

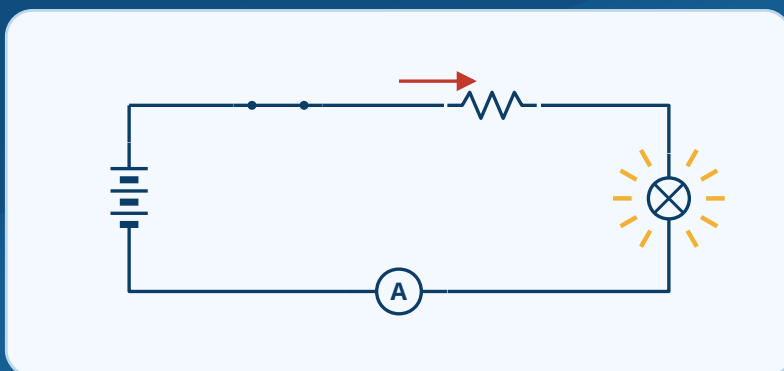
Bihar Board Class 10 Science

अध्याय 3

विद्युत

ELECTRICITY

Detailed Exam-Oriented Study Material



 Theory

 Formulas

 Circuit Diagrams

 Solved Numericals

 MCQs

 Important Questions

 Quick Revision

विषय-सूची (Table of Contents)

अध्याय परिचय — विद्युत क्या है?	3	15. जूल का ऊष्मीय नियम (Joule's Law)	24
1. विद्युत आवेश (Electric Charge)	3	16. विद्युत फ्यूज (Electric Fuse)	26
2. विद्युत धारा (Electric Current)	5	17. विद्युत शक्ति (Electric Power)	27
3. विद्युत विभव (Electric Potential)	7	18. विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)	29
4. विभवांतर (Potential Difference)	8	19. व्यावसायिक मात्रक — kWh	30
5. विद्युत परिपथ तथा परिपथ चिह्न	10	20. Important Formula Sheet	31
6. ओम का नियम (Ohm's Law)	12	21. Units Table	32
7. V-I ग्राफ (V-I Graph)	13	22. हल किए गए संख्यात्मक प्रश्न	33
8. प्रतिरोध (Resistance)	14	23. परीक्षा के महत्वपूर्ण प्रश्न	39
9. प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारक	16	24. MCQs (बहुविकल्पीय प्रश्न)	42
10. प्रतिरोधकता (Resistivity)	17	25. Assertion-Reason प्रश्न	44
11. प्रतिरोधों का श्रेणी संयोजन (Series)	19	26. सामान्य गलतियाँ (Common Mistakes)	45
12. प्रतिरोधों का पार्श्व संयोजन (Parallel)	21	27. Board Exam में कैसे लिखें? (Exam Tips)	46
13. श्रेणी बनाम पार्श्व तुलना	23	28. Quick Revision Notes	47
14. विद्युत धारा का तापीय प्रभाव	23	29. One Page Formula Revision	49

अध्याय परिचय — विद्युत क्या है?

आज हमारे जीवन का शायद ही कोई काम ऐसा हो जो बिजली के बिना चलता हो — बल्ब, पंखा, टीवी, मोबाइल चार्जर, पानी की मोटर, फ्रिज, गैस गीजर — सब कुछ **विद्युत (Electricity)** से चलता है। विद्युत ऊर्जा का एक ऐसा रूप है जिसे तारों के द्वारा आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजा जा सकता है और आवश्यकता के अनुसार प्रकाश, ऊष्मा, गति या ध्वनि में बदला जा सकता है।

विद्युत आवेश क्या है?

प्रत्येक पदार्थ परमाणुओं से बना है और परमाणु में धनावेशित **प्रोटॉन**, ऋणावेशित **इलेक्ट्रॉन** तथा अनावेशित **न्यूट्रॉन** होते हैं। प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन का यह गुण कि वे विद्युत बल का अनुभव करते हैं, **विद्युत आवेश (Electric Charge)** कहलाता है।

विद्युत कैसे उत्पन्न होती है?

- **रासायनिक अभिक्रिया से:** सेल तथा बैटरी में रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा बनती है।
- **जनित्र (Generator) से:** बिजलीघरों में चुंबकीय क्षेत्र में कुंडली घुमाकर विद्युत बनाई जाती है।
- **सौर सेल से:** सूर्य के प्रकाश से सीधे विद्युत बनती है।
- **घर्षण से:** दो वस्तुओं को रगड़ने पर आवेश उत्पन्न होता है (स्थिर विद्युत)।

विद्युत धारा क्या है?

किसी चालक (जैसे तांबे के तार) में आवेशों के **प्रवाह** को **विद्युत धारा (Electric Current)** कहते हैं। जब बैटरी जैसे स्रोत द्वारा तार के सिरों के बीच विभवांतर बनाया जाता है, तब तार में आवेश बहने लगता है और परिपथ में धारा प्रवाहित होती है।

दैनिक जीवन में विद्युत का महत्व

प्रकाश (बल्ब, ट्यूबलाइट), ऊष्मा (हीटर, इस्त्री, गीजर), गति (पंखा, मोटर, मिक्सी), संचार (मोबाइल, टीवी, रेडियो), चिकित्सा (X-ray, ECG) तथा उद्योग — सभी में विद्युत का उपयोग होता है।

इस अध्याय के मुख्य Concepts — एक नज़र में

- विद्युत आवेश, विद्युत धारा, विद्युत विभव तथा विभवांतर और उनके मात्रक
- विद्युत परिपथ, परिपथ चिह्न, ऐमीटर व वोल्टमीटर का उपयोग
- **ओम का नियम** ($V = IR$), $V-I$ ग्राफ, प्रतिरोध व प्रतिरोधकता
- प्रतिरोधों का **श्रेणी तथा पार्श्व संयोजन**
- विद्युत धारा का तापीय प्रभाव — **जूल का नियम**, फ्यूज
- **विद्युत शक्ति व ऊर्जा**, kWh तथा बिजली का बिल

SECTION 1 — विद्युत आवेश (Electric Charge)

परिभाषा

पदार्थ का वह मूल गुण जिसके कारण वह विद्युत बल का अनुभव करता है तथा उत्पन्न करता है, **विद्युत आवेश (Electric Charge)** कहलाता है। इसे **Q** (या **q**) से दर्शाते हैं।

1.1 आवेश के प्रकार

आवेश	कारण / वाहक कण	चिह्न
धनात्मक आवेश (Positive Charge)	प्रोटॉन (नाभिक में स्थित), या इलेक्ट्रॉन की कमी	+
ऋणात्मक आवेश (Negative Charge)	इलेक्ट्रॉन (नाभिक के बाहर घूमने वाले कण), या इलेक्ट्रॉन की अधिकता	-

- **सजातीय आवेश** (धन-धन या ऋण-ऋण) एक-दूसरे को **प्रतिकर्षित** करते हैं।
- **विजातीय आवेश** (धन-ऋण) एक-दूसरे को **आकर्षित** करते हैं।
- ठोस पदार्थों में केवल इलेक्ट्रॉन ही एक वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानांतरित हो सकते हैं, प्रोटॉन नहीं।

1.2 आवेश का SI मात्रक — कूलॉम (Coulomb)

आवेश का SI मात्रक **कूलॉम (C)** है। **1 कूलॉम** उस आवेश के बराबर है जो लगभग 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉनों पर होता है।

कण	आवेश	द्रव्यमान
इलेक्ट्रॉन (Electron)	$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
प्रोटॉन (Proton)	$+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
न्यूट्रॉन (Neutron)	0 (आवेशरहित)	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1.3 आवेश का परिमाणीकरण — $Q = ne$

किसी वस्तु पर कुल आवेश सदैव एक इलेक्ट्रॉन के आवेश का **पूर्ण गुणज** होता है, क्योंकि आवेश केवल पूरे इलेक्ट्रॉनों की संख्या में ही स्थानांतरित होता है।

सूत्र

$$Q = ne$$

Q = कुल आवेश (कूलॉम, C) | n = इलेक्ट्रॉनों की संख्या (पूर्ण संख्या) | e = एक इलेक्ट्रॉन के आवेश का परिमाण = $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

1.4 आवेश के संरक्षण का सिद्धांत (Conservation of Charge)

किसी विलगित (isolated) निकाय में कुल आवेश सदैव **नियत (constant)** रहता है। आवेश को न उत्पन्न किया जा सकता है, न नष्ट — इसे केवल एक वस्तु से दूसरी वस्तु में **स्थानांतरित** किया जा सकता है।

उदाहरण

काँच की छड़ को रेशम से रगड़ने पर काँच के इलेक्ट्रॉन रेशम में चले जाते हैं। काँच पर जितना धन आवेश आता है, रेशम पर उतना ही ऋण आवेश आता है — कुल आवेश पहले की तरह शून्य ही रहता है।

हल किया गया उदाहरण 1

किसी वस्तु पर 5×10^{19} इलेक्ट्रॉन अतिरिक्त हैं। उस पर कुल आवेश कितना है? ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

दिया गया: $n = 5 \times 10^{19}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

सूत्र: $Q = n e$

मान रखने पर: $Q = 5 \times 10^{19} \times 1.6 \times 10^{-19}$

गणना: $Q = 5 \times 1.6 \times 10^{19-19} = 8 \times 10^0$

अंतिम उत्तर: **$Q = 8 \text{ C}$ (ऋणात्मक आवेश)**

हल किया गया उदाहरण 2

1 कूलॉम आवेश में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं?

दिया गया: $Q = 1 \text{ C}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

सूत्र: $n = Q / e$

मान रखने पर: $n = 1 / (1.6 \times 10^{-19})$

गणना: $n = 0.625 \times 10^{19} = 6.25 \times 10^{18}$

अंतिम उत्तर: **$n = 6.25 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन**

परीक्षा में याद रखें

- आवेश का SI मात्रक कूलॉम (C) है; $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ।
- इलेक्ट्रॉन ऋणात्मक तथा प्रोटॉन धनात्मक आवेश वाला होता है।
- आवेश संरक्षित रहता है — यह न बनता है, न नष्ट होता है।

SECTION 2 — विद्युत धारा (Electric Current)

परिभाषा

किसी चालक के किसी अनुप्रस्थ काट से **एकांक समय में प्रवाहित होने वाले आवेश की मात्रा को विद्युत धारा (Electric Current)** कहते हैं।

सूत्र

$$I = Q / t$$

I = विद्युत धारा (ऐम्पियर, A) | Q = प्रवाहित आवेश (कूलॉम, C) | t = समय (सेकंड, s)

2.1 SI मात्रक — ऐम्पियर (Ampere)

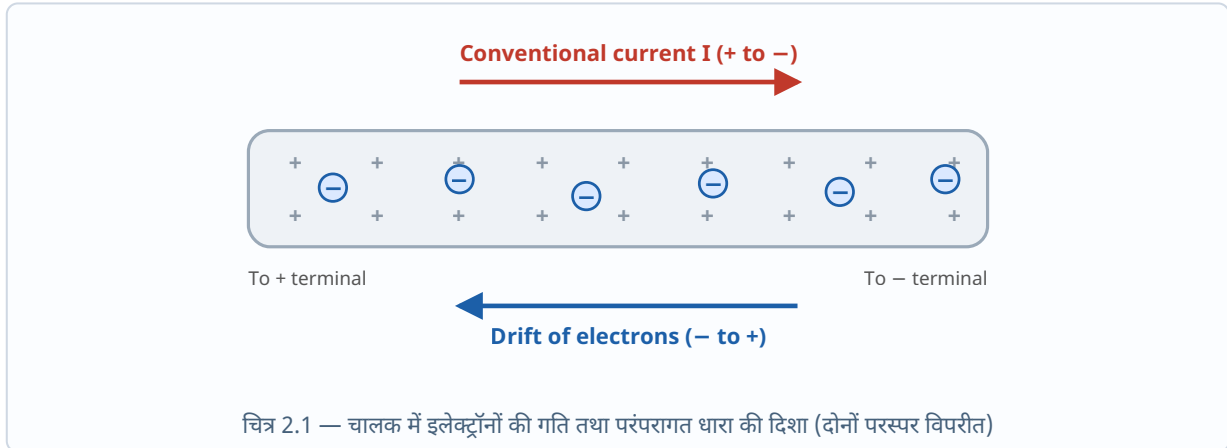
यदि किसी चालक के किसी काट से **1 सेकंड में 1 कूलॉम** आवेश प्रवाहित हो, तो उसमें बहने वाली धारा **1 ऐम्पियर (1 A)** होती है।

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

छोटे मात्रक: 1 mA (मिली-ऐम्पियर) = 10^{-3} A ; $1 \mu\text{A}$ (माइक्रो-ऐम्पियर) = 10^{-6} A

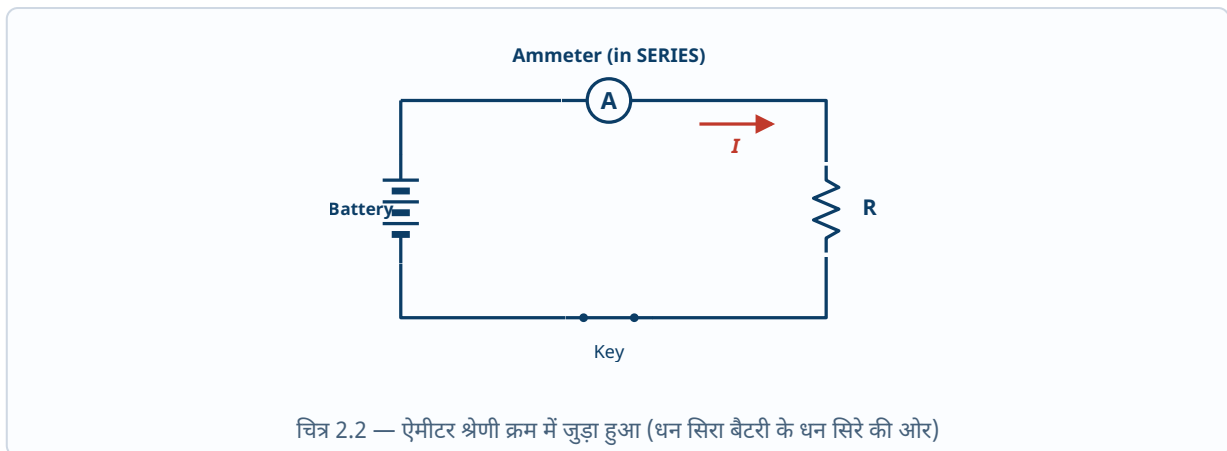
2.2 धारा की दिशा — Conventional Current तथा इलेक्ट्रॉनों की गति

धातु के तारों में आवेश का वाहक **इलेक्ट्रॉन** (ऋणात्मक) होता है, जो बैटरी के **ऋण सिरे से धन सिरे** की ओर चलते हैं। परंतु परंपरा (convention) के अनुसार **धारा की दिशा धनात्मक आवेश के प्रवाह की दिशा** मानी जाती है, अर्थात् बैटरी के **धन सिरे से ऋण सिरे** की ओर (बाहरी परिपथ में)। इसे **परंपरागत धारा (Conventional Current)** कहते हैं।



2.3 ऐमीटर (Ammeter)

परिपथ में प्रवाहित धारा मापने वाले यंत्र को **ऐमीटर** कहते हैं। इसे सदैव परिपथ में **श्रेणी क्रम (Series)** में जोड़ा जाता है, ताकि पूरी धारा इसी से होकर गुजरे। ऐमीटर का प्रतिरोध बहुत कम होता है ताकि यह परिपथ की धारा को प्रभावित न करे।



हल किया गया उदाहरण 1

किसी चालक से 60 सेकंड में 300 C आवेश प्रवाहित होता है। धारा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $Q = 300 \text{ C}$, $t = 60 \text{ s}$

सूत्र: $I = Q / t$

मान रखने पर: $I = 300 / 60$

गणना: $I = 5$

अंतिम उत्तर: **$I = 5 \text{ A}$**

हल किया गया उदाहरण 2

किसी बल्ब से 0.5 A की धारा 2 मिनट तक बहती है। कुल कितना आवेश प्रवाहित होगा?

दिया गया: $I = 0.5 \text{ A}$, $t = 2 \text{ मिनट} = 2 \times 60 = 120 \text{ s}$

सूत्र: $Q = I \times t$

मान रखने पर: $Q = 0.5 \times 120$

गणना: $Q = 60$

अंतिम उत्तर: **$Q = 60 \text{ C}$**

हल किया गया उदाहरण 3

किसी परिपथ में 2 A धारा प्रवाहित करने पर 720 C आवेश प्रवाहित होने में कितना समय लगेगा?

दिया गया: $I = 2 \text{ A}$, $Q = 720 \text{ C}$

सूत्र: $t = Q / I$

मान रखने पर: $t = 720 / 2$

गणना: $t = 360 \text{ s} = 360/60 \text{ मिनट}$

अंतिम उत्तर: **$t = 360 \text{ s (6 मिनट)}$**

परीक्षा में याद रखें

- धारा का SI मात्रक ऐम्पियर है तथा ऐमीटर **श्रेणी** में जोड़ा जाता है।
- परंपरागत धारा की दिशा इलेक्ट्रॉन प्रवाह की दिशा के **विपरीत** होती है।
- समय हमेशा **सेकंड** में बदलकर ही सूत्र में रखें (1 मिनट = 60 s)।

SECTION 3 — विद्युत विभव (Electric Potential)

जिस प्रकार पानी हमेशा ऊँचे स्तर से नीचे स्तर की ओर बहता है और ऊष्मा अधिक ताप से कम ताप की ओर जाती है, उसी प्रकार धनावेश **अधिक विभव** वाले बिंदु से **कम विभव** वाले बिंदु की ओर गति करता है। विभव (Potential) किसी बिंदु की वह "विद्युत स्थिति" है जो आवेश के प्रवाह की दिशा तय करती है।

परिभाषा

किसी बिंदु पर **विद्युत विभव** वह कार्य है जो एकांक (1 C) धनावेश को अनंत दूरी से उस बिंदु तक लाने में किया जाता है। व्यवहार में हम दो बिंदुओं के बीच के विभव-अंतर (विभवांतर) को ही मापते हैं।

सूत्र

$$V = W / Q$$

V = विभव (वोल्ट, V) | W = किया गया कार्य (जूल, J) | Q = आवेश (कूलॉम, C)

3.1 SI मात्रक — वोल्ट (Volt)

1 वोल्ट वह विभव है जिसमें **1 कूलॉम** आवेश को लाने में **1 जूल** कार्य करना पड़े। $1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C} = 1 \text{ J C}^{-1}$

3.2 कार्य और आवेश का संबंध

सूत्र $V = W/Q$ से $W = V \times Q$ प्राप्त होता है — अर्थात् जितना अधिक विभव और जितना अधिक आवेश, उतना अधिक कार्य (ऊर्जा का रूपांतरण)।

सरल उदाहरण

यदि 1 C आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में 1 J कार्य होता है, तो विभव = $1 \text{ J} / 1 \text{ C} = 1 \text{ V}$ । एक 12 V की बैटरी अपने भीतर से गुजरने वाले प्रत्येक 1 कूलॉम आवेश को 12 J ऊर्जा देती है।

Numerical Trick

"V-W-Q" त्रिकोण: ऊपर W, नीचे V और Q। जो निकालना हो उसे ढक लें — $V = W/Q$, $W = V \times Q$, $Q = W/V$ ।

SECTION 4 — विभवांतर (Potential Difference)

परिभाषा

किसी विद्युत परिपथ में दो बिंदुओं के बीच **विभवांतर (Potential Difference)** वह कार्य है जो **एकांक धनावेश (1 C)** को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में किया जाता है।

सूत्र

$$V = W / Q$$

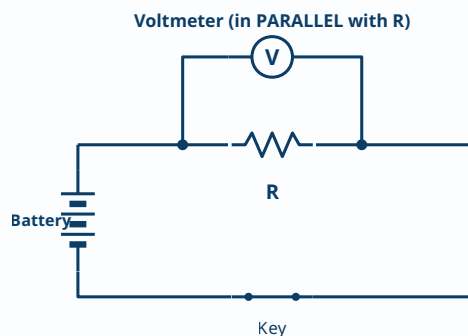
V = विभवांतर (वोल्ट) | W = कार्य (जूल) | Q = आवेश (कूलॉम) $\Rightarrow W = VQ$, $Q = W/V$

4.1 बैटरी विभवांतर कैसे देती है?

सेल या बैटरी के अंदर होने वाली **रासायनिक अभिक्रियाओं** से उसके दोनों टर्मिनलों (सिरों) के बीच विभवांतर बना रहता है। यही विभवांतर आवेश को परिपथ में धकेलता है और धारा प्रवाहित होती है। बैटरी आवेश को नहीं बनाती, वह केवल आवेश को गति देने के लिए आवश्यक ऊर्जा देती है। जब तक परिपथ बंद है, धारा तब तक बहती है जब तक बैटरी में रासायनिक ऊर्जा शेष है।

4.2 वोल्टमीटर (Voltmeter)

दो बिंदुओं के बीच विभवांतर मापने वाले यंत्र को **वोल्टमीटर** कहते हैं। इसे उस अवयव के **पार्श्व क्रम (Parallel)** में जोड़ा जाता है जिसका विभवांतर मापना हो। वोल्टमीटर का **प्रतिरोध बहुत अधिक** होता है।



चित्र 4.1 — वोल्टमीटर प्रतिरोधक R के पार्श्व क्रम (समांतर) में जुड़ा हुआ

वोल्टमीटर को पार्श्व में क्यों जोड़ते हैं?

- (i) विभवांतर हमेशा **दो बिंदुओं के बीच** मापा जाता है, इसलिए यंत्र को उन्हीं दोनों बिंदुओं (अवयव के दोनों सिरों) से जोड़ना पड़ता है।
(ii) पार्श्व में जोड़ने पर अवयव और वोल्टमीटर पर **समान विभवांतर** होता है। (iii) वोल्टमीटर का प्रतिरोध बहुत अधिक होने से उसमें बहुत कम धारा जाती है, अतः परिपथ की मूल धारा लगभग अप्रभावित रहती है। श्रेणी में जोड़ने पर उसका अत्यधिक प्रतिरोध परिपथ की धारा लगभग शून्य कर देगा।

हल किया गया उदाहरण 1

20 C आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में 240 J कार्य करना पड़ता है। दोनों बिंदुओं के बीच विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $W = 240 \text{ J}$, $Q = 20 \text{ C}$

सूत्र: $V = W / Q$

मान रखने पर: $V = 240 / 20$

गणना: $V = 12$

अंतिम उत्तर: **$V = 12 \text{ V}$**

हल किया गया उदाहरण 2

1.5 V के एक सेल द्वारा 4 C आवेश को परिपथ में प्रवाहित करने में कितना कार्य होगा?

दिया गया: $V = 1.5 \text{ V}$, $Q = 4 \text{ C}$

सूत्र: $W = V \times Q$

मान रखने पर: $W = 1.5 \times 4$

गणना: $W = 6$

अंतिम उत्तर: **$W = 6 \text{ J}$**

हल किया गया उदाहरण 3

किसी हीटर पर 220 V का विभवांतर लगाने पर 1100 J कार्य होता है। कितना आवेश प्रवाहित हुआ?

दिया गया: $V = 220 \text{ V}$, $W = 1100 \text{ J}$

सूत्र: $Q = W / V$

मान रखने पर: $Q = 1100 / 220$

गणना: $Q = 5$

अंतिम उत्तर: **$Q = 5 \text{ C}$**

परीक्षा में याद रखें

- विभवांतर का SI मात्रक वोल्ट (V) है; $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ ।
- वोल्टमीटर **पार्श्व (parallel)** में तथा ऐमीटर **श्रेणी (series)** में जुड़ता है।
- धारा बहने के लिए परिपथ का **बंद** होना तथा उसमें विभवांतर होना आवश्यक है।

SECTION 5 — विद्युत परिपथ (Electric Circuit)

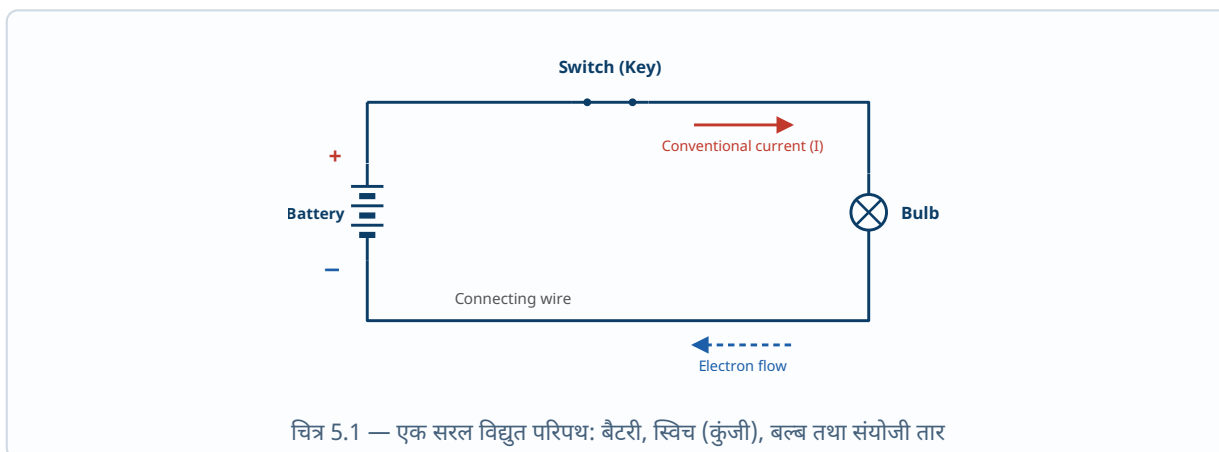
परिभाषा

विद्युत धारा के प्रवाह के लिए **सतत (continuous) बंद मार्ग** को **विद्युत परिपथ (Electric Circuit)** कहते हैं। इसमें स्रोत (सेल/बैटरी), कुंजी (स्विच), अवयव (बल्ब, प्रतिरोधक आदि) तथा संयोजी तार होते हैं।

5.1 बंद परिपथ तथा खुला परिपथ

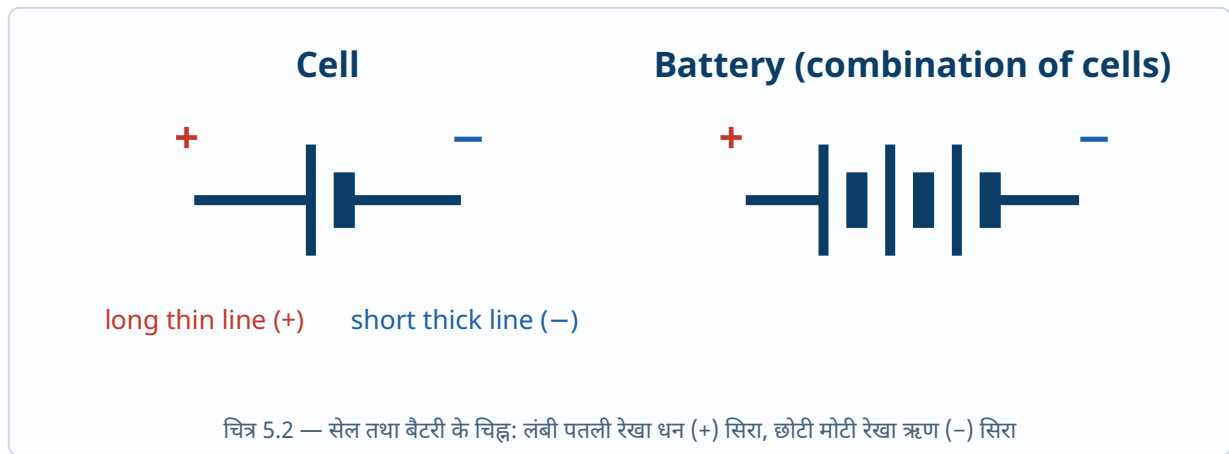
बंद परिपथ (Closed Circuit)	खुला परिपथ (Open Circuit)
स्विच ON होता है; धारा का मार्ग पूर्ण होता है	स्विच OFF होता है या तार कटा होता है; मार्ग टूट जाता है
धारा प्रवाहित होती है; बल्ब जलता है	धारा शून्य होती है; बल्ब नहीं जलता

धारा का मार्ग (Current Path): बैटरी के धन सिरे से चलकर स्विच, अवयवों व तारों से गुजरती हुई धारा बैटरी के ऋण सिरे पर लौट आती है।

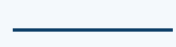


5.2 परिपथ के अवयव

- **सेल (Cell):** रासायनिक ऊर्जा से विभवांतर देने वाला एकल स्रोत (जैसे टॉर्च का सेल, 1.5 V)।
- **बैटरी (Battery):** दो या अधिक सेलों का संयोजन; इससे अधिक विभवांतर मिलता है।
- **स्विच/कुंजी (Switch/Key):** परिपथ को चालू (ON) या बंद (OFF) करने के लिए।
- **बल्ब (Bulb):** विद्युत ऊर्जा को प्रकाश व ऊष्मा में बदलता है।
- **प्रतिरोधक (Resistor):** धारा का विरोध करने वाला अवयव।
- **ऐमीटर (Ammeter):** धारा मापने के लिए (श्रेणी में)।
- **वोल्टमीटर (Voltmeter):** विभवांतर मापने के लिए (पार्श्व में)।
- **संयोजी तार (Connecting wires):** अवयवों को जोड़ने वाले तांबे के तार।



5.3 परिपथ चिह्न (Circuit Symbols)

Component	Symbol	नाम	कार्य
Cell		सेल	एकल विद्युत स्रोत
Battery		बैटरी	कई सेलों का संयोजन
Switch (closed)		स्विच (बंद)	परिपथ पूर्ण — धारा बहती है
Switch (open)		स्विच (खुला)	परिपथ टूटा — धारा नहीं बहती
Bulb		बल्ब	प्रकाश उत्पन्न करता है
Resistor		प्रतिरोधक	धारा का विरोध
Rheostat		धारा नियंत्रक	प्रतिरोध बदलकर धारा नियंत्रित
Ammeter		एमीटर	धारा मापन (श्रेणी में)
Voltmeter		वोल्टमीटर	विभवांतर मापन (पार्श्व में)
Fuse		फ्यूज	अधिक धारा से सुरक्षा
Wire		संयोजी तार	अवयवों को जोड़ना
Wires joined		तार जुड़े हुए	बिंदु (•) वाला कटान = संयोजन

परीक्षा में याद रखें

- सेल के चिह्न में लंबी रेखा = धन (+) तथा छोटी मोटी रेखा = ऋण (-) होती है।
- परिपथ चित्र बनाते समय सदैव मानक चिह्नों का प्रयोग करें और धारा की दिशा तीर से दर्शाएँ।

SECTION 6 — ओम का नियम (Ohm's Law)

ओम का नियम

स्थिर तापमान पर किसी चालक के सिरों के बीच विभवांतर (V), उसमें प्रवाहित धारा (I) के समानुपाती होता है।

गणितीय रूप

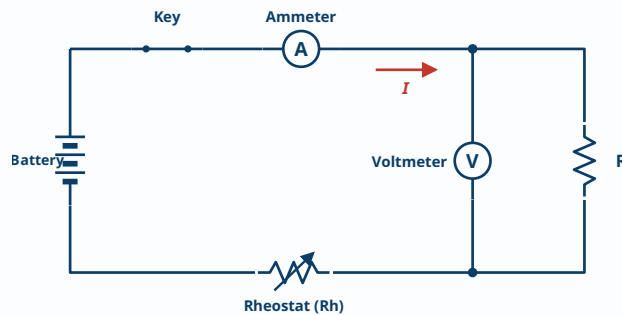
$$V \propto I \Rightarrow V = IR$$

V = विभवांतर (वोल्ट) | I = धारा (ऐम्पियर) | R = प्रतिरोध (ओम, Ω) — R एक नियतांक है जो चालक की प्रकृति, आकार व तापमान पर निर्भर करता है।

इस सूत्र से तीन रूप मिलते हैं: $V = IR$, $I = V/R$, $R = V/I$ ।

6.1 ओम के नियम का सत्यापन (Ohm's Law Circuit)

नीचे के परिपथ में बैटरी, कुंजी, ऐमीटर (श्रेणी में), रिओस्टेट (धारा बदलने के लिए), प्रतिरोधक R तथा R के पार्श्व में वोल्टमीटर जुड़ा है। रिओस्टेट से धारा बदलकर प्रत्येक बार V तथा I नोट किए जाते हैं।



चित्र 6.1 — ओम के नियम के सत्यापन का परिपथ

क्रम	विभवांतर V (V)	धारा I (A)	V/I (Ω)
1	2	1	2
2	4	2	2
3	6	3	2
4	8	4	2

प्रत्येक बार V/I का मान समान ($= 2 \Omega$) आता है, अतः $V \propto I$ — ओम का नियम सत्य सिद्ध होता है।

6.2 ओमीय तथा अओमीय चालक

ओमीय चालक (Ohmic)	अओमीय (Non-ohmic)
ओम के नियम का पालन करते हैं; V-I ग्राफ सरल रेखा	ओम के नियम का पालन नहीं करते; V-I ग्राफ वक्र
उदाहरण: स्थिर ताप पर धातु के तार, नाइक्रोम	उदाहरण: डायोड, तापमान बदलने वाला बल्ब का तंतु

हल किया गया उदाहरण 1

20 Ω प्रतिरोध के तार में 0.5 A धारा बह रही है। उसके सिरों के बीच विभवांतर कितना है?

दिया गया: $R = 20 \Omega$, $I = 0.5 \text{ A}$

सूत्र: $V = I R$

मान रखने पर: $V = 0.5 \times 20$

गणना: $V = 10$

अंतिम उत्तर: **$V = 10 \text{ V}$**

हल किया गया उदाहरण 2

किसी प्रतिरोधक पर 12 V लगाने पर 3 A धारा बहती है। उसका प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 12 \text{ V}$, $I = 3 \text{ A}$

सूत्र: $R = V / I$

मान रखने पर: $R = 12 / 3$

गणना: $R = 4$

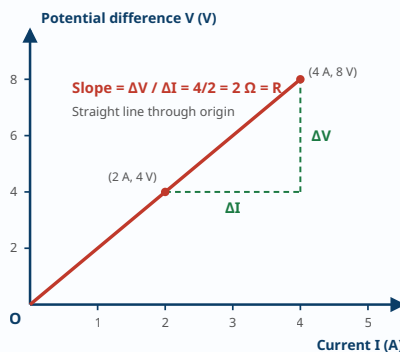
अंतिम उत्तर: **$R = 4 \Omega$**

परीक्षा में याद रखें

- ओम का नियम केवल **स्थिर तापमान** पर लागू होता है — यह शर्त लिखना न भूलें।
- ऐमीटर श्रेणी में तथा वोल्टमीटर प्रतिरोधक के पार्श्व में जोड़ा जाता है।

SECTION 7 — V-I ग्राफ (V-I Graph)

किसी ओमीय चालक के लिए विभवांतर (V) तथा धारा (I) के बीच खींचा गया ग्राफ एक **सीधी रेखा** होता है जो **मूल बिंदु (origin)** से होकर जाती है। यहाँ X-अक्ष पर धारा (I) तथा Y-अक्ष पर विभवांतर (V) लिया गया है।


 चित्र 7.1 — ओमीय चालक का V - I ग्राफ: मूल बिंदु से गुजरती सीधी रेखा, ढाल = $R = 2 \Omega$

7.1 ग्राफ मूल बिंदु से क्यों गुजरता है?

जब चालक के सिरों के बीच विभवांतर शून्य ($V = 0$) होता है, तो उसमें कोई धारा नहीं बहती ($I = 0$)। इसीलिए ग्राफ बिंदु $(0, 0)$ अर्थात् मूल बिंदु से होकर जाता है। $V = IR$ में स्थिरांक R के कारण यह सीधी रेखा ($y = mx$ के समान) है।

7.2 ढाल (Slope) का अर्थ

ढाल तथा प्रतिरोध

$$\text{ढाल} = \Delta V / \Delta I = V / I = R$$

इस ग्राफ की ढाल चालक के प्रतिरोध (R) के बराबर होती है। ऊपर के चित्र में $\Delta V = 8 - 4 = 4 \text{ V}$ तथा $\Delta I = 4 - 2 = 2 \text{ A}$ है, अतः $R = 4/2 = 2 \Omega$ ।

ग्राफ की स्थिति	अर्थ
रेखा अधिक तीव्र (ढाल अधिक)	प्रतिरोध अधिक — समान V पर धारा कम
रेखा कम तीव्र (ढाल कम)	प्रतिरोध कम — समान V पर धारा अधिक
रेखा सीधी न होकर वक्र	चालक अओमीय है (ओम के नियम का पालन नहीं)

ध्यान दें

यदि अक्ष बदल दिए जाएँ (X -अक्ष पर V तथा Y -अक्ष पर I), तो ग्राफ की ढाल $1/R$ होगी। इस अध्याय में सदैव I को X -अक्ष तथा V को Y -अक्ष पर लेते हैं, इसलिए ढाल = R ।

SECTION 8 — प्रतिरोध (Resistance)

परिभाषा

चालक का वह गुण जिसके कारण वह अपने से होकर बहने वाली विद्युत धारा का विरोध करता है, प्रतिरोध (Resistance) कहलाता है। इसे R से दर्शाते हैं।

सूत्र

$$R = V / I$$

R = प्रतिरोध (ओम, Ω) | V = विभवांतर (V) | I = धारा (A)

8.1 प्रतिरोध क्यों उत्पन्न होता है?

चालक में गति करते हुए मुक्त इलेक्ट्रॉन चालक के परमाणुओं/आयनों से बार-बार टकराते हैं। इन टक्करों से इलेक्ट्रॉनों की गति में बाधा आती है — यही बाधा प्रतिरोध है। टकराव में ऊर्जा ऊष्मा के रूप में निकलती है, इसीलिए तार गर्म होते हैं।

8.2 SI मात्रक — ओम (Ohm, Ω)

1 ओम (1Ω): यदि किसी चालक के सिरों के बीच **1 वोल्ट** विभवांतर लगाने पर उसमें **1 ऐम्पियर** धारा बहे, तो उस चालक का प्रतिरोध 1 ओम होता है। $1 \Omega = 1 \text{ V} / 1 \text{ A}$
 बड़े मात्रक: $1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$, $1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$

8.3 प्रतिरोध और धारा का संबंध

$I = V/R$ से स्पष्ट है कि **नियत विभवांतर पर धारा प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती** होती है — प्रतिरोध दोगुना करने पर धारा आधी हो जाती है। (यह ओम के नियम के अनुसार है, जबकि R स्वयं V या I से नहीं बदलता; वह चालक की बनावट, पदार्थ और ताप से तय होता है।)

पदार्थ का प्रकार	प्रतिरोध	उदाहरण
चालक (Conductor)	बहुत कम	तांबा, चाँदी, ऐल्युमिनियम
प्रतिरोधक / मिश्रधातु	अपेक्षाकृत अधिक	नाइक्रोम, कांस्टेंटन, मैंगनिन
विद्युत्प्ररोधी (Insulator)	अत्यंत अधिक	रबर, काँच, लकड़ी (सूखी)

हल किया गया उदाहरण 1

किसी चालक के सिरों पर 6 V लगाने पर उसमें 2 A धारा बहती है। प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 6 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$

सूत्र: $R = V / I$

मान रखने पर: $R = 6 / 2$

गणना: $R = 3$

अंतिम उत्तर: **$R = 3 \Omega$**

हल किया गया उदाहरण 2

55Ω प्रतिरोध के हीटर को 220 V की सप्लाय से जोड़ा गया है। उसमें कितनी धारा बहेगी?

दिया गया: $R = 55 \Omega$, $V = 220 \text{ V}$

सूत्र: $I = V / R$

मान रखने पर: $I = 220 / 55$

गणना: $I = 4$

अंतिम उत्तर: **$I = 4 \text{ A}$**

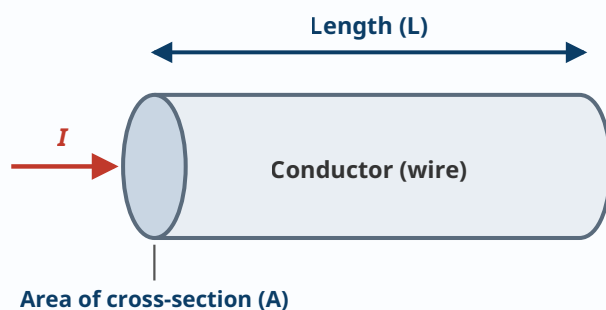
परीक्षा में याद रखें

- प्रतिरोध का SI मात्रक ओम (Ω) है; $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
- प्रतिरोध का कारण मुक्त इलेक्ट्रॉनों की परमाणुओं से टक्कर है।

SECTION 9 — प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारक

किसी चालक का प्रतिरोध चार बातों पर निर्भर करता है:

- चालक की लंबाई (Length, L):** लंबाई बढ़ने पर प्रतिरोध बढ़ता है — $R \propto L$
- अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Area, A):** मोटा तार (अधिक A) → कम प्रतिरोध — $R \propto 1/A$
- पदार्थ की प्रकृति (Nature of material):** तांबे का प्रतिरोध कम, नाइक्रोम का अधिक।
- तापमान (Temperature):** धातुओं में ताप बढ़ने पर प्रतिरोध बढ़ता है।



चित्र 9.1 — चालक की लंबाई (L) तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (A)

सूत्र (स्थिर ताप पर)

$$R \propto L, R \propto 1/A \Rightarrow R = \rho L / A$$

ρ (रो) = आनुपातिकता नियतांक = चालक के पदार्थ की प्रतिरोधकता (Resistivity)

9.1 कारकों का प्रभाव — त्वरित तालिका

परिवर्तन	प्रतिरोध पर प्रभाव
लंबाई दोगुनी (A समान)	प्रतिरोध दोगुना ($2R$)
क्षेत्रफल दोगुना (L समान)	प्रतिरोध आधा ($R/2$)
त्रिज्या/व्यास दोगुना (A चार गुना)	प्रतिरोध एक-चौथाई ($R/4$)
तापमान बढ़ाना (धातु)	प्रतिरोध बढ़ता है
मिश्रधातु का ताप बढ़ाना	प्रतिरोध लगभग नियत (बहुत कम परिवर्तन)

Numerical Trick — तार को खींचने पर

यदि तार को इस प्रकार खींचा जाए कि उसकी लंबाई n गुना हो जाए (आयतन नियत रहता है), तो क्षेत्रफल $1/n$ गुना हो जाता है और नया प्रतिरोध $R' = n^2 R$ होता है। जैसे लंबाई दोगुनी → प्रतिरोध 4 गुना।

हल किया गया उदाहरण

10 Ω प्रतिरोध वाले तार का व्यास दोगुना कर दिया जाए (लंबाई व पदार्थ समान), तो नया प्रतिरोध क्या होगा?

दिया गया: $R = 10 \Omega$; व्यास दोगुना $\Rightarrow$ त्रिज्या दोगुनी

तर्क: $A = \pi r^2 \Rightarrow A' = \pi(2r)^2 = 4A$

सूत्र: $R = \rho L/A$, अतः $R \propto 1/A$

मान रखने पर: $R' = R / 4 = 10 / 4$

गणना: $R' = 2.5$

अंतिम उत्तर: **$R' = 2.5 \Omega$**

परीक्षा में याद रखें

- $R = \rho L/A$ — प्रतिरोध लंबाई के समानुपाती तथा क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती है।
- धातुओं का प्रतिरोध ताप बढ़ाने पर बढ़ता है।

SECTION 10 — प्रतिरोधकता (Resistivity)

परिभाषा

किसी पदार्थ की **प्रतिरोधकता (Resistivity, ρ)** उस पदार्थ के एकांक लंबाई तथा एकांक अनुप्रस्थ काट वाले तार का प्रतिरोध है। यह पदार्थ का अभिलक्षणिक (characteristic) गुण है।

सूत्र

$$\rho = R A / L$$

ρ = प्रतिरोधकता ($\Omega \text{ m}$) | R = प्रतिरोध (Ω) | A = अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (m^2) | L = लंबाई (m)

SI मात्रक: ओम मीटर ($\Omega \text{ m}$)। प्रतिरोधकता केवल **पदार्थ की प्रकृति और तापमान** पर निर्भर करती है — तार की लंबाई या मोटाई बदलने से इसका मान नहीं बदलता।

10.1 प्रतिरोध तथा प्रतिरोधकता में अंतर

प्रतिरोध (Resistance)	प्रतिरोधकता (Resistivity)
चालक के आयामों (L, A) पर निर्भर	पदार्थ के स्वभाव (और ताप) पर निर्भर
मात्रक: Ω	मात्रक: $\Omega \text{ m}$
$R = \rho L/A$	$\rho = RA/L$
एक ही पदार्थ के दो तारों के लिए भिन्न हो सकता है	एक ही पदार्थ के सभी तारों के लिए समान

10.2 विभिन्न पदार्थों की प्रतिरोधकता (लगभग 20 °C पर)

वर्ग	पदार्थ	ρ ($\Omega \text{ m}$)
चालक	चाँदी (Silver)	1.60×10^{-8}

	तांबा (Copper)	1.62×10^{-8}
	ऐल्युमिनियम	2.63×10^{-8}
	टंगस्टन	5.20×10^{-8}
	लोहा (Iron)	10.0×10^{-8}
मिश्रधातु	मैंगनिन	44×10^{-6}
	कांस्टेंटन	49×10^{-6}
	नाइक्रोम	$100 \times 10^{-6} (= 1.0 \times 10^{-4})$
विद्युत्प्ररोधी	काँच, रबर, एबोनाइट	10^{10} से 10^{17}

महत्वपूर्ण तथ्य

- तांबा व ऐल्युमिनियम की प्रतिरोधकता कम है, इसलिए इनसे **विद्युत संचरण के तार** बनाए जाते हैं।
- मिश्रधातुओं (नाइक्रोम आदि) की प्रतिरोधकता शुद्ध धातुओं से अधिक होती है, ताप बढ़ने पर भी उनका प्रतिरोध बहुत कम बदलता है और वे आसानी से जलते (ऑक्सीकृत होते) नहीं — इसलिए इनसे **हीटर, इस्त्री, टोस्टर के तत्व** बनते हैं।
- बल्ब का तंतु **टंगस्टन** का बनता है क्योंकि इसका गलनांक बहुत उच्च (लगभग 3380°C) होता है।

हल किया गया उदाहरण 1

तांबे के एक तार की लंबाई 10 m तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1 mm^2 है। इसका प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। ($\rho = 1.62 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$)

दिया गया: $L = 10 \text{ m}$, $A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, $\rho = 1.62 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$

सूत्र: $R = \rho L / A$

मान रखने पर: $R = (1.62 \times 10^{-8} \times 10) / (1 \times 10^{-6})$

गणना: $R = 1.62 \times 10^{-7} / 10^{-6} = 0.162$

अंतिम उत्तर: **$R = 0.162 \Omega$**

हल किया गया उदाहरण 2

एक तार का प्रतिरोध 2Ω , लंबाई 1.5 m तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल $3 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ है। पदार्थ की प्रतिरोधकता ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 2 \Omega$, $L = 1.5 \text{ m}$, $A = 3 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

सूत्र: $\rho = R A / L$

मान रखने पर: $\rho = (2 \times 3 \times 10^{-7}) / 1.5$

गणना: $\rho = 6 \times 10^{-7} / 1.5 = 4 \times 10^{-7}$

अंतिम उत्तर: **$\rho = 4 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$**

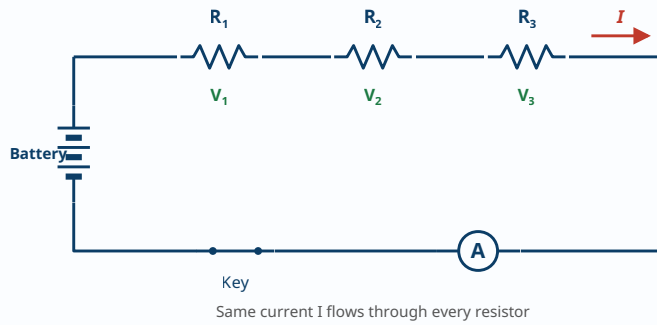
परीक्षा में याद रखें

- $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$ तथा $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ — क्षेत्रफल/लंबाई को SI मात्रक में बदलना न भूलें।
- प्रतिरोधकता पदार्थ का गुण है, तार के आकार का नहीं।

SECTION 11 — प्रतिरोधों का श्रेणी संयोजन (Series Combination)

परिभाषा

जब कई प्रतिरोधकों को **एक के बाद एक (सिरे से सिरा जोड़कर)** इस प्रकार जोड़ा जाए कि उनमें से होकर धारा के बहने का केवल **एक ही मार्ग** हो, तो यह **श्रेणी संयोजन (Series Combination)** कहलाता है।



चित्र 11.1 — तीन प्रतिरोधकों का श्रेणी संयोजन (R_1, R_2, R_3) — सबमें समान धारा I

11.1 श्रेणी संयोजन में धारा तथा विभवांतर

- **धारा (Current):** प्रत्येक प्रतिरोधक से **समान धारा** बहती है: $I = I_1 = I_2 = I_3$ ।
- **विभवांतर (Voltage):** बैटरी का कुल विभवांतर सभी प्रतिरोधकों में **बाँट** जाता है: $V = V_1 + V_2 + V_3$ । बड़े प्रतिरोध पर अधिक विभवांतर ($V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, V_3 = IR_3$) पड़ता है।

11.2 तुल्य प्रतिरोध (Equivalent Resistance)

व्युत्पत्ति: $V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$ । यदि तुल्य प्रतिरोध R_s हो, तो $V = I R_s$ । अतः —

श्रेणी संयोजन का सूत्र

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

श्रेणी में तुल्य प्रतिरोध सदैव सबसे बड़े प्रतिरोध से **भी अधिक** होता है।

श्रेणी संयोजन के हल किए गए संख्यात्मक प्रश्न

उदाहरण 1

2 Ω , 3 Ω तथा 5 Ω के तीन प्रतिरोधक श्रेणी में जोड़कर 20 V की बैटरी से जोड़े गए हैं। तुल्य प्रतिरोध, धारा तथा प्रत्येक पर विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $V = 20 \text{ V}$

सूत्र: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$; $I = V / R_s$; $V_n = I R_n$

मान रखने पर: $R_s = 2 + 3 + 5$

गणना: $R_s = 10 \Omega$; $I = 20/10 = 2 \text{ A}$; $V_1 = 2 \times 2 = 4 \text{ V}$, $V_2 = 2 \times 3 = 6 \text{ V}$, $V_3 = 2 \times 5 = 10 \text{ V}$ (योग = 20 V ✓)

अंतिम उत्तर:

$$R_s = 10 \Omega, I = 2 \text{ A}; V_1 = 4 \text{ V}, V_2 = 6 \text{ V}, V_3 = 10 \text{ V}$$

उदाहरण 2

5 Ω , 10 Ω तथा 15 Ω के तीन प्रतिरोधक श्रेणी में 6 V की बैटरी से जुड़े हैं। 10 Ω वाले प्रतिरोधक पर विभवांतर कितना होगा?

दिया गया: $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$, $V = 6 \text{ V}$

सूत्र: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$; $I = V/R_s$; $V_2 = I R_2$

मान रखने पर: $R_s = 5 + 10 + 15 = 30 \Omega$; $I = 6/30$

गणना: $I = 0.2 \text{ A}$; $V_2 = 0.2 \times 10 = 2$

अंतिम उत्तर:

$$V_2 = 2 \text{ V}$$

उदाहरण 3

12 V की बैटरी से 4 Ω का एक प्रतिरोधक तथा एक अज्ञात प्रतिरोधक R श्रेणी में जुड़े हैं और परिपथ में 1.5 A धारा बहती है। R का मान ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 12 \text{ V}$, $I = 1.5 \text{ A}$, $R_1 = 4 \Omega$

सूत्र: $R_s = V / I$; $R = R_s - R_1$

मान रखने पर: $R_s = 12 / 1.5 = 8 \Omega$

गणना: $R = 8 - 4 = 4$

अंतिम उत्तर:

$$R = 4 \Omega$$

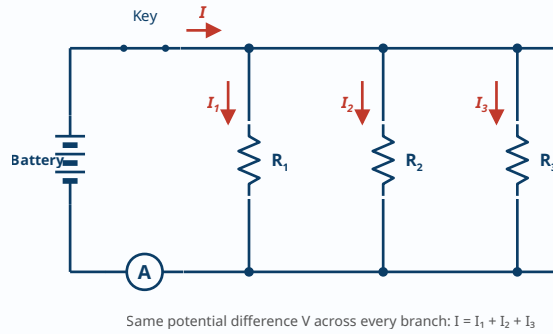
परीक्षा में याद रखें

- श्रेणी में धारा समान, विभवांतर विभाजित; तुल्य प्रतिरोध = सभी प्रतिरोधों का योग।
- एक भी अवयव खराब (फ्यूज़/खुला) होने पर पूरे परिपथ की धारा बंद हो जाती है।

SECTION 12 — प्रतिरोधों का पार्श्व संयोजन (Parallel Combination)

परिभाषा

जब कई प्रतिरोधकों के एक ओर के सिरे एक उभयनिष्ठ बिंदु से तथा दूसरी ओर के सिरे दूसरे उभयनिष्ठ बिंदु से जोड़े जाएँ, जिससे धारा के बहने के लिए कई मार्ग मिलें, तो यह पार्श्व (समांतर) संयोजन (Parallel Combination) कहलाता है।



चित्र 12.1 — तीन प्रतिरोधकों का पार्श्व संयोजन — प्रत्येक शाखा पर समान विभवांतर V

12.1 पार्श्व संयोजन में धारा तथा विभवांतर

- **विभवांतर (Voltage):** प्रत्येक शाखा पर समान विभवांतर होता है (जो बैटरी के विभवांतर के बराबर है): $V = V_1 = V_2 = V_3$ ।
- **धारा (Current):** कुल धारा शाखाओं में बँट जाती है: $I = I_1 + I_2 + I_3$ । कम प्रतिरोध वाली शाखा में अधिक धारा बहती है ($I_n = V / R_n$)।

12.2 तुल्य प्रतिरोध

व्युत्पत्ति: $I = I_1 + I_2 + I_3 = V/R_1 + V/R_2 + V/R_3 = V(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$ । पुनः $I = V/R_p$ । अतः —

पार्श्व संयोजन का सूत्र

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$$

दो प्रतिरोधकों के लिए: $R_p = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$ (गुणनफल / योग) | समान प्रतिरोध R के n प्रतिरोधक: $R_p = R / n$

महत्वपूर्ण

पार्श्व संयोजन में तुल्य प्रतिरोध सदैव सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है, क्योंकि धारा को बहने के लिए अधिक मार्ग मिल जाते हैं।

पार्श्व संयोजन के हल किए गए संख्यात्मक प्रश्न

उदाहरण 1

6 Ω तथा 3 Ω के दो प्रतिरोधक पार्श्व में जुड़े हैं। तुल्य प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = 6 \Omega, R_2 = 3 \Omega$

सूत्र: $R_p = (R_1 R_2) / (R_1 + R_2)$

मान रखने पर: $R_p = (6 \times 3) / (6 + 3)$

गणना: $R_p = 18/9 = 2$

अंतिम उत्तर: **$R_p = 2 \Omega$ (जो 3 Ω से कम है ✓)**

उदाहरण 2

12 Ω के तीन प्रतिरोधक पार्श्व में जोड़कर 12 V की बैटरी से जोड़े गए हैं। तुल्य प्रतिरोध, कुल धारा तथा प्रत्येक शाखा की धारा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = R_2 = R_3 = 12 \Omega, V = 12 V$

सूत्र: $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3; I = V/R_p; I_n = V/R_n$

मान रखने पर: $1/R_p = 1/12 + 1/12 + 1/12 = 3/12 = 1/4$

गणना: $R_p = 4 \Omega; I = 12/4 = 3 A; \text{ प्रत्येक शाखा में } I = 12/12 = 1 A \text{ (योग } = 3 A \text{ ✓)}$

अंतिम उत्तर: **$R_p = 4 \Omega$, कुल धारा = 3 A, प्रत्येक शाखा में 1 A**

उदाहरण 3

20 Ω तथा 30 Ω के दो प्रतिरोधक पार्श्व में 6 V की बैटरी से जुड़े हैं। तुल्य प्रतिरोध, कुल धारा तथा प्रत्येक शाखा की धारा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = 20 \Omega, R_2 = 30 \Omega, V = 6 V$

सूत्र: $R_p = (R_1 R_2) / (R_1 + R_2); I_n = V/R_n; I = I_1 + I_2$

मान रखने पर: $R_p = (20 \times 30) / (20 + 30) = 600/50$

गणना: $R_p = 12 \Omega; I_1 = 6/20 = 0.3 A; I_2 = 6/30 = 0.2 A; I = 0.3 + 0.2 = 0.5 A \text{ (जाँच: } 6/12 = 0.5 A \text{ ✓)}$

अंतिम उत्तर: **$R_p = 12 \Omega, I = 0.5 A, I_1 = 0.3 A, I_2 = 0.2 A$**

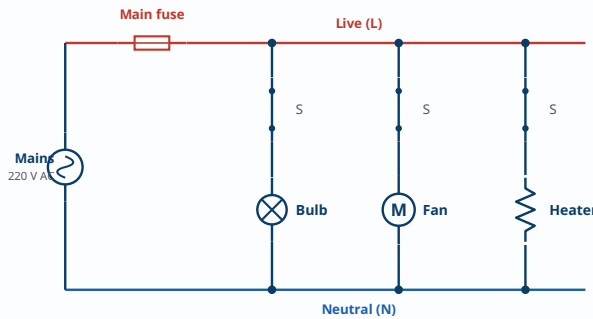
परीक्षा में याद रखें

- पार्श्व में विभवांतर समान, धारा विभाजित; $1/R_p = \text{योग } (1/R)$ ।
- अंतिम उत्तर की जाँच करें: R_p सबसे छोटे प्रतिरोध से कम होना चाहिए।

SECTION 13 — श्रेणी बनाम पार्श्व संयोजन (Series vs Parallel)

आधार	श्रेणी (Series)	पार्श्व (Parallel)
धारा (Current)	सभी में समान	शाखाओं में बँट जाती है ($I = I_1 + I_2 + \dots$)
विभवांतर (Voltage)	प्रतिरोधकों में बँट जाता है ($V = V_1 + V_2 + \dots$)	सभी पर समान
तुल्य प्रतिरोध	$R_s = R_1 + R_2 + \dots$ (सबसे बड़े से भी अधिक)	$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$ (सबसे छोटे से भी कम)
परिपथ का टूटना (Circuit failure)	एक अवयव खराब होने पर पूरा परिपथ बंद	एक अवयव खराब होने पर भी बाकी चलते रहते हैं
घरेलू वायरिंग	उपयोग नहीं होता	उपयोग होता है

13.1 घरों में उपकरण पार्श्व क्रम में क्यों जोड़े जाते हैं?



चित्र 13.1 — घरेलू वायरिंग: सभी उपकरण लाइव (L) तथा न्यूट्रल (N) के बीच पार्श्व क्रम में

- समान विभवांतर:** प्रत्येक उपकरण को पूरा 220 V मिलता है, जिस पर वह डिज़ाइन किया गया है। श्रेणी में विभवांतर बँट जाता और उपकरण ठीक से न चलते।
- स्वतंत्र संचालन:** प्रत्येक उपकरण का अपना स्विच होता है; एक को बंद करने या खराब होने पर बाकी चलते रहते हैं (श्रेणी में एक बंद होते ही सब बंद हो जाते)।
- अलग-अलग धारा:** हर उपकरण अपनी शक्ति (power) के अनुसार अलग धारा ले सकता है — हीटर अधिक, बल्ब कम।
- कम तुल्य प्रतिरोध:** उपकरण जोड़ने पर परिपथ का प्रतिरोध घटता है, इसलिए हर उपकरण पर पूरी सप्लाई की क्षमता उपलब्ध रहती है।

परीक्षा में याद रखें

घरेलू उपकरण **पार्श्व क्रम** में जोड़े जाते हैं; पर फ्यूज तथा स्विच अपने उपकरण/लाइन के साथ **श्रेणी क्रम** में जोड़े जाते हैं।

SECTION 14 — विद्युत धारा का तापीय प्रभाव (Heating Effect of Current)

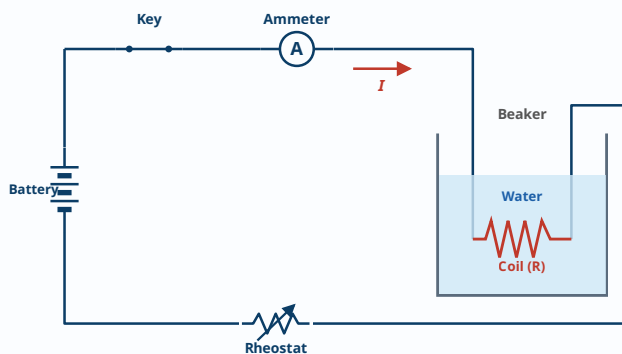
परिभाषा

जब किसी चालक (विशेषतः उच्च प्रतिरोध वाले तार) से विद्युत धारा प्रवाहित होती है, तो विद्युत ऊर्जा का एक भाग **ऊष्मा (Heat)** में बदल जाता है और चालक गर्म हो जाता है। इसे **विद्युत धारा का तापीय (ऊष्मीय) प्रभाव** कहते हैं।

14.1 ऊष्मा कैसे उत्पन्न होती है?

बैटरी इलेक्ट्रॉनों को गतिज ऊर्जा देती है। ये इलेक्ट्रॉन चालक में परमाणुओं से टकराते हैं और अपनी गतिज ऊर्जा उन्हें दे देते हैं, जिससे परमाणुओं का कंपन बढ़ता है — यही ताप में वृद्धि है। **प्रतिरोध की भूमिका:** जितना अधिक प्रतिरोध, उतनी अधिक टक्कर, इसलिए उतनी अधिक ऊष्मा। (शुद्ध प्रतिरोधक में पूरी विद्युत ऊर्जा ऊष्मा बन जाती है।)

ऊर्जा रूपांतरण: विद्युत ऊर्जा → ऊष्मीय ऊर्जा (हीटर, इस्त्री में); विद्युत ऊर्जा → प्रकाश + ऊष्मा (बल्ब में); विद्युत ऊर्जा → यांत्रिक + ऊष्मा (पंखे/मोटर में)।



चित्र 14.1 — तापीय प्रभाव का प्रयोग: नाइक्रोम कुंडली द्वारा प्रवाहित होने पर पानी को गर्म करती है

14.2 तापीय प्रभाव के अनुप्रयोग (Applications)

उपकरण	कार्य-सिद्धांत / विशेषता
विद्युत हीटर / रूम हीटर	नाइक्रोम की कुंडली गर्म होकर ऊष्मा देती है
विद्युत इस्त्री (Electric Iron)	नाइक्रोम तत्व से उत्पन्न ऊष्मा से कपड़े प्रेस होते हैं
टोस्टर, विद्युत केतली (Kettle)	प्रतिरोधक तत्व ब्रेड/पानी को गर्म करता है
विद्युत बल्ब	टंगस्टन तंतु उच्च ताप पर गर्म होकर चमकता है
फ्यूज़	अधिक धारा से उसका तार पिघलकर परिपथ तोड़ देता है (सुरक्षा हेतु)

हीटर की कुंडली नाइक्रोम की क्यों?

नाइक्रोम की प्रतिरोधकता उच्च है, गलनांक उँचा है, यह उच्च ताप पर आसानी से ऑक्सीकृत (जलता) नहीं है और ताप बढ़ने पर भी इसका प्रतिरोध लगभग नियत रहता है।

हानिकारक प्रभाव: मोटर, कंप्यूटर आदि में अनावश्यक ऊष्मा बनने से ऊर्जा की हानि होती है और उपकरण गर्म हो जाते हैं।

SECTION 15 — जूल का ऊष्मीय नियम (Joule's Law of Heating)

जूल का नियम

किसी प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा (H) —

- (i) प्रवाहित धारा के वर्ग (I^2) के समानुपाती,
- (ii) प्रतिरोध (R) के समानुपाती, तथा
- (iii) धारा प्रवाहित होने के समय (t) के समानुपाती होती है।

जूल का नियम

$$H = I^2 R t$$

H = ऊष्मा (जूल, J) | I = धारा (A) | R = प्रतिरोध (Ω) | t = समय (s)

15.1 अन्य रूप (ओम के नियम $V = IR$ से)
तीनों रूप

$$H = I^2 R t = V I t = V^2 t / R$$

सूत्र	कब उपयोगी है?
$H = I^2 R t$	जब धारा (I) तथा प्रतिरोध दिया हो (या श्रेणी संयोजन में, जहाँ धारा समान रहती है)
$H = V I t$	जब विभवांतर (V) तथा धारा (I) दोनों दिए हों (विद्युत ऊर्जा के रूप में सबसे सामान्य)
$H = V^2 t / R$	जब विभवांतर (V) तथा प्रतिरोध दिया हो (या पार्श्व संयोजन में, जहाँ V समान रहता है)

Numerical Trick

- श्रेणी संयोजन (धारा समान) में अधिक R वाला अधिक गर्म होता है ($H \propto R$)।
- पार्श्व संयोजन (V समान) में कम R वाला अधिक गर्म होता है ($H \propto 1/R$)।
- धारा दोगुनी करने पर ऊष्मा 4 गुनी हो जाती है ($H \propto I^2$)।

हल किया गया उदाहरण 1

10Ω के एक प्रतिरोधक से 2 A धारा 5 मिनट तक प्रवाहित की जाती है। उत्पन्न ऊष्मा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $I = 2 \text{ A}$, $R = 10 \Omega$, $t = 5 \text{ min} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$

सूत्र: $H = I^2 R t$

मान रखने पर: $H = (2)^2 \times 10 \times 300$

गणना: $H = 4 \times 10 \times 300 = 12000$

अंतिम उत्तर: **$H = 12000 \text{ J} (= 12 \text{ kJ})$**

हल किया गया उदाहरण 2

220 V के स्रोत से जुड़े हीटर में 5 A धारा 2 मिनट तक बहती है। उत्पन्न ऊष्मा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 220 \text{ V}$, $I = 5 \text{ A}$, $t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$

सूत्र: $H = V I t$

मान रखने पर: $H = 220 \times 5 \times 120$

गणना: $H = 1100 \times 120 = 132000$

अंतिम उत्तर: **$H = 1.32 \times 10^5 \text{ J}$**

हल किया गया उदाहरण 3

44 Ω प्रतिरोध का हीटर 220 V पर 1 मिनट चलाया जाता है। उत्पन्न ऊष्मा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 44 \Omega$, $V = 220 \text{ V}$, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

सूत्र: $H = V^2 t / R$

मान रखने पर: $H = (220)^2 \times 60 / 44 = 48400 \times 60 / 44$

गणना: $48400/44 = 1100$; $H = 1100 \times 60 = 66000$

अंतिम उत्तर: **$H = 66000 \text{ J} (= 66 \text{ kJ})$**

परीक्षा में याद रखें

- H का मात्रक जूल है; समय को हमेशा सेकंड में बदलें।
- जूल का नियम $H = I^2 R t$ लिखकर ही $V I t$ तथा $V^2 t / R$ प्राप्त किए जाते हैं।

SECTION 16 — विद्युत फ्यूज (Electric Fuse)

परिभाषा

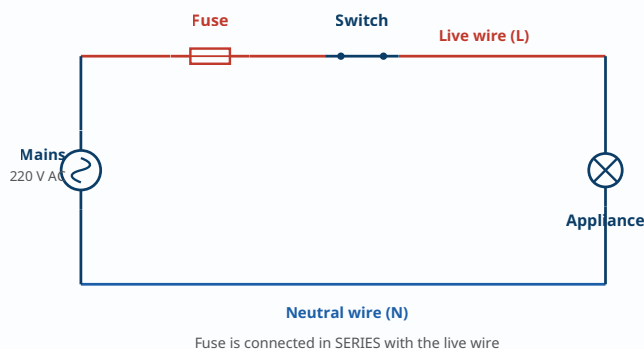
फ्यूज (Fuse) विद्युत परिपथ में लगा एक सुरक्षा उपकरण है, जिसमें कम गलनांक वाले पदार्थ का एक पतला तार होता है। अत्यधिक धारा बहने पर यह तार पिघलकर परिपथ को **तोड़ देता** है और उपकरणों को क्षति से बचाता है।

16.1 फ्यूज तार की विशेषताएँ

- यह **टिन तथा सीसे (Tin + Lead)** की मिश्रधातु का बना होता है।
- इसका **गलनांक कम** होता है, अतः यह जल्दी पिघल जाता है।
- इसकी **प्रतिरोधकता अधिक** होती है (तार पतला होने से प्रतिरोध भी अधिक)।
- प्रत्येक फ्यूज की एक **निर्धारित सीमा (rating)** होती है, जैसे 1 A, 5 A, 10 A, 15 A।

16.2 फ्यूज परिपथ में कैसे लगाया जाता है?

फ्यूज को सदैव **लाइव (Live)** तार में उपकरण के श्रेणी क्रम में लगाया जाता है, ताकि उपकरण को जाने वाली पूरी धारा फ्यूज से होकर ही गुजरे।



चित्र 16.1 — फ्यूज का परिपथ: फ्यूज लाइव तार में उपकरण के श्रेणी क्रम में

16.3 अधिक धारा होने पर क्या होता है?

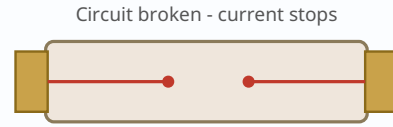
शॉर्ट-सर्किट (लाइव व न्यूट्रल का सीधा मिलना) या ओवरलोड (एक ही सॉकेट पर बहुत अधिक उपकरण) की स्थिति में परिपथ में धारा अत्यधिक बढ़ जाती है। तब जूल के नियम ($H = I^2 R t$) से फ्यूज तार में अत्यधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है, वह **पिघल जाता है**, परिपथ टूट जाता है और धारा रुक जाती है। इस प्रकार उपकरण जलने तथा आग लगने से बच जाते हैं।



Fuse wire intact (normal current)

Fuse wire: low melting point alloy (tin + lead)

सामान्य धारा में फ्यूज तार सुरक्षित



Circuit broken - current stops

Fuse wire melted (excess current)

Fuse wire: low melting point alloy (tin + lead)

अधिक धारा पर फ्यूज तार पिघलकर टूटा

फ्यूज की रेटिंग कैसे चुनें?

उपकरण की धारा $I = P/V$ निकालकर उससे थोड़ी अधिक रेटिंग का फ्यूज चुना जाता है। जैसे 1000 W के हीटर के लिए $I = 1000/220 \approx 4.5$ A, अतः 5 A का फ्यूज उपयुक्त है। बहुत अधिक रेटिंग का फ्यूज सुरक्षा नहीं देता, तथा बहुत कम रेटिंग का फ्यूज बार-बार जल जाएगा।

परीक्षा में याद रखें

- फ्यूज श्रेणी क्रम में तथा लाइव तार में लगता है।
- फ्यूज तार का गलनांक कम होता है।
- फ्यूज का कार्य जूल के तापीय प्रभाव पर आधारित है।
- आजकल फ्यूज की जगह MCB भी उपयोग होते हैं।

SECTION 17 — विद्युत शक्ति (Electric Power)

परिभाषा

विद्युत ऊर्जा के **खर्च होने (या उपयोग की जाने) की दर को विद्युत शक्ति (Electric Power)** कहते हैं। अर्थात् एकांक समय में किया गया कार्य/खर्च हुई ऊर्जा।

मूल सूत्र

$$P = W / t = V I$$

P = शक्ति (वाट, W) | W = ऊर्जा/कार्य (जूल) | t = समय (s) | V = विभवांतर (V) | I = धारा (A)

व्युत्पत्ति: $W = VQ = V(It) = VIt$, इसलिए $P = W/t = VIt/t = VI$

17.1 शक्ति के अन्य रूप ($V = IR$ से)

सभी रूप

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

$I^2 R$ का प्रयोग तब करें जब धारा तथा R ज्ञात हों; V^2/R तब जब V तथा R ज्ञात हों।

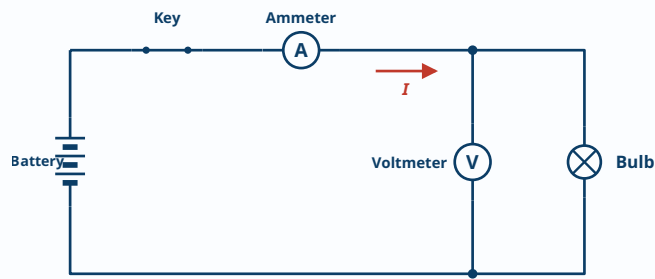
17.2 SI मात्रक — वाट (Watt)

1 वाट (1 W): यदि कोई उपकरण 1 सेकंड में 1 जूल ऊर्जा खर्च करे, तो उसकी शक्ति 1 वाट है। $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$
किलोवाट (kW): $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$; **मेगावाट:** $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$

17.3 उपकरणों की शक्ति-रेटिंग (Power Rating)

प्रत्येक उपकरण पर उसकी रेटिंग लिखी होती है, जैसे "**220 V, 60 W**" — इसका अर्थ है कि 220 V पर जोड़ने पर वह प्रति सेकंड 60 J ऊर्जा खर्च करेगा।

उपकरण	रेटिंग	अर्थ
बल्ब	60 W	प्रति सेकंड 60 J ऊर्जा खर्च
पंखा	100 W	प्रति सेकंड 100 J ऊर्जा खर्च
हीटर	1000 W (1 kW)	प्रति सेकंड 1000 J ऊर्जा खर्च



चित्र 17.1 — बल्ब की शक्ति मापन परिपथ: ऐमीटर श्रेणी में तथा वोल्टमीटर बल्ब के पार्श्व में; $P = V \times I$

हल किया गया उदाहरण 1

220 V, 60 W के बल्ब में कितनी धारा बहेगी तथा उसका प्रतिरोध कितना है?

दिया गया: $V = 220 \text{ V}$, $P = 60 \text{ W}$

सूत्र: $I = P / V$; $R = V^2 / P$

मान रखने पर: $I = 60 / 220$; $R = (220)^2 / 60 = 48400 / 60$

गणना: $I = 0.27$; $R = 806.7$

अंतिम उत्तर: $I \approx 0.27 \text{ A}$, $R \approx 807 \Omega$

हल किया गया उदाहरण 2

220 V पर 1000 W का हीटर कितनी धारा लेता है?

दिया गया: $P = 1000 \text{ W}, V = 220 \text{ V}$

सूत्र: $P = VI \Rightarrow I = P / V$

मान रखने पर: $I = 1000 / 220$

गणना: $I = 4.545$

अंतिम उत्तर: **$I \approx 4.55 \text{ A}$**

हल किया गया उदाहरण 3

10 Ω के प्रतिरोधक से 3 A धारा बह रही है। उसकी शक्ति ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 10 \Omega, I = 3 \text{ A}$

सूत्र: $P = I^2 R$

मान रखने पर: $P = (3)^2 \times 10$

गणना: $P = 9 \times 10 = 90$

अंतिम उत्तर: **$P = 90 \text{ W}$**

Numerical Trick — बल्बों की तुलना

समान विभवांतर (पार्श्व) पर अधिक वाट वाला बल्ब अधिक तेज़ जलता है। श्रेणी क्रम में (धारा समान) अधिक प्रतिरोध वाला अर्थात कम वाट का बल्ब अधिक तेज़ जलता है ($P = I^2 R$ तथा $R = V^2/P$)।

परीक्षा में याद रखें

• P का SI मात्रक वाट है ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$)। • $P = VI = I^2 R = V^2/R$ । • वाट (शक्ति का मात्रक) तथा जूल (ऊर्जा का मात्रक) को न मिलाएँ।

SECTION 18 — विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)

परिभाषा

किसी विद्युत परिपथ या उपकरण द्वारा किसी निश्चित समय में उपयोग की गई कुल विद्युत शक्ति को विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy) कहते हैं। यह शक्ति तथा समय का गुणनफल है।

सूत्र

$$E = P \times t = V I t$$

E = विद्युत ऊर्जा (जूल, J) | P = शक्ति (W) | t = समय (s) | V = विभवांतर (V) | I = धारा (A)

SI मात्रक — जूल (Joule): $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ s}$ । यानी 1 वाट का उपकरण 1 सेकंड में 1 जूल ऊर्जा खर्च करता है।

ऊर्जा और शक्ति का संबंध: शक्ति = ऊर्जा / समय (कितनी तेज़ी से खर्च), ऊर्जा = शक्ति × समय (कुल खर्च)। जूल का ऊष्मीय नियम $H = VIt$ वास्तव में शुद्ध प्रतिरोधक में खर्च हुई विद्युत ऊर्जा ही है।

हल किया गया उदाहरण 1

100 W का पंखा 2 घंटे चलाया जाता है। उसने कितनी ऊर्जा खर्च की? (जूल में)

दिया गया: $P = 100 \text{ W}$, $t = 2 \text{ h} = 2 \times 3600 = 7200 \text{ s}$

सूत्र: $E = P \times t$

मान रखने पर: $E = 100 \times 7200$

गणना: $E = 720000$

अंतिम उत्तर: $E = 7.2 \times 10^5 \text{ J}$

हल किया गया उदाहरण 2

12 V की बैटरी से जुड़े एक उपकरण में 2 A धारा 10 मिनट तक बहती है। खर्च ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 12 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$

सूत्र: $E = V I t$

मान रखने पर: $E = 12 \times 2 \times 600$

गणना: $E = 24 \times 600 = 14400$

अंतिम उत्तर: $E = 14400 \text{ J}$

परीक्षा में याद रखें

• ऊर्जा का SI मात्रक जूल है, शक्ति का वाट। • $E = Pt$ में t सेकंड में हो तो उत्तर जूल में आता है; t घंटे में तथा P किलोवाट में हो तो उत्तर kWh में आता है।

SECTION 19 — व्यावसायिक ऊर्जा का मात्रक: किलोवाट-घंटा (kWh)

जूल एक बहुत छोटा मात्रक है (1 W का बल्ब 1 सेकंड में केवल 1 J खर्च करता है)। घरों तथा उद्योगों में खर्च होने वाली ऊर्जा बहुत अधिक होती है, इसलिए बिजली कंपनियाँ बड़ा मात्रक **किलोवाट-घंटा (kWh)** उपयोग करती हैं। इसे "यूनिट" (Unit) भी कहते हैं।

परिभाषा

1 किलोवाट-घंटा (1 kWh) वह ऊर्जा है जो **1 किलोवाट (1000 W)** शक्ति वाला उपकरण **1 घंटे** में खर्च करता है। **1 kWh = 1 यूनिट**

19.1 kWh का जूल में रूपांतरण

रूपांतरण

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3,600,000 \text{ J} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

व्यावसायिक ऊर्जा (kWh) निकालने का सूत्र: $\text{ऊर्जा (kWh)} = \text{शक्ति (kW)} \times \text{समय (घंटा)} \Rightarrow \text{यूनिट} = (\text{वाट} \times \text{घंटे}) / 1000$

19.2 बिजली के बिल का उदाहरण

उदाहरण 1 — एक उपकरण

1000 W का एक उपकरण प्रतिदिन 2 घंटे चलता है। (i) दैनिक ऊर्जा खपत, (ii) 30 दिन की खपत तथा यूनिट, (iii) ₹6 प्रति यूनिट की दर से बिल ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $P = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$, $t = 2 \text{ h/दिन}$, दिन = 30, दर = ₹6/यूनिट

सूत्र: ऊर्जा (kWh) = $P \text{ (kW)} \times t \text{ (h)}$; बिल = यूनिट $\times$ दर

(i) दैनिक: $E = 1 \times 2 = 2 \text{ kWh}$

(ii) मासिक: $E = 2 \times 30 = 60 \text{ kWh} = 60 \text{ यूनिट}$

(iii) बिल: $60 \times 6 = ₹360$

अंतिम उत्तर: **दैनिक 2 kWh; मासिक 60 यूनिट; बिल = ₹360**

उदाहरण 2 — पूरे घर का बिल

एक घर में 60 W के 4 बल्ब 5 घंटे प्रतिदिन, 75 W के 2 पंखे 8 घंटे प्रतिदिन तथा 100 W का एक टीवी 4 घंटे प्रतिदिन चलता है। 30 दिन के लिए ₹5 प्रति यूनिट की दर से बिल ज्ञात कीजिए।

बल्ब: $4 \times 60 = 240 \text{ W} = 0.24 \text{ kW}$; $0.24 \times 5 = 1.2 \text{ kWh}$

पंखे: $2 \times 75 = 150 \text{ W} = 0.15 \text{ kW}$; $0.15 \times 8 = 1.2 \text{ kWh}$

टीवी: $0.1 \text{ kW} \times 4 = 0.4 \text{ kWh}$

कुल दैनिक: $1.2 + 1.2 + 0.4 = 2.8 \text{ kWh}$

30 दिन: $2.8 \times 30 = 84 \text{ यूनिट}$

बिल: $84 \times 5 = ₹420$

अंतिम उत्तर: **84 यूनिट; बिल = ₹420**

राशि	SI मात्रक	व्यावसायिक मात्रक
शक्ति	वाट (W)	किलोवाट (kW)
ऊर्जा	जूल (J)	किलोवाट-घंटा (kWh) = यूनिट

परीक्षा में याद रखें

• $1 \text{ kWh} = 1 \text{ यूनिट} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ • kWh ऊर्जा का मात्रक है, शक्ति का नहीं (kW शक्ति का मात्रक है)। • बिल = कुल यूनिट $\times$ प्रति यूनिट दर।

SECTION 20 — Important Formula Sheet

#	सूत्र (Formula)	राशि (Quantity)	अर्थ (Meaning of symbols)	SI मात्रक
1	$Q = n e$	कुल आवेश	n = इलेक्ट्रॉनों की संख्या, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	कूलॉम (C)
2	$I = Q / t$	विद्युत धारा	Q = आवेश, t = समय	ऐम्पियर (A)
3	$V = W / Q$	विभव/विभवांतर	W = कार्य, Q = आवेश	वोल्ट (V)
4	$V = I R$	ओम का नियम	I = धारा, R = प्रतिरोध	वोल्ट (V)

5	$R = V / I$	प्रतिरोध	$V =$ विभवांतर, $I =$ धारा	ओम (Ω)
6	$R = \rho L / A$	प्रतिरोध	$\rho =$ प्रतिरोधकता, $L =$ लंबाई, $A =$ क्षेत्रफल	ओम (Ω)
7	$\rho = R A / L$	प्रतिरोधकता	R, A, L उपरोक्त अनुसार	ओम मीटर ($\Omega \text{ m}$)
8	$R_s = R_1 + R_2 + R_3$	श्रेणी का तुल्य प्रतिरोध	$R_1, R_2, R_3 =$ अलग-अलग प्रतिरोध	ओम (Ω)
9	$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$	पार्श्व का तुल्य प्रतिरोध	दो प्रतिरोधों के लिए $R_p = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$	ओम (Ω)
10	$H = I^2 R t$	उत्पन्न ऊष्मा (जूल का नियम)	$I =$ धारा, $R =$ प्रतिरोध, $t =$ समय	जूल (J)
11	$H = V I t$	उत्पन्न ऊष्मा	$V =$ विभवांतर, $I =$ धारा, $t =$ समय	जूल (J)
12	$H = V^2 t / R$	उत्पन्न ऊष्मा	$V =$ विभवांतर, $R =$ प्रतिरोध, $t =$ समय	जूल (J)
13	$P = W / t$	विद्युत शक्ति	$W =$ ऊर्जा/कार्य, $t =$ समय	वाट (W)
14	$P = V I$	विद्युत शक्ति	$V =$ विभवांतर, $I =$ धारा	वाट (W)
15	$P = I^2 R$	विद्युत शक्ति	$I =$ धारा, $R =$ प्रतिरोध	वाट (W)
16	$P = V^2 / R$	विद्युत शक्ति	$V =$ विभवांतर, $R =$ प्रतिरोध	वाट (W)
17	$E = P t$	विद्युत ऊर्जा	$P =$ शक्ति, $t =$ समय	जूल (J)
18	$E = V I t$	विद्युत ऊर्जा	V, I, t उपरोक्त अनुसार	जूल (J)
19	$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$	व्यावसायिक मात्रक (यूनिट)	$1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s}$	किलोवाट-घंटा

सूत्रों की जाँच: $I = Q/t \Rightarrow Q = It$; $V = W/Q \Rightarrow W = VQ$; $P = W/t \Rightarrow W = Pt = Vit$ । श्रेणी: R_s बढ़ा; पार्श्व: R_p छोटा।

SECTION 21 — Units Table

Physical Quantity	Symbol	SI Unit	Unit का संकेत
आवेश (Charge)	Q	कूलॉम (Coulomb)	C
धारा (Current)	I	ऐम्पियर (Ampere)	A
विभवांतर (Potential Difference)	V	वोल्ट (Volt)	V
प्रतिरोध (Resistance)	R	ओम (Ohm)	Ω
प्रतिरोधकता (Resistivity)	ρ	ओम मीटर (Ohm metre)	$\Omega \text{ m}$
शक्ति (Power)	P	वाट (Watt)	W
ऊर्जा / ऊष्मा (Energy / Heat)	E, H	जूल (Joule)	J
समय (Time)	t	सेकंड (Second)	s
लंबाई (Length)	L	मीटर (metre)	m
क्षेत्रफल (Area)	A	वर्ग मीटर	m^2

रूपांतरण (Conversions)

रूपांतरण	मान
$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	मात्रकों के आपसी संबंध
$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$ $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ $1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$ $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$	उपसर्ग
$1 \text{ मिनट} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ घंटा} = 3600 \text{ s}$	समय
$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$	लंबाई/क्षेत्रफल
$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$	ऊर्जा

SECTION 22 — महत्वपूर्ण हल किए गए संख्यात्मक प्रश्न

हर प्रश्न को क्रम से हल किया गया है: प्रश्न → दिया गया → ज्ञात करना है → सूत्र → मान रखने पर → गणना → अंतिम उत्तर। पहले स्वयं हल करने का प्रयास करें, फिर मिलान करें।

प्रश्न 1

किसी वस्तु से 2×10^{20} इलेक्ट्रॉन जुड़ जाते हैं। उस पर आवेश कितना होगा?

दिया गया: $n = 2 \times 10^{20}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

ज्ञात करना है: कुल आवेश Q

सूत्र: $Q = n e$

मान रखने पर: $Q = 2 \times 10^{20} \times 1.6 \times 10^{-19}$

गणना: $Q = 3.2 \times 10^1 = 32$

अंतिम उत्तर: **$Q = 32 \text{ C}$ (ऋणात्मक)**

प्रश्न 2

एक चालक में 5 A धारा 4 मिनट तक प्रवाहित होती है। कुल कितना आवेश प्रवाहित हुआ?

दिया गया: $I = 5 \text{ A}$, $t = 4 \text{ min} = 240 \text{ s}$

ज्ञात करना है: आवेश Q

सूत्र: $Q = I t$

मान रखने पर: $Q = 5 \times 240$

गणना: $Q = 1200$

अंतिम उत्तर: **$Q = 1200 \text{ C}$**

प्रश्न 3

6 C आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में 30 J कार्य होता है। विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $W = 30 \text{ J}$, $Q = 6 \text{ C}$

ज्ञात करना है: विभवांतर V

सूत्र: $V = W / Q$

मान रखने पर: $V = 30 / 6$

गणना: $V = 5$

अंतिम उत्तर: **$V = 5 \text{ V}$**

प्रश्न 4

किसी चालक पर 12 V लगाने से उसमें 0.4 A धारा बहती है। उसका प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 12 \text{ V}$, $I = 0.4 \text{ A}$

ज्ञात करना है: प्रतिरोध R

सूत्र: $R = V / I$ (ओम का नियम)

मान रखने पर: $R = 12 / 0.4$

गणना: $R = 30$

अंतिम उत्तर: **$R = 30 \Omega$**

प्रश्न 5

8 Ω के प्रतिरोधक में 2.5 A धारा बहाने के लिए कितना विभवांतर चाहिए?

दिया गया: $R = 8 \Omega$, $I = 2.5 \text{ A}$

ज्ञात करना है: विभवांतर V

सूत्र: $V = I R$

मान रखने पर: $V = 2.5 \times 8$

गणना: $V = 20$

अंतिम उत्तर: **$V = 20 \text{ V}$**

प्रश्न 6

नाइक्रोम के तार की लंबाई 2.5 m तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 0.5 mm^2 है। तार का प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। (नाइक्रोम की $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \Omega \text{ m}$)

दिया गया: $L = 2.5 \text{ m}$, $A = 0.5 \text{ mm}^2 = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, $\rho = 1.0 \times 10^{-6} \Omega \text{ m}$

ज्ञात करना है: प्रतिरोध R

सूत्र: $R = \rho L / A$

मान रखने पर: $R = (1.0 \times 10^{-6} \times 2.5) / (0.5 \times 10^{-6})$

गणना: $R = 2.5 / 0.5 = 5 (10^{-6} \text{ कट जाता है})$

अंतिम उत्तर:

$$R = 5 \Omega$$

प्रश्न 7

एक तार का प्रतिरोध 4Ω , लंबाई 100 cm तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल $2 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ है। प्रतिरोधकता ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 4 \Omega$, $L = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$, $A = 2 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

ज्ञात करना है: प्रतिरोधकता ρ

सूत्र: $\rho = R A / L$

मान रखने पर: $\rho = (4 \times 2 \times 10^{-7}) / 1$

गणना: $\rho = 8 \times 10^{-7}$

अंतिम उत्तर:

$$\rho = 8 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$$

प्रश्न 8

10Ω प्रतिरोध के एक तार को खींचकर उसकी लंबाई तीन गुनी कर दी जाती है। नया प्रतिरोध क्या होगा?

दिया गया: $R = 10 \Omega$, नई लंबाई $L' = 3L$

ज्ञात करना है: नया प्रतिरोध R'

सूत्र: $R = \rho L / A$; आयतन नियत $\Rightarrow L'A' = LA \Rightarrow A' = A/3$

मान रखने पर: $R' = \rho(3L)/(A/3) = 9 \rho L / A = 9R$

गणना: $R' = 9 \times 10 = 90$

अंतिम उत्तर:

$$R' = 90 \Omega$$

प्रश्न 9

2 Ω , 4 Ω तथा 6 Ω के प्रतिरोधक श्रेणी में 24 V की बैटरी से जुड़े हैं। धारा तथा 6 Ω पर विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $V = 24 \text{ V}$

ज्ञात करना है: धारा I तथा V_3

सूत्र: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$; $I = V/R_s$; $V_3 = I R_3$

मान रखने पर: $R_s = 2 + 4 + 6 = 12 \Omega$; $I = 24/12$

गणना: $I = 2 \text{ A}$; $V_3 = 2 \times 6 = 12$

अंतिम उत्तर: **$I = 2 \text{ A}$, $V_3 = 12 \text{ V}$**

प्रश्न 10

10 Ω तथा 15 Ω के प्रतिरोधक पार्श्व में 12 V की बैटरी से जुड़े हैं। तुल्य प्रतिरोध, कुल धारा तथा प्रत्येक शाखा की धारा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 15 \Omega$, $V = 12 \text{ V}$

ज्ञात करना है: R_p , I, I_1 , I_2

सूत्र: $R_p = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$; $I_n = V/R_n$

मान रखने पर: $R_p = (10 \times 15) / (10 + 15) = 150/25$

गणना: $R_p = 6 \Omega$; $I = 12/6 = 2 \text{ A}$; $I_1 = 12/10 = 1.2 \text{ A}$; $I_2 = 12/15 = 0.8 \text{ A}$ ($1.2 + 0.8 = 2 \checkmark$)

अंतिम उत्तर: **$R_p = 6 \Omega$, $I = 2 \text{ A}$, $I_1 = 1.2 \text{ A}$, $I_2 = 0.8 \text{ A}$**

प्रश्न 11

6 Ω तथा 3 Ω के प्रतिरोधक पार्श्व में हैं तथा इनके श्रेणी में 4 Ω का प्रतिरोधक जुड़ा है। सम्पूर्ण संयोजन 12 V की बैटरी से जुड़ा है। कुल धारा तथा पार्श्व भाग पर विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया गया: 6 $\Omega \parallel 3 \Omega$, श्रेणी में 4 Ω , $V = 12 \text{ V}$

ज्ञात करना है: कुल धारा I तथा पार्श्व भाग का विभवांतर

सूत्र: पार्श्व: $R_p = (6 \times 3) / (6 + 3)$; कुल: $R = R_p + 4$; $I = V/R$

मान रखने पर: $R_p = 18/9 = 2 \Omega$; $R = 2 + 4 = 6 \Omega$; $I = 12/6$

गणना: $I = 2 \text{ A}$; पार्श्व भाग पर $V = I R_p = 2 \times 2 = 4 \text{ V}$; 4 Ω पर $V = 2 \times 4 = 8 \text{ V}$ ($4 + 8 = 12 \text{ V} \checkmark$)

अंतिम उत्तर: **कुल धारा = 2 A; पार्श्व भाग पर विभवांतर = 4 V**

प्रश्न 12

20 Ω के हीटर में 5 A धारा 10 मिनट तक बहती है। उत्पन्न ऊष्मा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 20 \Omega$, $I = 5 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$

ज्ञात करना है: ऊष्मा H

सूत्र: $H = I^2 R t$

मान रखने पर: $H = (5)^2 \times 20 \times 600$

गणना: $H = 25 \times 20 \times 600 = 300000$

अंतिम उत्तर: **$H = 3 \times 10^5 \text{ J}$**

प्रश्न 13

220 V, 100 W के बल्ब में बहने वाली धारा तथा उसका प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 220 \text{ V}$, $P = 100 \text{ W}$

ज्ञात करना है: I तथा R

सूत्र: $I = P/V$; $R = V^2/P$

मान रखने पर: $I = 100/220$; $R = (220)^2/100 = 48400/100$

गणना: $I = 0.4545$; $R = 484$

अंतिम उत्तर: **$I \approx 0.45 \text{ A}$, $R = 484 \Omega$**

प्रश्न 14

220 V की सप्लाई से एक मोटर 5 A धारा लेती है। मोटर की शक्ति तथा 3 घंटे में खर्च ऊर्जा (kWh में) ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $V = 220 \text{ V}$, $I = 5 \text{ A}$, $t = 3 \text{ h}$

ज्ञात करना है: P तथा E (kWh)

सूत्र: $P = V I$; $E = P(\text{kW}) \times t(\text{h})$

मान रखने पर: $P = 220 \times 5 = 1100 \text{ W} = 1.1 \text{ kW}$; $E = 1.1 \times 3$

गणना: $E = 3.3$

अंतिम उत्तर: **$P = 1100 \text{ W}$, $E = 3.3 \text{ kWh}$**

प्रश्न 15

2 kW का एक गीजर प्रतिदिन 30 मिनट चलता है। 30 दिन में खर्च यूनिट तथा ₹6 प्रति यूनिट पर बिल ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $P = 2 \text{ kW}$, $t = 30 \text{ min} = 0.5 \text{ h/दिन}$, 30 दिन, दर ₹6

ज्ञात करना है: यूनिट तथा बिल

सूत्र: $E = P \times t$; बिल = यूनिट $\times$ दर

मान रखने पर: दैनिक $E = 2 \times 0.5 = 1 \text{ kWh}$; 30 दिन: 1×30

गणना: यूनिट = 30; बिल = $30 \times 6 = 180$

अंतिम उत्तर: **30 यूनिट, बिल = ₹180**

प्रश्न 16

5 kWh ऊर्जा को जूल में बदलिए।

दिया गया: $E = 5 \text{ kWh}$, $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

ज्ञात करना है: जूल में ऊर्जा

सूत्र: $E(\text{J}) = E(\text{kWh}) \times 3.6 \times 10^6$

मान रखने पर: $E = 5 \times 3.6 \times 10^6$

गणना: $E = 18 \times 10^6 = 1.8 \times 10^7$

अंतिम उत्तर: **$E = 1.8 \times 10^7 \text{ J}$**

प्रश्न 17

एक घर में 40 W के 5 बल्ब प्रतिदिन 6 घंटे, 80 W का एक पंखा 10 घंटे तथा 120 W का टीवी 5 घंटे चलता है। 30 दिन का बिल ₹5 प्रति यूनिट की दर से ज्ञात कीजिए।

दिया गया: बल्ब: $5 \times 40 \text{ W}$, 6 h; पंखा: 80 W, 10 h; टीवी: 120 W, 5 h; 30 दिन; ₹5/यूनिट

ज्ञात करना है: कुल यूनिट तथा बिल

सूत्र: ऊर्जा (kWh) = $P(\text{kW}) \times t(\text{h})$

मान रखने पर: बल्ब: $0.2 \times 6 = 1.2$; पंखा: $0.08 \times 10 = 0.8$; टीवी: $0.12 \times 5 = 0.6$ (kWh/दिन)

गणना: कुल दैनिक = $1.2 + 0.8 + 0.6 = 2.6 \text{ kWh}$; 30 दिन = 78 यूनिट; बिल = $78 \times 5 = 390$

अंतिम उत्तर: **78 यूनिट; बिल = ₹390**

प्रश्न 18

किसी घरेलू परिपथ में 5 A का फ्यूज लगा है (सप्लाय 220 V)। क्या इस पर 1500 W का हीटर चलाया जा सकता है?

दिया गया: फ्यूज रेटिंग = 5 A, $V = 220 \text{ V}$, $P = 1500 \text{ W}$

ज्ञात करना है: हीटर की धारा तथा निर्णय

सूत्र: $I = P / V$

मान रखने पर: $I = 1500 / 220$

गणना: $I = 6.82 \text{ A}$, जो 5 A से अधिक है $\Rightarrow$ फ्यूज पिघल जाएगा (अधिकतम शक्ति = $220 \times 5 = 1100 \text{ W}$)

अंतिम उत्तर: **नहीं — हीटर 6.82 A लेगा, इसलिए 5 A का फ्यूज उड़ जाएगा**

प्रश्न 19

12 Ω के प्रतिरोधक में 0.5 A धारा बह रही है। उस पर विभवांतर तथा शक्ति ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $R = 12 \Omega, I = 0.5 A$

ज्ञात करना है: V तथा P

सूत्र: $V = IR; P = I^2 R$ (या VI)

मान रखने पर: $V = 0.5 \times 12; P = (0.5)^2 \times 12$

गणना: $V = 6 V; P = 0.25 \times 12 = 3 W$ (जाँच: $VI = 6 \times 0.5 = 3 W \checkmark$)

अंतिम उत्तर:

$$V = 6 V, P = 3 W$$

प्रश्न 20

60 W तथा 100 W के दो बल्ब 220 V की सप्लाय से पार्श्व क्रम में जुड़े हैं। स्रोत से ली गई कुल धारा ज्ञात कीजिए।

दिया गया: $P_1 = 60 W, P_2 = 100 W, V = 220 V$ (पार्श्व)

ज्ञात करना है: कुल धारा I

सूत्र: कुल $P = P_1 + P_2; I = P / V$

मान रखने पर: $P = 60 + 100 = 160 W; I = 160 / 220$

गणना: $I = 0.727$

अंतिम उत्तर:

$$I \approx 0.73 A$$

SECTION 23 — परीक्षा में पूछे जाने वाले महत्वपूर्ण प्रश्न

23.1 अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer)

1. विद्युत आवेश का SI मात्रक क्या है?

उत्तर: कूलॉम (C)।

2. एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश कितना होता है?

उत्तर: $-1.6 \times 10^{-19} C$ ।

3. विद्युत धारा की परिभाषा लिखिए।

उत्तर: एकांक समय में किसी चालक के किसी काट से प्रवाहित आवेश की मात्रा ($I = Q/t$)।

4. 1 ऐम्पियर धारा किसे कहते हैं?

उत्तर: जब किसी चालक से 1 सेकंड में 1 कूलॉम आवेश प्रवाहित हो, तो धारा 1 A होती है।

5. ऐमीटर परिपथ में किस प्रकार जोड़ा जाता है?

उत्तर: श्रेणी क्रम में।

6. वोल्टमीटर परिपथ में किस प्रकार जोड़ा जाता है?

उत्तर: जिस अवयव का विभवांतर मापना हो, उसके पार्श्व (समांतर) क्रम में।

7. 1 वोल्ट की परिभाषा दीजिए।

उत्तर: 1 कूलॉम आवेश को ले जाने में 1 जूल कार्य हो, तो विभवांतर 1 वोल्ट होता है।

8. ओम का नियम लिखिए।

उत्तर: स्थिर तापमान पर चालक के सिरों का विभवांतर उसमें बहने वाली धारा के समानुपाती होता है ($V = IR$)।

9. प्रतिरोध का SI मात्रक क्या है?

उत्तर: ओम (Ω)।

10. प्रतिरोधकता का SI मात्रक क्या है?

उत्तर: ओम मीटर ($\Omega \text{ m}$)।

11. तार की लंबाई दोगुनी करने पर उसका प्रतिरोध कैसे बदलेगा?

उत्तर: प्रतिरोध दोगुना हो जाएगा ($R \propto L$)।

12. श्रेणी संयोजन में तुल्य प्रतिरोध का सूत्र लिखिए।

उत्तर: $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

13. पार्श्व संयोजन में तुल्य प्रतिरोध का सूत्र लिखिए।

उत्तर: $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$

14. जूल के ऊष्मीय नियम का सूत्र लिखिए।

उत्तर: $H = I^2 R t$

15. विद्युत शक्ति का SI मात्रक क्या है? तथा 1 kWh कितने जूल के बराबर है?

उत्तर: शक्ति का SI मात्रक वाट (W); 1 kWh = $3.6 \times 10^6 \text{ J}$

23.2 लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer)

1. विद्युत धारा की दिशा तथा इलेक्ट्रॉनों की गति की दिशा में क्या अंतर है?

उत्तर: परंपरागत धारा की दिशा धनात्मक आवेश के प्रवाह की दिशा (बैटरी के धन सिरे से ऋण सिरे की ओर) मानी जाती है, जबकि धातु में इलेक्ट्रॉन ऋण सिरे से धन सिरे की ओर चलते हैं। अतः दोनों दिशाएँ परस्पर विपरीत होती हैं।

2. वोल्टमीटर को पार्श्व में तथा ऐमीटर को श्रेणी में क्यों जोड़ा जाता है?

उत्तर: ऐमीटर धारा मापता है, अतः पूरी धारा उससे होकर गुजरनी चाहिए — इसलिए वह श्रेणी में जुड़ता है तथा उसका प्रतिरोध बहुत कम होता है। वोल्टमीटर दो बिंदुओं के बीच विभवांतर मापता है, इसलिए उसे उन्हीं दो बिंदुओं (अवयव के पार्श्व में) जोड़ा जाता है तथा उसका प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।

3. V-I ग्राफ मूल बिंदु से क्यों गुजरता है? इसकी ढाल क्या दर्शाती है?

उत्तर: $V = 0$ पर $I = 0$ होता है, इसलिए ग्राफ (0, 0) से गुजरता है। ढाल $\Delta V / \Delta I = R$, अर्थात् चालक का प्रतिरोध दर्शाती है।

4. प्रतिरोध तथा प्रतिरोधकता में तीन अंतर लिखिए।

उत्तर: (i) प्रतिरोध चालक के आयामों पर निर्भर है, प्रतिरोधकता केवल पदार्थ के स्वभाव (व ताप) पर। (ii) प्रतिरोध का मात्रक Ω है, प्रतिरोधकता का $\Omega \text{ m}$ । (iii) $R = \rho L/A$ जबकि $\rho = RA/L$

5. प्रतिरोध किन-किन कारकों पर निर्भर करता है?

उत्तर: चालक की लंबाई ($R \propto L$), अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल ($R \propto 1/A$), पदार्थ की प्रकृति तथा तापमान पर। सूत्र: $R = \rho L/A$

6. हीटर के तत्व नाइक्रोम जैसी मिश्रधातु के क्यों बनाए जाते हैं?

उत्तर: मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता उच्च होती है, गलनांक ऊँचा होता है, वे उच्च ताप पर शीघ्र ऑक्सीकृत नहीं होतीं तथा ताप बढ़ने पर भी उनका प्रतिरोध लगभग नियत रहता है।

7. श्रेणी संयोजन की तीन विशेषताएँ लिखिए।

उत्तर: (i) सभी प्रतिरोधकों में समान धारा बहती है। (ii) कुल विभवांतर प्रतिरोधकों में बँट जाता है। (iii) तुल्य प्रतिरोध सभी प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है (सबसे बड़े से भी अधिक)।

8. पार्श्व संयोजन की तीन विशेषताएँ लिखिए।

उत्तर: (i) प्रत्येक शाखा पर समान विभवांतर होता है। (ii) कुल धारा शाखाओं में बँट जाती है ($I = I_1 + I_2 + \dots$)। (iii) तुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है।

9. घरों में बल्ब, पंखे आदि श्रेणी में क्यों नहीं जोड़े जाते?

उत्तर: श्रेणी में विभवांतर बँट जाता, इसलिए किसी को भी पूरा 220 V न मिलता; एक उपकरण के बंद/खराब होते ही सभी बंद हो जाते; तथा प्रत्येक को अलग-अलग नियंत्रित करना संभव न होता। अतः पार्श्व क्रम अपनाया जाता है।

10. बिजली के बल्ब का तंतु टंगस्टन का क्यों बनाया जाता है?

उत्तर: टंगस्टन का गलनांक बहुत ऊँचा (लगभग 3380 °C) है, अतः बहुत अधिक ताप पर चमकने पर भी वह पिघलता नहीं; इसकी प्रतिरोधकता भी उच्च है।

11. जूल के ऊष्मीय नियम के तीनों रूप लिखिए तथा बताइए कौन-सा कब उपयोगी है।

उत्तर: $H = I^2Rt$ (I तथा R ज्ञात हों, श्रेणी में), $H = VIt$ (V तथा I ज्ञात हों), $H = V^2t/R$ (V तथा R ज्ञात हों, पार्श्व में)।

12. फ्यूज का कार्य क्या है? यह किस सिद्धांत पर कार्य करता है?

उत्तर: फ्यूज अधिक धारा से परिपथ व उपकरणों की रक्षा करता है। यह धारा के तापीय प्रभाव (जूल के नियम) पर कार्य करता है — अधिक धारा से उसका तार पिघलकर परिपथ तोड़ देता है।

13. विद्युत शक्ति तथा विद्युत ऊर्जा में अंतर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर: शक्ति ऊर्जा खर्च होने की दर है ($P = W/t$, मात्रक वाट), जबकि ऊर्जा शक्ति व समय का गुणनफल है ($E = Pt$, मात्रक जूल/kWh)।

14. 1 kWh को परिभाषित कीजिए तथा इसे जूल में बदलिये।

उत्तर: 1000 W का उपकरण 1 घंटे में जितनी ऊर्जा खर्च करता है, वह 1 kWh है। $1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ।

15. किसी उपकरण पर '220 V, 1100 W' लिखा है। उसका प्रतिरोध तथा धारा ज्ञात कीजिए।

उत्तर: $I = P/V = 1100/220 = 5 \text{ A}$; $R = V^2/P = 48400/1100 = 44 \Omega$ ।

23.3 दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer)

1. विद्युत धारा क्या है? इसका SI मात्रक बताइए। परंपरागत धारा तथा इलेक्ट्रॉन प्रवाह में अंतर स्पष्ट कीजिए और $I = Q/t$ पर आधारित एक संख्यात्मक प्रश्न हल कीजिए।

संकेत: Section 2 (परिभाषा, चित्र 2.1, उदाहरण)।

2. ओम का नियम लिखिए। ओम के नियम के सत्यापन के प्रयोग का परिपथ बनाकर उसकी विधि समझाइए तथा V-I ग्राफ खींचकर उसके ढाल का अर्थ बताइए।

संकेत: Section 6 व 7 (चित्र 6.1, 7.1, सारणी)।

3. प्रतिरोध किन-किन कारकों पर निर्भर करता है? सूत्र $R = \rho L/A$ की स्थापना कीजिए तथा प्रतिरोधकता की परिभाषा, मात्रक व विभिन्न पदार्थों में तुलना समझाइए।

संकेत: Section 9 व 10।

4. तीन प्रतिरोधकों R_1 , R_2 , R_3 के श्रेणी संयोजन का परिपथ बनाइए तथा तुल्य प्रतिरोध का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।

संकेत: Section 11 — $V = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \Rightarrow R_s = R_1 + R_2 + R_3$ ।

5. तीन प्रतिरोधकों के पार्श्व संयोजन का परिपथ बनाइए तथा तुल्य प्रतिरोध का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।

संकेत: Section 12 — $I = I_1 + I_2 + I_3 = V(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \Rightarrow 1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ ।

6. श्रेणी तथा पार्श्व संयोजन की तुलना कीजिए। घरों में उपकरण पार्श्व क्रम में क्यों जोड़े जाते हैं? घरेलू वायरिंग का चित्र बनाइए।

संकेत: Section 13 (सारणी व चित्र 13.1)।

7. विद्युत धारा के तापीय प्रभाव को समझाइए। जूल का नियम लिखिए तथा $H = I^2Rt$ से $H = VIt$ व $H = V^2t/R$ प्राप्त कीजिए। तापीय प्रभाव के चार उपयोग लिखिए।

संकेत: Section 14 व 15।

8. फ्यूज क्या है? इसकी बनावट, कार्य-सिद्धांत, विशेषताएँ तथा परिपथ में जोड़ने की विधि (चित्र सहित) समझाइए।

संकेत: Section 16 (चित्र 16.1 तथा फ्यूज तार के चित्र)।

9. विद्युत शक्ति की परिभाषा, सूत्र ($P = W/t = VI = I^2R = V^2/R$) तथा मात्रक समझाइए। 220 V, 100 W के बल्ब का प्रतिरोध व धारा ज्ञात कीजिए।

संकेत: Section 17 — $I = 0.45 \text{ A}$, $R = 484 \Omega$ ।

10. किलोवाट-घंटा क्या है? इसे जूल में बदलिए। एक घर में 60 W के 3 बल्ब 5 घंटे तथा 100 W का एक पंखा 8 घंटे प्रतिदिन चलता है; 30 दिन का बिल ₹6/यूनिट पर ज्ञात कीजिए।

संकेत: बल्ब: $0.18 \text{ kW} \times 5 = 0.9 \text{ kWh}$; पंखा: $0.1 \times 8 = 0.8 \text{ kWh}$; दैनिक 1.7 kWh ; 30 दिन = 51 यूनिट; बिल = $51 \times 6 = ₹306$ ।

SECTION 24 — बहुविकल्पीय प्रश्न (MCQs)

कुल 40 प्रश्न — प्रत्येक के चार विकल्प (A, B, C, D)। सही उत्तर अंत में **Answer Key** में दिए गए हैं।

1. आवेश का SI मात्रक है—

- ☐ (A) ऐम्पियर ☐ (B) कूलॉम ☐ (C) वोल्ट ☐ (D) ओम

2. एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश होता है—

- ☐ (A) $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ☐ (B) $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ☐ (C) $+9.1 \times 10^{-31} \text{ C}$ ☐ (D) शून्य

3. 1 ऐम्पियर बराबर है—

- ☐ (A) 1 J/C ☐ (B) 1 C/s ☐ (C) 1 J/s ☐ (D) $1 \text{ C}\cdot\text{s}$

4. ऐमीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है—

- ☐ (A) श्रेणी क्रम में ☐ (B) पार्श्व क्रम में ☐ (C) दोनों क्रम में ☐ (D) किसी में नहीं

5. वोल्टमीटर को जोड़ा जाता है—

- ☐ (A) श्रेणी क्रम में ☐ (B) केवल बैटरी के श्रेणी में ☐ (C) अवयव के पार्श्व क्रम में ☐ (D) किसी भी क्रम में

6. बाहरी परिपथ में परंपरागत धारा की दिशा है—

- ☐ (A) ऋण टर्मिनल से धन टर्मिनल ☐ (B) धन टर्मिनल से ऋण टर्मिनल ☐ (C) दोनों दिशाओं में ☐ (D) कोई निश्चित दिशा नहीं

7. 1 वोल्ट बराबर है—

- ☐ (A) 1 C/J ☐ (B) $1 \text{ J}\cdot\text{C}$ ☐ (C) 1 J/C ☐ (D) $1 \text{ A}/\Omega$

8. ओम का नियम लागू होता है जब—

- ☐ (A) तापमान स्थिर हो ☐ (B) धारा स्थिर हो ☐ (C) विभवांतर स्थिर हो ☐ (D) प्रतिरोध बदलता हो

9. ओमीय चालक का V-I ग्राफ होता है—

- ☐ (A) X-अक्ष के समांतर रेखा ☐ (B) परवलय ☐ (C) वृत्त ☐ (D) मूल बिंदु से गुजरती सीधी रेखा

10. प्रतिरोध का SI मात्रक है—

- ☐ (A) ओम ☐ (B) वाट ☐ (C) वोल्ट ☐ (D) ऐम्पियर

11. प्रतिरोधकता का SI मात्रक है—

- ☐ (A) Ω ☐ (B) $\Omega \text{ m}$ ☐ (C) Ω/m ☐ (D) $\Omega \text{ m}^2$

12. तार की लंबाई दोगुनी करने (क्षेत्रफल समान) पर प्रतिरोध—

- ☐ (A) आधा हो जाता है ☐ (B) वही रहता है ☐ (C) दोगुना हो जाता है ☐ (D) चार गुना हो जाता है

13. तार का व्यास दोगुना करने पर प्रतिरोध (L समान) हो जाता है—

- ☐ (A) दोगुना ☐ (B) आधा ☐ (C) एक-चौथाई ☐ (D) चार गुना

14. निम्न में सबसे अधिक प्रतिरोधकता किसकी है?

- ☐ (A) चाँदी ☐ (B) तांबा ☐ (C) नाइक्रोम ☐ (D) ऐल्युमिनियम

15. हीटर के तत्व मिश्रधातु के बनाए जाते हैं क्योंकि उनकी—

- ☐ (A) प्रतिरोधकता कम व गलनांक कम होता है ☐ (B) प्रतिरोधकता उच्च व गलनांक उच्च होता है ☐ (C) प्रतिरोधकता शून्य होती है ☐ (D) चुंबकीय प्रकृति होती है

16. श्रेणी संयोजन में सभी प्रतिरोधकों में समान रहती है—

- ☐ (A) विभवांतर ☐ (B) प्रतिरोध ☐ (C) शक्ति ☐ (D) धारा

17. पार्श्व संयोजन में सभी शाखाओं में समान रहता है—

- ☐ (A) धारा ☐ (B) प्रतिरोध ☐ (C) विभवांतर ☐ (D) शक्ति

18. $3\ \Omega$ तथा $6\ \Omega$ को श्रेणी में जोड़ने पर तुल्य प्रतिरोध—

- ☐ (A) $2\ \Omega$ ☐ (B) $9\ \Omega$ ☐ (C) $18\ \Omega$ ☐ (D) $4.5\ \Omega$

19. $6\ \Omega$ तथा $3\ \Omega$ को पार्श्व में जोड़ने पर तुल्य प्रतिरोध—

- ☐ (A) $9\ \Omega$ ☐ (B) $18\ \Omega$ ☐ (C) $2\ \Omega$ ☐ (D) $0.5\ \Omega$

20. R प्रतिरोध वाले n प्रतिरोधकों को पार्श्व में जोड़ने पर तुल्य प्रतिरोध—

- ☐ (A) nR ☐ (B) n^2R ☐ (C) R/n ☐ (D) R/n^2

21. घरों में उपकरण पार्श्व क्रम में जोड़े जाते हैं, क्योंकि—

- ☐ (A) अधिक प्रतिरोध पाने के लिए ☐ (B) बिल कम करने के लिए ☐ (C) सबको समान विभवांतर मिले तथा स्वतंत्र संचालन हो ☐ (D) तार बचाने के लिए

22. धारा दोगुनी करने पर (R, t समान) उत्पन्न ऊष्मा—

- ☐ (A) दोगुनी ☐ (B) चार गुनी ☐ (C) आधी ☐ (D) अपरिवर्तित

23. नियत विभवांतर पर प्रतिरोध दोगुना करने पर उत्पन्न ऊष्मा ($H = V^2t/R$)—

- ☐ (A) दोगुनी ☐ (B) आधी ☐ (C) चार गुनी ☐ (D) अपरिवर्तित

24. फ्यूज़ तार का पदार्थ होता है—

- ☐ (A) उच्च गलनांक का शुद्ध तांबा ☐ (B) अचालक पदार्थ ☐ (C) चुंबकीय पदार्थ ☐ (D) कम गलनांक की मिश्रधातु

25. फ्यूज़ को परिपथ में जोड़ा जाता है—

- ☐ (A) लाइव तार में श्रेणी क्रम में ☐ (B) न्यूट्रल तार के पार्श्व में ☐ (C) अर्थ तार में ☐ (D) बैटरी के पार्श्व में

26. 220 V पर 1000 W के हीटर के लिए उपयुक्त मानक फ्यूज़ है—

- ☐ (A) 1 A ☐ (B) 2 A ☐ (C) 5 A ☐ (D) 0.5 A

27. विद्युत शक्ति का SI मात्रक है—

- ☐ (A) जूल ☐ (B) वाट ☐ (C) वोल्ट ☐ (D) कूलॉम

28. 1 किलोवाट = —

- ☐ (A) 10 W ☐ (B) 100 W ☐ (C) 1000 W ☐ (D) $10^6\ W$

29. 220 V पर 5 A धारा लेने वाले उपकरण की शक्ति—

- ☐ (A) 44 W ☐ (B) 225 W ☐ (C) 1100 W ☐ (D) 1000 W

30. निम्न में कौन-सा शक्ति का सूत्र नहीं है?

- ☐ (A) VI ☐ (B) I^2R ☐ (C) V^2/R ☐ (D) V^2R

31. 1 kWh = —

- ☐ (A) $3.6 \times 10^3 \text{ J}$ ☐ (B) $3.6 \times 10^4 \text{ J}$ ☐ (C) $3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ☐ (D) $3.6 \times 10^9 \text{ J}$

32. किलोवाट-घंटा (kWh) किसका मात्रक है?

- ☐ (A) शक्ति का ☐ (B) धारा का ☐ (C) आवेश का ☐ (D) ऊर्जा का

33. 100 W का बल्ब 10 घंटे जलने पर कितनी यूनिट ऊर्जा खर्च करेगा?

- ☐ (A) 1 ☐ (B) 10 ☐ (C) 0.1 ☐ (D) 100

34. 2000 W का हीटर 3 घंटे चलाने पर खर्च यूनिट—

- ☐ (A) 3 ☐ (B) 2 ☐ (C) 12 ☐ (D) 6

35. 220 V, 100 W के बल्ब का प्रतिरोध है—

- ☐ (A) 22Ω ☐ (B) 484Ω ☐ (C) 2.2Ω ☐ (D) 4840Ω

36. समान वोल्टेज रेटिंग के 60 W तथा 100 W बल्ब श्रेणी में जुड़े हों, तो अधिक तेज़ जलेगा—

- ☐ (A) 60 W वाला ☐ (B) 100 W वाला ☐ (C) दोनों समान ☐ (D) कोई नहीं

37. निम्न में से कौन चालक की लंबाई या मोटाई पर निर्भर नहीं करता?

- ☐ (A) प्रतिरोध ☐ (B) प्रतिरोधकता ☐ (C) धारा ☐ (D) शक्ति

38. धातु के चालक का ताप बढ़ाने पर उसका प्रतिरोध—

- ☐ (A) घटता है ☐ (B) नियत रहता है ☐ (C) बढ़ता है ☐ (D) शून्य हो जाता है

39. 12 V विभवांतर पर 3 C आवेश ले जाने में कार्य होगा—

- ☐ (A) 4 J ☐ (B) 15 J ☐ (C) 36 J ☐ (D) 0.25 J

40. आदर्श ऐमीटर का प्रतिरोध होता है—

- ☐ (A) बहुत अधिक ☐ (B) अनंत ☐ (C) 1000Ω ☐ (D) बहुत कम

Answer Key

1. B	9. D	17. C	25. A	33. A
2. B	10. A	18. B	26. C	34. D
3. B	11. B	19. C	27. B	35. B
4. A	12. C	20. C	28. C	36. A
5. C	13. C	21. C	29. C	37. B
6. B	14. C	22. B	30. D	38. C
7. C	15. B	23. B	31. C	39. C
8. A	16. D	24. D	32. D	40. D

SECTION 25 — Assertion-Reason प्रश्न

निर्देश — विकल्प

- (A) A और R दोनों सत्य हैं तथा R, A की सही व्याख्या है।
 (B) A और R दोनों सत्य हैं, परंतु R, A की सही व्याख्या नहीं है।
 (C) A सत्य है, परंतु R असत्य है।
 (D) A असत्य है, परंतु R सत्य है।

1. कथन (A): ऐमीटर को परिपथ में श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है।

कारण (R): ऐमीटर का प्रतिरोध बहुत कम होता है।

2. कथन (A): वोल्टमीटर को अवयव के पार्श्व क्रम में जोड़ा जाता है।

कारण (R): वोल्टमीटर का प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।

3. कथन (A): घरों में सभी उपकरण पार्श्व क्रम में जोड़े जाते हैं।

कारण (R): पार्श्व संयोजन में प्रत्येक उपकरण को समान विभवांतर मिलता है तथा वे स्वतंत्र रूप से कार्य करते हैं।

4. कथन (A): फ्यूज तार का गलनांक कम होता है।

कारण (R): फ्यूज को उपकरण के श्रेणी क्रम में लगाया जाता है।

5. कथन (A): किसी पदार्थ की प्रतिरोधकता उसके अलग-अलग मोटाई के तारों के लिए समान रहती है।

कारण (R): प्रतिरोधकता पदार्थ की प्रकृति (तथा ताप) पर निर्भर करती है, तार के आयामों पर नहीं।

6. कथन (A): हीटर की कुंडली नाइक्रोम की बनाई जाती है।

कारण (R): नाइक्रोम की प्रतिरोधकता बहुत कम होती है।

7. कथन (A): पार्श्व संयोजन का तुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है।

कारण (R): पार्श्व संयोजन में प्रत्येक प्रतिरोधक पर विभवांतर समान होता है।

8. कथन (A): kWh शक्ति का मात्रक है।

कारण (R): $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

9. कथन (A): 100 W का बल्ब 110 V पर, 220 V की तुलना में मंद जलता है।

कारण (R): बल्ब की शक्ति $P = V^2/R$ होती है (R लगभग नियत मानने पर)।

10. कथन (A): खुले परिपथ (open circuit) में धारा प्रवाहित होती है।

कारण (R): खुले परिपथ में धारा के मार्ग में कहीं विच्छेद (break) होता है।

Answer Key

1. A	3. A	5. A	7. B	9. A
2. A	4. B	6. C	8. D	10. D

स्पष्टीकरण (चुने हुए): प्र.4 — A व R दोनों सही हैं पर श्रेणी में लगाना गलनांक कम होने की व्याख्या नहीं है (B)। प्र.6 — नाइक्रोम की प्रतिरोधकता अधिक होती है, इसलिए R असत्य (C)। प्र.7 — पार्श्व में R घटने का कारण अधिक मार्ग उपलब्ध होना है, समान विभवांतर उसकी व्याख्या नहीं (B)। प्र.8 — kWh ऊर्जा का मात्रक है, इसलिए A असत्य, R सत्य (D)। प्र.10 — खुले परिपथ में धारा नहीं बहती, A असत्य, R सत्य (D)।

SECTION 26 — विद्यार्थियों द्वारा की जाने वाली सामान्य गलतियाँ

Common Mistakes और उनके सही रूप

गलती	सही तथ्य
धारा (Current) और विभवांतर (Voltage) को एक ही समझना	धारा = आवेश का प्रवाह (A); विभवांतर = प्रवाह कराने वाला "दबाव" (V)। धारा बहती है, विभवांतर "लगाया" जाता है।
ऐमीटर को पार्श्व में जोड़ देना	ऐमीटर सदैव श्रेणी में; कम प्रतिरोध के कारण पार्श्व में जोड़ने पर बहुत अधिक धारा जाएगी और यंत्र जल सकता है।
वोल्टमीटर को श्रेणी में जोड़ देना	वोल्टमीटर सदैव पार्श्व में; श्रेणी में जोड़ने पर उसके अत्यधिक प्रतिरोध से धारा लगभग शून्य हो जाएगी।

श्रेणी तथा पार्श्व के सूत्र आपस में बदल देना	श्रेणी: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$ (सीधा योग); पार्श्व: $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ (व्युत्क्रमों का योग)। पार्श्व में उत्तर सबसे छोटे R से कम होना चाहिए।
$1/R_p$ निकालकर R_p निकालना भूल जाना	अंत में $1/R$ का व्युत्क्रम लेकर ही R_p मिलेगा।
kW तथा kWh को एक समझना	kW = शक्ति का मात्रक; kWh = ऊर्जा का मात्रक (यूनिट)।
वाट (W) तथा जूल (J) में भ्रम	वाट = शक्ति = जूल/सेकंड; जूल = ऊर्जा। $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
मात्रक परिवर्तन भूल जाना	मिनट/घंटा $\rightarrow$ सेकंड; mA $\rightarrow$ A; $k\Omega \rightarrow \Omega$; kW $\rightarrow$ W का ध्यान रखें।
cm को m में न बदलना (mm^2 को m^2 में न बदलना)	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$; $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$ । $R = \rho L/A$ में सब SI में होने चाहिए।
सूत्र में गलत राशि रख देना (जैसे P की जगह E)	पहले "दिया गया" व "ज्ञात करना है" स्पष्ट लिखें, फिर उसी के अनुसार सूत्र चुनें।
ओम के नियम में "स्थिर तापमान" की शर्त न लिखना	नियम की परिभाषा में यह शर्त अनिवार्य है।
सेल के चिह्न में धन/ऋण सिरे उलट देना	लंबी पतली रेखा = धन (+); छोटी मोटी रेखा = ऋण (-)।
घरेलू उपकरणों को श्रेणी में बताना	घरों में सभी उपकरण पार्श्व में; फ्यूज/स्विच उपकरण के साथ श्रेणी में।

SECTION 27 — Board Exam में कैसे लिखें? (Exam Tips)

संख्यात्मक प्रश्न हल करने का आदर्श प्रारूप

- दिया गया (Given):** सभी राशियाँ मात्रक सहित लिखें तथा तुरंत SI में बदलें।
- ज्ञात करना है (To find):** स्पष्ट लिखें।
- सूत्र (Formula):** सूत्र अवश्य लिखें — केवल सूत्र लिखने पर भी अंक मिलते हैं।
- मान रखना (Substitution):** बिना मात्रक छोड़े मान रखें।
- गणना (Calculation):** हर चरण दिखाएँ।
- उत्तर:** अंतिम उत्तर को **बॉक्स** में मात्रक सहित लिखें।

नमूना उत्तर

प्र. 20 Ω के प्रतिरोधक में 0.5 A धारा बह रही है। विभवांतर ज्ञात कीजिए।

दिया है: $R = 20 \Omega$, $I = 0.5 \text{ A}$ | ज्ञात करना है: V | सूत्र: $V = IR$

हल: $V = 0.5 \times 20 = 10 \Rightarrow$

$V = 10 \text{ V}$

सैद्धांतिक उत्तरों के लिए

- परिभाषा के साथ सूत्र, मात्रक तथा जहाँ संभव हो उदाहरण लिखें।
- दीर्घ उत्तर में बिंदुवार (points) में लिखें — 1., 2., 3. ...
- सूत्र को बिना समझाए न छोड़ें — प्रत्येक संकेत (V , I , R ...) का अर्थ लिखें।
- तुलना वाले प्रश्नों में तालिका बनाएँ।

चित्र (Diagram) बनाते समय

- परिपथ चित्र में **मानक चिह्न** (सेल, बल्ब, प्रतिरोधक, ऐमीटर, वोल्टमीटर) ही प्रयोग करें।
- सभी भागों को **लेबल** करें तथा धारा की दिशा तीर से दिखाएँ (+ से -)।
- ऐमीटर श्रेणी में, वोल्टमीटर पार्श्व में — सही जोड़ दिखाएँ।
- रेखाएँ स्केल/पेंसिल से साफ खींचें; पार्श्व संयोजन में जोड़-बिंदु (•) अवश्य दिखाएँ।

समय-प्रबंधन

पहले वे प्रश्न हल करें जिनके सूत्र स्पष्ट हैं। संख्यात्मक में उत्तर की **तर्क-जाँच** करें: पार्श्व में R_p छोटा, श्रेणी में R_s बड़ा; ऊर्जा बिल में यूनिट $\times$ दर।

SECTION 28 — Quick Revision Notes

28.1 महत्वपूर्ण परिभाषाएँ

पद	परिभाषा (संक्षेप में)
विद्युत आवेश	पदार्थ का वह गुण जिससे वह विद्युत बल का अनुभव करता/उत्पन्न करता है; मात्रक कूलॉम।
विद्युत धारा	एकांक समय में प्रवाहित आवेश; $I = Q/t$; मात्रक ऐम्पियर ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$)।
विभवांतर	एकांक आवेश को एक बिंदु से दूसरे तक ले जाने में किया कार्य; $V = W/Q$; $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ ।
ओम का नियम	स्थिर ताप पर $V \propto I \Rightarrow V = IR$ ।
प्रतिरोध	चालक का धारा का विरोध करने का गुण; $R = V/I$; मात्रक Ω ।
प्रतिरोधकता	पदार्थ का गुण; $\rho = RA/L$; मात्रक $\Omega \text{ m}$; आयामों पर निर्भर नहीं।
जूल का नियम	$H = I^2 R t (= V I t = V^2 t/R)$ ।
फ्यूज	कम गलनांक के तार वाला सुरक्षा उपकरण; लाइव तार में श्रेणी क्रम में।
विद्युत शक्ति	ऊर्जा खर्च होने की दर; $P = W/t = VI$; मात्रक वाट।
1 kWh (यूनिट)	1 kW का उपकरण 1 घंटे में जो ऊर्जा खर्च करे $= 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ।

28.2 श्रेणी तथा पार्श्व — एक नज़र में

	श्रेणी (Series)	पार्श्व (Parallel)
धारा	समान	बँटती है: $I = I_1 + I_2 + \dots$
विभवांतर	बँटता है: $V = V_1 + V_2 + \dots$	समान
तुल्य प्रतिरोध	$R_s = R_1 + R_2 + R_3$	$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$; दो के लिए $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$
विशेष	$R_s >$ सबसे बड़ा R	$R_p <$ सबसे छोटा R

28.3 शक्ति, ऊर्जा तथा ऊष्मा के सूत्र

राशि	सूत्र	मात्रक
शक्ति	$P = W/t = VI = I^2R = V^2/R$	वाट (W)
ऊर्जा	$E = Pt = VIt$	जूल (J); व्यावसायिक: kWh
ऊष्मा (जूल का नियम)	$H = I^2Rt = VIt = V^2t/R$	जूल (J)
kWh रूपांतरण	$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$	—
बिजली का बिल	यूनिट = $(W \times \text{घंटे})/1000$; बिल = यूनिट $\times$ दर	₹

28.4 महत्वपूर्ण Concepts

- परंपरागत धारा: धन से ऋण सिरे की ओर; इलेक्ट्रॉन: ऋण से धन सिरे की ओर।
- ऐमीटर — श्रेणी में, कम प्रतिरोध; वोल्टमीटर — पार्श्व में, अधिक प्रतिरोध।
- V-I ग्राफ: मूल बिंदु से गुजरती सीधी रेखा; ढाल = R।
- $R = \rho L/A$: लंबाई दोगुनी $\rightarrow R$ दोगुना; व्यास दोगुना $\rightarrow R$ एक-चौथाई; तार खींचकर लंबाई n गुनी $\rightarrow R' = n^2R$ ।
- श्रेणी में अधिक R पर अधिक H; पार्श्व में कम R पर अधिक H।
- हीटर — नाइक्रोम; बल्ब — टंगस्टन; फ्यूज़ — टिन-सीसा मिश्रधातु।
- घरों में उपकरण पार्श्व में — समान 220 V तथा स्वतंत्र संचालन।
- $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ C} \approx 6.25 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन।

SECTION 29 — विद्युत: One Page Formula Revision

विषय	सूत्र (Formula)	मात्रक
आवेश	$Q = n e$ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) $Q = I t$	कूलॉम (C)
धारा	$I = Q / t$	ऐम्पियर (A)
विभवांतर	$V = W / Q$ ($W = VQ$)	वोल्ट (V)
ओम का नियम	$V = IR$ $I = V/R$ $R = V/I$	V; A; Ω
प्रतिरोध	$R = V / I$ $R = \rho L / A$ $R \propto L, R \propto 1/A$	ओम (Ω)
प्रतिरोधकता	$\rho = RA / L$	ओम मीटर ($\Omega \text{ m}$)
श्रेणी	$R_s = R_1 + R_2 + R_3$ I समान, $V = V_1 + V_2 + V_3$	Ω
पार्श्व	$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ दो: $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ V समान, $I = I_1 + I_2 + I_3$	Ω
जूल का नियम	$H = I^2 R t = H = V I t = H = V^2 t / R$	जूल (J)
शक्ति	$P = W/t = P = V I = P = I^2 R = P = V^2 / R$	वाट (W)
ऊर्जा	$E = P t = E = V I t$	जूल (J)
व्यावसायिक मात्रक	$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ यूनिट = $W \times h / 1000$ बिल = यूनिट $\times$ दर	kWh (यूनिट)
मात्रकों के संबंध	$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	—

याद रखने योग्य तथ्य

- ऐमीटर: श्रेणी | वोल्टमीटर: पार्श्व
- घरेलू उपकरण: पार्श्व | फ्यूज: श्रेणी (लाइव तार)
- तार खींचने पर (लंबाई n गुनी) $R' = n^2 R$
- हीटर: नाइक्रोम | बल्ब: टंगस्टन

जाँच-सूची

- ✓ सभी मात्रक SI में ✓ समय सेकंड में
- ✓ $R_p <$ सबसे छोटा R ✓ $R_s >$ सबसे बड़ा R
- ✓ $\text{kWh} = \text{kW} \times \text{घंटे}$ ✓ अंतिम उत्तर बॉक्स में