनी बार समद्विभाजित करने पर A4 ड्राइंग शीट प्राप्त होती है तथा एक A0 शीट से कुल कितनी A4 शीट बनती हैं?

• **1D हल:**

A0 को **n = 4** बार अर्द्धित करने पर A4 शीट बनती है।

A4 शीटों की कुल संख्या = 2^n = 2^4 = 16 शीट

उत्तर: **4 बार** मोड़ने/काटने पर, कुल **16 A4 शीट**।

मॉड्यूल 2 (ख): कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व, आपेक्षिक घनत्व एवं आर्किमिडीज सिद्धांत (सिद्धांत एवं 25 हल न्यूमेरिकल्स)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 2 (ख): कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व, आपेक्षिक घनत्व एवं आर्किमिडीज सिद्धांत (सिद्धांत एवं 25 हल न्यूमेरिकल्स)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1
मुख्य भौतिक संकल्पनाएँ एवं महत्वपूर्ण सूत्र

प्रमुख अध्ययन बिंदु 2
कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार एवं घनत्व पर 25 हल न्यूमेरिकल्स (25 Step-by-Step 1D Solved Numericals)

2.1 मुख्य भौतिक संकल्पनाएँ एवं महत्वपूर्ण सूत्र

(A) कार्य (Work — W)

• जब किसी वस्तु पर बल (F) लगाने से बल की दिशा में या उससे theta कोण पर विस्थापन (s) होता है, तो किया गया कार्य बल और विस्थापन के अदिश गुणनफल (Dot Product) के बराबर होता है:

W = F *s* cos(theta)

• **SI मात्रक:** जूल (**Joule = N *m* = *kg* m^2 / s^2**) | **CGS मात्रक:** अर्ग (**Erg = dyne * cm**)

• **रूपांतरण:** **1 Joule = 10^7 Erg** | **विमीय सूत्र:** **[M^1 L^2 T^-2]** | **राशि:** अदिश (Scalar)

• **कार्य की तीन स्थितियाँ:**

1. **धनात्मक कार्य (0° <= theta < 90°):** जब **theta = 0°** हो, **cos(0°) = 1 => W_max = F * s** (जैसे स्वतंत्र रूप से गिरते पिंड पर गुरुत्व बल द्वारा कार्य)।

2. **शून्य कार्य (theta = 90° या s = 0 या F = 0):** **cos(90°) = 0 => W = 0** (जैसे सिर पर बोझ लेकर समतल सड़क पर चलते कुली द्वारा गुरुत्व के विरुद्ध कार्य, वृत्तीय गति में अभिकेंद्रीय बल द्वारा कार्य, कठोर दीवार को धक्का देना)।

3. **ऋणात्मक कार्य (90° < theta <= 180°):** जब **theta = 180°** हो, **cos(180°) = -1 => W = -F * s** (जैसे घर्षण बल द्वारा किया गया कार्य, ऊपर फेंकी गई गेंद पर गुरुत्वाकर्षण द्वारा कार्य)।

(B) शक्ति (Power — P)

• कार्य करने की दर या ऊर्जा रूपांतरण की दर को शक्ति कहते हैं:

P = W / t = (F *s* cos(theta)) / t = F *v* cos(theta)

• **SI मात्रक:** वाट (**Watt = Joule / second = kg * m^2 / s^3**) | **विमीय सूत्र:** **[M^1 L^2 T^-3]**

• **व्यावहारिक एवं यांत्रिक मात्रक:**

• **1 kW = 1000 W** | **1 MW = 10^6 W**

• **ब्रिटिश अश्वशक्ति (British Horse Power):** **1 HP (British) = 746 W = 0.746 kW**

• **मीट्रिक अश्वशक्ति (Metric Horse Power):** **1 HP (Metric) = 735.5 W = 75 kgf * m / s**

• **पंप की शक्ति का महत्वपूर्ण सूत्र:** यदि पंप की दक्षता **eta** हो और वह **t** सेकंड में **m** किग्रा जल को **h** ऊँचाई तक उठाकर **v** वेग से बाहर फेंकता है:

Output Power (P_out) = (m *g* h + (1/2) *m* v^2) / t

Input Power (P_in) = P_out / (eta / 100)

(C) ऊर्जा (Energy — E)

• कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। मात्रक व विमा कार्य के समान (**Joule** , **[M^1 L^2 T^-2]**)।

• **गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy — KE):**

KE = (1/2) *m* v^2 = p^2 / (2 *m*) (जहाँ **p = m *v*** रेखीय संवेग है, अतः ***p* = *sqrt*(2** m *KE*))

• **कार्य-ऊर्जा प्रमेय (Work-Energy Theorem):**

W_net = KE_final - KE_initial = (1/2) *m* (v^2 - u^2)

• **गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (Gravitational Potential Energy — PE):**

`PE = m g h`

• **स्प्रिंग की प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा (Elastic Potential Energy):**

`U = (1/2) k x^2 = F^2 / (2 k)` (जहाँ `k` स्प्रिंग नियतांक N/m में तथा `F = k x` प्रत्यानयन बल है)

• **विद्युत ऊर्जा की व्यावसायिक इकाई (Commercial Unit of Energy):**

`1 Unit = 1 Board of Trade Unit (BOT) = 1 kWh = 1000 W 3600 s = 3.6 10^6 Joule = 3.6 MJ`

`कुल यूनिट (kWh) = (Watt घंटे दिन * उपकरणों की संख्या) / 1000`

(D) द्रव्यमान (Mass — m) बनाम भार (Weight — W)

• **द्रव्यमान (`m`):** वस्तु में निहित पदार्थ की मात्रा; जड़त्व की माप; अदिश राशि; SI मात्रक `kg`; ब्रह्मांड में सर्वत्र अपरिवर्तित रहता है; दंड तुला (Beam Balance) से मापा जाता है।

• **भार (`W`):** वह बल जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केंद्र की ओर आकर्षित करती है:

`W = m * g`

सदिश राशि; SI मात्रक `Newton (N)` तथा गुरुत्वीय मात्रक `kg-wt` या `kgf` (`1 kgf = 9.8 N`); स्थान के साथ बदलता है; कमानीदार तुला (Spring Balance) से मापा जाता है।

• **गुरुत्वीय त्वरण (`g`) में परिवर्तन के महत्वपूर्ण सूत्र:**

• पृथ्वी की सतह पर: `g = (G * M) / R^2 = 9.8 m/s^2`

• **ध्रुवों एवं विषुवत रेखा पर:** ध्रुवों पर `R_p` न्यूनतम व घूर्णन प्रभाव शून्य होने से `g` **अधिकतम** होता है; विषुवत रेखा (Equator) पर `R_e` अधिकतम होने से `g` **न्यूनतम** होता है (`g_equator = g_pole - R * omega^2`)।

• **पृथ्वी के केंद्र पर:** `g = 0`, अतः केंद्र पर किसी भी वस्तु का भार शून्य (`W = 0`) होता है।

• **ऊँचाई (`h`) पर:** `g' = g / (1 + h / R)^2` (यदि `h << R` हो, तो `g' = g (1 - (2 h) / R)`)।

• **गहराई (`d`) पर:** `g' = g * (1 - d / R)`।

• **चंद्रमा की सतह पर:** `g_moon = g_earth / 6`, अतः `W_moon = W_earth / 6` (परंतु द्रव्यमान समान रहता है)।

• **लिफ्ट (Elevator) में व्यक्ति का आभासी भार (`R`):**

1. लिफ्ट स्थिर हो या एकसमान वेग (`a = 0`) से ऊपर/नीचे जा रही हो: `R = m * g` (कोई परिवर्तन नहीं)।
2. लिफ्ट `a` त्वरण से **ऊपर** जा रही हो: `R = m * (g + a)` (भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है)।
3. लिफ्ट `a` त्वरण से **नीचे** आ रही हो: `R = m * (g - a)` (भार घटा हुआ प्रतीत होता है)।
4. लिफ्ट की डोरी टूट जाए (मुक्त पतन `a = g`): `R = m * (g - g) = 0` (**भारहीनता की स्थिति**)।

(E) घनत्व (Density), आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) एवं आर्किमिडीज का सिद्धांत

• **घनत्व (`rho`):** प्रति एकांक आयतन का द्रव्यमान:

`rho = m / V`

• SI मात्रक: `kg / m^3` | CGS मात्रक: `g / cm^3` | संबंध: `1 g / cm^3 = 1000 kg / m^3`

• `4°C` पर शुद्ध जल का घनत्व अधिकतम होता है: `rho_water = 1000 kg / m^3 = 1 g / cm^3`

• **आपेक्षिक घनत्व (Relative Density — RD / Specific Gravity):**

RD = (वस्तु का घनत्व) / (4°C पर शुद्ध जल का घनत्व) (मात्रकहीन एवं विमाहीन राशि)

• **आर्किमिडीज का सिद्धांत (Archimedes' Principle):** जब किसी वस्तु को किसी द्रव में पूर्ण या आंशिक रूप से डुबोया जाता है, तो उसके भार में एक आभासी कमी आती है। भार में यह आभासी कमी वस्तु द्वारा हटाए गए द्रव के भार (अर्थात उत्प्लावन बल **F_b**) के बराबर होती है:

उत्प्लावन बल (F_b) = विस्थापित द्रव का भार = V_submerged *rho_liquid* g = W_air - W_liquid

• **आर्किमिडीज सिद्धांत से आपेक्षिक घनत्व के मास्टर महत्वपूर्ण सूत्र:**

• **ठोस का आपेक्षिक घनत्व:**

RD_solid = W_air / (W_air - W_water)

• **किसी अन्य द्रव का आपेक्षिक घनत्व:**

RD_liquid = (W_air - W_liquid) / (W_air - W_water)

• **तैरती हुई वस्तु के लिए डूबे हुए भाग का अंश:**

V_submerged / V_total = rho_solid / rho_liquid

2.2 कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार एवं घनत्व पर 25 हल न्यूमेरिकल्स (25 Step-by-Step *1*D Solved Numericals*)*

1. **न्यूमेरिकल 2.1 (कोण पर कार्य):** एक रेलवे ट्रॉली पर क्षैतिज से **60°** के कोण पर **200 N** का बल लगाकर उसे क्षैतिज पटरी पर **15 m** विस्थापित किया जाता है। बल द्वारा किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: F = 200 N, s = 15 m, theta = 60°, cos(60°) = 0.5

सूत्र: W = F *s* cos(theta)

W = 200 15 cos(60°) = 3000 * 0.5 = 1500 J = 1.5 kJ

उत्तर: **1500 J** (**1.5 kJ**)।

2. **न्यूमेरिकल 2.2 (कार्य-ऊर्जा प्रमेय):** **1500 kg** द्रव्यमान की एक कार का वेग **36 km/h** से बढ़ाकर **72 km/h** करने में इंजन द्वारा किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: m = 1500 kg

u = 36 km/h = 36 * (5 / 18) = 10 m/s

v = 72 km/h = 72 * (5 / 18) = 20 m/s

सूत्र: W = (1/2) *m* (v^2 - u^2)

W = (1/2) 1500 (20^2 - 10^2) = 750 (400 - 100) = 750 300 = 2,25,000 J = 225 kJ

उत्तर: **225 kJ**।

3. **न्यूमेरिकल 2.3 (संवेग एवं गतिज ऊर्जा प्रतिशत परिवर्तन):** यदि किसी पिंड का रेखीय संवेग **50%** बढ़ा दिया जाए, तो उसकी गतिज ऊर्जा में कितने प्रतिशत की वृद्धि होगी?

• **1D हल:**

सूत्र: KE = p^2 / (2 * m) => KE अनुक्रमानुपाती है p^2 के

माना प्रारंभिक संवेग p1 = 100, तो अंतिम संवेग p2 = 150 = 1.5 * p1

KE2 / KE1 = (p2 / p1)^2 = (1.5)^2 = 2.25

प्रतिशत वृद्धि = (2.25 - 1) * 100% = 125%

(वैकल्पिक शॉर्टकट महत्वपूर्ण सूत्र: **% *Delta_KE* = (2** x + (x^2 / 100))% = 2 50 + (2500 / 100) = 100 + 25 = 125%)

उत्तर: **125%** वृद्धि।

4. **न्यूमेरिकल 2.4 (गतिज ऊर्जा घटने पर संवेग परिवर्तन):** यदि किसी कण की गतिज ऊर्जा **36%** कम कर दी जाए, तो उसके रेखीय संवेग में कितने प्रतिशत की कमी आएगी?

• **1D हल:**

सूत्र: p = sqrt(2 *m* KE)

KE2 = (100 - 36)% of KE1 = 0.64 * KE1

p2 / p1 = sqrt(KE2 / KE1) = sqrt(0.64) = 0.80

संवेग में प्रतिशत कमी = (1 - 0.80) * 100% = 20%

उत्तर: **20%** कमी।

5. **न्यूमेरिकल 2.5 (स्प्रिंग स्थितिज ऊर्जा):** एक स्प्रिंग का बल नियतांक **k = 800 N/m** है। इसे अपनी माध्य स्थिति से **5 cm** से **15 cm** तक खींचने में किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: k = 800 N/m, x1 = 5 cm = 0.05 m, x2 = 15 cm = 0.15 m

सूत्र: W = (1/2) *k* (x2^2 - x1^2)

W = (1/2) 800 (0.15^2 - 0.05^2) = 400 (0.0225 - 0.0025) = 400 0.02 = 8 J

उत्तर: **8 J**।

6. **न्यूमेरिकल 2.6 (सीढ़ियाँ चढ़ने में व्यक्ति की शक्ति):** **60 kg** द्रव्यमान का एक व्यक्ति **20 cm** ऊँचाई वाली **40** सीढ़ियाँ **10 सेकंड** में चढ़ जाता है। उसकी शक्ति ज्ञात कीजिए (**g = 10 m/s^2**)।

• **1D हल:**

कुल ऊँचाई h = 40 * 20 cm = 800 cm = 8 m

सूत्र: P = (m *g* h) / t

P = (60 10 8) / 10 = 480 W

उत्तर: **480 W**।

7. **न्यूमेरिकल 2.7 (मोटर पंप की दक्षता एवं शक्ति):** एक विद्युत मोटर जिसकी दक्षता **80%** है, **20 m** गहरे कुएँ से प्रति मिनट **1200 लीटर** पानी ऊपर उठाती है। मोटर द्वारा ली गई इनपुट विद्युत शक्ति (kW में) ज्ञात कीजिए (**g = 10 m/s^2**, **1 लीटर जल = 1 kg**)।

• **1D हल:**

दिया है: m = 1200 kg, h = 20 m, t = 1 min = 60 s, eta = 80% = 0.8

Output Power (P_out) = (m *g* h) / t = (1200 10 20) / 60 = 4000 W = 4 kW

Input Power (P_in) = P_out / eta = 4 kW / 0.8 = 5 kW

उत्तर: **5 kW**।

8. **न्यूमेरिकल 2.8 (बल और वेग से शक्ति):** एक लोकोमोटिव इंजन पटरी के **4500 N** के घर्षण बल के विरुद्ध **54 km/h** की नियत चाल से ट्रेन को खींच रहा है। इंजन द्वारा विकसित शक्ति अश्वशक्ति (British HP) में ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: F = 4500 N, v = 54 * (5 / 18) = 15 m/s

सूत्र: P = F v = 4500 15 = 67,500 W

अश्वशक्ति में P = 67,500 / 746 = 90.48 HP

उत्तर: 67.5 kW या 90.48 HP।

9. **न्यूमेरिकल 2.9 (व्यावसायिक विद्युत ऊर्जा बिल गणना):** एक कार्यशाला में 100 W के 5 बल्ब, 200 W के 4 पंखे और 1.5 kW का 1 हीटर प्रतिदिन 8 घंटे चलते हैं। ₹ 6.50 प्रति यूनिट की दर से 30 दिनों के माह का कुल विद्युत बिल ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

कुल भार (Total Wattage) = (5 100) + (4 200) + (1 * 1500) = 500 + 800 + 1500 = 2800 W

30 दिनों में कुल यूनिट (kWh) = (2800 8 30) / 1000 = 672 kWh (Units)

कुल विद्युत बिल = 672 * 6.50 = ₹ 4368

उत्तर: 672 यूनिट, कुल बिल ₹ 4,368।

10. **न्यूमेरिकल 2.10 (मुक्त पतन में यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण):** 4 kg द्रव्यमान का एक पत्थर 50 m ऊँची मीनार के शीर्ष से मुक्त रूप से गिराया जाता है। पृथ्वी से 20 m की ऊँचाई पर रहते समय इसकी स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए (g = 10 m/s^2)।

• **1D हल:**

प्रारंभिक कुल ऊर्जा E_total = m *g* H = 4 10 50 = 2000 J

धरातल से h = 20 m ऊँचाई पर स्थितिज ऊर्जा PE = m *g* h = 4 10 20 = 800 J

ऊर्जा संरक्षण नियम से गतिज ऊर्जा KE = E_total - PE = 2000 - 800 = 1200 J

उत्तर: PE = 800 J, KE = 1200 J।

11. **न्यूमेरिकल 2.11 (अप्रत्यास्थ संघट्ट एवं ऊष्मा हानि):** 20 g द्रव्यमान की एक गोली 250 m/s के वेग से चलती हुई 980 g के एक स्थिर लकड़ी के गुटके में धँस जाती है और दोनों साथ-साथ गति करने लगते हैं। निकाय का अंतिम वेग तथा संघट्ट में नष्ट हुई गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: m1 = 20 g = 0.02 kg, u1 = 250 m/s, m2 = 980 g = 0.98 kg, u2 = 0

संवेग संरक्षण से: (m1 + m2) *V* = *m1* u1 + m2 * u2

(0.02 + 0.98) *V* = 0.02 250 => 1.0 * V = 5 => V = 5 m/s

प्रारंभिक KE_i = (1/2) 0.02 250^2 = 0.01 * 62500 = 625 J

अंतिम KE_f = (1/2) (1.0) 5^2 = 12.5 J

नष्ट गतिज ऊर्जा Delta_KE = 625 - 12.5 = 612.5 J

उत्तर: संयुक्त वेग 5 m/s, ऊर्जा हानि 612.5 J।

12. **न्यूमेरिकल 2.12 (पृथ्वी और चंद्रमा पर द्रव्यमान व भार):** किसी अंतरिक्ष यात्री का पृथ्वी पर द्रव्यमान 72 kg है। (g_earth = 9.8 m/s^2)। (i) पृथ्वी पर उसका भार, (ii) चंद्रमा पर उसका द्रव्यमान, तथा (iii) चंद्रमा पर उसका भार ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

(i) पृथ्वी पर भार W_earth = m *g_earth* = 72 9.8 = 705.6 N

(ii) चंद्रमा पर द्रव्यमान m_moon = 72 kg (द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है)

(iii) चंद्रमा पर भार W_moon = W_earth / 6 = 705.6 / 6 = 117.6 N

उत्तर: पृथ्वी पर भार 705.6 N, चंद्रमा पर द्रव्यमान 72 kg, चंद्रमा पर भार 117.6 N।

13. **न्यूमेरिकल 2.13 (ऊँचाई के साथ भार में परिवर्तन):** पृथ्वी की सतह पर किसी पिंड का भार `900 N` है। पृथ्वी की त्रिज्या के आधी ऊँचाई (`h = R / 2`) पर ले जाने पर उस पिंड का भार कितना रह जाएगा?

• **1D हल:**

`सूत्र: W' = W / (1 + h / R)^2`

`h = R / 2 रखने पर: 1 + h / R = 1 + 1/2 = 3/2`

`W' = 900 / (3 / 2)^2 = 900 / (9 / 4) = (900 * 4) / 9 = 400 N`

उत्तर: `400 N`।

14. **न्यूमेरिकल 2.14 (गहराई के साथ भार में परिवर्तन):** यदि किसी वस्तु का पृथ्वी की सतह पर भार `400 N` है, तो पृथ्वी की त्रिज्या की तीन-चौथाई गहराई (`d = (3/4) * R`) पर जाने पर उसका भार क्या होगा?

• **1D हल:**

`सूत्र: W' = W * (1 - d / R)`

`W' = 400 (1 - 3/4) = 400 (1/4) = 100 N`

उत्तर: `100 N`।

15. **न्यूमेरिकल 2.15 (लिफ्ट में ऊपर जाते समय आभासी भार):** `50 kg` द्रव्यमान का एक व्यक्ति लिफ्ट में रखी भार मशीन पर खड़ा है। यदि लिफ्ट `2.2 m/s^2` के एकसमान त्वरण से ऊपर की ओर गति करती है, तो मशीन का पाठ्यांक (N तथा kgf में) क्या होगा (`g = 9.8 m/s^2`)?

• **1D हल:**

`सूत्र: R = m * (g + a)`

`R = 50 (9.8 + 2.2) = 50 12 = 600 N`

`kgf में पाठ्यांक = 600 / 9.8 = 61.22 kgf`

उत्तर: `600 N` (`61.22 kgf`)।

16. **न्यूमेरिकल 2.16 (लिफ्ट में नीचे आते समय आभासी भार):** उपरोक्त प्रश्न में यदि वही लिफ्ट `2.8 m/s^2` के त्वरण से नीचे की ओर उतरे, तो व्यक्ति का आभासी भार क्या होगा?

• **1D हल:**

`सूत्र: R = m * (g - a)`

`R = 50 (9.8 - 2.8) = 50 7.0 = 350 N`

उत्तर: `350 N`।

17. **न्यूमेरिकल 2.17 (अन्य ग्रह पर गुरुत्वीय त्वरण):** एक ग्रह का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का `4 गुना` तथा त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की `2 गुनी` है। उस ग्रह की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण (`g`) का कितना गुना होगा?

• **1D हल:**

`सूत्र: g_p / g_e = (M_p / M_e) * (R_e / R_p)^2`

`g_p / g_e = 4 (1 / 2)^2 = 4 (1 / 4) = 1`

उत्तर: `1 गुना` (अर्थात पृथ्वी के बराबर `g_p = g`)।

18. **न्यूमेरिकल 2.18 (ठोस का घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व):** धातु के एक आयताकार गुटके की माप `10 cm 8 cm 5 cm` है तथा इसका द्रव्यमान `3.12 kg` है। धातु का घनत्व (`g/cm^3` एवं `kg/m^3` में) तथा आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

आयतन V = 10 8 5 = 400 cm^3

द्रव्यमान m = 3.12 kg = 3120 g

घनत्व rho = m / V = 3120 g / 400 cm^3 = 7.8 g/cm^3 = 7800 kg/m^3

आपेक्षिक घनत्व RD = 7800 / 1000 = 7.8

उत्तर: घनत्व **7.8 g/cm^3** (**7800 kg/m^3**), आपेक्षिक घनत्व **7.8**।

19. **न्यूमेरिकल 2.19 (दो द्रवों के समान आयतन के मिश्रण का घनत्व):** यदि **rho_1 = 800 kg/m^3** तथा **rho_2 = 1200 kg/m^3** घनत्व वाले दो अमिश्रणीय द्रवों के **समान आयतन** मिलाए जाएँ, तो मिश्रण का औसत घनत्व क्या होगा?

• **1D हल:**

समान आयतन मिलाने पर औसत घनत्व का महत्वपूर्ण सूत्र: rho_mix = (rho_1 + rho_2) / 2

rho_mix = (800 + 1200) / 2 = 1000 kg/m^3

उत्तर: **1000 kg/m^3**।

20. **न्यूमेरिकल 2.20 (दो द्रवों के समान द्रव्यमान के मिश्रण का घनत्व):** यदि **rho_1 = 2 g/cm^3** तथा **rho_2 = 6 g/cm^3** घनत्व वाले दो पदार्थों के **समान द्रव्यमान** मिलाकर एक मिश्रधातु बनाई जाए, तो मिश्रधातु का औसत घनत्व क्या होगा?

• **1D हल:**

समान द्रव्यमान मिलाने पर हरात्मक माध्य महत्वपूर्ण सूत्र: rho_mix = (2 *rho*_1 rho_2) / (rho_1 + rho_2)

rho_mix = (2 2 6) / (2 + 6) = 24 / 8 = 3 g/cm^3

उत्तर: **3 g/cm^3**।

21. **न्यूमेरिकल 2.21 (आर्किमिडीज सिद्धांत से ठोस का आपेक्षिक घनत्व):** किसी धातु के टुकड़े का वायु में भार **210 g-wt** तथा जल में पूर्णतः डूबे रहने पर भार **180 g-wt** है। धातु का आपेक्षिक घनत्व एवं **kg/m^3** में घनत्व ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: W_air = 210 g-wt, W_water = 180 g-wt

सूत्र: RD = W_air / (W_air - W_water)

RD = 210 / (210 - 180) = 210 / 30 = 7

धातु का घनत्व = RD 1000 = 7 1000 = 7000 kg/m^3

उत्तर: **RD = 7**, घनत्व **7000 kg/m^3**।

22. **न्यूमेरिकल 2.22 (आर्किमिडीज सिद्धांत से अज्ञात द्रव का आपेक्षिक घनत्व):** एक ठोस का वायु में भार **120 N**, जल में भार **80 N** तथा एक खनिज तेल में भार **88 N** है। खनिज तेल का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

सूत्र: RD_liquid = (W_air - W_liquid) / (W_air - W_water)

RD_liquid = (120 - 88) / (120 - 80) = 32 / 40 = 0.80

उत्तर: **0.80**।

23. **न्यूमेरिकल 2.23 (बर्फ का जल में तैरना — डूबा व बाहर रहा भाग):** बर्फ का घनत्व **900 kg/m^3** तथा शुद्ध जल का घनत्व **1000 kg/m^3** है। जब बर्फ का एक टुकड़ा जल में तैरता है, तो उसका कितना प्रतिशत आयतन जल के बाहर (ऊपर) दिखाई देता है?

• **1D हल:**

डूबे भाग का अंश: V_sub / V_total = rho_ice / rho_water = 900 / 1000 = 0.90 = 90%

जल के बाहर रहे भाग का प्रतिशत = 100% - 90% = 10% (अर्थात 1/10 भाग)

उत्तर: **10%** भाग जल के बाहर तथा **90%** भाग जल के भीतर डूबा रहता है।

24. **न्यूमेरिकल 2.24 (धातु के टुकड़े में आंतरिक गुहिका / Cavity का आयतन):** ताँबे (**घनत्व = 9 g/cm^3**) के एक टुकड़े का वायु में भार **270 g-wt** और जल में भार **220 g-wt** है। ज्ञात कीजिए कि क्या टुकड़ा अंदर से खोखला है? यदि हाँ, तो आंतरिक गुहिका (Cavity) का आयतन कितना है?

• **1D हल:**

ठोस ताँबे का वास्तविक आयतन V_metal = m / rho_copper = 270 g / (9 g/cm^3) = 30 cm^3

जल में भार में कमी = 270 - 220 = 50 g-wt

अतः बाह्य कुल आयतन V_external = 50 g / (1 g/cm^3) = 50 cm^3

गुहिका (Cavity) का आयतन V_cavity = V_external - V_metal = 50 - 30 = 20 cm^3

उत्तर: हाँ, टुकड़ा खोखला है; गुहिका का आयतन **20 cm^3** है।

25. **न्यूमेरिकल 2.25 (ब्रेक लगाने पर रुकने की दूरी एवं मंदन बल):** **1000 kg** द्रव्यमान की एक गाड़ी **90 km/h** की चाल से चल रही है। ब्रेक लगाने पर यह **50 m** की दूरी तय करके रुक जाती है। ब्रेक द्वारा लगाया गया औसत मंदन बल एवं किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: m = 1000 kg, u = 90 * (5 / 18) = 25 m/s, v = 0, s = 50 m

कार्य-ऊर्जा प्रमेय से: W = (1/2) *m* (v^2 - u^2) = (1/2) 1000 (0 - 625) = -3,12,500 J = -312.5 kJ

मंदन बल का परिमाण F = |W| / s = 3,12,500 / 50 = 6250 N

उत्तर: मंदन बल **6250 N**, किया गया कार्य **-312.5 kJ**।

मॉड्यूल 3 (ग): सरल मशीनें — लीवर (प्रथम, द्वितीय, तृतीय श्रेणी), घिरनी, नत तल, पहिया-धुरी एवं पेंच जैक

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 3 (ग): सरल मशीनें — लीवर (प्रथम, द्वितीय, तृतीय श्रेणी), घिरनी, नत तल, पहिया-धुरी एवं पेंच जैक

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
सरल मशीन के मूलभूत सूत्र एवं मशीन का नियम	उत्तोलक (Levers): प्रथम, द्वितीय एवं तृतीय श्रेणी	विभिन्न सरल मशीनों के वेग अनुपात (VR) एवं यांत्रिक लाभ के महत्वपूर्ण सूत्र	सरल मशीनों पर 10 हल न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals on Simple Machines)

3.1 सरल मशीन के मूलभूत सूत्र एवं मशीन का नियम

1. **यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage — MA):**

MA = भार (Load W) / आयास (Effort P) = W / P (मात्रकहीन अनुपात)

2. **वेग अनुपात (Velocity Ratio — VR):**

VR = (आयास द्वारा तय दूरी d_P) / (भार द्वारा तय दूरी d_W) = d_P / d_W (मात्रकहीन अनुपात; यह मशीन की ज्यामिति पर निर्भर करता है, घर्षण पर नहीं)

3. **इनपुट कार्य, आउटपुट कार्य एवं दक्षता (Efficiency — eta):**

• **Input Work = P * d_P**

• **Output Work = W * d_W**

• **दक्षता (eta) = (Output Work / Input Work) 100% = ((*W* d_W) / (P *d_P*)) 100% = (MA / VR) * 100%**

4. **आदर्श मशीन (Ideal Machine):** वह काल्पनिक मशीन जिसमें घर्षण शून्य हो:

eta = 100% (या 1), **MA = VR**, **Output Work = Input Work**

5. **मशीन का नियम (Law of Machine):** वास्तविक मशीन में भार **W** और आवश्यक आयास **P** के बीच सरल रेखीय संबंध होता है:

P = m * W + C

- जहाँ **m** = रेखा की प्रवणता (घर्षण गुणांक स्थिरांक) तथा **C** = शून्य भार पर मशीन के घर्षण को पार करने हेतु आवश्यक प्रारंभिक आयास।
- **अधिकतम यांत्रिक लाभ: MA_max = 1 / m**
- **अधिकतम दक्षता: eta_max = (1 / (m *VR*)) 100%**

6. **घर्षण में नष्ट आयास (P_f) एवं घर्षण भार (W_f):**

- आदर्श आयास **P_ideal = W / VR** => **घर्षण में नष्ट आयास: P_f = P - (W / VR)**
- आदर्श भार **W_ideal = P *VR*** => **घर्षण भार: *W_f* = (*P* VR) - W**

7. **उत्क्रमणीय (Reversible) बनाम स्वतः लॉकिंग (Self-Locking / Non-Reversible) मशीन:**

- यदि आयास हटा लेने पर मशीन विपरीत दिशा में चलने लगे, तो वह **उत्क्रमणीय (Reversible)** कहलाती है; इसके लिए शर्त है: **eta >= 50%**।
- यदि आयास हटा लेने पर भी भार नीचे न गिरे (जैसे **पेंच जैक Screw Jack**), तो मशीन **स्वतः लॉकिंग (Self-Locking)** कहलाती है; इसके लिए अनिवार्य शर्त है: **eta < 50%**।

3.2 उत्तोलक (Levers): प्रथम, द्वितीय एवं तृतीय श्रेणी

उत्तोलक एक सीधी या मुड़ी हुई दृढ़ छड़ होती है जो एक स्थिर बिंदु **आलंब (Fulcrum — F)** के परितः घूम सकती है।

- **उत्तोलक का आघूर्ण सिद्धांत (Principle of Moments for Lever):**

भार भार भुजा = आयास आयास भुजा अर्थात **W *L_W* = *P* L_P**

उत्तोलक का यांत्रिक लाभ (MA) = W / P = (आयास भुजा Effort Arm) / (भार भुजा Load Arm) = L_P / L_W

तीनों श्रेणी के उत्तोलकों की मास्टर तुलना सारणी (ट्रिक: F - L - E)

विशेषता	प्रथम श्रेणी उत्तोलक (Class I Lever)	द्वितीय श्रेणी उत्तोलक (Class II Lever)	तृतीय श्रेणी उत्तोलक (Class III Lever)
बीच में स्थित बिंदु (F-L-E)	**आलंब (Fulcrum — F)** भार और आयास के बीच होता है (**P --- F --- W**)।	**भार (Load — W/L)** आलंब और आयास के बीच होता है (**F --- W --- P**)।	**आयास (Effort — P/E)** आलंब और भार के बीच होता है (**F --- P --- W**)।
भुजाओं का संबंध	**Effort Arm** व **Load Arm** बराबर, छोटी या बड़ी हो सकती हैं।	**Effort Arm > Load Arm** (आयास भुजा सदैव भार भुजा से बड़ी होती है)।	**Effort Arm < Load Arm** (आयास भुजा सदैव भार भुजा से छोटी होती है)।
यांत्रिक लाभ (MA)	**MA > 1** या **MA = 1** या **MA < 1** (तीनों संभव)।	**सदैव MA > 1** (हमेशा 1 से अधिक)।	**सदैव MA < 1** (हमेशा 1 से कम)।
विशेष कार्यात्मक नाम	दिशा परिवर्तक / संतुलन उत्तोलक।	**बल गुणक (Force Multiplier)**।	**गति गुणक (Speed / Distance Multiplier)**।
प्रमुख दैनिक व यांत्रिक उदाहरण	कैंची (Scissors), प्लास (Pliers), सी-सॉ (See-saw), हैंडपंप, तराजू (Beam Balance: **MA = 1**), कील उखाड़ने का हथौड़ा (Claw Hammer), साइकिल का ब्रेक।	सरौता (Nutcracker), नींबू निचोड़ने की मशीन (Lemon Squeezer), एक पहिए की हाथ-गाड़ी (Wheelbarrow), कूड़ा ढोने की ट्रॉली, बोतल ओपनर, दरवाजा।	चिमटा (Fire Tongs), किसान का हल, मछली पकड़ने की छड़ (Fishing Rod), स्टेपलर, झाड़ू, बेलचा (Shovel), हाथ का अग्रभाग (Forearm / Biceps)।
मानव शरीर में उदाहरण	सिर का एटलस कशेरुका (गर्दन) पर झुकना।	पंजों के बल (Toe) पर एड़ी ऊपर उठाकर खड़ा होना।	कोहनी के जोड़ पर बाइसेप्स पेशी द्वारा हाथ में भार उठाना।

3.3 विभिन्न सरल मशीनों के वेग अनुपात (VR) एवं यांत्रिक लाभ के महत्वपूर्ण सूत्र

सरल मशीन का नाम	वेग अनुपात (Velocity Ratio — VR) का महत्वपूर्ण सूत्र	प्रमुख प्रतीक एवं विशेष नोट्स
1. एकल अचल घिरनी (Single Fixed Pulley)	VR = 1	केवल बल की दिशा बदलती है; आदर्श स्थिति में MA = 1।
2. एकल चल घिरनी (Single Movable Pulley)	VR = 2	आदर्श स्थिति में MA = 2 (भार आधा हो जाता है)।
3. प्रथम घिरनी तंत्र (1st System of Pulleys)	VR = 2^n	n = चल घिरनियों (Movable Pulleys) की कुल संख्या।
4. द्वितीय घिरनी तंत्र (Block & Tackle)	VR = n	n = दोनों ब्लॉकों में घिरनियों की कुल संख्या (या भार को साधने वाली रस्सियों की संख्या)।
5. तृतीय घिरनी तंत्र (3rd System of Pulleys)	VR = 2^n - 1	n = कुल घिरनियों की संख्या (प्रत्येक डोरी भार से जुड़ी होती है)।
6. नत तल (Inclined Plane — बल तल के समानांतर)	VR = L / h = 1 / sin(theta)	L = नत तल की लंबाई, h = ऊर्ध्वाधर ऊँचाई, theta = झुकाव कोण।
7. नत तल (बल क्षैतिज दिशा में लगाया जाए)	VR = b / h = cot(theta)	b = नत तल का क्षैतिज आधार।
8. पहिया एवं धुरी (Wheel and Axle)	VR = D / d = R / r	D, R = पहिए का व्यास/त्रिज्या; d, r = धुरी (Axle) का व्यास/त्रिज्या।
9. डिफरेंशियल पहिया एवं धुरी	VR = (2 * D) / (d1 - d2)	D = पहिए का व्यास, d1 व d2 = बड़ी व छोटी धुरी के व्यास।
10. वेस्टन डिफरेंशियल घिरनी ब्लॉक	VR = (2 *D*) / (*D* - *d*) = (2 N1) / (N1 - N2)	D, d = ऊपरी ब्लॉक की बड़ी व छोटी घिरनी के व्यास।
11. साधारण पेंच जैक (Simple Screw Jack)	VR = (2 *pi* L) / p	L (या R) = हैंडल/लीवर की लंबाई, p = पेंच की पिच (Pitch)।
12. डिफरेंशियल पेंच जैक	VR = (2 *pi* L) / (p1 - p2)	p1 व p2 = बड़े व छोटे पेंच की पिच।
13. वर्म एवं वर्म व्हील (Worm & Worm Wheel)	VR = (L *T*) / (*r* n_s)	L = हैंडल त्रिज्या, T = व्हील के दाँतों की संख्या, r = लोड ड्रम त्रिज्या, n_s = वर्म स्टार्ट (Single start हेतु 1)।

3.4 सरल मशीनों पर 10 हल न्यूमेरिकल्स (Solved Numericals on Simple Machines)

1. **न्यूमेरिकल 3.1 (प्रथम श्रेणी लीवर):** 2 m लंबी एक दृढ़ छड़ के एक सिरे पर 400 N का भार लटका है। यदि आलंब (Fulcrum) भार से 40 cm की दूरी पर हो, तो दूसरे सिरे पर कितना आयास (Effort) लगाकर भार को संतुलित किया जा सकता है तथा यांत्रिक लाभ क्या होगा?

• **1D हल:**

भार भुजा L_W = 40 cm = 0.4 m

आयास भुजा L_P = 2.0 - 0.4 = 1.6 m

MA = L_P / L_W = 1.6 / 0.4 = 4

P = W / MA = 400 / 4 = 100 N

उत्तर: आयास P = 100 N, यांत्रिक लाभ MA = 4।

2. **न्यूमेरिकल 3.2 (द्वितीय श्रेणी लीवर — सरौता):** एक सरौते (Nutcracker) के कब्जे (Fulcrum) से **3 cm** की दूरी पर सुपारी रखी जाती है और कब्जे से **15 cm** की दूरी पर हाथ से **30 N** का बल लगाया जाता है। सुपारी को तोड़ने के लिए उस पर कितना बल लगेगा?

• **1D हल:**

दिया है: L_W = 3 cm, L_P = 15 cm, P = 30 N

W *L_W* = *P* L_P => W 3 = 30 15 => W = 450 / 3 = 150 N

MA = 15 / 3 = 5

उत्तर: **150 N** (**MA = 5**)।

3. **न्यूमेरिकल 3.3 (तृतीय श्रेणी लीवर — चिमटा):** **24 cm** लंबे एक चिमटे के सिरे से कोयले का टुकड़ा पकड़ने के लिए कब्जे से **8 cm** की दूरी पर **18 N** का आयास लगाया जाता है। कोयले पर लगने वाला बल एवं यांत्रिक लाभ ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दिया है: L_P = 8 cm, L_W = 24 cm, P = 18 N

MA = L_P / L_W = 8 / 24 = 1 / 3 = 0.333

W = P *MA* = 18 (1 / 3) = 6 N

उत्तर: भार बल **6 N**, यांत्रिक लाभ **0.333**।

4. **न्यूमेरिकल 3.4 (प्रथम घिरनी तंत्र):** प्रथम घिरनी तंत्र में **4 चल घिरनियाँ (Movable Pulleys)** लगी हैं। यदि तंत्र की दक्षता **75%** हो, तो **150 N** के आयास से कितना अधिकतम भार उठाया जा सकता है?

• **1D हल:**

प्रथम घिरनी तंत्र का वेग अनुपात VR = 2^n = 2^4 = 16

सूत्र: eta = (MA / VR) 100% => 75 = (*MA* / 16) 100 => MA = 0.75 * 16 = 12

भार W = MA *P* = 12 150 = 1800 N

उत्तर: **1800 N** (**VR = 16, MA = 12**)।

5. **न्यूमेरिकल 3.5 (ब्लॉक एंड टैकल घिरनी तंत्र):** द्वितीय घिरनी तंत्र (Block and Tackle) में कुल **6 घिरनियाँ** हैं। **1200 N** के भार को उठाने के लिए **250 N** का आयास लगाना पड़ता है। मशीन का यांत्रिक लाभ, वेग अनुपात, दक्षता एवं घर्षण में नष्ट आयास ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

VR = n = 6

MA = W / P = 1200 / 250 = 4.8

दक्षता eta = (MA / VR) 100% = (4.8 / 6) 100% = 80%

घर्षण में नष्ट आयास P_f = P - (W / VR) = 250 - (1200 / 6) = 250 - 200 = 50 N

उत्तर: **MA = 4.8**, **VR = 6**, **eta = 80%**, **P_f = 50 N**।

6. **न्यूमेरिकल 3.6 (नत तल — Inclined Plane):** क्षैतिज से **30°** के कोण पर झुके एक नत तल पर **600 N** के भार को तल के समानांतर **400 N** का बल लगाकर ऊपर खींचा जाता है। नत तल का वेग अनुपात, यांत्रिक लाभ एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

VR = 1 / sin(30°) = 1 / 0.5 = 2

MA = W / P = 600 / 400 = 1.5

eta = (MA / VR) 100% = (1.5 / 2) 100% = 75%

उत्तर: VR = 2, MA = 1.5, eta = 75%।

7. **न्यूमेरिकल 3.7 (पेंच जैक — Screw Jack):** एक पेंच जैक की पिच p = 10 mm है तथा इसके हैंडल की प्रभावी लंबाई L = 49 cm है। यदि जैक की दक्षता 40% हो, तो 12.32 kN के भार को उठाने के लिए हैंडल के सिरे पर कितना आयास लगाना पड़ेगा? (pi = 22/7)

• **1D हल:**

दिया है: p = 10 mm = 1 cm, L = 49 cm, W = 12,320 N, eta = 40% = 0.4

VR = (2 *pi* L) / p = (2 (22 / 7) 49) / 1 = 2 22 7 = 308

MA = eta *VR* = 0.4 308 = 123.2

आयास P = W / MA = 12,320 / 123.2 = 100 N

उत्तर: VR = 308, MA = 123.2, आवश्यक आयास P = 100 N।

8. **न्यूमेरिकल 3.8 (पहिया एवं धुरी — Wheel and Axle):** किसी पहिया एवं धुरी मशीन में पहिए का व्यास 60 cm और धुरी का व्यास 12 cm है। यदि 200 N के आयास से 800 N का भार उठाया जाता है, तो मशीन की दक्षता क्या है?

• **1D हल:**

VR = D / d = 60 / 12 = 5

MA = W / P = 800 / 200 = 4

eta = (MA / VR) 100% = (4 / 5) 100% = 80%

उत्तर: 80%।

9. **न्यूमेरिकल 3.9 (मशीन का नियम एवं अधिकतम दक्षता):** एक लिफ्टिंग मशीन का नियम P = 0.05 * W + 15 (N में) है तथा इसका वेग अनुपात VR = 25 है। (i) 1000 N भार उठाने हेतु आवश्यक आयास एवं दक्षता, तथा (ii) मशीन का अधिकतम यांत्रिक लाभ व अधिकतम दक्षता ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

(i) W = 1000 N रखने पर: P = 0.05 * 1000 + 15 = 50 + 15 = 65 N

MA = 1000 / 65 = 15.38 => eta = (15.38 / 25) * 100% = 61.54%

(ii) अधिकतम यांत्रिक लाभ MA_max = 1 / m = 1 / 0.05 = 20

अधिकतम दक्षता eta_max = (1 / (m *VR*)) 100% = (20 / 25) * 100% = 80%

उत्तर: P = 65 N, eta = 61.54%, MA_max = 20, eta_max = 80%।

10. **न्यूमेरिकल 3.10 (डिफरेंशियल पहिया एवं धुरी):** एक डिफरेंशियल पहिया एवं धुरी में पहिए का व्यास 40 cm तथा दोनों धुरियों के व्यास क्रमशः 12 cm और 8 cm हैं। मशीन का वेग अनुपात ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

सूत्र: VR = (2 * D) / (d1 - d2)

VR = (2 * 40) / (12 - 8) = 80 / 4 = 20

उत्तर: VR = 20।

मॉड्यूल 4 (घ): ऊष्मा, तापमान, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा, ऊष्मागतिकी एवं कैलोरीमिति (सिद्धांत एवं हल न्यूमेरिकल्स)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 4 (घ): ऊष्मा, तापमान, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा, ऊष्मागतिकी एवं कैलोरीमिति (सिद्धांत एवं हल न्यूमेरिकल्स)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
तापमान पैमाने एवं रूपांतरण सूत्र	ऊष्मा, विशिष्ट ऊष्मा एवं गुप्त ऊष्मा के सिद्धांत व महत्वपूर्ण सूत्र	ऊष्मीय प्रसार एवं ऊष्मागतिकी के मुख्य सूत्र	ऊष्मा, कैलोरीमिति एवं ऊष्मागतिकी पर 10 हल न्यूमेरिकल्स

4.1 तापमान पैमाने एवं रूपांतरण सूत्र

• **चारों प्रमुख तापमान पैमानों का मास्टर 1D रूपांतरण सूत्र:**

(C - 0) / 100 = (F - 32) / 180 = (K - 273.15) / 100 = (R - 0) / 80

सरलीकृत रूप:

C / 5 = (F - 32) / 9 = (K - 273) / 5 = R / 4

• **तापमान अंतर (Delta_T) का संबंध:**

Delta_C / 5 = Delta_F / 9 = Delta_K / 5 = Delta_R / 4 अर्थात **1°C का तापांतर = 1 K का तापांतर = 1.8°F का तापांतर**

महत्वपूर्ण मानक तापमान बिंदु सारणी

भौतिक घटना / मानक संदर्भ बिंदु	सेल्सियस (°C)	फारेनहाइट (°F)	केल्विन (K)	रीयूमर (°R)
परम शून्य ताप (Absolute Zero — आणविक गति शून्य)	-273.15°C	-459.67°F	0 K	-218.52°R
पारे का हिमांक (Freezing Point of Mercury)	-39°C	-38.2°F	234.15 K	-31.2°R
सेल्सियस व फारेनहाइट का समान पाठ्यांक (C = F)	-40°C	-40°F	233.15 K	-32°R
शुद्ध जल का हिमांक (Ice Point at 1 atm)	0°C	32°F	273.15 K	0°R
जल का त्रिक बिंदु (Triple Point of Water at 611.65 Pa)	0.01°C	32.018°F	273.16 K	0.008°R
जल का अधिकतम घनत्व बिंदु (1000 kg/m^3)	4°C	39.2°F	277.15 K	3.2°R
स्वस्थ मानव शरीर का सामान्य ताप	37°C (36.9°C)	98.6°F (98.4°F)	310.15 K	29.6°R
शुद्ध जल का क्वथनांक (Steam Point at 1 atm)	100°C	212°F	373.15 K	80°R
फारेनहाइट व केल्विन का समान पाठ्यांक (F = K)	301.25°C	574.25°F	574.25 K	241°R

4.2 ऊष्मा, विशिष्ट ऊष्मा एवं गुप्त ऊष्मा के सिद्धांत व महत्वपूर्ण सूत्र

1. **ऊष्मा के मात्रक एवं यांत्रिक तुल्यांक (J):**

• SI मात्रक: **जूल (Joule)** | CGS एवं व्यावहारिक मात्रक: **कैलोरी (Calorie)** तथा **किलो-कैलोरी (kcal)**।

• **1 Calorie = 4.186 Joule** (गणना में प्रायः **4.2 J**) | **1 kcal = 1000 cal = 4186 J**

• **1 British Thermal Unit (BTU) = 252 Calorie = 1055 Joule**

• जूल का ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक: **W = J * Q** (जहाँ **J = 4.186 J/cal**)।

2. **विशिष्ट ऊष्मा धारिता (Specific Heat Capacity — c या s):**

किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान (1 kg) का ताप 1°C (या 1 K) बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा:

Q = m *c* Delta_T => c = Q / (m * Delta_T)

- **SI मात्रक:** J / (kg *K*) या *J* / (*kg* °C) | **विमीय सूत्र:** [M^0 L^2 T^-2 Theta^-1]
- **प्रमुख पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता:**
- **जल (Water):** 4186 J/(kg*K*) (या 4200 *J*/(*kg* K) = 1 cal/(g*°C)) — सामान्य द्रवों में सर्वाधिक, इसी कारण जल का उपयोग कार रेडिएटर कूलेंट व सिकाई की बोतल में होता है।
- **बर्फ (Ice) एवं भाप (Steam):** 2100 J/(kg*K*) = 0.5 *cal*/(*g* °C)
- **ताँबा (Copper):** 385–400 J/(kg*K*) = 0.09 *cal*/(*g* °C)
- **सीसा (Lead):** 130 J/(kg*K*) = 0.03 *cal*/(*g* °C)
- **हाइड्रोजन गैस:** सभी पदार्थों में सर्वाधिक (~14,300 J/(kg*K))।

3. **ऊष्मा धारिता (Thermal Capacity) एवं जल तुल्यांक (Water Equivalent):**

- ऊष्मा धारिता: C = m * c = Q / Delta_T (मात्रक: J / K)।
- जल तुल्यांक: W_eq = (m *c*) / *c_water* (*CGS* में *c_water* = 1 *cal*/(*g* °C) होने पर W_eq = m * c ग्राम)।

4. **गुप्त ऊष्मा (Latent Heat — L):**

नियत तापमान पर एकांक द्रव्यमान (1 kg) के पदार्थ की **अवस्था परिवर्तन (Phase Change)** के लिए आवश्यक ऊष्मा:

Q = m * L => L = Q / m

- **SI मात्रक:** J / kg | **विमीय सूत्र:** [M^0 L^2 T^-2]
- **बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Fusion of Ice — L_f):**

L_f = 80 cal / g = 80 kcal / kg = 3.36 * 10^5 J / kg (336 kJ/kg)

- **जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Vaporization of Steam — L_v):**

L_v = 540 cal / g = 540 kcal / kg = 2.26 * 10^6 J / kg (2260 kJ/kg)

- महत्वपूर्ण तथ्य: 100°C के उबलते जल की तुलना में 100°C की भाप से हाथ अधिक गंभीर रूप से जलता है क्योंकि भाप के प्रति ग्राम में 540 cal (2260 J) अतिरिक्त वाष्पन की गुप्त ऊष्मा निहित होती है।

5. **कैलोरीमिति का सिद्धांत (Principle of Calorimetry / Method of Mixtures):**

ऊष्मारोधी निकाय में जब भिन्न ताप वाली दो वस्तुओं को मिलाया जाता है, तो ऊष्मा संरक्षण नियम से:

गर्म वस्तु द्वारा दी गई कुल ऊष्मा (Heat Lost) = ठंडी वस्तु द्वारा ली गई कुल ऊष्मा (Heat Gained)

m1 *c1* (T1 - T_mix) = m2 *c2* (T_mix - T2)

मिश्रण का अंतिम ताप: T_mix = (m1 *c1* T1 + m2 *c2* T2) / (m1 *c1* + *m2* c2)

4.3 ऊष्मीय प्रसार एवं ऊष्मागतिकी के मुख्य सूत्र

1. **ठोसों का ऊष्मीय प्रसार (Thermal Expansion of Solids):**

- रेखीय प्रसार गुणांक (alpha): Delta_L = L_0 *alpha* Delta_T => L_t = L_0 (1 + *alpha* Delta_T)
- क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (beta): Delta_A = A_0 *beta* Delta_T => beta = 2 * alpha
- आयतन प्रसार गुणांक (gamma): Delta_V = V_0 *gamma* Delta_T => gamma = 3 * alpha
- **मास्टर अनुपात:** alpha : beta : gamma = 1 : 2 : 3

2. **ऊष्मागतिकी के नियम (Laws of Thermodynamics):**

- **शून्यवाँ नियम (Zeroth Law):** तापीय साम्य एवं **तापमान (Temperature)** की संकल्पना देता है।
- **प्रथम नियम (First Law):** ऊर्जा संरक्षण पर आधारित है:

Delta_Q = Delta_U + Delta_W = n C_v Delta_T + P * Delta_V

- **समतापी प्रक्रम (Isothermal Process):** **Delta_T = 0 => Delta_U = 0 => Delta_Q = Delta_W** (**P * V = नियतांक**)।
- **रुद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process):** **Delta_Q = 0 => Delta_U = -Delta_W** (**P * V^gamma = नियतांक**)।
- **समआयतनिक प्रक्रम (Isochoric Process):** **Delta_V = 0 => Delta_W = 0 => Delta_Q = Delta_U**।
- **द्वितीय नियम एवं कार्नो इंजन की दक्षता (Carnot Engine Efficiency):**

eta = (1 - T2 / T1) 100% = ((T1 - T2) / T1) 100% = ((Q1 - Q2) / Q1) * 100%

(जहाँ **T1** स्रोत का ताप एवं **T2** सिंक का ताप **अनिवार्यतः केल्विन (K)** में है!)

4.4 ऊष्मा, कैलोरीमिति एवं ऊष्मागतिकी पर 10 हल न्यूमेरिकल्स

1. **न्यूमेरिकल 4.1 (तापमान रूपांतरण):** वह तापमान ज्ञात कीजिए जिस पर फारेनहाइट तापमापी का पाठ्यांक सेल्सियस तापमापी के पाठ्यांक का ठीक दोगुना (**F = 2 * C**) होता है।

- **1D हल:**

सूत्र: C / 5 = (F - 32) / 9

F = 2 C रखने पर: C / 5 = (2 C - 32) / 9

9 C = 10 C - 160 => C = 160°C तथा F = 2 * 160 = 320°F

उत्तर: 160°C (**320°F**)।

2. **न्यूमेरिकल 4.2 (विशिष्ट ऊष्मा गणना):** **2.5 kg** द्रव्यमान के एक ताँबे के ब्लॉक का तापमान **20°C** से **120°C** तक बढ़ाने के लिए **97.5 kJ** ऊष्मा की आवश्यकता होती है। ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात कीजिए।

- **1D हल:**

दिया है: m = 2.5 kg, Delta_T = 120 - 20 = 100°C, Q = 97,500 J

c = Q / (m Delta_T) = 97,500 / (2.5 100) = 97,500 / 250 = 390 J/(kg*K)

उत्तर: 390 J/(kg*K)।

3. **न्यूमेरिकल 4.3 (बर्फ से भाप बनने की कुल ऊष्मा):** **-10°C** की **100 g** बर्फ को **100°C** की भाप में पूर्णतः परिवर्तित करने के लिए कुल कितनी ऊष्मा (कैलोरी एवं जूल में) आवश्यक होगी?
(**c_ice = 0.5 cal/(g°C), L_f = 80 cal/g, c_{water} = 1 cal/(g°C), L_v = 540 cal/g**)

- **1D हल:**

चरण 1 (-10°C बर्फ से 0°C बर्फ): Q1 = m c_{ice} Delta_T = 100 0.5 10 = 500 cal

चरण 2 (0°C बर्फ से 0°C जल): Q2 = m L_f = 100 80 = 8,000 cal

चरण 3 (0°C जल से 100°C जल): Q3 = m c_{water} Delta_T = 100 1 100 = 10,000 cal

चरण 4 (100°C जल से 100°C भाप): Q4 = m L_v = 100 540 = 54,000 cal

कुल ऊष्मा Q_total = 500 + 8000 + 10000 + 54000 = 72,500 cal = 72.5 kcal

जूल में Q_total = 72,500 * 4.2 = 3,04,500 J = 304.5 kJ

उत्तर: 72,500 cal (72.5 kcal या 304.5 kJ)।

4. **न्यूमेरिकल 4.4 (कैलोरीमिति — दो तापों के जल का मिश्रण):** 80°C के 300 g गर्म जल को 20°C के 200 g ठंडे जल में मिलाया जाता है। मिश्रण का अंतिम संतुलन तापमान ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

दोनों द्रव जल हैं (c1 = c2), अतः: T_mix = (m1 *T1* + *m2* T2) / (m1 + m2)

T_mix = (300 80 + 200 20) / (300 + 200) = (24000 + 4000) / 500 = 28000 / 500 = 56°C

उत्तर: 56°C।

5. **न्यूमेरिकल 4.5 (बर्फ और गर्म जल का मिश्रण):** 0°C की 50 g बर्फ को 50°C के 200 g जल में मिलाया जाता है। मिश्रण का अंतिम तापमान क्या होगा? (L_f = 80 cal/g)

• **1D हल:**

50 g बर्फ को पिघलने हेतु आवश्यक ऊष्मा Q_melt = 50 * 80 = 4000 cal

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा:

200 1 (50 - T) = 4000 + 50 1 (T - 0)

10000 - 200 *T* = 4000 + 50 T => 250 * T = 6000 => T = 6000 / 250 = 24°C

उत्तर: 24°C।

6. **न्यूमेरिकल 4.6 (बर्फ और जल का समान द्रव्यमान — मानक ट्रिक न्यूमेरिकल):** यदि 0°C की 100 g बर्फ को 80°C के 100 g जल में मिलाया जाए, तो परिणामी मिश्रण का तापमान क्या होगा?

• **1D हल:**

100 g बर्फ को 0°C जल में बदलने हेतु ऊष्मा = 100 * 80 = 8000 cal

100 g जल को 80°C से 0°C तक ठंडा होने पर मुक्त ऊष्मा = 100 1 80 = 8000 cal

दोनों ऊष्माएँ ठीक बराबर हैं, अतः संपूर्ण बर्फ पिघल जाएगी और मिश्रण का तापमान ठीक 0°C रहेगा।

उत्तर: 0°C (संपूर्ण जल)।

7. **न्यूमेरिकल 4.7 (रेखीय प्रसार — रेल की पटरियों के बीच खाली स्थान):** इस्पात की दो रेल पटरियों में से प्रत्येक की लंबाई 25 m है। यदि तापमान में अधिकतम वृद्धि 40°C हो तथा इस्पात का रेखीय प्रसार गुणांक alpha = 1.2 * 10^-5 /°C हो, तो पटरियों को टेढ़ा होने से बचाने के लिए उनके बीच कम-से-कम कितना अंतराल (Gap) छोड़ा जाना चाहिए?

• **1D हल:**

सूत्र: Delta_L = L_0 *alpha* Delta_T

Delta_L = 25 (1.2 10^-5) 40 = 1000 1.2 10^-5 = 1.2 10^-2 m = 1.2 cm = 12 mm

उत्तर: 1.2 cm (12 mm)।

8. **न्यूमेरिकल 4.8 (क्षेत्रीय एवं आयतन प्रसार गुणांक):** किसी धातु की छड़ का रेखीय प्रसार गुणांक 1.5 * 10^-5 /K है। उस धातु की चादर का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (beta) एवं घन का आयतन प्रसार गुणांक (gamma) ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

beta = 2 *alpha* = 2 1.5 10^-5 = 3.0 10^-5 /K

gamma = 3 *alpha* = 3 1.5 10^-5 = 4.5 10^-5 /K

उत्तर: beta = 3.0 10^-5 /*K*, *gamma* = 4.5 10^-5 /K।

9. **न्यूमेरिकल 4.9 (कार्नो इंजन की दक्षता एवं आउटपुट कार्य):** एक आदर्श कार्नो ऊष्मा इंजन `227°C` के स्रोत और `27°C` के सिंक के बीच कार्य करता है। यदि इंजन प्रत्येक चक्र में स्रोत से `1200 J` ऊष्मा लेता है, तो इंजन की दक्षता, प्रति चक्र किया गया कार्य तथा सिंक को निष्कासित ऊष्मा ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

`T1 = 227 + 273 = 500 K`

`T2 = 27 + 273 = 300 K`

`दक्षता eta = (1 - T2 / T1) 100% = (1 - 300 / 500) 100% = (200 / 500) * 100% = 40%`

`किया गया कार्य W = eta Q1 = 0.40 1200 = 480 J`

`सिंक को दी गई ऊष्मा Q2 = Q1 - W = 1200 - 480 = 720 J`

उत्तर: दक्षता `40%`, कार्य `W = 480 J`, सिंक ऊष्मा `Q2 = 720 J`।

10. **न्यूमेरिकल 4.10 (ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम):** किसी गैस को `500 cal` ऊष्मा देने पर गैस द्वारा बाह्य दाब के विरुद्ध `600 J` कार्य किया जाता है। गैस की आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन (`Delta_U`) जूल में ज्ञात कीजिए (`1 cal = 4.2 J`)।

• **1D हल:**

`Delta_Q = 500 cal = 500 * 4.2 = 2100 J`

`Delta_W = +600 J`

`प्रथम नियम से: Delta_U = Delta_Q - Delta_W = 2100 - 600 = +1500 J`

उत्तर: आंतरिक ऊर्जा में `+1500 J` की वृद्धि।

मॉड्यूल 5 (ङ): बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, नेटवर्क नियम, ट्रांसफॉर्मर, थ्री-फेज इंडक्शन मोटर एवं बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 5 (ङ): बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, नेटवर्क नियम, ट्रांसफॉर्मर, थ्री-फेज इंडक्शन मोटर एवं बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, ओम का नियम एवं प्रतिरोध संयोजन	ट्रांसफॉर्मर एवं थ्री-फेज इंडक्शन मोटर	बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स: डायोड, ट्रांजिस्टर एवं लॉजिक गेट्स	बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, मशीन एवं इलेक्ट्रॉनिक्स पर 12 हल न्यूमेरिकल्स

5.1 बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, ओम का नियम एवं प्रतिरोध संयोजन

1. **वैद्युत आवेश (`Q`) एवं धारा (`I`):**

`Q = n e = I t`

• `e = 1.6 10^-19 Coulomb` (`1 C आवेश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 6.25` 10^18 इलेक्ट्रॉन)।

• धारा की दिशा इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के विपरीत (उच्च विभव से निम्न विभव की ओर) मानी जाती है।

2. **विभव एवं विभवांतर (`V`):**

`V = W / Q => W = V Q = V I t` (SI मात्रक: `Volt = Joule / Coulomb`)*

3. **ओम का नियम (Ohm's Law):** यदि भौतिक अवस्थाएँ (ताप, दाब, विकृति) नियत रहें, तो चालक के सिरों के बीच विभवांतर उसमें प्रवाहित धारा के समानुपाती होता है:

`V = I * R => R = V / I`

4. **प्रतिरोध एवं विशिष्ट प्रतिरोध (Resistivity — `rho`):**

R = rho * (L / A)

• **प्रतिरोध (R) का मात्रक:** Ohm | **चालकता (G = 1 / R) का मात्रक:** Siemens (S) या Mho

• **प्रतिरोधकता (rho) का मात्रक:** Ohm * m (यह केवल पदार्थ की प्रकृति और तापमान पर निर्भर करती है, तार की लंबाई या मोटाई पर नहीं)।

• **तार खींचकर लंबाई n गुनी करने पर नया प्रतिरोध:** R_new = n^2 *R_old* (तथा त्रिज्या 1/*n* गुनी करने पर *R_new* = *n*^4 R_old)।

• **तापमान प्रभाव:** धातुओं के लिए प्रतिरोध ताप गुणांक (alpha) **धनात्मक (PTC)** होता है (R_t = R_0 (1 + *alpha* t)); अर्धचालकों (Si, Ge), कार्बन व विद्युत अपघट्यों के लिए alpha **ऋणात्मक (NTC)** होता है; मैंगनिन, कांस्टेंटन व यूरेका के लिए alpha लगभग शून्य होता है।

5. **प्रतिरोधों का श्रेणी एवं समांतर संयोजन:**

• **श्रेणी क्रम (Series — धारा समान, विभव भिन्न):**

R_eq = R1 + R2 + R3 + ... (यदि n समान प्रतिरोध हों: R_eq = n * R)

• **समांतर क्रम (Parallel — विभव समान, धारा भिन्न):**

1 / R_eq = (1 / R1) + (1 / R2) + (1 / R3)

दो प्रतिरोधों हेतु: R_eq = (R1 * R2) / (R1 + R2) (यदि n समान प्रतिरोध हों: R_eq = R / n)

6. **व्हीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone Bridge) एवं किरचॉफ के नियम:**

• **व्हीटस्टोन ब्रिज संतुलन शर्त (जब गैल्वेनोमीटर में धारा I_g = 0 हो):**

P / Q = R / S => S = (Q / P) * R

• **किरचॉफ का प्रथम नियम (KCL / संधि नियम):** किसी संधि पर मिलने वाली समस्त धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है (Sigma I = 0)। यह **आवेश संरक्षण (Conservation of Charge)** पर आधारित है।

• **किरचॉफ का द्वितीय नियम (KVL / लूप नियम):** किसी बंद वैद्युत पाश (Mesh) में विभवांतरों एवं विद्युत वाहक बलों का बीजगणितीय योग शून्य होता है (Sigma V = 0 या Sigma E = Sigma (I * R))। यह **ऊर्जा संरक्षण (Conservation of Energy)** पर आधारित है।

7. **सेल का आंतरिक प्रतिरोध एवं संयोजन:**

• टर्मिनल वोल्टता (डिस्चार्जिंग में): V = E - I *r* तथा चार्जिंग में: *V* = *E* + *I* r

• परिपथ धारा: I = E / (R + r)

• n सेलों का श्रेणी संयोजन: I = (n *E*) / (*R* + *n* r) | समांतर संयोजन: I = E / (R + r / n)

5.2 ट्रांसफॉर्मर एवं थ्री-फेज इंडक्शन मोटर

(A) ट्रांसफॉर्मर (Transformer)

• **मूल सिद्धांत: फैराडे के विद्युत-चुंबकीय अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction)** के सिद्धांत पर कार्य करने वाली एक स्थैतिक मशीन (Static Device) है, जो **आवृत्ति (f) और शक्ति (P) को बदले बिना** AC वोल्टता एवं धारा के स्तर को बदलती है। (DC पर ट्रांसफॉर्मर कार्य नहीं करता; DC देने पर प्राथमिक कुंडली जल जाएगी)।

• **EMF समीकरण (1D):**

E_p = 4.44 *f* N_p *Phi_m* तथा *E_s* = 4.44 f *N_s* Phi_m

• **रूपांतरण अनुपात (Transformation Ratio — K):**

V_s / V_p = E_s / E_p = N_s / N_p = I_p / I_s = K

• **Step-Up Transformer:** `N_s > N_p`, `V_s > V_p`, `I_s < I_p`, `K > 1`

• **Step-Down Transformer:** `N_s < N_p`, `V_s < V_p`, `I_s > I_p`, `K < 1`

• **कोर निर्माण एवं हानियाँ:**

• ट्रांसफॉर्मर की कोर **सिलिकॉन स्टील (Silicon Steel — 3.8% से 4.5% सिलिकॉन) की वार्निश लेपित पतली पत्तियों (Laminations: 0.35 mm से 0.5 mm)** से बनाई जाती है:

• **सिलिकॉन स्टील का प्रयोग:** *हिस्टेरेसिस हानि (*Hysteresis Loss* `W_h = eta_s` B_max^1.6 *f* V)** कम करने के लिए।

• **पटलन (Lamination) का प्रयोग:** *भँवर धारा हानि (*Eddy Current Loss* `W_e अनुक्रमानुपाती B_max^2` f^2 *t*^2)* कम करने के लिए।

• **लौह हानि (Iron/Core Loss):** स्थिर हानि है, जो **खुला परिपथ परीक्षण (Open Circuit Test)** से ज्ञात होती है।

• *ताम्र हानि (*Copper Loss* `I^2` R): **भार के वर्ग के समानुपाती परिवर्ती हानि है, जो** लघु परिपथ परीक्षण (Short Circuit Test)** से ज्ञात होती है।

• **अधिकतम दक्षता की शर्त:** `ताम्र हानि (Variable Copper Loss) = लौह हानि (Constant Iron Loss)`।

• **ट्रांसफॉर्मर की रेटिंग:** `kVA` **(या** `MVA`**)** में व्यक्त की जाती है क्योंकि लौह हानि वोल्टता पर और ताम्र हानि धारा पर निर्भर करती है, लोड के शक्ति गुणांक (`cos(phi)`) पर नहीं।

(B) थ्री-फेज इंडक्शन मोटर (Three-Phase Induction Motor)

• **कार्य सिद्धांत:** स्टेटर में थ्री-फेज सप्लाई देने पर `120°` **फेज अंतर** के कारण एक **घूर्णी चुंबकीय क्षेत्र (Rotating Magnetic Field — RMF)** उत्पन्न होता है, जो **तुल्यकालिक गति (**`N_s`**)** से घूमता है:

`N_s = (120 f) / P` (जहाँ `f` = सप्लाई आवृत्ति Hz में, `P` = ध्रुवों की संख्या)*

• **स्लिप (Slip —** `s`**) एवं रोटर गति (**`N_r`**):**

`s = (N_s - N_r) / N_s` या `% s = ((N_s - N_r) / N_s) * 100%`

`रोटर गति N_r = N_s * (1 - s)`

• **रोटर धारा की आवृत्ति (**`f_r`**):**

`f_r = s f` (स्थिर अवस्था `N_r = 0` में `s = 1 => f_r = f`)*

• **स्टार (**`Y`**) एवं डेल्टा (**`Delta`**) संयोजन के महत्वपूर्ण सूत्र:**

• **स्टार संयोजन (Star Connection):** `I_L = I_ph` तथा `V_L = sqrt(3) * V_ph`

• **डेल्टा संयोजन (Delta Connection):** `V_L = V_ph` तथा `I_L = sqrt(3) * I_ph`

• **थ्री-फेज सक्रिय शक्ति:** `P = sqrt(3) V_L I_L cos(phi) = 3 V_ph I_ph cos(phi)`

5.3 बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स: डायोड, ट्रांजिस्टर एवं लॉजिक गेट्स

1. **अर्धचालक एवं PN जंक्शन डायोड:**

• **नैज अर्धचालक:** शुद्ध सिलिकॉन (`Si`, संयोजकता 4, ऊर्जा अंतराल `1.1 eV`, प्राचीर विभव `0.7 V`) एवं जर्मेनियम (`Ge`, ऊर्जा अंतराल `0.72 eV`, प्राचीर विभव `0.3 V`)।

• **N-प्रकार अर्धचालक:** पंचसंयोजी अशुद्धि (Phosphorus, Arsenic, Antimony) मिलाने पर; बहुसंख्यक वाहक **इलेक्ट्रॉन**।

• **P-प्रकार अर्धचालक:** त्रिसंयोजी अशुद्धि (Boron, Aluminium, Gallium, Indium) मिलाने पर; बहुसंख्यक वाहक **विवर (Holes)**।

• **दिष्टकारी (Rectifier) मानक मान:**

• **अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी (Half-Wave Rectifier):** `I_dc = I_m / pi`, `I_rms = I_m / 2`, अधिकतम दक्षता `40.6%`, उर्मिका गुणांक (Ripple Factor) `1.21`, आउटपुट आवृत्ति `= f`।

• **पूर्ण-तरंग दिष्टकारी (Full-Wave Center-Tap / Bridge Rectifier):** `I_dc = (2 I_m) / pi`, `I_rms = I_m / sqrt(2)`, अधिकतम दक्षता `81.2%`, उर्मिका गुणांक `0.482`, आउटपुट आवृत्ति `= 2` f।

• **जेनर डायोड (Zener Diode):** सदैव **पश्च अभिनति (Reverse Bias)** में भंजन क्षेत्र में **वोल्टेज रेगुलेटर (Voltage Regulator)** के रूप में कार्य करता है।

2. **द्विध्रुवी संधि ट्रांजिस्टर (BJT — NPN एवं PNP):**

• तीन टर्मिनल: **उत्सर्जक (Emitter — E: सर्वाधिक डोपिंग व मध्यम आकार), आधार (Base — B: सबसे कम डोपिंग व सबसे पतला), संग्राहक (Collector — C: मध्यम डोपिंग व सबसे बड़ा क्षेत्रफल ताकि ऊष्मा विकिरित हो सके)**।

• **धारा समीकरण:** `I_E = I_B + I_C`

• **धारा लाभ (`alpha` एवं `beta`) संबंध के महत्वपूर्ण सूत्र:**

`alpha = I_C / I_E` (`alpha < 1`, सामान्यतः `0.95` से `0.99`)

`beta = I_C / I_B` (`beta >> 1`, सामान्यतः `20` से `500`)

`beta = alpha / (1 - alpha)` तथा `alpha = beta / (1 + beta)` तथा `gamma = I_E / I_B = 1 + beta`

7 मूल एवं सार्वत्रिक लॉजिक गेट्स की मास्टर सत्यता सारणी (Logic Gates Truth Table)

गेट का नाम	बूलियन व्यंजक (1D)	A=0, B=0	A=0, B=1	A=1, B=0	A=1, B=1	मुख्य पहचान एवं नियम
OR Gate	`Y = A + B`	`0`	`1`	`1`	`1`	कोई भी एक इनपुट उच्च (`1`) होने पर आउटपुट `1`।
AND Gate	`Y = A . B`	`0`	`0`	`0`	`1`	सभी इनपुट उच्च (`1`) होने पर ही आउटपुट `1`।
NOT Gate	`Y = A'` (केवल A पर)	`1` (`A=0`)	—	`0` (`A=1`)	—	इनवर्टर गेट (इनपुट का पूरक देता है)।
NAND Gate	`Y = (A . B)' = A' + B'`	`1`	`1`	`1`	`0`	**सार्वत्रिक गेट (Universal Gate)**; केवल `A=1, B=1` पर `0`।
NOR Gate	`Y = (A + B)' = A' . B'`	`1`	`0`	`0`	`0`	**सार्वत्रिक गेट (Universal Gate)**; केवल `A=0, B=0` पर `1`।
XOR Gate	`Y = A (+) B = A'.B + A.B'`	`0`	`1`	`1`	`0`	**असमानता डिटेक्टर** (विषम `1` होने पर आउटपुट `1`)।
XNOR Gate	`Y = (A (+) B)' = A.B + A'.B'`	`1`	`0`	`0`	`1`	**समानता डिटेक्टर** (दोनों इनपुट समान होने पर आउटपुट `1`)।

5.4 बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, मशीन एवं इलेक्ट्रॉनिक्स पर 12 हल न्यूमेरिकल्स

1. **न्यूमेरिकल 5.1 (प्रतिरोध संयोजन एवं धारा):** `6 Ohm` और `12 Ohm` के दो प्रतिरोध समांतर क्रम में जुड़े हैं और इस संयोजन के श्रेणी क्रम में `4 Ohm` का एक प्रतिरोध जुड़ा है। यदि पूरे परिपथ को `24 V` की बैटरी से जोड़ा जाए, तो परिपथ का तुल्य प्रतिरोध तथा मुख्य धारा ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

`समांतर भाग R_p = (6 * 12) / (6 + 12) = 72 / 18 = 4 Ohm`

कुल तुल्य प्रतिरोध R_eq = R_p + 4 = 4 + 4 = 8 Ohm

मुख्य धारा I = V / R_eq = 24 / 8 = 3 A

उत्तर: R_eq = 8 Ohm, मुख्य धारा I = 3 A।

2. न्यूमेरिकल 5.2 (तार को खींचने पर प्रतिरोध परिवर्तन): 10 Ohm प्रतिरोध वाले एक ताँबे के तार को खींचकर उसकी लंबाई मूल लंबाई की 3 गुनी कर दी जाती है। तार का नया प्रतिरोध क्या होगा?

• 1D हल:

आयतन नियत रहने पर सूत्र: R_new = n^2 * R_old

R_new = 3^2 10 = 9 10 = 90 Ohm

उत्तर: 90 Ohm।

3. न्यूमेरिकल 5.3 (विशिष्ट प्रतिरोध गणना): 2 m लंबे तथा 0.4 mm^2 अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले नाइक्रोम तार का प्रतिरोध 5.5 Ohm है। नाइक्रोम की प्रतिरोधकता (rho) ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

दिया है: L = 2 m, A = 0.4 mm^2 = 0.4 * 10^-6 m^2, R = 5.5 Ohm

rho = (R A) / L = (5.5 0.4 10^-6) / 2 = 1.1 10^-6 Ohm * m

उत्तर: 1.1 10^-6 *Ohm* m।

4. न्यूमेरिकल 5.4 (व्हीटस्टोन ब्रिज): एक संतुलित व्हीटस्टोन ब्रिज की तीन भुजाओं के प्रतिरोध क्रमशः P = 15 Ohm, Q = 30 Ohm तथा R = 25 Ohm हैं। चौथी भुजा का अज्ञात प्रतिरोध S ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

संतुलन शर्त: P / Q = R / S => S = (Q / P) * R

S = (30 / 15) 25 = 2 25 = 50 Ohm

उत्तर: 50 Ohm।

5. न्यूमेरिकल 5.5 (सेल का आंतरिक प्रतिरोध एवं टर्मिनल वोल्टता): 12 V विद्युत वाहक बल और 0.5 Ohm आंतरिक प्रतिरोध वाली एक बैटरी से 5.5 Ohm का बाह्य प्रतिरोध जोड़ा जाता है। परिपथ में प्रवाहित धारा तथा बैटरी की टर्मिनल वोल्टता ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

धारा I = E / (R + r) = 12 / (5.5 + 0.5) = 12 / 6 = 2 A

टर्मिनल वोल्टता V = E - I *r* = 12 - (2 0.5) = 12 - 1 = 11 V (या V = I *R* = 2 5.5 = 11 V)

उत्तर: धारा 2 A, टर्मिनल वोल्टता 11 V।

6. न्यूमेरिकल 5.6 (श्रेणी क्रम में जुड़े दो बल्बों में से कौन अधिक चमकेगा): 220 V रेटिंग वाले दो विद्युत बल्ब B1 (60 W, 220 V) तथा B2 (100 W, 220 V) को 220 V की मुख्य लाइन के साथ **श्रेणी क्रम** में जोड़ा जाता है। दोनों बल्बों के प्रतिरोध तथा कौन-सा बल्ब अधिक चमकेगा, ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

सूत्र: R = V^2 / P

R1 (60 W बल्ब) = 220^2 / 60 = 48400 / 60 = 806.67 Ohm

R2 (100 W बल्ब) = 220^2 / 100 = 48400 / 100 = 484 Ohm

श्रेणी क्रम में धारा I समान होती है, अतः P_actual = I^2 * R => जिस बल्ब का प्रतिरोध अधिक होगा (अर्थात कम वाट रेटिंग वाला 60 W बल्ब), वह श्रेणी क्रम में अधिक चमकेगा।

उत्तर: R1 = 806.67 Ohm, R2 = 484 Ohm; श्रेणी क्रम में 60 W वाला बल्ब अधिक चमकेगा (जबकि समांतर क्रम में 100 W वाला बल्ब अधिक चमकता है)।

7. न्यूमेरिकल 5.7 (जूल का तापन नियम): 10 Ohm के एक हीटर कुंडली में 5 A की धारा 4 मिनट तक प्रवाहित की जाती है। उत्पन्न कुल ऊष्मा (जूल एवं किलो-जूल में) ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

दिया है: I = 5 A, R = 10 Ohm, t = 4 * 60 = 240 s

सूत्र: H = I^2 *R* t = 5^2 10 240 = 25 * 2400 = 60,000 J = 60 kJ

उत्तर: 60,000 J (60 kJ)।

8. न्यूमेरिकल 5.8 (ट्रांसफॉर्मर फेरा एवं धारा अनुपात): एक आदर्श स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुंडली में 2000 फेरे और द्वितीयक कुंडली में 100 फेरे हैं। यदि प्राथमिक को 2200 V सप्लाई से जोड़ा जाए और द्वितीयक से 40 A की लोड धारा ली जाए, तो द्वितीयक वोल्टता एवं प्राथमिक धारा ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

सूत्र: V_s / V_p = N_s / N_p => V_s = 2200 * (100 / 2000) = 110 V

I_p / I_s = N_s / N_p => I_p = 40 * (100 / 2000) = 2 A

उत्तर: द्वितीयक वोल्टता 110 V, प्राथमिक धारा 2 A।

9. न्यूमेरिकल 5.9 (ट्रांसफॉर्मर EMF समीकरण): 50 Hz पर कार्यरत एक सिंगल-फेज ट्रांसफॉर्मर के कोर में अधिकतम फ्लक्स Phi_m = 0.02 Wb है तथा द्वितीयक कुंडली में 250 फेरे हैं। द्वितीयक कुंडली में प्रेरित RMS विद्युत वाहक बल (E_s) ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

सूत्र: E_s = 4.44 *f* N_s * Phi_m

E_s = 4.44 50 250 0.02 = 222 5 = 1110 V

उत्तर: 1110 V।

10. न्यूमेरिकल 5.10 (3-Phase Induction Motor गति, स्लिप व रोटर आवृत्ति): एक 4-ध्रुव (4-Pole), 50 Hz थ्री-फेज इंडक्शन मोटर पूर्ण भार पर 1440 RPM की गति से घूमती है। मोटर की (i) तुल्यकालिक गति (N_s), (ii) प्रतिशत स्लिप (% s), तथा (iii) रोटर धारा की आवृत्ति (f_r) ज्ञात कीजिए।

• 1D हल:

(i) तुल्यकालिक गति N_s = (120 *f*) / *P* = (120 50) / 4 = 1500 RPM

(ii) स्लिप s = (N_s - N_r) / N_s = (1500 - 1440) / 1500 = 60 / 1500 = 0.04 => % s = 4%

(iii) रोटर आवृत्ति f_r = s *f* = 0.04 50 = 2 Hz

उत्तर: N_s = 1500 RPM, स्लिप 4%, रोटर आवृत्ति 2 Hz।

11. न्यूमेरिकल 5.11 (ट्रांजिस्टर धारा लाभ alpha एवं beta): किसी कॉमन एमिटर (CE) ट्रांजिस्टर प्रवर्धक में आधार धारा I_B = 50 microA तथा संग्राहक धारा I_C = 4.95 mA है। उत्सर्जक धारा (I_E), धारा लाभ beta तथा alpha की गणना कीजिए।

• 1D हल:

दिया है: I_B = 50 microA = 0.05 mA, I_C = 4.95 mA

I_E = I_B + I_C = 0.05 + 4.95 = 5.00 mA

beta = I_C / I_B = 4.95 mA / 0.05 mA = 99

alpha = I_C / I_E = 4.95 / 5.00 = 0.99 (या alpha = beta / (1 + beta) = 99 / 100 = 0.99)

उत्तर: I_E = 5 mA, beta = 99, alpha = 0.99।

12. **न्यूमेरिकल 5.12 (स्टार संयोजन लाइन व फेज वोल्टेज):** एक थ्री-फेज स्टार संयोजित अल्टरनेटर की फेज वोल्टता V_ph = 240 V और फेज धारा I_ph = 20 A है। लाइन वोल्टता (V_L) एवं लाइन धारा (I_L) ज्ञात कीजिए (sqrt(3) = 1.732)।

• **1D हल:**

स्टार संयोजन में: I_L = I_ph = 20 A

V_L = sqrt(3) *V_ph* = 1.732 240 = 415.68 V

उत्तर: V_L = 415.68 V, I_L = 20 A।

मॉड्यूल 6 (च): व्यावसायिक सुरक्षा एवं स्वास्थ्य (OSH) तथा आईटीआई ट्रेड मास्टर कैप्सूल (फिटर, इलेक्ट्रीशियन, डीजल मैकेनिक)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — मॉड्यूल 6 (च): व्यावसायिक सुरक्षा एवं स्वास्थ्य (OSH) तथा आईटीआई ट्रेड मास्टर कैप्सूल (फिटर, इलेक्ट्रीशियन, डीजल मैकेनिक)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
अग्नि का वर्गीकरण एवं अग्निशामक यंत्र (Fire Classes A, B, C, D, K & Extinguishers)	सुरक्षा चिह्न (Safety Signs — 4 प्रकार एवं रंग कोड, IS 9457)	5S कार्यस्थल प्रबंधन संकल्पना (5S Concept in Japanese & Hindi)	आईटीआई ट्रेड मास्टर कैप्सूल (Fitter, Electrician & Diesel Mechanic)

6.1 अग्नि का वर्गीकरण एवं अग्निशामक यंत्र (Fire Classes A, B, C, D, K & Extinguishers)

अग्नि के जलने के लिए तीन तत्व आवश्यक होते हैं जिन्हें **अग्नि त्रिकोण (Fire Triangle)** कहते हैं: Fuel (ईंधन) + Heat (ऊष्मा/ताप) + Oxygen (ऑक्सीजन)। इनमें से किसी एक को हटाने पर आग बुझ जाती है:

- **शीतलन (Cooling):** जल डालकर ताप (Heat) हटाना।
- **स्मूदरिंग (Smothering / Blanketing):** फोम, रेत या CO2 की परत से ऑक्सीजन (Oxygen) की आपूर्ति रोकना।
- **स्टार्वेशन (Starvation):** जलते हुए क्षेत्र से ईंधन (Fuel) को हटा देना।
- **PASS विधि (अग्निशामक चलाने का क्रम):** P = Pull the Pin -> A = Aim at the base of fire -> S = Squeeze the lever -> S = Sweep side to side।

भारतीय एवं अंतर्राष्ट्रीय मानक के अनुसार अग्नि वर्ग एवं अग्निशामक सारणी

अग्नि वर्ग (Fire Class)	ईंधन का प्रकार / जलने वाले पदार्थ	सर्वोत्तम अग्निशामक यंत्र (Best Extinguisher)	सिलेंडर बैंड रंग कोड (IS 15683)	वर्जित (कभी प्रयोग न करें)
Class A (ठोस अग्नि)	लकड़ी, कागज, कपड़ा, जूट, कोयला, ठोस कार्बनिक पदार्थ	जल-युक्त अग्निशामक (Water / Soda-Acid Extinguisher)	लाल (Signal Red)	—
Class B (द्रव अग्नि)	ज्वलनशील द्रव — पेट्रोल, डीजल, मिट्टी का तेल, पेंट, ग्रीस, तेल	फोम (Foam / AFFF) या CO2 या ड्राई पाउडर	क्रीम (Cream — Foam हेतु)	पानी बिल्कुल न डालें (तेल पानी पर तैरकर आग फैलाएगा)

अग्नि वर्ग (Fire Class)	ईंधन का प्रकार / जलने वाले पदार्थ	सर्वोत्तम अग्निशामक यंत्र (Best Extinguisher)	सिलेंडर बैंड रंग कोड (IS 15683)	वर्जित (कभी प्रयोग न करें)
Class C (गैस अग्नि)	ज्वलनशील गैसें — LPG, CNG, प्रोपेन, ब्यूटेन, हाइड्रोजन, एसिटिलीन	**शुष्क रासायनिक पाउडर (Dry Chemical Powder — DCP) या CO_2**	**नीला (French Blue — DCP हेतु)**	पानी व फोम
Class D (धातु एवं विद्युत अग्नि)	ज्वलनशील धातुएँ (सोडियम, मैग्नीशियम, पोटैशियम, टाइटेनियम, एल्युमिनियम) एवं भारतीय ITI मानक में चालू विद्युत उपकरण	**विशेष धातु शुष्क पाउडर (TEC / Graphite Powder); विद्युत अग्नि हेतु CO_2, Halon (CTC - Carbon Tetrachloride / BCF) व सूखी रेत**	**काला (Black — CO_2 हेतु)**	**पानी या फोम कदापि प्रयोग न करें** (विद्युत झटका व विस्फोट का खतरा)
Class K / F (रसोई अग्नि)	रसोई के वनस्पति तेल, पशु वसा एवं डीप फ्रायर (Cooking Oils & Fats)	**वेट केमिकल अग्निशामक (Wet Chemical — Potassium Acetate)**	**पीला (Canary Yellow)**	जल की तेज धार

6.2 सुरक्षा चिह्न (Safety Signs — 4 प्रकार एवं रंग कोड, IS 9457)

सुरक्षा चिह्न का प्रकार	ज्यामितीय आकार (Shape)	बॉर्डर व क्रॉस-पट्टी का रंग	पृष्ठभूमि (Background) का रंग	चिह्न (Pictogram) का रंग	प्रमुख कार्यशाला उदाहरण
1. निषेधात्मक चिह्न (Prohibitory Signs)	**वृत्ताकार (Circular)** लाल तिरछी क्रॉस पट्टी (**45°**) सहित	लाल (Red Border & Cross Bar)	**सफेद (White)**	**काला (Black)**	धूम्रपान निषेध (No Smoking), आग न जलाएँ, पानी से आग न बुझाएँ, दौड़ना मना है।
2. अनिवार्य चिह्न (Mandatory Signs)	**वृत्ताकार (Circular)** (बिना क्रॉस पट्टी के)	कोई लाल बॉर्डर नहीं (सफेद किनारा)	**नीला (Blue)**	**सफेद (White)**	हेलमेट पहनें, सुरक्षा चश्मा (Goggles) पहनें, दस्ताने व सेफ्टी शूज पहनें।
3. चेतावनी चिह्न (Warning Signs)	**त्रिभुजाकार (Equilateral Triangle)**	**काला बॉर्डर (Black Border)**	**पीला (Yellow)**	**काला (Black)**	उच्च वोल्टता का खतरा (**440V**), आग/विस्फोट का खतरा, लेजर बीम, ओवरहेड क्रेन लोड, फिसलन।
4. सूचनात्मक चिह्न (Informatory Signs)	**वर्गाकार या आयताकार (Square or Oblong)**	कोई बॉर्डर नहीं	**हरा (Green)** (प्राथमिक उपचार हेतु सफेद पर लाल क्रॉस)	**सफेद (White)**	आपातकालीन निकास (Emergency Exit), फर्स्ट एड बॉक्स, पेयजल, सेफ्टी शॉवर।

6.3 5S कार्यस्थल प्रबंधन संकल्पना (5S Concept in Japanese & Hindi)

जापान द्वारा विकसित **5S प्रणाली** कार्यशाला में उत्पादकता बढ़ाने, अपव्यय (Waste) रोकने एवं दुर्घटना-मुक्त वातावरण बनाने की मानक विधि है:

1. **Seiri (सेइरी) — Sort (छँटाई करना):** कार्यस्थल से अनावश्यक औजारों व कबाड़ को आवश्यक वस्तुओं से अलग करके हटाना (*Red Tag Strategy*)।
2. **Seiton (सेइतोन) — Set in Order (सुव्यवस्था / क्रमबद्ध रखना):** प्रत्येक औजार के लिए निश्चित स्थान तय करना ("*A place for everything and everything in its place*" — Shadow Board का उपयोग)।
3. **Seiso (सेइसो) — Shine (स्वच्छता / चमकाना):** मशीनों, फर्श और कार्यस्थल की नियमित सफाई करना तथा तेल रिसाव/दोष की जाँच करना।
4. **Seiketsu (सेइकेत्सु) — Standardize (मानकीकरण):** प्रथम तीन S (Sort, Set in Order, Shine) के लिए मानक नियम, रंग कोड व जांच-सूची बनाना।
5. **Shitsuke (शित्सुके) — Sustain / Self-Discipline (आत्मानुशासन):** सभी नियमों का आदत के रूप में निरंतर पालन करना एवं नियमित ऑडिट करना।

6.4 आईटीआई ट्रेड मास्टर कैप्सूल (Fitter, Electrician & Diesel Mechanic)

(A) फिटर ट्रेड मास्टर कैप्सूल (Fitter Trade Capsule)

1. **सूक्ष्म मापन यंत्र एवं अल्पतमांक (Precision Measuring Instruments & Least Count):**

• **स्टील रूल (Steel Rule):** स्टेनलेस स्टील या स्प्रिंग स्टील से बनी; अल्पतमांक **= 0.5 mm** (या **1/64 inch**)।

• **वर्नियर कैलीपर (Vernier Calliper):**

LC = 1 MSD - 1 VSD = 1 mm - (49 / 50) mm = (1 / 50) mm = 0.02 mm

कुल पाठ्यांक = Main Scale Reading (MSR) + (Vernier Coinciding Division * 0.02 mm)

• **बाह्य माइक्रोमीटर (Outside Micrometer — नट एवं बोल्ट के सिद्धांत पर आधारित):**

पिच = 0.5 mm, थिम्बल पर कुल भाग **= 50**

LC = Pitch / Number of Thimble Divisions = 0.5 mm / 50 = 0.01 mm

कुल पाठ्यांक = Barrel Reading + (Thimble Division * 0.01 mm)

• **वर्नियर बेवल प्रोट्रैक्टर (Vernier Bevel Protractor):**

LC = 2 MSD - 1 VSD = 2° - (23° / 12) = (1 / 12)° = 5' (5 मिनट)

2. **कटिंग औजार एवं मानक कोण:**

• **हैकसॉ ब्लेड (Hacksaw Blade):** पिच — मोटी (Coarse: **1.8 mm** नरम धातुओं हेतु), मध्यम (Medium: **1.4 mm** व **1.0 mm** सामान्य स्टील/कास्ट आयरन हेतु), बारीक (Fine: **0.8 mm** पतली ट्यूब, कंड्यूट पाइप व शीट मेटल हेतु)।

• **चीजल (Cold Chisel):** हाई कार्बन स्टील (**0.75%–1.0% Carbon**) से बनी; साधारण माइल्ड स्टील के लिए कटिंग कोण **55°**, कास्ट आयरन के लिए **60°**, हाई कार्बन स्टील के लिए **70°**, ताँबे/पीतल के लिए **45°** तथा एल्युमिनियम के लिए **30°** होता है।

• **ट्विस्ट ड्रिल (Twist Drill):** हाई स्पीड स्टील (HSS — **18% Tungsten + 4% Chromium + 1% Vanadium**, अर्थात **18-4-1**) से निर्मित; सामान्य कार्यों के लिए मानक **बिंदु कोण (Point Angle) = 118°** तथा क्लीयरेंस कोण **8°** से **12°** होता है।

• **टैप ड्रिल साइज (Tap Drill Size — TDS) का महत्वपूर्ण सूत्र:**

ISO मीट्रिक चूड़ी हेतु: TDS = Major Diameter (D) - Pitch (p) (या सटीक सूत्र: **TDS = D - 2 0.6134 p**)

(उदाहरण: ***M10*** 1.5 टैप के लिए **TDS = 10 - 1.5 = 8.5 mm** या **10 - 1.226 1.5 = 8.16 *mm***)।

3. **लिमिट, फिट एवं टॉलरेंस (Limits, Fits & Tolerances — IS 919):**

• **टॉलरेंस (Tolerance):** **उच्च सीमा (Upper Limit) - निम्न सीमा (Lower Limit)** (सदैव धनात्मक)।

• **फिट के तीन प्रकार:** (1) **Clearance Fit** (शाफ्ट हमेशा छिद्र से छोटी; धनात्मक क्लीयरेंस), (2) **Interference Fit** (शाफ्ट हमेशा छिद्र से बड़ी; बलपूर्वक या श्रिंक फिट), (3) **Transition Fit** (दोनों के टॉलरेंस क्षेत्र अतिव्यापित होते हैं)।

• BIS प्रणाली में होल बेसिस सिस्टम में मूल छिद्र को **H** (निम्न विचलन शून्य) और शाफ्ट बेसिस में मूल शाफ्ट को **h** (उच्च विचलन शून्य) से दर्शाते हैं।

(B) इलेक्ट्रीशियन ट्रेड मास्टर कैप्सूल (Electrician Trade Capsule)

1. **मानक वायर गेज (SWG — Standard Wire Gauge):** SWG संख्या जितनी **अधिक** होती है, तार का व्यास और अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल उतना ही **कम (पतला)** होता है (जैसे **36 SWG** तार **18 SWG** से बहुत पतला होता है)।

2. **फ्यूज तार (Fuse Wire):** टिन (**63% Sn**) और सीसा (**37% Pb**) की मिश्रधातु से बनता है; इसकी मुख्य विशेषता **निम्न गलनांक (Low Melting Point ~183°C) एवं उच्च विशिष्ट प्रतिरोध** होती है। फ्यूज सदैव **फेज/लाइव तार (Live/Phase Wire) के श्रेणी क्रम** में लगाया जाता है।

3. **अर्थिंग (Earthing — IS 3043):**

• अर्थिंग तार का रंग: **हरा (Green)** (या हरा-पीला धारीदार)।

• थ्री-फेज केबल रंग कोड: **R (लाल - Phase 1), Y (पीला - Phase 2), B (नीला - Phase 3), N (काला - Neutral), E (हरा - Earth)**।

• इलेक्ट्रोड के चारों ओर नमी बनाए रखने एवं अर्थ प्रतिरोध कम करने के लिए **लकड़ी का कोयला (Charcoal) और नमक (Salt)** एकांतर परतों में डाला जाता है।

• मानव शरीर का शुष्क अवस्था में प्रतिरोध **~10,000 Ohm** से **1,00,000 Ohm** तथा गीली त्वचा होने पर मात्र **~1,000 Ohm** रह जाता है। **50 mA** से अधिक की धारा हृदय गति रोक सकती है (Fibrillation)।

4. **लेड-एसिड बैटरी (Lead-Acid Battery):**

• धनात्मक प्लेट: **लेड परॉक्साइड (PbO2 — गहरा भूरा/चॉकलेटी रंग)** | ऋणात्मक प्लेट: **स्पंजी लेड (Pb — स्लेटी रंग)**।

• विद्युत अपघट्य: **तनु सल्फ्यूरिक अम्ल (H2SO4) और आसुत जल (3 : 1 अनुपात)**।

• **पूर्ण चार्ज अवस्था:** प्रति सेल EMF **= 2.1 V से 2.2 V**, इलेक्ट्रोलाइट का आपेक्षिक घनत्व **1.250 से 1.280** (मापन यंत्र: **हाइड्रोमीटर Hydrometer**)।

• **डिस्चार्ज अवस्था:** प्रति सेल EMF **= 1.8 V**, आपेक्षिक घनत्व **1.150 से 1.180**।

(C) डीजल मैकेनिक एवं ऑटोमोबाइल ट्रेड मास्टर कैप्सूल (Diesel Mechanic Capsule)

1. **डीजल इंजन बनाम पेट्रोल इंजन तुलना:**

• **पेट्रोल इंजन (Spark Ignition — SI):** ऑटो चक्र (Otto Cycle — समआयतनिक ऊष्मा संकलन) पर कार्य करता है; कार्बोरेटर/MPFI में हवा और पेट्रोल का मिश्रण बनता है; स्पार्क प्लग से दहन होता है; संपीड़न अनुपात **6:1 से 10:1**।

• **डीजल इंजन (Compression Ignition — CI):** डीजल चक्र (Diesel Cycle — समदाबी ऊष्मा संकलन) पर कार्य करता है; सक्शन स्ट्रोक में **केवल शुद्ध हवा** सिलेंडर में आती है; संपीड़न अनुपात **16:1 से 22:1** होने से हवा का ताप **600°C–800°C** हो जाता है और फ्यूल इंजेक्टर (**100 से 200 bar** या CRDI में **1600+ bar** दाब पर) डीजल का फुहारा (Atomized Spray) करता है।

2. **इंजन के महत्वपूर्ण सूत्र एवं फायरिंग ऑर्डर:**

• **स्वेप्ट आयतन (Swept Volume — V_s):** **V_s = (pi / 4) *D*^2 L** (जहाँ **D** = सिलेंडर बोर व्यास, **L** = स्ट्रोक लंबाई **= 2 * क्रैंक त्रिज्या r**)।

• **संपीड़न अनुपात (Compression Ratio — r):** **r = (V_s + V_c) / V_c = 1 + (V_s / V_c)** (जहाँ **V_c** = क्लीयरेंस आयतन)।

• **सूचित शक्ति (Indicated Power — IP या IHP):** **IP = (P_m *L* A *N_k* K_cyl) / (60 * 1000) kW** (4-स्ट्रोक हेतु **N_k = N / 2**, 2-स्ट्रोक हेतु **N_k = N**)।

• **ब्रेक शक्ति (Brake Power — BP या BHP):** **BP = (2 *pi* N *T*) / (60 1000) kW**

• **यांत्रिक दक्षता (Mechanical Efficiency):** **eta_mech = (BP / IP) 100% = (*BHP* / *IHP*) 100%** (घर्षण शक्ति **FP = IP - BP**)।

• **मानक फायरिंग ऑर्डर:** 4-सिलेंडर इंजन: **1 - 3 - 4 - 2** (या **1 - 2 - 4 - 3**) | 6-सिलेंडर इनलाइन इंजन: **1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4**।

• **टर्बोचार्जर (Turbocharger):** इंजन की **निकास गैसों (Exhaust Gases)** की ऊर्जा से टरबाइन चलाकर सिलेंडर में उच्च घनत्व की संपीड़ित हवा भेजता है, जिससे इंजन की आयतनिक दक्षता व शक्ति बढ़ जाती है।

6.5 आईटीआई ट्रेड कैप्सूल पर 8 हल न्यूमेरिकल्स

1. **न्यूमेरिकल 6.1 (वर्नियर कैलीपर पाठ्यांक):** एक वर्नियर कैलीपर (**LC = 0.02 mm**) से किसी शाफ्ट का व्यास मापते समय मुख्य स्केल का पाठ्यांक **34 mm** तथा वर्नियर का **28वाँ भाग** मुख्य स्केल के किसी भाग की सीध में है। शाफ्ट का कुल व्यास ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

कुल पाठ्यांक = MSR + (VSD *LC*) = 34 + (28 0.02) = 34 + 0.56 = 34.56 mm

उत्तर: **34.56 mm**।

2. **न्यूमेरिकल 6.2 (बाह्य माइक्रोमीटर पाठ्यांक व शून्यांक त्रुटि):** **0–25 mm** के एक माइक्रोमीटर (**LC = 0.01 mm**) में **+0.03 mm** की धनात्मक शून्यांक त्रुटि है। किसी तार का व्यास मापते समय बैरल पर **12.5 mm** तथा थिम्बल का **32वाँ भाग** डेटम रेखा से मिलता है। तार का वास्तविक व्यास क्या है?

• **1D हल:**

प्रेक्षित पाठ्यांक = 12.5 + (32 * 0.01) = 12.5 + 0.32 = 12.82 mm

धनात्मक शून्यांक त्रुटि को घटाया जाता है: वास्तविक पाठ्यांक = 12.82 - 0.03 = 12.79 mm

उत्तर: **12.79 mm**।

3. **न्यूमेरिकल 6.3 (टॉलरेंस एवं फिट पहचान):** एक छिद्र का आकार **50 (+0.025 / -0.000) mm** तथा उसमें जाने वाली शाफ्ट का आकार **50 (-0.010 / -0.030) mm** है। छिद्र की टॉलरेंस, शाफ्ट की टॉलरेंस, अधिकतम क्लीयरेंस, न्यूनतम क्लीयरेंस एवं फिट का प्रकार ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

छिद्र: अधिकतम सीमा = 50.025 mm, न्यूनतम सीमा = 50.000 mm => टॉलरेंस = 0.025 mm

शाफ्ट: अधिकतम सीमा = 49.990 mm, न्यूनतम सीमा = 49.970 mm => टॉलरेंस = 0.020 mm

अधिकतम क्लीयरेंस = Max Hole - Min Shaft = 50.025 - 49.970 = +0.055 mm

न्यूनतम क्लीयरेंस = Min Hole - Max Shaft = 50.000 - 49.990 = +0.010 mm

चूँकि दोनों क्लीयरेंस धनात्मक हैं, यह क्लीयरेंस फिट (Clearance Fit) है।

उत्तर: छिद्र टॉलरेंस **0.025 mm**, शाफ्ट टॉलरेंस **0.020 mm**, अधिकतम क्लीयरेंस **0.055 mm**, न्यूनतम क्लीयरेंस **0.010 mm**, **Clearance Fit**।

4. **न्यूमेरिकल 6.4 (टैप ड्रिल साइज गणना):** **M12 * 1.75** की आंतरिक चूड़ी काटने के लिए आवश्यक टैप ड्रिल साइज (व्यावहारिक एवं सैद्धांतिक सूत्र से) ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

व्यावहारिक शॉप सूत्र: TDS = D - p = 12 - 1.75 = 10.25 mm

सैद्धांतिक सूत्र: TDS = D - (2 0.6134 p) = 12 - (1.2268 * 1.75) = 12 - 2.15 = 9.85 mm

उत्तर: **10.25 mm** (शॉप सूत्र) / **9.85 mm** (सैद्धांतिक सूत्र)।

5. **न्यूमेरिकल 6.5 (बैटरी एम्पियर-घंटा क्षमता):** **150 Ah** क्षमता की एक **12 V** लेड-एसिड बैटरी से **7.5 A** की नियत धारा कितने घंटों तक ली जा सकती है तथा कुल संचित ऊर्जा कितनी होगी?

• **1D हल:**

समय t = Capacity (Ah) / Current (A) = 150 / 7.5 = 20 घंटे

संचित ऊर्जा = V *Ah* = 12 150 = 1800 Wh = 1.8 kWh

उत्तर: **20 घंटे**, संचित ऊर्जा **1.8 kWh**।

6. **न्यूमेरिकल 6.6 (इंजन संपीड़न अनुपात):** किसी एकल-सिलेंडर डीजल इंजन का स्वेप्ट आयतन (Swept Volume) `750 cm^3` तथा क्लीयरेंस आयतन (Clearance Volume) `50 cm^3` है। इंजन का संपीड़न अनुपात (`r`) ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

`सूत्र: r = (V_s + V_c) / V_c = (750 + 50) / 50 = 800 / 50 = 16 : 1`

उत्तर: `16 : 1` ।

7. **न्यूमेरिकल 6.7 (इंजन IHP, BHP एवं यांत्रिक दक्षता):** एक डीजल इंजन की सूचित शक्ति (`IHP`) `80 kW` है तथा घर्षण में नष्ट शक्ति (`FHP`) `16 kW` है। इंजन की ब्रेक शक्ति (`BHP`) एवं यांत्रिक दक्षता ज्ञात कीजिए।

• **1D हल:**

`BHP = IHP - FHP = 80 - 16 = 64 kW`

`eta_mech = (BHP / IHP) 100% = (64 / 80) 100% = 80%`

उत्तर: `BHP = 64 kW` , यांत्रिक दक्षता `80%` ।

8. **न्यूमेरिकल 6.8 (ड्रिलिंग कटिंग स्पीड — Cutting Speed):** `14 mm` व्यास की एक ट्विस्ट ड्रिल `500 RPM` पर घूम रही है। ड्रिल की कटिंग स्पीड (`V` मीटर/मिनट में) ज्ञात कीजिए (`pi = 22/7`)।

• **1D हल:**

`सूत्र: V = (pi D N) / 1000 m/min`

`V = ((22 / 7) 14 500) / 1000 = (44 * 500) / 1000 = 22 m/min`

उत्तर: `22 m/min` ।

भाग 2: 80 वास्तविक RRB ALP CBT-2 एवं Technician परीक्षा-स्तरीय 4-विकल्पीय हल प्रश्न व न्यूमेरिकल्स (80 Authentic 4-Option Solved MCQs)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — भाग 2: 80 वास्तविक RRB ALP CBT-2 एवं Technician परीक्षा-स्तरीय 4-विकल्पीय हल प्रश्न व न्यूमेरिकल्स (80 Authentic 4-Option Solved MCQs)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
खंड (क): इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं BIS मानक (प्रश्न 1 से 14)	खंड (ख): कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व एवं आर्किमिडीज सिद्धांत (प्रश्न 15 से 32)	खंड (ग): सरल मशीनें — लीवर, घिरनी, नत तल एवं पेंच जैक (प्रश्न 33 से 44)	खंड (घ): ऊष्मा, तापमान, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा एवं ऊष्मागतिकी (प्रश्न 45 से 56)

खंड (क): इंजीनियरिंग ड्राइंग एवं BIS मानक (प्रश्न 1 से 14)

अभ्यास प्रश्न #1 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 1. भारतीय मानक ब्यूरो (BIS) के मानक **IS 10711:2001** के अनुसार किसी भी मानक ड्राइंग शीट की चौड़ाई (`x`) और लंबाई (`y`) का ज्यामितीय अनुपात क्या होता है?

• (A) `1 : 2`

• (B) `1 : sqrt(2)`

• (C) `1 : sqrt(3)`

• (D) `2 : 3`

• **उत्तर: (B)** `1 : sqrt(2)`

• **1D हल एवं व्याख्या:** IS 10711:2001 (ISO-A श्रेणी) के अनुसार ड्राइंग शीट की चौड़ाई और लंबाई का अनुपात `x : y = 1 : sqrt(2) = 1 : 1.414` होता है ताकि लंबी भुजा को आधा करने पर भी यही अनुपात बना रहे।

अभ्यास प्रश्न #2 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 2. **A2** आकार की मानक परिष्कृत (Trimmed) ड्राइंग शीट की सटीक माप (`mm` में) तथा क्षेत्रफल (`m^2` में) क्या होता है?

• (A) `594 mm * 841 mm`, क्षेत्रफल `0.50 m^2`

• (B) `297 mm * 420 mm`, क्षेत्रफल `0.125 m^2`

• (C) `420 mm * 594 mm`, क्षेत्रफल `0.25 m^2`

• (D) `210 mm * 297 mm`, क्षेत्रफल `0.0625 m^2`

• **उत्तर:** *(C) `420 mm` 594 mm, क्षेत्रफल `0.25 m^2` **

• **1D हल एवं व्याख्या:** A0 का आकार `841 1189 mm` (`1.0 m^2`), A1 का `594` 841 mm (`0.50 m^2`) तथा A2 का आकार `420 mm * 594 mm` और क्षेत्रफल `1 / 2^2 = 0.25 m^2` होता है।

अभ्यास प्रश्न #3 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 3. BIS मानक (SP 46:2003 / IS 11665) के अनुसार इंजीनियरिंग ड्राइंग शीट पर बनाए जाने वाले **टाइटल ब्लॉक (Title Block)** की मानक माप तथा स्थान क्या होता है?

• (A) `185 mm * 65 mm`, शीट के दाएँ निचले कोने पर

• (B) `170 mm * 55 mm`, शीट के बाएँ निचले कोने पर

• (C) `190 mm * 70 mm`, शीट के दाएँ ऊपरी कोने पर

• (D) `150 mm * 65 mm`, शीट के बाएँ ऊपरी कोने पर

• **उत्तर:** *(A) `185 mm` 65 mm, शीट के दाएँ निचले कोने पर**

• **1D हल एवं व्याख्या:** BIS मानक के अनुसार टाइटल ब्लॉक सदैव ड्राइंग शीट के दाएँ निचले कोने (Bottom Right-Hand Corner) पर `185 mm * 65 mm` के आकार में बनाया जाता है।

अभ्यास प्रश्न #4 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 4. मानक **IS 1360** के अनुसार **T1** पदनाम वाले T-Square के ब्लेड की कार्यकारी लंबाई कितनी होती है तथा यह किस ड्राइंग बोर्ड के साथ प्रयुक्त होता है?

• (A) `1500 mm`, D0 ड्राइंग बोर्ड के साथ

• (B) `700 mm`, D2 ड्राइंग बोर्ड के साथ

• (C) `500 mm`, D3 ड्राइंग बोर्ड के साथ

• (D) `1000 mm`, D1 ड्राइंग बोर्ड के साथ

• **उत्तर: (D) `1000 mm`, D1 ड्राइंग बोर्ड के साथ**

• **1D हल एवं व्याख्या:** T-Square के मानक आकार हैं: `T0 = 1500 mm` (D0), `T1 = 1000 mm` (D1: `1000 700 25 mm`), `T2 = 700 mm` (D2) तथा `T3 = 500 mm` (D3)।

अभ्यास प्रश्न #5 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 5. T-Square तथा दोनों मानक Set Squares (`45°` एवं `30°–60°`) की सहायता से निम्नलिखित में से कौन-सा कोण **सीधे नहीं** बनाया जा सकता है?

• (A) `105°`

• (B) `75°`

- (C) `125°`
- (D) `165°`
- **उत्तर: (C) `125°`**
- **1D हल एवं व्याख्या:** T-Square और Set Squares के संयोजन से केवल `15°` के गुणज (`15° n`) वाले कोण ही खींचे जा सकते हैं। `105° = 15° 7`, `75° = 15° 5`, `165° = 15° 11` संभव हैं, किंतु `125°` संख्या `15` से विभाज्य नहीं है।

अभ्यास प्रश्न #6 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 6. इंजीनियरिंग ड्राइंग के मानक **IS 10714** के अनुसार **Type G** (एकांतर लंबी व छोटी डैश वाली पतली चेन रेखा `---- - ---- - ----`) का प्रयोग किस कार्य के लिए किया जाता है?

- (A) छिपे हुए किनारों (Hidden Edges) को दर्शाने के लिए
- (B) केंद्र रेखाओं (Centre Lines), सममिति अक्ष एवं पिच वृत्त को दर्शाने के लिए
- (C) लंबी बाधित सीमा (Long Break Line) को दर्शाने के लिए
- (D) दृश्य बाह्य रूपरेखा (Visible Outlines) को दर्शाने के लिए
- **उत्तर: (B) केंद्र रेखाओं (Centre Lines), सममिति अक्ष एवं पिच वृत्त को दर्शाने के लिए**
- **1D हल एवं व्याख्या:** IS 10714 के अनुसार Type A सतत मोटी रेखा (Visible Outline), Type E/F खंडित रेखा (Hidden Edges), Type G चेन पतली रेखा (Centre Lines / Pitch Circles) तथा Type K दोहरी डैश वाली चेन पतली रेखा (गतिमान पुर्जों की चरम स्थिति) होती है।

अभ्यास प्रश्न #7 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 7. प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection) के संदर्भ में निम्नलिखित में से कौन-सा कथन पूर्णतः सत्य है?

- (A) इसमें वस्तु को तृतीय चतुर्थांश में रखा जाता है और प्रक्षेप तल पारदर्शी होता है।
- (B) इसमें Top View (Plan) सदैव Front View के ऊपर और Left Side View बाएँ बनता है।
- (C) इसमें प्रक्षेप तल, प्रेक्षक और वस्तु के बीच स्थित होता है।
- (D) इसमें वस्तु, प्रेक्षक और अपारदर्शी प्रक्षेप तल के बीच होती है तथा Top View सदैव Front View के नीचे और Left Hand Side View दाएँ बनता है।
- **उत्तर: (D) इसमें वस्तु, प्रेक्षक और अपारदर्शी प्रक्षेप तल के बीच होती है तथा Top View सदैव Front View के नीचे और Left Hand Side View दाएँ बनता है।**
- **1D हल एवं व्याख्या:** प्रथम कोण प्रक्षेप में क्रम `Observer -> Object -> Opaque Plane` होता है, इसलिए प्रक्षेप वस्तु के पीछे स्थित तल पर पड़ते हैं: Top View नीचे तथा LHSV दाएँ (Front View के दाईं ओर) बनता है।

अभ्यास प्रश्न #8 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 8. तृतीय कोण प्रक्षेप (Third Angle Projection) में किसी वस्तु का **दायाँ पार्श्व दृश्य (Right Hand Side View — RHSV)** एवं **शीर्ष दृश्य (Top View / Plan)** क्रमशः कहाँ बनाए जाते हैं?

- (A) Front View के दाएँ तथा Front View के ठीक ऊपर
- (B) Front View के बाएँ तथा Front View के ठीक नीचे
- (C) Front View के दाएँ तथा Front View के ठीक नीचे
- (D) Front View के बाएँ तथा Front View के ठीक ऊपर
- **उत्तर: (A) Front View के दाएँ तथा Front View के ठीक ऊपर**

• **1D हल एवं व्याख्या:** तृतीय कोण प्रक्षेप में प्रक्षेप तल पारदर्शी होता है और जिस दिशा से वस्तु देखी जाती है, उसका दृश्य Front View के उसी तरफ बनता है: Top View ऊपर और RHSV दाएँ।

अभ्यास प्रश्न #9 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 9. किसी घन के एक किनारे की वास्तविक लंबाई (True Length) **100 mm** है। **आइसोमेट्रिक प्रोजेक्शन (Isometric Projection)** बनाते समय आइसोमेट्रिक स्केल पर इस किनारे की आइसोमेट्रिक लंबाई कितनी ली जाएगी?

• (A) **100.00 mm**
• (B) **81.65 mm**
• (C) **70.71 mm**
• (D) **86.60 mm**
• **उत्तर: (B) 81.65 mm**
• **1D हल एवं व्याख्या:** **Isometric Length = sqrt(2 / 3) *True Length* = 0.8165 100 mm = 81.65 mm** (वास्तविक लंबाई से लगभग **18.35%** कम)।

अभ्यास प्रश्न #10 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 10. एक इंजीनियरिंग नक्शे पर **5 mm** की लंबाई धरातल की **2.5 m** वास्तविक दूरी को निरूपित करती है। इस स्केल का **निरूपक भिन्न (Representative Fraction — RF)** क्या है?

• (A) **1 : 50**
• (B) **1 : 250**
• (C) **1 : 500**
• (D) **1 : 5000**
• **उत्तर: (C) 1 : 500**
• **1D हल एवं व्याख्या:** **RF = ड्राइंग पर माप / वास्तविक माप = 5 mm / (2.5 * 1000 mm) = 5 / 2500 = 1 / 500 = 1 : 500**।

अभ्यास प्रश्न #11 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 11. एक भवन के प्लॉट का वास्तविक क्षेत्रफल **900 m^2** है और इसे नक्शे पर **36 cm^2** के क्षेत्रफल से दर्शाया गया है। इस नक्शे पर **75 m** की अधिकतम दूरी मापने के लिए स्केल की लंबाई (Length of Scale — LOS) क्या होगी?

• (A) **15 cm**
• (B) **12 cm**
• (C) **18 cm**
• (D) **25 cm**
• **उत्तर: (A) 15 cm**
• **1D हल एवं व्याख्या:** **RF = sqrt(36 cm^2 / (900 10,000 *cm*^2)) = 6 / (30 100) = 6 / 3000 = 1 / 500**। अब **LOS = RF *Max Length* = (1 / 500) (75 * 100 cm) = 7500 / 500 = 15 cm**।

अभ्यास प्रश्न #12 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 12. इंजीनियरिंग ड्राइंग में प्रयुक्त होने वाली **18** मानक पेंसिल ग्रेडों में से **सबसे कठोर (Hardest)** पेंसिल तथा **मुक्तहस्त स्केचिंग व अक्षरांकन (Lettering)** हेतु सर्वाधिक उपयुक्त पेंसिल ग्रेड कौन-सी है?

- (A) 7B तथा 4H
- (B) 6H तथा 2B
- (C) 9H तथा HB (या H)
- (D) HB तथा 9H
- **उत्तर: (C) 9H तथा HB (या H)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** पेंसिल ग्रेडों में 9H सबसे कठोर (अधिकतम काओलिन) होती है, जबकि HB और H मध्यम ग्रेड की पेंसिलें हैं जो मुक्तहस्त चित्रण, तीर के निशान व अक्षरांकन हेतु आदर्श होती हैं।

अभ्यास प्रश्न #13 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 13. विमांकन (Dimensioning — IS 11669) में विमा रेखा के सिरों पर बनाए जाने वाले तीर के निशान (Arrowhead) की **लंबाई और चौड़ाई का मानक अनुपात** क्या होता है?

- (A) 1 : 3
- (B) 2 : 1
- (C) 4 : 1
- (D) 3 : 1
- **उत्तर: (D) 3 : 1**
- **1D हल एवं व्याख्या:** मानक इंजीनियरिंग तीर के निशान (Arrowhead) की लंबाई उसकी चौड़ाई (मोटाई) की तीन गुनी (Length : Width = 3 : 1) रखी जाती है।

अभ्यास प्रश्न #14 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 14. निम्नलिखित में से कौन-सा प्रक्षेप **चित्रमय (Pictorial / 3D) प्रक्षेप** की श्रेणी में **नहीं** आता है?

- (A) ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेप (Orthographic Projection)
- (B) आइसोमेट्रिक प्रक्षेप (Isometric Projection)
- (C) ऑब्लिक प्रक्षेप (Oblique Projection)
- (D) पर्सपेक्टिव प्रक्षेप (Perspective Projection)
- **उत्तर: (A) ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेप (Orthographic Projection)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** Isometric, Oblique और Perspective त्रिविमीय (Pictorial) प्रक्षेप हैं, जबकि Orthographic प्रक्षेप एक द्विविमीय बहु-दृश्य (Multi-view 2D) प्रक्षेप है।

खंड (ख): कार्य, शक्ति, ऊर्जा, द्रव्यमान, भार, घनत्व एवं आर्किमिडीज सिद्धांत (प्रश्न 15 से 32)

अभ्यास प्रश्न #15 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 15. एक कुली अपने सिर पर 40 kg का सूटकेस रखकर क्षैतिज प्लेटफॉर्म पर 25 m की दूरी तय करता है। कुली द्वारा **गुरुत्वाकर्षण बल के विरुद्ध** किया गया कार्य कितना होगा (g = 9.8 m/s^2)?

- (A) 9800 J
- (B) 0 J
- (C) 1000 J
- (D) -9800 J

- **उत्तर: (B) 0 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** गुरुत्व बल के विरुद्ध आरोपित बल ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर है और विस्थापन क्षैतिज दिशा में है, अतः theta = 90°। सूत्र W = F s cos(90°) = 40 9.8 25 * 0 = 0 J।

अभ्यास प्रश्न #16 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 16. 10 kg द्रव्यमान के एक पिंड पर बल लगाने से उसका वेग 4 m/s से बढ़कर 12 m/s हो जाता है। बल द्वारा पिंड पर किया गया कुल कार्य कितना है?

- (A) 320 J
- (B) 720 J
- (C) 640 J
- (D) 480 J
- **उत्तर: (C) 640 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** कार्य-ऊर्जा प्रमेय से: W = (1/2) *m* (v^2 - u^2) = (1/2) 10 (12^2 - 4^2) = 5 (144 - 16) = 5 128 = 640 J।

अभ्यास प्रश्न #17 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 17. 2 kg तथा 8 kg द्रव्यमान की दो वस्तुएँ **समान गतिज ऊर्जा (Equal Kinetic Energy)** से गतिमान हैं। उनके रेखीय संवेगों का अनुपात (p1 : p2) क्या होगा?

- (A) 1 : 2
- (B) 1 : 4
- (C) 4 : 1
- (D) 1 : 16
- **उत्तर: (A) 1 : 2**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सूत्र p = sqrt(2 *m* KE)। चूँकि KE समान है, अतः p1 / p2 = sqrt(m1 / m2) = sqrt(2 / 8) = sqrt(1 / 4) = 1 / 2 अर्थात 1 : 2।

अभ्यास प्रश्न #18 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 18. यदि किसी गतिमान पिंड का रेखीय संवेग 20% बढ़ा दिया जाए, तो उसकी गतिज ऊर्जा में कितने प्रतिशत की वृद्धि होगी?

- (A) 20%
- (B) 40%
- (C) 44%
- (D) 36%
- **उत्तर: (C) 44%**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सूत्र % Delta_KE = (2 *x* + (*x*^2 / 100))% = (2 20) + (400 / 100) = 40 + 4 = 44%।

अभ्यास प्रश्न #19 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 19. एक सबमर्सिबल पंप की मोटर की इनपुट रेटिंग 2.5 kW है तथा पंप की समग्र दक्षता 60% है। यह पंप 15 m गहरे बोरवेल से प्रति मिनट कितने किलोग्राम (kg या लीटर) पानी ऊपर चढ़ाएगा (g = 10 m/s^2)?

- (A) 450 kg
- (B) 600 kg
- (C) 750 kg
- (D) 900 kg
- **उत्तर: (B) 600 kg**
- **1D हल एवं व्याख्या:** Output Power P_out = eta *P_in* = 0.60 2500 W = 1500 W। अब P_out = (m *g* h) / t => 1500 = (m 10 15) / 60 => 1500 = 2.5 * m => m = 1500 / 2.5 = 600 kg।

अभ्यास प्रश्न #20 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 20. 1 ब्रिटिश अश्वशक्ति (1 British HP) और 1 मीट्रिक अश्वशक्ति (1 Metric HP) के मान क्रमशः वाट (W) में कितने होते हैं?

- (A) 735.5 W तथा 746 W
- (B) 746 W तथा 1000 W
- (C) 750 W तथा 735.5 W
- (D) 746 W तथा 735.5 W
- **उत्तर: (D) 746 W तथा 735.5 W**
- **1D हल एवं व्याख्या:** ब्रिटिश प्रणाली में 1 HP = 746 W तथा मीट्रिक प्रणाली में 1 HP = 735.5 W (75 kgf * m / s) होता है।

अभ्यास प्रश्न #21 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 21. 1 किलोवाट-घंटा (1 kWh) विद्युत ऊर्जा जूल (J) में कितने के बराबर होती है?

- (A) 3.6 * 10^5 J
- (B) 3.6 * 10^6 J
- (C) 36 * 10^6 J
- (D) 4.186 * 10^3 J
- **उत्तर:** *(*B*) 3.6 10^6 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** 1 kWh = 1000 W 3600 *s* = 36,00,000 *J* = 3.6 10^6 J (3.6 MJ)।

अभ्यास प्रश्न #22 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 22. 500 N/m स्प्रिंग नियतांक वाली एक स्प्रिंग को 10 cm संपीड़ित करने पर उसमें संचित प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा कितनी होगी?

- (A) 2.5 J
- (B) 25 J
- (C) 5.0 J
- (D) 50 J
- **उत्तर: (A) 2.5 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** x = 10 cm = 0.1 m। सूत्र: U = (1/2) *k* x^2 = 0.5 500 (0.1)^2 = 250 * 0.01 = 2.5 J।

अभ्यास प्रश्न #23 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 23. यदि पृथ्वी की त्रिज्या वर्तमान त्रिज्या की आधी (`R' = R / 2`) हो जाए परंतु उसका द्रव्यमान अपरिवर्तित रहे, तो पृथ्वी की सतह पर किसी वस्तु का भार पहले की तुलना में कितना हो जाएगा?

- (A) आधा (`1/2 गुना`)
- (B) दोगुना (`2 गुना`)
- (C) चार गुना (`4 गुना`)
- (D) एक-चौथाई (`1/4 गुना`)
- **उत्तर: (C) चार गुना (`4 गुना`)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सूत्र `g = (G * M) / R^2` । जब `M` नियत हो, तो `g' / g = (R / R')^2 = (R / (R / 2))^2 = 2^2 = 4` । अतः गुरुत्वीय त्वरण और भार `4 गुना` हो जाएगा।

अभ्यास प्रश्न #24 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 24. `60 kg` द्रव्यमान का एक व्यक्ति एक लिफ्ट में खड़ा है। यदि लिफ्ट की केबल अचानक टूट जाए और लिफ्ट मुक्त पतन (`a = g`) की अवस्था में नीचे गिरे, तो लिफ्ट के फर्श पर व्यक्ति का आभासी भार कितना होगा?

- (A) `588 N`
- (B) `1176 N`
- (C) `60 N`
- (D) `0 N`
- **उत्तर: (D) `0 N`**
- **1D हल एवं व्याख्या:** मुक्त पतन में नीचे की ओर त्वरण `a = g` होता है। अतः आभासी भार `R = m (g - a) = 60 (g - g) = 0 N` (भारहीनता की अवस्था)।

अभ्यास प्रश्न #25 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 25. किसी पिंड को विषुवत रेखा (Equator) से ध्रुवों (Poles) की ओर ले जाने पर उसके द्रव्यमान (`m`) और भार (`W`) पर क्या प्रभाव पड़ता है?

- (A) द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है परंतु भार बढ़ जाता है।
- (B) द्रव्यमान और भार दोनों बढ़ जाते हैं।
- (C) द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है परंतु भार घट जाता है।
- (D) द्रव्यमान और भार दोनों अपरिवर्तित रहते हैं।
- **उत्तर: (A) द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है परंतु भार बढ़ जाता है।**
- **1D हल एवं व्याख्या:** द्रव्यमान सर्वत्र नियत रहता है, किंतु ध्रुवों की त्रिज्या विषुवत रेखीय त्रिज्या से लगभग `21 km` कम होने तथा अपकेंद्रीय बल शून्य होने के कारण ध्रुवों पर `g` का मान बढ़ जाता है, जिससे भार (`W = m * g`) बढ़ जाता है।

अभ्यास प्रश्न #26 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 26. चाँदी का आपेक्षिक घनत्व `10.8` है और `4°C` पर जल का घनत्व `1000 kg/m^3` है। SI पद्धति में चाँदी का घनत्व क्या होगा?

- (A) `10.8 kg/m^3`
- (B) `1080 kg/m^3`
- (C) `10,800 kg/m^3`

- (D) 1.08 * 10^5 kg/m^3
- **उत्तर: (C) 10,800 kg/m^3**
- **1D हल एवं व्याख्या:** पदार्थ का घनत्व = आपेक्षिक घनत्व जल का घनत्व = 10.8 1000 kg/m^3 = 10,800 kg/m^3 ।

अभ्यास प्रश्न #27 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 27. एक ठोस धातु के गोले का वायु में भार 80 N तथा शुद्ध जल में पूर्णतः डुबोने पर भार 64 N है। उस धातु का आपेक्षिक घनत्व (Relative Density) क्या है?

- (A) 4.0
- (B) 5.0
- (C) 6.0
- (D) 8.0
- **उत्तर: (B) 5.0**
- **1D हल एवं व्याख्या:** RD = W_air / (W_air - W_water) = 80 / (80 - 64) = 80 / 16 = 5.0 ।

अभ्यास प्रश्न #28 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 28. एक पिंड का वायु में भार 50 g-wt, जल में भार 40 g-wt तथा ग्लिसरीन में भार 37.4 g-wt है। ग्लिसरीन का आपेक्षिक घनत्व कितना है?

- (A) 1.18
- (B) 1.34
- (C) 0.80
- (D) 1.26
- **उत्तर: (D) 1.26**
- **1D हल एवं व्याख्या:** RD_liquid = (W_air - W_liquid) / (W_air - W_water) = (50 - 37.4) / (50 - 40) = 12.6 / 10 = 1.26 ।

अभ्यास प्रश्न #29 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 29. लकड़ी का एक गुटका जल पर इस प्रकार तैर रहा है कि उसके कुल आयतन का 3/5 भाग जल के भीतर डूबा हुआ है। लकड़ी का घनत्व कितना है?

- (A) 600 kg/m^3
- (B) 400 kg/m^3
- (C) 750 kg/m^3
- (D) 800 kg/m^3
- **उत्तर: (A) 600 kg/m^3**
- **1D हल एवं व्याख्या:** प्लवन नियम से: rho_solid / rho_water = V_submerged / V_total = 3 / 5 = 0.6 । अतः rho_solid = 0.6 * 1000 = 600 kg/m^3 ।

अभ्यास प्रश्न #30 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 30. जब कोई मालवाहक जहाज नदी के मीठे जल से समुद्र के खारे जल में प्रवेश करता है, तो जहाज के तल पर क्या प्रभाव पड़ता है?

- (A) जहाज थोड़ा और नीचे डूब जाता है।
- (B) जहाज थोड़ा ऊपर उठ जाता है।

• (C) जहाज पहले के समान स्तर पर ही रहता है।

• (D) जहाज के भार में वृद्धि हो जाती है।

• **उत्तर: (B) जहाज थोड़ा ऊपर उठ जाता है।**

• **1D हल एवं व्याख्या:** समुद्री खारे जल का घनत्व (**~1025 kg/m^3**) नदी के मीठे जल के घनत्व (**1000 kg/m^3**) से अधिक होता है। समान भार को संतुलित करने के लिए अधिक घनत्व वाले जल का कम आयतन विस्थापित करना पड़ता है, इसलिए जहाज थोड़ा ऊपर उठ जाता है।

अभ्यास प्रश्न #31 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 31. दूध की शुद्धता मापने वाला **लैक्टोमीटर (Lactometer)** तथा बैटरी के इलेक्ट्रोलाइट का विशिष्ट गुरुत्व मापने वाला **हाइड्रोमीटर (Hydrometer)** किस भौतिक सिद्धांत पर कार्य करते हैं?

• (A) पास्कल का नियम

• (B) बरनौली का प्रमेय

• (C) आर्किमिडीज का सिद्धांत एवं प्लवन का नियम

• (D) पृष्ठ तनाव का सिद्धांत

• **उत्तर: (C) आर्किमिडीज का सिद्धांत एवं प्लवन का नियम**

• **1D हल एवं व्याख्या:** लैक्टोमीटर और हाइड्रोमीटर दोनों ही आर्किमिडीज के उत्प्लावन सिद्धांत तथा नियत भार के प्लवन सिद्धांत पर कार्य करते हैं।

अभ्यास प्रश्न #32 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 32. **0.004 m^3** आयतन के एक लोहे के टुकड़े को **1000 kg/m^3** घनत्व वाले जल में पूर्णतः डुबोया जाता है। लोहे के टुकड़े पर ऊपर की ओर लगने वाला उत्प्लावन बल (Buoyant Force) कितना होगा (**g = 10 m/s^2**)?

• (A) **4 N**

• (B) **400 N**

• (C) **20 N**

• (D) **40 N**

• **उत्तर: (D) 40 N**

• **1D हल एवं व्याख्या:** **उत्प्लावन बल F_b = V *rho_water* g = 0.004 1000 10 = 4 * 10 = 40 N** ।

खंड (ग): सरल मशीनें — लीवर, घिरनी, नत तल एवं पेंच जैक (प्रश्न 33 से 44)

अभ्यास प्रश्न #33 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 33. निम्नलिखित में से किस श्रेणी के उत्तोलक (Lever) का **यांत्रिक लाभ (MA) सदैव 1 से अधिक** (**MA > 1**) होता है तथा उसे **बल गुणक (Force Multiplier)** कहा जाता है?

• (A) प्रथम श्रेणी उत्तोलक (Class I Lever)

• (B) द्वितीय श्रेणी उत्तोलक (Class II Lever)

• (C) तृतीय श्रेणी उत्तोलक (Class III Lever)

• (D) प्रथम एवं तृतीय दोनों श्रेणी के उत्तोलक

• **उत्तर: (B) द्वितीय श्रेणी उत्तोलक (Class II Lever)**

• **1D हल एवं व्याख्या:** द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक में भार (**W**) आलंब (**F**) और आयास (**P**) के बीच होता है, इसलिए आयास भुजा सदैव भार भुजा से बड़ी (**L_P > L_W**) होती है और **MA = L_P / L_W > 1** रहता है।

अभ्यास प्रश्न #34 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 34. निम्नलिखित युग्मों में से कौन-सा युग्म **द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक (Second Order Lever)** का सही उदाहरण है?

- (A) कैंची और प्लास
- (B) चिमटा और मानव हाथ का अग्रभाग (Forearm)
- (C) सरौता (Nutcracker), नींबू निचोड़ने की मशीन और एक पहिए की कूड़ा गाड़ी (Wheelbarrow)
- (D) सी-सॉ और तराजू
- **उत्तर: (C) सरौता (Nutcracker), नींबू निचोड़ने की मशीन और एक पहिए की कूड़ा गाड़ी (Wheelbarrow)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सरौता, नींबू निचोड़ने की मशीन और एक पहिए की हाथ-गाड़ी में भार (सुपारी/नींबू/कूड़ा) कब्जे/पहिए (Fulcrum) और हत्थे (Effort) के बीच स्थित होता है।

अभ्यास प्रश्न #35 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 35. एक तृतीय श्रेणी के उत्तोलक की कुल लंबाई `60 cm` है। यदि आलंब (Fulcrum) एक सिरे पर हो और दूसरे सिरे पर रखे `30 N` के भार को उठाने के लिए आलंब से `15 cm` की दूरी पर आयास लगाया जाए, तो आवश्यक आयास (`P`) एवं यांत्रिक लाभ (`MA`) क्या होगा?

- (A) `P = 120 N, MA = 0.25`
- (B) `P = 90 N, MA = 0.33`
- (C) `P = 7.5 N, MA = 4.0`
- (D) `P = 60 N, MA = 0.50`
- **उत्तर: (A)** `P = 120 N, MA = 0.25`
- **1D हल एवं व्याख्या:** `L_P = 15 cm` , `L_W = 60 cm` । अतः `MA = L_P / L_W = 15 / 60 = 0.25` तथा `P = W / MA = 30 / 0.25 = 120 N` ।

अभ्यास प्रश्न #36 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 36. किसी सरल मशीन का वेग अनुपात (`VR`) `20` है तथा इसकी दक्षता `75%` है। इस मशीन पर `80 N` का आयास लगाकर कितना भार (`W`) उठाया जा सकता है?

- (A) `1600 N`
- (B) `1000 N`
- (C) `1400 N`
- (D) `1200 N`
- **उत्तर: (D)** `1200 N`
- **1D हल एवं व्याख्या:** `MA = (eta / 100) VR = 0.75 20 = 15` । अतः उठाया गया भार `W = MA P = 15 80 = 1200 N` ।

अभ्यास प्रश्न #37 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 37. किसी लिफ्टिंग मशीन के **स्वतः लॉकिंग (Self-Locking / Non-reversible)** होने के लिए उसकी दक्षता (`eta`) की अनिवार्य शर्त क्या है?

- (A) दक्षता `50%` से कम (`eta < 50%`) होनी चाहिए।
- (B) दक्षता `50%` से अधिक (`eta > 50%`) होनी चाहिए।
- (C) दक्षता ठीक `100%` होनी चाहिए।
- (D) दक्षता `75%` से अधिक होनी चाहिए।

• **उत्तर: (A) दक्षता `50%` से कम (`eta < 50%`) होनी चाहिए।**

• **1D हल एवं व्याख्या:** जब घर्षण में होने वाली हानि आउटपुट कार्य से अधिक होती है (अर्थात `eta < 50%`), तब आयास हटाने पर भार स्वयं नीचे नहीं गिरता और मशीन स्वत: लॉक रहती है।

अभ्यास प्रश्न #38 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 38. प्रथम घिरनी तंत्र (First System of Pulleys) में यदि `5 चल घिरनियाँ (Movable Pulleys)` लगी हों और घर्षण नगण्य (आदर्श तंत्र) हो, तो उसका वेग अनुपात (`VR`) क्या होगा?

• (A) `5`
• (B) `10`
• (C) `32`
• (D) `31`

• **उत्तर: (C) `32`**

• **1D हल एवं व्याख्या:** प्रथम घिरनी तंत्र में `VR = 2^n = 2^5 = 32` होता है। (जबकि तृतीय तंत्र में `2^n - 1 = 31` और द्वितीय तंत्र में `n = 5` होता है)।

अभ्यास प्रश्न #39 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 39. एक पेंच जैक (Screw Jack) के पेंच की पिच `7 mm` है तथा उसे घुमाने वाले हैंडल की लंबाई `35 cm` है। इस पेंच जैक का वेग अनुपात (`VR`) क्या होगा (`pi = 22/7`)?

• (A) `110`
• (B) `314.28`
• (C) `220`
• (D) `440`

• **उत्तर: (B) `314.28`**

• **1D हल एवं व्याख्या:** `L = 35 cm = 350 mm, p = 7 mm`। सूत्र: `VR = (2 pi L) / p = (2 (22 / 7) 350) / 7 = (44 * 50) / 7 = 2200 / 7 = 314.28`।

अभ्यास प्रश्न #40 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 40. एक नत तल की लंबाई `6 m` और ऊर्ध्वाधर ऊँचाई `1.5 m` है। यदि `800 N` के एक बक्से को तल के समानांतर `250 N` का बल लगाकर ऊपर खींचा जाता है, तो नत तल की दक्षता कितनी है?

• (A) `75%`
• (B) `85%`
• (C) `64%`
• (D) `80%`

• **उत्तर: (D) `80%`**

• **1D हल एवं व्याख्या:** `VR = L / h = 6 / 1.5 = 4` तथा `MA = W / P = 800 / 250 = 3.2`। अत: `eta = (MA / VR) 100% = (3.2 / 4) 100% = 80%`।

अभ्यास प्रश्न #41 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 41. एक मशीन का नियम `P = 0.04 * W + 20` (N में) है तथा इसका वेग अनुपात `VR = 40` है। इस मशीन की **अधिकतम संभव दक्षता (`eta_max`)** क्या होगी?

- (A) `62.5%`
- (B) `80.0%`
- (C) `50.0%`
- (D) `75.0%`

- **उत्तर: (A)** `62.5%`

- **1D हल एवं व्याख्या:** `m = 0.04, VR = 40`। अधिकतम यांत्रिक लाभ `MA_max = 1 / m = 1 / 0.04 = 25`। अधिकतम दक्षता `eta_max = (MA_max / VR) 100% = (25 / 40) 100% = 62.5%`।

अभ्यास प्रश्न #42 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 42. एक ब्लॉक एंड टैकल (Block & Tackle) घिरनी तंत्र में वेग अनुपात `VR = 5` है। `900 N` का भार उठाने के लिए `240 N` का आयास लगाना पड़ता है। घर्षण को पार करने में कितना आयास (`P_f`) नष्ट हो रहा है?

- (A) `40 N`
- (B) `60 N`
- (C) `80 N`
- (D) `30 N`

- **उत्तर: (B)** `60 N`

- **1D हल एवं व्याख्या:** आदर्श आयास `P_ideal = W / VR = 900 / 5 = 180 N`। अतः घर्षण में नष्ट आयास `P_f = P - P_ideal = 240 - 180 = 60 N`।

अभ्यास प्रश्न #43 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 43. एक पहिया एवं धुरी (Wheel and Axle) में पहिए की त्रिज्या `45 cm` तथा धुरी की त्रिज्या `9 cm` है। यदि मशीन की दक्षता `90%` हो, तो उसका यांत्रिक लाभ (`MA`) क्या होगा?

- (A) `5.0`
- (B) `4.0`
- (C) `4.5`
- (D) `3.6`

- **उत्तर: (C)** `4.5`

- **1D हल एवं व्याख्या:** `VR = R / r = 45 / 9 = 5`। अतः `MA = eta VR = 0.90 5 = 4.5`।

अभ्यास प्रश्न #44 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 44. यदि किसी सरल मशीन का वेग अनुपात (`VR`) बदला जाए या मशीन के पुर्जों में स्नेहक (Lubricant) डाला जाए, तो स्नेहन से किस राशि में वृद्धि होती है?

- (A) वेग अनुपात (`VR`) बढ़ जाता है परंतु यांत्रिक लाभ नियत रहता है।
- (B) वेग अनुपात (`VR`) घट जाता है।
- (C) वेग अनुपात (`VR`) अपरिवर्तित रहता है परंतु घर्षण घटने से यांत्रिक लाभ (`MA`) और दक्षता (`eta`) दोनों बढ़ जाते हैं।

• (D) यांत्रिक लाभ और दक्षता दोनों घट जाते हैं।

• **उत्तर: (C) वेग अनुपात (VR) अपरिवर्तित रहता है परंतु घर्षण घटने से यांत्रिक लाभ (MA) और दक्षता (eta) दोनों बढ़ जाते हैं।**

• **1D हल एवं व्याख्या:** VR केवल मशीन की ज्यामितीय बनावट पर निर्भर करता है, जबकि स्नेहन से घर्षण कम होने के कारण समान भार उठाने हेतु कम आयास (P) लगता है, जिससे MA और eta बढ़ जाते हैं।

खंड (घ): ऊष्मा, तापमान, विशिष्ट ऊष्मा, गुप्त ऊष्मा एवं ऊष्मागतिकी (प्रश्न 45 से 56)

अभ्यास प्रश्न #45 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 45. किस तापमान पर सेल्सियस और फारेनहाइट तापमापी का संख्यात्मक मान बराबर होता है तथा किस तापमान पर फारेनहाइट और केल्विन तापमापी का मान बराबर होता है?

• (A) -40° तथा 574.25

• (B) 0° तथा 273.15

• (C) -40° तथा 373.15

• (D) -32° तथा 574.25

• **उत्तर: (A) -40° तथा 574.25**

• **1D हल एवं व्याख्या:** C / 5 = (C - 32) / 9 => 9C = 5C - 160 => C = -40°। इसी प्रकार (K - 32) / 9 = (K - 273.15) / 5 => 5K - 160 = 9K - 2458.35 => 4*K = 2298.35 => K = 574.59 (या 273 लेने पर 574.25)।

अभ्यास प्रश्न #46 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 46. किसी वस्तु के तापमान में 45°C की वृद्धि होती है। फारेनहाइट पैमाने (Delta_F) तथा केल्विन पैमाने (Delta_K) पर यह तापमान वृद्धि कितनी होगी?

• (A) 113°F तथा 318 K

• (B) 81°F तथा 45 K

• (C) 45°F तथा 45 K

• (D) 81°F तथा 318 K

• **उत्तर: (B) 81°F तथा 45 K**

• **1D हल एवं व्याख्या:** तापांतर के लिए Delta_F = (9 / 5) *Delta_C* = 1.8 45 = 81°F (ध्यान दें: तापांतर में 32 नहीं जोड़ा जाता!) तथा Delta_K = Delta_C = 45 K।

अभ्यास प्रश्न #47 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 47. जल का एक नमूना 0°C से 10°C तक गर्म किया जाता है। इस प्रक्रिया में जल के **आयतन (Volume)** और **घनत्व (Density)** में किस प्रकार परिवर्तन होगा?

• (A) आयतन लगातार बढ़ता है और घनत्व लगातार घटता है।

• (B) आयतन 0°C से 4°C तक बढ़ता है और फिर घटता है।

• (C) आयतन 0°C से 4°C तक घटता है (4°C पर न्यूनतम आयतन व अधिकतम घनत्व) और 4°C से 10°C तक बढ़ता है।

• (D) आयतन और घनत्व में कोई परिवर्तन नहीं होता।

• **उत्तर: (C) आयतन 0°C से 4°C तक घटता है (4°C पर न्यूनतम आयतन व अधिकतम घनत्व) और 4°C से 10°C तक बढ़ता है।**

• **1D हल एवं व्याख्या:** जल के असामान्य प्रसार (Anomalous Expansion of Water) के कारण 0°C से 4°C तक गर्म करने पर हाइड्रोजन बंध टूटने से जल सिकुड़ता है; 4°C पर जल का आयतन न्यूनतम और घनत्व अधिकतम (1000 kg/m^3) होता है।

अभ्यास प्रश्न #48 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 48. 500 g जल का तापमान 30°C से 80°C तक बढ़ाने के लिए कितने जूल (J) ऊष्मा की आवश्यकता होगी (c_water = 4200 J/(kg*K))?

- (A) 21,000 J
- (B) 1,05,000 J
- (C) 84,000 J
- (D) 2,10,000 J
- **उत्तर: (B) 1,05,000 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** m = 500 g = 0.5 kg, Delta_T = 80 - 30 = 50°C । सूत्र Q = m c Delta_T = 0.5 4200 50 = 1,05,000 J = 105 kJ ।

अभ्यास प्रश्न #49 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 49. 0°C की 2 kg बर्फ को 0°C के जल में पूर्णतः पिघलाने के लिए आवश्यक गुप्त ऊष्मा का मान जूल में कितना होगा (बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा L_f = 3.36 * 10^5 J/kg)?

- (A) 3.36 * 10^5 J
- (B) 1.68 * 10^5 J
- (C) 4.52 * 10^6 J
- (D) 6.72 * 10^5 J
- **उत्तर:** *(D) 6.72 10^5 J**
- **1D हल एवं व्याख्या:** Q = m *L_f* = 2 *kg* (3.36 10^5 *J/kg*) = 6.72 10^5 J (672 kJ)।

अभ्यास प्रश्न #50 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 50. 100°C तापमान वाली 10 g भाप को 0°C के जल में बदलने पर कुल कितनी ऊष्मा (कैलोरी में) मुक्त होगी (L_v = 540 cal/g, c_water = 1 cal/(g*°C))?

- (A) 6400 cal
- (B) 5400 cal
- (C) 6200 cal
- (D) 1000 cal
- **उत्तर: (A) 6400 cal**
- **1D हल एवं व्याख्या:** भाप के संघनन से मुक्त ऊष्मा Q1 = m *L_v* = 10 540 = 5400 cal तथा 100°C जल के 0°C जल तक ठंडा होने में मुक्त ऊष्मा Q2 = m c Delta_T = 10 1 100 = 1000 cal । कुल मुक्त ऊष्मा Q = 5400 + 1000 = 6400 cal ।

अभ्यास प्रश्न #51 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 51. 90°C के 400 g जल को 15°C के 100 g जल में मिलाने पर मिश्रण का अंतिम ताप क्या होगा?

- (A) 65°C
- (B) 70°C
- (C) 75°C
- (D) 60°C

• **उत्तर: (C) 75°C**

• **1D हल एवं व्याख्या:** **T_mix = (m1 *T1* + *m2* T2) / (m1 + m2) = (400 90 + 100 15) / (400 + 100) = (36000 + 1500) / 500 = 37500 / 500 = 75°C**।

अभ्यास प्रश्न #52 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 52. किसी ठोस के रेखीय प्रसार गुणांक (**alpha**), क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (**beta**) और आयतन प्रसार गुणांक (**gamma**) के बीच सही गणितीय संबंध क्या है?

• (A) **alpha = beta = gamma**

• (B) **6 *alpha* = 3 beta = 2 * gamma**

• (C) **alpha = 2 *beta* = 3 gamma**

• (D) **3 *alpha* = 2 beta = gamma**

• **उत्तर:** *(*B*) **6** alpha = 3 *beta* = 2 gamma**

• **1D हल एवं व्याख्या:** चूँकि **beta = 2 *alpha*** और ***gamma* = 3** alpha अर्थात **alpha : beta : gamma = 1 : 2 : 3** होता है, अतः **alpha / 1 = beta / 2 = gamma / 3** को **6** से गुणा करने पर **6 *alpha* = 3 beta = 2 * gamma** प्राप्त होता है।

अभ्यास प्रश्न #53 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 53. एक कार्नो इंजन **327°C** के उच्च ताप स्रोत और **27°C** के निम्न ताप सिंक के मध्य कार्य कर रहा है। इस इंजन की अधिकतम तापीय दक्षता क्या होगी?

• (A) **50%**

• (B) **91.7%**

• (C) **60%**

• (D) **40%**

• **उत्तर: (A) 50%**

• **1D हल एवं व्याख्या:** **T1 = 327 + 273 = 600 K**, **T2 = 27 + 273 = 300 K**। सूत्र: **eta = (1 - T2 / T1) 100% = (1 - 300 / 600) 100% = 50%**।

अभ्यास प्रश्न #54 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 54. ऊष्मागतिकी के किस प्रक्रम में निकाय और परिवेश के बीच **ऊष्मा का आदान-प्रदान शून्य** (**Delta_Q = 0**) होता है तथा गैस द्वारा किया गया कार्य उसकी आंतरिक ऊर्जा के व्यय पर होता है?

• (A) समतापी प्रक्रम (Isothermal Process)

• (B) समदाबी प्रक्रम (Isobaric Process)

• (C) समआयतनिक प्रक्रम (Isochoric Process)

• (D) रुद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process)

• **उत्तर: (D) रुद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process)**

• **1D हल एवं व्याख्या:** रुद्धोष्म (Adiabatic) प्रक्रम में **Delta_Q = 0** होता है, अतः प्रथम नियम **Delta_Q = Delta_U + Delta_W** से **Delta_W = -Delta_U** होता है (जैसे टायर का अचानक फटना, ध्वनि तरंगों का संचरण)।

अभ्यास प्रश्न #55 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 55. थर्मस फ्लास्क (Dewar Flask) में दोहरी दीवारों के बीच निर्वात (Vacuum) तथा दीवारों पर चाँदी की चमकदार पॉलिश क्रमशः ऊष्मा संचरण की किन विधियों को रोकने के लिए की जाती है?

- (A) निर्वात चालन व संवहन को रोकता है तथा चाँदी की पॉलिश विकिरण को रोकती है।
- (B) निर्वात विकिरण को रोकता है तथा पॉलिश चालन को रोकती है।
- (C) दोनों केवल संवहन को रोकते हैं।
- (D) दोनों केवल विकिरण को रोकते हैं।
- **उत्तर: (A) निर्वात चालन व संवहन को रोकता है तथा चाँदी की पॉलिश विकिरण को रोकती है।**
- **1D हल एवं व्याख्या:** चालन (Conduction) और संवहन (Convection) के लिए माध्यम आवश्यक है, जो निर्वात से रुक जाते हैं; जबकि विकिरण (Radiation) निर्वात में भी चलता है, जिसे चाँदी की परावर्तक सतह वापस परावर्तित कर देती है।

अभ्यास प्रश्न #56 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 56. यदि किसी कृष्णिका (Black Body) का परम तापमान दोगुना (**T' = 2 T**) कर दिया जाए, तो स्टीफन के नियम (***E = sigma*** T^4) के अनुसार उससे उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा की दर कितने गुनी हो जाएगी?

- (A) **2 गुनी**
- (B) **4 गुनी**
- (C) **8 गुनी**
- (D) **16 गुनी**
- **उत्तर: (D) 16 गुनी**
- **1D हल एवं व्याख्या:** स्टीफन के नियमानुसार **E अनुक्रमानुपाती T^4** । अतः **E' / E = (2 * T / T)^4 = 2^4 = 16 गुनी** ।

खंड (ङ): बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, एसी मशीनें एवं इलेक्ट्रॉनिक्स (प्रश्न 57 से 70)

अभ्यास प्रश्न #57 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 57. किसी विद्युत चालक में **2.5 A** की धारा **4 मिनट** तक प्रवाहित होती है। चालक के अनुप्रस्थ काट से गुजरने वाले कुल विद्युत आवेश (**Q**) का मान क्या होगा?

- (A) **10 C**
- (B) **600 C**
- (C) **100 C**
- (D) **240 C**
- **उत्तर: (B) 600 C**
- **1D हल एवं व्याख्या:** **t = 4 min = 4 60 = 240 s** । सूत्र ***Q = I*** t = 2.5 * 240 = 600 Coulomb।

अभ्यास प्रश्न #58 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 58. **12 Ohm** के तीन समान प्रतिरोधकों को एक समबाहु त्रिभुज के रूप में जोड़ा गया है। त्रिभुज के किन्हीं दो शीर्षों (कोनों) के बीच तुल्य प्रतिरोध कितना होगा?

- (A) **36 Ohm**
- (B) **4 Ohm**
- (C) **8 Ohm**
- (D) **6 Ohm**
- **उत्तर: (C) 8 Ohm**

• **1D हल एवं व्याख्या:** किन्हीं दो शीर्षों के बीच दो भुजाएँ (`12 + 12 = 24 Ohm`) श्रेणी क्रम में होंगी और तीसरी भुजा (`12 Ohm`) उनके समांतर क्रम में होगी। अत: `R_eq = (24 * 12) / (24 + 12) = 288 / 36 = 8 Ohm` ।

अभ्यास प्रश्न #59 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 59. `16 Ohm` प्रतिरोध वाले एक समान तार को मोड़कर एक बंद वृत्त (Circle) बनाया जाता है। वृत्त के किसी भी व्यास (Diameter) के दोनों सिरों के बीच प्रभावी प्रतिरोध क्या होगा?

• (A) `4 Ohm`
• (B) `8 Ohm`
• (C) `2 Ohm`
• (D) `16 Ohm`
• **उत्तर: (A)** `4 Ohm`
• **1D हल एवं व्याख्या:** व्यास के सिरों पर वृत्त `8 Ohm` और `8 Ohm` के दो अर्द्धवृत्तों में बँट जाता है जो परस्पर समांतर क्रम में होते हैं: `R_eq = (8 * 8) / (8 + 8) = 64 / 16 = 4 Ohm` (शॉर्टकट: `R / 4 = 16 / 4 = 4 Ohm`)।

अभ्यास प्रश्न #60 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 60. किरचॉफ का **धारा नियम (KCL — प्रथम नियम)** तथा **वोल्टता नियम (KVL — द्वितीय नियम)** क्रमश: किन भौतिक संरक्षण सिद्धांतों पर आधारित हैं?

• (A) ऊर्जा संरक्षण तथा आवेश संरक्षण
• (B) संवेग संरक्षण तथा ऊर्जा संरक्षण
• (C) आवेश संरक्षण तथा संवेग संरक्षण
• (D) आवेश संरक्षण तथा ऊर्जा संरक्षण
• **उत्तर: (D) आवेश संरक्षण तथा ऊर्जा संरक्षण**
• **1D हल एवं व्याख्या:** KCL (`Sigma I = 0`) संधि पर आवेश के संचय न होने अर्थात **आवेश संरक्षण** पर तथा KVL (`Sigma V = 0`) बंद पाश में **ऊर्जा संरक्षण** पर आधारित है।

अभ्यास प्रश्न #61 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 61. एक विद्युत हीटर पर `2000 W, 200 V` अंकित है। कार्यशील अवस्था में हीटर के तंतु का प्रतिरोध (`R`) तथा इसमें प्रवाहित होने वाली सुरक्षित धारा (`I`) क्या है?

• (A) `R = 20 Ohm, I = 10 A`
• (B) `R = 10 Ohm, I = 20 A`
• (C) `R = 40 Ohm, I = 5 A`
• (D) `R = 200 Ohm, I = 10 A`
• **उत्तर: (A)** `R = 20 Ohm, I = 10 A`
• **1D हल एवं व्याख्या:** `I = P / V = 2000 / 200 = 10 A` तथा `R = V^2 / P = 200^2 / 2000 = 40,000 / 2000 = 20 Ohm` ।

अभ्यास प्रश्न #62 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 62. ट्रांसफॉर्मर की कोर के निर्माण में **उच्च सिलिकॉन स्टील (Silicon Steel)** तथा **पटलन (Lamination)** का उपयोग क्रमश: किन हानियों को कम करने के लिए किया जाता है?

• (A) ताम्र हानि तथा भँवर धारा हानि
• (B) भँवर धारा हानि तथा हिस्टेरेसिस हानि

• (C) हिस्टेरेसिस हानि (Hysteresis Loss) तथा भँवर धारा हानि (Eddy Current Loss)

• (D) यांत्रिक घर्षण हानि तथा ताम्र हानि

• **उत्तर: (C) हिस्टेरेसिस हानि (Hysteresis Loss) तथा भँवर धारा हानि (Eddy Current Loss)**

• **1D हल एवं व्याख्या:** सिलिकॉन स्टील की चुंबकीय पारगम्यता उच्च व हिस्टेरेसिस लूप संकरा होने से **हिस्टेरेसिस हानि** घटती है, जबकि वार्निश युक्त पतली पत्तियाँ (Laminations) कोर का प्रतिरोध बढ़ाकर **भँवर धारा हानि** को कम करती हैं।

अभ्यास प्रश्न #63 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 63. तेल-शीतित पावर ट्रांसफॉर्मर के ब्रीदर (Breather) में नमी सोखने के लिए कौन-सा रासायनिक पदार्थ भरा जाता है तथा शुष्क एवं नमी सोखने के बाद इसका रंग कैसा होता है?

• (A) कैल्शियम कार्बाइड; शुष्क में सफेद और नमी युक्त में काला

• (B) सिलिका जेल (Silica Gel); शुष्क अवस्था में नीला और नमी सोखने के बाद हल्का गुलाबी

• (C) सोडियम क्लोराइड; शुष्क में गुलाबी और नमी युक्त में नीला

• (D) कॉपर सल्फेट; शुष्क में हरा और नमी युक्त में पीला

• **उत्तर: (B) सिलिका जेल (Silica Gel); शुष्क अवस्था में नीला और नमी सोखने के बाद हल्का गुलाबी**

• **1D हल एवं व्याख्या:** ब्रीदर में कोबाल्ट क्लोराइड मिश्रित सिलिका जेल प्रयोग किया जाता है जो शुष्क अवस्था में नीला (Blue) तथा नमी अवशोषित कर लेने पर गुलाबी (Pink) हो जाता है।

अभ्यास प्रश्न #64 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 64. `6-ध्रुव (6-Pole)`, `50 Hz` की एक श्री-फेज इंडक्शन मोटर `3%` स्लिप पर चल रही है। मोटर की तुल्यकालिक गति (`N_s`) तथा वास्तविक रोटर गति (`N_r`) क्या होगी?

• (A) `N_s = 1500 RPM, N_r = 1455 RPM`

• (B) `N_s = 1000 RPM, N_r = 970 RPM`

• (C) `N_s = 1000 RPM, N_r = 960 RPM`

• (D) `N_s = 3000 RPM, N_r = 2910 RPM`

• **उत्तर: (B)** `N_s = 1000 RPM, N_r = 970 RPM`

• **1D हल एवं व्याख्या:** `N_s = (120 f) / P = (120 50) / 6 = 1000 RPM`। रोटर गति `N_r = N_s (1 - s) = 1000 (1 - 0.03) = 1000 * 0.97 = 970 RPM`।

अभ्यास प्रश्न #65 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 65. एक श्री-फेज **डेल्टा (`Delta`) संयोजित** लोड में प्रत्येक फेज की धारा `I_ph = 10 A` और लाइन वोल्टता `V_L = 400 V` है। लाइन धारा (`I_L`) और फेज वोल्टता (`V_ph`) का मान क्या होगा?

• (A) `I_L = 10 A, V_ph = 230.9 V`

• (B) `I_L = 30 A, V_ph = 400 V`

• (C) `I_L = 17.32 A, V_ph = 230.9 V`

• (D) `I_L = 17.32 A, V_ph = 400 V`

• **उत्तर: (D)** `I_L = 17.32 A, V_ph = 400 V`

• **1D हल एवं व्याख्या:** डेल्टा संयोजन में `V_ph = V_L = 400 V` तथा `I_L = sqrt(3) I_ph = 1.732 10 = 17.32 A` होता है।

अभ्यास प्रश्न #66 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 66. कमरे के तापमान (**300 K**) पर **सिलिकॉन (Si)** तथा **जर्मेनियम (Ge)** के PN जंक्शन डायोड का रोधिका विभव (Barrier Potential / Knee Voltage) क्रमशः कितना होता है?

- (A) **0.7 V** तथा **0.3 V**
- (B) **0.3 V** तथा **0.7 V**
- (C) **1.1 V** तथा **0.72 V**
- (D) **0.5 V** तथा **0.5 V**

- **उत्तर: (A) 0.7 V तथा 0.3 V**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सिलिकॉन डायोड के लिए अग्र विभव प्राचीर **0.7 V** तथा जर्मेनियम डायोड के लिए **0.3 V** होता है (जबकि **1.1 eV** व **0.72 eV** उनके वर्जित ऊर्जा अंतराल हैं)।

अभ्यास प्रश्न #67 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 67. एक पूर्ण-तरंग ब्रिज दिष्टकारी (Full-Wave Bridge Rectifier) को **50 Hz** की AC मुख्य सप्लाई से जोड़ा गया है। इसकी **अधिकतम दक्षता** तथा आउटपुट पलसेटिंग DC की **उर्मिका आवृत्ति (Ripple Frequency)** क्या होगी?

- (A) **40.6%** तथा **50 Hz**
- (B) **81.2%** तथा **50 Hz**
- (C) **81.2%** तथा **100 Hz**
- (D) **90.5%** तथा **100 Hz**

- **उत्तर: (C) 81.2% तथा 100 Hz**
- **1D हल एवं व्याख्या:** फुल-वेव रेक्टिफायर दोनों अर्द्ध-चक्रों का दिष्टकरण करता है, इसलिए इसकी अधिकतम दक्षता **81.2%** तथा रिपल आवृत्ति **f_ripple = 2 f = 2 50 = 100 Hz** होती है।

अभ्यास प्रश्न #68 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 68. किसी ट्रांजिस्टर का कॉमन बेस (CB) धारा लाभ **alpha = 0.98** है। इसका कॉमन एमिटर (CE) धारा लाभ **beta** कितना होगा?

- (A) **98**
- (B) **49**
- (C) **19.6**
- (D) **50**

- **उत्तर: (B) 49**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सूत्र **beta = alpha / (1 - alpha) = 0.98 / (1 - 0.98) = 0.98 / 0.02 = 49** ।

अभ्यास प्रश्न #69 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 69. डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स में किन दो लॉजिक गेट्स को **सार्वत्रिक गेट (Universal Gates)** कहा जाता है तथा कौन-सा गेट केवल तभी उच्च आउटपुट (**1**) देता है जब उसके दोनों इनपुट परस्पर **असमान** हों?

- (A) AND व OR; XNOR गेट
- (B) NAND व XOR; OR गेट
- (C) NAND व NOR; XOR (Exclusive-OR) गेट

• (D) NOT व AND; NAND गेट

• **उत्तर: (C) NAND व NOR; XOR (Exclusive-OR) गेट**

• **1D हल एवं व्याख्या:** `NAND` और `NOR` गेट्स से कोई भी अन्य लॉजिक गेट या बूलियन फलन बनाया जा सकता है, इसलिए इन्हें Universal Gates कहते हैं; जबकि `XOR` गेट (`Y = A'.B + A.B'`) असमान इनपुट (`0,1` या `1,0`) पर `1` देता है।

अभ्यास प्रश्न #70 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 70. डी-मॉर्गन के प्रमेय (De Morgan's Theorem) के अनुसार बूलियन व्यंजक `(A + B)'` तथा `(A . B)'` क्रमशः किसके बराबर होते हैं?

• (A) `A' . B'` तथा `A' + B'`

• (B) `A' + B'` तथा `A' . B'`

• (C) `A . B` तथा `A + B`

• (D) `A' . B` तथा `A + B'`

• **उत्तर: (A) `A' . B'` तथा `A' + B'`**

• **1D हल एवं व्याख्या:** डी-मॉर्गन का प्रथम नियम: योग का पूरक पूरकों के गुणनफल के बराबर होता है `(A + B)' = A' . B'` (NOR गेट); द्वितीय नियम: गुणनफल का पूरक पूरकों के योग के बराबर होता है `(A . B)' = A' + B'` (NAND गेट)।

खंड (च): व्यावसायिक सुरक्षा (OSH) एवं आईटीआई ट्रेड मास्टर कैप्सूल (प्रश्न 71 से 80)

अभ्यास प्रश्न #71 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 71. कार्यशाला में पेट्रोल, डीजल, पेंट या ग्रीस जैसे **ज्वलनशील द्रवों (Flammable Liquids)** में लगी आग किस वर्ग में आती है तथा इसे बुझाने के लिए सबसे उपयुक्त अग्निशामक कौन-सा है?

• (A) Class A; शीतल जल अग्निशामक

• (B) Class B; फोम (Foam) या CO2 अग्निशामक

• (C) Class C; सोडा-एसिड अग्निशामक

• (D) Class D; आर्द्र रसायन अग्निशामक

• **उत्तर: (B) Class B; फोम (Foam) या CO2 अग्निशामक**

• **1D हल एवं व्याख्या:** ज्वलनशील द्रवों की आग **Class B** होती है। इस पर फोम (Foam) या `CO2` का प्रयोग किया जाता है जो तेल की सतह पर कंबल जैसी परत (Smothering) बनाकर ऑक्सीजन रोक देता है।

अभ्यास प्रश्न #72 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 72. चेतावनी सुरक्षा चिह्न (Warning Safety Signs) का ज्यामितीय आकार एवं रंग कोड क्या होता है?

• (A) वृत्ताकार; नीली पृष्ठभूमि पर सफेद चिह्न

• (B) वृत्ताकार; सफेद पृष्ठभूमि पर लाल बॉर्डर व काला चिह्न

• (C) वर्गाकार; हरी पृष्ठभूमि पर सफेद चिह्न

• (D) त्रिभुजाकार; पीली पृष्ठभूमि पर काला बॉर्डर और काला चिह्न

• **उत्तर: (D) त्रिभुजाकार; पीली पृष्ठभूमि पर काला बॉर्डर और काला चिह्न**

• **1D हल एवं व्याख्या:** IS 9457 के अनुसार चेतावनी चिह्न (Warning Signs) समबाहु त्रिभुज के आकार के होते हैं जिनकी पृष्ठभूमि पीली (Yellow) तथा बॉर्डर व संकेत चिह्न काले (Black) रंग के होते हैं।

अभ्यास प्रश्न #73 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 73. कार्यस्थल प्रबंधन की **5S संकल्पना** में पाँचों जापानी शब्दों का सही क्रम और उनका अर्थ क्या है?

- (A) Seiri (छँटाई/Sort) -> Seiton (सुव्यवस्था/Set in Order) -> Seiso (स्वच्छता/Shine) -> Seiketsu (मानकीकरण/Standardize) -> Shitsuke (अनुशासन/Sustain)
- (B) Seiton -> Seiri -> Seiso -> Shitsuke -> Seiketsu
- (C) Seiso -> Seiri -> Seiton -> Seiketsu -> Shitsuke
- (D) Seiri -> Seiso -> Seiton -> Seiketsu -> Shitsuke

- **उत्तर: (A) Seiri (छँटाई/Sort) -> Seiton (सुव्यवस्था/Set in Order) -> Seiso (स्वच्छता/Shine) -> Seiketsu (मानकीकरण/Standardize) -> Shitsuke (अनुशासन/Sustain)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** 5S का मानक क्रम है: 1. Seiri (Sort), 2. Seiton (Set in order), 3. Seiso (Shine), 4. Seiketsu (Standardize), 5. Shitsuke (Sustain)।

अभ्यास प्रश्न #74 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 74. एक मानक मीट्रिक **वर्नियर कैलीपर (Vernier Calliper)** तथा **बाह्य माइक्रोमीटर (Outside Micrometer)** का अल्पतमांक (Least Count) क्रमशः क्या होता है?

- (A) **0.01 mm** तथा **0.02 mm**
- (B) **0.02 mm** तथा **0.01 mm**
- (C) **0.05 mm** तथा **0.001 mm**
- (D) **0.1 mm** तथा **0.01 mm**

- **उत्तर: (B) 0.02 mm तथा 0.01 mm**
- **1D हल एवं व्याख्या:** वर्नियर कैलीपर का अल्पतमांक **1 - 49/50 = 0.02 mm** तथा मीट्रिक माइक्रोमीटर का अल्पतमांक **0.5 mm / 50 = 0.01 mm** होता है।

अभ्यास प्रश्न #75 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 75. **0–25 mm** परास के एक बाह्य माइक्रोमीटर में बैरल (Sleeve) पर **18.5 mm** का निशान स्पष्ट दिखाई दे रहा है और थिम्बल का **37वाँ भाग** डेटम रेखा से मिल रहा है। यदि यंत्र में कोई शून्यांक त्रुटि न हो, तो जॉब की कुल माप क्या है?

- (A) **18.37 mm**
- (B) **19.37 mm**
- (C) **18.87 mm**
- (D) **18.74 mm**

- **उत्तर: (C) 18.87 mm**
- **1D हल एवं व्याख्या:** **कुल पाठ्यांक = बैरल पाठ्यांक + (थिम्बल भाग *LC*) = 18.50 + (37 0.01) = 18.50 + 0.37 = 18.87 mm**।

अभ्यास प्रश्न #76 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 76. सामान्य कार्यों के लिए प्रयुक्त हाई स्पीड स्टील (HSS) ट्विस्ट ड्रिल का मानक **बिंदु कोण (Point / Cutting Angle)** कितना होता है तथा पतली कंड्यूट पाइप काटने के लिए हैकसॉ ब्लेड की कौन-सी पिच प्रयुक्त की जाती है?

- (A) **118°** तथा **0.8 mm** (Fine Pitch)
- (B) **90°** तथा **1.8 mm** (Coarse Pitch)

- (C) 120° तथा 1.4 mm
- (D) 60° तथा 0.8 mm
- **उत्तर: (A) 118° तथा 0.8 mm (Fine Pitch)**
- **1D हल एवं व्याख्या:** सामान्य ट्विस्ट ड्रिल का बिंदु कोण 118° होता है तथा पतली ट्यूब, कंड्यूट पाइप व शीट मेटल काटने के लिए 0.8 mm पिच (Fine Pitch) का हैकसॉ ब्लेड प्रयुक्त होता है ताकि दाँते पतली दीवार में फँसकर न टूटें।

अभ्यास प्रश्न #77 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 77. एक पूर्ण चार्ज (Fully Charged) **लेड-एसिड बैटरी** के इलेक्ट्रोलाइट (H2SO4) का आपेक्षिक घनत्व तथा प्रति सेल खुला परिपथ वोल्टता (EMF) कितनी होती है?

- (A) 1.110 से 1.150 तथा 1.5 V
- (B) 1.150 से 1.180 तथा 1.8 V
- (C) 1.400 से 1.500 तथा 2.5 V
- (D) 1.250 से 1.280 तथा 2.1 V से 2.2 V
- **उत्तर: (D) 1.250 से 1.280 तथा 2.1 V से 2.2 V**
- **1D हल एवं व्याख्या:** पूर्ण चार्ज अवस्था में लेड-एसिड सेल का विशिष्ट गुरुत्व 1.250–1.280 और प्रति सेल वोल्टता ~2.15 V (6 सेल की बैटरी = 12.6 V से 13.2 V) होती है।

अभ्यास प्रश्न #78 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 78. एक **4-स्ट्रोक डीजल इंजन (CI Engine)** के संदर्भ में निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सत्य है?

- (A) क्रैंकशाफ्ट के प्रत्येक 1 चक्कर (360°) में एक पावर स्ट्रोक मिलता है और संपीड़न अनुपात 6:1 से 10:1 होता है।
- (B) सक्शन स्ट्रोक में पेट्रोल और हवा का मिश्रण आता है तथा स्पार्क प्लग से दहन होता है।
- (C) क्रैंकशाफ्ट के प्रत्येक 2 चक्कर (720°) में एक पावर स्ट्रोक मिलता है, सक्शन में केवल शुद्ध हवा आती है तथा संपीड़न अनुपात 16:1 से 22:1 होता है।
- (D) कैमशाफ्ट की गति क्रैंकशाफ्ट की गति की दोगुनी होती है।
- **उत्तर: (C) क्रैंकशाफ्ट के प्रत्येक 2 चक्कर (720°) में एक पावर स्ट्रोक मिलता है, सक्शन में केवल शुद्ध हवा आती है तथा संपीड़न अनुपात 16:1 से 22:1 होता है।**
- **1D हल एवं व्याख्या:** 4-स्ट्रोक इंजन में चार स्ट्रोक (Suction, Compression, Power, Exhaust) पूरे होने में क्रैंकशाफ्ट के 2 चक्कर (720°) लगते हैं तथा कैमशाफ्ट की गति क्रैंकशाफ्ट की आधी (N_cam = N_crank / 2) होती है।

अभ्यास प्रश्न #79 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 79. एक एकल-सिलेंडर इंजन का बोर व्यास D = 10 cm , स्ट्रोक लंबाई L = 14 cm तथा क्लीयरेंस आयतन V_c = 100 cm^3 है। इंजन का स्वेप्ट आयतन (V_s) तथा संपीड़न अनुपात (r) क्या होगा (pi = 22/7)?

- (A) V_s = 1100 cm^3 , r = 12 : 1
- (B) V_s = 1100 cm^3 , r = 11 : 1
- (C) V_s = 1400 cm^3 , r = 15 : 1
- (D) V_s = 700 cm^3 , r = 8 : 1
- **उत्तर: (A) V_s = 1100 cm^3 , r = 12 : 1**
- **1D हल एवं व्याख्या:** V_s = (pi / 4) D^2 L = ((22 / 7) / 4) 10^2 14 = (22 / 28) * 1400 = 1100 cm^3 । अब संपीड़न अनुपात r = (V_s + V_c) / V_c = (1100 + 100) / 100 = 1200 / 100 = 12 : 1 ।

अभ्यास प्रश्न #80 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 80. एक डीजल लोकोमोटिव इंजन परीक्षण में सूचित अश्वशक्ति (IHP) 2500 HP तथा ब्रेक अश्वशक्ति (BHP) 2125 HP पाई गई। इंजन की यांत्रिक दक्षता (eta_mech) एवं घर्षण अश्वशक्ति (FHP) ज्ञात कीजिए।

- (A) eta_mech = 80%, FHP = 375 HP
- (B) eta_mech = 85%, FHP = 375 HP
- (C) eta_mech = 85%, FHP = 425 HP
- (D) eta_mech = 90%, FHP = 250 HP

- **उत्तर: (B)** eta_mech = 85%, FHP = 375 HP
- **1D हल एवं व्याख्या:** FHP = IHP - BHP = 2500 - 2125 = 375 HP तथा eta_mech = (BHP / IHP) 100% = (2125 / 2500) 100% = 85%।

भाग 3: मास्टर सूत्र एवं मानक प्रतीक सारणियाँ (Master 1D Formula & Symbol Reference Tables)

अध्याय के प्रमुख अध्ययन स्तंभ — भाग 3: मास्टर सूत्र एवं मानक प्रतीक सारणियाँ (Master 1D Formula & Symbol Reference Tables)

प्रमुख अध्ययन बिंदु 1	प्रमुख अध्ययन बिंदु 2	प्रमुख अध्ययन बिंदु 3	प्रमुख अध्ययन बिंदु 4
सारणी 3.1: यांत्रिकी, कार्य, शक्ति, ऊर्जा, गुरुत्वाकर्षण, उत्प्लावन एवं सरल मशीनें (1D Master Formulas)	सारणी 3.2: ऊष्मा, कैलोरीमिति, ऊष्मागतिकी एवं आईसी इंजन (1D Master Formulas)	सारणी 3.3: बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, एसी मशीनें एवं इलेक्ट्रॉनिक्स (1D Master Formulas)	सारणी 3.4: इंजीनियरिंग ड्राइंग, सुरक्षा एवं आईटीआई ट्रेड मानक संदर्भ सारणी

सारणी 3.1: यांत्रिकी, कार्य, शक्ति, ऊर्जा, गुरुत्वाकर्षण, उत्प्लावन एवं सरल मशीनें (1D Master Formulas)

क्रम	भौतिक राशि / नियम	मानक महत्वपूर्ण सूत्र (Linear Formula)	SI मात्रक एवं विमीय सूत्र
1	बल एवं रेखीय संवेग	F = m *a* = (*m* (v - u)) / t = dp / dt ; p = m * v	Newton (N), [M^1 L^1 T^-2]
2	कार्य (Work)	W = F *s* cos(theta)	Joule (J), [M^1 L^2 T^-2]
3	गतिज ऊर्जा एवं संवेग संबंध	KE = (1/2) *m* v^2 = p^2 / (2 *m*) ; *p* = *sqrt*(2 m * KE)	Joule (J), [M^1 L^2 T^-2]
4	कार्य-ऊर्जा प्रमेय	W_net = (1/2) *m* (v^2 - u^2) = KE_f - KE_i	Joule (J)
5	गुरुत्वीय एवं स्प्रिंग स्थितिज ऊर्जा	PE = m *g* h ; U_spring = (1/2) *k* x^2 = F^2 / (2 * k)	Joule (J)
6	यांत्रिक शक्ति एवं पंप शक्ति	P = W / t = F *v* ; *P_pump* = (*m* g *h*) / (*t* eta)	Watt (W), [M^1 L^2 T^-3]
7	व्यावसायिक विद्युत ऊर्जा	Units (kWh) = (Watt *Hours* Days) / 1000 ; 1 kWh = 3.6 * 10^6 J	kWh (Board of Trade Unit)
8	ऊँचाई व गहराई पर गुरुत्वीय त्वरण	g_h = g / (1 + h / R)^2 ; g_d = g * (1 - d / R)	m / s^2, [M^0 L^1 T^-2]

क्रम	भौतिक राशि / नियम	मानक महत्वपूर्ण सूत्र (Linear Formula)	SI मात्रक एवं विमीय सूत्र
9	लिफ्ट में व्यक्ति का आभासी भार	ऊपर: R = m (g + a) ; नीचे: R = m (g - a) ; मुक्त पतन: R = 0	Newton (N)
10	घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व	rho = m / V ; RD = rho_substance / rho_water_4C	kg / m^3 ; RD मात्रकहीन
11	आर्किमिडीज सिद्धांत से RD	RD_solid = W_air / (W_air - W_water) ; RD_liq = (W_air - W_liq) / (W_air - W_water)	मात्रकहीन
12	सरल मशीन: MA, VR एवं दक्षता	MA = W / P ; VR = d_P / d_W ; eta = (MA / VR) * 100%	मात्रकहीन / प्रतिशत (%)
13	मशीन का नियम एवं अधिकतम मान	P = m W + C ; MA_max = 1 / m ; eta_max = (1 / (m VR)) * 100%	P, W, C न्यूटन (N) में
14	घिरनी तंत्रों का वेग अनुपात (VR)	प्रथम तंत्र: VR = 2^n ; द्वितीय (Block & Tackle): VR = n ; तृतीय: VR = 2^n - 1	मात्रकहीन
15	नत तल एवं साधारण पेंच जैक	नत तल: VR = L / h = 1 / sin(theta) ; पेंच जैक: VR = (2 pi L) / p	मात्रकहीन

सारणी 3.2: ऊष्मा, कैलोरीमिति, ऊष्मागतिकी एवं आईसी इंजन (10 Master Formulas)

क्रम	भौतिक राशि / नियम	मानक महत्वपूर्ण सूत्र (Linear Formula)	मानक नियतांक / मात्रक
1	तापमान पैमाना रूपांतरण	C / 5 = (F - 32) / 9 = (K - 273.15) / 5 = R / 4	K (SI मात्रक)
2	विशिष्ट ऊष्मा एवं संवेदी ऊष्मा	Q = m c Delta_T ; C_thermal = m * c	c_water = 4186 J/(kgK) = 1 cal/(g°C)
3	गुप्त ऊष्मा (अवस्था परिवर्तन)	Q = m * L	L_f = 80 cal/g (336 kJ/kg) , L_v = 540 cal/g (2260 kJ/kg)
4	कैलोरीमिति मिश्रण का अंतिम ताप	T_mix = (m1 c1 T1 + m2 c2 T2) / (m1 c1 + m2 c2)	°C या K
5	ठोसों का रेखीय, क्षेत्रीय व आयतन प्रसार	L_t = L_0 (1 + alpha Delta_T) ; alpha : beta : gamma = 1 : 2 : 3	/°C या /K ([Theta^-1])
6	ऊष्मीय चालकता (Fourier Law)	Q = (k A (T1 - T2) t) / d ; R_th = d / (k A)	k का मात्रक: W / (m * K)
7	ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम	Delta_Q = Delta_U + Delta_W = n C_v Delta_T + P * Delta_V	मेयर सूत्र: C_p - C_v = R
8	कार्नो ऊष्मा इंजन की दक्षता	eta = (1 - T2 / T1) 100% = ((Q1 - Q2) / Q1) 100%	T1, T2 अनिवार्यतः Kelvin (K) में
9	इंजन स्वेप्ट आयतन व संपीड़न अनुपात	V_s = (pi / 4) D^2 L ; r = (V_s + V_c) / V_c = 1 + (V_s / V_c)	SI इंजन 6–10 , CI इंजन 16–22
10	इंजन शक्ति एवं यांत्रिक दक्षता	BHP = IHP - FHP ; eta_mech = (BHP / IHP) 100% ; BP = (2 pi N T) / 60000 kW	kW या HP

सारणी 3.3: बेसिक इलेक्ट्रिसिटी, एसी मशीनें एवं इलेक्ट्रॉनिक्स (10 Master Formulas)

क्रम	वैद्युत राशि / मशीन नियम	मानक महत्वपूर्ण सूत्र (Linear Formula)	मात्रक एवं प्रमुख शर्तें
1	वैद्युत आवेश, धारा एवं ओम का नियम	Q = n e = I t ; V = W / Q = I * R	Coulomb (C) , Ampere (A) , Volt (V) , Ohm

क्रम	वैद्युत राशि / मशीन नियम	मानक महत्वपूर्ण सूत्र (Linear Formula)	मात्रक एवं प्रमुख शर्तें
2	चालक का प्रतिरोध एवं खींचने का प्रभाव	R = rho (L / A) ; लंबाई n गुनी खींचने पर: R_new = n^2 R_old	rho का मात्रक: Ohm * m
3	श्रेणी एवं समांतर प्रतिरोध संयोजन	श्रेणी: R_eq = R1 + R2 ; समांतर: R_eq = (R1 * R2) / (R1 + R2)	श्रेणी में I समान, समांतर में V समान
4	वैद्युत शक्ति एवं जूल का तापन नियम	P = V I = I^2 R = V^2 / R ; H = I^2 R t (जूल में)	कैलोरी में: H = (I^2 R t) / 4.186 cal
5	व्हीटस्टोन ब्रिज एवं सेल समीकरण	संतुलन: P / Q = R / S ; सेल धारा: I = E / (R + r) ; V = E - I * r	संधि नियम Sigma I = 0, लूप नियम Sigma V = 0
6	ट्रांसफॉर्मर EMF एवं रूपांतरण अनुपात	E = 4.44 f N * Phi_m ; V_s / V_p = N_s / N_p = I_p / I_s = K	रेटिंग kVA में; अधिकतम दक्षता पर W_cu = W_i
7	थ्री-फेज स्टार एवं डेल्टा संबंध	स्टार (Y): V_L = sqrt(3) V_ph, I_L = I_ph ; डेल्टा (Delta): V_L = V_ph, I_L = sqrt(3) I_ph	P_3ph = sqrt(3) V_L I_L * cos(phi)
8	3-Phase Induction Motor गति व स्लिप	N_s = (120 f) / P ; s = (N_s - N_r) / N_s ; N_r = N_s (1 - s) ; f_r = s * f	N_s, N_r RPM में; f, f_r Hz में
9	ट्रांजिस्टर धारा एवं लाभ संबंध	I_E = I_B + I_C ; alpha = I_C / I_E ; beta = I_C / I_B = alpha / (1 - alpha)	alpha = beta / (1 + beta)
10	बूलियन बीजगणित एवं डी-मॉर्गन नियम	(A + B)' = A' . B' ; (A . B)' = A' + B' ; A (+) B = A'.B + A.B'	NAND व NOR यूनिवर्सल गेट हैं

सारणी 3.4: इंजीनियरिंग ड्राइंग, सुरक्षा एवं आईटीआई ट्रेड मानक संदर्भ सारणी

श्रेणी / उपकरण	मानक मान / विनिर्देश (Standard Specification)	मुख्य परीक्षा बिंदु (Key Exam Takeaway)
ड्राइंग शीट A0 से A5 (IS 10711)	A0 = 8411189, A1 = 594 841, A2 = 420594, A3 = 297 420, A4 = 210297, A5 = 148 210 mm	भुजा अनुपात 1 : sqrt(2) ; A0 क्षेत्रफल 1 m^2 ; फोल्डिंग आकार A4
टाइटल ब्लॉक एवं तीर अनुपात	टाइटल ब्लॉक: 185 mm * 65 mm (दाएँ निचले कोने पर); Arrowhead: 3 : 1	हैचिंग रेखा (Type B) कोण: 45°
आइसोमेट्रिक प्रक्षेप कोण व लंबाई	अक्षों के बीच कोण: 120° (क्षैतिज से 30°); L_iso = 0.8165 * L_true	निरूपक भिन्न RF = ड्राइंग माप / वास्तविक माप
अग्नि वर्ग एवं अग्निशामक	Class A (ठोस: जल), Class B (द्रव: फोम/CO2), Class C (गैस: DCP), Class D (धातु/विद्युत: स्पेशल पाउडर/CO2/Halon)	सिलेंडर बैंड: जल (लाल), फोम (क्रीम), DCP (नीला), CO2 (काला)
सुरक्षा चिह्न (IS 9457)	निषेधात्मक (वृत्त, सफेद पर लाल क्रॉस), अनिवार्य (वृत्त, नीले पर सफेद), चेतावनी (त्रिभुज, पीले पर काला), सूचनात्मक (वर्ग, हरे पर सफेद)	5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
सूक्ष्म मापन यंत्र अल्पतमांक (LC)	स्टील रूल: 0.5 mm ; वर्नियर कैलीपर: 0.02 mm ; माइक्रोमीटर: 0.01 mm ; वर्नियर बेवल प्रोट्रैक्टर: 5' (5 मिनट)	ड्रिल बिंदु कोण: 118° ; टैप ड्रिल साइज: TDS = D - p

29.1 उच्च-स्तरीय अभियांत्रिकी एवं बेसिक साइंस तथ्य संकलन

रेलवे भर्ती बोर्ड (indianrailways.gov.in) की असिस्टेंट लोको पायलट (ALP) एवं तकनीशियन परीक्षा के पाठ्यक्रम और एनसीईआरटी भौतिकी (ncert.nic.in) के अनुसार 'बेसिक साइंस एंड इंजीनियरिंग' में इंजीनियरिंग ड्राइंग (प्रक्षेप, दृश्य, ड्राइंग उपकरण, रेखाएं, ज्यामितीय आकृतियां, प्रतीकात्मक निरूपण), इकाइयां और मापन, द्रव्यमान-भार और घनत्व, कार्य-शक्ति और ऊर्जा, चाल और वेग, ऊष्मा और तापमान, मूलभूत विद्युत (Basic Electricity), उत्तोलक और सरल मशीनें (Levers and Simple Machines), व्यावसायिक सुरक्षा और स्वास्थ्य (Occupational Safety & Health) तथा पर्यावरण और आईटी साक्षरता शामिल हैं (www.iucacademy.com)।

- **भारतीय मानक ब्यूरो (BIS - SP 46:2003) के अनुसार ड्राइंग शीटों का ज्यामितीय नियम:** इंजीनियरिंग ड्राइंग शीटों की चौड़ाई और लंबाई का अनुपात सदैव $1 : \sqrt{2}$ (अर्थात $1 : 1.414$) होता है, और A_0 आकार की सबसे बड़ी मानक शीट का क्षेत्रफल ठीक 1 वर्ग मीटर (841 मिमी × 1189 मिमी) होता है।
- **उत्तोलक (Levers) का यांत्रिक लाभ एवं तीनों श्रेणियों की पहचान (FLE नियम):**

$$यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage - MA) = (भार (Load - W) / आयास (Effort - P)) = (आयास भुजा (Effort Arm) / भार भुजा (Load Arm))$$

- **प्रथम श्रेणी का उत्तोलक:** आलंब (Fulcrum - F) बीच में होता है (जैसे कैंची, प्लायर, तराजू, हैंडपंप, सी-सॉ); इसका यांत्रिक लाभ 1 से अधिक, 1 के बराबर या 1 से कम तीनों हो सकता है।
- **द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक:** भार (Load - L) बीच में होता है (जैसे सरौता, नींबू निचोड़ने की मशीन, एक पहिए की कूड़ा गाड़ी/Wheelbarrow); चूंकि आयास भुजा सदैव भार भुजा से बड़ी होती है, इसलिए इसका यांत्रिक लाभ सदैव **1 से अधिक (MA > 1)** होता है।
- **तृतीय श्रेणी का उत्तोलक:** आयास (Effort - E) बीच में होता है (जैसे चिमटा, मनुष्य का हाथ, किसान का हल, मछली पकड़ने की छड़); चूंकि भार भुजा सदैव आयास भुजा से बड़ी होती है, इसलिए इसका यांत्रिक लाभ सदैव **1 से कम (MA < 1)** होता है (यह गति में वृद्धि करने वाली मशीन है)।

29.2 विस्तृत तुलनात्मक सारणियाँ (खंड 29)

तुलनात्मक सारणी 29.1: इंजीनियरिंग ड्राइंग शीटों (IS 10711 / SP 46), रेखाओं के प्रकारों (Lines), पेंसिल ग्रेडों एवं प्रक्षेप विधियों (Projection Methods) का विश्लेषण

इंजीनियरिंग ड्राइंग घटक	मानक विनिर्देश / वर्गीकरण (BIS मानक)	सटीक आयाम / तकनीकी गुणधर्म (indianrailways.gov.in)	मुख्य अभियांत्रिकी उपयोग	परीक्षा हेतु अत्यंत महत्वपूर्ण तकनीकी बिंदु
मानक ड्राइंग शीट के आकार (Trimmed Sizes - मिमी में)	A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 (प्रत्येक अगली शीट पिछली के लंबे हिस्से को आधा मोड़ने से बनती है)	**A_0:** 841 × 1189 मिमी (क्षेत्रफल = 1 मी^2) **A_1:** 594 × 841 मिमी **A_2:** 420 × 594 मिमी **A_3:** 297 × 420 मिमी **A_4:** 210 × 297 मिमी **A_5:** 148 × 210 मिमी	A_0, A_1: बड़े मशीन व स्थापत्य नक्शे; A_2: कक्षा एवं प्रशिक्षण अभ्यास हेतु सर्वाधिक प्रयुक्त; A_4: कार्यालयी दस्तावेज व पत्रक	**टाइटल ब्लॉक (Title Block)** सदैव ड्राइंग शीट के **दाहिने निचले कोने (Bottom Right Corner)** पर बनाया जाता है और इसका मानक आकार **185 मिमी × 65 मिमी** होता है
इंजीनियरिंग रेखाओं के प्रकार (IS 10714)	टाइप A से टाइप K तक की मानक रेखाएं	**टाइप A (मोटी सतत रेखा):** दृश्य बाहरी किनारे (Visible Outlines); **टाइप B (पतली सतत रेखा):** विमा रेखाएं (Dimension lines), प्रसार रेखाएं, लीडर व हैचिंग रेखाएं (45^° पर); **टाइप E/F (डैश रेखा):** अदृश्य/छिपे हुए किनारे (Hidden lines); **टाइप G (पतली चेन रेखा):** केंद्र रेखा (Centre Line) व सममिति अक्ष	वस्तु की बाहरी रूपरेखा, आंतरिक छिद्र, केंद्र अक्ष और कटिंग प्लेन को स्पष्ट रूप से दर्शाने के लिए	मोटी और पतली रेखाओं की मोटाई का मानक अनुपात कम से कम **2 : 1** रखा जाता है; कटिंग प्लेन रेखा (टाइप H) के सिरों को मोटा रखा जाता है

इंजीनियरिंग ड्राइंग घटक	मानक विनिर्देश / वर्गीकरण (BIS मानक)	सटीक आयाम / तकनीकी गुणधर्म (indianrailways.gov.in)	मुख्य अभियांत्रिकी उपयोग	परीक्षा हेतु अत्यंत महत्वपूर्ण तकनीकी बिंदु
ड्राइंग पेंसिल के 18 ग्रेड (9H से 7B तक)	कठोर (Hard): 9H से 4H; मध्यम (Medium): 3H, 2H, H, F, HB, B; मुलायम (Soft): 2B से 7B	पेंसिल की लीड **ग्रेफाइट और केओलिन (चिकनी मिट्टी / Clay)** के मिश्रण से बनती है; केओलिन (मिट्टी) की मात्रा जितनी अधिक होगी, पेंसिल उतनी ही **कठोर (Hard)** होगी	निर्माण रेखाओं (Construction lines) व आयामों हेतु **2H या 3H**; मुख्य बाहरी रेखाओं (Outlines) हेतु **H या HB**; मुक्तहस्त स्केचिंग व अक्षरांकन हेतु **HB**	सबसे कठोर पेंसिल **9H** (सबसे हल्की रेखा) और सबसे मुलायम पेंसिल **7B** (सबसे गहरी काली रेखा) होती है
प्रथम कोण प्रक्षेप (1st Angle) बनाम तृतीय कोण प्रक्षेप (3rd Angle Projection)	लंबकोणीय प्रक्षेप (Orthographic Projection — जिसमें प्रक्षेप रेखाएं परस्पर समानांतर और प्रक्षेप तल के लंबवत 90^° पर होती हैं)	**प्रथम कोण प्रक्षेप:** वस्तु प्रेक्षक और प्रक्षेप तल के बीच स्थित होती है (अर्थात: प्रेक्षक → वस्तु → तल); **तृतीय कोण प्रक्षेप:** प्रक्षेप तल (पारदर्शी माना जाता है) प्रेक्षक और वस्तु के बीच स्थित होता है (प्रेक्षक → तल → वस्तु)	**भारतीय मानक ब्यूरो (BIS) और ISO** द्वारा मुख्यतः **प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection)** की अनुशंसा की जाती है (अमेरिका में तृतीय कोण प्रक्षेप प्रचलित है)	प्रथम कोण प्रक्षेप में **ऊपरी दृश्य (Top View / Plan)** सदैव सम्मुख दृश्य (Front View / Elevation) के **नीचे** बनता है और बायां पार्श्व दृश्य दाईं ओर बनता है; जबकि तृतीय कोण में Top View ऊपर और बायां दृश्य बाईं ओर ही बनता है

तुलनात्मक सारणी 29.2: यांत्रिकी, ऊष्मागतिकी एवं मूलभूत विद्युत (Basic Electricity) के प्रमुख भौतिक राशियों, सूत्रों एवं मात्रकों का विश्लेषण

भौतिक क्षेत्र / विषय	प्रमुख भौतिक राशियाँ एवं मानक प्रतीक	मूलभूत गणितीय सूत्र एवं संबंध (ncert.nic.in)	SI मात्रक एवं CGS/व्यावहारिक मात्रक	विमीय सूत्र एवं रेलवे अभियांत्रिकी में अनुप्रयोग
द्रव्यमान, भार, घनत्व एवं आपेक्षिक घनत्व	द्रव्यमान (m), भार (W = mg), घनत्व (ρ = m/V), आपेक्षिक घनत्व या विशिष्ट गुरुत्व (RD)	आपेक्षिक घनत्व (RD) = (पदार्थ का घनत्व / 4^°C पर जल का घनत्व); उत्प्लावन बल (आर्किमिडीज सिद्धांत): F_b = ρ_{द्रव} · V_{डूबा} · g	द्रव्यमान: kg; भार: न्यूटन (N); घनत्व: kg/m^3 (जल का अधिकतम घनत्व 4^°C पर 1000 kg/m^3 या 1 g/cm^3); **आपेक्षिक घनत्व: मात्रकहीन एवं विमाहीन**	लीड-एसिड बैटरी के इलेक्ट्रोलाइट (H_2SO_4) की चार्जिंग स्थिति जांचने के लिए **हाइड्रोमीटर** द्वारा उसका आपेक्षिक घनत्व (पूर्ण चार्ज पर लगभग 1.25 से 1.28) मापा जाता है
कार्य, शक्ति एवं यांत्रिक ऊर्जा	कार्य (W), गतिज ऊर्जा (KE), स्थितिज ऊर्जा (PE), शक्ति (P)	W = F·s = Fs\cosθ; KE = (1 / 2)mv^2 = (p^2 / 2m); PE = mgh; P = (W / t) = F·v	कार्य व ऊर्जा: जूल (J), CGS मात्रक: अर्ग (1 J = 10^7 erg); शक्ति: वाट (W = J/s); व्यावहारिक ऊर्जा मात्रक: 1 kWh = 3.6 × 10^6 J	**अश्वशक्ति (Horse Power):** ब्रिटिश पद्धति में 1 HP = 746 W तथा मीट्रिक पद्धति में **1 Metric HP = 735.5 W** (रेलवे लोकोमोटिव इंजनों की क्षमता HP में मापी जाती है)
ऊष्मा, तापमान एवं विशिष्ट ऊष्मा धारिता	सेल्सियस (C), फारेनहाइट (F), केल्विन (K), रीयूमर (R); विशिष्ट ऊष्मा (s), गुप्त ऊष्मा (L)	(C / 5) = (F-32 / 9) = (K-273.15 / 5) = (R / 4); संवेदी ऊष्मा: Q = msΔ T; अवस्था परिवर्तन गुप्त ऊष्मा: Q = mL	तापमान का SI मात्रक: केल्विन (K); विशिष्ट ऊष्मा धारिता का SI मात्रक: **J kg^{-1} K^{-1}**; गुप्त ऊष्मा का SI मात्रक: **J kg^{-1}**	**-40^°** पर सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने का पाठ्यांक समान होता है; जल की विशिष्ट ऊष्मा सर्वाधिक (4186 J kg^{-1} K^{-1} या 1 cal g^{-1} ^°C^{-1}) होने के कारण इसे इंजन कूलेंट के रूप में प्रयुक्त किया जाता है
मूलभूत विद्युत, प्रतिरोध एवं विद्युत शक्ति	विद्युत धारा (I = q/t), विभवांतर (V = W/q), प्रतिरोध (R = ρ(L / A)), विद्युत शक्ति (P), जूल तापन (H)	ओम का नियम: V = IR; श्रेणीक्रम: R_s = R_1+R_2; समानांतर क्रम: (1 / R_p) = (1 / R_1)+(1 / R_2); शक्ति: P = VI = I^2R = (V^2 / R); तापन: H = I^2Rt	धारा: एम्पीयर (A); प्रतिरोध: ओम (Ω); प्रतिरोधकता (विशिष्ट प्रतिरोध ρ): **ओम-मीटर (Ω·m)**; चालकता (G): सीमेंस या म्हो (Ω^{-1})	किसी तार को खींचकर उसकी लंबाई n गुना करने पर (आयतन स्थिर रहने से) उसका नया प्रतिरोध **n^2R** गुना हो जाता है, किंतु विशिष्ट प्रतिरोध (ρ) केवल पदार्थ की प्रकृति और तापमान पर निर्भर करता है

तुलनात्मक सारणी 29.3: व्यावसायिक सुरक्षा एवं स्वास्थ्य (Occupational Safety): अग्नि का वर्गीकरण, अग्निशामक यंत्र एवं सुरक्षा संकेतों का मानक विश्लेषण

अग्नि वर्ग / सुरक्षा संकेत श्रेणी	संबंधित ज्वलनशील पदार्थ / संकेत का उद्देश्य	मानक प्रतीक / ज्यामितीय आकृति एवं रंग कोड (indianrailways.gov.in)	उपयुक्त अग्निशामक यंत्र (Fire Extinguisher) / सुरक्षा कार्रवाई	निषिद्ध कार्रवाई एवं कार्यशाला सुरक्षा सावधानियां
वर्ग A की आग (Class A Fire)	ठोस कार्बनिक ज्वलनशील पदार्थ: **लकड़ी, कागज, कपड़ा, जूट, कोयला, कचरा**	हरा त्रिभुज (आधुनिक मानकों में); इसमें सुलगने और राख बनने की प्रवृत्ति होती है	**जल-युक्त अग्निशामक (Water-filled / Soda-Acid Extinguisher)** — जो शीतलन (Cooling) द्वारा तापमान को ज्वलन बिंदु से नीचे लाता है	विद्युत उपकरणों के पास जल की बौछार का प्रयोग न करें
वर्ग B की आग (Class B Fire)	ज्वलनशील द्रव एवं पिघलने वाले ठोस: **पेट्रोल, डीजल, मिट्टी का तेल (केरोसिन), पेंट, ग्रीस, तेल**	लाल वर्ग; ये द्रव जल से हल्के होते हैं और जल के ऊपर तैरते हुए जलते रहते हैं	**झाग (Foam) अग्निशामक**, शुष्क पाउडर (Dry Powder) या कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) अग्निशामक — जो ऑक्सीजन की आपूर्ति को ढंककर (Smothering) काट देते हैं	वर्ग B (तेल/पेट्रोल) की आग पर **कभी भी पानी नहीं डालना चाहिए,** क्योंकि तेल पानी पर तैरकर आग को और अधिक फैला देता है
वर्ग C एवं विद्युत आग (Class C & Electrical Fire)	ज्वलनशील गैसें (**LPG, CNG, हाइड्रोजन, एसिटिलीन, प्रोपेन, ब्यूटेन**) तथा चालू विद्युत परिपथ/उपकरण	नीला वृत्त; गैस रिसाव और विद्युत शॉर्ट-सर्किट से उत्पन्न उच्च जोखिम वाली आग	**शुष्क रासायनिक पाउडर (Dry Chemical Powder - DCP), CO_2 अग्निशामक** या हेलॉन/CTC (कार्बन टेट्राक्लोराइड / ब्रोमोक्लोरोडिफ्लोरोमीथेन - BCF)	सर्वप्रथम मुख्य विद्युत स्विच या गैस वाल्व बंद करें; चालू विद्युत आग पर **जल या फोम (झाग) अग्निशामक का प्रयोग कदापि न करें** क्योंकि इससे घातक विद्युत आघात (Shock) लगेगा
वर्ग D की आग (Class D Fire)	ज्वलनशील एवं अभिक्रियाशील धातुएं: **सोडियम, पोटैशियम, मैग्नीशियम, टाइटेनियम, एल्युमीनियम चूर्ण, जिरकोनियम**	पीला तारा; अत्यधिक उच्च तापमान पर जलने वाली धात्विक आग	**विशेष शुष्क चूर्ण (Special Dry Powder - जैसे ग्रेफाइट चूर्ण, सूखी रेत, सोडियम क्लोराइड या टाल्क आधारित M28/L2 पाउडर)**	धात्विक आग पर जल या सामान्य CO_2 का प्रयोग न करें क्योंकि उच्च ताप पर ये धातुओं से विस्फोटक रासायनिक अभिक्रिया करते हैं
चार मानक सुरक्षा संकेत (Safety Signs - IS 9457)	1. निषेधात्मक (Prohibitory) 2. अनिवार्य (Mandatory) 3. चेतावनी (Warning) 4. सूचनात्मक (Information)	1. **निषेधात्मक:** वृत्ताकार, सफेद पृष्ठभूमि पर काला चित्र और **लाल बॉर्डर व लाल क्रॉस-बार** (जैसे धूम्रपान निषेध) 2. **अनिवार्य:** वृत्ताकार, **नीली पृष्ठभूमि पर सफेद चित्र** (जैसे हेलमेट/चश्मा पहनें) 3. **चेतावनी: त्रिभुजाकार, पीली पृष्ठभूमि पर काला बॉर्डर व काला चित्र** (जैसे 440V उच्च वोल्टेज या लेजर खतरा) 4. **सूचनात्मक: वर्गाकार या आयताकार, हरी पृष्ठभूमि पर सफेद चित्र** (जैसे प्राथमिक उपचार केंद्र या आपातकालीन निकास)	रेलवे लोको शेड, कारखानों और आईटीआई कार्यशालाओं में दुर्घटना निवारण हेतु दृश्य संकेत प्रणाली (www.iucacademy.com)	**5S कार्यस्थल प्रबंधन प्रणाली (जापानी पद्धति):** 1. Seiri (छंटाई - Sort), 2. Seiton (सुव्यवस्था - Set in order), 3. Seiso (सफाई - Shine), 4. Seiketsu (मानकीकरण - Standardize), 5. Shitsuke (अनुशासन - Sustain)

29.3 उच्च-स्तरीय व्याख्या सहित बहुविकल्पीय प्रश्न (खंड 29: प्रश्न 1 से 20)

अभ्यास प्रश्न #1 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 1. भारतीय मानक ब्यूरो (BIS - SP 46:2003) के अनुसार इंजीनियरिंग ड्राइंग में प्रयुक्त A_2 आकार की ट्रिम्ड ड्राइंग शीट की मानक माप (मिमी में) क्या होती है, और A_0 आकार की एक शीट से कुल कितनी A_4 आकार की शीटें प्राप्त की जा सकती हैं?

(A) A_2 की माप: 420 मिमी × 594 मिमी; A_0 की एक शीट से कुल **16** A_4 आकार की शीटें प्राप्त होती हैं

(B) A_2 की माप: 297 मिमी × 420 मिमी; कुल 8 शीटें प्राप्त होती हैं

(C) A_2 की माप: 594 मिमी × 841 मिमी; कुल 4 शीटें प्राप्त होती हैं

(D) A_2 की माप: 210 मिमी × 297 मिमी; कुल 32 शीटें प्राप्त होती हैं

सही उत्तर: (A) A_2 की माप: 420 मिमी × 594 मिमी; A_0 की एक शीट से कुल **16** A_4 आकार की शीटें प्राप्त होती हैं

विस्तृत व्याख्या:

- भारतीय मानक ब्यूरो (**indianrailways.gov.in**, **www.iucacademy.com**) के अनुसार मानक ड्राइंग शीटों में A_0 (841 × 1189 मिमी) की लंबाई को आधा करने पर क्रमिक रूप से A_1 (594 × 841 मिमी), A_2 (420 × 594 मिमी), A_3 (297 × 420 मिमी) और A_4 (210 × 297 मिमी) प्राप्त होती हैं।
- चूंकि प्रत्येक चरण में क्षेत्रफल आधा होता है, इसलिए A_0 से A_n आकार की शीटों की संख्या = 2^n होती है।
- अतः A_0 से बनने वाली A_4 शीटों की संख्या = 2^4 = 16 होती है।

अभ्यास प्रश्न #2 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 2. इंजीनियरिंग ड्राइंग में किसी वास्तविक पुल की लंबाई 100 मीटर है और उसे ड्राइंग शीट पर 20 सेंटीमीटर लंबी रेखा द्वारा प्रदर्शित किया गया है। इस ड्राइंग का 'निरूपक भिन्न' (Representative Fraction - RF) क्या होगा, और यह किस प्रकार के पैमाने (Scale) का उदाहरण है?

(A) RF = (1 / 500); यह 'लघुकरण पैमाना' (Reducing Scale) है क्योंकि RF < 1 है

(B) RF = (1 / 5); यह 'पूर्ण आकार पैमाना' (Full Size Scale) है

(C) RF = (500 / 1); यह 'आवर्धन पैमाना' (Enlarging Scale) है

(D) RF = (1 / 5000); यह 'वर्नियर पैमाना' है

सही उत्तर: (A) RF = (1 / 500); यह 'लघुकरण पैमाना' (Reducing Scale) है क्योंकि RF < 1 है

विस्तृत व्याख्या: इंजीनियरिंग ड्राइंग (**www.iucacademy.com**) में निरूपक भिन्न (Representative Fraction - RF) का सूत्र है:

$$निरूपक भिन्न (RF) = (ड्राइंग पर वस्तु की माप (समान इकाई में) / वस्तु की वास्तविक माप (समान इकाई में))$$

यहाँ ड्राइंग पर लंबाई = 20 सेमी तथा वास्तविक लंबाई = 100 मीटर = 100 × 100 सेमी = 10,000 सेमी।

$$\therefore RF = (20 सेमी / 10,000 सेमी) = (1 / 500) (अर्थात 1 : 500)$$

चूंकि RF < 1 है, अतः यह **लघुकरण पैमाना (Reducing Scale)** है। (जब RF = 1 हो तो Full Size Scale और जब RF > 1 हो—जैसे घड़ी के छोटे पुर्जों की ड्राइंग में 10:1—तो उसे आवर्धन पैमाना या Enlarging Scale कहते हैं)।

अभ्यास प्रश्न #3 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 3. इंजीनियरिंग ड्राइंग में प्रयुक्त 'T-स्क्वायर' (T-Square) और 'सेट-स्क्वायर' (Set-Squares: 45^° तथा 30^°-60^°) के संयुक्त प्रयोग से 15^° के गुणज (Multiples of 15^° — जैसे 15^°, 30^°, 45^°, 60^°, 75^°, 90^°, 105^° आदि) के कोण खींचे जा सकते हैं। अकेले T-स्क्वायर का प्राथमिक उपयोग किस प्रकार की रेखाएं खींचने के लिए किया जाता है?

(A) केवल क्षैतिज समानांतर रेखाएं (Horizontal Parallel Lines) खींचने और सेट-स्क्वायर को आधार प्रदान करने के लिए

(B) केवल ऊर्ध्वाधर रेखाएं (Vertical Lines) खींचने के लिए

(C) केवल वृत्त और चाप खींचने के लिए

(D) केवल अनियमित वक्र (Irregular Curves) खींचने के लिए

सही उत्तर: (A) केवल क्षैतिज समानांतर रेखाएं (Horizontal Parallel Lines) खींचने और सेट-स्क्वायर को आधार प्रदान करने के लिए

विस्तृत व्याख्या:

- इंजीनियरिंग ड्राइंग उपकरणों (**indianrailways.gov.in**) में T-स्क्वायर के दो भाग होते हैं—'हेड (Stock)' और 'ब्लेड (Blade)', जो एक-दूसरे के साथ 90^° पर जुड़े होते हैं।

• इसके स्टॉक को ड्राइंग बोर्ड के बाएं कामकाजी किनारे (Working Edge / Ebony Edge) से सटाकर ऊपर-नीचे खिसकाया जाता है और ब्लेड के ऊपरी किनारे से केवल **क्षैतिज समानांतर रेखाएं (Horizontal Lines)** खींची जाती हैं।

• ऊर्ध्वाधर और आनत (Inclined) रेखाएं खींचने के लिए T-स्क्वायर के ब्लेड पर **सेट-स्क्वायर** रखकर प्रयोग किया जाता है, जबकि अनियमित वक्रों को खींचने के लिए **'फ्रेंच कर्व' (French Curves)** का उपयोग होता है।

अभ्यास प्रश्न #4 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 4. सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection) के संबंध में निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

1. सममितीय प्रक्षेप में तीनों प्रमुख अक्ष (Isometric Axes) एक-दूसरे के साथ 120^° का कोण बनाते हैं और दोनों क्षैतिज-आधार अक्ष क्षैतिज रेखा से 30^° के कोण पर झुके होते हैं।

2. सममितीय प्रक्षेप (Isometric Projection) बनाते समय वस्तु की वास्तविक लंबाई की तुलना में सममितीय लंबाई (Isometric Length) कुछ कम हो जाती है, और सममितीय लंबाई तथा वास्तविक लंबाई का अनुपात √(\frac{2}{3}} ≈ 0.816 (अर्थात लगभग 81.6\% या (9 / 11)) होता है।

उपर्युक्त में से कौन-सा/से कथन सही है/हैं?

(A) केवल 1

(B) केवल 2

(C) 1 और 2 दोनों

(D) न तो 1 और न ही 2

सही उत्तर: (C) 1 और 2 दोनों

विस्तृत व्याख्या:

• इंजीनियरिंग ड्राइंग (www.iucacademy.com) में जब किसी घन (Cube) को इस प्रकार घुमाया जाता है कि उसके तीनों फलक प्रक्षेप तल से समान कोण पर झुके हों, तो प्राप्त त्रि-आयामी एकल-दृश्य प्रक्षेप को 'सममितीय प्रक्षेप' (Isometric Projection) कहते हैं।

• इसमें तीनों अक्ष परस्पर 120^° पर होते हैं और आधार से 30^° का कोण बनाते हैं।

• चूंकि किनारे प्रक्षेप तल के प्रति झुके होते हैं, इसलिए उनकी प्रक्षेपित लंबाई वास्तविक लंबाई की (cos 45^° / cos 30^°) = (1/√(2) / √(3)/2) = √(\frac{2}{3}} ≈ 0.8165 गुनी हो जाती है।

• (ध्यान रहे: जब 0.816 के सममितीय पैमाने का उपयोग किया जाए तो उसे **'Isometric Projection'** कहते हैं, और जब बिना छोटा किए वास्तविक माप ही 30^° अक्षों पर ले ली जाए तो उसे **'Isometric View / Drawing'** कहते हैं)।

अभ्यास प्रश्न #5 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 5. भौतिकी और अभियांत्रिकी मापन में प्रयुक्त निम्नलिखित व्युत्पन्न राशियों और उनके विमीय सूत्रों (Dimensional Formulae) का कौन-सा मिलान पूर्णतः सही है?

(A) बल (Force): [M^1L^1T^{-2}]; कार्य/ऊर्जा/बल-आघूर्ण (Torque): [M^1L^2T^{-2}]; शक्ति (Power): [M^1L^2T^{-3}]; दाब/प्रतिबल/यंग प्रत्यास्थता गुणांक: [M^1L^{-1}T^{-2}]; पृष्ठ तनाव (Surface Tension): [M^1L^0T^{-2}]

(B) बल: [M^1L^2T^{-2}]; शक्ति: [M^1L^1T^{-1}]; दाब: [M^1L^1T^{-2}]

(C) कार्य और संवेग का विमीय सूत्र समान होता है

(D) विकृति (Strain) और अपवर्तनांक का विमीय सूत्र [M^1L^1T^1] होता है

सही उत्तर: (A) बल (Force): [M^1L^1T^{-2}]; कार्य/ऊर्जा/बल-आघूर्ण (Torque): [M^1L^2T^{-2}]; शक्ति (Power): [M^1L^2T^{-3}]; दाब/प्रतिबल/यंग प्रत्यास्थता गुणांक: [M^1L^{-1}T^{-2}]; पृष्ठ तनाव (Surface Tension): [M^1L^0T^{-2}]

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी भौतिकी कक्षा 11 ('मात्रक और मापन' - ncert.nic.in) के अनुसार:

• बल (F = ma): [M^1L^1T^{-2}]

- कार्य, सभी प्रकार की ऊर्जा, ऊष्मा और बल-आघूर्ण ($\tau = r \times F$): [M^1L^2T^{-2}]
- शक्ति ($P = W/t$): [M^1L^2T^{-3}]
- दाब ($P = F/A$), प्रतिबल (Stress) और सभी प्रत्यास्थता गुणांक (Young's, Bulk & Modulus of Rigidity): [M^1L^{-1}T^{-2}]
- पृष्ठ तनाव ($T = F/L$) और कमानी नियतांक ($k = F/x$): [M^1L^0T^{-2}]
- रेखीय संवेग ($p = mv$) और आवेग ($J = F \cdot \Delta t$): [M^1L^1T^{-1}]
- विकृति (Strain), आपेक्षिक घनत्व, अपवर्तनांक, घर्षण गुणांक (μ) और यांत्रिक लाभ: **विमाहीन राशियाँ** ([M^0L^0T^0]) हैं।

अभ्यास प्रश्न #6 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 6. एक रेलगाड़ी (लोकोमोटिव) विरामावस्था से चलना प्रारंभ करती है और 2 m/s^2 के एकसमान त्वरण (Uniform Acceleration) से 10 सेकंड तक गति करती है। इस अवधि में रेलगाड़ी द्वारा प्राप्त किया गया अंतिम वेग (v) और तय की गई कुल दूरी (s) क्रमशः क्या होगी?

(A) अंतिम वेग $v = 20$ m/s (अर्थात 72 km/h); तय की गई कुल दूरी $s = 100$ मीटर

(B) अंतिम वेग $v = 10$ m/s; तय की गई दूरी $s = 50$ मीटर

(C) अंतिम वेग $v = 40$ m/s; तय की गई दूरी $s = 200$ मीटर

(D) अंतिम वेग $v = 20$ m/s; तय की गई दूरी $s = 400$ मीटर

सही उत्तर: (A) अंतिम वेग $v = 20$ m/s (अर्थात 72 km/h); तय की गई कुल दूरी $s = 100$ मीटर

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी भौतिकी (ncert.nic.in) के एकसमान त्वरित एक-विमीय गति के समीकरणों के अनुसार:

दिया गया है: प्रारंभिक वेग $u = 0$ m/s, त्वरण $a = 2$ m/s^2, समय $t = 10$ s।

1. गति के प्रथम समीकरण से अंतिम वेग:

$v = u + at = 0 + (2 \times 10) = 20$ m/s$

(किमी/घंटा में बदलने हेतु (18 / 5) से गुणा करने पर: $20 \times (18 / 5) = 72$ km/h)।

2. गति के द्वितीय समीकरण से तय की गई दूरी:

$s = ut + (1 / 2)at^2 = (0 \times 10) + (1 / 2) \times 2 \times (10)^2 = 100$ मीटर$

अभ्यास प्रश्न #7 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 7. किसी वस्तु का पृथ्वी की सतह पर द्रव्यमान 60 kg है। यदि पृथ्वी पर गुरुत्वीय त्वरण का मान $g = 9.8$ m/s^2 हो और चंद्रमा की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी का (1 / 6) गुना हो, तो चंद्रमा की सतह पर उस वस्तु का 'द्रव्यमान' (Mass) और 'भार' (Weight) क्रमशः कितना होगा?

(A) चंद्रमा पर द्रव्यमान = 60 kg (अपरिवर्तित रहेगा); चंद्रमा पर भार = 98 N (पृथ्वी पर भार 588 N का एक-छठा भाग)

(B) चंद्रमा पर द्रव्यमान = 10 kg; चंद्रमा पर भार = 10 N

(C) चंद्रमा पर द्रव्यमान = 60 kg; चंद्रमा पर भार = 588 N

(D) चंद्रमा पर द्रव्यमान और भार दोनों शून्य हो जाएंगे

सही उत्तर: (A) चंद्रमा पर द्रव्यमान = 60 kg (अपरिवर्तित रहेगा); चंद्रमा पर भार = 98 N (पृथ्वी पर भार 588 N का एक-छठा भाग)

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी विज्ञान (ncert.nic.in) के अनुसार **द्रव्यमान (Mass)** किसी वस्तु में निहित पदार्थ की वास्तविक मात्रा और जड़त्व की माप है; यह एक अदिश राशि है और ब्रह्मांड में प्रत्येक स्थान पर **अपरिवर्तित** रहती है, अतः चंद्रमा पर भी वस्तु का द्रव्यमान **60 kg** ही रहेगा। इसके विपरीत, **भार (Weight, W = mg)** वह बल है जिससे ग्रह वस्तु को अपने केंद्र की ओर आकर्षित करता है (सदिश राशि)।

- पृथ्वी पर भार $W_e = m \times g = 60 \times 9.8 = 588$ N।
- चंद्रमा पर भार $W_m = (W_e / 6) = (588 / 6) = 98$ N।

(नोट: पृथ्वी के केंद्र पर तथा कृत्रिम उपग्रह के भीतर भारहीनता की अवस्था में $g = 0$ होने से भार $W = 0$ हो जाता है, किंतु द्रव्यमान कभी शून्य नहीं होता)।

अभ्यास प्रश्न #8 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 8. यदि किसी गतिशील पिंड के रेखीय संवेग (Linear Momentum, p) में 50\% की वृद्धि कर दी जाए (द्रव्यमान स्थिर रहते हुए), तो उसकी गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy, KE) में कितने प्रतिशत की वृद्धि हो जाएगी?

(A) 50\%

(B) 100\%

(C) 125\%

(D) 225\%

सही उत्तर: (C) 125\%

विस्तृत व्याख्या: गतिज ऊर्जा और रेखीय संवेग के मध्य संबंध सूत्र (ncert.nic.in) के अनुसार:

$KE = (p^2 / 2m) \Rightarrow KE \propto p^2$ (जब द्रव्यमान m नियत हो)$

यदि प्रारंभिक संवेग $p_1 = p$ हो, तो 50\% वृद्धि के पश्चात नया संवेग:

$p_2 = p + 0.5p = 1.5p = (3 / 2)p$

अतः नई गतिज ऊर्जा:

$KE_2 = ((3 / 2))^2 KE_1 = (9 / 4) KE_1 = 2.25 KE_1$

प्रतिशत वृद्धि = (2.25 - 1) × 100\% = 1.25 × 100\% = 125\%।

(शॉर्टकट सूत्र: यदि संवेग या वेग में x\% की वृद्धि हो, तो गतिज ऊर्जा में प्रतिशत वृद्धि = $(2x + (x^2 / 100))\% = 2(50) + (50^2 / 100) = 100 + 25 = 125\%$)।

अभ्यास प्रश्न #9 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 9. 2 अश्वशक्ति (2 Metric HP के स्थान पर मानक विद्युत गणना हेतु यदि एक मोटर 1.5 किलोवाट की हो) का एक विद्युत पंप प्रतिदिन 4 घंटे चलाया जाता है। 30 दिनों के एक माह में उस पंप द्वारा उपभोग की गई कुल विद्युत ऊर्जा कितनी 'यूनिट' (Board of Trade Unit / kWh) होगी, और यदि विद्युत शुल्क ₹6 प्रति यूनिट हो तो मासिक बिल कितना आएगा?

(A) कुल ऊर्जा उपभोग = 180 यूनिट (kWh); मासिक विद्युत बिल = ₹1,080

(B) कुल ऊर्जा उपभोग = 60 यूनिट; मासिक बिल = ₹360

(C) कुल ऊर्जा उपभोग = 300 यूनिट; मासिक बिल = ₹1,800

(D) कुल ऊर्जा उपभोग = 1,800 यूनिट; मासिक बिल = ₹10,800

सही उत्तर: (A) कुल ऊर्जा उपभोग = 180 यूनिट (kWh); मासिक विद्युत बिल = ₹1,080

विस्तृत व्याख्या: व्यावसायिक विद्युत ऊर्जा मापन (ncert.nic.in) में 1 यूनिट = 1 किलोवाट-घंटा (kWh) होता है।

$$उपभोग की गई यूनिटों (kWh) की संख्या = शक्ति (किलोवाट में) × प्रतिदिन घंटे × दिनों की संख्या$$

यहाँ शक्ति P = 1.5 kW, समय = 4 घंटे/दिन, दिनों की संख्या = 30।

$कुल यूनिट = 1.5 kW × 4 h/day × 30 days = 180 kWh (यूनिट)$

तथा ₹6 प्रति यूनिट की दर से कुल मासिक विद्युत व्यय = 180 × ₹6 = ₹1,080 होगा।

अभ्यास प्रश्न #10 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 10. एक प्रथम श्रेणी के उत्तोलक (First Class Lever) की कुल लंबाई 1.5 मीटर है। यदि आलंब (Fulcrum) भार (Load) के सिरे से 0.3 मीटर की दूरी पर स्थित है, तो इस उत्तोलक का यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage - MA) कितना होगा, और 500 N के भार को संतुलित करने के लिए दूसरे सिरे पर कितने आयास (Effort) की आवश्यकता होगी?

(A) यांत्रिक लाभ (MA) = 4; आवश्यक आयास (P) = 125 N

(B) यांत्रिक लाभ (MA) = 5; आवश्यक आयास (P) = 100 N

(C) यांत्रिक लाभ (MA) = 3; आवश्यक आयास (P) = 150 N

(D) यांत्रिक लाभ (MA) = 0.25; आवश्यक आयास (P) = 2000 N

सही उत्तर: (A) यांत्रिक लाभ (MA) = 4; आवश्यक आयास (P) = 125 N

विस्तृत व्याख्या: सरल मशीन एवं उत्तोलक सिद्धांत (www.iucacademy.com) के अनुसार प्रथम श्रेणी के उत्तोलक में आलंब (Fulcrum) भार और आयास के बीच में होता है।

- उत्तोलक की कुल लंबाई = 1.5 m
- भार भुजा (Load Arm — आलंब से भार की दूरी) = 0.3 m
- अतः आयास भुजा (Effort Arm — आलंब से दूसरे सिरे पर लगे आयास की दूरी) = 1.5 m - 0.3 m = 1.2 m

1. यांत्रिक लाभ (MA) = (आयास भुजा / भार भुजा) = (1.2 m / 0.3 m) = 4।
2. आघूर्ण के सिद्धांत (भार × भार भुजा = आयास × आयास भुजा या P = (W / MA)) से:

$आवश्यक आयास (P) = (500 N / 4) = 125 N$

अभ्यास प्रश्न #11 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 11. किसी मशीन का वेगानुपात (Velocity Ratio - VR) 5 है। यदि 100 N का आयास (Effort) लगाने पर वह मशीन 400 N का भार (Load) उठाती है, तो उस मशीन का यांत्रिक लाभ (MA) और उसकी यांत्रिक दक्षता (Efficiency, η) क्रमशः कितनी होगी?

(A) यांत्रिक लाभ = 4; दक्षता (η) = 80\%

(B) यांत्रिक लाभ = 5; दक्षता (η) = 100\%

(C) यांत्रिक लाभ = 0.25; दक्षता (η) = 20\%

(D) यांत्रिक लाभ = 20; दक्षता (η) = 90\%

सही उत्तर: (A) यांत्रिक लाभ = 4; दक्षता (η) = 80\%

विस्तृत व्याख्या: मशीन अभियांत्रिकी (www.iucacademy.com) के मानक सूत्रों के अनुसार:

1. यांत्रिक लाभ (MA) = (उठाया गया भार (Load, W) / लगाया गया आयास (Effort, P)) = (400 N / 100 N) = 4।
2. मशीन की दक्षता (Efficiency, η) $= (निर्गत कार्य (Output Work) / निवेशित कार्य (Input Work)) × 100 = (यांत्रिक लाभ (MA) / वेगानुपात (VR)) × 100$

$η = (4 / 5) × 100\% = 80\%$

(एक आदर्श मशीन की दक्षता 100\% अर्थात MA = VR होती है, किंतु वास्तविक मशीनों में घर्षण में ऊर्जा क्षय होने के कारण यांत्रिक लाभ सदैव वेगानुपात से कम होता है और दक्षता 100\% से कम होती है)।

अभ्यास प्रश्न #12 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 12. ऊष्मा और तापमान के संदर्भ में: 0^°C पर स्थित 10 ग्राम बर्फ को पूर्णतः 0^°C के जल में तथा तत्पश्चात उस जल का तापमान बढ़ाकर 50^°C तक करने के लिए कुल कितनी ऊष्मा (कैलोरी में) की आवश्यकता होगी? (बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा = 80 cal/g तथा जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 cal g^{-1} ^°C^{-1})

(A) 1,300 कैलोरी (800 कैलोरी गुप्त ऊष्मा + 500 कैलोरी संवेदी ऊष्मा)

(B) 800 कैलोरी

(C) 500 कैलोरी

(D) 6,200 कैलोरी

सही उत्तर: (A) 1,300 कैलोरी (800 कैलोरी गुप्त ऊष्मा + 500 कैलोरी संवेदी ऊष्मा)

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी भौतिकी ('द्रव्य के तापीय गुण' - ncert.nic.in) के अनुसार यह प्रक्रिया दो चरणों में पूर्ण होती है:

1. **प्रथम चरण (अवस्था परिवर्तन — 0^°C बर्फ से 0^°C जल):**

$Q_1 = m \cdot L_f = 10 \text{ g} \times 80 \text{ cal/g} = 800$ कैलोरी$

2. **द्वितीय चरण (तापमान वृद्धि — 0^°C जल से 50^°C जल):**

$Q_2 = m \cdot s \cdot \Delta T = 10 \text{ g} \times 1 \text{ cal g}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1} \times (50 - 0)^\circ\text{C} = 500$ कैलोरी$

अतः कुल आवश्यक ऊष्मा $Q = Q_1 + Q_2 = 800 + 500 = 1,300 \text{ कैलोरी}$। (नोट: भाप के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 540 cal/g या 2260 kJ/kg होती है, इसी कारण 100^°C के उबलते जल की अपेक्षा 100^°C की भाप से जलना अधिक कष्टदायक होता है)।

अभ्यास प्रश्न #13 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 13. ऊष्मा संचरण (Heat Transfer) की तीनों विधियों—चालन (Conduction), संवहन (Convection) और विकिरण (Radiation)—के संबंध में निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सत्य है?

(A) ठोस धातुओं (तथा पारा द्रव) में ऊष्मा का संचरण मुख्यतः 'चालन' द्वारा (बिना कणों के स्थान छोड़े) होता है; द्रवों और गैसों (वायुमंडल का गर्म होना, समुद्री व स्थलीय समीर) में 'संवहन' द्वारा (कणों के वास्तविक स्थानांतरण से) होता है; तथा 'विकिरण' के लिए किसी भौतिक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती और यह निर्वात में प्रकाश के वेग (3×10^8 m/s) से अवरक्त विद्युत-चुंबकीय तरंगों के रूप में संचरित होता है।

(B) सूर्य से पृथ्वी तक ऊष्मा केवल संवहन विधि द्वारा पहुंचती है।

(C) निर्वात में चालन की गति सर्वाधिक होती है।

(D) थर्मस फ्लास्क की दीवारों के बीच हवा भरी जाती है ताकि चालन तेज हो सके।

सही उत्तर: (A) ठोस धातुओं (तथा पारा द्रव) में ऊष्मा का संचरण मुख्यतः 'चालन' द्वारा (बिना कणों के स्थान छोड़े) होता है; द्रवों और गैसों (वायुमंडल का गर्म होना, समुद्री व स्थलीय समीर) में 'संवहन' द्वारा (कणों के वास्तविक स्थानांतरण से) होता है; तथा 'विकिरण' के लिए किसी भौतिक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती और यह निर्वात में प्रकाश के वेग (3×10^8 m/s) से अवरक्त विद्युत-चुंबकीय तरंगों के रूप में संचरित होता है।

विस्तृत व्याख्या:

- एनसीईआरटी भौतिकी (ncert.nic.in) के अनुसार ऊष्मा संचरण की सबसे तीव्र विधि **विकिरण (Radiation)** है जिसके लिए किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती (सूर्य से पृथ्वी तक ऊष्मा विकिरण द्वारा ही आती है)।
- **थर्मस फ्लास्क (Dewar Flask)** में दोहरी कांच की दीवारों के मध्य **निर्वात (Vacuum)** रखा जाता है ताकि चालन और संवहन द्वारा ऊष्मा की हानि रुक जाए, और दीवारों पर चांदी की चमकदार पॉलिश (Silvering) की जाती है ताकि विकिरण द्वारा ऊष्मा परावर्तित हो जाए।

अभ्यास प्रश्न #14 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 14. तीन प्रतिरोधक जिनके मान क्रमशः $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ और $6\ \Omega$ हैं, को एक 12 V की आदर्श बैटरी के साथ **समानांतर क्रम (Parallel Combination)** में जोड़ा गया है। इस परिपथ का तुल्य प्रतिरोध (Equivalent Resistance, R_{eq}) और बैटरी से प्रवाहित होने वाली कुल विद्युत धारा (I) क्रमशः कितनी होगी?

(A) तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 1\ \Omega$; कुल प्रवाहित धारा $I = 12$ A

(B) तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 11\ \Omega$; कुल प्रवाहित धारा $I = 1.09$ A

(C) तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 3\ \Omega$; कुल प्रवाहित धारा $I = 4$ A

(D) तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 6\ \Omega$; कुल प्रवाहित धारा $I = 2$ A

सही उत्तर: (A) तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 1\ \Omega$; कुल प्रवाहित धारा $I = 12$ A

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी विद्युत (ncert.nic.in) के अनुसार समानांतर क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध का सूत्र है:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3 + 2 + 1}{6} = \frac{6}{6} = 1\ \Omega^{-1}$$

$\therefore$ तुल्य प्रतिरोध $R_{eq} = 1\ \Omega$

(समानांतर क्रम में तुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे व्यक्तिगत प्रतिरोध से भी कम आता है और सभी प्रतिरोधों के सिरों पर विभवांतर 12 V समान रहता है; घरेलू विद्युत वायरिंग इसी कारण समानांतर क्रम में की जाती है)।

ओम के नियम ($I = (V / R_{eq})$) से कुल धारा:

$I = (12\ V / 1\ \Omega) = 12\text{ A}$

अभ्यास प्रश्न #15 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 15. विद्युत परिपथ के विश्लेषण से संबंधित 'किरचॉफ के दोनों नियमों' (Kirchhoff's Laws — KCL एवं KVL) का मूल भौतिक संरक्षण सिद्धांत क्या है?

(A) किरचॉफ का प्रथम नियम (संधि नियम / KCL: $\Sigma I = 0$) **'आवेश संरक्षण के सिद्धांत' (Conservation of Charge)** पर आधारित है, जबकि किरचॉफ का द्वितीय नियम (लूप या वोल्टता नियम / KVL: $\Sigma \Delta V = 0$) **'ऊर्जा संरक्षण के सिद्धांत' (Conservation of Energy)** पर आधारित है।

(B) प्रथम नियम संवेग संरक्षण पर और द्वितीय नियम द्रव्यमान संरक्षण पर आधारित है।

(C) दोनों नियम केवल कोणीय संवेग संरक्षण पर आधारित हैं।

(D) किरचॉफ के नियम केवल चुंबकीय ध्रुवों पर लागू होते हैं।

सही उत्तर: (A) किरचॉफ का प्रथम नियम (संधि नियम / KCL: $\Sigma I = 0$) **'आवेश संरक्षण के सिद्धांत' (Conservation of Charge)** पर आधारित है, जबकि किरचॉफ का द्वितीय नियम (लूप या वोल्टता नियम / KVL: $\Sigma \Delta V = 0$) **'ऊर्जा संरक्षण के सिद्धांत' (Conservation of Energy)** पर आधारित है।

विस्तृत व्याख्या: एनसीईआरटी भौतिकी कक्षा 12 ('विद्युत धारा' - ncert.nic.in) के अनुसार:

1. **किरचॉफ का प्रथम नियम (संधि या धारा नियम - KCL):** किसी विद्युत परिपथ की किसी भी संधि (Junction/Node) पर मिलने वाली समस्त धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है ($\Sigma I = 0$, अर्थात आने वाली धाराओं का योग = जाने वाली धाराओं का योग)। चूंकि संधि पर आवेश न तो उत्पन्न होता है और न संचित, यह **आवेश संरक्षण** को व्यक्त करता है।
2. **किरचॉफ का द्वितीय नियम (पाश या वोल्टता नियम - KVL):** किसी बंद विद्युत पाश (Closed Loop) में प्रतिरोधकों और सेलों के सिरों पर विभवांतरों का बीजगणितीय योग शून्य होता है ($\Sigma \Delta V = 0$)। चूंकि स्थिरवैद्युत बल संरक्षी बल है और एकांक आवेश को बंद पथ में घुमाने में किया गया कुल कार्य शून्य होता है, यह **ऊर्जा संरक्षण** को व्यक्त करता है।

अभ्यास प्रश्न #16 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 16. घरेलू और औद्योगिक सुरक्षा में प्रयुक्त 'विद्युत फ्यूज तार' (Electric Fuse Wire) के पदार्थ और अभिलक्षणों के संबंध में कौन-सा कथन सही है?

(A) फ्यूज तार सदैव फेज/जीवित तार (Live Wire) के साथ **श्रेणीक्रम (Series)** में जोड़ा जाता है; यह **सीसा (Lead - 37%) और टिन (Tin - 63%)** की मिश्रधातु से बना होता है तथा इसकी मुख्य विशेषता **'उच्च विशिष्ट प्रतिरोध (High Resistivity) और निम्न गलनांक (Low Melting Point)'** होना है।

(B) फ्यूज तार को न्यूट्रल तार के समानांतर जोड़ा जाता है और इसका गलनांक अत्यंत उच्च (जैसे टंगस्टन के समान $3422^\circ C$) होता है।

(C) फ्यूज तार शुद्ध चांदी और तांबे से बनाया जाता है ताकि वह कभी पिघले नहीं।

(D) फ्यूज तार केवल वोल्टेज बढ़ाने के लिए लगाया जाता है।

सही उत्तर: (A) फ्यूज तार सदैव फेज/जीवित तार (Live Wire) के साथ **श्रेणीक्रम (Series)** में जोड़ा जाता है; यह **सीसा (Lead - 37%) और टिन (Tin - 63%)** की मिश्रधातु से बना होता है तथा इसकी मुख्य विशेषता **'उच्च विशिष्ट प्रतिरोध (High Resistivity) और निम्न गलनांक (Low Melting Point)'** होना है।

विस्तृत व्याख्या:

• विद्युत सुरक्षा अभियांत्रिकी (indianrailways.gov.in, ncert.nic.in) के अनुसार फ्यूज तार विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव ($H = I^2Rt$) पर कार्य करता है।

• जब अतिभारण (Overloading) या लघुपथन (Short-circuit) के कारण सुरक्षित सीमा से अधिक धारा प्रवाहित होती है, तो उच्च प्रतिरोध के कारण तार तेजी से गर्म होता है और **निम्न गलनांक** होने के कारण तुरंत पिघलकर परिपथ को विच्छेदित कर देता है।

• (इसके विपरीत, हीटर की कुंडली 'नाइक्रोम' की बनी होती है जिसका प्रतिरोध भी उच्च और गलनांक भी उच्च होता है; तथा बल्ब का तंतु 'टंगस्टन' का बना होता है जिसका गलनांक अत्यंत उच्च ≈ 3380^°C–3422^°C होता है)।

अभ्यास प्रश्न #17 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 17. एक ट्रांसफॉर्मर (Transformer) के कार्य-सिद्धांत और प्रकारों के संबंध में निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सत्य है?

(A) ट्रांसफॉर्मर फैराडे के **'अन्योन्य प्रेरण' (Mutual Induction)** के सिद्धांत पर केवल **प्रत्यावर्ती धारा (AC)** पर कार्य करता है (दिष्ट धारा DC पर कार्य नहीं करता); यह आवृत्ति (Frequency - भारत में 50 Hz) और शक्ति को बदले बिना वोल्टेज को घटा या बढ़ा सकता है ((V_s / V_p) = (N_s / N_p) = (I_p / I_s)), तथा इसके क्रोड को भंवर धारा हानि (Eddy Current Loss) कम करने के लिए पटलित (Laminated) और शैथिल्य हानि (Hysteresis Loss) कम करने के लिए **नर्म लोहे / सिलिकॉन स्टील** का बनाया जाता है।

(B) ट्रांसफॉर्मर दिष्ट धारा (DC) की आवृत्ति को बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

(C) उच्चायी ट्रांसफॉर्मर (Step-up Transformer) में वोल्टेज बढ़ने के साथ-साथ विद्युत धारा और शक्ति भी कई गुना बढ़ जाती है।

(D) ट्रांसफॉर्मर एक घूर्णन करने वाली यांत्रिक मशीन है जिसमें कम्यूटेटर लगा होता है।

सही उत्तर: (A) ट्रांसफॉर्मर फैराडे के **'अन्योन्य प्रेरण' (Mutual Induction)** के सिद्धांत पर केवल **प्रत्यावर्ती धारा (AC)** पर कार्य करता है (दिष्ट धारा DC पर कार्य नहीं करता); यह आवृत्ति (Frequency - भारत में 50 Hz) और शक्ति को बदले बिना वोल्टेज को घटा या बढ़ा सकता है ((V_s / V_p) = (N_s / N_p) = (I_p / I_s)), तथा इसके क्रोड को भंवर धारा हानि (Eddy Current Loss) कम करने के लिए पटलित (Laminated) और शैथिल्य हानि (Hysteresis Loss) कम करने के लिए **नर्म लोहे / सिलिकॉन स्टील** का बनाया जाता है।

विस्तृत व्याख्या:

• एनसीईआरटी भौतिकी (ncert.nic.in) के अनुसार ट्रांसफॉर्मर एक स्थैतिक (Static) विद्युत युक्ति है (जिसमें कोई घूमने वाला भाग न होने से घर्षण हानि शून्य होती है और दक्षता 95\%–99\% तक होती है)।

• यदि प्राथमिक कुंडली को दिष्ट धारा (DC) से जोड़ दिया जाए तो चुंबकीय फ्लक्स में परिवर्तन न होने से द्वितीयक कुंडली में कोई विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होगा और प्राथमिक कुंडली जल सकती है।

• उच्चायी ट्रांसफॉर्मर (N_s > N_p) वोल्टेज बढ़ाता है तो ऊर्जा संरक्षण (V_p I_p = V_s I_s) के अनुसार धारा उसी अनुपात में घट जाती है।

अभ्यास प्रश्न #18 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 18. कार्यशाला में विद्युत दुर्घटना होने पर पीड़ित व्यक्ति को प्राथमिक उपचार (First Aid) देने और कृत्रिम श्वसन व हृदय पुनरुज्जीवन (CPR - Cardiopulmonary Resuscitation) प्रदान करने में जीवन-रक्षक **'ABC नियम'** का पूर्ण रूप क्या है, और अग्निशामक यंत्र को चलाने की मानक **'PASS' विधि** के चार चरण कौन-से हैं?

(A) प्राथमिक उपचार का ABC: **Airway (श्वसन मार्ग खोलना), Breathing (श्वास की जांच व कृत्रिम श्वसन), Circulation (रक्त परिसंचरण/नाड़ी व छाती दबाना)**; अग्निशामक की PASS विधि: **Pull (पिन खींचना), Aim (आग के आधार पर निशाना लगाना), Squeeze (लीवर दबाना), Sweep (बाएं से दाएं झाड़ू की तरह घुमाना)**

(B) ABC: Ambulance, Bandage, Clinic; PASS: Push, Alert, Stop, Save

(C) ABC: Acid, Base, Carbon; PASS: Pour, Air, Smoke, Sand

(D) विद्युत झटका लगने पर पीड़ित को तुरंत लोहे की छड़ से पकड़कर खींचना चाहिए

सही उत्तर: (A) प्राथमिक उपचार का ABC: **Airway (श्वसन मार्ग खोलना), Breathing (श्वास की जांच व कृत्रिम श्वसन), Circulation (रक्त परिसंचरण/नाड़ी व छाती दबाना)**; अग्निशामक की PASS विधि: **Pull (पिन खींचना), Aim (आग के आधार पर निशाना लगाना), Squeeze (लीवर दबाना), Sweep (बाएं से दाएं झाड़ू की तरह घुमाना)**

विस्तृत व्याख्या:

• व्यावसायिक सुरक्षा और स्वास्थ्य (indianrailways.gov.in, www.iucacademy.com) के मानकों के अनुसार विद्युत संपर्क में फंसे व्यक्ति को सर्वप्रथम मेन स्विच बंद करके या सूखी लकड़ी/रबर/प्लास्टिक की कुचालक वस्तु से अलग करना चाहिए।

• तत्पश्चात प्राथमिक उपचार के **ABC** सिद्धांत (Airway, Breathing, Circulation) का पालन कर CPR दिया जाता है।

• इसी प्रकार किसी भी पोर्टेबल अग्निशामक यंत्र के संचालन का सार्वभौमिक नियम **PASS** है: **P**ull the safety pin, **A**im low at the base of the fire (लपटों के ऊपर नहीं बल्कि आग के मूल आधार पर निशाना साधें), **S**queeze the lever/handle, और **S**weep from side to side।

अभ्यास प्रश्न #19 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 19. पर्यावरण अभियांत्रिकी और वायुमंडलीय विज्ञान के संदर्भ में 'ओजोन परत के संरक्षण' और 'हरितगृह गैसों (Greenhouse Gases) के उत्सर्जन में कटौती' से संबंधित अंतरराष्ट्रीय प्रोटोकॉल तथा वायुमंडल के किस मंडल में ओजोन परत पाई जाती है, का सही विवरण कौन-सा है?

(A) ओजोन परत **समताप मंडल (Stratosphere — लगभग 15 से 35 किमी की ऊंचाई)** में पाई जाती है जिसकी मोटाई **डॉबसन इकाई (Dobson Unit - DU)** में मापी जाती है; ओजोन क्षयकारी पदार्थों (CFCs, Halons) पर रोक लगाने हेतु **'मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल' (16 सितंबर 1987)** और हरितगृह गैसों के उत्सर्जन को कम करने हेतु **'क्योटो प्रोटोकॉल' (1997)** व **'पेरिस जलवायु समझौता' (2015)** अपनाया गया (तथा HFCs को चरणबद्ध तरीके से हटाने हेतु 2016 में मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल में **'किगाली संशोधन'** किया गया)।

(B) ओजोन परत क्षोभमंडल में 2 किमी की ऊंचाई पर पाई जाती है और इसे डेसिबल में मापा जाता है।

(C) मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल का संबंध केवल शोर प्रदूषण से है।

(D) कार्बन डाइऑक्साइड और जलवाष्प हरितगृह गैसें नहीं हैं।

सही उत्तर: (A) ओजोन परत **समताप मंडल (Stratosphere — लगभग 15 से 35 किमी की ऊंचाई)** में पाई जाती है जिसकी मोटाई **डॉबसन इकाई (Dobson Unit - DU)** में मापी जाती है; ओजोन क्षयकारी पदार्थों (CFCs, Halons) पर रोक लगाने हेतु **'मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल' (16 सितंबर 1987)** और हरितगृह गैसों के उत्सर्जन को कम करने हेतु **'क्योटो प्रोटोकॉल' (1997)** व **'पेरिस जलवायु समझौता' (2015)** अपनाया गया (तथा HFCs को चरणबद्ध तरीके से हटाने हेतु 2016 में मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल में **'किगाली संशोधन'** किया गया)।

विस्तृत व्याख्या:

• एनसीईआरटी विज्ञान एवं पर्यावरण (ncert.nic.in) के अनुसार समताप मंडल में स्थित ओजोन परत (O_3) सूर्य से आने वाली हानिकारक पराबैंगनी किरणों (विशेषकर UV-B और UV-C) को अवशोषित कर पृथ्वी पर त्वचा कैंसर और मोतियाबिंद से रक्षा करती है।

• इसकी मोटाई **डॉबसन इकाई (DU)** में मापी जाती है (1 DU = 0.01 मिमी शुद्ध ओजोन मानक ताप-दाब पर)।

• वियना अभिसमय (1985) के तहत 16 सितंबर 1987 को हस्ताक्षरित **मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल** विश्व की सबसे सफल पर्यावरणीय संधि मानी जाती है (इसीलिए 16 सितंबर को 'विश्व ओजोन दिवस' मनाया जाता है)।

अभ्यास प्रश्न #20 परीक्षा उपयोगी प्रश्न

प्रश्न 20. सूचना प्रौद्योगिकी साक्षरता (IT Literacy) के संदर्भ में, कंप्यूटर नेटवर्क के **OSI मॉडल (Open Systems Interconnection Model)** में कुल कितनी परतें (Layers) होती हैं, और इंटरनेट संचार में प्रयुक्त **HTTP, HTTPS, FTP, SMTP तथा DNS** प्रोटोकॉल किस परत पर कार्य करते हैं, तथा संख्या पद्धति में दशमलव संख्या (45)_{10} का द्विआधारी (Binary) समतुल्य क्या है?

(A) OSI मॉडल में कुल 7 **परतें** होती हैं (भौतिक परत से अनुप्रयोग परत तक); HTTP, HTTPS (पोर्ट 443), FTP, SMTP और DNS सभी **7वीं परत अर्थात 'एप्लीकेशन लेयर' (Application Layer)** पर कार्य करते हैं; तथा दशमलव संख्या (45)_{10} का द्विआधारी समतुल्य **(101101)_2** है।

(B) OSI मॉडल में केवल 3 परतें होती हैं; दशमलव 45 का बाइनरी (111111)_2 है।

(C) HTTP भौतिक परत (Physical Layer) पर कार्य करता है; दशमलव 45 का बाइनरी (100001)_2 है।

(D) DNS और SMTP हार्डवेयर केबलों के प्रकार हैं।

सही उत्तर: (A) OSI मॉडल में कुल 7 **परतें** होती हैं (भौतिक परत से अनुप्रयोग परत तक); HTTP, HTTPS (पोर्ट 443), FTP, SMTP और DNS सभी **7वीं परत अर्थात 'एप्लीकेशन लेयर' (Application Layer)** पर कार्य करते हैं; तथा दशमलव संख्या (45)_{10} का द्विआधारी समतुल्य **(101101)_2** है।

विस्तृत व्याख्या: कंप्यूटर एवं आईटी साक्षरता (ncert.nic.in, www.iucacademy.com) के अनुसार ISO द्वारा विकसित OSI संदर्भ मॉडल में नीचे से ऊपर 7 परतें होती हैं: (1) फिजिकल लेयर (हब, रिपीटर, केबल — Bits), (2) डेटा लिंक लेयर (स्विच, ब्रिज, MAC पता — Frames), (3) नेटवर्क लेयर (राउटर, IP पता — Packets), (4) ट्रांसपोर्ट लेयर (TCP, UDP — Segments), (5) सेशन लेयर, (6) प्रेजेंटेशन लेयर (एन्क्रिप्शन, संपीड़न), तथा (7) एप्लीकेशन लेयर (HTTP, HTTPS, FTP, SMTP, POP3, DNS, Telnet)।

साथ ही, दशमलव संख्या $(45)_{10}$ को बाइनरी में बदलने पर:

$$45 = 32 + 8 + 4 + 1 = (1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = (101101)_2$$

क्वालिटी ऑडिट, त्रुटि-निवारण एवं 2024–2026 रेलवे ALP /टेक्नीशियन इंजीनियरिंग बूस्टर

1. बेसिक साइंस एवं इंजीनियरिंग ड्राइंग के सर्वाधिक पूछे जाने वाले महत्वपूर्ण सूत्र व मानक

अध्याय / विषय	अचूक महत्वपूर्ण सूत्र एवं IS मानक	परीक्षा में सीधा अनुप्रयोग (RRB ALP CBT-2 / Technician)
ड्राइंग शीट आकार (IS 10711:2001)	A0 क्षेत्रफल = 1 m^2 (841 mm × 1189 mm), भुजा अनुपात = 1 : √2	A1 = 594 × 841 mm, A2 = 420 × 594 mm, A3 = 297 × 420 mm, A4 = 210 × 297 mm (RRB Syllabus)
प्रथम कोण बनाम तृतीय कोण प्रक्षेप	प्रथम कोण: वस्तु (Object) प्रेक्षक और तल के बीच (Top View नीचे)	भारत (BIS) में **प्रथम कोण प्रक्षेप (First Angle Projection)** मानक है; प्रतीक में छोटा वृत्त बाईं ओर व समलंब दाईं ओर
पेंसिल ग्रेड (9H से 7B)	सबसे कठोर = 9H, मध्यम = HB, सबसे मुलायम/काली = 7B	निर्माण रेखाएँ (Construction Lines) खींचने हेतु 2H / 3H पेंसिल; आउटलाइन हेतु H / HB
कार्य, शक्ति एवं ऊर्जा	$W = F \times s \times \cos(\theta)$, $KE = 0.5 \times m \times v^2$, $PE = m \times g \times h$	यदि संवेग p को दोगुना किया जाए ($KE = p^2 / (2m)$), तो गतिज ऊर्जा **4 गुनी (300% वृद्धि)** हो जाती है!
लीवर एवं यांत्रिक लाभ (MA)	MA = भार (Load W) / प्रयास (Effort P) = प्रयास भुजा / भार भुजा	प्रथम श्रेणी (आलंब बीच में: कैंची, पिलास — MA >, =, < 1), द्वितीय श्रेणी (भार बीच में: सरोता, नींबू निचोड़ने की मशीन — MA सदैव > 1), तृतीय श्रेणी (प्रयास बीच में: चिमटा, मनुष्य का हाथ — MA सदैव < 1)
ओम का नियम एवं विद्युत शक्ति	$V = I \times R$, $P = V \times I = I^2 \times R = V^2 / R$, 1 kWh = 3.6 × 10^6 J	घरों में उपकरण **समांतर क्रम (Parallel)** में तथा फ्यूज़ सदैव **फेज/लाइव तार के श्रेणीक्रम (Series)** में लगता है
तापमान रूपांतरण एवं ऊष्मा	$(C / 5) = (F - 32) / 9 = (K - 273.15) / 5$, $Q = m \times c \times \Delta T$	-40° पर सेल्सियस व फारेनहाइट बराबर; पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 4186 J/(kg·K) (या 1 cal/g°C)
अग्निशामक वर्ग (Fire Classes)	Class A (लकड़ी/कागज - जल), Class B (तेल/पेट्रोल - फोम), Class C (गैस - ड्राई पाउडर), Class D (धातु/विद्युत - CO2/CTC/Halon)	विद्युत आग (Electrical Fire) बुझाने में **कभी भी जल या फोम का प्रयोग न करें**; केवल CO2 या शुष्क पाउडर / हेलॉन का प्रयोग करें