

Chapter Review

- **Electric charge:** the basic property of matter; two kinds, positive and negative. Like charges repel, unlike charges attract. SI unit of charge is the coulomb (C). One coulomb is the charge flowing when a current of 1 A flows for 1 s. Charge of one electron = -1.6×10^{-19} C, so 1 C contains about 6×10^{18} electrons. Charge is quantised, conserved and carried by electrons in metals.
- **Electric current** is the rate of flow of electric charge through a conductor: $I = Q/t$. SI unit is the ampere (A), $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$; smaller units: $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$, $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$. By convention, the direction of current is opposite to the direction of flow of electrons, i.e. from the positive terminal to the negative terminal of the cell. An ammeter measures current, connected in series, and has very low resistance.
- **Electric potential difference** between two points is the work done to move a unit charge from one point to another: $V = W/Q$. SI unit is the volt (V); $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$. A voltmeter measures potential difference and is connected in parallel across the component; it has a very high resistance. A cell maintains a potential difference across its terminals by chemical reaction; this drives the current.
- **Circuit diagram symbols:** electric cell, battery, plug key (open/closed), wire joint, wires crossing without joining, bulb, resistor of resistance R , variable resistance or rheostat, ammeter and voltmeter. A circuit is a continuous and closed path of electric current; current flows only in a closed circuit.

- Ohm's law: at constant temperature, the potential difference V across a conductor is directly proportional to the current I through it: $V = IR$, where R is the resistance. Graph of V against I is a straight line passing through the origin. Resistance is the property of a conductor to resist the flow of charge; SI unit is the ohm (Ω). 1Ω is the resistance when $1 V$ potential difference drives $1 A$ current. A rheostat changes resistance in a circuit.
- Factors on which resistance of a conductor depends: (i) length l ($R \propto l$), (ii) area of cross-section A ($R \propto 1/A$) and (iii) the nature of the material and temperature. $R = \rho l / A$ where ρ (rho) is the electrical resistivity (SI unit Ωm). Resistivity depends on the nature of the material and temperature, not on dimensions. Metals and alloys have low resistivity (10^{-8} to $10^{-6} \Omega m$); insulators such as rubber and glass have very high resistivity (10^{12} to $10^{17} \Omega m$). Alloys have higher resistivity than the metals they are made from, and do not oxidise readily at high temperatures. They are used in heating devices (nichrome, constantan, manganin). Copper and aluminium are used for transmission lines; tungsten for bulb filaments (high melting point).
- Resistance in series: the same current flows through every resistor; total $R = R_1 + R_2 + R_3$. The total potential difference is the sum of individual ones: $V = V_1 + V_2 + V_3$. The equivalent resistance is greater than the largest individual resistance. If one component fails, the circuit breaks. Series arrangement is used where the same current is needed.

- **Resistance in parallel:** the potential difference across each resistor is the same, and the current divides: $I = I_1 + I_2 + I_3$. $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$. The equivalent resistance is smaller than the smallest individual resistance. If one appliance fails, others continue to work. Household circuits use parallel connections so that each appliance gets the same voltage (220 V) and can be switched on or off independently.
- **Heating effect of electric current:** electrical energy is converted into heat when current flows through a resistor. Joule's law of heating: $H = I^2Rt$. Using Ohm's law, $H = VIt = V^2t/R$. Applications: electric heater, iron, toaster, kettle (high resistivity alloy elements), electric bulb (the filament made of tungsten gets white hot; filled with inert gas nitrogen/argon to prolong life), and fuse (a wire of low melting point that melts and breaks the circuit if the current exceeds the safe limit, protecting appliances; connected in series in the live wire). Fuse wire is made of a tin-lead alloy.
- **Electric power** is the rate at which electric energy is consumed or work is done: $P = VI = I^2R = V^2/R$. SI unit is the watt (W): 1 W = power consumed when 1 A flows at 1 V. 1 kW = 1000 W. Electrical energy $E = P \times t$. Commercial unit of energy is the kilowatt-hour (kWh) or 'unit': 1 kWh = 3.6×10^6 J. Energy consumed in kWh = power in kW $\times$ time in hours. Example: a 100 W bulb used for 10 h uses 1 kWh.
- **Electrical safety (extra):** in household wiring the live (red), neutral (black) and earth (green) wires; a fuse and earthing prevent short circuits and electric shocks; overloading happens when too many appliances are connected to one circuit. Electric potential is also called voltage; potential difference of 1 V is needed to do 1 J of work to move 1 C.

- Important points on instruments: ammeter in series (low resistance), voltmeter in parallel (high resistance), the cell or battery provides the potential difference, the key controls the circuit and the rheostat controls current. When a bulb is connected to a cell, a closed circuit with the key plugged glows the bulb. A short circuit occurs when live and neutral wires touch, and current becomes very high; fuse protects.
- Practical numerical strategy: for finding current use $I = V/R$ or Q/t ; for series circuits add the resistances; for parallel circuits use reciprocal sums; for power use $P = VI$; for energy use $E = P \times t$; for heat use $H = I^2 R t$. Always convert time to seconds and units to SI units; for kWh convert power to kW and time to hours.

Important Formulas / Values

- Current $I = Q / t$; $Q = ne$; $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Potential difference $V = W / Q$; $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
- Ohm's law: $V = IR$; $R = V / I$
- Resistance $R = \rho l / A$; $\rho = R A / l$ (unit $\Omega \text{ m}$)
- Series: $R = R_1 + R_2 + R_3$; same current; $V = V_1 + V_2 + V_3$
- Parallel: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$; same voltage; $I = I_1 + I_2 + I_3$
- Heat $H = I^2 R t = V I t = V^2 t / R$ (joule)
- Power $P = VI = I^2 R = V^2 / R$; Energy $E = P t$; $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

Key Terms

Electric current – Rate of flow of electric charge; $I = Q/t$; unit ampere.

Potential difference – Work done per unit charge to move it between two points; unit volt.

Resistance – Property of a conductor to oppose the flow of current; unit ohm.

Resistivity – Resistance of a conductor of unit length and unit cross-sectional area; unit $\Omega \text{ m}$.

Ohm's law – At constant temperature, the potential difference across a conductor is directly proportional to the current through it.

Joule's law of heating – Heat produced is $H = I^2 R t$.

Electric power – Rate of consumption of electrical energy; $P = VI$; unit watt.

Kilowatt-hour – Commercial unit of electric energy; $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$.

Fuse – A safety device that melts and breaks the circuit when current exceeds a safe limit.

Ammeter / Voltmeter – Ammeter measures current and is connected in series; voltmeter measures potential difference and is connected in parallel.

Diagrams / Flowcharts

Relationship: Current, Voltage and Resistance

Cell/battery supplies potential difference V



Charge flows in the closed circuit: current I



Conductor offers resistance R

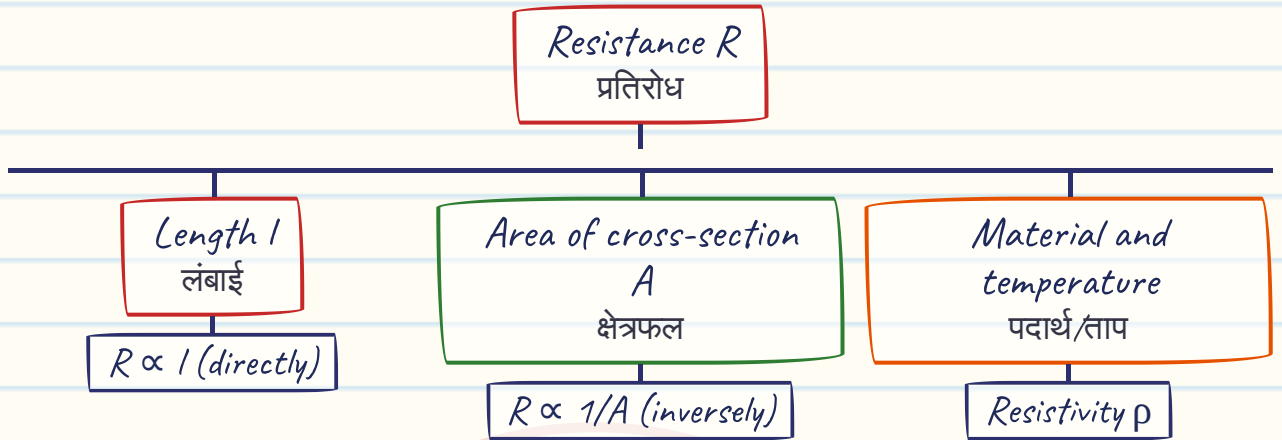


Ohm's law links them: $V = IR$



Larger R means smaller current for same V

Factors Affecting Resistance



Series vs Parallel Combination

Series

- Same current through all
- Voltages add up: $V = V_1 + V_2 + V_3$
- $R = R_1 + R_2 + R_3$ (larger)
- One fails, all stop

Parallel

- Same voltage across all
- Currents add up: $I = I_1 + I_2 + I_3$
- $1/R = \Sigma (1/R)$ (smaller)
- One fails, others work

Working of an Electric Fuse

Normal current: fuse wire stays intact



Overloading or short circuit: current rises



Fuse wire heats ($H = I^2Rt$) and melts



Circuit breaks; appliances stay safe

Heating Effect of Current

Battery pushes electrons through the resistor



Electrons collide with atoms of the conductor



Electrical energy converts into heat



$H = I^2 R t$; used in heater, iron, kettle

Calculating Electricity Bill

Find power of each appliance (W)



Convert to kW; note hours used



Energy = Power (kW) × time (h) = kWh



Total kWh × rate per unit = bill

Ammeter vs Voltmeter

Ammeter

- Measures current (A)
- Connected in series
- Very low resistance
- Placed in the path of current

Voltmeter

- Measures potential difference (V)
- Connected in parallel
- Very high resistance
- Placed across the component

Conductors, Alloys and Insulators

Metals/alloys

- Low resistivity ($10^{-8} - 10^{-6} \Omega \text{ m}$)
- Alloys: nichrome, constantan
- Used for heaters, wires
- Alloys do not oxidise easily

Insulators

- Very high resistivity ($10^{12} - 10^{17} \Omega \text{ m}$)
- Rubber, glass, plastic
- Used for covering wires
- Do not conduct current

Textbook Exercise Questions

Q.1 What does an electric circuit mean?

Ans. An electric circuit is a continuous and closed path through which electric current flows, containing a source (cell), conducting wires, a switch and electrical devices.

Q.2 Define the unit of current.

Ans. The unit of current is the ampere. One ampere is the current when one coulomb of charge flows through a conductor in one second ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$).

Q.3 Calculate the number of electrons constituting one coulomb of charge.

Ans. Charge of one electron = $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Number $n = Q/e = 1 / (1.6 \times 10^{-19}) = 6.25 \times 10^{18}$ electrons.

Q.4 Name a device that helps to maintain a potential difference across a conductor.

Ans. A cell or a battery (also a generator) maintains the potential difference.

Q.5 What is meant by saying that the potential difference between two points is 1 V?

Ans. It means that 1 joule of work is done to move a charge of 1 coulomb from one point to the other.

Q.6 How much energy is given to each coulomb of charge passing through a 6 V battery?

Ans. $E = V \times Q = 6 \times 1 = 6 \text{ J}$. So 6 joules of energy is given to each coulomb.

Q.7 On what factors does the resistance of a conductor depend?

Ans. The length of the conductor ($R \propto l$), its area of cross-section ($R \propto 1/A$), the nature of its material and its temperature.

Q.8 Will current flow more easily through a thick wire or a thin wire of the same material, when connected to the same source? Why?

Ans. Current flows more easily through a thick wire, because resistance is inversely proportional to the area of cross-section, so a thicker wire has less resistance.

Q.9 Let the resistance of an electrical component remains constant while the potential difference across the two ends of the component decreases to half of its former value. What change will occur in the current through it?

Ans. By Ohm's law $I = V/R$; with V halved and R constant, the current also becomes half.

Q.10 Why are coils of electric toasters and electric irons made of an alloy rather than a pure metal?

Ans. Alloys have higher resistivity than pure metals and do not oxidise (burn) readily at high temperatures, so they give more heat and last longer.

Q.11 Use the data in Table to answer: (a) Which among iron and mercury is a better conductor? (b) Which material is the best conductor?

Ans. (a) Iron has lower resistivity than mercury (iron 10.0×10^{-8} , mercury $94.0 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$), so iron is the better conductor. (b) Silver, with the lowest resistivity ($1.60 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$), is the best conductor.

Q.12 Draw a schematic diagram of a circuit consisting of a battery of three cells of 2 V each, a $5\ \Omega$ resistor, an $8\ \Omega$ resistor and a $12\ \Omega$ resistor, and a plug key, all connected in series.

Ans. Draw the 3 cells in series (total 6 V), then the resistors $5\ \Omega$, $8\ \Omega$, $12\ \Omega$ and the plug key in series in a single loop. Total $R = 25\ \Omega$, so $I = 6/25 = 0.24\ \text{A}$.

Q.13 Redraw the circuit of Question 1, putting in an ammeter to measure the current through the resistors and a voltmeter to measure the potential difference across the $12\ \Omega$ resistor. What would be the readings in the ammeter and the voltmeter?

Ans. Ammeter in series with the resistors; voltmeter in parallel across the $12\ \Omega$ resistor. Ammeter reading $I = 0.24\ \text{A}$. Voltmeter reading $V = IR = 0.24 \times 12 = 2.88\ \text{V}$.

Q.14 Judge the equivalent resistance when the following are connected in parallel: (a) $1\ \Omega$ and $10^6\ \Omega$ (b) $1\ \Omega$, $10^3\ \Omega$ and $10^6\ \Omega$.

Ans. For parallel resistors the equivalent is smaller than the smallest. (a) Approximately $1\ \Omega$ (slightly less than $1\ \Omega$). (b) Also approximately $1\ \Omega$ (slightly less than $1\ \Omega$).

Q.15 An electric lamp of $100\ \Omega$, a toaster of resistance $50\ \Omega$, and a water filter of resistance $500\ \Omega$ are connected in parallel to a 220 V source. What is the resistance of an electric iron connected to the same source that takes as much current as all three appliances, and what is the current through it?

Ans. $1/R = 1/100 + 1/50 + 1/500 = (5 + 10 + 1)/500 = 16/500$, so $R = 31.25\ \Omega$. The iron has resistance $31.25\ \Omega$.

$I = V/R = 220/31.25 = 7.04\ \text{A}$.

Q.16 What are the advantages of connecting electrical devices in parallel with the battery instead of connecting them in series?

Ans. In parallel each device gets the full voltage, each can be operated independently, and if one fails others keep working. The total resistance is lower, so the appliances draw the current they need. In series, one failure breaks the whole circuit and the voltage is divided.

Q.17 How can three resistors of resistances $2\ \Omega$, $3\ \Omega$, and $6\ \Omega$ be connected to give a total resistance of (a) $4\ \Omega$, (b) $1\ \Omega$?

Ans. (a) Connect $2\ \Omega$ in series with the parallel combination of $3\ \Omega$ and $6\ \Omega$ (which gives $2\ \Omega$): $2 + 2 = 4\ \Omega$. (b) Connect all three in parallel: $1/R = 1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$, so $R = 1\ \Omega$.

Q.18 What is (a) the highest, (b) the lowest total resistance that can be secured by combinations of four coils of resistance $4\ \Omega$, $8\ \Omega$, $12\ \Omega$, $24\ \Omega$?

Ans. (a) Highest: all in series: $4 + 8 + 12 + 24 = 48\ \Omega$. (b) Lowest: all in parallel: $1/R = 1/4 + 1/8 + 1/12 + 1/24 = (6 + 3 + 2 + 1)/24 = 12/24$, so $R = 2\ \Omega$.

Q.19 Why does the cord of an electric heater not glow while the heating element does?

Ans. The heating element has very high resistance and the same current flows through both in series, so I^2R is large in the element, which becomes red hot. The cord has very low resistance, so very little heat is generated.

Q.20 Compute the heat generated while transferring 96000 coulomb of charge in one hour through a potential difference of 50 V .

Ans. $H = V \times Q = 50 \times 96000 = 4.8 \times 10^6\text{ J}$.

Q.21 An electric iron of resistance $20\ \Omega$ takes a current of 5 A . Calculate the heat developed in 30 s .

Ans. $H = I^2 R t = 5^2 \times 20 \times 30 = 25 \times 20 \times 30 = 15000\text{ J} = 1.5 \times 10^4\text{ J}$.

Q.22 What determines the rate at which energy is delivered by a current?

Ans. The electric power, $P = VI = I^2 R$. It determines the rate at which energy is delivered.

Q.23 An electric motor takes 5 A from a 220 V line. Determine the power of the motor and the energy consumed in 2 h .

Ans. $P = VI = 220 \times 5 = 1100\text{ W} = 1.1\text{ kW}$. $E = P \times t = 1.1 \times 2 = 2.2\text{ kWh}$ ($= 7.92 \times 10^6\text{ J}$).

Q.24 A piece of wire of resistance R is cut into five equal parts. These parts are then connected in parallel. If the equivalent resistance of this combination is R' , then the ratio R/R' is: (a) $1/25$ (b) $1/5$ (c) 5 (d) 25 .

Ans. Each part has $R/5$. Five in parallel: $R' = (R/5)/5 = R/25$. So $R/R' = 25$. The answer is (d) 25 .

Q.25 Which of the following terms does not represent electrical power in a circuit? (a) $I^2 R$ (b) IR^2 (c) VI (d) V^2/R .

Ans. The answer is (b) IR^2 .

Q.26 An electric bulb is rated 220 V and 100 W . When it is operated on 110 V , the power consumed will be: (a) 100 W (b) 75 W (c) 50 W (d) 25 W .

Ans. $R = V^2/P = 220^2/100 = 484\ \Omega$. At 110 V , $P = 110^2/484 = 25\text{ W}$. The answer is (d) 25 W .

Q.27 Two conducting wires of the same material and of equal lengths and equal diameters are first connected in series and then parallel in a circuit across the same potential difference. The ratio of heat produced

in series and parallel combinations would be: (a) 1:2 (b) 2:1 (c) 1:4 (d) 4:1.

Ans. Series $R_s = 2R$, parallel $R_p = R/2$. Heat $H = V^2 t / R$, so $H_s / H_p = R_p / R_s = (R/2) / (2R) = 1/4$. The answer is (c) 1:4.

Q.28 How is a voltmeter connected in the circuit to measure the potential difference between two points?

Ans. A voltmeter is connected in parallel across the two points.

Q.29 A copper wire has diameter 0.5 mm and resistivity of $1.6 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$. What will be the length of this wire to make its resistance 10Ω ? How much does the resistance change if the diameter is doubled?

Ans. $A = \pi d^2 / 4 = 3.14 \times (0.5 \times 10^{-3})^2 / 4 = 1.96 \times 10^{-7} \text{ m}^2$. $L = RA / \rho = 10 \times 1.96 \times 10^{-7} / 1.6 \times 10^{-8} = 122.7 \text{ m}$.

If diameter is doubled, area becomes 4 times, so the resistance becomes one-fourth: $10/4 = 2.5 \Omega$.

Q.30 The values of current I flowing in a given resistor for the corresponding values of potential difference V across the resistor are given. Plot a graph between V and I and calculate the resistance of that resistor.

Ans. The graph of V against I is a straight line through the origin (Ohm's law). Resistance R is the slope $= V/I$. For the NCERT data (V : 1.6, 3.4, 6.7, 10.2, 13.2 V; I : 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ...) the slope is about 3.4Ω .

Q.31 When a 4Ω resistor is connected across the terminals of a 12 V battery, the number of coulombs passing through the resistor per second is:

Ans. $I = V/R = 12/4 = 3 \text{ A}$, so 3 coulombs pass per second.

Q.32 How many $176\ \Omega$ resistors (in parallel) are required to carry 5 A on a 220 V line?

Ans. Total R needed $= V/I = 220/5 = 44\ \Omega$. For n resistors of $176\ \Omega$ in parallel, $R = 176/n = 44$, so $n = 4$ resistors.

Q.33 Show how you would connect three resistors, each of resistance $6\ \Omega$, so that the combination has a resistance of (i) $9\ \Omega$, (ii) $4\ \Omega$.

Ans. (i) Two in parallel ($3\ \Omega$) in series with the third ($6\ \Omega$): $3 + 6 = 9\ \Omega$.

(ii) Two in series ($12\ \Omega$) in parallel with the third ($6\ \Omega$): $(12 \times 6)/(12 + 6) = 4\ \Omega$.

Q.34 Several electric bulbs designed to be used on a 220 V electric supply line, are rated 10 W . How many lamps can be connected in parallel with each other across the two wires of 220 V line if the maximum allowable current is 5 A ?

Ans. Total power allowed $= 220 \times 5 = 1100\text{ W}$. Number of lamps $= 1100/10 = 110$ lamps.

Q.35 A hot plate of an electric oven connected to a 220 V line has two resistance coils A and B , each of $24\ \Omega$ resistance, which may be used separately, in series, or in parallel. What are the currents in the three cases?

Ans. Separately: $I = 220/24 = 9.2\text{ A}$. In series: $R = 48\ \Omega$, $I = 220/48 = 4.6\text{ A}$. In parallel: $R = 12\ \Omega$, $I = 220/12 = 18.3\text{ A}$.

Q.36 Compare the power used in the $2\ \Omega$ resistor in each of the following circuits: (i) a 6 V battery in series with $1\ \Omega$ and $2\ \Omega$ resistors, and (ii) a 4 V battery in parallel with $12\ \Omega$ and $2\ \Omega$ resistors.

Ans. (i) $I = 6/3 = 2\text{ A}$, $P = I^2R = 4 \times 2 = 8\text{ W}$. (ii) The $2\ \Omega$ resistor has 4 V across it: $P = V^2/R = 16/2 = 8\text{ W}$. The power is the same, 8 W , in both

cases.

Q.37 Two lamps, one rated 100 W at 220 V, and the other 60 W at 220 V, are connected in parallel to electric mains supply. What current is drawn from the line if the supply voltage is 220 V?

Ans. Total power = 100 + 60 = 160 W. $I = P/V = 160/220 = 0.73$ A.

Q.38 Which uses more energy, a 250 W TV set in 1 hr, or a 1200 W toaster in 10 minutes?

Ans. TV: $250 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 9 \times 10^5 \text{ J}$. Toaster: $1200 \times 600 = 7.2 \times 10^5 \text{ J}$.
The TV set uses more energy.

Q.39 An electric heater of resistance 8Ω draws 15 A from the service mains for 2 hours. Calculate the rate at which heat is developed in the heater.

Ans. $P = I^2 R = 15^2 \times 8 = 225 \times 8 = 1800 \text{ W} (1800 \text{ J/s})$.

Q.40 Explain the following. (a) Why is tungsten used almost exclusively for filament of electric lamps? (b) Why are the conductors of electric heating devices, such as bread-toasters and electric irons, made of an alloy rather than a pure metal? (c) Why is the series arrangement not used for domestic circuits? (d) How does the resistance of a wire vary with its area of cross-section? (e) Why are copper and aluminium wires usually employed for electricity transmission?

Ans. (a) It has a very high melting point (3380°C) and does not melt at the high temperature of the filament. (b) Alloys have higher resistivity and do not oxidise easily when heated. (c) In series the same current flows, one failure cuts all, and appliances cannot get the required voltage and operate independently. (d) R is inversely proportional to the area of cross-section. (e) They have low resistivity and are good conductors, so less energy is lost.

CBSE Previous Year Board Questions (with Solutions)

Q.1 [CBSE Board / 3 marks] State Ohm's law. How do you verify it experimentally? What does the V-I graph look like?

Ans. Ohm's law: $V \propto I$ at constant temperature, $V = IR$. Connect a resistor, battery, ammeter (series) and voltmeter (parallel), change the voltage by adding cells, and note I . The V-I graph is a straight line through the origin.

Q.2 [CBSE Board / 3 marks] Three resistors $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ and $6\ \Omega$ are connected in parallel across a 6 V battery. Find the equivalent resistance and the total current.

Ans. $1/R = 1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$, so $R = 1\ \Omega$. $I = V/R = 6/1 = 6\text{ A}$.

Q.3 [CBSE Board / 3 marks] An electric iron of 1 kW is used for 2 hours daily. Find the energy consumed in 30 days and the cost at ₹5 per unit.

Ans. Energy per day = $1 \times 2 = 2\text{ kWh}$. In 30 days = 60 kWh . Cost = $60 \times 5 = ₹300$.

Q.4 [CBSE Board / 2 marks] Why do we use a fuse in an electric circuit? Why is it connected in series?

Ans. The fuse melts and breaks the circuit if the current exceeds the safe limit, protecting appliances. It is connected in series so the entire current flows through it.

Q.5 [CBSE Board / 3 marks] A wire of length 2 m has a resistance of $4\ \Omega$. Find the resistance of a wire of the same material of length 6 m and half the area of cross-section.

Ans. $R \propto l/A$. New length is 3 times and area is half, so resistance becomes $3 \times 2 = 6$ times: $R' = 6 \times 4 = 24\ \Omega$.

Q.6 [CBSE Board / 3 marks] Derive the expression for the equivalent resistance of two resistors connected in series.

Ans. The same current I flows. $V = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$. With $V = IR_s$, we get $R_s = R_1 + R_2$.

Q.7 [CBSE Board / 2 marks] Define the commercial unit of electrical energy and state its relation with joules.

Ans. The commercial unit is the kilowatt-hour (kWh): energy consumed by a 1 kW appliance in 1 hour. $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$.

Q.8 [CBSE Board / 3 marks] A bulb is rated 60 W, 220 V. Find the resistance of its filament and the current drawn.

Ans. $R = V^2/P = 220^2/60 = 806.7 \Omega$. $I = P/V = 60/220 = 0.27 \text{ A}$.

Q.9 [CBSE Board / Assertion-Reason] Assertion (A): Alloys are used in heating elements of heaters. Reason (R): Alloys have high resistivity and do not oxidise readily.

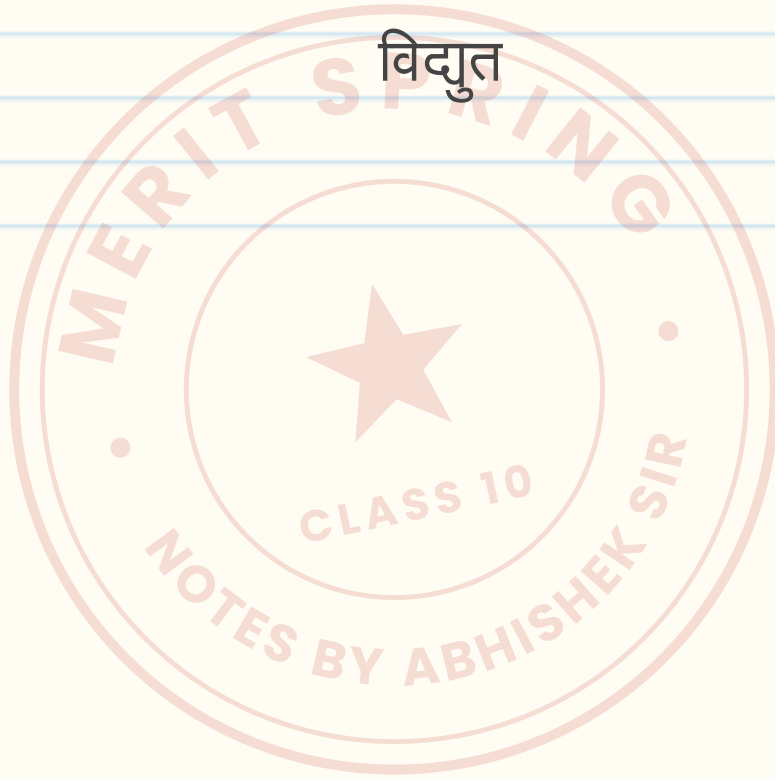
Ans. Both A and R are true, and R is the correct explanation of A.

Q.10 [CBSE Board / 3 marks] State Joule's law of heating. How much heat is produced in 10 s by a 10Ω resistor carrying 2 A?

Ans. $H = I^2Rt$. $H = 2^2 \times 10 \times 10 = 400 \text{ J}$.

HINDI VERSION

विद्युत



अध्याय समीक्षा

- विद्युत आवेश: पदार्थ का मूल गुण; दो प्रकार, धनात्मक और ऋणात्मक। सजातीय आवेश प्रतिकर्षित और विजातीय आकर्षित करते हैं। आवेश का SI मात्रक कूलॉम (C) है। 1 कूलॉम वह आवेश है जो 1 A धारा के 1 s में प्रवाहित होने पर बहता है। एक इलेक्ट्रॉन का आवेश = -1.6×10^{-19} C, अतः 1 C में लगभग 6×10^{18} इलेक्ट्रॉन होते हैं। आवेश क्वांटिकृत और संरक्षित है तथा धातुओं में इलेक्ट्रॉन वहन करते हैं।
- विद्युत धारा किसी चालक में आवेश के प्रवाह की दर है: $I = Q/t$ । SI मात्रक ऐम्पियर (A), $1 A = 1 C/s$; छोटे मात्रक: $1 mA = 10^{-3} A$, $1 \mu A = 10^{-6} A$ । परिपाटी के अनुसार धारा की दिशा इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की विपरीत दिशा में, अर्थात् सेल के धन टर्मिनल से ऋण टर्मिनल की ओर मानी जाती है। ऐमीटर धारा मापता है, श्रेणीक्रम में जुड़ता है और इसका प्रतिरोध बहुत कम होता है।
- दो बिंदुओं के बीच विद्युत विभवांतर, एकांक आवेश को एक बिंदु से दूसरे तक ले जाने में किया गया कार्य है: $V = W/Q$ । SI मात्रक वोल्ट (V); $1 V = 1 J/C$ । वोल्टमीटर विभवांतर मापता है, घटक के पार्श्वक्रम में जुड़ता है और इसका प्रतिरोध बहुत अधिक होता है। सेल रासायनिक अभिक्रिया से अपने टर्मिनलों के बीच विभवांतर बनाए रखता है जो धारा प्रवाहित करता है।
- परिपथ आरेख के प्रतीक: विद्युत सेल, बैटरी, प्लग कुंजी (खुली/बंद), तार का संधि, बिना जुड़े काटते तार, बल्ब, प्रतिरोधक R, परिवर्ती प्रतिरोध/धारा नियंत्रक, ऐमीटर और वोल्टमीटर। परिपथ विद्युत धारा का सतत और बंद पथ है; धारा केवल बंद परिपथ में बहती है।
- ओम का नियम: स्थिर ताप पर किसी चालक के सिरों के बीच विभवांतर V उसमें प्रवाहित धारा I के अनुक्रमानुपाती होता है: $V = IR$, जहाँ R प्रतिरोध है। V और I का ग्राफ मूल बिंदु से गुज़रने वाली सरल रेखा होता है। प्रतिरोध चालक का आवेश प्रवाह का विरोध करने का गुण है; SI मात्रक ओम (Ω)। 1Ω वह प्रतिरोध है जब 1 V विभवांतर 1 A धारा चलाए। धारा नियंत्रक (रियोस्टैट) परिपथ में प्रतिरोध बदलता है।

- चालक का प्रतिरोध निर्भर करता है: (i) लंबाई l ($R \propto l$), (ii) अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल A ($R \propto 1/A$) और (iii) पदार्थ की प्रकृति तथा ताप पर। $R = \rho l / A$, जहाँ ρ (रो) विद्युत प्रतिरोधकता ($\Omega \text{ m}$) है। प्रतिरोधकता पदार्थ की प्रकृति और ताप पर निर्भर है, आयामों पर नहीं। धातुओं और मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता कम (10^{-8} से $10^{-6} \Omega \text{ m}$) होती है; रबर और काँच जैसे कुचालकों की बहुत अधिक (10^{12} से $10^{17} \Omega \text{ m}$)। मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता उनकी घटक धातुओं से अधिक होती है और वे उच्च ताप पर शीघ्र ऑक्सीकृत नहीं होतीं। इसलिए ताप उपकरणों (नाइक्रोम, कांस्टेंटन, मैंगनिन) में प्रयुक्त होती हैं। प्रेषण तारों में ताँबा और ऐल्युमिनियम; बल्ब तंतु में टंगस्टन (उच्च गलनांक)।
- श्रेणीक्रम में प्रतिरोध: प्रत्येक प्रतिरोधक में समान धारा बहती है; कुल $R = R_1 + R_2 + R_3$ । कुल विभवांतर अलग-अलग विभवांतरों का योग है: $V = V_1 + V_2 + V_3$ । तुल्य प्रतिरोध सबसे बड़े प्रतिरोध से अधिक होता है। एक घटक विफल होने पर परिपथ टूट जाता है। श्रेणीक्रम वहाँ प्रयुक्त होता है जहाँ समान धारा चाहिए।
- पार्श्वक्रम में प्रतिरोध: प्रत्येक प्रतिरोधक के सिरों पर विभवांतर समान और धारा विभाजित होती है: $I = I_1 + I_2 + I_3$ । $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ । तुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे प्रतिरोध से भी कम होता है। एक उपकरण विफल होने पर अन्य चलते रहते हैं। घरेलू परिपथ पार्श्वक्रम में होते हैं ताकि प्रत्येक उपकरण को समान वोल्टता (220 V) मिले और वे स्वतंत्र रूप से चालू-बंद हो सकें।
- धारा का ऊष्मीय प्रभाव: प्रतिरोधक में धारा बहने पर विद्युत ऊर्जा ऊष्मा में बदलती है। जूल का तापन नियम: $H = I^2 R t$ । ओम के नियम से $H = V I t = V^2 t / R$ । अनुप्रयोग: विद्युत हीटर, इस्तरी, टोस्टर, केतली (उच्च प्रतिरोधकता मिश्रधातु के तत्व), विद्युत बल्ब (टंगस्टन तंतु श्वेत तप्त हो जाता है; आयु बढ़ाने के लिए अक्रिय गैस नाइट्रोजन/आर्गन भरी होती है), और फ्यूज (कम गलनांक का तार जो धारा सुरक्षित सीमा से अधिक होने पर पिघलकर परिपथ तोड़ देता है और उपकरणों की रक्षा करता है; यह लाइव तार में श्रेणीक्रम में जुड़ता है)। फ्यूज तार टिन-सीसा मिश्रधातु का बनता है।

- विद्युत शक्ति विद्युत ऊर्जा के उपभोग या कार्य की दर है: $P = VI = I^2R = V^2/R$ SI मात्रक वाट (W): $1 \text{ W} = 1 \text{ V पर } 1 \text{ A}$ धारा बहने से उपभुक्त शक्ति। $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ । विद्युत ऊर्जा $E = P \times t$ । ऊर्जा का व्यावसायिक मात्रक किलोवाट-घंटा (kWh) या 'यूनिट': $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ । kWh में ऊर्जा = kW में शक्ति $\times$ घंटों में समय। उदाहरण: 100 W का बल्ब 10 घंटे चलाने पर 1 kWh ऊर्जा लेता है।
- विद्युत सुरक्षा (अतिरिक्त): घरेलू वायरिंग में लाइव (लाल), न्यूट्रल (काला) और अर्थ (हरा) तार होते हैं; फ्यूज और भू-संपर्कन लघुपथन और विद्युत झटकों से बचाते हैं; एक परिपथ में बहुत अधिक उपकरण जोड़ने से अतिभारण होता है। विद्युत विभव को वोल्टता भी कहते हैं; 1 C आवेश ले जाने में 1 J कार्य के लिए 1 V विभवांतर चाहिए।
- उपकरणों के बारे में महत्वपूर्ण बिंदु: ऐमीटर श्रेणीक्रम में (कम प्रतिरोध), वोल्टमीटर पार्श्वक्रम में (अधिक प्रतिरोध), सेल या बैटरी विभवांतर देती है, कुंजी परिपथ नियंत्रित करती है और धारा नियंत्रक धारा को नियंत्रित करता है। बल्ब को सेल से जोड़कर कुंजी लगाने पर बंद परिपथ में बल्ब जलता है। लाइव और न्यूट्रल तार छू जाएँ तो लघुपथन होता है और धारा बहुत अधिक हो जाती है; फ्यूज रक्षा करता है।
- आंकिक प्रश्न हल करने की युक्ति: धारा के लिए $I = V/R$ या Q/t ; श्रेणीक्रम में प्रतिरोध जोड़ें; पार्श्वक्रम में व्युत्क्रमों का योग; शक्ति के लिए $P = VI$; ऊर्जा के लिए $E = P \times t$; ऊष्मा के लिए $H = I^2Rt$ । समय को सेकंड में और मात्रकों को SI में बदलें; kWh के लिए शक्ति kW में और समय घंटे में लें।

महत्वपूर्ण सूत्र / मान

- धारा $I = Q / t$; $Q = ne$; $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- विभवांतर $V = W / Q$; $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
- ओम का नियम: $V = IR$; $R = V / I$
- प्रतिरोध $R = \rho l / A$; $\rho = RA / l$ (मात्रक $\Omega \text{ m}$)
- श्रेणीक्रम: $R = R_1 + R_2 + R_3$; समान धारा; $V = V_1 + V_2 + V_3$
- पार्श्वक्रम: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$; समान वोल्टता; $I = I_1 + I_2 + I_3$
- ऊष्मा $H = I^2Rt = VIt = V^2t / R$ (जूल)
- शक्ति $P = VI = I^2R = V^2/R$; ऊर्जा $E = P t$; $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

मुख्य शब्दावली

विद्युत धारा - विद्युत आवेश के प्रवाह की दर; $I = Q/t$; मात्रक ऐम्पियर।

विभवांतर - एकांक आवेश को दो बिंदुओं के बीच ले जाने में किया गया कार्य; मात्रक वोल्ट।

प्रतिरोध - चालक का धारा प्रवाह का विरोध करने का गुण; मात्रक ओम।

प्रतिरोधकता - एकांक लंबाई और एकांक अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले चालक का प्रतिरोध; मात्रक $\Omega \text{ m}$ ।

ओम का नियम - स्थिर ताप पर चालक के सिरों का विभवांतर उसमें बहने वाली धारा के अनुक्रमानुपाती होता है।

जूल का तापन नियम - उत्पन्न ऊष्मा $H = I^2 R t$ होती है।

विद्युत शक्ति - विद्युत ऊर्जा के उपभोग की दर; $P = VI$; मात्रक वाट।

किलोवाट-घंटा - विद्युत ऊर्जा का व्यावसायिक मात्रक; $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ।

फ्यूज - सुरक्षा युक्ति जो धारा सुरक्षित सीमा से अधिक होने पर पिघलकर परिपथ तोड़ देती है।

ऐमीटर / वोल्टमीटर - ऐमीटर धारा मापता है, श्रेणीक्रम में जुड़ता है; वोल्टमीटर विभवांतर मापता है, पार्श्वक्रम में जुड़ता है।

आरेख / फ्लोचार्ट

धारा, वोल्टता और प्रतिरोध का संबंध

सेल/बैटरी विभवांतर V देती है



बंद परिपथ में आवेश बहता है; धारा I ।



चालक प्रतिरोध R प्रस्तुत करता है

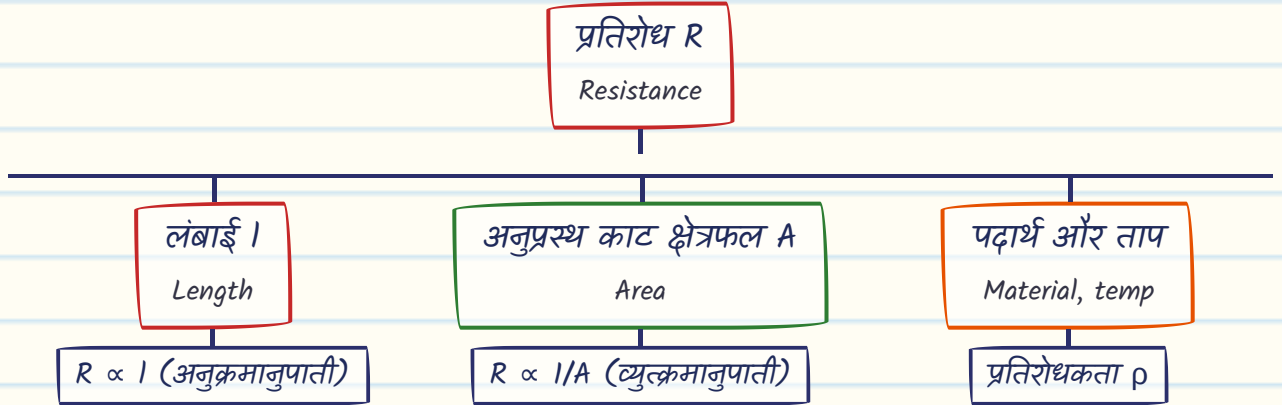


ओम का नियम जोड़ता है: $V = IR$



समान V पर R अधिक तो धारा कम

प्रतिरोध को प्रभावित करने वाले कारक



श्रेणीक्रम बनाम पार्श्वक्रम

श्रेणीक्रम

- सभी में समान धारा
- वोल्टता जुड़ती है: $V = V_1 + V_2 + V_3$
- $R = R_1 + R_2 + R_3$ (अधिक)
- एक विफल तो सब बंद

पार्श्वक्रम

- सभी पर समान वोल्टता
- धाराएँ जुड़ती हैं: $I = I_1 + I_2 + I_3$
- $1/R = \Sigma(1/R)$ (कम)
- एक विफल तो अन्य चलते हैं

विद्युत फ्यूज की कार्यविधि

सामान्य धारा: फ्यूज तार सुरक्षित



अतिभारण या लघुपथन: धारा बढ़ती है



फ्यूज तार गर्म होकर ($H = I^2 R t$) पिघलता है



परिपथ टूटता है; उपकरण सुरक्षित

धारा का ऊष्मीय प्रभाव

बैटरी इलेक्ट्रॉनों को प्रतिरोधक से चलाती है



इलेक्ट्रॉन चालक के परमाणुओं से टकराते हैं



विद्युत ऊर्जा ऊष्मा में बदलती है



$H = I^2 R t$; हीटर, इस्तरी, केतली में

बिजली का बिल निकालना

प्रत्येक उपकरण की शक्ति (W) ज्ञात करें



kW में बदलें ; प्रयोग के घंटे लिखें



ऊर्जा = शक्ति (kW) × समय (h) = kWh



कुल kWh × प्रति यूनिट दर = बिल

ऐमीटर बनाम वोल्टमीटर

ऐमीटर

- धारा मापता है (A)
- श्रेणीक्रम में जुड़ता है
- बहुत कम प्रतिरोध
- धारा के पथ में लगता है

वोल्टमीटर

- विभवांतर मापता है (V)
- पार्श्वक्रम में जुड़ता है
- बहुत अधिक प्रतिरोध
- घटक के सिरो पर लगता है

चालक, मिश्रधातु और कुचालक

धातुएँ/मिश्रधातुएँ

- कम प्रतिरोधकता ($10^{-8} - 10^{-6} \Omega m$)
- मिश्रधातु: नाइक्रोम, कांस्टेंटन
- हीटर, तारों में प्रयुक्त
- मिश्रधातु जल्दी ऑक्सीकृत नहीं

कुचालक

- बहुत अधिक प्रतिरोधकता ($10^{12} - 10^{17} \Omega m$)
- रबर, काँच, प्लास्टिक
- तारों पर आवरण
- धारा नहीं चालते

पाठ्यपुस्तक अभ्यास प्रश्न

प्र.1 विद्युत परिपथ का क्या अर्थ है?

उत्तर- विद्युत परिपथ विद्युत धारा के प्रवाह का सतत और बंद पथ है, जिसमें स्रोत (सेल), चालक तार, स्विच और विद्युत उपकरण होते हैं।

प्र.2 विद्युत धारा के मात्रक की परिभाषा लिखिए।

उत्तर- धारा का मात्रक ऐम्पियर है। एक ऐम्पियर वह धारा है जब किसी चालक में एक सेकंड में एक कूलॉम आवेश प्रवाहित हो ($1 A = 1 C/s$)।

प्र.3 एक कूलॉम आवेश की रचना करने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या परिकलित कीजिए।

उत्तर- एक इलेक्ट्रॉन का आवेश $= 1.6 \times 10^{-19} C$ । संख्या $n = Q/e = 1 / (1.6 \times 10^{-19}) = 6.25 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन।

प्र.4 उस युक्ति का नाम लिखिए जो किसी चालक के सिरों पर विभवांतर बनाए रखने में सहायता करती है।

उत्तर- सेल या बैटरी (साथ ही जनित्र) विभवांतर बनाए रखती है।

प्र.5 यह कहने का क्या तात्पर्य है कि दो बिंदुओं के बीच विभवांतर $1 V$ है?

उत्तर- इसका तात्पर्य है कि 1 कूलॉम आवेश को एक बिंदु से दूसरे तक ले जाने में 1 जूल कार्य किया जाता है।

प्र.6 $6 V$ बैटरी से गुजरने वाले प्रत्येक कूलॉम आवेश को कितनी ऊर्जा दी जाती है?

उत्तर- $E = V \times Q = 6 \times 1 = 6 J$ । अतः प्रत्येक कूलॉम को 6 जूल ऊर्जा दी जाती है।

प्र.7 किसी चालक का प्रतिरोध किन कारकों पर निर्भर करता है?

उत्तर- चालक की लंबाई ($R \propto l$), अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल ($R \propto 1/A$), पदार्थ की प्रकृति और उसका ताप।

प्र.8 समान पदार्थ के दो तारों में से एक पतला और दूसरा मोटा है, दोनों समान स्रोत से जुड़े हैं। किसमें धारा आसानी से प्रवाहित होगी? क्यों?

उत्तर- मोटे तार में धारा आसानी से बहेगी, क्योंकि प्रतिरोध अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती है, अतः मोटे तार का प्रतिरोध कम होता है।

प्र.9 मान लीजिए किसी विद्युत अवयव का प्रतिरोध स्थिर रहता है और उसके सिरों का विभवांतर घटकर पहले का आधा हो जाता है। उसमें प्रवाहित धारा में क्या परिवर्तन होगा?

उत्तर- ओम के नियम से $I = V/R$; V आधा और R स्थिर होने पर धारा भी आधी हो जाएगी।

प्र.10 विद्युत टोस्टर तथा विद्युत इस्तरी के तापन अवयव शुद्ध धातु की अपेक्षा किसी मिश्रधातु के क्यों बनाए जाते हैं?

उत्तर- मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता शुद्ध धातुओं से अधिक होती है और उच्च ताप पर वे शीघ्र ऑक्सीकृत (जलती) नहीं, इसलिए अधिक ऊष्मा देती हैं और अधिक चलती हैं।

प्र.11 सारणी के आँकड़ों के आधार पर उत्तर दीजिए: (a) आयरन तथा मर्करी में कौन अच्छा चालक है? (b) कौन-सा पदार्थ सर्वोत्तम चालक है?

उत्तर- (a) आयरन की प्रतिरोधकता मर्करी से कम है (आयरन 10.0×10^{-8} , मर्करी $94.0 \times 10^{-8} \Omega m$), अतः आयरन अच्छा चालक है। (b) चाँदी, जिसकी प्रतिरोधकता सबसे कम ($1.60 \times 10^{-8} \Omega m$) है, सर्वोत्तम चालक है।

प्र.12 एक परिपथ का आरेख खींचिए जिसमें 2 V के तीन सेलों की बैटरी, एक 5Ω प्रतिरोधक, एक 8Ω प्रतिरोधक, एक 12Ω प्रतिरोधक तथा एक प्लग कुंजी सभी श्रेणीक्रम में जुड़े हों।

उत्तर- तीन सेल श्रेणीक्रम में (कुल 6 V), फिर 5Ω , 8Ω , 12Ω प्रतिरोधक और प्लग कुंजी एक ही लूप में श्रेणीक्रम में बनाइए। कुल $R = 25 \Omega$, अतः $I = 6/25 = 0.24 A$

प्र.13 प्रश्न 1 का परिपथ फिर से खींचिए जिसमें प्रतिरोधकों में धारा मापने के लिए ऐमीटर तथा 12Ω के प्रतिरोधक के सिरों का विभवांतर मापने के लिए वोल्टमीटर लगा हो। ऐमीटर तथा

वोल्टमीटर के पाठ्यांक क्या होंगे?

उत्तर- ऐमीटर प्रतिरोधकों के श्रेणीक्रम में; वोल्टमीटर $12\ \Omega$ प्रतिरोधक के पार्श्वक्रम में। ऐमीटर पाठ्यांक $I = 0.24\text{ A}$ वोल्टमीटर पाठ्यांक $V = IR = 0.24 \times 12 = 2.88\text{ V}$

प्र.14 पार्श्वक्रम में जोड़ने पर तुल्य प्रतिरोध का अनुमान लगाइए: (a) $1\ \Omega$ और $10^6\ \Omega$ (b) $1\ \Omega$, $10^3\ \Omega$ और $10^6\ \Omega$

उत्तर- पार्श्वक्रम में तुल्य प्रतिरोध सबसे छोटे से भी कम होता है। (a) लगभग $1\ \Omega$ ($1\ \Omega$ से थोड़ा कम)। (b) भी लगभग $1\ \Omega$ ($1\ \Omega$ से थोड़ा कम)।

प्र.15 $100\ \Omega$ का एक विद्युत लैंप, $50\ \Omega$ का एक टोस्टर तथा $500\ \Omega$ का एक जल फ़िल्टर 220 V के विद्युत स्रोत से पार्श्वक्रम में जुड़े हैं। उसी स्रोत से जुड़ी एक विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध कितना होगा जो तीनों के बराबर धारा लेती है, और उसमें धारा कितनी है?

उत्तर- $1/R = 1/100 + 1/50 + 1/500 = (5 + 10 + 1)/500 = 16/500$, अतः $R = 31.25\ \Omega$
इस्तरी का प्रतिरोध $31.25\ \Omega$ है।

$$I = V/R = 220/31.25 = 7.04\text{ A}$$

प्र.16 बैटरी से विद्युत अवयवों को पार्श्वक्रम में संयोजित करने के क्या लाभ हैं, श्रेणीक्रम की तुलना में?

उत्तर- पार्श्वक्रम में प्रत्येक उपकरण को पूरी वोल्टता मिलती है, प्रत्येक स्वतंत्र चलाया जा सकता है, एक विफल हो तो अन्य चलते हैं। कुल प्रतिरोध कम होने से उपकरण आवश्यक धारा लेते हैं। श्रेणीक्रम में एक विफलता से पूरा परिपथ टूट जाता है और वोल्टता बँट जाती है।

प्र.17 $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ तथा $6\ \Omega$ प्रतिरोध के तीन प्रतिरोधकों को किस प्रकार संयोजित करेंगे कि संयोजन का कुल प्रतिरोध (a) $4\ \Omega$, (b) $1\ \Omega$ हो?

उत्तर- (a) $2\ \Omega$ को $3\ \Omega$ और $6\ \Omega$ के पार्श्व संयोजन (जो $2\ \Omega$ देता है) के श्रेणीक्रम में जोड़ें: $2 + 2 = 4\ \Omega$ । (b) तीनों को पार्श्वक्रम में जोड़ें: $1/R = 1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$, अतः $R = 1\ \Omega$ ।

प्र.18 $4\ \Omega$, $8\ \Omega$, $12\ \Omega$, $24\ \Omega$ प्रतिरोध की चार कुंडलियों को संयोजित करके (a) अधिकतम (b) निम्नतम प्रतिरोध कितना प्राप्त किया जा सकता है?

उत्तर- (a) अधिकतम: सब श्रेणीक्रम में: $4 + 8 + 12 + 24 = 48\ \Omega$ (b) निम्नतम: सब पार्श्वक्रम में: $1/R = 1/4 + 1/8 + 1/12 + 1/24 = (6 + 3 + 2 + 1)/24 = 12/24$, अतः $R = 2\ \Omega$

प्र.19 किसी विद्युत हीटर की डोरी क्यों नहीं दमकती जबकि उसका तापन अवयव दमकता है?

उत्तर- तापन अवयव का प्रतिरोध बहुत अधिक है और दोनों में श्रेणीक्रम में समान धारा बहती है, अतः अवयव में I^2R बहुत अधिक होता है और वह लाल तप्त हो जाता है। डोरी का प्रतिरोध बहुत कम है, इसलिए उसमें बहुत कम ऊष्मा उत्पन्न होती है।

प्र.20 50 V विभवांतर के दो बिंदुओं के बीच एक घंटे में 96000 कूलॉम आवेश स्थानांतरित करने में उत्पन्न ऊष्मा परिकलित कीजिए।

उत्तर- $H = V \times Q = 50 \times 96000 = 4.8 \times 10^6\text{ J}$

प्र.21 $20\ \Omega$ प्रतिरोध की कोई विद्युत इस्तरी 5 A विद्युत धारा लेती है। 30 s में उत्पन्न ऊष्मा परिकलित कीजिए।

उत्तर- $H = I^2Rt = 5^2 \times 20 \times 30 = 25 \times 20 \times 30 = 15000\text{ J} = 1.5 \times 10^4\text{ J}$

प्र.22 विद्युत धारा द्वारा ऊर्जा प्रदान किए जाने की दर किससे निर्धारित होती है?

उत्तर- विद्युत शक्ति, $P = VI = I^2R$, से। यही ऊर्जा प्रदान किए जाने की दर निर्धारित करती है।

प्र.23 कोई विद्युत मोटर 220 V की विद्युत लाइन से 5 A विद्युत धारा लेता है। मोटर की शक्ति निर्धारित कीजिए तथा 2 घंटे में उपभुक्त ऊर्जा परिकलित कीजिए।

उत्तर- $P = VI = 220 \times 5 = 1100\text{ W} = 1.1\text{ kW}$ । $E = P \times t = 1.1 \times 2 = 2.2\text{ kWh} (= 7.92 \times 10^6\text{ J})$ ।

प्र.24 R प्रतिरोध के किसी तार के पाँच बराबर टुकड़े काटे जाते हैं। इन टुकड़ों को फिर पार्श्वक्रम में संयोजित कर दिया जाता है। यदि संयोजन का तुल्य प्रतिरोध R' है, तो R/R' का अनुपात है: (a) $1/25$ (b) $1/5$ (c) 5 (d) 25

उत्तर- प्रत्येक टुकड़े का प्रतिरोध $R/5$ पाँच पार्श्वक्रम में: $R' = (R/5)/5 = R/25$ अतः $R/R' = 25$ उत्तर (d) 25 है।

प्र.25 निम्न में से कौन-सा पद विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति को निरूपित नहीं करता? (a) I^2R (b) IR^2 (c) VI (d) V^2/R

उत्तर- उत्तर (b) IR^2 है।

प्र.26 किसी विद्युत बल्ब का अनुमतांक 220 V ; 100 W है। जब इसे 110 V पर प्रचालित करते हैं तब इसके द्वारा उपभुक्त शक्ति कितनी होगी? (a) 100 W (b) 75 W (c) 50 W (d) 25 W

उत्तर- $R = V^2/P = 220^2/100 = 484\ \Omega$ 110 V पर $P = 110^2/484 = 25\text{ W}$ उत्तर (d) 25 W है।

प्र.27 समान पदार्थ के, समान लंबाई तथा समान चौड़ाई के दो तारों को पहले श्रेणीक्रम में और फिर पार्श्वक्रम में समान विभवांतर के स्रोत से जोड़ा जाता है। श्रेणीक्रम तथा पार्श्वक्रम में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात होगा: (a) $1:2$ (b) $2:1$ (c) $1:4$ (d) $4:1$

उत्तर- श्रेणीक्रम $R_s = 2R$, पार्श्वक्रम $R_p = R/2$ ऊष्मा $H = V^2t/R$, अतः $H_s/H_p = R_p/R_s = (R/2)/(2R) = 1/4$ उत्तर (c) $1:4$ है।

प्र.28 दो बिंदुओं के बीच विभवांतर मापने के लिए वोल्टमीटर को परिपथ में किस प्रकार जोड़ा जाता है?

उत्तर- वोल्टमीटर को दोनों बिंदुओं के पार्श्वक्रम में जोड़ा जाता है।

प्र.29 0.5 mm व्यास के ताँबे के तार की प्रतिरोधकता $1.6 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ है। $10\ \Omega$ प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए कितनी लंबाई का तार चाहिए? यदि व्यास दोगुना कर दें तो प्रतिरोध में कितना परिवर्तन होगा?

उत्तर- $A = \pi d^2/4 = 3.14 \times (0.5 \times 10^{-3})^2/4 = 1.96 \times 10^{-7}\text{ m}^2$ $L = RA/\rho = 10 \times 1.96 \times 10^{-7} / 1.6 \times 10^{-8} = 122.7\text{ m}$

व्यास दोगुना होने पर क्षेत्रफल 4 गुना होगा, अतः प्रतिरोध एक-चौथाई हो जाएगा: $10/4 = 2.5 \Omega$

प्र.30 किसी प्रतिरोधक के सिरो के विभवांतर V तथा उसमें प्रवाहित धारा I के मान दिए गए हैं। V और I के बीच ग्राफ खींचिए और उस प्रतिरोधक का प्रतिरोध परिकलित कीजिए।

उत्तर- V और I का ग्राफ मूल बिंदु से गुजरने वाली सरल रेखा होता है (ओम का नियम)।

प्रतिरोध R ग्राफ की प्रवणता $= V/I$ है। NCERT आँकड़ों के लिए यह लगभग 3.4Ω आता है।

प्र.31 12 V की बैटरी के टर्मिनलों से 4Ω का प्रतिरोधक जोड़ने पर प्रति सेकंड प्रतिरोधक से गुजरने वाले कूलॉम की संख्या कितनी होगी?

उत्तर- $I = V/R = 12/4 = 3 \text{ A}$, अतः प्रति सेकंड 3 कूलॉम गुजरते हैं।

प्र.32 220 V लाइन पर 5 A धारा प्रवाहित करने के लिए कितने 176Ω के प्रतिरोधक पार्श्वक्रम में जोड़ने होंगे?

उत्तर- आवश्यक कुल $R = V/I = 220/5 = 44 \Omega$ । 176Ω के n प्रतिरोधक पार्श्वक्रम में: $R = 176/n = 44$, अतः $n = 4$ प्रतिरोधक।

प्र.33 प्रत्येक 6Ω प्रतिरोध के तीन प्रतिरोधकों को किस प्रकार जोड़ें कि संयोजन का प्रतिरोध (i) 9Ω , (ii) 4Ω हो?

उत्तर- (i) दो पार्श्वक्रम में (3Ω) और तीसरा (6Ω) उनके श्रेणीक्रम में: $3 + 6 = 9 \Omega$ । (ii) दो श्रेणीक्रम में (12Ω) और तीसरा (6Ω) उनके पार्श्वक्रम में: $(12 \times 6)/(12 + 6) = 4 \Omega$ ।

प्र.34 220 V की विद्युत लाइन पर उपयोग के लिए अनुमतांक 10 W के अनेक बल्ब हैं। यदि अनुमत अधिकतम धारा 5 A है तो 220 V लाइन के दो तारों के बीच कितने बल्ब पार्श्वक्रम में जोड़े जा सकते हैं?

उत्तर- अनुमत कुल शक्ति $= 220 \times 5 = 1100 \text{ W}$ । बल्बों की संख्या $= 1100/10 = 110$ बल्ब।

प्र.35 किसी विद्युत भट्टी की तप्त प्लेट में 24Ω प्रतिरोध की दो कुंडलियाँ A और B हैं जो अलग-अलग, श्रेणीक्रम या पार्श्वक्रम में 220 V स्रोत से जोड़ी जा सकती हैं। तीनों स्थितियों

में धाराएँ क्या हैं?

उत्तर- अलग-अलग: $I = 220/24 = 9.2 \text{ A}$ श्रेणीक्रम में: $R = 48 \Omega$, $I = 220/48 = 4.6 \text{ A}$
 पार्श्वक्रम में: $R = 12 \Omega$, $I = 220/12 = 18.3 \text{ A}$

प्र.36 निम्न परिपथों में 2Ω प्रतिरोधक द्वारा उपयोग की गई शक्ति की तुलना कीजिए: (i) 6 V बैटरी श्रेणीक्रम में 1Ω और 2Ω प्रतिरोधकों के साथ, (ii) 4 V बैटरी पार्श्वक्रम में 12Ω और 2Ω प्रतिरोधकों के साथ।

उत्तर- (i) $I = 6/3 = 2 \text{ A}$, $P = I^2 R = 4 \times 2 = 8 \text{ W}$ (ii) 2Ω प्रतिरोधक के सिरों पर 4 V हैं: $P = V^2/R = 16/2 = 8 \text{ W}$ । दोनों स्थितियों में शक्ति समान, 8 W है।

प्र.37 100 W (220 V) और 60 W (220 V) के दो लैंप पार्श्वक्रम में विद्युत मेन्स से जोड़े गए हैं। यदि आपूर्ति वोल्टता 220 V है तो लाइन से कितनी धारा ली जाती है?

उत्तर- कुल शक्ति = $100 + 60 = 160 \text{ W}$ । $I = P/V = 160/220 = 0.73 \text{ A}$

प्र.38 किसमें अधिक ऊर्जा व्यय होगी: 250 W का टी.वी. सेट 1 घंटे में, अथवा 1200 W का टोस्टर 10 मिनट में?

उत्तर- टी.वी.: $250 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 9 \times 10^5 \text{ J}$ टोस्टर: $1200 \times 600 = 7.2 \times 10^5 \text{ J}$ । टी.वी. सेट में अधिक ऊर्जा व्यय होती है।

प्र.39 8Ω प्रतिरोध का कोई विद्युत हीटर विद्युत मेन्स से 2 घंटे तक 15 A धारा लेता है। हीटर में ऊष्मा विकसित होने की दर परिकलित कीजिए।

उत्तर- $P = I^2 R = 15^2 \times 8 = 225 \times 8 = 1800 \text{ W}$ (1800 J/s)।

प्र.40 व्याख्या कीजिए: (a) विद्युत लैंपों के तंतुओं के निर्माण में प्रायः एकमात्र टंगस्टन ही क्यों प्रयुक्त होता है? (b) विद्युत तापन युक्तियों जैसे ब्रेड-टोस्टर तथा विद्युत इस्तरी के चालक शुद्ध धातुओं के स्थान पर मिश्रधातुओं के क्यों बनाए जाते हैं? (c) घरेलू विद्युत परिपथों में श्रेणीक्रम संयोजन का उपयोग क्यों नहीं किया जाता? (d) किसी तार का प्रतिरोध उसकी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर किस प्रकार निर्भर करता है? (e) विद्युत संचारण के लिए प्रायः ताँबे तथा ऐल्युमिनियम के तारों का उपयोग क्यों किया जाता है?

उत्तर- (a) इसका गलनांक बहुत उच्च (3380°C) है और तंतु के उच्च ताप पर नहीं पिघलता।
 (b) मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता अधिक होती है और गर्म होने पर शीघ्र ऑक्सीकृत नहीं

होती। (c) श्रेणीक्रम में समान धारा बहती है, एक विफलता से सब बंद हो जाते हैं और उपकरणों को आवश्यक वोल्टता नहीं मिलती तथा वे स्वतंत्र नहीं चलते। (d) R अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती है। (e) इनकी प्रतिरोधकता कम है और ये अच्छे चालक हैं, अतः ऊर्जा हानि कम होती है।

CBSE पिछले वर्षों के बोर्ड प्रश्न (हल सहित)

प्र.1 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] ओम का नियम लिखिए। इसे प्रयोग द्वारा कैसे सत्यापित करेंगे? V-I ग्राफ कैसा होगा?

उत्तर- ओम का नियम: स्थिर ताप पर $V \propto I$, $V = IR$ । प्रतिरोधक, बैटरी, ऐमीटर (श्रेणीक्रम) और वोल्टमीटर (पार्श्वक्रम) जोड़ें, सेल बढ़ाकर वोल्टता बदलें और I नोट करें। V-I ग्राफ मूल बिंदु से गुजरने वाली सरल रेखा होता है।

प्र.2 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ और $6\ \Omega$ के प्रतिरोधक 6 V बैटरी से पार्श्वक्रम में जुड़े हैं। तुल्य प्रतिरोध और कुल धारा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- $1/R = 1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$, अतः $R = 1\ \Omega$ । $I = V/R = 6/1 = 6\text{ A}$

प्र.3 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] 1 kW की इस्तरी प्रतिदिन 2 घंटे चलाई जाती है। 30 दिनों में उपभुक्त ऊर्जा और ₹5 प्रति यूनिट पर खर्च ज्ञात कीजिए।

उत्तर- प्रतिदिन ऊर्जा = $1 \times 2 = 2\text{ kWh}$ । 30 दिनों में = 60 kWh । खर्च = $60 \times 5 = ₹300$ ।

प्र.4 [CBSE बोर्ड | 2 अंक] विद्युत परिपथ में फ्यूज क्यों प्रयुक्त होता है? इसे श्रेणीक्रम में क्यों जोड़ते हैं?

उत्तर- फ्यूज धारा सुरक्षित सीमा से अधिक होने पर पिघलकर परिपथ तोड़ देता है और उपकरणों की रक्षा करता है। इसे श्रेणीक्रम में जोड़ते हैं ताकि पूरी धारा उसी से गुजरे।

प्र.5 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] 2 m लंबाई के तार का प्रतिरोध $4\ \Omega$ है। उसी पदार्थ के 6 m लंबाई और आधे अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले तार का प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

उत्तर- $R \propto l/A$ । नई लंबाई 3 गुनी और क्षेत्रफल आधा, अतः प्रतिरोध $3 \times 2 = 6$ गुना: $R' = 6 \times 4 = 24\ \Omega$

प्र.6 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] श्रेणीक्रम में जुड़े दो प्रतिरोधकों के तुल्य प्रतिरोध का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर- समान धारा I बहती है। $V = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$ । $V = IR_s$ से $R_s = R_1 + R_2$ ।

प्र.7 [CBSE बोर्ड | 2 अंक] विद्युत ऊर्जा का व्यावसायिक मात्रक परिभाषित कीजिए और जूल से इसका संबंध लिखिए।

उत्तर- व्यावसायिक मात्रक किलोवाट-घंटा (kWh) है। 1 kW के उपकरण द्वारा 1 घंटे में उपभुक्त ऊर्जा। $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

प्र.8 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] एक बल्ब पर 60 W, 220 V अंकित है। इसके तंतु का प्रतिरोध और ली गई धारा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- $R = V^2/P = 220^2/60 = 806.7 \Omega$ । $I = P/V = 60/220 = 0.27 \text{ A}$

प्र.9 [CBSE बोर्ड | अभिकथन-कारण] अभिकथन (A): हीटरों के तापन अवयवों में मिश्रधातुएँ प्रयुक्त होती हैं। कारण (R): मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता अधिक होती है और वे शीघ्र ऑक्सीकृत नहीं होतीं।

उत्तर- A और R दोनों सही हैं तथा R, A की सही व्याख्या है।

प्र.10 [CBSE बोर्ड | 3 अंक] जूल का तापन नियम लिखिए। 2 A धारा वाले 10Ω प्रतिरोधक में 10 s में कितनी ऊष्मा उत्पन्न होगी?

उत्तर- $H = I^2 R t$ । $H = 2^2 \times 10 \times 10 = 400 \text{ J}$