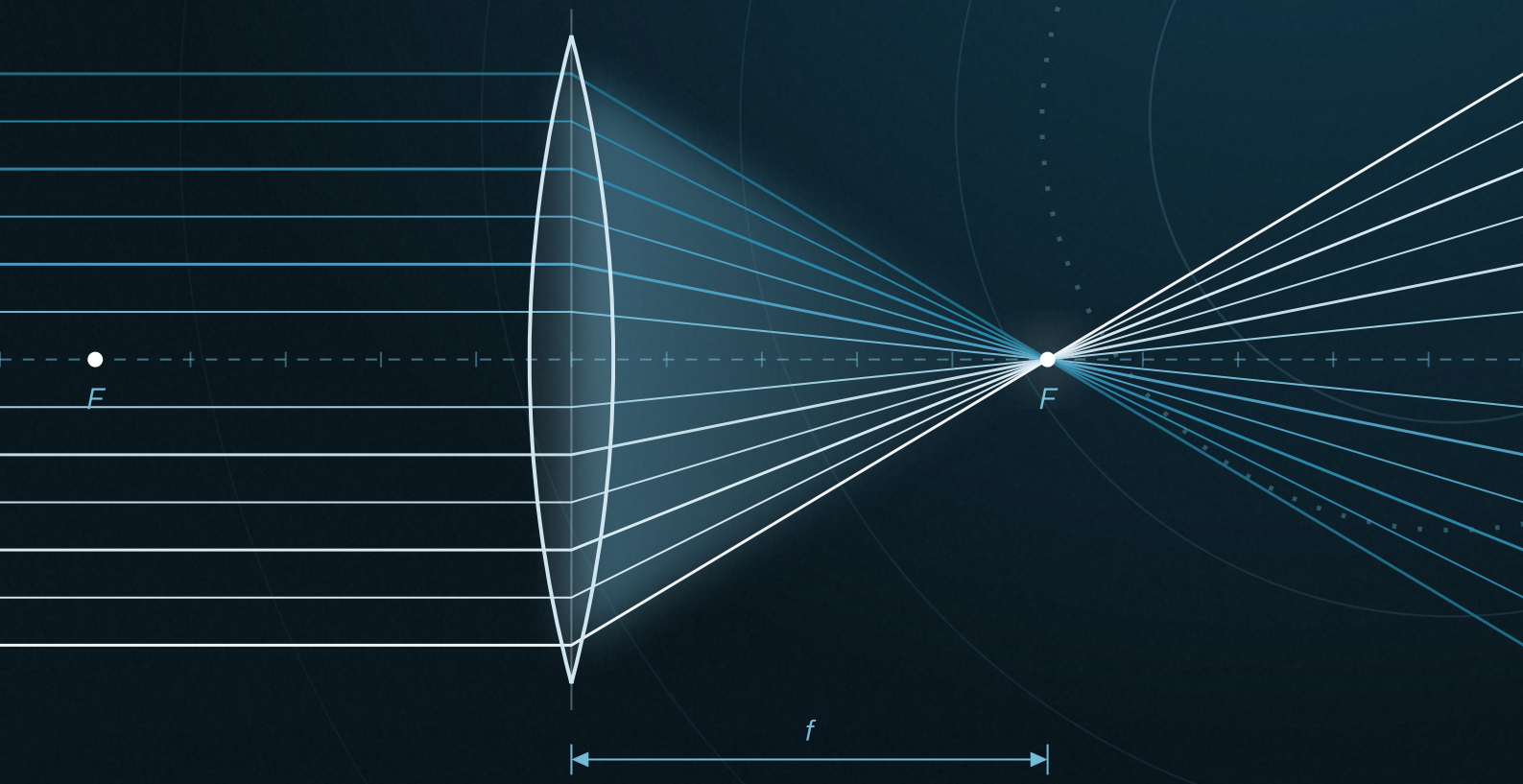
XamAgent

प्रारंभिक परीक्षा 2027

ED. 2027 · 15 CH · PYQ-PROOF · 189 FIG · 400 ★★★ · 183 MCQ



प्रारंभिक परीक्षा नोट्स

भौतिकी

प्रारंभिक परीक्षा से पहले की रात, बस एक किताब चाहिए।

PYQ-PROOF

2011 से UPSC और BPSC का हर प्रश्न इन नोट्स से हल होता है।

16 · वर्ष

UPSC CSE · BPSC · UPPCS · SSC CGL

Also in English

पाठक के लिए

ज़्यादातर छोटे नोट्स किसी वजह से छोटे होते हैं। चालीस-पचास पन्ने, छोटे अक्षर, हर पन्ना किनारे तक भरा हुआ। एक पन्ना पढ़ने में बीस मिनट लगते हैं और अगले पन्ने तक भूल जाता है। परीक्षा के बाद वे गिनाते हैं कि कितने प्रश्न "उनसे आए"।

यह पुस्तक इस तरह काम नहीं करती।

- **पढ़ने लायक अक्षर।** पढ़ने के लिए छापे गए, ठूँसने के लिए नहीं।
- **एक पन्ना दो से तीन मिनट में।** मापा गया, अनुमान नहीं।
- **याद रखने के लिए बनी।** हर विचार के साथ एक चित्र, याद रखने की ट्रिक, रोज़मर्रा का उदाहरण और वह जाल जो परीक्षक उसके आसपास बिछाते हैं।

यह पुस्तक छोटे नोट्स से लंबी है, क्योंकि याददाश्त को जगह चाहिए। अतिरिक्त पन्नों में रटने के लिए अतिरिक्त तथ्य नहीं हैं।

यह पुस्तक आपको पसंद आएगी, अगर आप महत्व देते हैं:

- किसी विचार को रटने से पहले समझने को;
- यह जानने को कि कौन-से तथ्य पहले दोहराने हैं और कौन-से बाद में;
- ऐसे पन्नों को जो पढ़ने में आसान और दोहराने में तेज़ हों;
- ऐसे नोट्स को जो परीक्षा से पहले असली प्रश्नपत्रों पर परखे गए हों, परीक्षा के बाद श्रेय लेने वाले नहीं।

XamAgent

विषय-सूची

1	मात्रक, मापन और मापक यंत्र	★★★	7
2	गति, बल और न्यूटन के नियम	★★★	32
3	कार्य, ऊर्जा, शक्ति और सरल मशीनें	★★	49
4	गुरुत्वाकर्षण और उपग्रह	★★★	61
5	पदार्थ के गुण: ठोस और तरल	★★★	77
6	ऊष्मा और ऊष्मागतिकी	★★★	94
7	तरंगें और ध्वनि	★★★	119
8	प्रकाश I: परावर्तन, अपवर्तन और प्रकाशीय परिघटनाएँ	★★★	138
9	प्रकाश II: लेंस, मानव नेत्र और प्रकाशिक यंत्र	★★	156
10	विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम और तरंग प्रकाशिकी	★★★	172
11	विद्युत: आवेश, धारा और परिपथ	★★★	186
12	चुंबकत्व और विद्युतचुंबकत्व	★★	210
13	परमाणु, नाभिक और रेडियोधर्मिता	★★★	228
14	अर्धचालक, इलेक्ट्रॉनिकी और आधुनिक उपकरण	★★	257
15	वैज्ञानिक, खोजें, नियम और नियतांक: त्वरित सारणियाँ	★★	277
★	**परीक्षा से पहले की रात**: सभी ★★★ तथ्य एक जगह		295
	बदलने वाले तथ्य: इन्हें कहाँ जाँचें		306

कैसे पढ़ें: ★★★ बार-बार पूछा गया, ★★ कभी-कभी पूछा गया, ★ जानना उपयोगी। पूरा अध्याय एक बार पढ़ें, फिर केवल रिवीज़न कार्ड और ★★★ बिंदु दोहराएँ। हरे बॉक्स याद रखने की ट्रिक हैं, लाल बॉक्स परीक्षक के जाल, और नारंगी बॉक्स रोज़मर्रा का उदाहरण।

दोहराव रिमाइंडर: बस एक बार स्कैन करें

पेज को होम स्क्रीन पर जोड़ लें। हर अध्याय के बाद एक टैप से दिन 1, 3, 7 और 21 पर दोहराने के रिमाइंडर जुड़ जाते हैं। कोई साइन-इन नहीं, कोई डेटा नहीं।

r.xamagent.com/phy-hi

अध्याय 1

मात्रक, मापन और मापक यंत्र

BPSC लगभग हर वर्ष यहाँ से दो से चार प्रश्न पूछता है: कौन-सा मात्रक क्या मापता है, अदिश या सदिश, प्रकाश-वर्ष, kWh से जूल, और कौन-सा '-मीटर' क्या मापता है। SSC और UPPCS यही मात्रक और यंत्र-सूचियाँ दोहराते हैं।

पिछले प्रश्नपत्रों में 16 बार पूछा गया: UPSC 1 · BPSC 15

≈ 1 h 03 min पढ़ने में ≈ 7 min ★★★ दोहराने में दोहराएँ: दिन 1 | दिन 3 | दिन 7 | दिन 21



रिवीज़न कार्ड

1. सात SI मूल मात्रक: मीटर, किलोग्राम, सेकंड, ऐम्पियर, केल्विन, मोल, कैंडेला। याद-सूत्र: King Mohan Sells Apples, Keeps Mangoes, Candies (kg, m, s, A, K, mol, cd)।
2. 20 मई 2019 से सभी SI मात्रक निश्चित नियतांकों पर टिके हैं: किलोग्राम प्लांक नियतांक h पर, ऐम्पियर आवेश e पर, केल्विन बोल्ट्ज़मान k पर, मोल आवोगाद्रो N_A पर।
3. प्रकाश-वर्ष दूरी है ($\approx 9.46 \times 10^{12}$ km)। पारसेक ≈ 3.26 प्रकाश-वर्ष। AU $\approx 1.5 \times 10^{8}$ km (पृथ्वी–सूर्य)।
4. बिजली की 1 यूनिट = 1 kWh = 3.6×10^{6} J। अतः 250 यूनिट = 9×10^{8} J।
5. 1 hp $\approx$ 746 W; 1 cal $\approx$ 4.186 J; 1 eV = 1.6×10^{-19} J; 1 atm = 1.013×10^{5} Pa = 760 mm Hg।
6. ऐंग्स्ट्रॉम = 10^{-10} m (तरंगदैर्ध्य, परमाणु का आकार); फर्मी = 10^{-15} m (नाभिक); माइक्रॉन = 10^{-6} m।
7. टेस्ला = चुंबकीय क्षेत्र = $Wb/m^2 = N\,A^{-1}\,m^{-1} = 10^{4}$ गॉस। हर्ट्ज़ = आवृत्ति। वाट = शक्ति। पास्कल = दाब।
8. अदिश: चाल, दाब, धारा, कार्य, ऊर्जा। सदिश: विस्थापन, वेग, बल, बल-आघूर्ण, धारा घनत्व।
9. कोई मात्रक नहीं: विकृति, अपवर्तनांक, आपेक्षिक घनत्व, मैक संख्या, घर्षण गुणांक।
10. हाइग्रोमीटर = आर्द्रता; हाइड्रोमीटर = द्रव का घनत्व; लैक्टोमीटर = दूध; ओडोमीटर = दूरी; स्पीडोमीटर = चाल; टैकोमीटर = rpm।
11. डायनेमो बिजली बनाता है; डायनेमोमीटर बल या इंजन की शक्ति मापता है। थर्मोस्टेट ताप को स्थिर रखता है, उसे मापता नहीं।
12. कैरेट = 0.2 g (रत्नों के लिए); कैरट = सोने की शुद्धता (24K शुद्ध, 22K $\approx$ 91.6%)। नॉट = चाल (1.852 km/h)।
13. सबसे नए उपसर्ग (2022): रोना 10^{27}, क्वेटा 10^{30}, रोंटो 10^{-27}, क्वेक्टो 10^{-30}।
14. CSIR-NPL, नई दिल्ली भारत के राष्ट्रीय मानक और IST (UTC + 5:30, 82.5° E) रखती है; 2026 के नियम IST को एकमात्र वैध समय बनाते हैं।

भौतिक राशियाँ: मूल, व्युत्पन्न, अदिश, सदिश

7 मूल राशियाँ

अदिश बनाम सदिश

धारा: अदिश

दाब: अदिश

चाल बनाम वेग

जो कुछ भी मापा जा सके वह **भौतिक राशि (Physical quantity)** है: एक संख्या और एक मात्रक (5 kg, 20 m/s)। कुछ गिनी-चुनी राशियों को **मूल (Fundamental)** राशियाँ चुना गया है; बाकी हर राशि उन्हीं को गुणा या भाग करके **व्युत्पन्न (Derived)** होती है। चाल = लंबाई ÷ समय, इसलिए इसे अपना अलग मात्रक नहीं चाहिए।

★★★ **मूल राशियाँ (7)**: लंबाई, द्रव्यमान, समय, विद्युत धारा, ताप, पदार्थ की मात्रा, ज्योति तीव्रता। बल, वेग, कार्य और दाब व्युत्पन्न हैं।

★★ **व्युत्पन्न राशि** = मूल राशियों से बनी, जैसे बल = द्रव्यमान × त्वरण (kg m s^{-2}), घनत्व = द्रव्यमान ÷ आयतन (kg m^{-3})।

★★★ **अदिश (Scalar)**: केवल परिमाण होता है। द्रव्यमान, लंबाई, समय, चाल, दूरी, ताप, कार्य, ऊर्जा, शक्ति, दाब, घनत्व, आयतन, आवेश, विभव, आवृत्ति।

★★★ **सदिश (Vector)**: परिमाण और दिशा दोनों होते हैं और यह त्रिभुज (समांतर चतुर्भुज) नियम से जुड़ता है। विस्थापन, वेग, त्वरण, बल, भार, संवेग, आवेग, बल-आघूर्ण, कोणीय संवेग, विद्युत क्षेत्र, चुंबकीय क्षेत्र।

★★★ **विद्युत धारा अदिश है**, भले ही वह किसी दिशा में 'बहती' है: किसी संधि पर मिलने वाली दो धाराएँ सीधे जुड़ जाती हैं, सदिश योग का पालन नहीं करतीं।

★★★ **धारा घनत्व (Current density)** (प्रति एकांक क्षेत्रफल धारा) **सदिश है**; हर बिंदु पर यह प्रवाह की दिशा में होता है।

★★★ **दाब अदिश है**: द्रव के किसी बिंदु पर यह सभी दिशाओं में बराबर लगता है। इससे किसी सतह पर लगने वाला बल सदिश है।

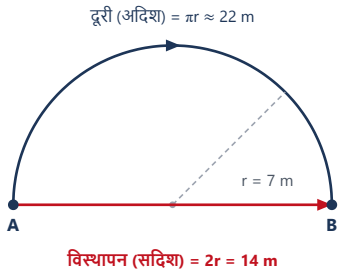
★★ **चाल बनाम वेग**: चाल = दूरी ÷ समय (अदिश); वेग = विस्थापन ÷ समय (सदिश)। एक पूरा चक्कर लगाने वाले धावक का विस्थापन और औसत वेग शून्य होता है, पर औसत चाल शून्य नहीं।

★ **टेंसर (Tensor)**: प्रतिबल और जड़त्व आघूर्ण न साधारण अदिश हैं न सदिश; प्रारंभिक परीक्षा में प्रतिबल को प्रायः दाब के साथ रखा जाता है क्योंकि दोनों बल प्रति क्षेत्रफल हैं।

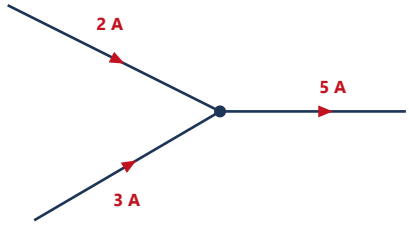
अदिश या सदिश: परीक्षकों की पसंदीदा राशियाँ ★★★

अदिश	सदिश
दूरी	विस्थापन
चाल	वेग
द्रव्यमान	भार (एक बल)
कार्य, ऊर्जा, शक्ति	बल, बल-आघूर्ण
दाब	प्रणोद (सतह पर बल)
विद्युत धारा	धारा घनत्व
विद्युत विभव, आवेश	विद्युत क्षेत्र
चुंबकीय फ्लक्स	चुंबकीय क्षेत्र (फ्लक्स घनत्व) B
ताप, ऊष्मा	संवेग, आवेग
समय, आयतन, घनत्व	त्वरण, कोणीय वेग

दूरी बनाम विस्थापन



धाराएँ साधारण संख्याओं की तरह जुड़ती हैं



2 A + 3 A = 5 A, कोण कुछ भी हो: धारा अदिश है

बाएँ: 7 m त्रिज्या के अर्धवृत्त पर A से B तक जाने में दूरी πr ≈ 22 m तय होती है, पर विस्थापन केवल सीधी रेखा AB = 14 m है (पैमाने पर बना)। दाएँ: किसी संधि पर मिलने वाली 2 A और 3 A धाराएँ, तारों के बीच कोण कुछ भी हो, सदा 5 A देती हैं, इसलिए धारा अदिश है।

याद रखें: पूछिए: 'क्या यह किसी ओर इशारा करता है?' धक्का (बल), मरोड़ (बल-आघूर्ण) और जगह का बदलना (विस्थापन) सब किसी दिशा में होते हैं। दाम का लेबल (द्रव्यमान, ऊर्जा, ताप) किसी ओर इशारा नहीं करता। धारा अपवाद है: वह बहती है पर सीधा जोड़ मानती है, जैसे दो नलों का पानी एक बाल्टी भरता है।

⚠ परीक्षा में सावधान: 'कौन-सा सदिश नहीं है?' विकल्प विस्थापन, चाल, वेग, बल-आघूर्ण: उत्तर चाल है। 'धारा सदिश है' गलत है; 'धारा घनत्व सदिश है' सही है। 'दाब सदिश है' गलत है।

☑ झटपट जाँच

1. SI में कितनी मूल राशियाँ हैं? क्या बल उनमें से एक है?
2. धारा एक दिशा में बहती है। फिर भी वह अदिश क्यों है?
3. पथ का एक पूरा चक्कर लगाने के बाद क्या शून्य होता है: औसत चाल या औसत वेग?

उत्तर: 1. सात; नहीं, बल व्युत्पन्न राशि है · 2. संधि पर धाराएँ साधारण संख्याओं की तरह जुड़ती हैं, सदिश नियमों से नहीं · 3. औसत वेग (विस्थापन शून्य है)

SI पद्धति और 2019 की पुनर्परिभाषा

7 मूल मात्रक

h से kg

अलग-अलग क्षेत्र कभी फुट, सेर और तोला प्रयोग करते थे, इसलिए व्यापार और विज्ञान को मापन की एक साझा भाषा चाहिए थी। **मीटर कन्वेंशन (Metre Convention) (20 मई 1875)** ने पेरिस (Paris) के पास **BIPM** की स्थापना

20 मई 2019

सीज़ियम-133

c से मीटर

किबल तुला

की, और **11वें CGPM (1960)** ने आधुनिक मीट्रिक पद्धति को **SI (Système International d'Unités)** नाम दिया। 2019 में हर मूल मात्रक को प्रकृति के एक निश्चित नियतांक से बाँध दिया गया, ताकि मात्रक कहीं भी बनाया जा सके और कभी खिसके नहीं।

सात SI मूल मात्रक ★★★

मूल राशि	SI मात्रक	प्रतीक	नाम किससे
लंबाई	मीटर	m	यूनानी 'metron', माप
द्रव्यमान	किलोग्राम	kg	यूनानी 'gramma'
समय	सेकंड	s	घंटे का दूसरा विभाजन
विद्युत धारा	ऐम्पियर	A	आंद्रे-मारी ऐम्पियर (André-Marie Ampère)
ऊष्मागतिक ताप	केल्विन	K	लॉर्ड केल्विन (Lord Kelvin) (विलियम थॉमसन, William Thomson)
पदार्थ की मात्रा	मोल	mol	जर्मन 'Molekül'
ज्योति तीव्रता	कैंडेला	cd	लैटिन 'candle' (मोमबत्ती)

याद रखें: King Mohan Sells Apples, Keeps Mangoes, Candies → kg, m, s, A, K, mol, cd (हर शब्द का पहला अक्षर एक मात्रक)। केवल दो मूल मात्रक किसी व्यक्ति के नाम पर हैं: ऐम्पियर और केल्विन (A और K बड़े अक्षर हैं)।

7 SI मूल मात्रक और हर एक को तय करने वाला नियतांक (20 मई 2019 से)

राशि	मात्रक (प्रतीक)	नियत किया गया नियतांक	इस रूप में कब से
समय	सेकंड (s)	Cs-133 आवृत्ति = 9 192 631 770 Hz	1967
लंबाई	मीटर (m)	प्रकाश की चाल c = 299 792 458 m/s	1983
द्रव्यमान	किलोग्राम (kg)	प्लांक नियतांक h	**2019 (नया)**
विद्युत धारा	ऐम्पियर (A)	मूल आवेश e	**2019 (नया)**
ताप	केल्विन (K)	बोल्ट्ज़मान नियतांक k	**2019 (नया)**
पदार्थ की मात्रा	मोल (mol)	आवोगाद्रो नियतांक N_a	**2019 (नया)**
ज्योति तीव्रता	कैंडेला (cd)	ज्योति दक्षता K = 683 lm/W	1979

लाल पंक्तियाँ 2019 में बदलीं: फ्रांस में रखा धातु का किलोग्राम बेलन हटा दिया गया।

हर मूल मात्रक अब एक नियतांक से तय है। चार लाल पंक्तियाँ (kg, A, K, mol) 20 मई 2019 को बदलीं।

★★★ **2019 की पुनर्परिभाषा (Redefinition)**: नवंबर 2018 में 26वें CGPM ने स्वीकार की, **20 मई 2019** (विश्व माप-विज्ञान दिवस) से लागू। h, e, k और N_A के मान सटीक रूप से निश्चित कर दिए गए।

★★★ **किलोग्राम** अब **प्लांक नियतांक (Planck constant) h = 6.626 070 15 × 10^{-34} J s** से परिभाषित है। पेरिस के पास सेव्र (Sèvres) में रखा प्लैटिनम-इरिडियम का पुराना बेलन (अंतरराष्ट्रीय प्रोटोटाइप किलोग्राम, 1889) हटा दिया गया।

★★ **ऐम्पियर मूल आवेश (Elementary charge) e = 1.602 176 634 × 10^{-19} C** से तय; **केल्विन बोल्ट्ज़मान नियतांक (Boltzmann constant) k = 1.380 649 × 10^{-23} J/K** से; **मोल आवोगाद्रो नियतांक (Avogadro constant) N_A = 6.022 140 76 × 10^{23} mol^{-1}** से।

★★★ **सेकंड** = **सीज़ियम-133** परमाणु के विकिरण के **9 192 631 770** दोलनों का समय (1967 से परमाणु घड़ी वाली परिभाषा)।

★★ **मीटर** = निर्वात में प्रकाश द्वारा **1/299 792 458 सेकंड** में तय दूरी (1983 से), इसलिए प्रकाश की चाल ठीक 299 792 458 m/s है।

★ **कैंडेला** 540 THz हरे प्रकाश की ज्योति दक्षता, 683 lm/W, से तय (1979 से)।

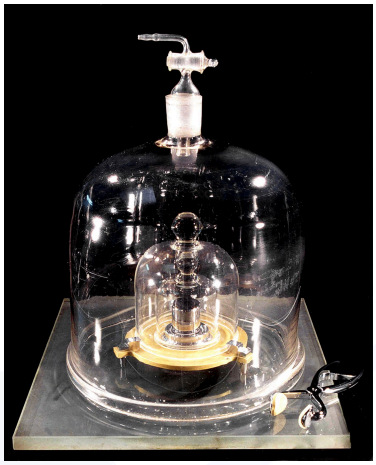
★ **किबल तुला (Kibble balance)**: वह मशीन जो किसी द्रव्यमान के भार को विद्युतचुंबकीय बल से संतुलित करती है और किलोग्राम को h से जोड़ती है।

★★ **28वाँ CGPM (अक्टूबर 2026)**: सेकंड अब भी **सीज़ियम-133** घड़ी से परिभाषित है; नई परिभाषा का प्रस्ताव, जिसके **प्रकाशिक घड़ियों (Optical clocks)** पर आधारित होने की आशा है, **29वें CGPM (2030)** में रखा जाना है।

★★ **लीप सेकंड का अंत**: 2026 के CGPM ने **20 मई 2027 से UTC को निरंतर** बना दिया, अतः अब लीप सेकंड नहीं जोड़े जाएँगे; UT1 और UTC के बीच एक घंटे तक का अंतर आ सकता है।

★ **पूरक मात्रक (Supplementary units)** (पुराना शब्द): **रेडियन** (समतल कोण) और **स्टेरेडियन** (घन कोण); 1995 से इन्हें विमाहीन व्युत्पन्न मात्रक माना जाता है। 1 rad ≈ 57.3°।

★ **पुरानी पद्धतियाँ**: CGS (सेंटीमीटर-ग्राम-सेकंड), FPS (फुट-पाउंड-सेकंड, ब्रिटिश), MKS (मीटर-किलोग्राम-सेकंड, SI की जननी)।



अंतरराष्ट्रीय प्रोटोटाइप किलोग्राम ('ल ग्रां के', Le Grand K): पेरिस के पास काँच के दो घंटीनुमा आवरणों के नीचे रखा प्लैटिनम-इरिडियम का बेलन। 1889 से 20 मई 2019 तक किलोग्राम इसी से परिभाषित था; अब प्लांक नियतांक से होता है। चित्र: BIPM, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 IGO

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 'किलोग्राम अब भी फ्रांस में रखे धातु के बेलन से परिभाषित है' 2019 से गलत है। 'द्रव्यमान, लंबाई और समय ही मूल राशियाँ हैं' गलत है: SI में सात हैं। बल और वेग कभी मूल राशियाँ नहीं होते।

☑ झटपट जाँच

1. 20 मई 2019 से किलोग्राम किस नियतांक से तय होता है?
2. सेकंड किस परमाणु के विकिरण से परिभाषित है?
3. कौन-से दो SI मूल मात्रक व्यक्तियों के नाम पर हैं?

उत्तर: 1. प्लांक नियतांक h · 2. सीज़ियम-133 (9 192 631 770 दोलन) · 3. ऐम्पियर और केल्विन

व्युत्पन्न मात्रक और वैज्ञानिकों के नाम पर मात्रक

न्यूटन = kg m s⁻²

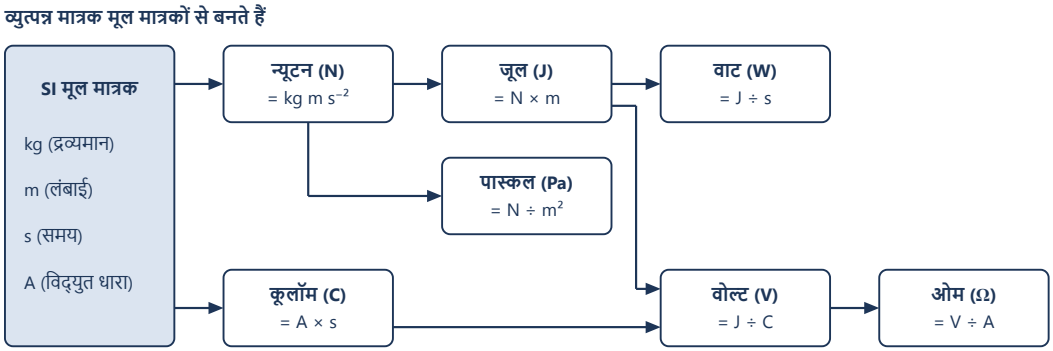
टेस्ला = N A⁻¹ m⁻¹

ग्रे बनाम सीवर्ट

ल्यूमेन बनाम लक्स

विकृति: कोई मात्रक नहीं

व्युत्पन्न मात्रक (Derived unit) मूल मात्रकों के एक समूह का छोटा नाम है। न्यूटन बस kg m s^{-2} है; वाट बस जूल प्रति सेकंड है। बाईस व्युत्पन्न मात्रकों के विशेष नाम हैं, और उनमें से अधिकांश किसी वैज्ञानिक का सम्मान करते हैं। पूरा नाम छोटे अक्षरों में लिखा जाता है (newton, watt); व्यक्ति के नाम से बना प्रतीक बड़े अक्षर से लिखा जाता है (N, W, Pa)।



व्युत्पन्न मात्रक मूल मात्रकों के समूहों के छोटे नाम हैं: न्यूटन = kg m s^{-2}; जूल = न्यूटन × मीटर और वाट = जूल प्रति सेकंड; वोल्ट = जूल प्रति कूलॉम और ओम = वोल्ट प्रति ऐम्पियर।

विशेष नाम वाले SI व्युत्पन्न मात्रक ★★★

राशि	मात्रक (प्रतीक)	अन्य मात्रकों में	नाम किसके नाम पर
बल	न्यूटन (N)	kg m s^{-2}	आइज़क न्यूटन (Isaac Newton)
कार्य, ऊर्जा, ऊष्मा	जूल (J)	N m	जेम्स प्रेस्कॉट जूल (James Prescott Joule)
शक्ति (विद्युत शक्ति सहित)	वाट (W)	J/s	जेम्स वाट (James Watt)
दाब, प्रतिबल	पास्कल (Pa)	N/m^2	ब्लेज़ पास्कल (Blaise Pascal)
आवृत्ति	हर्ट्ज़ (Hz)	s^{-1} (चक्र प्रति सेकंड)	हाइनरिख हर्ट्ज़ (Heinrich Hertz)
विद्युत आवेश	कूलॉम (C)	A s	चार्ल्स-ऑगस्टिन द कूलॉम (Charles-Augustin de Coulomb)
विभवांतर, विद्युत वाहक बल (emf)	वोल्ट (V)	J/C = W/A	एलेसांद्रो वोल्टा (Alessandro Volta)
प्रतिरोध	ओम (Ω)	V/A	जॉर्ज साइमन ओम (Georg Simon Ohm)
चालकत्व	सीमेंस (S)	Ω^{-1} (पुराना नाम म्हो)	वर्नर वॉन सीमेंस (Werner von Siemens)
धारिता	फैराड (F)	C/V	माइकल फैराडे (Michael Faraday)
चुंबकीय फ्लक्स	वेबर (Wb)	V s	विल्हेम वेबर (Wilhelm Weber)
चुंबकीय क्षेत्र (फ्लक्स घनत्व)	टेस्ला (T)	Wb/m^2 = N A^{-1} m^{-1}	निकोला टेस्ला (Nikola Tesla)
प्रेरकत्व	हेनरी (H)	Wb/A	जोसेफ़ हेनरी (Joseph Henry)
सेल्सियस ताप	डिग्री सेल्सियस (°C)	K − 273.15	एंडर्स सेल्सियस (Anders Celsius)
रेडियोधर्मिता (सक्रियता)	बेकरेल (Bq)	एक विघटन प्रति सेकंड	हेनरी बेकरेल (Henri Becquerel)
अवशोषित विकिरण मात्रा	ग्रे (Gy)	J/kg	लुई हेरोल्ड ग्रे (Louis Harold Gray)
तुल्य मात्रा (जैविक प्रभाव)	सीवर्ट (Sv)	J/kg	रॉल्फ़ सीवर्ट (Rolf Sievert)
ज्योति फ्लक्स	ल्यूमेन (lm)	cd sr	लैटिन 'प्रकाश'
प्रदीप्ति	लक्स (lx)	lm/m^2	लैटिन 'प्रकाश'
उत्प्रेरक सक्रियता	कैटल (kat)	mol/s	यूनानी 'घोलना'
समतल कोण / घन कोण	रेडियन (rad) / स्टेरेडियन (sr)	विमाहीन	-

★★★ **F = BIL से टेस्ला**: तार पर बल = क्षेत्र × धारा × लंबाई, अतः B = F/(IL) और **1 T = 1 N A^{-1} m^{-1}** (न्यूटन प्रति ऐम्पियर-मीटर)। साथ ही 1 T = 1 Wb/m^2 = **10^4 गॉस**।

★★★ **वाट** हर प्रकार की शक्ति का मात्रक है, विद्युत शक्ति का भी: P = VI, अतः 1 W = 1 V × 1 A।

★★★ **हर्ट्ज़** = एक चक्र प्रति सेकंड; यह किसी भी तरंग या कंपन की आवृत्ति मापता है (ध्वनि, भारत में 50 Hz की AC मेन्स, रेडियो)।

★★ **ग्रे बनाम सीवर्ट**: दोनों J/kg हैं। ग्रे अवशोषित कच्ची ऊर्जा है; सीवर्ट उसे जीवित ऊतक को होने वाली हानि के अनुसार तौलता है।

★★ **ल्यूमेन बनाम लक्स**: ल्यूमेन = स्रोत द्वारा दिया गया कुल प्रकाश; लक्स = हर वर्ग मीटर पर पड़ने वाला प्रकाश (प्रदीप्ति)। LED बल्ब ल्यूमेन में आँके जाते हैं; लक्स मीटर कमरे की रोशनी जाँचता है।

★★ **कूलॉम** = 1 ऐम्पियर द्वारा 1 सेकंड में प्रवाहित आवेश; एक कूलॉम ≈ 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन।

सामान्य राशियाँ जिनके मात्रकों का कोई विशेष नाम नहीं ★★

राशि	SI मात्रक
वेग, चाल	m/s
त्वरण	m/s^2
संवेग, आवेग	kg m/s = N s
बल-आघूर्ण (Torque)	N m (कभी J नहीं लिखा जाता)
पृष्ठ तनाव (Surface tension)	N/m
श्यानता (गुणांक)	Pa s (CGS: पॉइज़; 1 Pa s = 10 पॉइज़)
घनत्व	kg/m^3
विशिष्ट ऊष्मा धारिता	J kg^{-1} K^{-1}
गुप्त ऊष्मा	J/kg
ऊष्मा चालकता	W m^{-1} K^{-1}
प्रतिरोधकता	Ω m (ओम-मीटर)
विद्युत क्षेत्र	N/C = V/m
कोणीय वेग	rad/s
जड़त्व आघूर्ण	kg m^2
लेंस की क्षमता	डायॉप्टर (D) = m^{-1}
यंग प्रत्यास्थता गुणांक	Pa (N/m^2)
ध्वनि तीव्रता	W/m^2 (स्तर डेसिबल में)

★★★ **बिना मात्रक वाली (विमाहीन) राशियाँ**: **विकृति (Strain)** (लंबाई में परिवर्तन ÷ मूल लंबाई), अपवर्तनांक, आपेक्षिक घनत्व (विशिष्ट गुरुत्व), घर्षण गुणांक, पॉयसन अनुपात, आपेक्षिक विद्युतशीलता (परावैद्युतांक), मैक संख्या, दक्षता।

★★★ **प्रतिबल और दाब** दोनों बल प्रति क्षेत्रफल हैं, इसलिए दोनों **पास्कल** में मापे जाते हैं। विकृति का कोई मात्रक नहीं क्योंकि वह दो लंबाइयों का अनुपात है।

याद रखें: प्रकाश के मात्रक (कैंडेला, ल्यूमेन, लक्स) 'बिना नाम' वाला परिवार हैं: इनमें से कोई किसी व्यक्ति के नाम पर नहीं। विद्युत के मात्रक 19वीं सदी के विद्युत अग्रदूतों की हाज़िरी जैसे लगते हैं: वोल्टा (वोल्ट), ओम (ओम), फैराडे (फैराड), हेनरी (हेनरी), और चुंबकीय मात्रकों के लिए वेबर और टेस्ला।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** बल-आघूर्ण और कार्य दोनों का मात्रक N m है, पर बल-आघूर्ण कभी जूल में नहीं लिखा जाता। 'ओम-मीटर प्रतिरोध का मात्रक है' गलत है: ओम-मीटर प्रतिरोधकता का मात्रक है। 'सीमेंस प्रतिरोध मापता है' गलत है: यह चालकत्व (प्रतिरोध का उलटा) मापता है।

☑ झटपट जाँच

1. टेस्ला को न्यूटन, ऐम्पियर और मीटर में लिखिए।
2. ओम-मीटर प्रतिरोध का मात्रक है या प्रतिरोधकता का?
3. ऐसी एक राशि बताइए जिसका कोई मात्रक नहीं।

उत्तर: 1. 1 T = 1 N A^{-1} m^{-1} (F = BIL से) · 2. प्रतिरोधकता का · 3. विकृति (अपवर्तनांक, आपेक्षिक घनत्व भी)

SI उपसर्ग

किलो से टेरा

मिली से पिको

रोना, क्वेटा (2022)

M बनाम m

उपसर्ग (Prefixes) एक ही मात्रक को परमाणु से आकाशगंगा तक, शून्यों की लंबी कतार के बिना, ले जाते हैं। किलो से ऊपर और मिली से नीचे हर सीढ़ी 1000 गुने की है। **नवंबर 2022** में 27वें CGPM ने चार नए उपसर्ग जोड़े क्योंकि डेटा भंडारण योटा से आगे बढ़ रहा था।

SI उपसर्ग: हर सीढ़ी ×1000

बड़े: नाम के अंत में -a

क्वेटा (Q)	10^{30} (2022)
रोना (R)	10^{27} (2022)
योटा (Y)	10^{24}
ज़ेटा (Z)	10^{21}
एक्सा (E)	10^{18}
पेटा (P)	10^{15}
टेरा (T)	10^{12}
गीगा (G)	10^{9}
मेगा (M)	10^{6}
किलो (k)	10^{3}

छोटे: नाम के अंत में -o

क्वेक्टो (q)	10^{-30} (2022)
रोंटो (r)	10^{-27} (2022)
योक्टो (y)	10^{-24}
ज़ेप्टो (z)	10^{-21}
एटो (a)	10^{-18}
फेम्टो (f)	10^{-15}
पिको (p)	10^{-12}
नैनो (n)	10^{-9}
माइक्रो (μ)	10^{-6}
मिली (m)	10^{-3}

बीच में: हेक्टो (h) 10^{2} · डेका (da) 10^{1} · डेसी (d) 10^{-1} · सेंटी (c) 10^{-2}
मेगा और उससे ऊपर के प्रतीक बड़े अक्षर में; किलो का प्रतीक छोटा k

बड़े उपसर्गों के नाम -a पर, छोटे उपसर्गों के -o पर खत्म होते हैं। लाल रंग वाले चार 2022 में जोड़े गए।

★★★ **रोज़मर्रा के उपसर्ग**: किलो 10^{3}, मेगा 10^{6}, गीगा 10^{9}, टेरा 10^{12}; मिली 10^{-3}, माइक्रो 10^{-6}, नैनो 10^{-9}, पिको 10^{-12}।

★★ **अगले उपसर्ग**: पेटा 10^{15}, एक्सा 10^{18}, ज़ेटा 10^{21}, योटा 10^{24}; फेम्टो 10^{-15}, एटो 10^{-18}, ज़ेप्टो 10^{-21}, योक्टो 10^{-24}।

★★ **2022 में जोड़े गए: रोना (R) 10^{27}, क्वेटा (Q) 10^{30}, रोंटो (r) 10^{-27}, क्वेक्टो (q) 10^{-30}**। पृथ्वी का द्रव्यमान लगभग 6 रोनाग्राम है; इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान लगभग 1 रोंटोग्राम।

★ **हेक्टो 10^{2}, डेका 10^{1}, डेसी 10^{-1}, सेंटी 10^{-2}**: केवल यही उपसर्ग 1000 की घात नहीं हैं (हेक्टेयर, डेसिबल, सेंटीमीटर)।

★ **प्रतीक का अक्षर-रूप मायने रखता है**: M (मेगा) बनाम m (मिली); P (पेटा) बनाम p (पिको)। 1 mW वाट का हज़ारवाँ भाग है; 1 MW दस लाख वाट है।

याद रखें: बड़ी सीढ़ी: Kind Men Give Tea, People Enjoy Zesty Yellow Rich Quality (किलो, मेगा, गीगा, टेरा, पेटा, एक्सा, ज़ेटा, योटा, रोना, क्वेटा)। छोटी सीढ़ी: My Mother Never Prepares Food After Zero Yoga, Really Quickly (मिली, माइक्रो, नैनो, पिको, फेम्टो, एटो, ज़ेप्टो, योक्टो, रोंटो, क्वेक्टो)। हर शब्द का पहला अक्षर क्रम से एक उपसर्ग है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** माइक्रो 10^{-6} (दस लाखवाँ भाग) है, 10^{-9} नहीं; नैनो 10^{-9} है। फेम्टो (10^{-15}) नाभिक का 'फर्मी' आकार है। 'गीगा' बाइट 10^{9} है, 'टेरा' 10^{12}।

☑ झटपट जाँच

1. माइक्रो या नैनो: कौन-सा 10^{-6} है?
2. 2022 में कौन-से चार उपसर्ग जोड़े गए?
3. 1 MW, 1 mW का कितने गुना है?

उत्तर: 1. माइक्रो (नैनो 10^{-9} है) · 2. रोना, क्वेटा, रोंटो, क्वेक्टो · 3. 10^{9} गुना

परीक्षाओं के प्रिय गैर-SI और पारंपरिक मात्रक

प्रकाश-वर्ष: दूरी

AU < ly < पारसेक

कैरेट बनाम कैरट

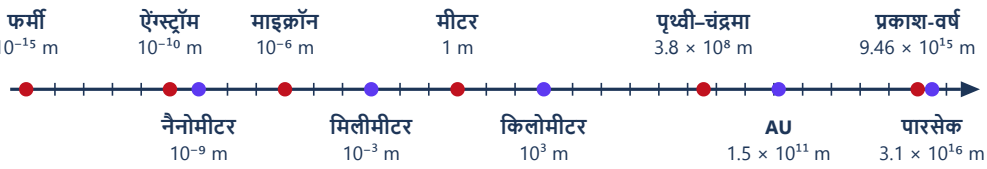
kWh = 3.6 × 10^{6} J

नॉट: चाल

डेसिबल

कई पुराने या विशेष मात्रक इसलिए बचे हैं क्योंकि वे अपने काम के लिए उपयुक्त हैं: खगोलविदों को विशाल लंबाइयाँ चाहिए, जौहरियों को बहुत छोटे द्रव्यमान, नाविक पृथ्वी की अपनी वक्रता से मापते हैं। परीक्षाएँ पूछती हैं कि हर मात्रक क्या मापता है, इसलिए इन्हें परिवार के अनुसार याद करें।

लंबाई के मात्रक एक सीढ़ी पर (हर निशान = ×10)



नाभिक ~ फर्मी · परमाणु ~ ऐंग्स्ट्रॉम · जीवाणु ~ माइक्रॉन · तारे ~ प्रकाश-वर्ष और पारसेक

नाभिक से तारों तक: फर्मी < ऐंग्स्ट्रॉम < नैनोमीटर < माइक्रॉन < … < AU < प्रकाश-वर्ष < पारसेक।

लंबाई और दूरी ★★★

मात्रक	मान	किसके लिए
प्रकाश-वर्ष (Light-year, ly)	प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय दूरी ≈ 9.46×10^{15} m ≈ 9.46×10^{12} km	तारों की दूरियाँ
खगोलीय इकाई (Astronomical unit, AU)	पृथ्वी–सूर्य की माध्य दूरी ≈ 1.496×10^{11} m ≈ 150 मिलियन km	सौरमंडल की दूरियाँ
पारसेक (Parsec, pc)	≈ 3.26 ly ≈ 3.09×10^{16} m ≈ 206 265 AU	तारों और आकाशगंगाओं की दूरियाँ
ऐंग्स्ट्रॉम (Ångström, Å)	10^{-10} m = 0.1 nm	प्रकाश, एक्स-किरणों की तरंगदैर्ध्य; परमाणुओं का आकार
फर्मी (फेम्टोमीटर, fm)	10^{-15} m	नाभिक का आकार
माइक्रॉन (माइक्रोमीटर, µm)	10^{-6} m	कोशिकाएँ, जीवाणु, धूल (PM2.5 = ≤ 2.5 µm के कण)
नैनोमीटर (nm)	10^{-9} m = 10 Å	दृश्य प्रकाश 400–700 nm; चिप प्रौद्योगिकी
समुद्री मील (Nautical mile)	ठीक 1852 m (1.852 km)	समुद्री और हवाई नौवहन; अक्षांश का एक मिनट
मील (स्टैच्यूट)	≈ 1.609 km	सड़क की दूरी (ब्रिटेन, अमेरिका)
फैदम (Fathom)	6 फुट ≈ 1.83 m	पानी की गहराई
फुट / इंच / गज	1 ft = 12 in = 30.48 cm; 1 in = 2.54 cm; 1 yd = 3 ft = 0.9144 m	रोज़मर्रा की लंबाई

★★★ **प्रकाश-वर्ष दूरी मापता है, समय नहीं।** प्रकाश हर सेकंड लगभग 3×10^5 km चलता है; एक वर्ष में यह लगभग 9.46×10^{12} km हो जाता है।

★★★ **खगोलविद प्रकाश-वर्ष क्यों प्रयोग करते हैं**: **निर्वात में प्रकाश की चाल हर जगह और हमेशा समान** रहती है, इसलिए यह विशाल दूरियों के लिए एक आदर्श, न बदलने वाला पैमाना है।

★★★ **आकार का क्रम**: AU < प्रकाश-वर्ष < पारसेक। 1 ly ≈ 63 000 AU; 1 pc ≈ 3.26 ly।

★★ **पारसेक** = 'एक आर्क-सेकंड का लंबन (parallax)': वह दूरी जहाँ से 1 AU केवल 1 आर्क-सेकंड चौड़ा दिखे।

★★ सूर्य के बाद **सबसे निकट तारा**, प्रॉक्सिमा सेंटॉरी (Proxima Centauri), लगभग 4.2 ly दूर है; सूर्य के प्रकाश को पृथ्वी तक (1 AU) पहुँचने में लगभग 8 मिनट 20 सेकंड लगते हैं।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 'प्रकाश-वर्ष समय का मात्रक है' और 'प्रकाश-वर्ष चाल का मात्रक है' दोनों गलत हैं: यह दूरी है। UPSC 2021 में पूछा गया कारण प्रकाश की चाल का स्थिर रहना था, यह नहीं कि तारे स्थिर रहते हैं: तारों की दूरियाँ बदलती हैं, और भारी पिंडों के पास प्रकाश मुड़ता भी है।

द्रव्यमान, आयतन, क्षेत्रफल ★★

मात्रक	मान	टिप्पणी
कैरेट (Carat, ct)	200 mg = 0.2 g	हीरे और रत्नों का द्रव्यमान
कैरट (Karat, K)	24 में से सोने के भाग	सोने की शुद्धता: 24K शुद्ध, 22K ≈ 91.6%, 18K = 75%
क्विंटल / टन	100 kg / 1000 kg	फ़सल (क्विंटल), माल ढुलाई (टन)
परमाणु द्रव्यमान मात्रक (u, डाल्टन)	≈ 1.66×10^{-27} kg	कार्बन-12 परमाणु का 1/12
तोला	≈ 11.66 g	सोने और चाँदी के लिए पारंपरिक भारतीय मात्रक
पाउंड (lb)	≈ 0.4536 kg	ब्रिटिश द्रव्यमान
लीटर (L)	1 dm^3 = 1000 cm^3; 1 m^3 = 1000 L	1 mL = 1 cm^3 (cc)
बैरल (तेल)	42 US गैलन ≈ 159 लीटर	कच्चे तेल का व्यापार
गैलन	US ≈ 3.785 L; इंपीरियल ≈ 4.546 L	अमेरिका/ब्रिटेन में ईंधन
हेक्टेयर (ha)	10 000 m^2	भूमि; 1 ha ≈ 2.47 एकड़
एकड़	≈ 4047 m^2	भूमि

याद रखें: C वाला Carat, Crystal (हीरा, एक द्रव्यमान) के लिए। K वाला Karat, Kangan (सोने का कंगन, 24 में से शुद्धता) के लिए। 22K हॉलमार्क वाले गहनों पर 916 अंकित होता है: 22 ÷ 24 = 0.916।

ऊर्जा, शक्ति और दाब ★★★

मात्रक	SI में मान	टिप्पणी
किलोवाट-घंटा (kWh) = बिजली की 1 'यूनिट'	3.6×10^6 J	1000 W, 3600 s तक; आपका बिजली बिल
कैलोरी (cal)	≈ 4.186 J (≈ 4.2 J)	ऊष्मा; भोजन की 'Calorie' (kcal) = 1000 cal
इलेक्ट्रॉन-वोल्ट (eV)	1.602×10^{-19} J	परमाणु और नाभिकीय ऊर्जा; MeV, GeV
अर्ग (CGS)	10^{-7} J	1 J = 10^7 अर्ग
ब्रिटिश थर्मल यूनिट (BTU)	≈ 1055 J	हीटिंग, एयर कंडीशनर
अश्वशक्ति (hp)	≈ 746 W	इंजन, मोटर, पंप
टन ऑफ़ रेफ्रिजरेशन	≈ 3.5 kW शीतलन	AC की क्षमता ('1.5 टन का AC')
डाइन (CGS बल)	10^{-5} N	1 N = 10^5 डाइन
किलोग्राम-भार (kgf)	≈ 9.8 N	दाब का मात्रक kgf/cm^2 ≈ 0.98 bar
बार	10^5 Pa	मौसम: 1 मिलीबार = 1 hPa = 100 Pa
मानक वायुमंडल (atm)	101 325 Pa ≈ 1.013 bar	= पारे के 760 mm
टॉर (Torr)	1/760 atm ≈ 133 Pa	≈ 1 mm Hg; निर्वात कार्य
mm Hg (पारे का mm)	≈ 133 Pa	रक्तचाप (120/80 mm Hg)
psi (पाउंड प्रति वर्ग इंच)	≈ 6.9 kPa	टायर का दाब (30–35 psi)

★★★ **kWh से जूल**: 1 kWh = 1000 W × 3600 s = **3.6×10^6 J**। उदाहरण: 250 यूनिट = 250 × 3.6 × 10^6 = **9×10^8 J**।

★★★ **kWh ऊर्जा है, kW शक्ति।** मीटर खर्च हुई ऊर्जा गिनता है; हीटर पर लिखी रेटिंग (2 kW) उसकी शक्ति है।

★★★ **दाब (Pressure)** = बल ÷ क्षेत्रफल; SI मात्रक **पास्कल (N/m²)**। 'kg/cm²' वस्तुतः द्रव्यमान प्रति क्षेत्रफल है; दाब का मात्रक **kgf/cm²** (किलोग्राम-भार प्रति वर्ग सेंटीमीटर) है। अतः यदि विकल्प केवल kg/cm², kg/cm, kg/mm और kg/cm³ हों, तो उत्तर **इनमें से कोई नहीं** है: हर एक द्रव्यमान का मात्रक है जिसे लंबाई, क्षेत्रफल या आयतन से भाग दिया गया है।

★★ **इलेक्ट्रॉन-वोल्ट** ऊर्जा है, आवेश या वोल्टता नहीं: एक इलेक्ट्रॉन 1 वोल्ट से गुज़रकर जितनी ऊर्जा पाता है।

आसपास देखें: 1.5 kW का गीज़र 2 घंटे चले तो 1.5 × 2 = 3 kWh = 3 यूनिट = 3 × 3.6 × 10^6 = 1.08 × 10^7 J खर्च होते हैं।

विद्युत, चुंबकत्व, विकिरण, ध्वनि, चाल ★★

मात्रक	क्या मापता है	मान / टिप्पणी
गॉस (G)	चुंबकीय क्षेत्र (CGS)	1 T = 10^4 G; पृथ्वी का क्षेत्र ≈ 0.25–0.65 G
मैक्सवेल	चुंबकीय फ्लक्स (CGS)	1 Wb = 10^8 मैक्सवेल
क्यूरी (Ci)	रेडियोधर्मिता	3.7 × 10^{10} Bq (1 g रेडियम की सक्रियता)
रैड / रेम	अवशोषित मात्रा / तुल्य मात्रा	1 रैड = 0.01 Gy; 1 रेम = 0.01 Sv
रॉन्टजन (R)	एक्स-किरण और गामा उद्भासन (वायु का आयनन)	पुराना मात्रक
डेसिबल (dB)	प्रबलता (ध्वनि स्तर)	लघुगणकीय; +10 dB = 10 × तीव्रता
मैक संख्या	चाल ÷ ध्वनि की चाल	कोई मात्रक नहीं; 20 °C पर वायु में Mach 1 ≈ 343 m/s ≈ 1235 km/h
नॉट (Knot)	जहाज़ों और विमानों की चाल	1 समुद्री मील प्रति घंटा = 1.852 km/h
rpm	घूर्णन चाल	चक्कर प्रति मिनट (टैकोमीटर पर पढ़ा जाता है)
डॉबसन इकाई (DU)	ओज़ोन स्तंभ की मोटाई	1 DU = 0 °C और 1 atm पर शुद्ध ओज़ोन की 0.01 mm परत
क्यूसेक / क्यूमेक	नदी या नहर का प्रवाह	घन फुट प्रति सेकंड (≈ 28.3 L/s) / घन मीटर प्रति सेकंड
बार्न	नाभिकीय अनुप्रस्थ काट (क्षेत्रफल)	10^{-28} m²

★★★ **डेसिबल (Decibel)** (**बेल** का दसवाँ भाग, अलेक्ज़ेंडर ग्राहम बेल (Alexander Graham Bell) के नाम पर): 0 dB = सबसे धीमी सुनाई देने वाली ध्वनि; फुसफुसाहट ≈ 30 dB; बातचीत ≈ 60 dB; लगभग 85 dB से ऊपर लंबे समय तक रहने से सुनने की क्षमता को हानि; दर्द लगभग 120–130 dB पर।

★★ **मैक**: अवध्वनिक (subsonic) < Mach 1 < पराध्वनिक (supersonic); Mach 5 से ऊपर अतिध्वनिक (hypersonic)। मैक संख्या का कोई मात्रक नहीं।

★★ **नॉट चाल है**, न दूरी और न रस्सी की लंबाई: 20 नॉट ≈ 37 km/h।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** जो जोड़े आपस में बदल दिए जाते हैं: कैरेट (द्रव्यमान) बनाम कैरट (शुद्धता); नॉट (चाल) बनाम समुद्री मील (दूरी); kWh (ऊर्जा) बनाम kW (शक्ति); eV (ऊर्जा) बनाम वोल्ट (विभव); गॉस बनाम टेस्ला (एक ही राशि, 1 T = 10 000 G); डेसिबल प्रबलता मापता है, हर्ट्ज़ तारत्व (आवृत्ति)।

☑ झटपट जाँच

1. प्रकाश-वर्ष _____ का मात्रक है।
2. प्रकाश-वर्ष तारों की दूरी का अच्छा पैमाना क्यों है?
3. 1 kWh कितने जूल है?

उत्तर: 1. दूरी (≈ 9.46×10^{15} m) · 2. निर्वात में प्रकाश की चाल हर जगह और हमेशा समान है · 3. 3.6×10^6 J

मुख्य रूपांतरण एक नज़र में

km/h × 5/18

K = °C + 273

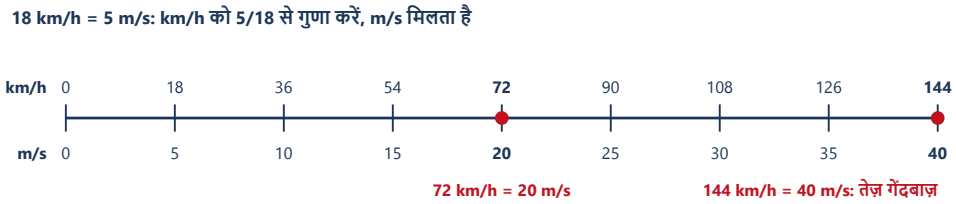
°F = 9/5 °C + 32

−40 °C = −40 °F

37 °C = 98.6 °F

याद रखने योग्य रूपांतरण ★★★

से	में	नियम
km/h	m/s	5/18 से गुणा करें (72 km/h = 20 m/s)
सेल्सियस	केल्विन	K = °C + 273.15 (प्रायः 273)
सेल्सियस	फ़ारेनहाइट	°F = (9/5) °C + 32
शरीर का ताप	-	37 °C = 98.6 °F ≈ 310 K
जल का क्वथन / हिमांक (1 atm)	-	100 °C = 212 °F = 373 K / 0 °C = 32 °F = 273 K
°C और °F पर समान पाठ्यांक	-	−40 °C = −40 °F
1 N	डाइन	10^5 डाइन
1 J	अर्ग	10^7 अर्ग
1 kWh	J	3.6×10^6 J
1 hp	W	≈ 746 W
1 cal	J	≈ 4.186 J
1 atm	Pa / mm Hg	1.013×10^5 Pa / 760 mm Hg
1 T	गॉस	10^4 G
1 इंच / 1 फुट	cm	2.54 cm / 30.48 cm
1 मील / 1 समुद्री मील	km	1.609 km / 1.852 km
1 rad	डिग्री	≈ 57.3°



पैमाने पर बनी चाल की रेखा: km/h का हर निशान ठीक अपने m/s मान के ऊपर है। हर 18 km/h = 5 m/s, इसलिए 72 km/h = 20 m/s और 144 km/h की गेंद 40 m/s है।

याद रखें: चाल की तरकीब: '18 km/h = 5 m/s'। 144 km/h से गेंद फेंकने वाला क्रिकेट गेंदबाज़ 40 m/s से गेंद फेंक रहा है। और −40 वह अकेला ताप है जहाँ सेल्सियस और फ़ारेनहाइट 'हाथ मिलाते' हैं।

☑ झटपट जाँच

1. 72 km/h कितने m/s है?
2. किस ताप पर सेल्सियस और फ़ारेनहाइट एक ही पाठ्यांक देते हैं?
3. शरीर का ताप 37 °C लगभग कितने केल्विन है?

उत्तर: 1. 20 m/s (× 5/18) · 2. −40 · 3. ≈ 310 K

संक्षेप में विमाएँ

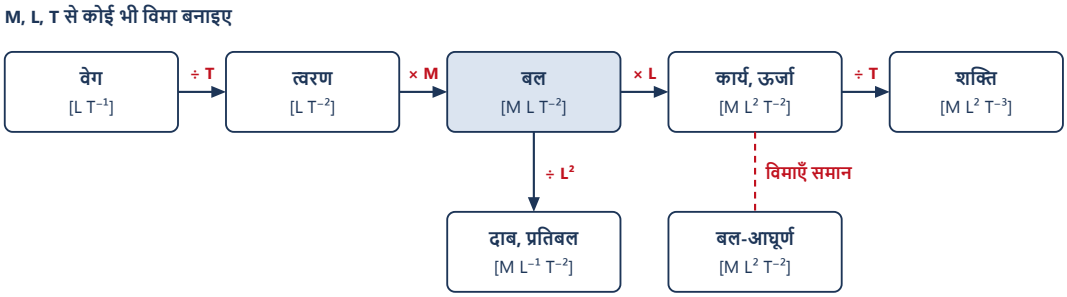
[M L T]

बल [M L T⁻²]

कार्य और बल-आघूर्ण समान

समांगता

किसी राशि को द्रव्यमान [M], लंबाई [L] और समय [T] की घातों में लिखने से पता चलता है कि वह वास्तव में किससे बनी है। सही समीकरण के दोनों पक्षों की विमाएँ (Dimensions) समान होनी चाहिए (समांगता का सिद्धांत), जिससे हम सूत्रों की जाँच और मात्रकों का रूपांतरण जल्दी कर सकते हैं।



हर चरण में एक मूल विमा से गुणा या भाग होता है। कार्य और बल-आघूर्ण की विमाएँ समान [M L² T⁻²] हैं, यद्यपि कार्य अदिश है और बल-आघूर्ण सदिश।

विमीय सूत्र ★★

राशि	विमाएँ	SI मात्रक
वेग	[L T⁻¹]	m/s
त्वरण	[L T⁻²]	m/s²
बल	[M L T⁻²]	N
संवेग, आवेग	[M L T⁻¹]	N s
कार्य, ऊर्जा, बल-आघूर्ण	[M L² T⁻²]	J (बल-आघूर्ण: N m)
शक्ति	[M L² T⁻³]	W
दाब, प्रतिबल, यंग प्रत्यास्थता गुणांक	[M L⁻¹ T⁻²]	Pa
पृष्ठ तनाव, कमानी नियतांक	[M T⁻²]	N/m
आवृत्ति, कोणीय वेग	[T⁻¹]	Hz, rad/s
प्लांक नियतांक, कोणीय संवेग	[M L² T⁻¹]	J s
गुरुत्वाकर्षण नियतांक G	[M⁻¹ L³ T⁻²]	N m² kg⁻²
विकृति, अपवर्तनांक, कोण	[M⁰ L⁰ T⁰]	कोई नहीं

★★ **समान विमाएँ, अलग राशियाँ**: कार्य और बल-आघूर्ण; दाब और प्रतिबल (और प्रति आयतन ऊर्जा); आवेग और संवेग; प्लांक नियतांक और कोणीय संवेग; प्रकाश-वर्ष और तरंगदैर्ध्य (दोनों लंबाई)।

★ **विमीय विश्लेषण की सीमाएँ**: यह शुद्ध संख्या वाले नियतांक (½mv² का ½) नहीं दे सकता और sine, log या घातांकी फलन वाले सूत्रों पर काम नहीं करता।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 'समान विमाओं वाली राशियाँ एक ही भौतिक राशि होनी चाहिए' गलत है: कार्य (अदिश) और बल-आघूर्ण (सदिश) दोनों की विमा $[M\,L^2\,T^{-2}]$ है।

☑ झटपट जाँच

1. बल का विमीय सूत्र?
2. कौन-सी दो अलग राशियों की विमाएँ $[M\,L^2\,T^{-2}]$ हैं?
3. विमाएँ $\frac{1}{2}mv^2$ का $\frac{1}{2}$ क्यों नहीं दे सकतीं?

उत्तर: 1. $[M\,L\,T^{-2}]$ · 2. कार्य (ऊर्जा) और बल-आघूर्ण · 3. शुद्ध संख्याओं की कोई विमा नहीं होती

मापन: अल्पतमांक, वर्नियर, स्क्रू गेज, त्रुटियाँ

अल्पतमांक

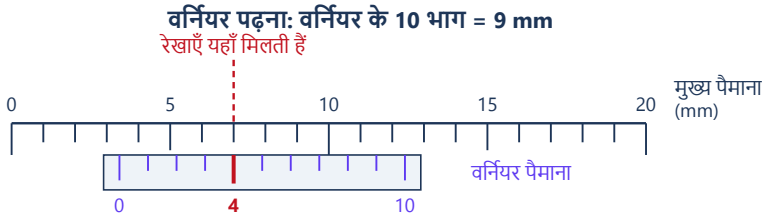
वर्नियर 0.1 mm

स्क्रू गेज 0.01 mm

यथार्थता बनाम परिशुद्धता

क्रमबद्ध बनाम यादृच्छिक

कोई भी यंत्र अपने सबसे छोटे विभाजन से बारीक नहीं पढ़ सकता। वह सबसे छोटा पाठ्यांक उसका **अल्पतमांक (Least count)** है; अल्पतमांक जितना छोटा, यंत्र उतना परिशुद्ध। वर्नियर और स्क्रू गेज दोनों एक चतुर दूसरे पैमाने से मुख्य विभाजन का अंश पढ़ते हैं।



वर्नियर का शून्य मुख्य पैमाने के 3 mm से थोड़ा आगे → मुख्य पाठ्यांक = 3 mm
वर्नियर की 4थी रेखा मुख्य रेखा से मिली → 4 × अल्पतमांक (0.1 mm) = 0.4 mm जोड़ें
पाठ्यांक = 3 + 0.4 = 3.4 mm। अल्पतमांक = 1 mm − 0.9 mm = 0.1 mm

वर्नियर की वह रेखा खोजें जो मुख्य पैमाने की किसी रेखा से मिलती है; उसकी संख्या × 0.1 mm को मुख्य पाठ्यांक में जोड़ें।

सामान्य यंत्रों का अल्पतमांक ★★

यंत्र	अल्पतमांक	सामान्य उपयोग
मीटर पैमाना	1 mm	cm और m में लंबाइयाँ
वर्नियर कैलिपर्स	0.1 mm (0.01 cm)	नली का भीतरी और बाहरी व्यास, गहराई
स्क्रू गेज (माइक्रोमीटर)	0.01 mm (0.001 cm)	तार या चादर की मोटाई
गोलाईमापी (स्फेरोमीटर)	0.01 mm	लेंस या गोलीय सतह की वक्रता (त्रिज्या)
डॉक्टरी थर्मामीटर	0.1 °C	शरीर का ताप, 35–42 °C
डिजिटल स्टॉपवॉच	0.01 s	छोटे समय अंतराल

★★ **वर्नियर कैलिपर्स (Vernier callipers)**: अल्पतमांक = मुख्य पैमाने का 1 भाग − वर्नियर का 1 भाग = 1 mm − 0.9 mm = **0.1 mm**। पियरे वर्नियर (Pierre Vernier) (1631) के नाम पर।

★★ **स्क्रू गेज (Screw gauge)**: अल्पतमांक = चूड़ी अंतराल (पिच) ÷ वृत्तीय पैमाने के भागों की संख्या, जैसे 0.5 mm ÷ 50 = **0.01 mm**; वर्नियर से दस गुना बारीक।

★★ **यथार्थता (Accuracy)** = पाठ्यांक वास्तविक मान के कितना निकट है; **परिशुद्धता (Precision)** = बार-बार लिए गए पाठ्यांक एक-दूसरे के कितने निकट हैं (और अल्पतमांक कितना बारीक है)।

★ **क्रमबद्ध त्रुटि (Systematic error)** (हर बार एक ही दिशा में, जैसे शून्य त्रुटि, गलत अंशांकन) हर पाठ्यांक में उसका सुधार करके हटाई जाती है; **यादृच्छिक त्रुटि (Random error)** (अनिश्चित बिखराव) कई पाठ्यांकों का औसत लेकर घटाई जाती है।

★ **लंबन त्रुटि (Parallax error)**: पैमाने को तिरछे कोण से पढ़ना; आँख को निशान के ठीक ऊपर सीधा रखकर इससे बचें।

★ **सार्थक अंक (Significant figures)**: विश्वसनीय अंक और पहला संदिग्ध अंक; 2.50 m, 2.5 m से अधिक परिशुद्धता का दावा करता है।

याद रखें: डार्टबोर्ड की तस्वीर: डार्ट पास-पास गुच्छे में पर केंद्र से दूर = परिशुद्ध, यथार्थ नहीं। डार्ट केंद्र के चारों ओर बराबर बिखरे = औसत में यथार्थ, परिशुद्ध नहीं। केंद्र पर गुच्छा = दोनों।

झटपट जाँच

1. वर्नियर कैलिपर्स और स्क्रू गेज का अल्पतमांक?
2. डार्ट पास-पास गुच्छे में पर केंद्र से दूर: यथार्थ या परिशुद्ध?
3. कई पाठ्यांकों का औसत लेने से कौन-सी त्रुटि घटती है?

उत्तर: 1. 0.1 mm; 0.01 mm · 2. परिशुद्ध, यथार्थ नहीं · 3. यादृच्छिक त्रुटि

मापक यंत्र: कौन क्या मापता है

-मीटर, -स्कोप, -ग्राफ

हाइग्रोमीटर बनाम हाइड्रोमीटर

लैक्टोमीटर: दूध

ओडोमीटर बनाम स्पीडोमीटर

ऐमीटर: श्रेणी में

डायनेमो बनाम डायनेमोमीटर

अधिकांश यंत्रों के नाम यूनानी या लैटिन मूल शब्द और '-meter' (मापना), '-scope' (देखना) या '-graph' (लिखना/रिकॉर्ड करना) से बने हैं। लगभग बीस मूल शब्द सीख लें तो परीक्षक का लगभग हर विकल्प समझ में आ जाएगा।

मूल शब्द से नाम पहचानें ★★

मूल शब्द	अर्थ	यंत्र
hygro-	नमी	हाइग्रोमीटर (Hygrometer): आर्द्रता
hydro-	जल	हाइड्रोमीटर (Hydrometer): द्रवों का घनत्व
lacto-	दूध	लैक्टोमीटर (Lactometer): दूध की शुद्धता
pyro-	अग्नि	पायरोमीटर (Pyrometer): बहुत ऊँचा ताप
baro-	भार, दाब	बैरोमीटर (Barometer): वायुदाब
mano-	पतला (गैस)	मैनोमीटर (Manometer): गैस का दाब
anemo-	पवन	एनीमोमीटर (Anemometer): पवन की चाल
alti-	ऊँचाई	ऑल्टीमीटर (Altimeter): तुंगता
audio-	सुनना	ऑडियोमीटर (Audiometer): श्रवण / ध्वनि स्तर
chrono-	समय	क्रोनोमीटर (Chronometer): समुद्र में सटीक समय
tacho-	चाल	टैकोमीटर (Tachometer): घूर्णन चाल (rpm)
odo-	सड़क, मार्ग	ओडोमीटर (Odometer): तय की गई दूरी
seismo-	कंपन	सिस्मोग्राफ (Seismograph): भूकंपीय तरंगें
sphygmo-	नाड़ी	स्फिग्मोमैनोमीटर (Sphygmomanometer): रक्तचाप
cresco-	मैं बढ़ता हूँ (लैटिन)	क्रेस्कोग्राफ (Crescograph): पौधों की वृद्धि
sacchari-	शर्करा	सैकरीमीटर (Saccharimeter): विलयन में शर्करा
onde (फ्रेंच)	तरंग	ओंडोमीटर (Ondometer): रेडियो तरंगों की आवृत्ति
tele-	दूर	टेलीमीटर (Telemeter): दूर से मापन
dynamo-	शक्ति, बल	डायनेमोमीटर (Dynamometer): बल, बल-आघूर्ण, इंजन की शक्ति

मौसम, पृथ्वी, समुद्र और नौवहन ★★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
बैरोमीटर	वायुमंडलीय दाब	टॉरिसेली (Torricelli), 1643; अचानक गिरावट = तूफ़ान आने वाला, धीमी बढ़त = साफ़ मौसम
बैरोग्राफ (Barograph)	वायुदाब का निरंतर रिकॉर्ड	रिकॉर्ड करने वाला बैरोमीटर
ऑल्टीमीटर	विमान की ऊँचाई (तुंगता)	निर्द्रव (एनरॉयड) बैरोमीटर की तरह काम करता है: ऊँचाई के साथ दाब घटता है
एनीमोमीटर	पवन की चाल	घूमते कप; दिशा पवन-दिक्सूचक (wind vane) बताता है
हाइग्रोमीटर	वायु की आर्द्रता	गीले-और-सूखे बल्ब वाला प्रकार साइक्रोमीटर (psychrometer) है
हाइग्रोस्कोप (Hygroscope)	आर्द्रता में परिवर्तन दिखाता है	केवल संकेत देता है, मापता नहीं
वर्षामापी (उडोमीटर, Udometer)	वर्षा	वर्षा के mm
पायरहेलियोमीटर (Pyrheliometer)	सीधे सौर विकिरण की तीव्रता	भट्ठी का थर्मामीटर नहीं
सिस्मोग्राफ	भूकंपीय तरंगें रिकॉर्ड करता है	रिक्टर पैमाना = परिमाण (magnitude); मरकैली पैमाना = तीव्रता (क्षति)
फैदोमीटर (Fathometer) (प्रतिध्वनि सौंडर)	समुद्र की गहराई	ध्वनि स्पंद की प्रतिध्वनि का समय मापता है (SONAR का विचार)
हिप्सोमीटर (Hypsometer)	समुद्र तल से ऊँचाई	जल के क्वथनांक से
ग्रैविमीटर (Gravimeter)	g में छोटे परिवर्तन	तेल और खनिज की खोज
सेक्सटैंट (Sextant)	क्षितिज से सूर्य या तारे का कोण	समुद्र में अक्षांश ज्ञात करना; दूर की वस्तुओं की ऊँचाई
क्रोनोमीटर	बहुत सटीक समय, विशेषकर जहाज़ों पर	जॉन हैरिसन (John Harrison); सटीक समय से देशांतर मिलता है
कम्पास / जाइरोकम्पास	दिशा	चुंबकीय सुई / घूमता जाइरोस्कोप

द्रव, दाब और पदार्थ ★★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
हाइड्रोमीटर	द्रवों का घनत्व (आपेक्षिक घनत्व)	हल्के द्रव में अधिक गहराई तक डूबता है
लैक्टोमीटर	दूध की शुद्धता (उसका घनत्व)	एक विशेष हाइड्रोमीटर; पानी मिलाने से दूध का घनत्व घटता है
मैनोमीटर	गैसों का दाब (पाइप या पात्र में)	द्रव वाली U-नली
सैकरीमीटर	विलयन में शर्करा की सांद्रता	ध्रुवित प्रकाश के घूर्णन का उपयोग
सैलिनोमीटर (Salinometer)	जल की लवणता (नमक की मात्रा)	समुद्री जल, बॉयलर का पानी
विस्कोमीटर (Viscometer)	द्रवों की श्यानता	इंजन ऑयल, पेंट
रिफ्रैक्टोमीटर (Refractometer)	अपवर्तनांक	फलों के रस में शर्करा, रत्न
स्फेरोमीटर (Spherometer)	गोलीय सतहों की वक्रता	लेंस, दर्पण
वेंचुरीमीटर (Venturimeter)	पाइप में द्रव के प्रवाह की दर	बर्नूली का सिद्धांत
पिटो नली (Pitot tube)	तरल प्रवाह की चाल; विमान की वायु-चाल	बर्नूली का सिद्धांत

ऊष्मा, प्रकाश और विकिरण ★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
थर्मामीटर (तापमापी)	ताप	पारा, ऐल्कोहॉल, डिजिटल
पायरोमीटर	बहुत ऊँचा ताप (भट्ठियाँ, पिघली धातु)	दूर से ऊष्मा विकिरण पढ़ता है
क्रायोमीटर (Cryometer)	बहुत निम्न ताप	cryo = ठंडा
बोलोमीटर (Bolometer)	ऊष्मा (अवरक्त) विकिरण	प्रतिरोध में सूक्ष्म परिवर्तन
कैलोरीमीटर (Calorimeter)	ऊष्मा की मात्रा	विशिष्ट ऊष्मा और गुप्त ऊष्मा के प्रयोग
थर्मोस्टेट (Thermostat)	ताप को स्थिर रखता है	फ्रिज, इस्त्री, गीज़र; नियंत्रित करता है, मापता नहीं
फोटोमीटर (Photometer)	प्रकाश स्रोत की ज्योति तीव्रता	दो लैंपों की तुलना करता है
लक्स मीटर	प्रदीप्ति (सतह पर पड़ने वाला प्रकाश)	लक्स में पढ़ता है
रेडियोमीटर (Radiometer)	विकिरण ऊर्जा की तीव्रता	क्रुक्स रेडियोमीटर प्रकाश में घूमता है
स्पेक्ट्रोस्कोप / स्पेक्ट्रोमीटर	स्पेक्ट्रम: प्रकाश को तरंगदैर्ध्यों में बाँटता है	तारों में तत्वों की पहचान करता है
ओंडोमीटर (तरंगमापी)	विद्युतचुंबकीय (रेडियो) तरंगों की आवृत्ति	onde = तरंग
गाइगर काउंटर (गाइगर–मुलर काउंटर, Geiger–Müller counter)	आयनकारी विकिरण (α, β, γ) का संसूचन और गिनती	हर कण पर क्लिक करता है
डोसीमीटर (Dosimeter)	किसी व्यक्ति को मिली विकिरण मात्रा	एक्स-रे और नाभिकीय कर्मचारी पहनते हैं

विद्युत और चुंबकत्व ★★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
ऐमीटर (Ammeter)	विद्युत धारा	कम प्रतिरोध; श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है
वोल्टमीटर (Voltmeter)	विभवांतर (वोल्टता)	उच्च प्रतिरोध; समांतर क्रम में जोड़ा जाता है
गैल्वेनोमीटर (Galvanometer)	बहुत छोटी धाराओं का संसूचन और मापन	शंट लगाने पर ऐमीटर, श्रेणी प्रतिरोध लगाने पर वोल्टमीटर बनता है
पोटेंशियोमीटर (Potentiometer)	emf और विभवांतर बहुत सटीकता से; emf की तुलना	संतुलन पर धारा नहीं लेता, इसलिए वोल्टमीटर से अधिक सटीक
ओममीटर / मेगर	प्रतिरोध / बहुत उच्च (विद्युतरोधी) प्रतिरोध	-
मल्टीमीटर (AVO मीटर)	धारा, वोल्टता और प्रतिरोध	A-V-O = ऐम्पियर, वोल्ट, ओम
वाटमीटर	विद्युत शक्ति	वाट
ऊर्जा मीटर	खर्च हुई विद्युत ऊर्जा	आपके बिल पर kWh ('यूनिट')
इलेक्ट्रोस्कोप (Electroscope)	विद्युत आवेश का संसूचन	स्वर्ण-पत्र विद्युतदर्शी
इलेक्ट्रोमीटर (Electrometer)	आवेश या विभवांतर	-
ऑसिलोस्कोप (CRO)	संकेत का तरंगरूप दिखाता है	कैथोड-किरण ऑसिलोस्कोप
डायनेमो	यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है	एक जनित्र, मापक यंत्र नहीं
डायनेमोमीटर	इंजन का बल, बल-आघूर्ण या शक्ति	एक मापक यंत्र

वाहन, मशीनें और दूरी ★★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
ओडोमीटर	वाहन द्वारा तय की गई कुल दूरी	डैशबोर्ड पर 'km रीडिंग'
स्पीडोमीटर (Speedometer)	वाहन की तात्क्षणिक चाल	सुई
टैकोमीटर	इंजन या शाफ़्ट की घूर्णन चाल (rpm)	चक्कर गिनने वाला
टेलीमीटर	दूर के स्थान के पाठ्यांक रिकॉर्ड कर भेजता है; सर्वेक्षण में दूरी-मापक	उपग्रह टेलीमेट्री भेजते हैं
स्ट्रोबोस्कोप (Stroboscope)	तेज़ी से घूमती या कंपन करती वस्तुओं को स्थिर दिखाता है	उनकी चाल मापता है
पेडोमीटर (Pedometer)	चले गए कदम	फ़िटनेस बैंड
जाइरोस्कोप (Gyroscope)	दिशा बनाए रखता है / घूर्णन मापता है	विमान, जहाज़, फ़ोन

चिकित्सा और जीवविज्ञान ★★★

यंत्र	क्या मापता / करता है	याद रखें
स्फिग्मोमैनोमीटर	रक्तचाप	सामान्य लगभग 120/80 mm Hg
स्टेथोस्कोप (Stethoscope)	हृदय और फेफड़ों की ध्वनियाँ सुनता है	रेने लैनेक (René Laennec), 1816
कार्डियोग्राफ (इलेक्ट्रोकार्डियोग्राफ, ECG)	हृदय की विद्युत गतिविधि रिकॉर्ड करता है	ECG = इलेक्ट्रोकार्डियोग्राम (ग्राफ़)
ऑडियोमीटर	सुनने की क्षमता; ध्वनि तीव्रता	श्रवण परीक्षण
ऑडियोफोन (Audiophone)	श्रवण यंत्र	सुनने में मदद करता है, मापता नहीं
क्रेस्कोग्राफ	पौधों की वृद्धि	जे.सी. बोस (J.C. Bose) का आविष्कार
काइमोग्राफ (Kymograph)	मांसपेशी की गति, नाड़ी, रक्तचाप का ग्राफ़ीय रिकॉर्ड	शरीर-क्रिया विज्ञान प्रयोगशालाएँ
एंडोस्कोप (Endoscope)	शरीर के भीतर देखता है	प्रकाशिक तंतुओं का उपयोग (पूर्ण आंतरिक परावर्तन)
पल्स ऑक्सीमीटर	रक्त की ऑक्सीजन संतृप्ति	उँगली पर लगाया जाता है
पॉलीग्राफ (Polygraph)	नाड़ी, श्वसन, रक्तचाप एक साथ	'झूठ पकड़ने वाली मशीन'

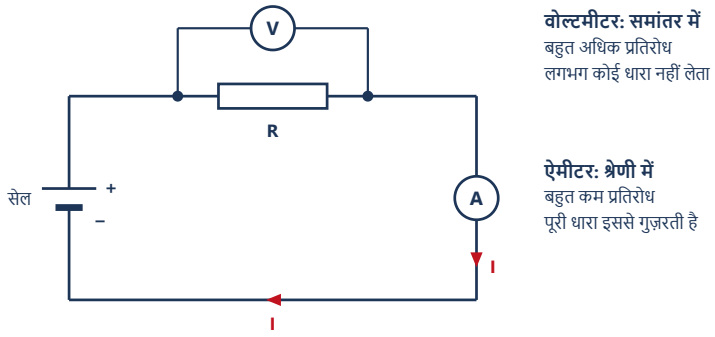
★★★ **ओडोमीटर बनाम स्पीडोमीटर**: ओडोमीटर = तय की गई दूरी (km); स्पीडोमीटर = इस समय की चाल (km/h)। **क्रोनोमीटर** सटीक समय रखता है; **ऐमीटर** धारा मापता है।

★★★ **हाइग्रोमीटर बनाम हाइड्रोमीटर**: hygro = वायु में नमी (आर्द्रता); hydro = जल, अर्थात द्रवों का घनत्व। **लैक्टोमीटर** दूध के लिए हाइड्रोमीटर है।

★★ **ऐमीटर श्रेणी में, वोल्टमीटर समांतर में**: ऐमीटर को पूरी धारा ले जानी होती है, इसलिए उसका प्रतिरोध बहुत कम होता है; वोल्टमीटर को धारा नहीं लेनी चाहिए, इसलिए उसका प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।

★★ **बैरोमीटर बनाम मैनोमीटर**: बैरोमीटर = वायुमंडल का दाब; मैनोमीटर = बंद पात्र या पाइप में गैस का दाब।

★★ **पायरोमीटर बनाम पायरहेलियोमीटर**: पायरोमीटर = भट्ठी का ताप; पायरहेलियोमीटर = सूर्य के प्रकाश की तीव्रता।



ऐमीटर परिपथ के लूप में ही (श्रेणी में) लगता है, इसलिए पूरी धारा इससे गुज़रती है; वोल्टमीटर प्रतिरोध R के सिरों पर (समांतर में) जुड़ता है और लगभग कोई धारा नहीं लेता। धारा I सेल के + सिरे से बाहर निकलती है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** मिलते-जुलते जोड़े: हाइग्रोमीटर (आर्द्रता) / हाइड्रोमीटर (द्रव का घनत्व) / हाइग्रोस्कोप (केवल आर्द्रता में परिवर्तन दिखाता है); डायनेमो (बिजली बनाता है) / डायनेमोमीटर (बल या शक्ति मापता है); ऑल्टीमीटर (ऊँचाई) / ऑडियोमीटर (श्रवण); ओडोमीटर (दूरी) / स्पीडोमीटर (चाल) / टैकोमीटर (rpm); थर्मोस्टेट (नियंत्रित करता है) / थर्मामीटर (मापता है); सिस्मोग्राफ (यंत्र) / रिक्टर पैमाना (एक पैमाना, यंत्र नहीं)।

👁 **आसपास देखें:** आपके स्कूटर का डैशबोर्ड: सुई स्पीडोमीटर है, चलता हुआ km योग ओडोमीटर है, और 'rpm' डायल वाली बाइक में टैकोमीटर होता है। दूधवाले का लैक्टोमीटर शुद्ध दूध में ऊपर तैरता है और पानी मिलाने पर अधिक गहराई तक डूबता है।

झटपट जाँच

1. हाइग्रोमीटर या हाइड्रोमीटर: आर्द्रता कौन मापता है?
2. ऐमीटर श्रेणी में और वोल्टमीटर समांतर में क्यों जोड़ा जाता है?
3. क्रेस्कोग्राफ क्या मापता है, और इसका आविष्कार किसने किया?

उत्तर: 1. हाइग्रोमीटर (हाइड्रोमीटर: द्रवों का घनत्व) · 2. ऐमीटर से पूरी धारा गुज़रनी चाहिए (कम R); वोल्टमीटर लगभग कोई धारा न ले (अधिक R) · 3. पौधों की वृद्धि; जे.सी. बोस

भारत के राष्ट्रीय मानक और भारतीय मानक समय

CSIR-NPL

परमाणु घड़ियाँ

UTC + 5:30

82.5° E, मिर्ज़ापुर

IST नियम 2026

हर देश को अपने किलोग्राम, मीटर और सेकंड का एक भरोसेमंद रखवाला चाहिए, ताकि पटना (Patna) का तराज़ू और चेन्नई (Chennai) का मीटर एक जैसा मापें। भारत में यह रखवाला **CSIR-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (National Physical Laboratory, NPL), नई दिल्ली** है, जो देश का **राष्ट्रीय माप-विज्ञान संस्थान (National Metrology Institute)** है और 1947 में स्थापित हुआ। इसके मानक BIPM से जुड़े (अनुरेखणीय) हैं, इसलिए भारतीय माप पूरी दुनिया में मान्य होते हैं।

★★★ **CSIR-NPL, नई दिल्ली** SI मात्रकों (द्रव्यमान, लंबाई, समय, ताप, धारा, प्रकाश आदि) के भारत के राष्ट्रीय मानकों को साकार करती और बनाए रखती है तथा उनसे यंत्रों का अंशांकन करती है।

★★★ **CSIR-NPL भारतीय मानक समय (Indian Standard Time, IST)** को **परमाणु घड़ियों (सीज़ियम मानकों)** के एक समूह से रखती है, जो BIPM के माध्यम से विश्व समय (UTC) से जुड़ा है।

★★★ **IST = UTC + 5 घंटे 30 मिनट**, जो **82.5° E (82°30′ E) देशांतर रेखा** पर आधारित है; यह रेखा **मिर्ज़ापुर (Mirzapur) (उत्तर प्रदेश)** के पास से गुज़रती है; भारत एक ही समय क्षेत्र प्रयोग करता है।

★★★ **82.5° E** देशांतर रेखा **पाँच राज्यों** से गुज़रती है: **उत्तर प्रदेश, मध्य प्रदेश, छत्तीसगढ़, ओडिशा और आंध्र प्रदेश** (उत्तर से दक्षिण)। ट्रिक: 'U-M-C-O-A'।

★★ **विधिक माप-विज्ञान (भारतीय मानक समय) नियम, 2026 (Legal Metrology (Indian Standard Time) Rules)**: विधिक माप-विज्ञान अधिनियम, 2009 के अंतर्गत उपभोक्ता मामले विभाग द्वारा **अगस्त 2026** में अधिसूचित; ये **IST को** विधिक, प्रशासनिक, वाणिज्यिक और आधिकारिक उपयोग (दूरसंचार, बैंकिंग और भुगतान, बिजली ग्रिड, परिवहन) के लिए **एकमात्र अनिवार्य समय संदर्भ** बनाते हैं; ये राजपत्र में प्रकाशन के 180 दिन बाद लागू होते हैं।

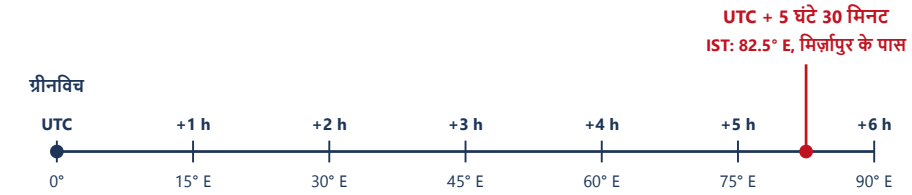
★★ **'एक राष्ट्र, एक समय' (One Nation, One Time)**: IST, CSIR-NPL से पाँच **क्षेत्रीय संदर्भ मानक प्रयोगशालाओं** (अहमदाबाद, बेंगलुरु, भुवनेश्वर, फ़रीदाबाद, गुवाहाटी), इंटरनेट टाइम सर्वरों और **नाविक (NavIC)** उपग्रहों के ज़रिए भेजा जाता है, जिससे विदेशी GPS समय पर निर्भरता घटती है।

★ **राष्ट्रीय प्रोटोटाइप किलोग्राम संख्या 57** (प्लैटिनम-इरिडियम की एक प्रति) CSIR-NPL में रखा है; 2019 से किलोग्राम स्वयं प्लांक नियतांक से परिभाषित है।

★ **भारतीय निर्देशक द्रव्य (BND)**: CSIR-NPL द्वारा परीक्षण प्रयोगशालाओं के लिए जारी भारतीय प्रमाणित संदर्भ पदार्थ (जैसे धातुओं, सीमेंट, प्रदूषण जाँच के लिए)।

★ **मीट्रिक भारत**: भारत 1957 में मीटर कन्वेंशन में शामिल हुआ; बाट और माप मानक अधिनियम, 1956 ने 1958 से मीट्रिक मात्रक प्रयोग में लाए।

★ **विधिक माप-विज्ञान (Legal Metrology)** (व्यापार में प्रयुक्त बाट और माप, पेट्रोल पंप, दुकान के तराज़ू) का प्रशासन उपभोक्ता मामले विभाग और राज्यों के विधिक माप-विज्ञान विभाग करते हैं; **BIS** उत्पाद मानक तय करता है (ISI चिह्न, हॉलमार्किंग)।



पृथ्वी 24 घंटे में 360° घूमती है: 15° = 1 घंटा, 1° = 4 मिनट; 82.5 × 4 = 330 मिनट = 5 घंटे 30 मिनट

IST क्यों UTC + 5:30 है: पृथ्वी हर घंटे 15° घूमती है, इसलिए मिर्ज़ापुर के पास की 82.5° E देशांतर रेखा ग्रीनविच से 82.5 × 4 = 330 मिनट, यानी 5 घंटे 30 मिनट आगे है। दूरियाँ पैमाने पर।

याद रखें: NPL = 'Nation's Precise Lab' (राष्ट्र की सटीक प्रयोगशाला): यह भारत का किलोग्राम, उसका सेकंड और उसकी घड़ी रखती है। IST को 'मिर्ज़ापुर का समय' मानिए, जो ग्रीनविच से 5½ घंटे आगे है।

⚠ परीक्षा में सावधान: IST को CSIR-NPL रखती है, न कि इसरो (ISRO), IMD या BIS। इसरो का नाविक समय संकेत फैलाने में मदद करता है; IMD मौसम का पूर्वानुमान करता है; BIS उत्पाद मानक तय करता है। साथ ही, IST = UTC + 5:30 है, + 5:00 नहीं।

झटपट जाँच

1. भारतीय मानक समय कौन-सी संस्था रखती है?
2. IST, UTC से कितना आगे है, और किस देशांतर रेखा पर आधारित है?
3. कौन-सी भारतीय उपग्रह प्रणाली IST को देश भर में भेजने में मदद करती है?

उत्तर: 1. CSIR-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (NPL), नई दिल्ली · 2. 5 घंटे 30 मिनट; 82.5° E, मिर्ज़ापुर के पास · 3. नाविक (NavIC)

पिछले वर्षों में पूछे गए प्रश्न (16)

BPSC 64th ऐंग्स्ट्रम इकाई है
(a) तरंगदैर्घ्य की (b) ऊर्जा की (c) आवृत्ति की (d) वेग की (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) तरंगदैर्घ्य की. एक ऐंग्स्ट्रम (Å) 10^{-10} m है, जो तरंगदैर्घ्य और परमाणु आकार के लिए प्रयुक्त होता है

BPSC 64th आवृत्ति को नापा जाता है
(a) हर्ट्ज में (b) मीटर प्रति सेकंड में (c) रेडियन में (d) वॉट में (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) हर्ट्ज में. आवृत्ति का SI मात्रक हर्ट्ज (एक चक्र प्रति सेकंड) है

BPSC 64th विद्युत्-शक्ति की इकाई है
(a) ऐम्पीयर (b) वोल्ट (c) कूलॉम्ब (d) वॉट (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (d) वॉट. शक्ति, विद्युत-शक्ति सहित, का SI मात्रक वॉट (जूल प्रति सेकंड) है

BPSC 64th आर्द्रता किस उपकरण से नापी जाती है?
(a) हाइड्रोमीटर (b) हाइग्रोमीटर (c) पायरोमीटर (d) लैक्टोमीटर (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) हाइग्रोमीटर. हाइग्रोमीटर आर्द्रता और हाइड्रोमीटर द्रव का घनत्व मापता है

BPSC 65th दाब का मात्रक है
(a) कि॰ ग्रा॰/वर्ग से॰ मी॰ (b) कि॰ ग्रा॰/से॰ मी॰ (c) कि॰ ग्रा॰/मि॰ मी॰ (d) कि॰ ग्रा॰/घन से॰ मी॰
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक. दाब प्रति इकाई क्षेत्रफल पर बल है; इसका SI मात्रक पास्कल (N/m^2) है; kg/cm^2 द्रव्यमान प्रति क्षेत्रफल है; दाब का मात्रक kgf/cm^2 है

BPSC 65th निम्नलिखित में से कौन-सी अदिश राशि है?
(a) बल (b) दाब (c) वेग (d) त्वरण (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) दाब. दाब अदिश राशि है; बल, वेग और त्वरण सदिश राशियाँ हैं

BPSC 65th निम्नलिखित में से किस राशि का मात्रक नहीं है?
(a) प्रतिबल (b) बल (c) विकृति (d) दाब (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (c) विकृति. विकृति आकार में परिवर्तन और मूल आकार का अनुपात है, इसलिए इसका मात्रक नहीं होता; प्रतिबल और दाब दोनों प्रति क्षेत्रफल बल हैं, जिन्हें पास्कल में मापते हैं

BPSC 65th हर्ट्ज में क्या नापा जाता है?
(a) आवृत्ति (b) ऊर्जा (c) ऊष्मा (d) गुणवत्ता (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) आवृत्ति. हर्ट्ज़ आवृत्ति का SI मात्रक है, यानी एक चक्र प्रति सेकंड

BPSC 66th 'प्रकाश-वर्ष' किसकी इकाई है?
(a) समय (b) गति (c) दूरी (d) प्रकाश की तीव्रता (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (c) दूरी. प्रकाश-वर्ष दूरी का मात्रक है: प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की गई दूरी

UPSC 2021 खगोलीय दूरियाँ प्रकाश-वर्ष में मापे जाने का कारण निम्नलिखित में से कौन-सा है?
(a) तारकीय पिंडों के बीच की दूरियाँ परिवर्तित नहीं होती हैं। (b) तारकीय पिंडों का गुरुत्व परिवर्तित नहीं होता है।
(c) प्रकाश सदैव सीधी रेखा में यात्रा करता है। (d) प्रकाश की गति (स्पीड) सदैव एकसमान होती है।
उत्तर: (d) प्रकाश की गति (स्पीड) सदैव एकसमान होती है।. प्रकाश-वर्ष वह दूरी है जो प्रकाश निर्वात में एक वर्ष में तय करता है, लगभग 9.46×10^{12} किमी; निर्वात में प्रकाश की चाल एक सार्वत्रिक नियतांक है, लगभग 3×10^8 मी/से

BPSC 67th re-exam निम्न में से कौन-सी 'सदिश राशि' नहीं है?
(a) विस्थापन (b) गति (c) वेग (d) बलआघूर्ण (टॉर्क) (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) गति. चाल अदिश राशि है; विस्थापन, वेग और बलाघूर्ण सदिश राशियाँ हैं

BPSC 69th धारा घनत्व होता है
(a) एक अदिश राशि (b) एक सदिश राशि (c) विमाविहीन (d) उपर्युक्त में से कोई नहीं
उत्तर: (b) एक सदिश राशि. धारा घनत्व सदिश राशि है, पर विद्युत धारा अदिश राशि है

BPSC 70th किस मीटर का उपयोग वाहन द्वारा तय की गई दूरी को मापने के लिए किया जाता है । _____ के रूप में जाना जाता है ।
(a) स्पीडोमीटर (b) एमीटर (c) ओडो मीटर (d) क्रोनोमीटर
उत्तर: (c) ओडो मीटर. ओडोमीटर तय की गई दूरी दर्ज करता है; स्पीडोमीटर तात्कालिक चाल दिखाता है; क्रोनोमीटर एक सटीक समयमापी है; ऐमीटर विद्युत धारा मापता है

BPSC 70th निम्नलिखित में से कौन टेस्ला के समतुल्य है ?
(a) न्यूटन पर कुलम्ब (b) एम्पीयर पर न्यूटन (c) न्यूटन पर एम्पीयर मीटर (d) न्यूटन पर एम्पीयर–सैकण्ड
उत्तर: (c) न्यूटन पर एम्पीयर मीटर. $F = BIL$ से, 1 टेस्ला = 1 न्यूटन प्रति एम्पीयर-मीटर ($N\,A^{-1}\,m^{-1}$)

BPSC 70th re-exam चुम्बकीय बल के मापन की ईकाई क्या है ?
(a) ओह्म (b) टेस्ला (c) एम्पियर (d) कोबाल्ट
उत्तर: (b) टेस्ला. चुंबकीय क्षेत्र (फ्लक्स घनत्व) का SI मात्रक टेस्ला है; $1\ T = 10^4$ गाउस

BPSC 71st किसी घर में एक महिने में ऊर्जा की खपत 250 यूनिट होती है तो कुल ऊर्जा जूल में होगी :
(a) 9×10^5 (b) 8×10^6 (c) 9×10^8 (d) 10^5
उत्तर: (c) 9×10^8. बिजली की एक यूनिट 1 kWh = 3.6×10^6 जूल होती है

स्वयं को परखें (13)

1. निम्नलिखित में से कौन-सा युग्म सही सुमेलित नहीं है?
(a) एनीमोमीटर – पवन की चाल (b) हाइग्रोमीटर – द्रवों का घनत्व (c) पायरोमीटर – बहुत ऊँचा ताप (d) टैकोमीटर – इंजन की घूर्णन चाल

2. 20 मई 2019 से किलोग्राम किसके सटीक मान को निश्चित करके परिभाषित है?
(a) आवोगाद्रो नियतांक (b) बोल्ट्ज़मान नियतांक (c) प्लांक नियतांक (d) गुरुत्वाकर्षण नियतांक

3. एक घरेलू मीटर एक महीने में 50 यूनिट दर्ज करता है। खर्च हुई ऊर्जा लगभग है
(a) 1.8×10^8 J (b) 5×10^4 J (c) 3.6×10^6 J (d) 1.8×10^5 J

4. निम्नलिखित में से कौन लंबाई या दूरी का मात्रक नहीं है?
(a) पारसेक (b) फर्मी (c) नॉट (d) फैदम

5. निम्नलिखित में से कौन-सी सदिश राशि है?
(a) विद्युत धारा (b) दाब (c) संवेग (d) कार्य

6. 10^{-15} के लिए SI उपसर्ग है
(a) एटो (b) पिको (c) नैनो (d) फेम्टो

7. वेबर प्रति वर्ग मीटर किसका मात्रक है?
(a) चुंबकीय फ्लक्स (b) प्रेरकत्व (c) विद्युत क्षेत्र (d) चुंबकीय फ्लक्स घनत्व

8. '22K' हॉलमार्क वाले गहनों में सोना लगभग कितना होता है?
(a) 75% (b) 91.6% (c) 99.9% (d) 22%

9. समुद्र की गहराई ज्ञात करने के लिए किस यंत्र का प्रयोग होता है?
(a) ऑल्टीमीटर (b) हिप्सोमीटर (c) फैदोमीटर (d) मैनोमीटर

10. किस जोड़ी की राशियों की विमाएँ समान हैं?
(a) कार्य और बल-आघूर्ण (b) बल और शक्ति (c) संवेग और ऊर्जा (d) दाब और बल

11. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:
1. 20 मई 2019 से किलोग्राम प्लांक नियतांक के माध्यम से परिभाषित है।
2. सेकंड सीज़ियम-133 परमाणु के विकिरण से परिभाषित है।
3. ऐम्पियर बोल्ट्ज़मान नियतांक का मान निश्चित करके परिभाषित है।
उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही है/हैं?
(a) केवल 1 (b) केवल 1 और 2 (c) केवल 2 और 3 (d) 1, 2 और 3

12. निम्नलिखित युग्मों पर विचार कीजिए:
मात्रक : राशि
1. टेस्ला : चुंबकीय फ्लक्स घनत्व
2. सीमेंस : विद्युत प्रतिरोध
3. प्रकाश-वर्ष : समय
उपर्युक्त में से कितने युग्म सही सुमेलित हैं?
(a) केवल एक (b) केवल दो (c) सभी तीन (d) कोई भी नहीं

13. एक जौहरी अंगूठी बेचता है: 18K सोने का छल्ला, जिसमें 2 कैरेट का हीरा जड़ा है। अंगूठी का कौन-सा विवरण सही है?
(a) छल्ले में 18% सोना है; हीरे का द्रव्यमान 2 g है (b) छल्ले में 75% सोना है; हीरे का द्रव्यमान 2 g है
(c) छल्ले में 18% सोना है; हीरे का द्रव्यमान 0.4 g है (d) छल्ले में 75% सोना है; हीरे का द्रव्यमान 0.4 g है

उत्तर: 1. (b) हाइग्रोमीटर आर्द्रता मापता है; द्रवों का घनत्व हाइड्रोमीटर से मापा जाता है। · 2. (c) किलोग्राम h = 6.626 070 15 × 10^{-34} J s पर टिका है; धातु का पुराना प्रोटोटाइप हटा दिया गया। · 3. (a) 1 यूनिट = 1 kWh = 3.6 × 10^{6} J, अतः 50 यूनिट = 1.8 × 10^{8} J। · 4. (c) नॉट एक चाल है, एक समुद्री मील प्रति घंटा (1.852 km/h)। · 5. (c) संवेग (द्रव्यमान × वेग) की दिशा होती है; धारा, दाब और कार्य अदिश हैं। · 6. (d) फेम्टो = 10^{-15} (फर्मी आकार का नाभिक); पिको 10^{-12}, नैनो 10^{-9}, एटो 10^{-18}। · 7. (d) 1 Wb/m^2 = 1 टेस्ला, चुंबकीय क्षेत्र (फ्लक्स घनत्व) का मात्रक; केवल वेबर फ्लक्स का मात्रक है। · 8. (b) कैरट 24 में सोने के भाग गिनता है: 22/24 ≈ 91.6% (इसीलिए हॉलमार्क 916)। · 9. (c) फैदोमीटर (प्रतिध्वनि सौंडर) समुद्र तल से लौटी ध्वनि स्पंद की प्रतिध्वनि का समय मापता है। · 10. (a) दोनों [M L^2 T^{-2}] हैं; कार्य जूल में अदिश है, बल-आघूर्ण N m में सदिश। · 11. (b) h किलोग्राम को और सीज़ियम-133 सेकंड को तय करते हैं; ऐम्पियर मूल आवेश e पर टिका है, जबकि बोल्ट्ज़मान नियतांक केल्विन को तय करता है। · 12. (a) केवल टेस्ला वाला युग्म सही है; सीमेंस चालकत्व (प्रतिरोध का उलटा) मापता है और प्रकाश-वर्ष दूरी है। · 13. (d) कैरट 24 में शुद्धता है, अतः 18K = 18/24 = 75% सोना; कैरेट द्रव्यमान है, हर एक 0.2 g, अतः 2 कैरेट = 0.4 g।

अध्याय 8

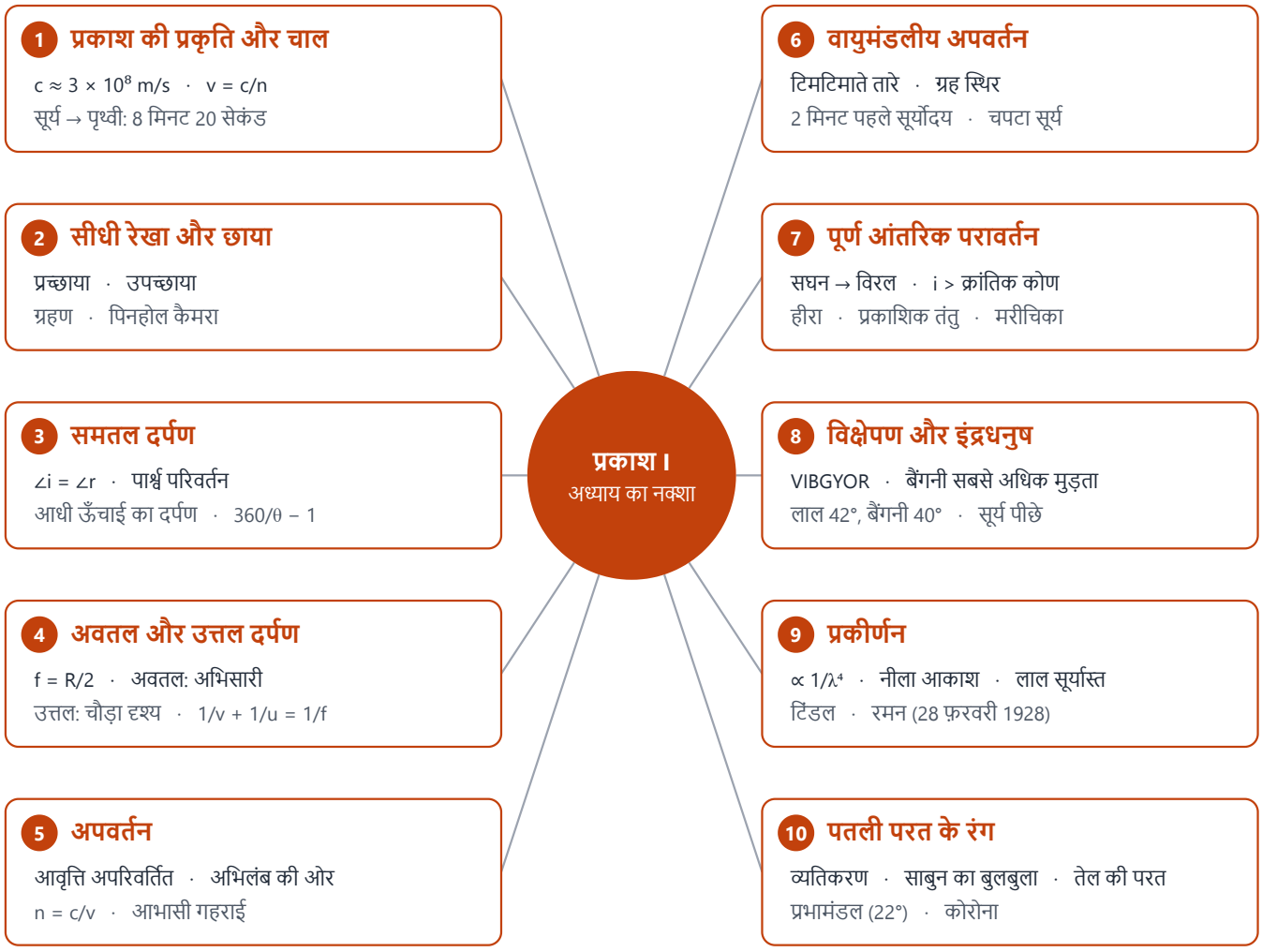
प्रकाश I: परावर्तन, अपवर्तन और प्रकाशीय परिघटनाएँ

दर्पण के प्रकार और वस्तु की स्थिति के अनुसार बनने वाला प्रतिबिंब, सबसे सघन माध्यम में प्रकाश की सबसे कम चाल, तारों का टिमटिमाना, पूर्ण आंतरिक परावर्तन, इंद्रधनुष, प्रकीर्णन (नीला आकाश, लाल सूर्यास्त) और रमन प्रभाव लगभग हर वर्ष पूछे जाते हैं।

पिछले प्रश्नपत्रों में 10 बार पूछा गया: UPSC 2 · BPSC 8

≈ 56 min पढ़ने में ≈ 10 min ★★★ दोहराने में

दोहराएँ: दिन 1 | दिन 3 | दिन 7 | दिन 21



रिवीज़न कार्ड

1. निर्वात में प्रकाश: $c \approx 3 \times 10^8$ m/s; जल में धीमा ($\approx 2.25 \times 10^8$) और काँच में ($\approx 2 \times 10^8$); हीरे में सबसे धीमा ($n = 2.42$)। सूर्य का प्रकाश पृथ्वी तक ≈ 8 मिनट 20 सेकंड में पहुँचता है।
2. अपवर्तन में **आवृत्ति कभी नहीं बदलती**; चाल और तरंगदैर्ध्य बदलते हैं। सघन माध्यम में प्रवेश करते समय प्रकाश **अभिलंब की ओर** मुड़ता है।
3. छाया और पिनहोल कैमरा (वास्तविक, उल्टा प्रतिबिंब) सिद्ध करते हैं कि प्रकाश सीधी रेखा में चलता है (ऋजुरेखीय संचरण)।
4. समतल दर्पण: आभासी, सीधा, समान आकार, पार्श्व उल्टा; फोकस दूरी अनंत; पूरा प्रतिबिंब देखने के लिए दर्पण आपकी ऊँचाई का केवल आधा चाहिए; दो दर्पणों के बीच प्रतिबिंब = $360/\theta - 1$।
5. अवतल दर्पण: वस्तु C पर → वास्तविक, उल्टा, समान आकार का प्रतिबिंब C पर; वस्तु F के भीतर → आभासी, सीधा, बड़ा (दाढ़ी बनाने का दर्पण)। उत्तल दर्पण: सदा आभासी, सीधा, छोटा, विस्तृत दृश्य (पीछे देखने का दर्पण)।
6. तारों का टिमटिमाना, सूर्योदय से ~2 मिनट पहले और सूर्यास्त के बाद सूर्य का दिखना, क्षितिज पर चपटा सूर्य, पानी में मुड़ी दिखती पेंसिल, तालाब का उथला दिखना: सब अपवर्तन।
7. पूर्ण आंतरिक परावर्तन के लिए सघन → विरल माध्यम और क्रांतिक कोण से बड़ा कोण चाहिए (काँच ≈ 42°, जल ≈ 49°, हीरा ≈ 24°): हीरे की चमक, प्रकाशिक तंतु, मरीचिका, लूमिंग।
8. प्रिज्म द्वारा विक्षेपण: VIBGYOR (बैं-जा-नी-ह-पी-ना-ला); बैंगनी सबसे अधिक, लाल सबसे कम मुड़ता है (न्यूटन)। इंद्रधनुष = अपवर्तन + विक्षेपण + आंतरिक परावर्तन; सूर्य आपके पीछे; प्राथमिक इंद्रधनुष में लाल बाहर।
9. रेले प्रकीर्णन $\propto 1/\lambda^4$: नीला आकाश, लाल सूर्योदय/सूर्यास्त, लाल खतरे के संकेत, अंतरिक्ष में काला आकाश; सफेद बादल सभी रंगों को बराबर प्रकीर्णित करते हैं।
10. टिंडल प्रभाव: कोलॉइडी कणों के कारण प्रकाश-पुंज का मार्ग दिखाई देना (धूल भरे कमरे में सूर्य की किरण, कोहरे में हेडलाइट)।
11. रमन प्रभाव: प्रकीर्णित प्रकाश की आवृत्ति बदल जाती है; सी.वी. रमन, 28 फ़रवरी 1928; नोबेल 1930; राष्ट्रीय विज्ञान दिवस 28 फ़रवरी।
12. साबुन के बुलबुलों और तेल की परतों के रंग व्यतिकरण से आते हैं, विक्षेपण से नहीं।

प्रकाश क्या है और कितनी तेज़ चलता है

द्वैत प्रकृति

$c = 3 \times 10^8$ m/s

$v = c/n$

8 मिनट 20 सेकंड

प्रकाश वर्ष

प्रकाश ऊर्जा है जो **विद्युतचुंबकीय तरंग (Electromagnetic wave)** के रूप में चलती है: इसे किसी माध्यम की ज़रूरत नहीं, इसलिए यह खाली अंतरिक्ष पार करके सूर्य से आता है। फिर भी पदार्थ से टकराने पर यह ऊर्जा के नन्हे पैकेटों की धारा जैसा व्यवहार भी करता है। दोनों चित्र सही हैं; कौन-सा दिखेगा, यह प्रयोग पर निर्भर है।

★★ **द्वैत प्रकृति (Dual nature)**: प्रकाश **तरंग** की तरह (परावर्तन, अपवर्तन, व्यतिकरण (Interference), विवर्तन (Diffraction), ध्रुवण (Polarisation)) और **कण** की तरह (प्रकाश-विद्युत प्रभाव (Photoelectric effect)) व्यवहार करता है।

★★ **फोटॉन (Photon)**: प्रकाश ऊर्जा का एक पैकेट (क्वांटम), $E = hf$। आइंस्टीन (Einstein) ने **1905** में प्रकाश-विद्युत प्रभाव समझाने के लिए प्रकाश-क्वांटा का उपयोग किया (नोबेल पुरस्कार **1921**)।

★ **सिद्धांतों का क्रम**: न्यूटन (Newton) के कणिका (कण) → हाइगेंस (Huygens) की तरंगें (1678) → यंग (Young) के द्वि-झिरी प्रयोग से तरंग का प्रमाण (1801) → मैक्सवेल (Maxwell): प्रकाश विद्युतचुंबकीय तरंग है (1860 का दशक) → आइंस्टीन के फोटॉन (1905)।

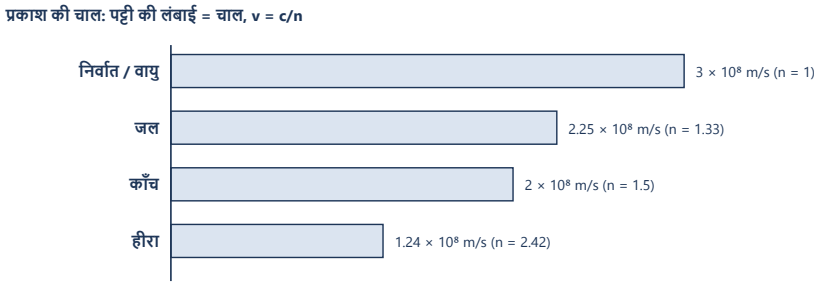
★★★ **निर्वात में प्रकाश की चाल (Speed of light)** $c = 299{,}792{,}458$ m/s सटीक ($\approx$ **3×10^8 m/s**)। इससे तेज़ कुछ नहीं चलता। मीटर की परिभाषा भी इसी मान से दी जाती है।

★★★ **पदार्थ में धीमा**: वायु ≈ c; जल $\approx 2.25 \times 10^8$ m/s; काँच $\approx 2 \times 10^8$ m/s; हीरा $\approx 1.24 \times 10^8$ m/s। अपवर्तनांक (Refractive index) जितना अधिक, प्रकाश उतना धीमा ($v = c/n$)।

★★★ **सूर्य से पृथ्वी**: 1 AU ($\approx 1.5 \times 10^8$ km) की दूरी तय करने में प्रकाश को ≈ **8 मिनट 20 सेकंड** (≈ 499 s) लगते हैं। चंद्रमा से पृथ्वी ≈ **1.3 s**।

★ **पहला मापन**: प्रकाश की चाल पहली बार ओले रोमर (Ole Rømer) ने (1676) बृहस्पति के उपग्रह आयो (Io) के ग्रहणों में होने वाली देरी से मापी।

★★ **प्रकाश वर्ष (Light year)** = प्रकाश द्वारा एक वर्ष में तय की गई दूरी ≈ 9.46×10^{15} m। यह **दूरी** की इकाई है, समय की नहीं।



पैमाने पर बनी प्रकाश की चाल: हर पट्टी c/n है। अपवर्तनांक जितना अधिक, पट्टी उतनी छोटी और प्रकाश उतना धीमा।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 'प्रकाश की चाल न्यूनतम होगी: काँच / जल / निर्वात / वायु' → **काँच** (चारों में सबसे अधिक अपवर्तनांक)। निर्वात में चाल सबसे अधिक होती है, सबसे कम नहीं।

याद रखें: जो धूप आप देख रहे हैं, वह सूर्य से **8 मिनट 20 सेकंड पहले** चली थी: इसे 'सूर्य की 8:20 की खबर' समझिए। बिजली की चमक गरज सुनने से पहले दिखती है, क्योंकि प्रकाश ध्वनि से लगभग दस लाख गुना तेज़ है।

झटपट जाँच

1. सूर्य का प्रकाश पृथ्वी तक लगभग कितने समय में पहुँचता है?
2. वायु, जल, काँच, हीरा: किसमें प्रकाश सबसे धीमा है, और क्यों?
3. प्रकाश वर्ष _____ की इकाई है, समय की नहीं।

उत्तर: 1. ≈ 8 मिनट 20 सेकंड · 2. हीरा: n सबसे अधिक (2.42), और v = c/n · 3. दूरी (≈ 9.46×10^{15} m)

प्रकाश सीधी रेखा में चलता है: छाया, ग्रहण, पिनहोल कैमरा

ऋजुरेखीय संचरण
प्रच्छाया / उपच्छाया
सूर्य ग्रहण
चंद्र ग्रहण
पिनहोल कैमरा

एकसमान माध्यम में प्रकाश **सीधी रेखाओं** में चलता है (ऋजुरेखीय संचरण, Rectilinear propagation)। इसलिए अपारदर्शी वस्तु उन किरणों को रोक देती है जो उससे होकर जातीं, और पीछे एक अँधेरा क्षेत्र बन जाता है: **छाया (Shadow)**। विवर्तन, व्यतिकरण और ध्रुवण तरंग-प्रभाव हैं; ये छाया की व्याख्या नहीं करते।

★★★ **छाया** प्रकाश के **ऋजुरेखीय संचरण** के कारण बनती है: अपारदर्शी (Opaque) वस्तुएँ प्रकाश रोकती हैं, पारदर्शी (Transparent) उसे जाने देती हैं, पारभासी (Translucent) कुछ प्रकाश जाने देती हैं।

★★ **प्रच्छाया (Umbra)**: पूरी तरह अँधेरा केंद्रीय भाग, जहाँ स्रोत का कोई प्रकाश नहीं पहुँचता। **उपच्छाया (Penumbra)**: आंशिक रूप से प्रकाशित किनारा, जहाँ स्रोत का केवल कुछ भाग छिपा होता है। बिंदु स्रोत से केवल प्रच्छाया बनती है; बड़े स्रोत (सूर्य) से दोनों।

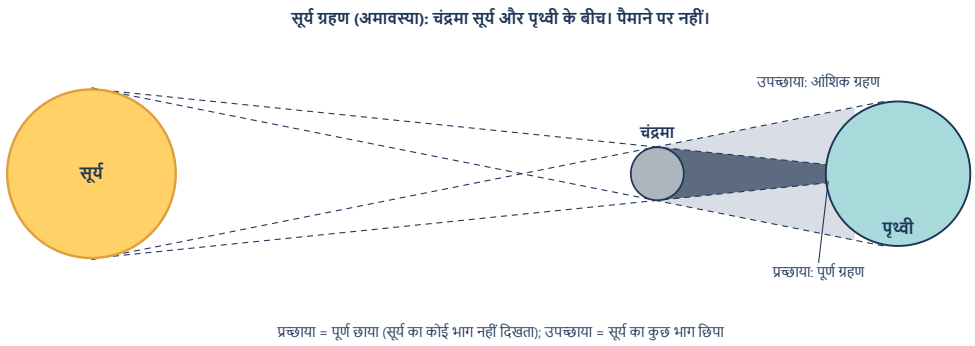
★★ **सूर्य ग्रहण (Solar eclipse)**: चंद्रमा सूर्य और पृथ्वी के बीच आता है, केवल **अमावस्या के दिन**। चंद्रमा की प्रच्छाया में: पूर्ण ग्रहण; उपच्छाया में: आंशिक ग्रहण। जब चंद्रमा दूर होता है (प्रच्छाया पृथ्वी तक नहीं पहुँचती), तब सूर्य का किनारा छल्ले की तरह दिखता है: **वलयाकार ग्रहण (Annular eclipse)** ('आग का छल्ला')।

★★ **चंद्र ग्रहण (Lunar eclipse)**: पृथ्वी सूर्य और चंद्रमा के बीच आती है, केवल **पूर्णिमा की रात**। पूर्ण चंद्र ग्रहण में चंद्रमा ताँबे जैसा लाल दिखता है ('ब्लड मून'), क्योंकि पृथ्वी का वायुमंडल सूर्य के लाल प्रकाश को मोड़कर और प्रकीर्णित करके छाया में भेज देता है।

★ **हर महीने नहीं**: चंद्रमा की कक्षा पृथ्वी की कक्षा से लगभग 5° झुकी है, इसलिए सूर्य, चंद्रमा और पृथ्वी वर्ष में केवल कुछ ही बार ठीक एक सीध में आते हैं।

★★ **पिनहोल कैमरा (Pinhole camera)**: छोटे छेद वाला एक बक्सा सामने के पर्दे पर **वास्तविक, उल्टा** प्रतिबिंब बनाता है, क्योंकि वस्तु के ऊपरी भाग की किरणें छेद से सीधी होकर पर्दे के निचले भाग पर पहुँचती हैं। छेद छोटा हो तो प्रतिबिंब अधिक स्पष्ट पर कम चमकीला होता है।

★ **सूर्य को कभी सीधे न देखें**: सूर्य ग्रहण के समय उचित सौर फ़िल्टर के बिना न देखें; पिनहोल से प्रक्षेपण सुरक्षित तरीका है।



सूर्य ग्रहण। चंद्रमा के पीछे का गहरा शंकु प्रच्छाया है (जहाँ यह पृथ्वी को छूता है वहाँ पूर्ण ग्रहण); हल्का क्षेत्र उपच्छाया है (आंशिक ग्रहण)। पैमाने पर नहीं।

आसपास देखें: धूप वाले दिन पेड़ के नीचे ज़मीन पर चमकीले धब्बे **गोल** होते हैं, पत्तियों के बीच की दरारों का आकार चाहे जैसा हो: हर दरार पिनहोल का काम करती है और गोल सूर्य का प्रतिबिंब बनाती है। आंशिक सूर्य ग्रहण के समय ये धब्बे अर्धचंद्राकार हो जाते हैं।

झटपट जाँच

1. छाया प्रकाश के किस गुण को सिद्ध करती है?
2. प्रच्छाया या उपच्छाया: सूर्य ग्रहण पूर्ण कहाँ दिखता है?
3. सूर्य ग्रहण केवल अमावस्या को हो सकता है या पूर्णिमा को?

उत्तर: 1. ऋजुरेखीय संचरण: प्रकाश सीधी रेखा में चलता है · 2. प्रच्छाया में (उपच्छाया में आंशिक ग्रहण) · 3. अमावस्या को; चंद्र ग्रहण पूर्णिमा को

परावर्तन और समतल दर्पण

परावर्तन के नियम
पार्श्व परिवर्तन
आधी ऊँचाई का दर्पण
360/θ − 1
बहुरूपदर्शी

जब प्रकाश किसी सतह से टकराकर उसी माध्यम में लौट आता है, तो वह **परावर्तित (Reflected)** होता है। चिकनी सतह सभी समांतर किरणों को एक ही दिशा में भेजती है (स्पष्ट प्रतिबिंब); खुरदरी सतह उन्हें सब दिशाओं में बिखेर देती है। यही बिखरा हुआ **विसरित परावर्तन (Diffuse reflection)** है, जिससे हम पन्ना, दीवार या चेहरा देख पाते हैं।

★★★ **परावर्तन के नियम (Laws of reflection)**: (1) आपतन कोण = परावर्तन कोण, दोनों **अभिलंब (Normal)** से मापे जाते हैं; (2) आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलंब **एक ही तल** में होते हैं। ये समतल और वक्र दोनों प्रकार के दर्पणों पर लागू होते हैं।

★ **नियमित बनाम विसरित**: दर्पण, शांत जल → नियमित परावर्तन (Regular reflection) (प्रतिबिंब बनता है); कागज़, दीवार, कपड़ा → विसरित (प्रतिबिंब नहीं, पर वस्तु हर ओर से दिखाई देती है)।

★★★ **समतल दर्पण (Plane mirror) का प्रतिबिंब**: **आभासी, सीधा, समान आकार का**, दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर जितनी दूरी पर वस्तु सामने है, और **पार्श्व उल्टा (Laterally inverted)** (बायाँ और दायाँ आपस में बदल जाते हैं)।

★★★ **AMBULANCE** शब्द गाड़ी के आगे उल्टे अक्षरों (दर्पण-लेखन) में लिखा जाता है, ताकि आगे चल रहा चालक उसे अपने पीछे देखने वाले दर्पण में सही पढ़ सके।

★★★ **समतल दर्पण की फोकस दूरी = अनंत** (इसकी वक्रता त्रिज्या अनंत है)। आवर्धन = +1।

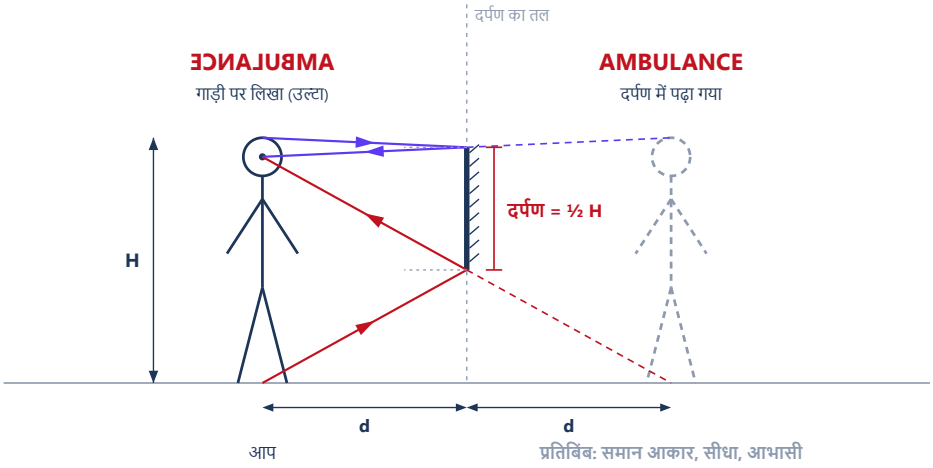
★★★ **पूरा प्रतिबिंब**: दर्पण की लंबाई आपकी **ऊँचाई की केवल आधी** होनी चाहिए, आप उससे कितनी भी दूरी पर हों (दर्पण का ऊपरी किनारा आँखों और सिर के शीर्ष के बीच के मध्य बिंदु के स्तर पर)।

★★ **दर्पण की ओर चलना**: आप v चाल से दर्पण की ओर चलें तो आपका प्रतिबिंब **आपकी** ओर 2v चाल से आता है। दर्पण को θ कोण घुमाने पर परावर्तित किरण 2θ घूम जाती है।

★★★ **θ कोण पर रखे दो दर्पण 360/θ − 1** प्रतिबिंब बनाते हैं (जब 360/θ सम संख्या हो तब सटीक): 90° → 3, 60° → 5, 45° → 7, 30° → 11। **समांतर दर्पण** (θ = 0, जैसे नाई की दुकान या लिफ़्ट में) **अनंत** प्रतिबिंब बनाते हैं।

★★ **बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope)**: तीन लंबे समतल दर्पण एक-दूसरे से **60°** पर रखकर त्रिकोणीय नली बनती है; रंगीन टुकड़ों के बार-बार परावर्तन से सममित आकृतियाँ बनती हैं। **परिदर्शी (Periscope)**: 45° पर एक-दूसरे के आमने-सामने रखे दो समतल दर्पण, जिनसे बाधाओं के ऊपर से देखा जाता है।

याद रखें: आधी ऊँचाई का नियम: पैरों के अँगूठों से आया प्रकाश आँखों और अँगूठों के बीच **आधी दूरी नीचे** वाले बिंदु से परावर्तित होकर आँखों तक पहुँचता है; बालों से आया प्रकाश, आधी दूरी ऊपर वाले बिंदु से। इसलिए दर्पण का केवल आपकी आधी ऊँचाई जितना भाग ही काम आता है।



समतल दर्पण, पैमाने पर। पैरों और सिर के शीर्ष से आया प्रकाश उनके और आँखों के बीच के मध्य बिंदुओं से परावर्तित होता है, इसलिए दर्पण आपकी ऊँचाई का केवल आधा चाहिए (यहाँ 180 में से 90 इकाई)। प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी (d) पर है जितनी दूरी पर आप सामने हैं, और उल्टे अक्षरों में लिखा AMBULANCE दर्पण में सही पढ़ा जाता है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** पार्श्व परिवर्तन **बाएँ–दाएँ** को बदलता है, **ऊपर–नीचे** को नहीं। आपका उठा हुआ दायाँ हाथ प्रतिबिंब का बायाँ हाथ दिखता है, पर सिर ऊपर ही रहता है।

☑ झटपट जाँच

1. सबसे छोटा समतल दर्पण जिसमें आप पूरा दिखें?
2. AMBULANCE उल्टे अक्षरों में क्यों लिखा जाता है?
3. 60° पर रखे दो दर्पण कितने प्रतिबिंब बनाते हैं?

उत्तर: 1. आपकी ऊँचाई का आधा, किसी भी दूरी पर · 2. पार्श्व परिवर्तन: पीछे देखने वाले दर्पण में सही पढ़ा जाता है · 3. 5 (360/60 − 1)

गोलीय दर्पण: अवतल और उत्तल

अवतल: अभिसारी

उत्तल: अपसारी

f = R/2

वस्तु C पर

गोलीय दर्पण (Spherical mirror) एक खोखली चमकदार गेंद का टुकड़ा है। यदि चमकदार सतह **भीतर** की ओर (धँसी हुई) हो, तो वह **अवतल (Concave)** है और समांतर किरणों को एक बिंदु पर मिलाता है: **अभिसारी (Converging)** दर्पण। यदि चमकदार सतह **बाहर उभरी** हो, तो वह **उत्तल (Convex)** है और किरणों को फैलाता है: **अपसारी (Diverging)** दर्पण।

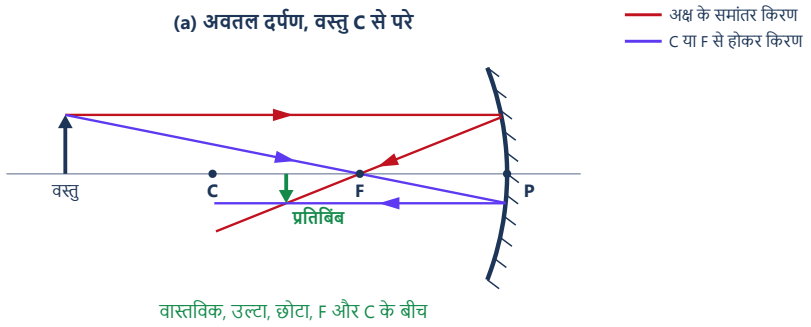
★★ **मुख्य बिंदु**: ध्रुव P (दर्पण का केंद्र), वक्रता केंद्र C (गोले का केंद्र), मुख्य फोकस F, त्रिज्या R = PC, **फोकस दूरी f = R/2**।

★★ **अवतल दर्पण** का फोकस वास्तविक (सामने) होता है; **उत्तल दर्पण** का फोकस आभासी (दर्पण के पीछे)।

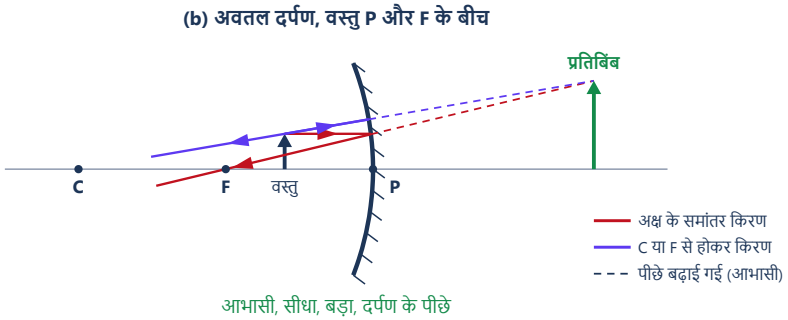
★ **तीन आसान किरणें** (चित्र बनाने के लिए): अक्ष के समांतर किरण परावर्तन के बाद F से गुज़रती है (उत्तल में F से आती प्रतीत होती है); F से होकर (या F की ओर) जाने वाली किरण समांतर लौटती है; C से होकर (या C की ओर) जाने वाली किरण उसी मार्ग से लौट आती है।

अवतल दर्पण: प्रतिबिंब कहाँ बनता है ★★★

वस्तु की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	आकार	प्रकृति	उपयोग
अनंत पर	F पर	बिंदु के आकार का	वास्तविक, उल्टा	सोलर कुकर, सौर भट्ठी
C से परे	F और C के बीच	छोटा	वास्तविक, उल्टा	प्रचलित उपयोग नहीं
C पर	**C पर**	**समान आकार**	**वास्तविक, उल्टा**	प्रचलित उपयोग नहीं
C और F के बीच	C से परे	बड़ा	वास्तविक, उल्टा	प्रचलित उपयोग नहीं
F पर	अनंत पर	अत्यधिक बड़ा	वास्तविक, उल्टा	टॉर्च, हेडलाइट (F पर रखा बल्ब समांतर किरण-पुंज देता है)
F और P के बीच	दर्पण के पीछे	**बड़ा**	**आभासी, सीधा**	दाढ़ी बनाने / मेकअप का दर्पण, दंत चिकित्सक का दर्पण



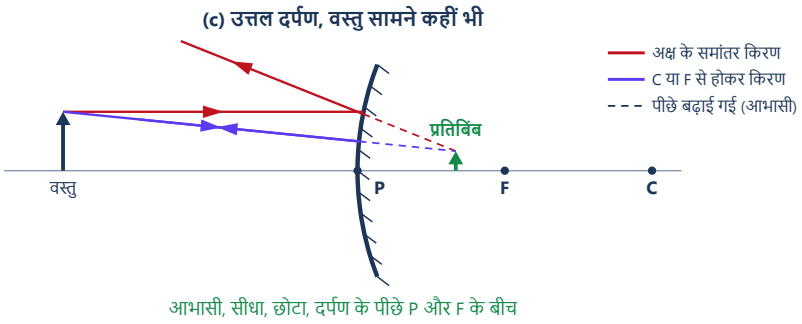
(a) अवतल दर्पण, वस्तु C से परे: वास्तविक, उल्टा, छोटा प्रतिबिंब F और C के बीच। पैमाने पर बना (R = 200 इकाई)।



(b) अवतल दर्पण, वस्तु P और F के बीच: आभासी, सीधा, बड़ा प्रतिबिंब दर्पण के पीछे, जैसे दाढ़ी बनाने के दर्पण में। पैमाने पर बना (R = 200 इकाई)।

उत्तल दर्पण ★★

वस्तु की स्थिति	प्रतिबिंब की स्थिति	आकार	प्रकृति
अनंत पर	F पर, दर्पण के पीछे	बिंदु के आकार का	आभासी, सीधा
सामने कहीं भी	P और F के बीच, पीछे	छोटा	आभासी, सीधा



(c) उत्तल दर्पण: वस्तु कहीं भी हो, प्रतिबिंब आभासी, सीधा और छोटा, दर्पण के पीछे P और F के बीच, जैसे पीछे देखने के दर्पण में। पैमाने पर बना (R = 200 इकाई)।

★★★ **अवतल दर्पण के उपयोग**: दाढ़ी बनाने और मेकअप के दर्पण, दंत चिकित्सक और ईएनटी (ENT) डॉक्टर के दर्पण (बड़ा, सीधा दृश्य), टॉर्च, वाहनों की हेडलाइट और सर्चलाइट के परावर्तक (बल्ब फोकस पर), सोलर कुकर और सौर भट्ठी (सूर्य का प्रकाश एक गर्म बिंदु पर केंद्रित), परावर्ती दूरदर्शी, डिश एंटीना।

★★★ **उत्तल दर्पण के उपयोग**: वाहनों के पीछे देखने वाले और साइड दर्पण, पहाड़ी सड़कों के अंधे मोड़ों पर लगे दर्पण, दुकानों और एटीएम (ATM) में सुरक्षा दर्पण: प्रतिबिंब सदा सीधा और **दृष्टि-क्षेत्र बहुत अधिक विस्तृत**।

★★ **दर्पण सूत्र (Mirror formula)**: $1/v + 1/u = 1/f$; आवर्धन $m = h'/h = -v/u$। चिह्न-परिपाटी एक पंक्ति में: दूरियाँ ध्रुव से मापी जाती हैं, आपतित प्रकाश की दिशा में धनात्मक और उसके विपरीत ऋणात्मक; इसलिए अवतल दर्पण का f ऋणात्मक और उत्तल दर्पण का f धनात्मक होता है।

★★ **प्रतिबिंब से तुरंत पहचान**: समान आकार और सीधा → समतल; बड़ा और सीधा → अवतल (वस्तु F के भीतर); हर दूरी पर छोटा और सीधा → उत्तल।

याद रखें: Con**cave** = एक **cave (गुफा)** जिसमें आप झाँकते हैं: यह प्रकाश को समेटता है (अभिसारी)। Con**vex** बाहर उभरा है, जैसे **vexed** (चिढ़े हुए) व्यक्ति का फूला गाल: यह प्रकाश फैलाता है और सड़क का अधिक भाग दिखाता है, पर छोटा। हिंदी में: **अवतल = अंदर धँसा, उत्तल = ऊपर उठा**।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 'Objects in mirror are closer than they appear' (दर्पण में दिखती वस्तुएँ जितनी दूर लगती हैं, उससे पास हैं) **उत्तल** साइड दर्पणों पर लिखा होता है: छोटा प्रतिबिंब गाड़ियों को वास्तविकता से दूर दिखाता है। जो व्यक्ति अपना **बड़ा** प्रतिबिंब देखता है, वह **अवतल** दर्पण के सामने उसके फोकस के भीतर खड़ा है।

☑ झटपट जाँच

1. अवतल दर्पण के C पर वस्तु: प्रतिबिंब कहाँ और कैसा बनता है?
2. वाहन में पीछे देखने के लिए कौन-सा दर्पण, और क्यों?
3. गोलीय दर्पण की फोकस दूरी R के पदों में?

उत्तर: 1. C पर: वास्तविक, उल्टा, समान आकार · 2. उत्तल: सदा सीधा प्रतिबिंब, बहुत अधिक दृष्टि-क्षेत्र · 3. f = R/2

अपवर्तन: प्रकाश क्यों मुड़ता है

आवृत्ति नहीं बदलती

अभिलंब की ओर

स्नेल का नियम

n = c/v

आभासी गहराई

एक माध्यम से दूसरे में जाते समय प्रकाश की **चाल बदल जाती है**; यदि वह तिरछा प्रवेश करे, तो किरण-पुंज का एक किनारा पहले धीमा होता है, इसलिए पुंज मुड़ जाता है: यही **अपवर्तन (Refraction)** है। सोचिए, किसी कार के बाएँ पहिए सड़क से उतरकर रेत में चले जाएँ: वे पहिए धीमे होते हैं और कार मुड़ जाती है। धीमे (प्रकाशतः सघन) माध्यम में जाते हुए प्रकाश **अभिलंब की ओर** मुड़ता है; बाहर निकलते हुए **अभिलंब से दूर**।

★★★ प्रकाश एक माध्यम से दूसरे में जाए तो **आवृत्ति (Frequency) वही रहती है**; **चाल और तरंगदैर्ध्य (Wavelength) बदलते हैं** (माध्यम में λ = निर्वात में λ / n)। रंग आवृत्ति पर निर्भर है, इसलिए लाल प्रकाश पानी के नीचे भी लाल ही दिखता है।

★★★ **मुड़ने का नियम**: विरल → सघन: अभिलंब की ओर; सघन → विरल: अभिलंब से दूर। अभिलंब के अनुदिश (सतह से 90° पर) आने वाली किरण बिना मुड़े सीधी निकल जाती है।

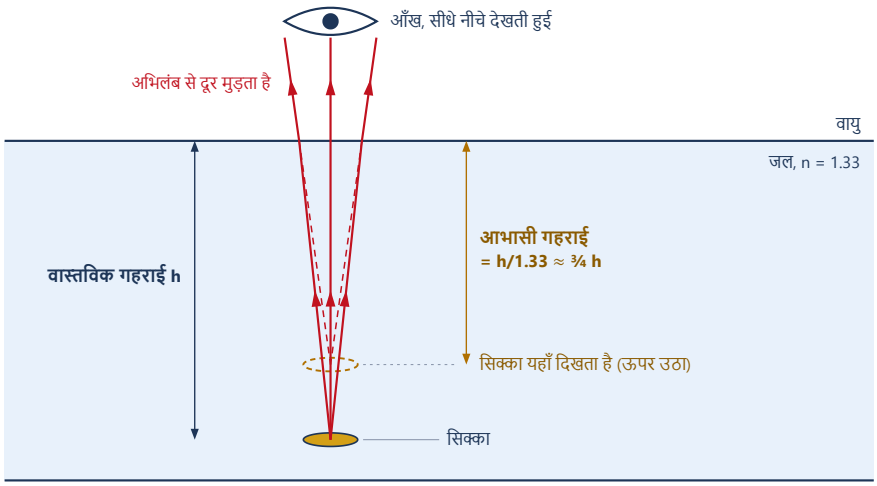
★★ **स्नेल का नियम (Snell's law)**: sin i / sin r = नियतांक = पहले माध्यम के सापेक्ष दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक। आपतित किरण, अपवर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में होते हैं।

★★★ **अपवर्तनांक (Refractive index)** n = c / v (निर्वात में चाल ÷ माध्यम में चाल)। वायु 1.0003, बर्फ 1.31, **जल 1.33**, ऐल्कोहॉल 1.36, मिट्टी का तेल (केरोसिन) 1.44, **काँच ≈ 1.5**, सेंधा नमक 1.54, माणिक (रूबी) 1.71, **हीरा 2.42**।

★★ **n रंग पर निर्भर है**: काँच में यह बैंगनी के लिए सबसे अधिक और लाल के लिए सबसे कम होता है; इसीलिए प्रिज्म श्वेत प्रकाश को रंगों में बाँट देता है।

★★ **आभासी गहराई (Apparent depth)**: तालाब, बाल्टी या स्विमिंग पूल वास्तविकता से **उथला** दिखता है (आभासी गहराई = वास्तविक गहराई / n ≈ जल के लिए वास्तविक गहराई का ¾)।

★★ **रोज़मर्रा का अपवर्तन**: पानी में डूबी पेंसिल सतह पर मुड़ी दिखती है; कटोरे की तली में रखा सिक्का ऊपर उठा दिखता है और पानी डालने पर नज़र आने लगता है; मछली वास्तविकता से ऊपर दिखती है, इसलिए भाले से उसके नीचे निशाना लगाना पड़ता है; काँच की पट्टी के नीचे अक्षर ऊपर उठे दिखते हैं।



आभासी गहराई, जल (n = 1.33) के लिए स्नेल के नियम से बनी। सिक्के से आती किरणें पानी से निकलते समय अभिलंब से दूर मुड़ती हैं; पीछे बढ़ाने पर वे लगभग ¾ गहराई पर मिलती हैं, इसलिए सिक्का ऊपर उठा दिखता है। सीधे ऊपर से देखने पर आभासी गहराई = वास्तविक गहराई ÷ 1.33।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** प्रकाशिक घनत्व (Optical density) द्रव्यमान घनत्व **नहीं** है। केरोसिन (n = 1.44) पानी से हल्का है, पर प्रकाशतः अधिक सघन है; उसमें प्रकाश पानी से धीमा चलता है।

⚠ **परीक्षा में सावधान: पानी में हवा का बुलबुला** उत्तल लेंस जैसा आकार होने पर भी **अपसारी** (अवतल) लेंस की तरह काम करता है, क्योंकि बुलबुला विरल माध्यम है।

याद रखें: धीमा → अभिलंब की ओर मुड़ता है: जैसे कक्षा में घुसते समय छात्र धीमा होकर शिक्षक (अभिलंब) की ओर मुँह कर लेता है।

झटपट जाँच

1. प्रकाश जल में जाए तो क्या नहीं बदलता: चाल, तरंगदैर्ध्य या आवृत्ति?
2. वायु से काँच में जाता प्रकाश अभिलंब की ओर मुड़ता है या उससे दूर?
3. तालाब वास्तविकता से उथला क्यों दिखता है?

उत्तर: 1. आवृत्ति · 2. अभिलंब की ओर (सघन माध्यम में) · 3. अपवर्तन: आभासी गहराई = वास्तविक गहराई / n, जल में लगभग ¾

वायुमंडलीय अपवर्तन

टिमटिमाना
ग्रह स्थिर
अग्रिम सूर्योदय
चपटा सूर्य

वायु एकसमान नहीं है: निचली परतें ऊपरी परतों से सघन हैं, और गर्म व ठंडी हवा के झोंके लगातार चलते रहते हैं। इसलिए तारों और सूर्य का प्रकाश वायुमंडल से नीचे आते हुए धीरे-धीरे मुड़ता है, और यह मुड़ना लगातार झिलमिलाता रहता है।

★★★ **तारों का टिमटिमाना वायुमंडलीय अपवर्तन (Atmospheric refraction)** के कारण है। तारा इतना दूर है कि वह **बिंदु स्रोत** है; उसका प्रकाश बदलते अपवर्तनांक वाली गतिशील वायु परतों से गुज़रता है, इसलिए उसकी आभासी स्थिति और चमक लगातार बदलती रहती है।

★★★ **ग्रह नहीं टिमटिमाते**: वे इतने पास हैं कि छोटी **चकतियों (डिस्क)** जैसे दिखते हैं। एक चकती अनेक बिंदु स्रोतों का समूह है; उनकी झिलमिलाहटें औसत होकर मिट जाती हैं।

★★ **अंतरिक्ष में टिमटिमाना नहीं**: चंद्रमा से या अंतरिक्ष यात्री को तारे स्थिर चमकते दिखते हैं (वायुमंडल नहीं)। क्षितिज के पास के तारे सबसे अधिक टिमटिमाते हैं (वायु में सबसे लंबा मार्ग)।

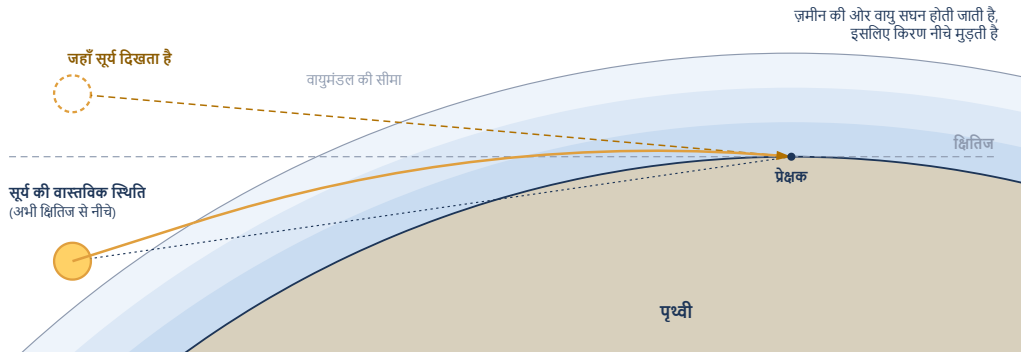
★★ **तारे अपनी वास्तविक स्थिति से थोड़ा ऊपर दिखते हैं**, क्योंकि सघन वायु में प्रवेश करते समय उनका प्रकाश अभिलंब की ओर मुड़ता है।

★★★ **अग्रिम सूर्योदय और विलंबित सूर्यास्त**: अपवर्तन के कारण सूर्य वास्तविक उदय से लगभग **2 मिनट पहले** और अस्त होने के **2 मिनट बाद** तक दिखता है; इससे दिन लगभग 4 मिनट लंबा हो जाता है।

★★ **क्षितिज पर चपटा (अंडाकार) सूर्य**: निचले किनारे का प्रकाश अधिक सघन वायु से गुज़रता है और ऊपरी किनारे के प्रकाश से अधिक ऊपर उठता है, इसलिए चकती ऊर्ध्वाधर दिशा में दबी दिखती है।

★★ **आकाश के दृष्टिभ्रम**: तारों का टिमटिमाना (अपवर्तन), भोर और साँझ में लाल सूर्य (प्रकीर्णन) और **क्षितिज के पास सूर्य या चंद्रमा का बड़ा दिखना** (देखने का भ्रम; अपवर्तन तो उसे ऊर्ध्वाधर दिशा में थोड़ा छोटा करता है)। भोर में दिखता चंद्रमा या आकाश में ध्रुव तारा वास्तविक दृश्य हैं, भ्रम नहीं।

★ **झिलमिलाना (Shimmering)**: आग, सड़क या तंदूर के ऊपर की गर्म हवा से देखने पर वस्तुएँ काँपती दिखती हैं; यह छोटे पैमाने पर वही प्रभाव है।



अग्रिम सूर्योदय। ज़मीन की ओर वायु सघन होती जाती है, इसलिए आता हुआ सूर्य का प्रकाश नीचे मुड़ता है और सूर्य के क्षितिज से नीचे रहते हुए भी हम तक क्षितिज से थोड़ा ऊपर से पहुँचता है। पैमाने पर नहीं: वायु की परत और मुड़ना बहुत बढ़ाकर दिखाए गए हैं।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** टिमटिमाना **अपवर्तन** है, परावर्तन, ध्रुवण या व्यतिकरण नहीं। और टिमटिमाते **तारे** हैं; ग्रह स्थिर चमकते हैं।

याद रखें: तारे नन्हे बिंदु हैं, ग्रह नन्ही थालियाँ: बिंदु आसानी से झिलमिलाता है, थाली नहीं।

झटपट जाँच

1. तारे टिमटिमाते हैं पर ग्रह नहीं, क्यों?
2. अपवर्तन के कारण सूर्य वास्तविक उदय से कितना पहले दिखता है?
3. क्षितिज पर सूर्य चपटा क्यों दिखता है?

उत्तर: 1. तारा बिंदु स्रोत है; ग्रह चकती है जिसकी झिलमिलाहटें औसत होकर मिट जाती हैं · 2. लगभग 2 मिनट (दिन ≈ 4 मिनट लंबा) · 3. नीचे की सघन वायु उसके निचले किनारे को अधिक ऊपर उठाती है

पूर्ण आंतरिक परावर्तन

सघन → विरल

क्रांतिक कोण

हीरे की चमक

प्रकाशिक तंतु

मरीचिका / लूमिंग

जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाता है, तो अभिलंब से दूर मुड़ता है। किरण को और तिरछा करें तो अपवर्तित किरण और मुड़ती जाती है, यहाँ तक कि सतह को छूती हुई चलने लगती है: उस आपतन कोण को **क्रांतिक कोण (Critical angle)** कहते हैं। किरण को इससे भी अधिक तिरछा करें तो कोई प्रकाश बाहर नहीं निकल पाता: वह लगभग बिना किसी हानि के **पूरा परावर्तित** होकर लौट आता है। अच्छा से अच्छा दर्पण भी कुछ प्रकाश खोता है; पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total internal reflection, TIR) व्यावहारिक रूप से कुछ नहीं खोता।

★★★ **पूर्ण आंतरिक परावर्तन की दो शर्तें**: प्रकाश **सघन से विरल** माध्यम में जाए, और आपतन कोण **क्रांतिक कोण से बड़ा** हो।

★★ **क्रांतिक कोण** C: sin C = 1/n। जल ≈ **48.6°**, क्राउन काँच ≈ **42°**, हीरा ≈ **24.4°** (सबसे छोटा, क्योंकि n सबसे बड़ा है)।

★★★ **हीरा चमकता है** क्योंकि उसका क्रांतिक कोण बहुत छोटा है; अच्छी तरह तराशे गए हीरे में घुसा प्रकाश ऊपर से निकलने से पहले भीतर बार-बार पूर्ण परावर्तित होता है।

★★★ **प्रकाशिक तंतु (Optical fibre)**: अधिक n वाले काँच का पतला कोर (Core), कम n वाले आवरण (Cladding) के भीतर। प्रकाश सीमा पर क्रांतिक कोण से बड़े कोण पर टकराता रहता है और भीतर फँसा रहता है, मोड़ों पर भी तंतु के साथ चलता है। उपयोग: इंटरनेट और टेलीफ़ोन संपर्क, एंडोस्कोपी (शरीर के भीतर देखना) और सजावटी लैंप।

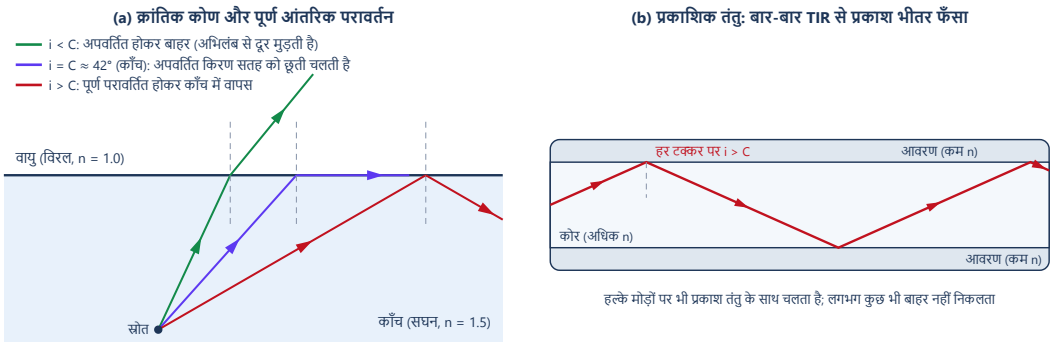
★ **भारतीय संबंध**: मोगा (पंजाब) में जन्मे नरिंदर सिंह कपानी (Narinder Singh Kapany) को फाइबर ऑप्टिक्स का जनक कहा जाता है; चार्ल्स काओ (Charles Kao) को यह दिखाने के लिए 2009 का नोबेल पुरस्कार मिला कि तंतु लंबी दूरी तक संकेत ले जा सकते हैं।

★★★ **मरीचिका (Mirage)** (रेगिस्तान और गर्मियों में गर्म सड़कें): गर्म ज़मीन के पास की हवा अधिक गर्म और **विरल** होती है। आकाश से आता प्रकाश परतों से गुज़रते हुए अधिकाधिक ऊपर की ओर मुड़ता है और अंत में पूर्ण परावर्तित हो जाता है, इसलिए आँख को ज़मीन पर आकाश का उल्टा प्रतिबिंब दिखता है, जो पानी के तालाब जैसा लगता है।

★★ **लूमिंग (Looming)** (ठंडे क्षेत्र, ध्रुवीय समुद्र): ठंडे समुद्र के पास की हवा ऊपर की हवा से **सघन** होती है, इसलिए दूर के जहाज़ का प्रकाश नीचे की ओर मुड़ता है और जहाज़ **ऊपर उठा, आकाश में तैरता** दिखता है।

★★ **चाँदी जैसी परखनली**: पानी में तिरछी डुबोई गई खाली परखनली ऊपर से देखने पर दर्पण जैसी चमकती है, क्योंकि भीतर काँच–वायु सतह पर प्रकाश पूर्ण परावर्तित होता है। परखनली में पानी भर दें तो चमक गायब हो जाती है। **पानी में हवा का बुलबुला** भी इसी कारण चमकता है।

★ **दर्पण की जगह प्रिज्म**: समकोण काँच प्रिज्म पूर्ण आंतरिक परावर्तन से प्रकाश को 90° या 180° मोड़ते हैं; ये दूरबीन (बाइनोक्युलर), परिदर्शी और कैमरों में लगते हैं और चाँदी चढ़े दर्पणों से अधिक चमकीले प्रतिबिंब देते हैं।



(a) काँच के भीतर से आता प्रकाश: क्रांतिक कोण से कम पर बाहर निकल जाता है, क्रांतिक कोण पर सतह को छूता हुआ चलता है, उससे अधिक पर पूर्ण परावर्तित होता है। (b) प्रकाशिक तंतु में हर टक्कर क्रांतिक कोण से बड़े कोण पर होती है, इसलिए प्रकाश भीतर ही रहता है।



गर्म राजमार्ग पर मरीचिका: आगे की सड़क गीली लगती है और गाड़ियाँ उसमें परावर्तित दिखती हैं। यह "पानी" आकाश का प्रतिबिंब है, जो सड़क के ठीक ऊपर की गर्म हवा में अपवर्तन और पूर्ण आंतरिक परावर्तन से बनता है। चित्र: Michael from Calgary, AB, Canada, Wikimedia Commons, CC BY 2.0

⚠ **परीक्षा में सावधान:** मरीचिका **न तो** मतिभ्रम है और न पानी से परावर्तन; यह गर्म हवा की परतों से होने वाला अपवर्तन है जो पूर्ण आंतरिक परावर्तन पर समाप्त होता है, और इसका फ़ोटो भी खींचा जा सकता है।

याद रखें: मरीचिका = नीचे गर्म (रेगिस्तान, सड़क), प्रतिबिंब नीचे। लूमिंग = नीचे ठंडा (समुद्री बर्फ़), प्रतिबिंब ऊपर।

☑ झटपट जाँच

1. पूर्ण आंतरिक परावर्तन की दो शर्तें?
2. हीरा क्यों चमकता है?
3. मरीचिका: ज़मीन के पास की हवा ऊपर से गर्म होती है या ठंडी?

उत्तर: 1. सघन → विरल, और आपतन कोण > क्रांतिक कोण · 2. उसका क्रांतिक कोण बहुत छोटा (≈ 24.4°) है, इसलिए प्रकाश बार-बार पूर्ण परावर्तित होता है · 3. गर्म और विरल (लूमिंग में: ठंडी और सघन)

विक्षेपण और इंद्रधनुष

VIBGYOR

बैंगनी सबसे अधिक मुड़ता

श्वेत प्रकाश रंगों का मिश्रण है। काँच हर रंग को अलग-अलग मात्रा में धीमा करता है: बैंगनी को सबसे अधिक, लाल को सबसे कम। इसलिए प्रिज्म में हर रंग अलग कोण से मुड़ता है और रंग पंखे की तरह फैलकर **स्पेक्ट्रम (Spectrum)** बनाते हैं। रंगों का यह अलग होना **विक्षेपण (Dispersion)** है।

इंद्रधनुष: 3 प्रक्रियाएँ

लाल बाहर

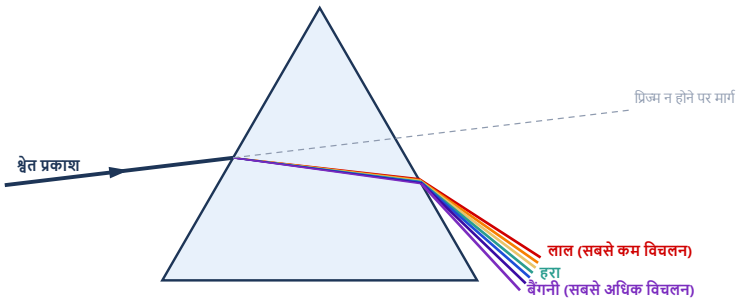
सूर्य पीछे

★★★ **विक्षेपण**: श्वेत प्रकाश का सात रंगों में बँटना, **VIBGYOR** (बैंगनी, जामुनी, नीला, हरा, पीला, नारंगी, लाल); हिंदी में याद रखें **बैं-जा-नी-ह-पी-ना-ला**। **आइज़क न्यूटन (Isaac Newton)** ने काँच के प्रिज्म से इसे दिखाया (1666)।

★★★ **बैंगनी सबसे अधिक, लाल सबसे कम विचलित**: काँच का अपवर्तनांक बैंगनी के लिए सबसे अधिक है, इसलिए बैंगनी काँच में सबसे धीमा चलता है और सबसे अधिक मुड़ता है। निर्वात में सभी रंग एक ही चाल से चलते हैं।

★★ **पुनर्संयोजन**: पहले प्रिज्म के बाद उल्टा रखा दूसरा प्रिज्म रंगों को फिर से मिलाकर श्वेत प्रकाश बना देता है (न्यूटन का प्रमाण कि रंग सूर्य के प्रकाश में ही थे, काँच ने नहीं बनाए)।

★★ **तरंगदैर्ध्य का क्रम**: लाल सबसे लंबी (~700 nm), बैंगनी सबसे छोटी (~400 nm); आवृत्ति का क्रम इसका उल्टा है।



काँच का प्रिज्म: हर रंग अलग मात्रा में मुड़ता है (फैलाव बढ़ाकर दिखाया गया)

हर रंग प्रिज्म से अलग दिशा में निकलता है। सभी रंग आधार की ओर मुड़ते हैं; बैंगनी सबसे अधिक, लाल सबसे कम। फैलाव बढ़ाकर दिखाया गया है।

इंद्रधनुष (Rainbow) वही विक्षेपण है, जिसे लाखों वर्षा-बूँदें मिलकर करती हैं। हर बूँद प्रवेश करते समय सूर्य के प्रकाश को **अपवर्तित** करती है, अपनी पिछली सतह से उसे एक बार **परावर्तित** करती है और बाहर निकलते समय फिर **अपवर्तित** करती है; दोनों अपवर्तन रंगों को फैलाते हैं। सूर्य को आपके सिर से मिलाने वाली रेखा से प्रकाश लगभग **लाल के लिए 42° और बैंगनी के लिए 40°** पर लौटता है।

★★★ **इंद्रधनुष = अपवर्तन + विक्षेपण + आंतरिक परावर्तन**, पानी की बूँदों के भीतर।

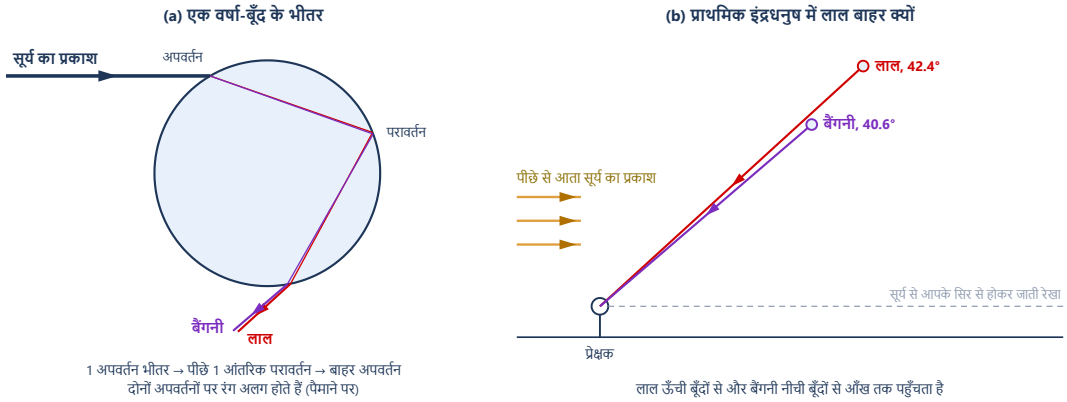
★★★ **सूर्य प्रेक्षक के पीछे**, वर्षा सामने: इंद्रधनुष सदा आकाश के उस भाग में दिखता है जो **सूर्य के विपरीत** हो: **सुबह पश्चिम में**, **शाम को पूर्व में**।

★★★ **प्राथमिक इंद्रधनुष (Primary rainbow)**: एक आंतरिक परावर्तन, अधिक चमकीला, **लाल बाहर (ऊपर)**, बैंगनी भीतर।

★★ **द्वितीयक इंद्रधनुष (Secondary rainbow)**: दो आंतरिक परावर्तन, अधिक धुँधला, अधिक ऊँचा (लगभग 51°), **रंग उल्टे क्रम में** (लाल भीतर)। दोनों धनुषों के बीच का गहरा आकाश ऐलेक्ज़ेंडर की पट्टी (Alexander's band) कहलाता है।

★ **दोपहर में इंद्रधनुष नीचा या अनुपस्थित क्यों**: धनुष सूर्य के ठीक विपरीत बिंदु से 42° पर होता है; जब सूर्य 42° से अधिक ऊँचा हो, तो पूरा धनुष क्षितिज के नीचे चला जाता है। विमान से इंद्रधनुष पूरा वृत्त दिख सकता है।

★ **हर व्यक्ति अपना निजी इंद्रधनुष देखता है**, जो बूँदों के अलग समूह से बनता है।



(a) एक बूँद के भीतर मार्ग: भीतर जाते समय अपवर्तन, पीछे एक परावर्तन, बाहर निकलते समय अपवर्तन; दोनों अपवर्तनों पर रंग अलग होते हैं। (b) लाल ऊँची बूँदों से और बैंगनी नीची बूँदों से आँख तक पहुँचता है, इसलिए प्राथमिक इंद्रधनुष में लाल बाहरी पट्टी है। दोनों भाग स्नेल के नियम से निकले न्यूनतम विचलन कोणों पर पैमाने पर बने हैं: लाल (n = 1.331) 42.4°, बैंगनी (n = 1.343) 40.6°, जिन्हें प्रायः 42° और 40° कहा जाता है।



दोहरा इंद्रधनुष। चमकीले प्राथमिक धनुष में लाल बाहर है; उसके ऊपर के धुँधले द्वितीयक धनुष में रंग उल्टे क्रम में हैं, और दोनों धनुषों के बीच का आकाश अधिक गहरा है (ऐलेक्ज़ेंडर की पट्टी)। चित्र: Eric Rolph, Wikimedia Commons, CC BY-SA 2.5

⚠ **परीक्षा में सावधान:** वर्षा-बूँद के भीतर के परावर्तन को आंतरिक परावर्तन कहते हैं; यह आंशिक परावर्तन है, क्योंकि बूँद के पिछले भाग पर कोण जल के क्रांतिक कोण से कम होता है। यदि किसी विकल्प में 'विक्षेपण, अपवर्तन और आंतरिक परावर्तन' हो, तो तीनों सही हैं।

💡 **याद रखें: सुबह का इंद्रधनुष पश्चिम में, शाम का पूर्व में**: सूर्य को अपनी पीठ पीछे रखिए। प्राथमिक धनुष: **R**ed **O**utside, जैसे **R**oof **O**n top (लाल बाहर, जैसे छत ऊपर)।

☑ झटपट जाँच

1. प्रिज्म में कौन-सा रंग सबसे अधिक और कौन-सा सबसे कम विचलित होता है?
2. इंद्रधनुष बनाने वाली तीन प्रक्रियाएँ बताइए।
3. शाम का इंद्रधनुष आकाश के किस भाग में दिखता है?

उत्तर: 1. बैंगनी सबसे अधिक, लाल सबसे कम · 2. अपवर्तन, विक्षेपण, आंतरिक परावर्तन · 3. पूर्व में, सूर्य के विपरीत

प्रकीर्णन: नीला आकाश, लाल सूर्यास्त, टिंडल और रमन

$1/\lambda^4$

नीला आकाश

जब प्रकाश अपनी तरंगदैर्ध्य से बहुत छोटे कणों (नाइट्रोजन और ऑक्सीजन के अणु) से टकराता है, तो वे उसे अवशोषित करके सभी दिशाओं में फिर से भेज देते हैं: **प्रकीर्णन (Scattering)**। लॉर्ड रेले (Lord Rayleigh) ने दिखाया कि

लाल सूर्यास्त

लाल संकेत

टिंडल प्रभाव

रमन प्रभाव

प्रकीर्णित प्रकाश की मात्रा **$1/\lambda^4$** के अनुपात में होती है, इसलिए कम तरंगदैर्ध्य वाला नीला प्रकाश लाल से कई गुना अधिक प्रकीर्णित होता है। बड़े कण (पानी की बूँदें, धूल) सभी रंगों को लगभग बराबर प्रकीर्णित करते हैं।

★★★ **नीला आकाश**: वायु के अणु नीले को लाल से कहीं अधिक प्रकीर्णित करते हैं; यह प्रकीर्णित नीला प्रकाश आकाश की हर दिशा से हमारी आँखों तक आता है। (बैंगनी और भी अधिक प्रकीर्णित होता है, पर सूर्य के प्रकाश में बैंगनी कम है और हमारी आँखें उसके प्रति कम संवेदनशील हैं।)

★★★ **सूर्योदय और सूर्यास्त पर लाल/नारंगी सूर्य**: क्षितिज के पास के सूर्य का प्रकाश वायु में बहुत लंबा मार्ग तय करता है; रास्ते में अधिकांश नीला प्रकीर्णित होकर निकल जाता है, लाल और नारंगी बचते हैं। दोपहर में मार्ग छोटा होता है और सूर्य सफेद दिखता है।

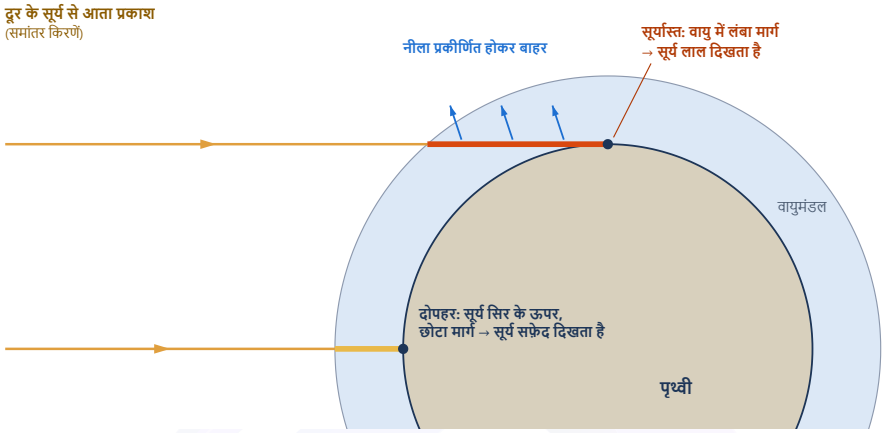
★★★ **खतरे और रुकने के संकेत लाल होते हैं**: लाल सबसे कम प्रकीर्णित होता है, इसलिए कोहरे, धुएँ और धूल में सबसे दूर तक जाता है और दूर से दिखता है।

★★★ **अंतरिक्ष में काला आकाश**: सूर्य के प्रकाश को प्रकीर्णित करने वाली वायु न होने से अंतरिक्ष यात्रियों को और चंद्रमा से आकाश दिन में भी काला दिखता है।

★★ **सफेद बादल**: बादलों की बूँदें प्रकाश की तरंगदैर्ध्य से बहुत बड़ी होती हैं और सभी रंगों को लगभग बराबर प्रकीर्णित करती हैं, जो मिलकर सफेद बनते हैं। काले वर्षा-बादल इतने घने होते हैं कि अधिकांश प्रकाश रोक लेते हैं।

★★ **नीलापन लिए धुआँ**: दोपहिया वाहन के धुएँ या सिगरेट के बहुत बारीक कण मुख्यतः नीला प्रकाश प्रकीर्णित करते हैं।

★ **नीला समुद्र**: कुछ हद तक नीले आकाश का परावर्तन और कुछ इसलिए कि जल लाल प्रकाश को अवशोषित करता है और नीले को प्रकीर्णित करता है (रमन ने 1921 में एक समुद्री यात्रा पर इसका अध्ययन किया)।



एक ही धूप, दो प्रेक्षक। दोपहर में प्रकाश वायु का छोटा मार्ग पार करता है और सूर्य सफ़ेद दिखता है; सूर्यास्त पर वह कहीं लंबे मार्ग से गुज़रता है, रास्ते में अधिकांश नीला प्रकीर्णित हो जाता है और सूर्य लाल दिखता है। पैमाने पर नहीं: वायु की परत वास्तविकता से कहीं मोटी दिखाई गई है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** नीला आकाश **प्रकीर्णन** है, महासागरों का परावर्तन नहीं, और विक्षेपण भी नहीं। खतरे के संकेत लाल इसलिए चुने जाते हैं कि लाल **सबसे कम प्रकीर्णित** होता है, इसलिए नहीं कि वह 'आँख को सबसे अधिक दिखता है' (आँख पीले-हरे के प्रति सबसे संवेदनशील है)।

टिंडल प्रभाव (Tyndall effect): जब प्रकाश-पुंज किसी **कोलॉइड (Colloid)** (किसी माध्यम में निलंबित बारीक कण) से गुज़रता है, तो वह बगल से दिखाई देने लगता है, क्योंकि कण प्रकाश को प्रकीर्णित करते हैं। वास्तविक विलयन में ऐसा पुंज नहीं दिखता, इसलिए यह प्रभाव कोलॉइड को वास्तविक विलयन से अलग पहचानता है। यह नाम जॉन टिंडल (John Tyndall) के नाम पर है।

★★ **टिंडल प्रभाव के उदाहरण**: धूल भरे कमरे में या खिड़की की दरार से आती सूर्य की किरणें, घने धुंध भरे जंगल की छतरी से छनकर आती धूप, कोहरे में कार की हेडलाइट, सिनेमा हॉल में प्रोजेक्टर का पुंज, दूधिया पानी से गुज़रता टॉर्च का पुंज।

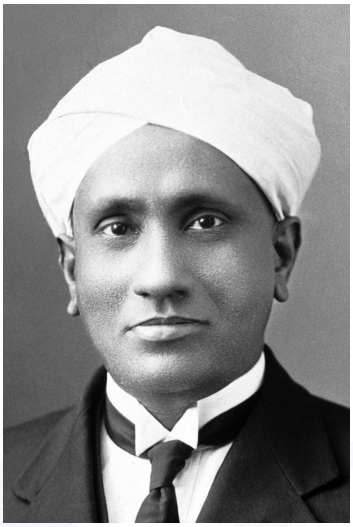
👁 **आसपास देखें:** अँधेरे कमरे में टॉर्च जलाइए, हवा में कुछ नहीं दिखता; पुंज के पास दो धूल भरे डस्टर झाड़िए और पुंज का मार्ग अचानक चमक उठता है। यही टिंडल प्रभाव है।

रमन प्रभाव (Raman effect): जब प्रकाश अणुओं से प्रकीर्णित होता है, तो उसका बहुत छोटा अंश **थोड़ी बदली हुई आवृत्ति (और तरंगदैर्ध्य)** के साथ निकलता है, क्योंकि अणु ने थोड़ी ऊर्जा ली या दी है। इन परिवर्तनों का पैटर्न अणु की 'उँगलियों की छाप' (फ़िंगरप्रिंट) होता है।

★★★ **सी.वी. रमन (C.V. Raman)** ने इसे **के.एस. कृष्णन (K.S. Krishnan)** के साथ कोलकाता में खोजा; घोषणा **28 फ़रवरी 1928** को हुई। रमन को **भौतिकी का नोबेल पुरस्कार, 1930** मिला; वे विज्ञान में नोबेल पाने वाले पहले एशियाई थे। उन्हें 1954 में भारत रत्न मिला।

★★★ **राष्ट्रीय विज्ञान दिवस** इस खोज की याद में हर वर्ष **28 फ़रवरी** को मनाया जाता है (1987 से)।

★★ **रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी (Raman spectroscopy)** पदार्थों को नष्ट किए बिना पहचानती है: दवाएँ, रत्न, फ़ोरेंसिक नमूने, कलाकृतियों के रंगद्रव्य; मंगल पर पर्सिवियरेंस (Perseverance) रोवर में एक रमन उपकरण लगा है।



सी.वी. रमन, जिन्होंने के.एस. कृष्णन के साथ रमन प्रभाव खोजा (घोषणा 28 फ़रवरी 1928) और 1930 में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार जीता।
चित्र: Nobel Foundation, Wikimedia Commons, public domain

प्रकीर्णन के तीन प्रकार ★★★

प्रभाव	कण	क्या होता है	उदाहरण
रेले (Rayleigh)	λ से बहुत छोटे (वायु के अणु)	कम λ (नीला) कहीं अधिक प्रकीर्णित ($\propto 1/\lambda^4$); आवृत्ति अपरिवर्तित	नीला आकाश, लाल सूर्यास्त
टिंडल	कोलॉइडी कण (धूल, धुआँ, कोहरे की बूँदें)	पुंज का मार्ग दिखाई देने लगता है	धूल भरे कमरे में सूर्य की किरण
रमन	अणु	प्रकाश का बहुत छोटा अंश बदली आवृत्ति के साथ निकलता है	रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी

याद रखें: रमन: 28.2.28: फ़रवरी की **28** तारीख, 19**28**। विज्ञान दिवस भी इसी तारीख को है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** रेले और टिंडल प्रकीर्णन में प्रकीर्णित प्रकाश का रंग (आवृत्ति) नहीं बदलता; केवल **रमन प्रभाव** में आवृत्ति बदलती है।

झटपट जाँच

1. रेले प्रकीर्णन _____ के अनुपात में होता है।
2. खतरे के संकेत लाल क्यों होते हैं?
3. कौन-सा प्रकीर्णन प्रकाश की आवृत्ति बदलता है, और उसकी घोषणा कब हुई?

उत्तर: 1. $1/\lambda^4$ (नीला लाल से कहीं अधिक प्रकीर्णित) · 2. लाल सबसे कम प्रकीर्णित होता है, इसलिए सबसे दूर से दिखता है · 3. रमन प्रभाव, 28 फ़रवरी 1928

दैनिक जीवन में अन्य रंगीन प्रभाव

व्यतिकरण

साबुन का बुलबुला, तेल की परत

मोर पंख

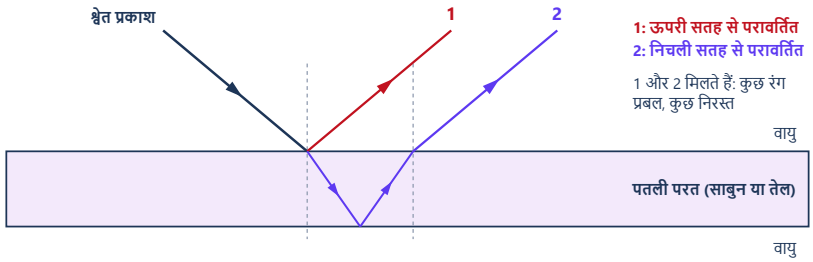
प्रभामंडल / कोरोना

रंगों का हर प्रदर्शन विक्षेपण नहीं होता। जब प्रकाश किसी बहुत पतली परत की ऊपरी और निचली सतहों से परावर्तित होता है, तो दोनों परावर्तित तरंगें आपस में मिलकर कुछ रंगों को प्रबल और कुछ को निरस्त कर देती हैं। यह **व्यतिकरण (Interference)** है (तरंग प्रकाशिकी वाले अध्याय में और विस्तार से)।

★★★ **साबुन के बुलबुले और गीली सड़क पर तेल की परतें** पतली परतों में प्रकाश के **व्यतिकरण** के कारण रंगीन दिखती हैं; परत की मोटाई बदलने पर रंग बदलते हैं।

★★ **मोर के पंखों और तितली के पंखों** के झिलमिलाते रंग सूक्ष्म संरचनाओं से होने वाले व्यतिकरण के कारण हैं, वर्णक (Pigment) के कारण नहीं।

★ **प्रभामंडल (Halo)**: सूर्य या चंद्रमा के चारों ओर एक वलय, जो ऊँचे पतले बादलों के बर्फ़ के क्रिस्टलों से अपवर्तन से बनता है (लगभग 22° त्रिज्या)। **कोरोना (Corona)**: चंद्रमा के पास छोटे रंगीन वलय, जो पानी की बूँदों से विवर्तन (Diffraction) द्वारा बनते हैं।



पतली परत में व्यतिकरण, कोण स्नेल के नियम से (n = 1.33)। ऊपरी सतह (1) और निचली सतह (2) से परावर्तित प्रकाश एक ही दिशा में निकलता है; दोनों मिलकर कुछ रंगों को प्रबल और कुछ को निरस्त करते हैं। परत की मोटाई बहुत बढ़ाकर दिखाई गई है।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** साबुन की परत के रंग: **व्यतिकरण** (विवर्तन, अपवर्तन या ध्रुवण नहीं)। प्रिज्म और इंद्रधनुष के रंग: **विक्षेपण**।

☑ झटपट जाँच

1. साबुन के बुलबुले के रंग _____ के कारण हैं।
2. प्रभामंडल या कोरोना: बर्फ़ के क्रिस्टलों से अपवर्तन से कौन बनता है?

उत्तर: 1. पतली परत में प्रकाश का व्यतिकरण · 2. प्रभामंडल (लगभग 22°); कोरोना विवर्तन से

पिछले वर्षों में पूछे गए प्रश्न (10)

UPSC 2013 निम्नलिखित परिघटनाओं पर विचार कीजिए :
1. गोधूलि में सूर्य का आमाप
2. ऊषाकाल में सूर्य का रंग
3. ऊषाकाल में चन्द्रमा का दिखना
4. आकाश में तारों का टिमटिमाना
5. आकाश में ध्रुवतारे का दिखना
उपर्युक्त में से कौन-से दृष्टिभ्रम हैं?
(a) 1, 2 और 3 (b) 3, 4 और 5 (c) 1, 2 और 4 (d) 2, 3 और 5
उत्तर: (c) 1, 2 और 4. तारे इसलिए टिमटिमाते हैं क्योंकि उनका प्रकाश वायु की बदलती परतों में अपवर्तित होता है; क्षितिज के पास सूर्य वायुमंडल और दृष्टि-बोध के कारण बड़ा और लाल दिखता है

UPSC 2013 जब धूप वर्षा की बूँदों पर गिरती है, तो इन्द्रधनुष बनता है। इसके लिए निम्नलिखित में से कौन-सी भौतिक परिघटनाएँ जिम्मेवार हैं?
1. परिक्षेपण
2. अपवर्तन
3. आन्तरिक परावर्तन
नीचे दिए गए कूट का प्रयोग कर सही उत्तर चुनिए।
(a) केवल 1 और 2 (b) केवल 2 और 3 (c) केवल 1 और 3 (d) 1, 2 और 3
उत्तर: (d) 1, 2 और 3. इंद्रधनुष वर्षा की बूँदों में अपवर्तन, परिक्षेपण और आंतरिक परावर्तन से बनता है

BPSC 66th जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे में जाता है, तो निम्न में से कौन-सी/सा नहीं बदलती/बदलता है?
(a) वेग/गति (b) तरंगदैर्ध्य (c) आवृत्ति (d) अपवर्तनांक (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (c) आवृत्ति. अपवर्तन में प्रकाश की आवृत्ति स्थिर रहती है; चाल और तरंगदैर्ध्य बदलते हैं

BPSC 67th दर्पण के सामने खड़े एक व्यक्ति को अपना प्रतिबिम्ब अपने से बड़ा लगता है। इसका तात्पर्य है कि दर्पण का प्रकार है
(a) अवतल (b) समतल (c) उत्तल (d) बेलनाकार के साथ बाहर की तरफ उभरे हुए
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) अवतल. वस्तु फोकस के भीतर हो तो अवतल दर्पण आवर्धित और सीधा प्रतिबिंब बनाता है; समतल दर्पण समान आकार का और उत्तल दर्पण छोटा प्रतिबिंब बनाता है

BPSC 67th रात के समय में खुले आकाश में तारों के टिमटिमाने को किससे समझाया जा सकता है?
(a) प्रकाश का अपवर्तन (b) प्रकाश का परावर्तन (c) प्रकाश का ध्रुवीकरण (d) प्रकाश का व्यतिकरण
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) प्रकाश का अपवर्तन. तारों का टिमटिमाना उनके प्रकाश के वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण होता है

BPSC 67th जब दिन में पानी पर साबुन की फिल्म दिखाई देती है, तो यह सुंदर रंग दिखाती है। इस घटना का कारण है
(a) प्रकाश का विवर्तन (b) प्रकाश का अपवर्तन (c) प्रकाश का ध्रुवीकरण (d) प्रकाश का व्यतिकरण
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (d) प्रकाश का व्यतिकरण. साबुन के बुलबुले और पानी पर तेल जैसी पतली परतों के रंग व्यतिकरण से बनते हैं

BPSC 67th re-exam प्रकाश की गति निम्न में से किस माध्यम में न्यूनतम होगी?
(a) काँच (शीशा) (b) जल (c) निर्वात् (शून्य) (d) वायु (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (a) काँच (शीशा). जिस माध्यम का अपवर्तनांक सबसे अधिक हो, उसमें प्रकाश की चाल सबसे कम होती है ($v = c/n$)

BPSC 69th अवतल दर्पण द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब वास्तविक, उल्टा और वस्तु के आकार के बराबर होता है। वस्तु की स्थिति कैसी होनी चाहिए?
(a) फोकस पर (b) वक्रता के केन्द्र पर (c) फोकस और वक्रता केन्द्र के बीच (d) वक्रता केन्द्र से परे
उत्तर: (b) वक्रता के केन्द्र पर. अवतल दर्पण: वस्तु C पर हो तो वास्तविक, उल्टा और समान आकार का प्रतिबिंब C पर ही बनता है

BPSC 70th re-exam निम्न में से कौन छाया की उत्पत्ति के लिए जिम्मेदार है ?
(a) विवर्तन (b) व्यतिकरण (c) प्रकाश का ऋजुरेखीय प्रसार (d) ध्रुवीकरण
उत्तर: (c) प्रकाश का ऋजुरेखीय प्रसार. प्रकाश सीधी रेखा में चलता है, इसलिए उसे रोकने वाली अपारदर्शी वस्तु छाया बनाती है; विवर्तन, व्यतिकरण और ध्रुवण प्रकाश की तरंग प्रकृति दर्शाते हैं

BPSC 71st समतल दर्पण की फोकस दूरी होती है :
(a) +1 सेमी (b) –1 सेमी (c) 2 सेमी (d) अनन्त
उत्तर: (d) अनन्त. समतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या अनंत होती है, इसलिए उसकी फोकस दूरी भी अनंत होती है

स्वयं को परखें (12)

1. दो समतल दर्पण एक-दूसरे से 60° पर रखे हैं। उनके बीच रखी वस्तु के कितने प्रतिबिंब बनेंगे?
(a) 3 (b) 5 (c) 6 (d) अनंत

2. प्रकाश की एक किरण जल से वायु में जाती है। निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सही है?
(a) यह अभिलंब की ओर मुड़ती है और इसकी आवृत्ति बढ़ जाती है (b) यह अभिलंब से दूर मुड़ती है और इसकी आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है
(c) यह अभिलंब से दूर मुड़ती है और इसकी तरंगदैर्ध्य घट जाती है (d) कोण कुछ भी हो, यह सीधी चली जाती है

3. वाहनों में पीछे देखने के लिए कौन-सा दर्पण प्रयोग होता है, और क्यों?
(a) अवतल, क्योंकि यह बड़ा प्रतिबिंब देता है (b) समतल, क्योंकि यह समान आकार का प्रतिबिंब देता है
(c) उत्तल, क्योंकि यह सदा सीधा प्रतिबिंब और विस्तृत दृष्टि-क्षेत्र देता है (d) अवतल, क्योंकि यह वास्तविक प्रतिबिंब देता है

4. निम्नलिखित पर विचार कीजिए: 1. हीरे का चमकना 2. गर्म सड़क पर मरीचिका 3. प्रकाशिक तंतु की कार्यप्रणाली 4. आकाश का नीला रंग। इनमें से कौन-से पूर्ण आंतरिक परावर्तन के कारण हैं?
(a) केवल 1 और 2 (b) केवल 1, 2 और 3 (c) केवल 2, 3 और 4 (d) 1, 2, 3 और 4

5. वास्तविक सूर्योदय से थोड़ा पहले सूर्य दिखाई देने का कारण है
(a) प्रकाश का प्रकीर्णन (b) प्रकाश का विक्षेपण (c) वायुमंडलीय अपवर्तन (d) पूर्ण आंतरिक परावर्तन

6. प्राथमिक इंद्रधनुष के बाहरी किनारे पर कौन-सा रंग होता है और सूर्य कहाँ होता है?
(a) बैंगनी; प्रेक्षक के सामने (b) लाल; प्रेक्षक के पीछे (c) लाल; प्रेक्षक के सामने (d) बैंगनी; प्रेक्षक के पीछे

7. खतरे के संकेत लाल क्यों होते हैं?
(a) कोहरे और धुएँ द्वारा लाल प्रकाश सबसे कम प्रकीर्णित होता है (b) लाल प्रकाश की आवृत्ति सबसे अधिक होती है
(c) मानव आँख लाल के प्रति सबसे अधिक संवेदनशील है (d) लाल प्रकाश वायु में सबसे तेज़ चलता है

8. राष्ट्रीय विज्ञान दिवस (28 फ़रवरी) किसकी खोज की याद में मनाया जाता है?
(a) प्रकाश-विद्युत प्रभाव (b) बोस–आइंस्टीन सांख्यिकी (c) रमन प्रभाव (d) चंद्रशेखर सीमा

9. एक वस्तु अवतल दर्पण के फोकस और ध्रुव के बीच रखी है। प्रतिबिंब होगा
(a) वास्तविक, उल्टा और बड़ा (b) आभासी, सीधा और बड़ा (c) आभासी, सीधा और छोटा (d) वास्तविक, उल्टा और समान आकार का

10. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:
1. समतल दर्पण में पार्श्व परिवर्तन प्रतिबिंब के ऊपर और नीचे को आपस में बदल देता है।
2. हीरे का क्रांतिक कोण काँच के क्रांतिक कोण से छोटा होता है।
3. केरोसिन पानी से हल्का है, पर प्रकाशिक रूप से पानी से सघन है।
उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही है/हैं?
(a) केवल 1 (b) केवल 1 और 2 (c) केवल 1 और 3 (d) केवल 2 और 3

11. निम्नलिखित पर विचार कीजिए:
1. तारों का टिमटिमाना
2. वास्तविक उदय से लगभग 2 मिनट पहले सूर्य का दिखाई देना
3. क्षितिज के पास सूर्य का चपटा आकार
उपर्युक्त में से कितने वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण होते हैं?
(a) केवल एक (b) केवल दो (c) सभी तीन (d) कोई भी नहीं

12. आंशिक सूर्य ग्रहण के समय घने पत्तों वाले पेड़ के नीचे ज़मीन पर धूप के धब्बे छोटे अर्धचंद्रों जैसे दिखते हैं। क्यों?
(a) पत्तियाँ धूप को विवर्तित करके अर्धचंद्र बना देती हैं (b) वायुमंडलीय अपवर्तन सूर्य की चकती को विकृत कर देता है
(c) चंद्रमा की छाया ज़मीन पर टुकड़ों में पड़ती है (d) पत्तियों के बीच की हर दरार पिनहोल कैमरे का काम करती है

उत्तर: 1. (b) प्रतिबिंबों की संख्या = 360/θ − 1 = 360/60 − 1 = 5। · 2. (b) सघन से विरल: अभिलंब से दूर मुड़ती है; चाल और तरंगदैर्ध्य बढ़ते हैं, आवृत्ति वही रहती है। · 3. (c) उत्तल दर्पण आभासी, सीधा, छोटा प्रतिबिंब बनाता है और पीछे का बड़ा क्षेत्र दिखाता है। · 4. (b) आकाश का नीला रंग प्रकीर्णन के कारण है; अन्य तीनों में पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है। · 5. (c) वायुमंडलीय अपवर्तन सूर्य के प्रकाश को क्षितिज के ऊपर मोड़ देता है, इसलिए सूर्य लगभग 2 मिनट पहले दिखता है। · 6. (b) प्राथमिक धनुष में लाल बाहर होता है और यह सूर्य के विपरीत दिखता है; सूर्य प्रेक्षक के पीछे होता है। · 7. (a) लाल की तरंगदैर्ध्य सबसे लंबी है और वह सबसे कम प्रकीर्णित होता है, इसलिए दूर से दिखता है। · 8. (c) सी.वी. रमन ने 28 फ़रवरी 1928 को रमन प्रभाव की घोषणा की। · 9. (b) F के भीतर अवतल दर्पण आवर्धक की तरह काम करता है: दर्पण के पीछे आभासी, सीधा, बड़ा प्रतिबिंब। · 10. (d) पार्श्व परिवर्तन बाएँ और दाएँ को बदलता है, ऊपर और नीचे को नहीं; हीरे का क्रांतिक कोण (लगभग 24.4°) काँच के (लगभग 42°) से छोटा है, और केरोसिन (n = 1.44) पानी (n = 1.33) से प्रकाशिक रूप से सघन है। · 11. (c) तीनों का कारण अलग-अलग घनत्व वाली वायु की परतों से गुज़रते प्रकाश का मुड़ना है; इसके विपरीत, उगते सूर्य का लाल रंग प्रकीर्णन के कारण होता है। · 12. (d) हर छोटी दरार पिनहोल की तरह सूर्य का प्रतिबिंब बनाती है, सामान्य दिन में गोल और जब चंद्रमा सूर्य का कुछ भाग ढक ले तब अर्धचंद्राकार; यह प्रकाश के सीधी रेखा में चलने का परिणाम है।

अध्याय 11

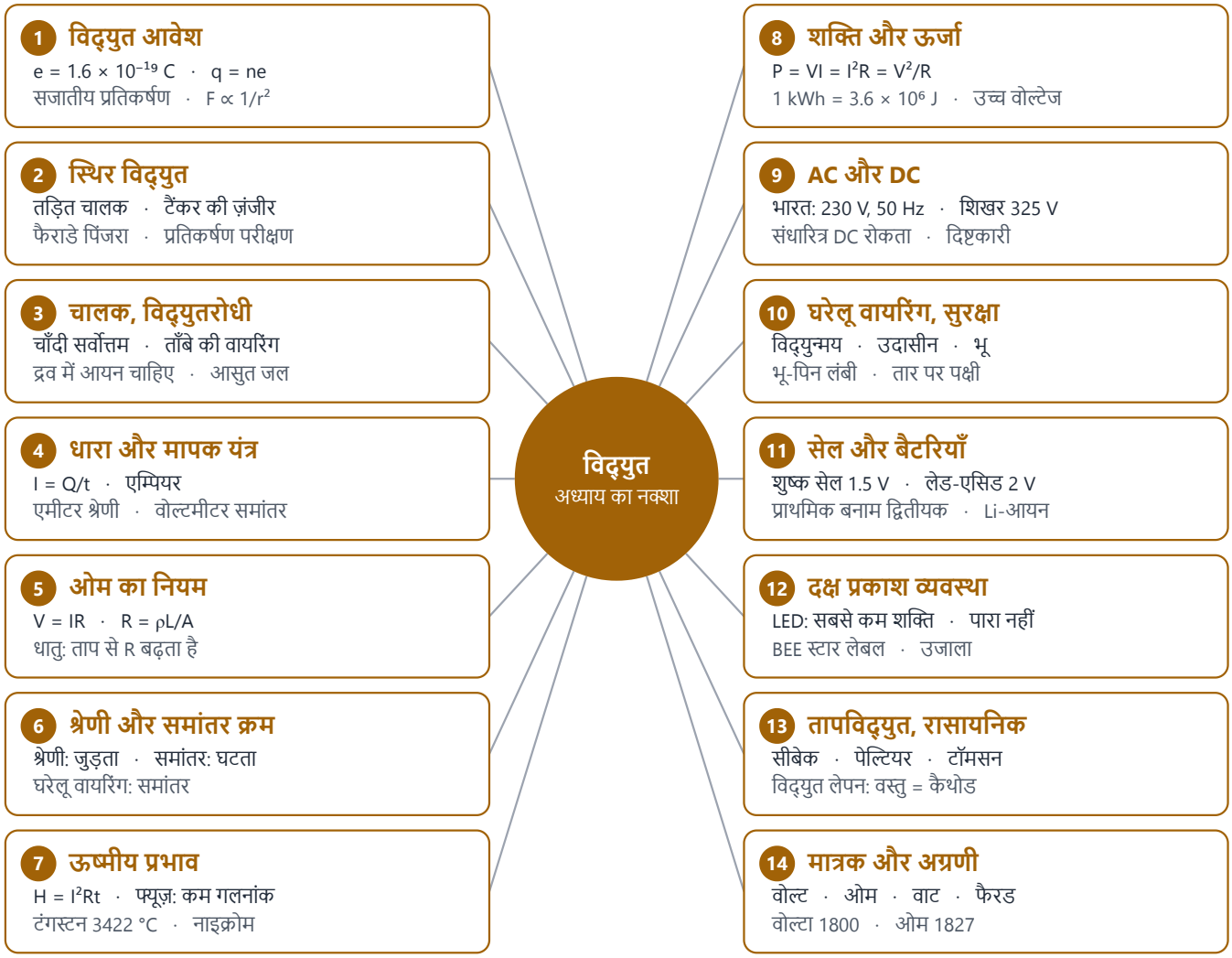
विद्युत: आवेश, धारा और परिपथ

मापक यंत्र, ओम का नियम, शक्ति के सूत्र, श्रेणीक्रम-समांतर क्रम प्रतिरोध, फ्यूज़ और घरेलू सुरक्षा लगभग हर वर्ष पूछे जाते हैं, विशेषकर BPSC में।

पिछले प्रश्नपत्रों में 12 बार पूछा गया: BPSC 12

≈ 1 h 07 min पढ़ने में ≈ 9 min ★★★ दोहराने में

दोहराएँ: दिन 1 | दिन 3 | दिन 7 | दिन 21



रिवीज़न कार्ड

1. आवेश क्वांटीकृत ($q = ne$) और संरक्षित होता है; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C; 1 C ≈ 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन।
2. अमीटर धारा मापता है: श्रेणीक्रम में, बहुत कम प्रतिरोध। वोल्टमीटर विभवांतर मापता है: समांतर क्रम में, बहुत अधिक प्रतिरोध।
3. गैल्वेनोमीटर (धारामापी) छोटी धाराओं का पता लगाता है; विभवमापी emf मापता है; ओममीटर प्रतिरोध मापता है; वोल्टामीटर विद्युत-अपघटनी सेल है, वोल्टमीटर नहीं।
4. ओम का नियम $V = IR$, अतः $R = V/I$; $R = \rho L/A$। धातुओं का प्रतिरोध ताप बढ़ने पर बढ़ता है; अर्धचालकों का घटता है।
5. श्रेणीक्रम: $R = R_1 + R_2$ (बड़ा)। समांतर क्रम: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ (सबसे छोटे से भी छोटा)। घरेलू वायरिंग समांतर क्रम में होती है।
6. शक्ति $P = VI = I^2R = V^2/R$, वाट में। IR^2 शक्ति का सूत्र नहीं है।
7. 1 यूनिट = 1 kWh = 3.6×10^6 J। ऊष्मा $H = I^2Rt$ (जूल का नियम)।
8. फ्यूज़: टिन-लेड मिश्रधातु, कम गलनांक, विद्युन्मय तार पर श्रेणीक्रम में। तंतु: टंगस्टन (3422 °C पर पिघलता है), बल्ब में आर्गन/नाइट्रोजन भरी होती है। हीटर की कुंडली: नाइक्रोम।
9. लघुपथन (Short circuit): प्रतिरोध ≈ 0, अतः धारा बहुत अधिक हो जाती है; फ्यूज़ पिघल जाता है या MCB ट्रिप हो जाता है।
10. भारत: 230 V (प्रायः 220 V भी लिखा जाता है), 50 Hz AC (अमेरिका 120 V, 60 Hz)। धारा एक सेकंड में 100 बार दिशा बदलती है।
11. तारों के रंग: विद्युन्मय भूरा (पुराना लाल), उदासीन नीला (पुराना काला), भू-संपर्क हरा-पीला (पुराना हरा)। भू-संपर्क पिन सबसे लंबी और सबसे मोटी होती है।
12. धारितीय प्रतिघात $X_C = 1/(2\pi fC)$ आवृत्ति बढ़ने पर घटता है; प्रेरकीय प्रतिघात $X_L = 2\pi fL$ आवृत्ति के साथ बढ़ता है।
13. टॉमसन प्रभाव: ताप-प्रवणता वाले एक ही चालक में emf। सीबेक: दो धातुएँ, ऊष्मा → emf। पेल्टियर: धारा → संधि पर तापन/शीतलन।
14. वोल्टा ने पहली बैटरी बनाई (1800)। कारों में लेड-एसिड (प्रति सेल 2 V, 12 V); फ़ोन और EV में Li-ion (रसायन नोबेल 2019)।

विद्युत आवेश

सजातीय बनाम विजातीय

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

$q = ne$

संरक्षण

कूलॉम का नियम

वोल्ट = J/C

हर परमाणु के नाभिक में धनावेशित प्रोटॉन और उसके चारों ओर ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन होते हैं। सामान्यतः ये संतुलित रहते हैं, इसलिए पदार्थ उदासीन होता है। रगड़ने, छूने या गर्म करने से **इलेक्ट्रॉन** एक वस्तु से दूसरी में जा सकते हैं: इलेक्ट्रॉन पाने वाली वस्तु **ऋणावेशित** हो जाती है, खोने वाली **धनावेशित**। ऐसे आवेशन में प्रोटॉन कभी नहीं खिसकते।

★★★ आवेश **दो प्रकार** के होते हैं: धन और ऋण। **सजातीय आवेश एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं, विजातीय आवेश आकर्षित करते हैं।**

★★★ **SI मात्रक**: कूलॉम (Coulomb, C)। एक इलेक्ट्रॉन का आवेश **$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C** (ऋण); प्रोटॉन पर उतना ही आवेश होता है, धन।

★★ 2019 की SI पुनर्परिभाषा के बाद e का मान **ठीक** 1.602 176 634 × 10^{-19} C तय कर दिया गया है, और एम्पियर इसी से परिभाषित होता है।

★★★ **क्वांटीकरण (Quantisation)**: कोई भी आवेश e का पूर्ण-संख्या गुणज होता है ($q = ne$)। किसी वस्तु पर 1.5 e आवेश कभी नहीं हो सकता।

★★★ **संरक्षण (Conservation)**: आवेश न बनाया जा सकता है, न नष्ट किया जा सकता है; रगड़ने पर वह केवल एक वस्तु से दूसरी में जाता है। काँच और रेशम पर बराबर और विपरीत आवेश आ जाते हैं।

★★ **1 कूलॉम ≈ 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉनों** का आवेश।

★★ **मिलिकन का तेल-बूँद प्रयोग (Millikan's oil-drop experiment)** (1909) ने e का मान मापा और दिखाया कि आवेश निश्चित टुकड़ों में आता है।

★ जो वस्तु ऋणावेशित होती है वह इलेक्ट्रॉन पाती है, अतः उसका द्रव्यमान बहुत थोड़ा बढ़ जाता है; धनावेशित वस्तु का द्रव्यमान बहुत थोड़ा घटता है।

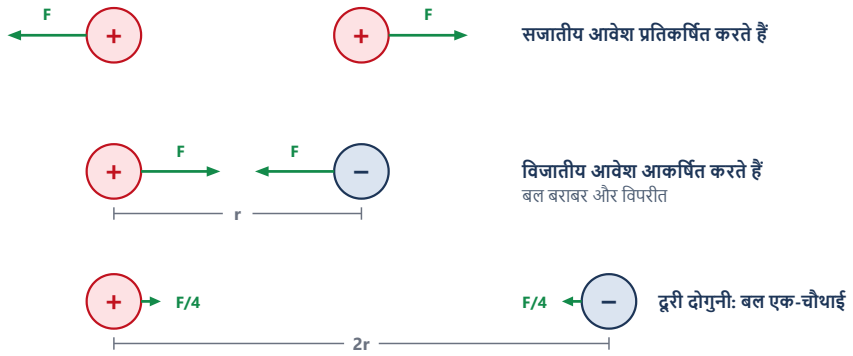
★★ **कूलॉम का नियम (Coulomb's law)** (1785): $F = k\, q_1 q_2 / r^2$, जहाँ $k \approx 9 \times 10^9$ N m² C^{-2}। एक आवेश दोगुना करने पर बल दोगुना होता है; दूरी दोगुनी करने पर बल एक-चौथाई रह जाता है (व्युत्क्रम वर्ग नियम)।

★ **माध्यम में** बल कमजोर हो जाता है: पानी में यह हवा की तुलना में लगभग 1/80 रह जाता है (पानी का परावैद्युतांक (Dielectric constant) ≈ 80)। इसीलिए पानी लवणों को इतनी आसानी से अलग कर देता है।

★ **विद्युत बल बनाम गुरुत्व**: दो प्रोटॉनों के बीच विद्युत बल गुरुत्वाकर्षण बल का लगभग 10^{36} गुना होता है।

★★ **विद्युत क्षेत्र (Electric field)** E = प्रति एकांक आवेश पर बल; मात्रक **N/C** (= V/m)। क्षेत्र रेखाएँ + आवेश से शुरू होकर − आवेश पर खत्म होती हैं और कभी एक-दूसरे को नहीं काटतीं।

★★ **विद्युत विभव (Electric potential)** = एकांक आवेश को बहुत दूर से लाने में किया गया कार्य; मात्रक **वोल्ट** (1 V = 1 J/C)। धन आवेश उच्च विभव से निम्न विभव की ओर बहता है, जैसे पानी ढलान पर नीचे बहता है।



आवेशों के बीच बल, तीर पैमाने पर। सजातीय आवेश प्रतिकर्षित और विजातीय आवेश आकर्षित करते हैं, बल सदा बराबर और विपरीत। आवेशों के बीच दूरी दोगुनी करें तो हर बल एक-चौथाई रह जाता है ($F \propto 1/r^2$)।

याद रखें: GSP: Glass rubbed with Silk turns Positive, यानी रेशम से रगड़ा गया काँच धनावेशित होता है। सूखे बालों में प्लास्टिक की कंघी, स्वेटर पर गुब्बारा और ऊन से रगड़ा गया एबोनाइट, सभी इलेक्ट्रॉन खींच लेते हैं और ऋणावेशित हो जाते हैं।

झटपट जाँच

1. काँच को रेशम से रगड़ा गया। इलेक्ट्रॉन किधर जाते हैं, और काँच पर कौन-सा आवेश आता है?
2. क्या किसी वस्तु पर 1.5 e आवेश हो सकता है? क्यों?
3. दो आवेशों के बीच दूरी दोगुनी करने पर बल _____ हो जाता है।

उत्तर: 1. इलेक्ट्रॉन काँच छोड़ते हैं; काँच धनावेशित होता है · 2. नहीं: आवेश क्वांटीकृत है, q = ne · 3. एक-चौथाई ($F \propto 1/r^2$)

दैनिक जीवन में स्थिर विद्युत

आवेशन की विधियाँ

प्रतिकर्षण परीक्षण

तड़ित चालक

टैंकर की ज़ंजीर

फैराडे पिंजरा

जो आवेश किसी वस्तु पर टिका रहता है, वह **स्थिर विद्युत (Static electricity)** है। यह दो सतहों के रगड़ने से जमा होता है और रास्ता मिलते ही अचानक **चिंगारी** के रूप में निकल जाता है। शुष्क हवा में यह जमा होता रहता है; नम हवा में धीरे-धीरे रिस जाता है। इसीलिए चिंगारियाँ सर्दियों की समस्या हैं, मानसून की नहीं।

किसी वस्तु को आवेशित करने के तीन तरीके ★★

विधि	क्या होता है	प्राप्त आवेश का चिह्न
घर्षण (Friction), यानी रगड़ना	इलेक्ट्रॉन एक सतह से दूसरी सतह पर चले जाते हैं	दोनों वस्तुओं पर विपरीत
चालन (Conduction), यानी छूना	आवेशित वस्तु संपर्क होने पर अपना आवेश बाँट देती है	आवेश देने वाली वस्तु जैसा ही
प्रेरण (Induction), बिना संपर्क	पास रखी आवेशित वस्तु मुक्त इलेक्ट्रॉनों को एक ओर धकेल देती है; दूर वाले सिरे को भू-संपर्कित करके फिर यह संपर्क हटा देने पर आवेश बचा रहता है	प्रेरित करने वाली वस्तु के विपरीत

★★ **आवेशित कंघी कागज़ के टुकड़े क्यों उठाती है**: वह कागज़ के पास वाले भाग पर विपरीत आवेश प्रेरित करती है, और आकर्षण जीत जाता है। केवल आकर्षण से यह सिद्ध नहीं होता कि वस्तु आवेशित है।

★★★ **प्रतिकर्षण ही आवेश की पक्की पहचान है**: केवल दो आवेशित वस्तुएँ ही एक-दूसरे को प्रतिकर्षित कर सकती हैं।

★★ **स्वर्ण-पत्र विद्युतदर्शी (Gold-leaf electroscope)** आवेश का पता लगाता है: दो पतली पत्तियों पर एक जैसा आवेश आता है और वे फैल जाती हैं। वे जितनी अधिक खुलें, आवेश उतना अधिक।

★★★ **तड़ित (Lightning)**: कपासी-वर्षी मेघ (Cumulonimbus) के भीतर बर्फ और पानी के कणों के घर्षण से आवेश अलग हो जाता है; जब क्षेत्र काफी प्रबल हो जाता है तो हवा की विद्युतरोधी क्षमता टूट जाती है और एक विशाल चिंगारी दूसरे बादल या धरती तक कूद जाती है। **बेंजामिन फ्रैंकलिन (Benjamin Franklin)** ने अपने पतंग प्रयोग (1752) से दिखाया कि तड़ित विद्युत ही है।

★★★ **तड़ित चालक (Lightning conductor)**: इमारत के सबसे ऊँचे बिंदु से ऊपर उठी नुकीली धातु (ताँबे) की छड़, जो एक मोटी पट्टी द्वारा नम मिट्टी में गड़ी प्लेट से जुड़ी होती है। आवेश नुकीले सिरों पर जमा होता है, इसलिए छड़ तड़ित को सुरक्षित रूप से धरती तक ले जाती है।

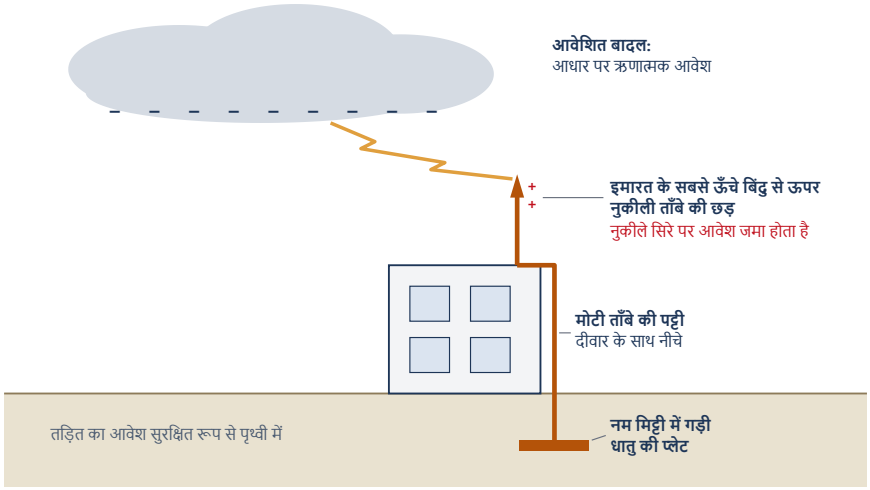
★★ **गर्जन (Thunder)** चमक के बाद सुनाई देता है, क्योंकि प्रकाश ध्वनि से कहीं अधिक तेज़ चलता है।

★★ **ईंधन टैंकरों** पर ईंधन के हिलने और टायरों के घूमने से आवेश जमा होता है। सड़क को छूती **धातु की ज़ंजीर या चालक पट्टी** इसे धरती में भेज देती है, ताकि कोई चिंगारी ईंधन की वाष्प को न सुलगाए।

★★ **ऊनी और सिंथेटिक कपड़े** शुष्क सर्दियों में चटकते हैं और छोटी चिंगारियाँ देते हैं: रगड़ से वे आवेशित होते हैं, और शुष्क हवा आवेश को रिसने नहीं देती।

★★ **आवेश चालक की बाहरी सतह पर रहता है** और बंद धातु के खोल के भीतर क्षेत्र शून्य होता है (**फैराडे पिंजरा (Faraday cage)**)। इसलिए तड़ित वाले तूफ़ान में बंद कार, बस या विमान सुरक्षित स्थान है।

★ **स्थिर विद्युत के उपयोग**: फोटोकॉपी मशीन और लेज़र प्रिंटर (आवेशित ड्रम टोनर उठाता है), ताप विद्युत संयंत्रों की चिमनियों से फ्लाई ऐश हटाने वाले स्थिरवैद्युत अवक्षेपित्र (Electrostatic precipitator), स्प्रे पेंटिंग।



तड़ित चालक। बादल का ऋणावेशित आधार छड़ में धनावेश प्रेरित करता है, जो नुकीले सिरे पर जमा होता है; तड़ित मोटी ताँबे की पट्टी से होकर नम मिट्टी में गड़ी प्लेट तक पहुँचती है और इमारत बच जाती है। पैमाने पर नहीं।

आसपास देखें: दिल्ली के दिसंबर में अँधेरे में स्वेटर उतारते समय चटचट की आवाज़ आती है और छोटी नीली चिंगारियाँ दिखती हैं। कालीन पर चलने के बाद धातु का दरवाज़े का हैंडल छूने पर हल्का झटका लगता है। दोनों में स्थिर आवेश निकल रहा होता है।

⚠ परीक्षा में सावधान: तड़ित वाले तूफ़ान में किसी अकेले ऊँचे पेड़ के नीचे या खुले मैदान में खड़े रहना खतरनाक है; बंद कार के भीतर बैठना सुरक्षित है। कार अपने धातु के खोल के कारण बचाती है, रबर के टायरों के कारण नहीं।



1902 में एफिल टावर पर गिरती तड़ित। तड़ित सबसे ऊँचे धातु बिंदु को चुनती है और लोहे का ढाँचा आवेश को सुरक्षित रूप से पृथ्वी तक ले जाता है: किसी इमारत के लिए तड़ित चालक यही काम करता है। चित्र: Gabriel Loppé, Wikimedia Commons, public domain

☑ झटपट जाँच

1. किसी वस्तु के आवेशित होने की पक्की पहचान क्या है: आकर्षण या प्रतिकर्षण?
2. ईंधन टैंकर में सड़क को छूती धातु की ज़ंजीर क्यों होती है?
3. आँधी-तूफ़ान में बंद कार सुरक्षित क्यों है?

उत्तर: 1. प्रतिकर्षण · 2. यह स्थिर आवेश को पृथ्वी में भेज देती है, ताकि चिंगारी ईंधन की वाष्प को न जलाए · 3. उसके धातु के खोल (फैराडे पिंजरा) के कारण, रबर के टायरों के कारण नहीं

चालक, विद्युतरोधी और अर्धचालक

मुक्त इलेक्ट्रॉन
चाँदी सर्वोत्तम
ताँबे की वायरिंग
एल्युमिनियम लाइनें
द्रवों में आयन
आसुत जल

कोई पदार्थ तभी चालन करता है जब उसमें गति करने को स्वतंत्र आवेश हों। धातुओं में मुक्त इलेक्ट्रॉनों का समुद्र होता है। द्रवों में आवेश-वाहक **आयन** होते हैं, इसलिए कोई द्रव तभी चालन करता है जब उसमें ऐसा पदार्थ घुला हो जो आयनों में टूट जाए।

कौन चालन करता है और कौन नहीं ★★★

प्रकार	कारण	उदाहरण
चालक (Conductor)	बहुत से मुक्त इलेक्ट्रॉन; कम प्रतिरोध	चाँदी (सर्वश्रेष्ठ), ताँबा, सोना, एल्युमिनियम, लोहा, ग्रेफाइट, मानव शरीर, पृथ्वी
विद्युतरोधी (Insulator)	लगभग कोई मुक्त आवेश नहीं; बहुत अधिक प्रतिरोध	रबर, प्लास्टिक, काँच, सूखी लकड़ी, पोर्सिलेन, अभ्रक, शुष्क वायु
अर्धचालक (Semiconductor)	बीच की स्थिति; ऊष्मा या अशुद्धि मिलाने पर चालन बढ़ता है	सिलिकॉन, जर्मेनियम (इलेक्ट्रॉनिकी वाले अध्याय में अधिक)
चालक द्रव (विद्युत-अपघट्य, Electrolytes)	घुले हुए आयन आवेश ले जाते हैं	नमक का पानी, नींबू का रस, संतरे का रस, सिरका, अम्ल, नल का पानी, पिघले लवण
कुचालक द्रव	आयन नहीं	आसुत जल, केरोसिन, पेट्रोल, वनस्पति तेल

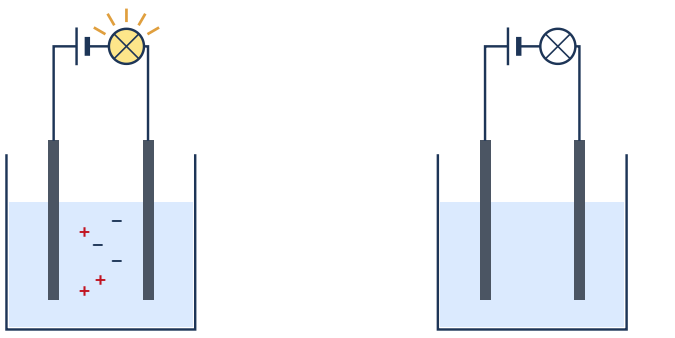
★★★ **चाँदी** सर्वश्रेष्ठ चालक है; घरेलू वायरिंग में **ताँबा** लगता है (लगभग उतना ही अच्छा, बहुत सस्ता); ऊपरी संचरण लाइनों में **एल्युमिनियम** (हल्का और सस्ता)।

★★ **ग्रेफाइट** अधातु होते हुए भी चालन करता है; इसका उपयोग इलेक्ट्रोडों में और शुष्क सेल की कार्बन छड़ में होता है।

★★ **पारा** द्रव धातु है और अच्छा चालक है; इसे आयनों की ज़रूरत नहीं।

★★ **शुद्ध (आसुत) जल** लगभग चालन नहीं करता; झटका देने वाला नल का पानी घुले लवणों के कारण चालन करता है।

★ बिजली के खंभों पर लगी **पोर्सिलेन की चकतियाँ** विद्युन्मय तारों को खंभे से विद्युतरोधित रखती हैं।



(a) नमक का पानी
आयन आवेश ले जाते हैं: बल्ब जलता है

(b) आसुत जल
लगभग कोई आयन नहीं: बल्ब नहीं जलता

एक ही परिपथ, दो द्रव। नमक के पानी में आयन आवेश ले जाते हैं, इसलिए बल्ब जलता है; आसुत जल में लगभग कोई आयन नहीं, इसलिए बल्ब नहीं जलता। नींबू का रस या सिरका भी बल्ब जला देगा।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** "कौन-सा द्रव कुचालक है: नमक का पानी, संतरे का रस या नींबू का रस?" इनमें से कोई नहीं। तीनों में आयन होते हैं और ये चालन करते हैं। विकल्प में हो तो कुचालक के रूप में आसुत जल, तेल या केरोसिन चुनें।

☑ झटपट जाँच

1. धातुओं में विद्युत का सबसे अच्छा चालक?
2. ऊपरी संचरण लाइनों में ताँबे के बजाय एल्युमिनियम क्यों लगता है?
3. नमक का पानी, नींबू का रस, केरोसिन: इनमें कुचालक कौन है?

उत्तर: 1. चाँदी · 2. वह हल्का और सस्ता है · 3. केरोसिन (आयन नहीं)

धारा, विभवांतर और उन्हें मापने वाले यंत्र

I = Q/t

इलेक्ट्रॉन अपवाह

एमीटर: श्रेणी

वोल्टमीटर: समांतर

गैल्वेनोमीटर

वोल्टामीटर ≠ वोल्टमीटर

पानी की टंकी की कल्पना करें: **ऊँचाई का अंतर** (विभवांतर) पानी को धकेलता है, **प्रवाह की दर** धारा है, और **पतला पाइप** प्रतिरोध है। बैटरी वह पंप है जो ऊँचाई के अंतर को बनाए रखता है।

★★★ **विद्युत धारा (Electric current)** I = प्रति सेकंड बहने वाला आवेश, I = Q/t। मात्रक **एम्पियर** (A), सात SI मूल मात्रकों में से एक; 1 A = 1 C/s।

★★★ **परंपरागत धारा (Conventional current)** सेल के बाहर + से − की ओर बहती है; **इलेक्ट्रॉन** वास्तव में उलटी दिशा में, − से + की ओर, अपवाहित होते हैं।

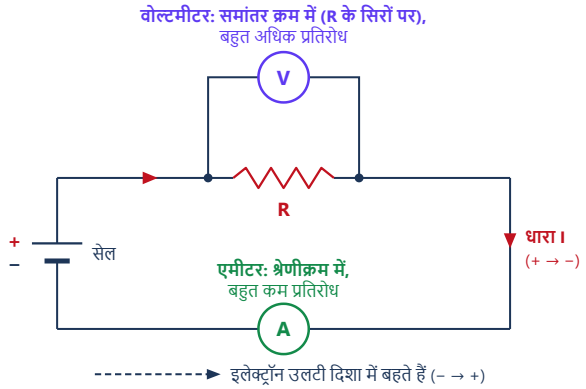
★★ तार में इलेक्ट्रॉनों का **अपवाह वेग (Drift speed)** बहुत छोटा होता है (एक मिलीमीटर प्रति सेकंड से भी काफी कम), फिर भी बल्ब तुरंत जल उठता है क्योंकि विद्युत क्षेत्र तार में लगभग प्रकाश की चाल से चलता है।

★★★ **विभवांतर (Potential difference)** (वोल्टेज) = दो बिंदुओं के बीच प्रति एकांक आवेश किया गया कार्य; मात्रक **वोल्ट** (V), जो अलेस्सांद्रो वोल्टा (Alessandro Volta) के नाम पर है।

★★ **विद्युत वाहक बल (EMF, Electromotive force)** = सेल द्वारा प्रत्येक कूलॉम को दी गई ऊर्जा; वोल्ट में मापा जाता है। यह बल नहीं है। धारा बहते समय टर्मिनल वोल्टेज emf से थोड़ा कम होता है, क्योंकि सेल का आंतरिक प्रतिरोध होता है।

यंत्र: कौन क्या मापता है ★★★

यंत्र	मापता है / काम	कैसे जोड़ा जाता है
अमीटर (Ammeter)	विद्युत धारा	श्रेणीक्रम में; बहुत कम प्रतिरोध
वोल्टमीटर (Voltmeter)	विभवांतर	समांतर क्रम में; बहुत अधिक प्रतिरोध
गैल्वेनोमीटर (Galvanometer, धारामापी)	छोटी धाराओं और उनकी दिशा का पता लगाता है	श्रेणीक्रम में; समांतर में कम प्रतिरोध (शंट) जोड़ने पर अमीटर, श्रेणी में उच्च प्रतिरोध जोड़ने पर वोल्टमीटर बन जाता है
विभवमापी (Potentiometer)	सेल का emf, सटीकता से (संतुलन पर कोई धारा नहीं लेता); emf की तुलना	लंबा समान तार और गैल्वनोमीटर (शून्य विक्षेप विधि)
ओममीटर (Ohmmeter)	प्रतिरोध	घटक के आर-पार, परिपथ की बिजली बंद करके
मल्टीमीटर	धारा, वोल्टेज और प्रतिरोध	धारा के लिए श्रेणी में, वोल्टता के लिए समांतर में
व्हीटस्टोन सेतु / मीटर सेतु	अज्ञात प्रतिरोध	चार प्रतिरोध और एक गैल्वनोमीटर (शून्य विक्षेप विधि)
धारा नियंत्रक (Rheostat)	प्रतिरोध बदलकर धारा नियंत्रित करता है	श्रेणीक्रम में
वोल्टामीटर (Voltameter)	विद्युत-अपघटनी सेल; विद्युत-अपघटन दिखाता है और प्रवाहित आवेश मापता है	श्रेणी में: पूरी धारा इससे गुज़रती है
ऊर्जा मीटर	kWh (यूनिट) में विद्युत ऊर्जा	घर के प्रवेश पर
विद्युतदर्शी (Electroscope)	स्थिर आवेश का पता लगाता है	परिपथ में नहीं: आवेशित वस्तु इसकी टोपी को छूती है



एमीटर A श्रेणीक्रम में, ताकि पूरी धारा उससे होकर जाए; वोल्टमीटर V समांतर क्रम में, उसी प्रतिरोधक के सिरों पर जिसका वोल्टेज मापना है। परंपरागत धारा + सिरे से निकलती है; इलेक्ट्रॉन उलटी दिशा में बहते हैं।

याद रखें: अमीटर कतार में खड़ा होता है (श्रेणीक्रम); वोल्टमीटर बगल में खड़ा होकर ऊँचाइयों की तुलना करता है (समांतर क्रम)। अमीटर को कतार धीमी नहीं करनी चाहिए, इसलिए उसका प्रतिरोध बहुत छोटा होता है; वोल्टमीटर को धारा नहीं चुरानी चाहिए, इसलिए उसका प्रतिरोध बहुत बड़ा होता है।

⚠ परीक्षा में सावधान: वोल्टामीटर ≠ वोल्टमीटर। और गैल्वेनोमीटर धारा का पता लगाता है; वह प्रतिरोध नहीं मापता। "गैल्वेनोमीटर: विद्युत प्रतिरोध" गलत सुमेलित युग्म है।

☑ झटपट जाँच

1. एमीटर कैसे जोड़ा जाता है, और उसका प्रतिरोध कैसा होता है?
2. सेल के बाहर तार में इलेक्ट्रॉन _____ से _____ की ओर बहते हैं; परंपरागत धारा उलटी दिशा में।
3. कौन-सा यंत्र संतुलन पर कोई धारा लिए बिना सेल का विद्युत वाहक बल सही-सही मापता है?

उत्तर: 1. श्रेणीक्रम में; बहुत कम · 2. − से + · 3. विभवमापी (Potentiometer)

ओम का नियम और प्रतिरोध

V = IR

R = ρL/A

प्रतिरोधकता (Ω m)

खींचा तार: 4R

ताप का प्रभाव

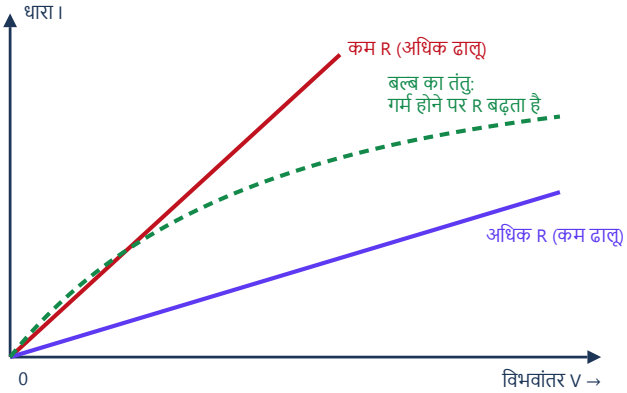
अधिक ज़ोर से धकेलें तो अधिक धारा बहती है। **जॉर्ज साइमन ओम (Georg Simon Ohm)** (1827) ने पाया कि स्थिर ताप पर धातु के तार में धारा वोल्टेज के ठीक समानुपाती होती है। उस तार के लिए V/I का अनुपात स्थिर रहता है और इसे उसका **प्रतिरोध (Resistance)** कहते हैं।

★★★ **ओम का नियम (Ohm's law)**: V = IR, अतः **R = V/I** और I = V/R। यह तब लागू होता है जब ताप और भौतिक दशाएँ समान रहें।

★★★ **प्रतिरोध का मात्रक**: ओम (Ω); 1 Ω = 1 V/A। **चालकत्व (Conductance)** G = 1/R, मात्रक सीमेंस (S), पुराना नाम म्हो (℧)।

★★ ओमीय चालक का **V–I ग्राफ** मूल बिंदु से होकर जाने वाली सीधी रेखा होता है। I-V रेखा जितनी अधिक ढालू, प्रतिरोध उतना कम।

★★ **अन-ओमीय (Non-ohmic)** युक्तियाँ: तंतु वाला बल्ब (गर्म होने पर प्रतिरोध बढ़ता है), डायोड, ट्रांजिस्टर, विद्युत-अपघट्य।



ओमीय चालक: मूल बिंदु से होकर सीधी रेखा; ढाल = 1/R

सीधी रेखा = ओम के नियम का पालन। अधिक ढालू रेखा = कम प्रतिरोध। बल्ब का तंतु गर्म होने पर उसका प्रतिरोध बढ़ता है, इसलिए उसका वक्र नीचे की ओर मुड़ जाता है।

★★★ **R = ρL/A**: प्रतिरोध **लंबाई** (L) के साथ बढ़ता है और **अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल** (A) के साथ घटता है। ρ (रो) **प्रतिरोधकता (Resistivity)** है।

★★★ **प्रतिरोधकता** केवल पदार्थ और उसके ताप पर निर्भर करती है, आकार या माप पर नहीं। मात्रक **ओम-मीटर (Ω m)**।

★★ **20 °C पर मान**: चाँदी ≈ 1.6×10^{-8} Ω m, ताँबा ≈ 1.7×10^{-8} Ω m, नाइक्रोम ≈ 1.1×10^{-6} Ω m (ताँबे का लगभग 65 गुना)।

★★ **मोटा तार, कम प्रतिरोध**: व्यास दोगुना करने पर क्षेत्रफल 4 गुना हो जाता है, अतः प्रतिरोध एक-चौथाई रह जाता है।

★★ किसी तार को **खींचकर** दोगुनी लंबाई का करने पर (आयतन अपरिवर्तित) उसका क्षेत्रफल आधा हो जाता है, अतः प्रतिरोध **4 गुना** हो जाता है।

★★★ **ताप**: धातुओं में ताप बढ़ने पर प्रतिरोध **बढ़ता** है (कंपन करते परमाणु इलेक्ट्रॉनों का रास्ता रोकते हैं); **अर्धचालकों में यह घटता है** (ऊष्मा अधिक आवेश-वाहक मुक्त कर देती है)।

★ मैंगनिन और कॉन्स्टेंटन जैसी **मिश्रधातुओं** का प्रतिरोध ताप से लगभग नहीं बदलता, इसलिए मानक प्रतिरोधक इन्हीं से बनते हैं।

★★ **अतिचालक (Superconductors)** एक क्रांतिक ताप से नीचे अपना पूरा प्रतिरोध खो देते हैं: हाइके कामरलिंग ओनेस (Heike Kamerlingh Onnes) ने इसे पारे में 4.2 K पर देखा (1911)। MRI चुंबकों और मैग्लेव ट्रेनों में उपयोग (विस्तार इलेक्ट्रॉनिकी और पदार्थ वाले अध्याय में)।

याद रखें: VIR त्रिभुज: V को ऊपर, I और R को नीचे रखें। जो चाहिए उसे ढक दें: V = I × R, I = V/R, R = V/I। "Very Intelligent Rahul" ओम को कभी नहीं भूलता।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** प्रतिरोध R लंबाई और मोटाई के साथ बदलता है; प्रतिरोधकता ρ नहीं बदलती। ताँबे के लंबे पतले तार और छोटे मोटे तार का प्रतिरोध अलग होता है, पर प्रतिरोधकता एक ही।

झटपट जाँच

1. तार को खींचकर दोगुनी लंबाई का कर दिया गया। उसका प्रतिरोध कितना हो जाएगा?
2. गर्म करने पर धातु के तार का प्रतिरोध बढ़ता है। गर्म करने पर अर्धचालक का प्रतिरोध क्या होता है?
3. तार को आधा काट देने पर क्या प्रतिरोधकता बदलती है?

उत्तर: 1. 4 गुना · 2. घटता है · 3. नहीं: यह केवल पदार्थ और ताप पर निर्भर है

श्रेणीक्रम और समांतर क्रम परिपथ

श्रेणी: R जुड़ते

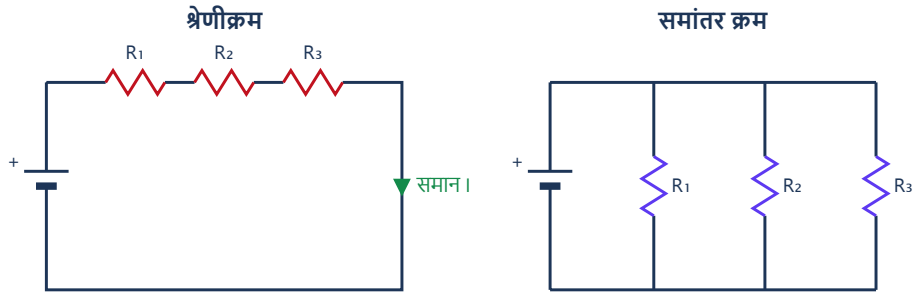
समांतर: 1/R जुड़ते

घरेलू वायरिंग समांतर

60 W बनाम 100 W

अनुपात n^2

श्रेणीक्रम (Series) में एक ही रास्ता होता है, इसलिए वही धारा हर प्रतिरोधक से एक के बाद एक गुज़रती है: प्रतिरोध जुड़ते जाते हैं। **समांतर क्रम (Parallel)** में हर प्रतिरोधक एक नया रास्ता देता है, जैसे टोल प्लाज़ा पर अधिक बूथ खोलना: कुल प्रतिरोध सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम हो जाता है।



$R = R_1 + R_2 + R_3$ (बढ़ता है)
समान धारा; वोल्टेज बँट जाता है
एक टूटन: सब कुछ रुक जाता है

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ (घटता है)
समान वोल्टेज; धारा बँट जाती है
एक टूटन: बाकी चलते रहते हैं

श्रेणीक्रम: एक रास्ता, समान धारा, प्रतिरोध जुड़ते हैं। समांतर क्रम: कई रास्ते, समान वोल्टेज, कुल प्रतिरोध घटता है।

श्रेणीक्रम बनाम समांतर क्रम ★★★

विशेषता	श्रेणीक्रम	समांतर क्रम
तुल्य प्रतिरोध	$R = R_1 + R_2 + R_3$ (सबसे बड़े से भी अधिक)	$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ (सबसे छोटे से भी कम)
धारा	प्रत्येक में समान	बँट जाती है; छोटे प्रतिरोध में अधिक
वोल्टेज	इनमें बँट जाता है	प्रत्येक पर समान
एक घटक खराब होने पर	पूरा परिपथ रुक जाता है	बाकी चलते रहते हैं
n समान प्रतिरोधक R	nR	R/n
रोज़मर्रा का उपयोग	परिपथ के साथ फ्यूज़; सस्ती सजावटी बल्ब-लड़ियाँ	घरेलू वायरिंग; कार की हेडलाइटें

★★★ **घरेलू वायरिंग समांतर क्रम में होती है**: हर उपकरण को पूरा 230 V मिलता है, हर एक का अपना स्विच होता है, एक बल्ब फ्यूज़ होने से पूरा घर अँधेरा नहीं होता, और कुल प्रतिरोध कम रहता है।

★★ **समांतर क्रम में दो प्रतिरोधक**: $R = R_1R_2/(R_1 + R_2)$ ("गुणनफल बटा योग")।

★★ **हल किया गया उदाहरण**: समांतर क्रम में दो प्रतिरोधक 1.403 kΩ देते हैं; एक 2.0 kΩ है। तब $1/R_2 = 1/1.403 - 1/2.0 = 0.7128 - 0.5 = 0.2128$, अतः **$R_2 \approx 4.70$ kΩ**। जाँच: कुल (1.403) 2.0 और 4.70 दोनों से कम है।

★★ **n समान प्रतिरोधक**: श्रेणीक्रम का कुल ÷ समांतर क्रम का कुल = **n^2**। दो समान प्रतिरोधक: श्रेणीक्रम 2R, समांतर R/2, अनुपात 4।

★★ **सस्ती सजावटी बल्ब-लड़ियाँ** प्रायः श्रेणीक्रम में जुड़ी होती हैं: एक बल्ब खराब होते ही पूरी लड़ी बुझ जाती है।

★ **श्रेणीक्रम में सेल** अपने वोल्टेज जोड़ते हैं (1.5 V के चार सेल 6 V देते हैं); समांतर क्रम में सेल वही वोल्टेज देते हैं पर अधिक समय चलते हैं।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** 60 W और 100 W के बल्ब **श्रेणीक्रम** में: **60 W का बल्ब अधिक चमकता है** (उसका प्रतिरोध अधिक है, और समान धारा पर उसे अधिक I^2R मिलता है)। **समांतर क्रम** में (जैसा घर में होता है) 100 W का बल्ब अधिक चमकता है। परीक्षक इसे उलटकर पूछना पसंद करते हैं।

☑ **झटपट जाँच**

1. घरेलू वायरिंग समांतर क्रम में क्यों होती है? एक कारण बताइए।
2. 60 W और 100 W के बल्ब श्रेणीक्रम में जोड़े गए। कौन अधिक चमकेगा?
3. समांतर क्रम में दो समान प्रतिरोधक R का तुल्य प्रतिरोध?

उत्तर: 1. हर उपकरण को पूरा 230 V मिलता है (और एक के खराब होने पर बाकी चलते रहते हैं) · 2. 60 W वाला (अधिक प्रतिरोध) · 3. R/2

ऊष्मीय प्रभाव: फ्यूज़, तंतु और हीटर

$H = I^2Rt$

नाइक्रोम अवयव

टंगस्टन 3422 °C

फ्यूज़: टिन-लेड

MCB, RCCB

तार में चलते इलेक्ट्रॉन लगातार परमाणुओं से टकराते हैं और ऊर्जा ऊष्मा के रूप में दे देते हैं। **जेम्स प्रेस्कॉट जूल (James Prescott Joule)** ने इसे मापा: ऊष्मा धारा के वर्ग के साथ बढ़ती है, अतः धारा दोगुनी करने पर ऊष्मा चार गुना हो जाती है। कुछ उपकरणों को यह ऊष्मा चाहिए (इस्त्री, हीटर), कुछ को इसे सहना पड़ता है (बल्ब का तंतु), और एक को इसी से खत्म होने के लिए बनाया जाता है (फ्यूज़)।

★★★ **जूल का तापन नियम (Joule's law of heating)**: $H = I^2Rt$ (ऊष्मा जूल में, धारा A में, प्रतिरोध Ω में, समय s में)।

★★ **ऊष्मीय प्रभाव के उपयोग**: विद्युत इस्त्री, रूम हीटर, गीज़र, टोस्टर, केतली, हॉट प्लेट, तंतु वाला बल्ब, फ्यूज़।

★★★ **तापन अवयव (Heating element)**: **नाइक्रोम** (निकेल-क्रोमियम मिश्रधातु): उच्च प्रतिरोधकता, उच्च गलनांक (लगभग 1400 °C), लाल-तप्त होने पर भी आसानी से ऑक्सीकृत नहीं होता।

★★★ **बल्ब का तंतु (Filament)**: **टंगस्टन**, सबसे अधिक गलनांक वाली धातु (**3422 °C**)। यह लगभग 2500 °C पर श्वेत-तप्त होकर चमकता है।

★★★ **बल्ब की गैस**: इसमें अक्रिय **आर्गन और/या नाइट्रोजन** भरी होती है ताकि गर्म टंगस्टन ऑक्सीकृत न हो और धीरे वाष्पित हो। अधिक लंबाई समाने के लिए तंतु कुंडलित होता है।

★★★ **फ्यूज़ (Fuse)**: **टिन-लेड मिश्रधातु** का छोटा तार, जिसका **गलनांक कम** होता है (और प्रतिरोधकता ताँबे से अधिक), और जो **विद्युन्मय (Live) तार पर श्रेणीक्रम में** जोड़ा जाता है। धारा उसकी रेटिंग से अधिक होने पर यह पिघलकर परिपथ तोड़ देता है और वायरिंग व उपकरणों को बचाता है।

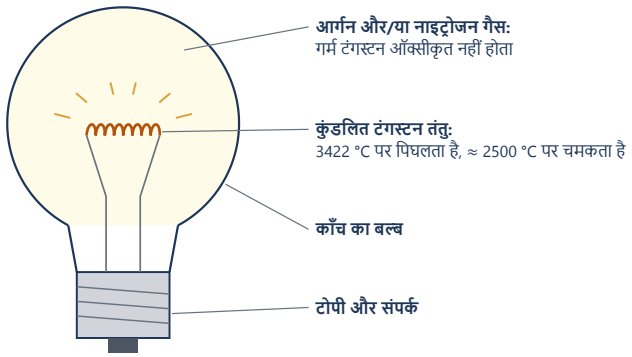
★★ **फ्यूज़ रेटिंग** एम्पियर में होती है (जैसे बत्तियों के लिए 5 A, भारी उपकरणों के लिए 15 A)। फ्यूज़ की जगह मोटा ताँबे का तार लगाने से फ्यूज़ बेकार हो जाता है और आग का खतरा होता है।

★★★ **लघुपथन (Short circuit)**: विद्युन्मय और उदासीन तार सीधे छू जाते हैं (विद्युतरोधन खराब होने पर)। प्रतिरोध लगभग शून्य हो जाता है, अतः **धारा बहुत अधिक हो जाती है**, तार गर्म होते हैं और आग लग सकती है।

★★ **अतिभारण (Overloading)**: एक ही सॉकेट पर बहुत सारे उपकरण तार की रेटिंग से अधिक धारा खींचते हैं।

★★★ **MCB** (मिनिएचर सर्किट ब्रेकर, Miniature circuit breaker): एक स्वचालित स्विच जो अतिभारण या लघुपथन पर ट्रिप हो जाता है और फिर बस स्विच ऑन करके चालू हो जाता है; यह फ्यूज़ की जगह ले रहा है।

★★★ **ELCB / RCCB** (अर्थ-लीकेज / रेज़िडुअल-करंट सर्किट ब्रेकर): विद्युन्मय और उदासीन तार की धारा की तुलना करता है। यदि कुछ धारा रिस जाए, जैसे किसी व्यक्ति के शरीर से होकर धरती में, तो यह सेकंड के एक अंश में ट्रिप हो जाता है (सामान्य सेटिंग 30 mA)। यह **लोगों** को झटके से बचाता है।



तंतु बल्ब। कुंडलित टंगस्टन तंतु लगभग 2500 °C पर सफ़ेद चमकता है पर पिघलता नहीं (गलनांक 3422 °C); भीतर भरी आर्गन और/या नाइट्रोजन उसे ऑक्सीकृत होने से बचाती है।

किस काम के लिए कौन-सा तार ★★

उपकरण	पदार्थ	आवश्यक गुण
फ्यूज़ तार	टिन-लेड मिश्रधातु	कम गलनांक
बल्ब का तंतु	टंगस्टन	बहुत उच्च गलनांक
हीटर, इस्त्री, टोस्टर की कुंडली	नाइक्रोम	उच्च प्रतिरोधकता, उच्च गलनांक, ऑक्सीकरण नहीं
घरेलू वायरिंग	ताँबा	बहुत कम प्रतिरोधकता
ऊपरी बिजली लाइनें	एल्युमिनियम (प्रायः इस्पात-प्रबलित)	कम प्रतिरोधकता, हल्का, सस्ता

याद रखें: Fuse is the Fragile hero: फ्यूज़ नाज़ुक नायक है, जो खुद मरता है ताकि घर बचा रहे। तंतु इसके उलट है: ऊष्मा को सबसे अधिक सहने वाला योद्धा (टंगस्टन, 3422 °C)।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** फ्यूज़ और MCB **वायरिंग और उपकरणों** को अधिक धारा से बचाते हैं; ELCB/RCCB **लोगों** को बचाता है। पर यदि प्रश्न पूछे कि कौन-सी युक्ति उपकरण को विद्युत झटके से बचाती है और विकल्प केवल फ्यूज़, जनित्र, मोटर और धारा नियंत्रक हों, तो उत्तर **फ्यूज़** है।

☑ झटपट जाँच

1. उसी तार में, उतने ही समय के लिए, धारा दोगुनी कर दी गई। उत्पन्न ऊष्मा कितनी होगी?
2. फ्यूज़ तार का गलनांक _____ होना चाहिए; बल्ब के तंतु का _____ ।
3. कौन-सी युक्ति रिसाव धारा पर ट्रिप होकर लोगों को झटके से बचाती है?

उत्तर: 1. 4 गुना ($H = I^2Rt$) · 2. कम; बहुत अधिक (टंगस्टन) · 3. ELCB / RCCB

विद्युत शक्ति, ऊर्जा और आपका बिल

$P = VI = I^2R = V^2/R$

$1\ kWh = 3.6 \times 10^6\ J$

1 hp = 746 W

उच्च वोल्टेज संचरण

765 kV

शक्ति बताती है कि ऊर्जा कितनी तेज़ी से खर्च होती है। 1000 W की इस्त्री 100 W के पंखे से दस गुना तेज़ी से ऊर्जा खर्च करती है। बिजली बोर्ड आपसे शक्ति का नहीं, **ऊर्जा** का बिल लेता है: शक्ति × समय।

★★★ **विद्युत शक्ति (Electric power)** $P = VI = I^2R = V^2/R$। मात्रक **वाट** (W) = 1 J/s। 1 kW = 1000 W; 1 अश्वशक्ति (Horsepower) = 746 W।

★★★ **ऊर्जा** = शक्ति × समय। व्यावसायिक मात्रक: **किलोवाट-घंटा (kWh) = 1 यूनिट = 3.6×10^6 J** (1000 W × 3600 s)।

★★ **रेटिंग** "100 W, 230 V" का अर्थ है कि बल्ब 230 V पर 100 W लेता है: धारा = 100/230 ≈ 0.43 A, गर्म अवस्था में प्रतिरोध = $V^2/P = 230^2/100 \approx 529\ \Omega$।

★★ **समान वोल्टेज पर अधिक वाट = कम प्रतिरोध**: 1000 W के हीटर का प्रतिरोध 100 W के बल्ब से बहुत कम होता है ($R = V^2/P$)।

★★ **नमूना बिल**: 60 W के दो पंखे रोज़ 10 घंटे = 1.2 kWh; 1000 W का एक गीज़र 1 घंटा = 1 kWh। दैनिक कुल 2.2 यूनिट; 30 दिन में 66 यूनिट; ₹6 प्रति यूनिट की दर से **₹396**।

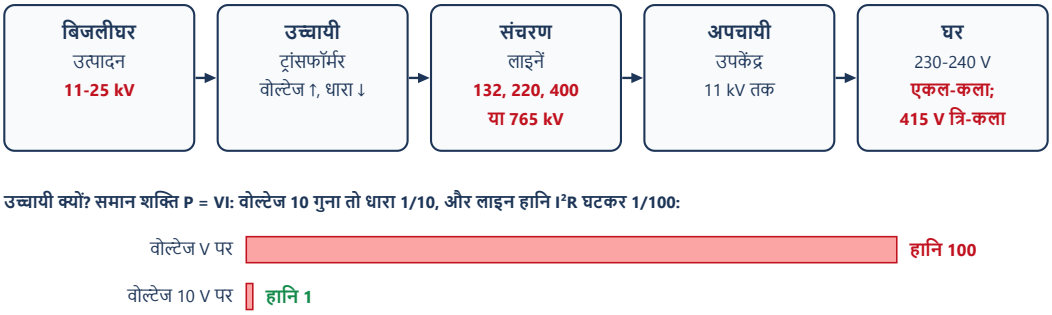
याद रखें: Power is VIP: P = V·I. शक्ति VIP है। फिर V = IR रखकर I^2R, या I = V/R रखकर V^2/R पाएँ। जिस सूत्र में R का वर्ग हो (जैसे IR^2), वह नकली है।

उच्च वोल्टेज पर संचरण क्यों? निश्चित शक्ति P = VI के लिए V बढ़ाने पर I घटती है। लाइनों में व्यर्थ होने वाली ऊष्मा I^2R है, अतः यह धारा के वर्ग के अनुपात में घटती है।

★★★ वोल्टेज **10 गुना बढ़ाने** पर → धारा 1/10 रह जाती है → लाइन-हानि **1/100** रह जाती है।

★★ **भारत में** बिजली लगभग 11-25 kV पर उत्पन्न होती है, संचरण के लिए 132, 220, 400 या 765 kV तक बढ़ाई जाती है, फिर चरणों में घटाकर 11 kV और अंत में उपभोक्ताओं के लिए **415 V (त्रि-कला) / 230–240 V (एकल-कला)** की जाती है। भारत में व्यावसायिक उपयोग में 765 kV सबसे ऊँचा AC संचरण वोल्टेज है।

★ **HVDC** लाइनें (भारत में ±800 kV तक की लिंक हैं) बहुत लंबी दूरी तक कम हानि के साथ भारी मात्रा में बिजली ले जाती हैं।



बिजलीघर से घर तक: लंबी दूरी के लिए वोल्टेज बढ़ाया जाता है और आपके पास घटाया जाता है। नीचे के बार पैमाने पर हैं: समान शक्ति पर 10 गुना वोल्टेज से लाइन हानि 1/100 रह जाती है।

☑ झटपट जाँच

1. 1 किलोवाट-घंटा कितने जूल के बराबर है?
2. समान शक्ति पर वोल्टेज 10 गुना कर दिया गया। लाइन हानि कितनी रह जाएगी?
3. समान 230 V आपूर्ति पर किसका प्रतिरोध कम है: 1000 W हीटर या 100 W बल्ब?

उत्तर: 1. 3.6×10^6 J · 2. 1/100 · 3. 1000 W हीटर ($R = V^2/P$)

AC और DC; संधारित्र और प्रेरक

230 V, 50 Hz

एक सेकंड में 100 बार उलटना

शिखर 325 V

दिष्टकारी बनाम इन्वर्टर

$X_C = 1/(2\pi fC)$

चोक कुंडली

दिष्ट धारा (Direct current, DC) एक ही दिशा में बहती है, जैसे बैटरी या सौर सेल से। **प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current, AC)** एक सेकंड में कई बार दिशा बदलती है, जैसे बिजलीघर के जनित्र से। "धाराओं के युद्ध" (एडिसन (Edison) की DC के विरुद्ध टेस्ला (Tesla) और वेस्टिंगहाउस (Westinghouse)) में AC जीती, क्योंकि ट्रांसफॉर्मर AC वोल्टेज को सस्ते में बढ़ा-घटा सकते हैं।

AC बनाम DC ★★★

विशेषता	AC	DC
दिशा	आवर्ती रूप से बदलती है	एक ही दिशा
आवृत्ति	भारत में 50 Hz; अमेरिका में 60 Hz	शून्य
स्रोत	AC जनित्र (प्रत्यावर्तित्र, Alternator)	सेल, बैटरी, सौर सेल, DC डायनेमो
वोल्टेज बदलना	ट्रांसफॉर्मर से आसान	इलेक्ट्रॉनिक परिवर्तक चाहिए
उपयोग	मेन सप्लाई, ग्रिड, घर की मोटरें	फ़ोन, लैपटॉप, LED, EV बैटरी, विद्युत लेपन

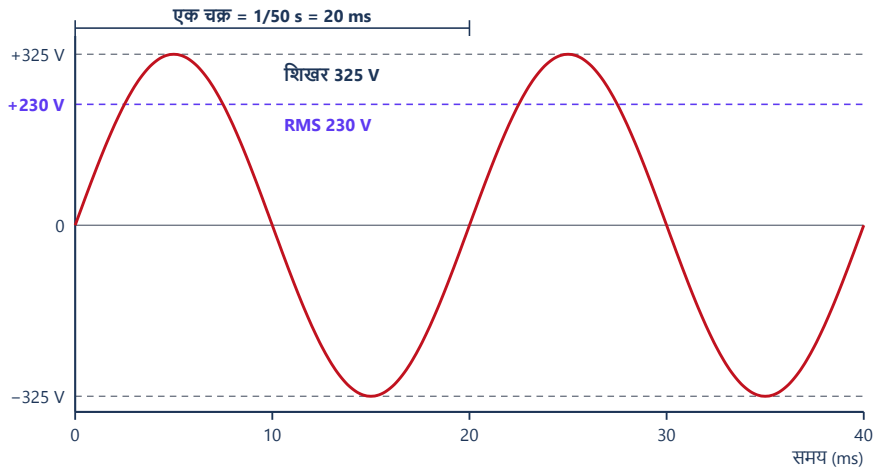
★★★ **भारत**: 230 V, 50 Hz एकल-कला आपूर्ति (त्रि-कला 415 V); भारतीय मानक में प्रणाली वोल्टेज 240/415 V है, और कई प्रश्न अब भी पुराना आँकड़ा **220 V** लिखते हैं। **अमेरिका**: 120 V, 60 Hz। जापान पूर्व में 50 Hz और पश्चिम में 60 Hz इस्तेमाल करता है।

★★ **50 Hz** का अर्थ है प्रति सेकंड 50 पूरे चक्र, अतः धारा **एक सेकंड में 100 बार दिशा बदलती है**।

★★ **230 V, RMS (वर्ग-माध्य-मूल) मान है**; शिखर वोल्टेज इसका √2 गुना, लगभग **325 V** होता है।

★★ **दिष्टकारी (Rectifier)** (डायोड) AC → DC बदलता है (फ़ोन चार्जर, एडैप्टर)। **इन्वर्टर (Inverter)** DC → AC बदलता है (घरेलू इन्वर्टर, सौर प्रणाली)।

★★ समान वोल्टेज पर **AC अधिक खतरनाक है**: इसके 50 Hz के स्पंदन मांसपेशियों को जकड़ देते हैं, इसलिए पीड़ित प्रायः तार छोड़ नहीं पाता।



भारतीय मुख्य आपूर्ति, पैमाने पर: 50 Hz, इसलिए एक चक्र 20 ms का है और धारा एक सेकंड में 100 बार दिशा बदलती है। वोल्टेज +325 V और −325 V के बीच झूलता है; 230 V इसका RMS मान है (325 ÷ √2)। DC एक सपाट रेखा होती।

★★ **संधारित्र (Capacitor)**: विद्युतरोधी (परावैद्युत, Dielectric) से अलग की गई दो चालक प्लेटें; यह विद्युत क्षेत्र में आवेश और ऊर्जा संचित करता है। धारिता C = Q/V; मात्रक **फैरड** (F)। व्यावहारिक मान µF और pF में होते हैं।

★★★ **धारितीय प्रतिघात (Capacitive reactance)** Xc = 1/(2πfC): **आवृत्ति के व्युत्क्रमानुपाती**। संधारित्र DC (f = 0) को रोकता है और उच्च आवृत्ति की AC को आसानी से जाने देता है।

★★ **प्रेरक (Inductor)** (कुंडली): धारा में किसी भी परिवर्तन का विरोध करता है; मात्रक **हेनरी** (H)। **प्रेरकीय प्रतिघात (Inductive reactance)** XL = 2πfL आवृत्ति के अनुपात में बढ़ता है: प्रेरक DC को आसानी से जाने देता है और उच्च आवृत्ति की AC को रोक देता है।

★★ **संधारित्र के उपयोग**: छत के पंखे की मोटर चालू करना, कैमरा फ़्लैश (संचित आवेश एक झटके में छोड़ता है), प्रेरक के साथ रेडियो ट्यूनिंग, मोटरों का शक्ति गुणांक सुधारना, DC को समतल करना।

★ **चोक कुंडली (Choke coil)**: AC धारा सीमित करने के लिए प्रयुक्त प्रेरक (पुरानी ट्यूबलाइटें, पुराने पंखा रेगुलेटर), जो प्रतिरोधक के विपरीत ऊष्मा के रूप में बहुत कम शक्ति व्यर्थ करता है।

याद रखें: "Capacitor Can't stand Calm DC; inductor Loves Lazy DC." संधारित्र शांत DC को सह नहीं सकता; प्रेरक सुस्त DC को पसंद करता है। आवृत्ति बढ़ने पर Xc घटता है; XL आवृत्ति के साथ बढ़ता है।

झटपट जाँच

1. भारत में और अमेरिका में मुख्य आपूर्ति की आवृत्ति?
2. 50 Hz की AC एक सेकंड में कितनी बार दिशा बदलती है?
3. कौन-सी युक्ति AC को DC में बदलती है, और कौन DC को AC में?

उत्तर: 1. 50 Hz; 60 Hz · 2. 100 · 3. दिष्टकारी; इन्वर्टर

घरेलू वायरिंग, भू-संपर्कण और विद्युत झटका

विद्युन्मय, उदासीन, भू

तारों के रंग

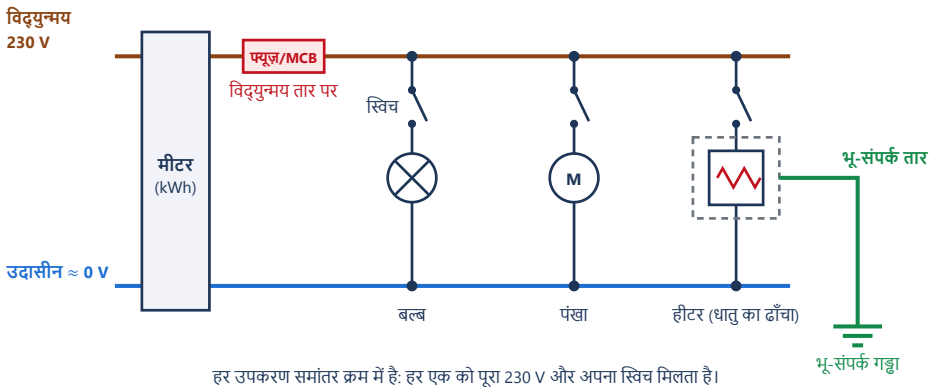
भू-संपर्कण

लंबी भू-पिन

तार पर पक्षी

खंभे से दो तार आते हैं: 230 V वाला **विद्युन्मय (Live, फेज़)** तार और लगभग 0 V वाला **उदासीन (Neutral)** तार। तीसरा, **भू-संपर्क (Earth)** तार, घर के पास नम मिट्टी में गहराई पर गड़ी धातु की प्लेट या पाइप से आता है। सामान्यतः इसमें कोई धारा नहीं बहती; यह सुरक्षा का निकास मार्ग है।

100 mA



हर उपकरण समांतर क्रम में है: हर एक को पूरा 230 V और अपना स्विच मिलता है।

फ्यूज़/MCB और हर स्विच विद्युन्मय तार पर होते हैं। उपकरण समांतर क्रम में हैं। हीटर का धातु का ढाँचा भू-संपर्कित है, इसलिए दोष-धारा आपके शरीर के बजाय भू-संपर्क गड्ढे में जाती है।

भारतीय घरों में तारों के रंग ★★★

तार	वर्तमान मानक	पुरानी वायरिंग	विभव
विद्युन्मय (फेज़)	भूरा	लाल	230 V
उदासीन	नीला	काला	≈ 0 V
भू-संपर्क	हरी-पीली धारियाँ	हरा	0 V (भूमि)

याद रखें: Brown = Bijli (विद्युन्मय तार), **Blue = Back** (उदासीन, लौटने का रास्ता), **Green-yellow = Ground** (हरी धरती जैसा)। हिंदी में याद रखें: भूरा = बिजली, नीला = वापसी, हरा = धरती।

★★★ **भू-संपर्कण (Earthing)**: इस्त्री, फ्रिज, वॉशिंग मशीन, गीज़र या कूलर का धातु का ढाँचा भू-संपर्क तार से जुड़ा होता है। यदि विद्युन्मय तार ढाँचे को छू जाए, तो बड़ी धारा धरती में दौड़ती है, फ्यूज़ उड़ जाता है या MCB/RCCB ट्रिप हो जाता है, और ढाँचा कभी 230 V पर नहीं रहता।

★★★ **तीन-पिन प्लग**: **भू-संपर्क पिन अधिक लंबी और मोटी होती है**। लंबी, ताकि वह सबसे पहले जुड़े और सबसे बाद में हटे; मोटी, ताकि उसे विद्युन्मय या उदासीन छेद में न घुसाया जा सके।

★★★ **स्विच और फ्यूज़ विद्युन्मय तार पर लगते हैं**, ताकि स्विच बंद करते ही उपकरण 230 V से कट जाए।

★★★ **तार पर बैठा पक्षी सुरक्षित है**: उसके दोनों पैर एक ही तार पर, एक ही विभव पर होते हैं, इसलिए उसके शरीर में कोई विभवांतर नहीं होता और धारा नहीं बहती। जो पक्षी या बंदर दो तारों को, या तार और खंभे को छू ले, उसे घातक झटका लगता है।

★★ **विद्युत झटका**: शरीर से गुज़रने वाली धारा नुकसान करती है। लगभग 1 mA महसूस होती है; 10-20 mA से मांसपेशियाँ जकड़ जाती हैं; सीने से होकर लगभग **100 mA** धारा हृदय की लय बिगाड़कर जान ले सकती है।

★★ **गीली त्वचा** शरीर का प्रतिरोध लगभग 100 kΩ (सूखी) से घटाकर लगभग 1 kΩ कर देती है, इसलिए उसी वोल्टेज से कहीं अधिक धारा बहती है। गीले हाथों से स्विच कभी न छुएँ।

★★ **बचाव**: पहले मेन स्विच बंद करें, या सूखी लकड़ी की छड़ी से व्यक्ति को दूर धकेलें; जो व्यक्ति अभी भी संपर्क में है उसे कभी हाथ से न पकड़ें।

⚠ **परीक्षा में सावधान:** जान केवल वोल्टेज से नहीं, बल्कि **शरीर से गुज़रने वाली धारा** से जाती है। 11 kV लाइन पर बैठा पक्षी सुरक्षित है; गीली ज़मीन पर नंगे पैर खड़े होकर 230 V का तार छूने वाला व्यक्ति सुरक्षित नहीं।

☑ झटपट जाँच

1. वर्तमान भारतीय मानक में विद्युन्मय, उदासीन और भू-तार के रंग?
2. तीन-पिन प्लग की भू-पिन लंबी क्यों होती है?
3. एक ही विद्युन्मय तार पर बैठा पक्षी सुरक्षित क्यों है?

उत्तर: 1. भूरा, नीला, हरा-पीला · 2. ताकि वह सबसे पहले जुड़े और सबसे बाद में हटे · 3. दोनों पैर एक ही विभव पर हैं, इसलिए उसके शरीर से धारा नहीं बहती

सेल और बैटरियाँ

रासायनिक → विद्युत

वोल्टीय पुंज 1800

शुष्क सेल 1.5 V

लेड-एसिड 2 V

प्राथमिक बनाम द्वितीयक

लिथियम-आयन

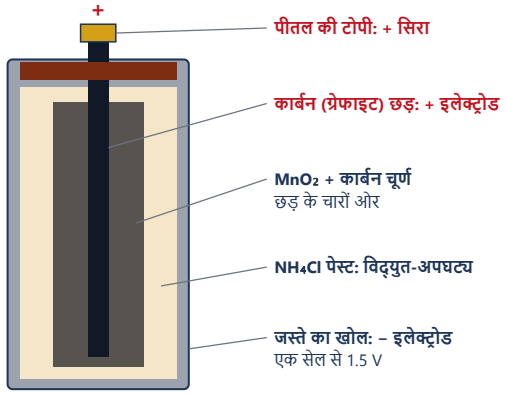
सेल दो अलग-अलग इलेक्ट्रोडों के बीच एक विद्युत-अपघट्य के माध्यम से अभिक्रिया कराकर **रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में** बदलता है। **लुइजी गैल्वानी (Luigi Galvani)** ने मेंढक की टाँगों को फड़कते देखा ("जंतु विद्युत", 1780 का दशक); **अलेस्सांद्रो वोल्टा** ने दिखाया कि असली स्रोत धातुएँ थीं और **वोल्टीय पुंज (Voltaic pile)** (1800) बनाया, जो पहली बैटरी थी: नमकीन पानी में भीगे कपड़े से अलग की गई जस्ते और ताँबे की चकतियाँ।



इटली के कोमो में वोल्टा के संग्रहालय टेम्पियो वोल्टियानो में रखा एक प्रारंभिक वोल्टीय पुंज: नमक के पानी में भीगे कपड़े से अलग की गई धातु की चकतियों का ढेर। वोल्टा का पुंज (1800) पहली बैटरी था। चित्र: GuidoB, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0

रोज़ मिलने वाले सेल ★★★

सेल	प्रकार	प्रति सेल वोल्टेज	मुख्य तथ्य / उपयोग
शुष्क सेल (लेक्लांशे प्रकार, Leclanché)	प्राथमिक (प्रयोग करो और फेंको)	1.5 V	जस्ते का खोल (−), कार्बन छड़ (+), MnO_2 और NH_4Cl का लेप; टॉर्च, रिमोट, घड़ियाँ
क्षारीय सेल (Alkaline)	प्राथमिक	1.5 V	साधारण शुष्क सेल से अधिक लंबा जीवन
बटन सेल (सिल्वर ऑक्साइड, मरक्यूरी)	प्राथमिक	≈ 1.35-1.55 V	घड़ियाँ, श्रवण यंत्र, कैलकुलेटर
लेड-एसिड	द्वितीयक (पुनः आवेशनीय)	2 V (6 सेल = 12 V)	तनु सल्फ्यूरिक अम्ल में लेड और लेड डाइऑक्साइड की प्लेटें; कार बैटरी, इन्वर्टर; गैस्टन प्लांटे (Gaston Planté), 1859
निकेल-कैडमियम, निकेल-मेटल हाइड्राइड	द्वितीयक	1.2 V	पुनः आवेशनीय AA सेल, कॉर्डलेस औज़ार
लिथियम-आयन	द्वितीयक	≈ 3.6-3.7 V	प्रति kg सबसे अधिक ऊर्जा; फ़ोन, लैपटॉप, विद्युत वाहन
ईंधन सेल (हाइड्रोजन-ऑक्सीजन)	जब तक ईंधन मिलता रहे, चलता है	≈ 0.7-1 V (उपयोग में)	एकमात्र उप-उत्पाद पानी; अंतरिक्ष यान, ईंधन-सेल वाहन
सौर (प्रकाश-वोल्टीय) सेल	प्रकाश → विद्युत	≈ 0.5-0.6 V (सिलिकॉन)	DC देता है; छत पर सौर पैनल, उपग्रह



शुष्क (लेक्लांशे प्रकार का) सेल, काटकर दिखाया गया। जस्ते का खोल ऋण इलेक्ट्रोड है और पीतल की टोपी वाली कार्बन छड़ धन इलेक्ट्रोड; दोनों के बीच MnO_2 मिश्रण और NH_4Cl पेस्ट है। एक सेल से 1.5 V मिलता है।

★★★ **प्राथमिक सेल** पुनः आवेशित नहीं हो सकते (अभिक्रिया एकतरफा होती है); **द्वितीयक सेल** उलटी दिशा में धारा प्रवाहित करके पुनः आवेशित किए जा सकते हैं।

★★ **रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार 2019**: जॉन गुडइनफ (John Goodenough), एम. स्टैनली व्हिटिंगम (M. Stanley Whittingham) और अकीरा योशिनो (Akira Yoshino) को, **लिथियम-आयन बैटरी** के विकास के लिए।

★ **सोडियम-आयन बैटरियाँ** लिथियम की जगह सस्ता, प्रचुर सोडियम इस्तेमाल करती हैं: अधिक सुरक्षित और सस्ती, पर समान ऊर्जा के लिए भारी; ग्रिड भंडारण और कम लागत वाले वाहनों के लिए उपयुक्त।

★★ **बैटरी क्षमता** mAh या Ah (आवेश) में बताई जाती है; संचित ऊर्जा = वोल्टेज × क्षमता, Wh में।

★ **लेड-एसिड** बैटरियाँ सबसे अधिक पुनर्चक्रित होती हैं; उनका सल्फ्यूरिक अम्ल और लेड लापरवाही से फेंकने पर विषैले हैं।

याद रखें: Volta → volt; Galvani → galvanometer. वोल्टा से वोल्ट, गैल्वानी से गैल्वेनोमीटर। मेंढक गैल्वानी के लिए फड़का, पर बैटरी वोल्टा की है।

☑ झटपट जाँच

1. एक शुष्क सेल और एक लेड-एसिड सेल का वोल्टेज?
2. शुष्क सेल में ऋण इलेक्ट्रोड कौन-सा भाग है?
3. प्राथमिक या द्वितीयक: कौन-सा सेल फिर से चार्ज हो सकता है?

उत्तर: 1. 1.5 V; 2 V · 2. जस्ते का खोल (कार्बन छड़ + है) · 3. द्वितीयक (लेड-एसिड, Li-आयन)

दक्ष प्रकाश व्यवस्था और स्टार लेबल

ल्यूमेन प्रति वाट

LED सबसे दक्ष

CFL: पारा

नीली LED नोबेल 2014

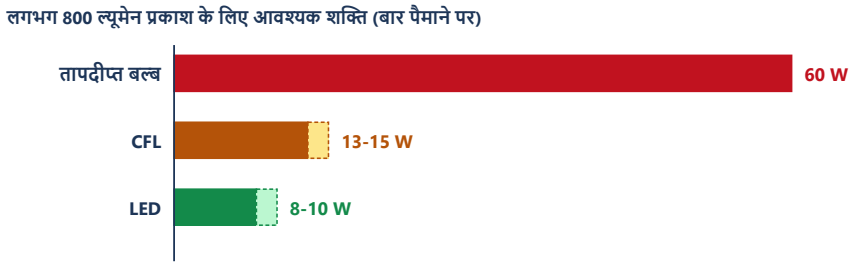
BEE स्टार

उजाला 2015

तंतु वाला बल्ब श्वेत-तप्त होकर प्रकाश देता है, इसलिए उसकी अधिकांश ऊर्जा ऊष्मा बनकर निकल जाती है। LED अर्धचालक संधि को पार करते इलेक्ट्रॉनों से सीधे प्रकाश बनाता है, इसलिए बहुत कम ऊर्जा व्यर्थ होती है। दक्षता **ल्यूमेन प्रति वाट** (प्रति वाट ऊर्जा पर मिलने वाला प्रकाश) में मापी जाती है।

बल्ब बनाम CFL बनाम LED (लगभग समान प्रकाश के लिए) ★★★

विशेषता	तापदीप्त (Incandescent)	CFL	LED
~800 ल्यूमेन के लिए शक्ति	60 W	13-15 W	8-10 W
दक्षता	≈ 10-17 lm/W; लगभग 90% ऊष्मा में व्यर्थ	≈ 50-70 lm/W	≈ 80-150 lm/W (सबसे दक्ष)
जीवनकाल	≈ 1000 घंटे	≈ 8000-10,000 घंटे	15,000-50,000 घंटे
खतरा	बहुत गर्म होता है	इसमें पारा होता है	पारा नहीं



गहरा भाग: परास का निचला मान; हल्का सिरा: ऊपरी मान। LED: सबसे कम शक्ति, सबसे लंबी आयु, पारा नहीं।

लगभग समान प्रकाश (≈ 800 ल्यूमेन) के लिए हर लैंप को चाहिए शक्ति, बार पैमाने पर। 60 W बल्ब का काम LED 8-10 W में कर देती है।

★★ **नीली LED** ने सफ़ेद LED प्रकाश संभव बनाया: **भौतिकी का नोबेल पुरस्कार 2014** इसामु अकासाकी (Isamu Akasaki), हिरोशी अमानो (Hiroshi Amano) और शूजी नाकामुरा (Shuji Nakamura) को।

★★ **उजाला (UJALA)** योजना (2015) ने पूरे भारत में कम दाम पर LED बल्ब बाँटे, जिससे घरेलू प्रकाश के बिल घटे।

★★ **BEE स्टार लेबल**: ऊर्जा दक्षता ब्यूरो (Bureau of Energy Efficiency; ऊर्जा संरक्षण अधिनियम 2001 के तहत गठित, विद्युत मंत्रालय) उपकरणों को 1 से 5 स्टार देता है; **अधिक स्टार = उसी काम के लिए कम बिजली**।

★ **थॉमस एडिसन** ने पहला लंबे समय तक चलने वाला व्यावहारिक तापदीप्त बल्ब बनाया (1879)।

☑ झटपट जाँच

1. लैंप की दक्षता _____ में मापी जाती है।
2. किस लैंप में पारा होता है: तापदीप्त, CFL या LED?
3. किसी उपकरण पर अधिक BEE स्टार का अर्थ?

उत्तर: 1. ल्यूमेन प्रति वाट · 2. CFL · 3. उसी काम के लिए कम बिजली

धारा के तापविद्युत और रासायनिक प्रभाव

सीबेक: ऊष्मा → विद्युत

पेल्टियर: शीतलन

टॉमसन: एक तार

विद्युत-अपघटन

वस्तु = कैथोड

दो अलग-अलग धातुओं की संधि पर, या एक सिरे पर गर्म किसी एक धातु में, ऊष्मा और विद्युत एक-दूसरे में बदल सकते हैं। ये तीन प्रभाव अपने खोजकर्ताओं के नाम से जाने जाते हैं, और परीक्षक जानबूझकर इन्हें मिला देते हैं।

तापविद्युत प्रभाव ★★★

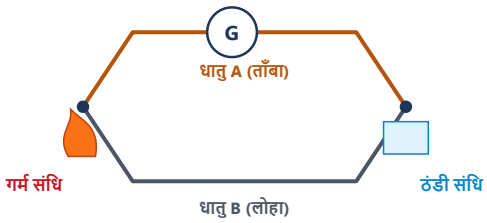
प्रभाव	क्या होता है	उपयोग
सीबेक प्रभाव (Seebeck effect) (1821)	दो भिन्न धातुएँ एक लूप में जुड़ी हों और संधियाँ अलग-अलग ताप पर हों, तो emf उत्पन्न होता है (ऊष्मा → विद्युत)	बहुत उच्च ताप के लिए तापयुग्म (Thermocouple) थर्मामीटर; सुदूर अंतरिक्ष यानों पर रेडियोआइसोटोप जनित्र
पेल्टियर प्रभाव (Peltier effect) (1834)	दो धातुओं की संधि से धारा गुज़रने पर एक संधि गर्म और दूसरी ठंडी होती है	तापविद्युत शीतलक: मिनी-फ्रिज, CPU और कैमरा-सेंसर का शीतलन
टॉमसन प्रभाव (Thomson effect)	एक ही चालक जिसके सिरे अलग-अलग ताप पर हों, उसमें ताप-प्रवणता विभवांतर पैदा करती है; उसमें बहती धारा ऊष्मा अवशोषित करती है या छोड़ती है	तापविद्युत युक्तियों का सिद्धांत और डिज़ाइन
जूल प्रभाव	किसी भी प्रतिरोध से धारा गुज़रने पर ऊष्मा I^2Rt उत्पन्न होती है; अनुत्क्रमणीय	हीटर, इस्त्री, फ्यूज़

याद रखें: Seebeck: "See" a voltage from heat (two metals). Peltier: "Pass" a current, heat moves. Thomson: one lonely wire ("Tom" is alone). सीबेक: ऊष्मा से वोल्टेज "देखो" (दो धातुएँ)। पेल्टियर: धारा "पास" करो, ऊष्मा खिसकती है। टॉमसन: एक अकेला तार ("टॉम" अकेला है)।

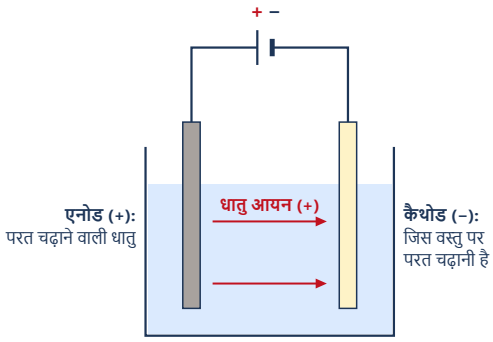
★★ **रासायनिक प्रभाव**: विद्युत-अपघट्य से धारा गुज़रने पर वह टूट जाता है (**विद्युत-अपघटन, Electrolysis**)। फैराडे के नियम: जमा हुआ द्रव्यमान ∝ प्रवाहित आवेश।

★★ **विद्युत लेपन (Electroplating)**: जिस वस्तु पर परत चढ़ानी है वह कैथोड (−) होती है; परत वाली धातु एनोड होती है। नलों और साइकिल के पुर्ज़ों पर क्रोमियम, गहनों पर चाँदी और सोना, खाद्य डिब्बों पर टिन।

★ ताँबे का **विद्युत-अपघटनी शोधन (Electrolytic refining)**: अशुद्ध ताँबा एनोड होता है, शुद्ध ताँबा कैथोड पर जमा होता है।



(a) सीबेक प्रभाव: ऊष्मा → विद्युत वाहक बल
(तापयुग्म तापमापी)



(b) विद्युत लेपन

(a) दो भिन्न धातुएँ एक लूप में जुड़ी हैं: एक संधि गर्म और दूसरी ठंडी रखें तो गैल्वेनोमीटर धारा दिखाता है (सीबेक प्रभाव)। (b) विद्युत लेपन: परत चढ़ाने वाली धातु एनोड (+) है, वस्तु कैथोड (−) है, और धातु आयन विद्युत-अपघट्य से होकर उस पर परत चढ़ाते हैं।

☑ झटपट जाँच

1. तापयुग्म तापमापी किस प्रभाव पर काम करते हैं?
2. किस प्रभाव से धारा एक संधि को ठंडा करती है, जैसे मिनी-फ्रिज में?
3. विद्युत लेपन में जिस वस्तु पर परत चढ़ानी है, वह एनोड होती है या कैथोड?

उत्तर: 1. सीबेक प्रभाव · 2. पेल्टियर प्रभाव · 3. कैथोड (−)

मात्रक और अग्रणी वैज्ञानिक एक नज़र में

कूलॉम, एम्पियर, वोल्ट

ओम, सीमेंस

वाट, kWh

फैरड, हेनरी

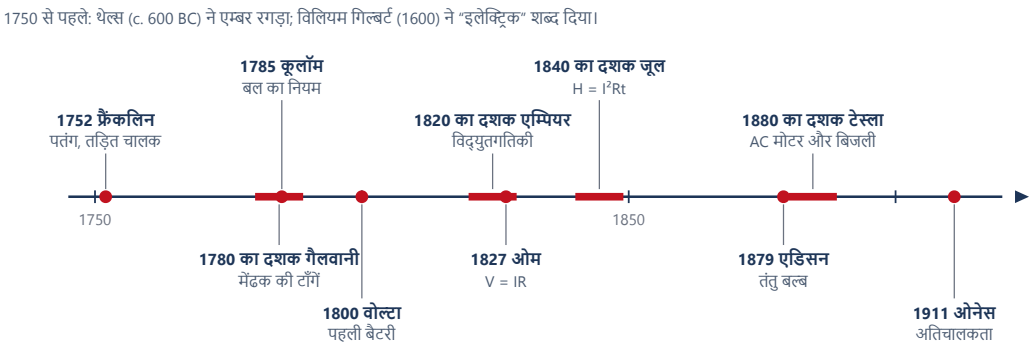
वोल्टा, ओम, जूल

राशियाँ और SI मात्रक ★★★

राशि	सूत्र	SI मात्रक
आवेश	$q = ne$	कूलॉम (C)
धारा	$I = Q/t$	एम्पियर (A), SI मूल मात्रक
विभवांतर, emf	$V = W/Q$	वोल्ट (V)
प्रतिरोध	$R = V/I$	ओम (Ω)
प्रतिरोधकता	$\rho = RA/L$	ओम-मीटर (Ω m)
चालकत्व	$G = 1/R$	सीमेंस (S) या म्हो
शक्ति	$P = VI = I^2R = V^2/R$	वाट (W)
ऊर्जा	$E = Pt$	जूल (J); व्यावसायिक: kWh
धारिता	$C = Q/V$	फैरड (F)
प्रेरकत्व	$L = \Phi/I$	हेनरी (H)
विद्युत क्षेत्र	$E = F/q$	N/C या V/m

किसने क्या किया ★★

वैज्ञानिक	योगदान
मिलेटस के थेल्स (Thales of Miletus) (लगभग 600 ई.पू.)	रगड़ा गया अंबर हल्की वस्तुओं को आकर्षित करता है
विलियम गिल्बर्ट (William Gilbert) (1600)	"इलेक्ट्रिक" शब्द गढ़ा; चुंबकत्व का अध्ययन किया
बेंजामिन फ्रैंकलिन (1752)	पतंग प्रयोग; तड़ित चालक; + और − आवेशों का नामकरण
चार्ल्स-ऑगस्टिन डी कूलॉम (Charles-Augustin de Coulomb) (1785)	आवेशों के बीच बल का नियम
लुइजी गैल्वानी (1780 का दशक)	जंतु विद्युत (मेंढक की टाँगें)
अलेस्सांद्रो वोल्टा (1800)	वोल्टीय पुंज, पहली बैटरी
आंद्रे-मैरी एम्पियर (André-Marie Ampère) (1820 का दशक)	विद्युतगतिकी; धारा का मात्रक
जॉर्ज साइमन ओम (1827)	ओम का नियम
जेम्स प्रेस्कॉट जूल (1840 का दशक)	ऊष्मीय प्रभाव $H = I^2Rt$
थॉमस एडिसन (1879)	व्यावहारिक तंतु बल्ब; DC बिजलीघर
निकोला टेस्ला (1880 का दशक)	AC मोटर और AC विद्युत प्रणाली
हाइके कामरलिंग ओनेस (1911)	अतिचालकता



किसने क्या किया, पैमाने पर बनी समय-रेखा पर: बिंदु एक वर्ष दिखाते हैं, पट्टियाँ एक दशक।

भारत में **CSIR-राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (National Physical Laboratory)** (नई दिल्ली) विद्युत मात्रकों सहित माप के राष्ट्रीय मानक रखती है, और **भारतीय मानक ब्यूरो (Bureau of Indian Standards)** मानक आपूर्ति वोल्टेज और 50 Hz आवृत्ति तय करता है (IS 12360)।

☑ झटपट जाँच

1. चालकत्व का SI मात्रक?
2. पहली बैटरी किसने और किस वर्ष बनाई?
3. अतिचालकता (1911) की खोज किसने की?

उत्तर: 1. सीमेंस (S); पुराना नाम म्हो · 2. अलेस्सांद्रो वोल्टा, 1800 · 3. हाइके कामरलिंग ओनेस

पिछले वर्षों में पूछे गए प्रश्न (12)

BPSC 64th विद्युत्-धारा निम्न में से किस उपकरण से नापी जाती है?
(a) वोल्टमीटर (b) ऐमीटर (c) वोल्टामीटर (d) पोटेंशियोमीटर (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) ऐमीटर. ऐमीटर विद्युत-धारा मापता है; वोल्टमीटर विभवांतर मापता है

BPSC 65th विद्युत्-धारा किस उपकरण से नापी जाती है?
(a) वोल्टमीटर (b) ऐमीटर (c) वोल्टामीटर (d) पोटेंशियोमीटर (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) ऐमीटर. ऐमीटर विद्युत-धारा मापता है; वोल्टमीटर विभवांतर मापता है

BPSC 65th विद्युत् शक्ति की इकाई है
(a) ऐम्पियर (b) वोल्ट (c) कूलॉम (d) वाट (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (d) वाट. विद्युत शक्ति वाट में मापी जाती है; $P = V \times I$

BPSC 66th दो समानान्तर प्रतिरोध वाले सर्किट का कुल प्रतिरोध 1.403 किलो-ओम है। यदि एक प्रतिरोधक का मान 2.0 किलो-ओम है, तो दूसरे प्रतिरोधक का मान होगा
(a) 1.403 किलो-ओम (b) 2.0 किलो-ओम (c) 3.403 किलो-ओम (d) 4.70 किलो-ओम
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (d) 4.70 किलो-ओम. समानांतर क्रम में प्रतिरोधों के लिए $1/R = 1/R1 + 1/R2$; कुल प्रतिरोध सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है

BPSC 67th निम्नलिखित में से कौन-सा सही सुमेलित नहीं है?
(a) वोल्टमीटर : विभवांतर (b) ऐमीटर : विद्युत् धारा (c) पोटेंशियोमीटर : विद्युत्-वाहक बल (d) गैल्वेनोमीटर : विद्युत् प्रतिरोध
(e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (d) गैल्वेनोमीटर : विद्युत् प्रतिरोध. ऐमीटर धारा, वोल्टमीटर विभवांतर और पोटेंशियोमीटर विद्युत्-वाहक बल मापता है; गैल्वेनोमीटर छोटी धाराओं का पता लगाता है; प्रतिरोध ओममीटर से मापा जाता है

BPSC 67th re-exam एक संवाहक के तापक्रम परिवर्तन के कारण इसमें विभव परिवर्तन होता है। इस घटना को कहते हैं
(a) पेल्टीयर प्रभाव (b) थॉमसन प्रभाव (c) जूल प्रभाव (d) सीबेक प्रभाव (e) उपर्युक्त में से कोई नहीं/उपर्युक्त में से एक से अधिक
उत्तर: (b) थॉमसन प्रभाव. टॉमसन प्रभाव: एक ही चालक में ताप-प्रवणता होने पर उसमें विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है; सीबेक प्रभाव: भिन्न तापों पर रखी दो धातुओं की संधियों से विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है

BPSC 69th निम्नलिखित में से कौन-सा तरल बिजली का कुचालक है?
(a) नमकीन पानी (b) संतरे का रस (c) नींबू का रस (d) उपर्युक्त में से कोई नहीं
उत्तर: (d) उपर्युक्त में से कोई नहीं. घुले आयनों वाले द्रव, जैसे नमकीन पानी और फलों के रस, विद्युत का चालन करते हैं

BPSC 70th निम्नलिखित में से कौन-सा दिये गये तार का प्रतिरोध है ?
(a) $R = I/(2V)$ (b) $R = IV$ (c) $R = I/V$ (d) $R = V/I$
उत्तर: (d) $R = V/I$. ओम का नियम: $V = IR$, अतः प्रतिरोध $R = V/I$

BPSC 70th re-exam एक संधारित्र का प्रतिघात होता है
(a) आवृत्ति के व्युत्क्रमानुपाती (b) आवृत्ति के समानुपाती (c) आवृत्ति के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती (d) उपर्युक्त में से कोई नहीं
उत्तर: (a) आवृत्ति के व्युत्क्रमानुपाती. धारितीय प्रतिघात $Xc = 1/(2\pi fC)$ आवृत्ति बढ़ने पर घटता है; प्रेरकीय प्रतिघात $XL = 2\pi fL$ आवृत्ति के समानुपाती बढ़ता है

BPSC 71st निम्नलिखित में से कौन-सा पद विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति को निरूपित नही करता है?
(a) I^2R (b) IR^2 (c) VI (d) V^2/R
उत्तर: (b) IR^2. विद्युत शक्ति $P = VI = I^2R = V^2/R$, ओम के नियम $V = IR$ से

BPSC 71st लघु पाथन के समय परिपथ में विद्युत धारा का मान :
(a) बहुत कम हो जाता है (b) परिवर्तित नही होता है (c) बहुत अधिक बढ़ जाता है (d) निरन्तर परिवर्तित होता है
उत्तर: (c) बहुत अधिक बढ़ जाता है. लघुपथन में प्रतिरोध लगभग शून्य हो जाता है, इसलिए धारा बहुत अधिक हो जाती है

BPSC 71st उपकरणों को विद्युत आघात से बचाने वाली युक्ति है :
(a) फ्यूज (b) जनित्र (c) मोटर (d) धारा नियंत्रक
उत्तर: (a) फ्यूज. धारा सुरक्षित सीमा से अधिक होने पर फ्यूज़ पिघलकर परिपथ तोड़ देता है

स्वयं को परखें (13)

1. 6 Ω के तीन प्रतिरोधक समांतर क्रम में जुड़े हैं। तुल्य प्रतिरोध है
(a) 18 Ω (b) 2 Ω (c) 3 Ω (d) 6 Ω

2. 60 W का एक बल्ब और 100 W का एक बल्ब (दोनों 230 V के) मेन से श्रेणीक्रम में जोड़े गए हैं। कौन अधिक चमकेगा?
(a) 60 W वाला बल्ब (b) 100 W वाला बल्ब (c) दोनों बराबर (d) कोई नहीं चमकेगा

3. 1000 W की एक विद्युत इस्त्री 30 दिनों तक प्रतिदिन 30 मिनट चलाई जाती है। खर्च हुई ऊर्जा है
(a) 30 यूनिट (b) 15 यूनिट (c) 1.5 यूनिट (d) 300 यूनिट

4. तापदीप्त बल्ब का तंतु इनमें से किस पदार्थ का बनता है?
(a) नाइक्रोम (b) टिन-लेड मिश्रधातु (c) टंगस्टन (d) ताँबा

5. ताँबे के एक तार को आयतन बदले बिना खींचकर दोगुनी लंबाई का कर दिया जाता है। उसका प्रतिरोध हो जाता है
(a) आधा (b) दोगुना (c) अपरिवर्तित (d) चार गुना

6. कथनों पर विचार कीजिए: 1. ताप बढ़ने पर धातु का प्रतिरोध बढ़ता है। 2. ताप बढ़ने पर अर्धचालक का प्रतिरोध बढ़ता है। कौन-सा/से सही है/हैं?
(a) केवल 1 (b) केवल 2 (c) 1 और 2 दोनों (d) न तो 1, न ही 2

7. तीन-पिन प्लग की भू-संपर्क पिन लंबी बनाई जाती है ताकि वह
(a) उपकरण की पूरी लोड धारा ले जाए (b) सबसे पहले जुड़े और सबसे बाद में हटे (c) बिजली का बिल थोड़ा घटाए
(d) धारा बढ़ने पर फ्यूज़ का काम करे

8. AC को DC में बदलने वाली युक्ति कहलाती है
(a) दिष्टकारी (b) इन्वर्टर (c) ट्रांसफॉर्मर (d) धारा नियंत्रक

9. उच्च वोल्टेज के एक ही तार पर बैठे पक्षी को झटका नहीं लगता, क्योंकि
(a) उसके पैर और पंजे विद्युत के अच्छे विद्युतरोधी हैं (b) ऊपरी तार में धारा AC है, DC नहीं
(c) उसके शरीर के आर-पार कोई विभवांतर नहीं होता (d) तार में बहुत कम धारा बहती है

10. दो भिन्न धातुओं की दोनों संधियों को अलग-अलग ताप पर रखने पर कौन-सा प्रभाव emf उत्पन्न करता है?
(a) पेल्टियर प्रभाव (b) टॉमसन प्रभाव (c) जूल प्रभाव (d) सीबेक प्रभाव

11. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:
1. अमीटर को किसी अवयव के समांतर क्रम में जोड़ा जाता है और उसका प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।
2. वोल्टमीटर को किसी अवयव के समांतर क्रम में जोड़ा जाता है और उसका प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।
3. विभवमापी किसी सेल का emf सटीक मापता है क्योंकि संतुलन की स्थिति में वह कोई धारा नहीं लेता।
उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही है/हैं?
(a) केवल 1 (b) केवल 1 और 2 (c) केवल 2 और 3 (d) 1, 2 और 3

12. घरेलू बिजली के बारे में निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:
1. फ्यूज़ तार टिन-लेड मिश्रधातु का बनाया जाता है क्योंकि उसका गलनांक कम होता है।
2. विद्युत इस्त्री की तापन कुंडली टंगस्टन की बनी होती है।
3. फ्यूज़ और स्विच विद्युन्मय तार पर लगाए जाते हैं।
उपर्युक्त में से कितने कथन सही हैं?
(a) केवल एक (b) केवल दो (c) सभी तीन (d) कोई भी नहीं

13. एक दुकानदार 60 W के 10 तंतु बल्ब हटाकर 9 W के 10 LED बल्ब लगाता है, जो लगभग उतना ही प्रकाश देते हैं। हर बल्ब रोज़ 5 घंटे जलता है। 30 दिनों में वह कितनी बिजली बचाता है?
(a) 2.55 यूनिट (b) 13.5 यूनिट (c) 90 यूनिट (d) 76.5 यूनिट

उत्तर: 1. (b) समांतर क्रम में n समान प्रतिरोधक R/n देते हैं = 6/3 = 2 Ω। · 2. (a) 60 W बल्ब का प्रतिरोध अधिक है; समान धारा पर उसे अधिक शक्ति (I^2R) मिलती है। · 3. (b) 1 kW × 0.5 h × 30 = 15 kWh = 15 यूनिट। · 4. (c) धातुओं में टंगस्टन का गलनांक सबसे अधिक है (3422 °C)। · 5. (d) लंबाई दोगुनी और क्षेत्रफल आधा होता है, अतः $R = \rho L/A$, 2 × 2 = 4 गुना हो जाता है। · 6. (a) ऊष्मा से धातुओं का प्रतिरोध बढ़ता है; अर्धचालकों का घटता है क्योंकि ऊष्मा अधिक आवेश-वाहक मुक्त करती है। · 7. (b) लंबी पिन सुरक्षा वाला भू-संपर्क विद्युन्मय तार से पहले जोड़ती है और उसके बाद तोड़ती है। · 8. (a) दिष्टकारी (डायोड) AC को DC में बदलता है; इन्वर्टर इसका उल्टा करता है। · 9. (c) दोनों पैर एक ही विभव पर हैं, इसलिए पक्षी से होकर कोई धारा नहीं बहती। · 10. (d) सीबेक प्रभाव तापयुग्म का सिद्धांत है। · 11. (c) वोल्टमीटर उच्च प्रतिरोध के साथ समांतर क्रम में लगता है और विभवमापी संतुलन पर कोई धारा नहीं लेता; कथन 1 गलत है क्योंकि अमीटर बहुत कम प्रतिरोध के साथ श्रेणी क्रम में लगता है। · 12. (b) कथन 1 और 3 सही हैं; इस्त्री की कुंडली नाइक्रोम की होती है (उच्च प्रतिरोधकता, लाल-तप्त होने पर भी ऑक्सीकरण नहीं), जबकि टंगस्टन बल्ब के तंतु में लगता है। · 13. (d) बचत = 10 × (60 − 9) W × 5 h × 30 = 76.5 kWh; 90 यूनिट पुराने बल्बों की पूरी खपत है, 13.5 यूनिट LED बल्बों की खपत और 2.55 यूनिट केवल एक दिन की बचत।