हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 6 (क्रमशः)

मान रखने पर

$$E = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-9}}{(0.20)^2}$$

$$F = 2 \times 10^{-6} \times 1800$$

चरणबद्ध गणना

$$E = \frac{72}{0.04} = 1800 \text{ N/C}$$

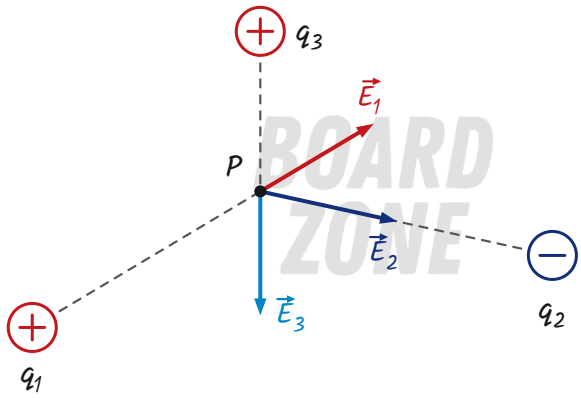
$$F = 3.6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

अंतिम उत्तर		
	$E = 1800$ N/C	+8 nC आवेश से दूर की दिशा में
	$F = 3.6 \times 10^{-3}$ N	+8 nC आवेश की ओर

बिंदु आवेशों के निकाय के कारण विद्युत क्षेत्र

अध्यारोपण के सिद्धांत के अनुसार, कई बिंदु आवेशों के कारण बिंदु P पर क्षेत्र, प्रत्येक आवेश द्वारा अकेले उत्पन्न क्षेत्रों का **सदिश योग** होता है।

प्रत्येक क्षेत्र अलग-अलग ज्ञात कीजिए, उसकी दिशा अंकित कीजिए (+ आवेश से दूर, − आवेश की ओर), फिर उन्हें सदिश रूप में जोड़िए।

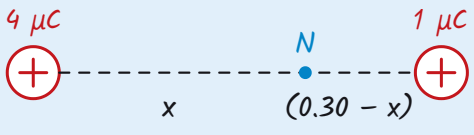


$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + \ldots\right)$$

$r_{iP} = q_i$ की P से दूरी , $\hat{r}_{iP} = q_i$ से P की ओर एकांक सदिश

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 7

+4 μC तथा +1 μC के बिंदु आवेश 30 cm दूरी पर रखे हैं। उनके बीच वह बिंदु ज्ञात कीजिए जहाँ विद्युत क्षेत्र शून्य हो।



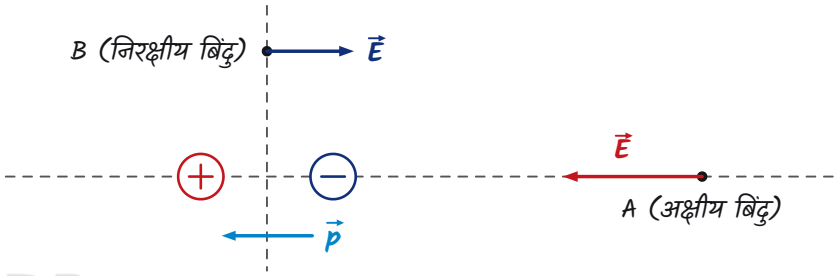
दिए गए मान $q_1 = 4\ \mu C$, $q_2 = 1\ \mu C$, दूरी $= 0.30$ m

ज्ञात करना है 4 μC आवेश से उदासीन बिंदु N की दूरी x

सूत्र N पर दोनों क्षेत्र परिमाण में बराबर तथा दिशा में विपरीत होते हैं :

$k\, q_1/x^2 = k\, q_2/(0.30 - x)^2$

हल अगले पृष्ठ पर जारी है



बिंदु (आदर्श) द्विध्रुव : यदि $q \to \infty$ तथा $a \to 0$ इस प्रकार हों कि $p = q \times 2a$ परिमित रहे, तो लघु द्विध्रुव के परिणाम प्रत्येक r के लिए यथार्थ हो जाते हैं। अतः ये सूत्र बिंदु द्विध्रुव के क्षेत्र के हैं।

याद रखें

द्विध्रुव का क्षेत्र $1/r^3$ के अनुसार घटता है, जो बिंदु आवेश के $1/r^2$ से अधिक तेज़ है, क्योंकि दूर जाने पर $+q$ तथा $-q$ के क्षेत्र लगभग निरस्त हो जाते हैं।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 8

किसी लघु द्विध्रुव में $\pm 5\ \mu C$ के आवेश 4 mm दूरी पर हैं। इसका द्विध्रुव आघूर्ण तथा इसके केंद्र से 20 cm दूरी पर (i) अक्षीय रेखा पर (ii) निरक्षीय रेखा पर क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $q = 5 \times 10^{-6}\ C$, $2a = 4 \times 10^{-3}\ m$, $r = 0.20\ m$

ज्ञात करना है p , E_{ax} तथा E_{eq}

सूत्र $p = q \times 2a$, $E_{ax} = 2kp/r^3$, $E_{eq} = kp/r^3$ (लघु द्विध्रुव, क्योंकि $a \ll r$)

मान रखने पर

$$p = 5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-3}$$

$$E_{ax} = \frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-8}}{(0.20)^3}$$

चरणबद्ध गणना

$$p = 2 \times 10^{-8}\ C\ m$$

$$E_{ax} = \frac{360}{8 \times 10^{-3}}$$

$$E_{ax} = 4.5 \times 10^4\ N/C$$

$$E_{eq} = \frac{E_{ax}}{2}$$

अंतिम उत्तर		
	$p = 2 \times 10^{-8}\ C\ m$	$-q$ से $+q$ की ओर
	$E_{ax} = 4.5 \times 10^4\ N/C$	$\vec{p}$ के अनुदिश
	$E_{eq} = 2.25 \times 10^4\ N/C$	$\vec{p}$ के विपरीत

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 11

किसी घन के केंद्र पर +2 μC का बिंदु आवेश रखा है। पूरे घन से तथा एक फलक से गुज़रने वाला फ्लक्स ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $q = 2 \times 10^{-6}\ C$, $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$, घन के 6 समरूप फलक होते हैं

ज्ञात करना है कुल फ्लक्स तथा एक फलक से फ्लक्स

सूत्र $\phi = q/\varepsilon_0$ तथा $\phi_{face} = \phi/6$

मान रखने पर $\phi = \dfrac{2 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}}$

चरणबद्ध गणना $\phi = 2.26 \times 10^5\ N\ m^2\ C^{-1}$

$\phi_{face} = \dfrac{2.26 \times 10^5}{6}$

अंतिम उत्तर

$\phi = 2.26 \times 10^5\ N\ m^2\ C^{-1}$ बाहर की ओर

$\phi_{face} = 3.77 \times 10^4\ N\ m^2\ C^{-1}$ बाहर की ओर

गाउसीय पृष्ठ :- किसी आवेश को घेरने वाला कोई भी काल्पनिक बंद पृष्ठ उस आवेश का गाउसीय पृष्ठ कहलाता है।

परीक्षा की दृष्टि से

ऐसा गाउसीय पृष्ठ चुनिए जो उस बिंदु से गुज़रे जहाँ E ज्ञात करना है, तथा जिस पर E नियत हो या कोण θ सरल (0° या 90°) हो। यह किसी बिंदु आवेश से होकर **नहीं** गुज़रना चाहिए।

गाउस की प्रमेय से कूलॉम का नियम

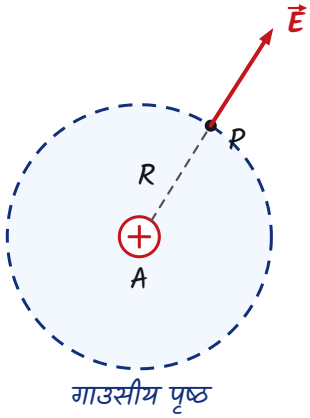
मान्यताएँ : q विरामावस्था में स्थित बिंदु आवेश है। **गोलीय सममिति** के कारण $\vec{E}$ त्रिज्य है तथा q को केंद्र मानकर खींचे गए गोले के सभी बिंदुओं पर इसका परिमाण समान है।

यह स्वतंत्र उपपत्ति नहीं है। ऊपर गाउस की प्रमेय कूलॉम के नियम से प्राप्त की गई थी। यह भाग केवल यह दिखाता है कि दोनों नियम परस्पर संगत हैं।

मान लीजिए बिंदु A पर आवेश q है। हमें बिंदु P पर रखे परीक्षण आवेश q_0 पर बल F ज्ञात करना है।

A को केंद्र मानकर R त्रिज्या का गोलीय गाउसीय पृष्ठ लेने पर, गाउस की प्रमेय के अनुसार :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$



व्युत्पत्ति अगले पृष्ठ पर जारी है

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 4

बिंदु P, +2 μC के आवेश से 20 cm तथा −3 μC के आवेश से 40 cm दूरी पर है। P पर विभव ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $q_1 = 2 \times 10^{-6}\ C\ ,\ r_1 = 0.20\ m\ ,\ q_2 = -3 \times 10^{-6}\ C\ ,\ r_2 = 0.40\ m$

ज्ञात करना है P पर विभव V

सूत्र $V = k\,(q_1/r_1 + q_2/r_2)$

मान रखने पर $V = 9 \times 10^9 \left[\dfrac{2 \times 10^{-6}}{0.20} + \dfrac{-3 \times 10^{-6}}{0.40} \right]$

चरणबद्ध गणना

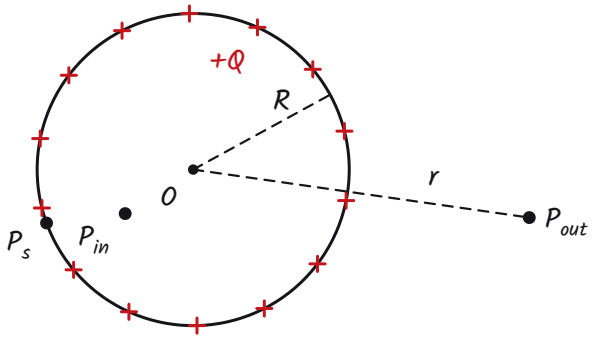
$V = 9 \times 10^9\,(10^{-5} - 7.5 \times 10^{-6})$

$V = 9 \times 10^9 \times 2.5 \times 10^{-6}$

अंतिम उत्तर $V = 2.25 \times 10^4\ V$ प्रत्येक आवेश चिह्न सहित लिया गया है

एकसमान आवेशित गोलीय कोश के कारण विद्युत विभव

त्रिज्या R का पतला गोलीय कोश लीजिए जिसके पृष्ठ पर आवेश Q एकसमान वितरित है। केंद्र O से दूरी r पर स्थित बिंदु पर विभव ज्ञात करना है।



बिंदु की स्थिति	विभव	कारण
कोश के **बाहर** ($r > R$)	$V = \dfrac{kQ}{r}$	कोश केंद्र पर रखे बिंदु आवेश Q की भाँति कार्य करता है
कोश **पर** ($r = R$)	$V = \dfrac{kQ}{R}$	बाहर के परिणाम में $r = R$ रखने पर
कोश के **भीतर** ($r < R$)	$V = \dfrac{kQ}{R}$	भीतर $E = 0$ है, अतः आवेश ले जाने में कोई कार्य नहीं होता। विभव पृष्ठ के मान के बराबर रहता है

- किसी दिशा में $\vec{E}$ का घटक उस दिशा में $-dV/dl$ होता है।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 5

एकसमान विद्युत क्षेत्र की दिशा में 4 cm दूरी पर स्थित दो बिंदुओं के बीच विभवांतर 20 V है। विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	$\Delta V = 20\ V$, $\Delta x = 4\ cm = 0.04\ m$
ज्ञात करना है	विद्युत क्षेत्र E
सूत्र	$E = \Delta V/\Delta x$
मान रखने पर	$E = \frac{20}{0.04}$
चरणबद्ध गणना	$E = 500\ V/m$

अंतिम उत्तर **$E = 500\ V/m$** $= 500\ N/C$, उच्च विभव से निम्न विभव की ओर

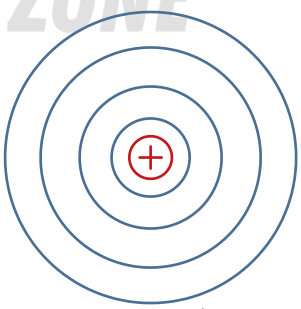
समविभव पृष्ठ तथा उनके गुण

समविभव पृष्ठ :- वह पृष्ठ जिसके **प्रत्येक बिंदु पर विद्युत विभव समान** हो, समविभव पृष्ठ कहलाता है।

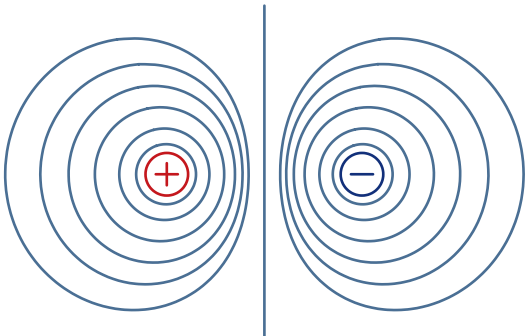
समविभव पृष्ठों के गुण

1. समविभव पृष्ठ पर परीक्षण आवेश को ले जाने में **कोई कार्य नहीं होता**। इस पर स्थित बिंदुओं A तथा B के लिए $W_{AB} = q\ (V_B - V_A) = q \times 0 = 0$।
2. विद्युत क्षेत्र प्रत्येक बिंदु पर समविभव पृष्ठ के **अभिलंबवत्** होता है। यदि E का कोई घटक पृष्ठ के अनुदिश होता, तो उस पर आवेश ले जाने में कार्य होता, जो पहले गुण के विरुद्ध है।
3. प्रबल क्षेत्र वाले भाग में समविभव पृष्ठ **पास-पास** तथा दुर्बल क्षेत्र वाले भाग में **दूर-दूर** होते हैं, क्योंकि $E = -dV/dx$ (समान dV के लिए छोटा dx का अर्थ बड़ा E)।
4. **दो समविभव पृष्ठ कभी एक-दूसरे को नहीं काटते।** प्रतिच्छेद बिंदु पर विभव के दो मान होते, जो असंभव है।

विभिन्न आवेश निकायों के समविभव पृष्ठ



धन बिंदु आवेश



दो बराबर तथा विपरीत आवेश

श्रांतिकाल (τ) :- किसी इलेक्ट्रॉन की जालक के आयनों से **दो क्रमागत टक्करों के बीच का औसत समयांतराल**।

अपवाह वेग का व्यंजक

माना एक इलेक्ट्रॉन (आवेश $-e$, द्रव्यमान m) पर क्षेत्र E कार्य करता है। टक्कर के ठीक बाद औसतन उसका प्रारंभिक वेग $u = 0$ लिया जाता है तथा वह समय τ तक त्वरित होता है :

$F = ma$ — न्यूटन का द्वितीय नियम

$qE = ma$ — क्षेत्र में आवेश पर बल

$-eE = ma$ — इलेक्ट्रॉन के लिए $q = -e$

$a = -\frac{eE}{m}$ ... (1)

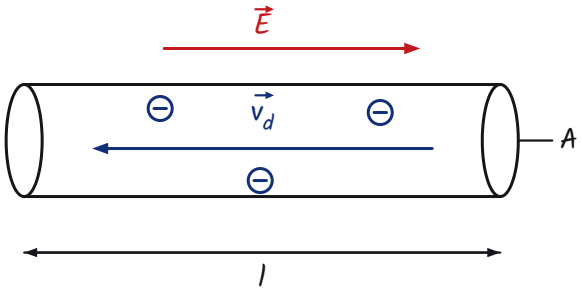
$v = u + at$ — गति समीकरण

$v_d = 0 + a\tau$ — $u = 0$; v अपवाह वेग बन जाता है

$v_d = -\frac{eE\tau}{m}$ — (1) से a का मान रखने पर

$$\vec{v}_d = -\frac{e\,\tau}{m}\,\vec{E}$$

ऋण चिह्न दर्शाता है कि इलेक्ट्रॉनों का अपवाह वेग E के **विपरीत** है



धारा तथा अपवाह वेग में संबंध

लंबाई l तथा अनुप्रस्थ काट A का चालक लीजिए। माना प्रति एकांक आयतन मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या n है :

आयतन $= A\,l$ — चालक का

$N = n \times (A\,l)$ — कुल मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या

$q = -e\left[n\,A\,l\right]$ — कुल आवेश

$t = \frac{l}{v_d}$ — लंबाई l पार करने में लगा समय

व्युत्पत्ति अगले पृष्ठ पर जारी है

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 5 (क्रमशः)

मान रखने पर

$$v_d = \frac{3}{8.5 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-6}}$$

चरणबद्ध गणना

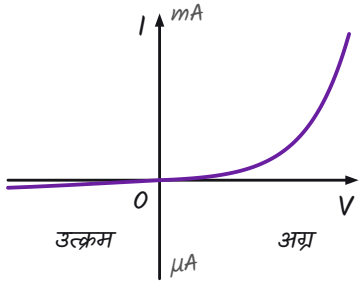
$$v_d = \frac{3}{2.72 \times 10^{9}}$$

अंतिम उत्तर $v_d \approx 1.1 \times 10^{-9}$ m/s ≈ 0.11 mm/s

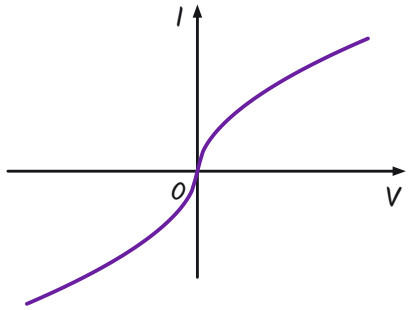
ओमीय तथा अओमीय पदार्थ

- **ओमीय पदार्थ** ओम के नियम का पालन करते हैं ; इनका V–I ग्राफ मूलबिंदु से गुज़रने वाली **सरल रेखा** होता है। उदाहरण : सभी धात्विक चालक।

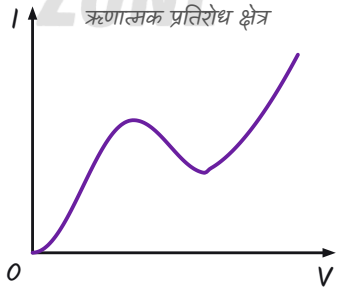
- **अओमीय पदार्थ** ओम के नियम का पालन नहीं करते ; इनका V–I ग्राफ **सरल रेखा नहीं** होता। उदाहरण : **p–n संधि डायोड**, सौर सेल, बल्ब का तंतु, थर्मिस्टर।



(a) p–n संधि डायोड



(b) बल्ब का तंतु



(c) GaAs

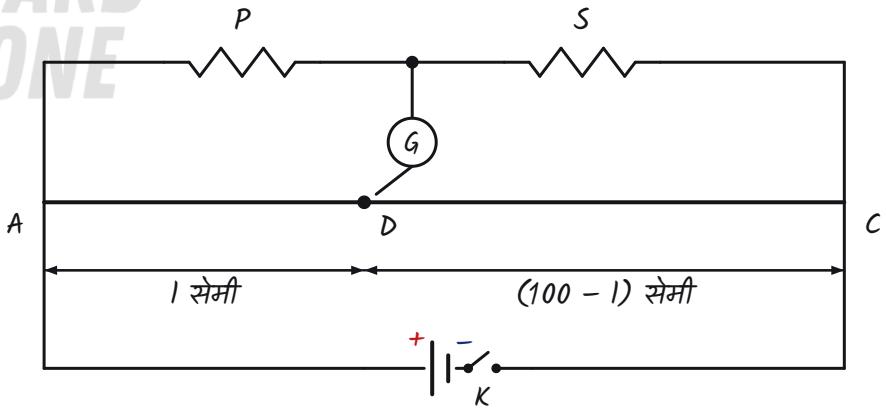
अतिचालकता

क्रांतिक ताप (T_c) :- वह ताप **जिसके नीचे कोई पदार्थ अपना संपूर्ण विद्युत प्रतिरोध खो देता है** तथा **अतिचालक** बन जाता है ($R \approx 0$)। भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए T_c का मान भिन्न होता है (पारे के लिए यह लगभग 4.2 K है)।

यह सैंपल प्रति है । पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

मीटर सेतु

मीटर सेतु व्हीटस्टोन सेतु का व्यावहारिक रूप है। **100 cm लंबा एकसमान तार AC** दो भुजाएँ बनाता है। बाएँ अंतराल में ज्ञात प्रतिरोध P (प्रतिरोध बॉक्स) तथा दाएँ अंतराल में अज्ञात प्रतिरोध S लगाया जाता है। **जॉकी** J को तार पर तब तक खिसकाया जाता है जब तक गैल्वेनोमीटर में **कोई विक्षेप नहीं** आता। माना AJ = l cm, तो JC = (100 − l) cm।



$$\frac{P}{S} = \frac{R_{AJ}}{R_{JC}}$$

$$\frac{P}{S} = \frac{\rho\, l / A}{\rho\,(100 - l) / A}$$

$$\frac{P}{S} = \frac{l}{100 - l}$$

सेतु का संतुलन प्रतिबंध

एकसमान तार के लिए $R = \rho\, l / A$

ρ तथा A कट जाते हैं

$$S = P\,\frac{(100 - l)}{l}$$

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 8

एक मीटर सेतु में ज्ञात प्रतिरोध P = 5 Ω है तथा शून्य विक्षेप बिंदु सिरे A से 40 cm पर मिलता है। अज्ञात प्रतिरोध S ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	$P = 5\ \Omega,\ l = 40\ cm,\ 100 - l = 60\ cm$
ज्ञात करना है	अज्ञात प्रतिरोध S
सूत्र	$S = P\,\frac{(100 - l)}{l}$
मान रखने पर	$S = 5 \times \frac{60}{40}$
चरणबद्ध गणना	$S = 5 \times 1.5$
अंतिम उत्तर	$S = 7.5\ \Omega$

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 7

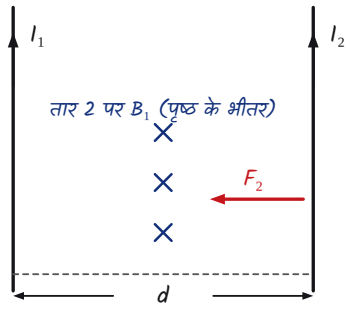
0.5 m लंबे सीधे तार में 10 A धारा प्रवाहित है। इसे 0.2 T के एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में क्षेत्र से 30° कोण पर रखा गया है। तार पर बल ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	$l = 0.5\ m$, $I = 10\ A$, $B = 0.2\ T$, $\theta = 30°$
ज्ञात करना है	तार पर बल F
सूत्र	$F = I\ l\ B\ \sin\theta$
मान रखने पर	$F = 10 \times 0.5 \times 0.2 \times \sin 30°$
चरणबद्ध गणना	$F = 1 \times 0.5$

अंतिम उत्तर **F = 0.5 N** तार तथा क्षेत्र दोनों के लंबवत्

दो समांतर धारावाही तारों के बीच बल

दो समांतर तारों के बीच बल **धाराएँ एक ही दिशा में होने पर आकर्षण** तथा **विपरीत दिशाओं में होने पर प्रतिकर्षण** का होता है।



माना दो लंबे तारों में धाराएँ I_1 तथा I_2 हैं तथा उनके बीच दूरी d है। तार 1 द्वारा तार 2 पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र :

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$ ... (1) तार 2 की स्थिति पर तार 1 का क्षेत्र

$$F_2 = I_2\ l\ B_1 \sin\theta$$ तार 2 की लंबाई l पर बल

$$F_2 = I_2\ l \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \sin 90°$$ $B_1 \perp$ तार 2 , (1) रखने पर

$$F_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

प्रति एकांक लंबाई बल. इसी प्रकार तार 1 पर बल बराबर तथा विपरीत होता है (न्यूटन का तृतीय नियम)

याद रखें

θ = लूप के **अभिलंब** तथा B के बीच का कोण लेने पर मानक रूप **τ = NIAB sinθ** प्राप्त होता है। जब लूप का तल B के समांतर हो, तो θ = 90° तथा बल-आघूर्ण अधिकतम (NIAB) होता है ; जब तल B के लंबवत् हो, तो θ = 0° तथा बल-आघूर्ण शून्य होता है।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 9

100 फेरों तथा 0.02 m^2 क्षेत्रफल की कुंडली में 2 A धारा प्रवाहित है। इसे 0.5 T के एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में इस प्रकार रखा गया है कि इसका अभिलंब क्षेत्र से 30° कोण बनाता है। कुंडली पर बल-आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	N = 100 , A = 0.02 m^2 , I = 2 A , B = 0.5 T , θ = 30°
ज्ञात करना है	बल-आघूर्ण τ
सूत्र	τ = N I A B sinθ
मान रखने पर	τ = 100 × 2 × 0.02 × 0.5 × sin30°
चरणबद्ध गणना	τ = 200 × 0.02 × 0.5 × 0.5 τ = 4 × 0.25

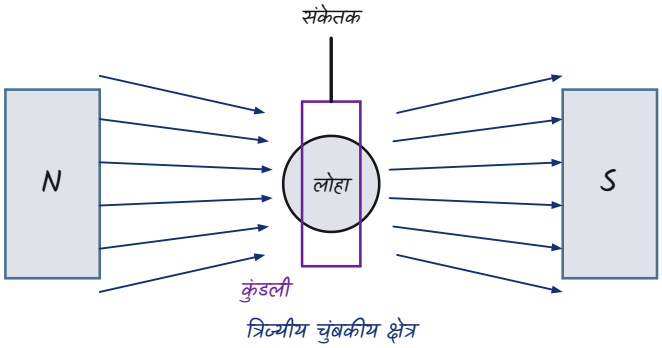
अंतिम उत्तर τ = 1 N m

चल कुंडली गैल्वेनोमीटर (MCG)

गैल्वेनोमीटर :- वह विद्युत युक्ति जिसका उपयोग परिपथ में **धारा की उपस्थिति का पता लगाने** के लिए किया जाता है।

सिद्धांत :- एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में रखे धारावाही लूप पर **बल-आघूर्ण** लगता है।

रचना : चल कुंडली गैल्वेनोमीटर में **त्रिज्यीय चुंबक** (अवतल ध्रुव-खंड) होते हैं जो त्रिज्यीय चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करते हैं। एक कुंडली वृत्ताकार **नर्म लोहे की क्रोड** पर लपेटी जाती है तथा क्रोड को **संकेतक** और कमानी से इस प्रकार जोड़ा जाता है कि कुंडली के घूमने पर कमानी में ऐंठन उत्पन्न हो, जिससे संकेतक पैमाने पर किसी भी ओर विक्षेपित हो।



धारा लूप एक चुंबकीय द्विध्रुव के रूप में

धारावाही लूप छड़ चुंबक की भाँति व्यवहार करता है। इसका चुंबकीय आघूर्ण **धारा, फेरों की संख्या तथा क्षेत्रफल** का गुणनफल होता है :

$$\vec{M} = N\, I\, \vec{A}$$

M की दिशा : लूप के अभिलंब के अनुदिश (दाएँ हाथ के नियम से) ; मात्रक A m^2

धारावाही **परिनालिका** छड़ चुंबक की भाँति व्यवहार करती है : इसका एक सिरा उत्तरी ध्रुव तथा दूसरा दक्षिणी ध्रुव की भाँति कार्य करता है। इसके बाहर का क्षेत्र छड़ चुंबक के क्षेत्र के समान होता है।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 5

200 फेरों तथा 0.01 m^2 अनुप्रस्थ काट वाली परिनालिका में 2 A धारा प्रवाहित है। इसका चुंबकीय आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	$N = 200$, $A = 0.01\ m^2$, $I = 2\ A$
ज्ञात करना है	चुंबकीय आघूर्ण M
सूत्र	$M = N\, I\, A$
मान रखने पर	$M = 200 \times 2 \times 0.01$
चरणबद्ध गणना	$M = 4\ A\ m^2$

अंतिम उत्तर $M = 4\ A\ m^2$ परिनालिका की अक्ष के अनुदिश

चुंबकत्व में गाउस का नियम

चुंबकत्व में गाउस का नियम :- किसी भी संवृत पृष्ठ से गुज़रने वाला कुल चुंबकीय फ्लक्स सदैव **शून्य** होता है।

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

चुंबकीय एकल ध्रुव का अस्तित्व नहीं है ; संवृत पृष्ठ में प्रवेश करने वाली क्षेत्र रेखाओं की संख्या = बाहर निकलने वाली रेखाओं की संख्या

परीक्षा की दृष्टि से

Q. पृथक चुंबकीय ध्रुव का अस्तित्व क्यों नहीं हो सकता?

Ans. चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ सदैव बंद लूप बनाती हैं, अतः संवृत पृष्ठ में जितनी रेखाएँ प्रवेश करती हैं उतनी ही बाहर निकलती हैं और कुल फ्लक्स शून्य रहता है। एकल ध्रुव के लिए रेखाएँ केवल बाहर जातीं (या केवल भीतर आतीं), जो चुंबकत्व के गाउस नियम के विरुद्ध है। चुंबक को काटने पर प्रत्येक टुकड़े में फिर दो ध्रुव बन जाते हैं।

यह सैंपल प्रति है । पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 6

किसी पदार्थ को $H = 2000\ A/m$ की चुंबकीय तीव्रता में रखा गया है। उत्पन्न चुंबकन $0.4\ A/m$ है। प्रवृत्ति, आपेक्षिक चुंबकशीलता तथा पदार्थ के भीतर चुंबकीय क्षेत्र B ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $H = 2000\ A/m$, $I = 0.4\ A/m$

ज्ञात करना है χ , μ_r तथा B

सूत्र $\chi = \frac{I}{H}$, $\mu_r = 1 + \chi$, $B = \mu_0 \mu_r H$

मान रखने पर

$$\chi = \frac{0.4}{2000}$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times 1.0002 \times 2000$$

चरणबद्ध गणना

$$\chi = 2 \times 10^{-4}$$

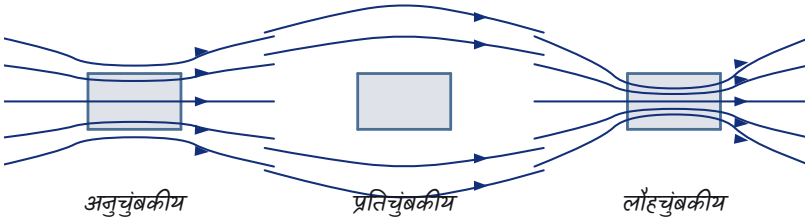
$$\mu_r = 1 + 2 \times 10^{-4} = 1.0002$$

$$B = 2.514 \times 10^{-3}\ T$$

अंतिम उत्तर

$\chi = 2 \times 10^{-4}$
$\mu r = 1.0002$
$B = 2.514 \times 10^{-3}\ T$

चुंबकीय पदार्थों का वर्गीकरण



गुण	प्रतिचुंबकीय	अनुचुंबकीय	लौहचुंबकीय
क्षेत्र का प्रभाव	दुर्बल रूप से **प्रतिकर्षित**	दुर्बल रूप से **आकर्षित**	**प्रबल रूप से आकर्षित**
प्रवृत्ति χ	अल्प तथा **ऋणात्मक**	अल्प तथा **धनात्मक**	**बहुत अधिक** तथा धनात्मक
आपेक्षिक चुंबकशीलता	$\mu r < 1$	$\mu r > 1$ (थोड़ी)	$\mu r \gg 1$
क्षेत्र रेखाएँ	पदार्थ से बाहर धकेली जाती हैं	पदार्थ के भीतर थोड़ी सघन	पदार्थ के भीतर अत्यंत सघन
ताप पर निर्भरता	T पर निर्भर नहीं	$\chi \propto 1/T$ (क्यूरी नियम)	क्यूरी ताप से ऊपर अनुचुंबकीय हो जाता है

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 2

100 फेरों की कुंडली में फ्लक्स 0.2 s में 0.05 Wb से 0.01 Wb हो जाता है। प्रेरित emf ज्ञात कीजिए। यदि कुंडली का प्रतिरोध 10 Ω हो, तो प्रेरित धारा भी ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $N = 100$, $\phi_1 = 0.05$ Wb , $\phi_2 = 0.01$ Wb , $\Delta t = 0.2$ s , $R = 10\ \Omega$

ज्ञात करना है प्रेरित emf $|\varepsilon|$ तथा धारा I

सूत्र $|\varepsilon| = N\,|\Delta\phi_B| / \Delta t$, $I = |\varepsilon|/R$

मान रखने पर $$|\varepsilon| = 100 \times \frac{|0.01 - 0.05|}{0.2}$$

चरणबद्ध गणना $$|\varepsilon| = 100 \times \frac{0.04}{0.2} = 20\ V$$

$$I = \frac{20}{10} = 2\ A$$

अंतिम उत्तर

$|\varepsilon| = 20$ V प्रेरित emf

$I = 2$ A प्रेरित धारा

लेन्ज़ का नियम

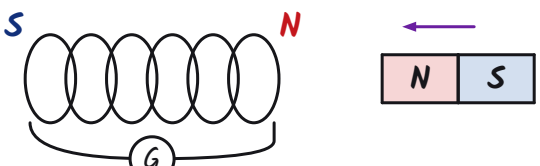
लेन्ज़ का नियम :- प्रेरित emf तथा प्रेरित धारा की दिशा सदैव ऐसी होती है कि वह उस **परिवर्तन (कारण) का विरोध करे** जो उसे उत्पन्न करता है।

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$$

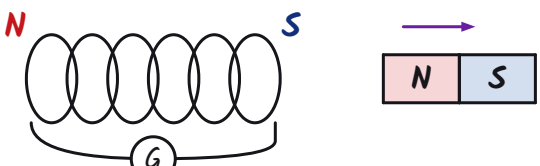
ऋण चिह्न विरोध (लेन्ज़ का नियम) दर्शाता है

लेन्ज़ के नियम पर प्रयोग

गैल्वेनोमीटर से जुड़ी कुंडली के पास छड़ चुंबक को गति कराई जाती है। कुंडली एक छोटे चुंबक की भाँति व्यवहार करती है। चुंबक के सबसे पास वाला कुंडली का फलक ऐसा ध्रुव बन जाता है जो चुंबक की **गति का विरोध** करे।



उत्तरी ध्रुव कुंडली की ओर गति करता है



उत्तरी ध्रुव कुंडली से दूर जाता है

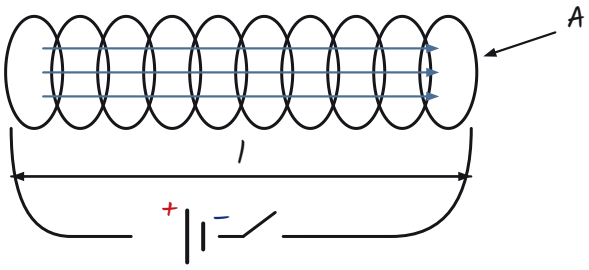
हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 5 (क्रमशः)

सूत्र	$\varepsilon_0 = NBA\omega$, $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin\theta$
मान रखने पर	$\varepsilon_0 = 200 \times 0.4 \times 0.05 \times 100$
चरणबद्ध गणना	$\varepsilon_0 = 400\ V$
	$\varepsilon = 400 \times \sin 30° = 400 \times 0.5 = 200\ V$

अंतिम उत्तर $\varepsilon_0 = 400\ V$ शिखर emf
$\varepsilon = 200\ V$ $\theta = 30°$ पर

स्वप्रेरण

स्वप्रेरण :- किसी कुंडली में **उसी कुंडली से प्रवाहित धारा बदलने** पर उसमें प्रेरित emf उत्पन्न होने की परिघटना।



जब कुंडली में धारा बदलती है, तो उससे संबद्ध फ्लक्स बदलता है तथा कुंडली में ही emf प्रेरित होता है। संबद्ध फ्लक्स धारा के समानुपाती होता है :

$$\phi_B = LI \ , \ L = \frac{\phi_B}{I}$$

L = स्वप्रेरण गुणांक (स्वप्रेरकत्व) ; ϕ_B = कुंडली से संबद्ध कुल फ्लक्स

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d\,(LI)}{dt}$$ $\phi = LI$ से

$$\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}$$ L नियत है

- **SI मात्रक :** $Wb\ A^{-1}$ या **हेनरी (H)**। विमाएँ : $[M\ L^2\ T^{-2}\ A^{-2}]$।
- **1 हेनरी :** उस कुंडली का स्वप्रेरकत्व जिसमें **1 A** धारा से **1 Wb** फ्लक्स उत्पन्न हो। समतुल्य रूप से, 1 H उस कुंडली का प्रेरकत्व है जिसमें धारा 1 A/s की दर से बदलने पर 1 V का emf प्रेरित हो।
- L कुंडली की **ज्यामिति** (फेरे, क्षेत्रफल, लंबाई) तथा **क्रोड पदार्थ** पर निर्भर करता है। यह धारा पर निर्भर नहीं करता।

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

एक पूर्ण चक्र में A.C. का औसत मान

सिद्ध कीजिए कि एक पूर्ण चक्र में A.C. का औसत मान शून्य होता है

$dq = I\,dt = I_0 \sin \omega t\,dt$ — dt समय में प्रवाहित आवेश

$q = \int_0^T I_0 \sin \omega t\,dt = I_0 \left[-\cos \omega t / \omega \right]_0^T$ — एक चक्र पर समाकलन

$q = -(I_0/\omega) \left[\cos 2\pi - \cos 0 \right]$ — $\omega T = 2\pi$

$q = -(I_0/\omega) \left[1 - 1 \right] = 0$

$I_{av} = q / T = 0$ — पूर्ण चक्र में औसत धारा

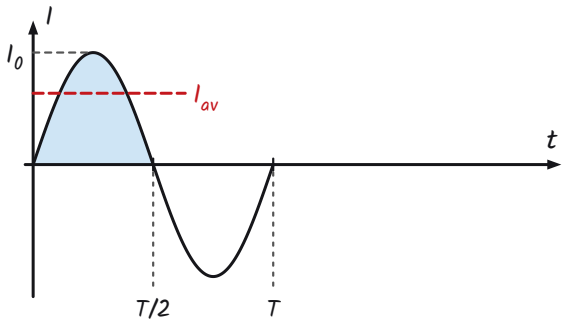
परीक्षा की दृष्टि से

Q. साधारण चल कुंडली धारामापी A.C. क्यों नहीं माप सकता?

Ans. चल कुंडली पर बल-आघूर्ण धारा के अनुक्रमानुपाती होता है, इसलिए धारा की दिशा बदलने पर वह भी उलट जाता है। सममित A.C. के लिए पूर्ण चक्र में औसत बल-आघूर्ण शून्य होता है, अतः कोई स्थायी विक्षेप नहीं मिलता। घरेलू आवृत्ति (50 Hz) पर कुंडली अपनी जड़ता (तथा अवमंदन) के कारण इन तीव्र उत्क्रमणों का अनुसरण नहीं कर पाती और अपनी शून्य (माध्य) स्थिति के पास ही रहती है। केवल बहुत कम आवृत्ति पर ही सूचक धारा के साथ आगे-पीछे दोलन कर सकता है।

A.C. का माध्य (औसत) मान

माध्य मान :- दिष्ट धारा का वह मान जो किसी परिपथ में उतने ही समय में उतना ही आवेश प्रवाहित करे जितना दी गई प्रत्यावर्ती धारा अपने अर्द्ध-चक्र में करती है। इसे I_{av} या I_{mean} से दर्शाते हैं।



अर्द्ध-चक्र में माध्य मान की व्युत्पत्ति

$dq = I\,dt = I_0 \sin \omega t\,dt$

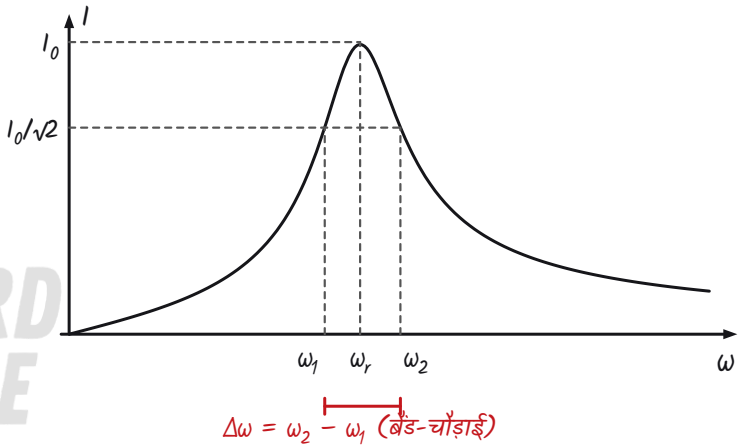
$q = \int_0^{T/2} I_0 \sin \omega t\,dt = I_0 \left[-\cos \omega t / \omega \right]_0^{T/2}$ — अर्द्ध-चक्र पर समाकलन

$q = -(I_0/\omega) \left[\cos \pi - \cos 0 \right] = -(I_0/\omega) \left[-1 - 1 \right]$ — $\omega \cdot T/2 = \pi$

$q = 2I_0/\omega$

व्युत्पत्ति अगले पृष्ठ पर जारी है

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400



अनुनाद पर श्रेणी LCR परिपथ के गुण

- $X_L = X_C$ तथा $\omega L = 1/\omega C$।
- $\omega_r = 1/\sqrt{LC}$, $f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ ।
- धारा अधिकतम तथा प्रतिबाधा न्यूनतम होती है।
- $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ से **$Z = R$** प्राप्त होता है।
- परिपथ शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ की भाँति व्यवहार करता है।
- ε और I में कोई फेज़-अंतर नहीं : $\cos\phi = R/Z = 1$, अतः $\phi = 0°$।
- औसत शक्ति $P_{av} = I_{eff}\varepsilon_{eff} = \varepsilon_{eff}^2/R = I_{eff}^2\, R$ (अधिकतम शक्ति)।

परीक्षा की दृष्टि से

Q. अनुनाद पर श्रेणी LCR परिपथ को आवृत्ति-स्वीकारक परिपथ क्यों कहते हैं?

Ans. अनुनाद पर $X_L = X_C$ होता है, इसलिए प्रतिबाधा न्यूनतम ($Z = R$) तथा धारा अधिकतम होती है। अनुनाद से दूर प्रतिबाधा बढ़ती है और धारा घटती जाती है, इसलिए परिपथ आवृत्ति $f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ के निकट की आवृत्तियों को प्रबल रूप से चुनता (वरीयता देता) है। जिन आवृत्तियों पर धारा अब भी अधिक रहती है, उनका बैंड ही बैंड-चौड़ाई है : Q-गुणांक जितना अधिक, बैंड उतना संकरा और चयनशीलता उतनी बेहतर। रेडियो इसी प्रकार एक स्टेशन से ट्यून होता है।

गुणवत्ता गुणांक (Q-गुणांक)

Q-गुणांक :- गुणवत्ता गुणांक (तीक्ष्णता गुणांक) अनुनाद पर कोणीय आवृत्ति और बैंड-चौड़ाई का अनुपात है। यह मात्रक-रहित राशि है।

$$Q = \frac{\omega_r}{\text{बैंड-चौड़ाई}} = \frac{\omega_r}{\omega_2 - \omega_1}$$

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

कक्षा 12 भौतिकी | अध्याय 8

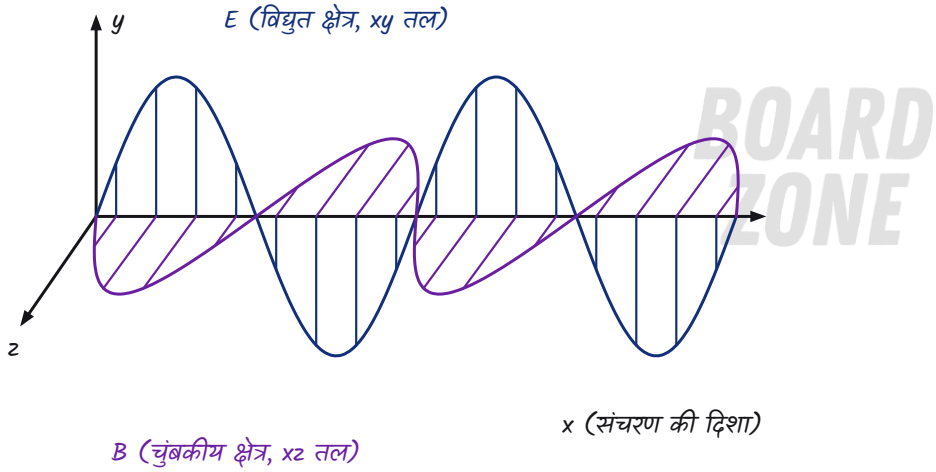
विद्युतचुंबकीय तरंगें

विद्युतचुंबकीय तरंगों की संकल्पना

मैक्सवेल ने भविष्यवाणी की कि **त्वरित आवेशित कण तरंगों के रूप में विकिरण उत्पन्न करता है**, जिन्हें विद्युतचुंबकीय तरंगें कहते हैं। बाद में हर्ट्ज़ ने प्रयोग द्वारा इनके अस्तित्व की पुष्टि की।

विद्युतचुंबकीय तरंगें :- वह तरंग जिसमें **विद्युत क्षेत्र तथा चुंबकीय क्षेत्र एक-दूसरे के लंबवत्** (तथा संचरण की दिशा के लंबवत्) दोलन करते हैं और उनके बीच **कोई कलांतर नहीं** होता ($\phi = 0$), अर्थात् वे समान कला में होते हैं।

आलेखीय निरूपण



विद्युत क्षेत्र E, y-अक्ष (xy तल) के अनुदिश तथा चुंबकीय क्षेत्र B, z-अक्ष (xz तल) के अनुदिश दोलन करता है, जबकि तरंग x-अक्ष के अनुदिश चलती है। अतः विद्युतचुंबकीय तरंगें **अनुप्रस्थ** प्रकृति की होती हैं।

विद्युतचुंबकीय तरंगों के गुण

1. सभी विद्युतचुंबकीय तरंगें निर्वात में **प्रकाश की चाल** $c = 3 \times 10^8$ m/s से चलती हैं।
2. विद्युत क्षेत्र E तथा चुंबकीय क्षेत्र B सदैव एक-दूसरे के तथा संचरण की दिशा के **लंबवत्** होते हैं (तरंग **अनुप्रस्थ** है)।
3. विद्युतचुंबकीय तरंगों को चलने के लिए **किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं** होती।
4. $\vec{E}$ तथा $\vec{B}$ के लिए तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति, कला, वेग तथा तरंग संख्या **समान** होते हैं, परंतु E तथा B के **आयाम** भिन्न होते हैं।
5. तरंग की ऊर्जा विद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्रों में बराबर-बराबर बँटी होती है।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 8

15 cm फ़ोकस दूरी के अवतल लेंस के सामने 30 cm दूरी पर एक वस्तु है। प्रतिबिंब की स्थिति तथा आवर्धन ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $u = -30\ cm\ ,\ f = -15\ cm$

ज्ञात करना है v तथा m

सूत्र $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}\ ,\ m = \frac{v}{u}$

मान रखने पर $\frac{1}{v} = \frac{1}{-15} + \frac{1}{-30}$

चरणबद्ध गणना $\frac{1}{v} = -\frac{2+1}{30} = -\frac{1}{10}$

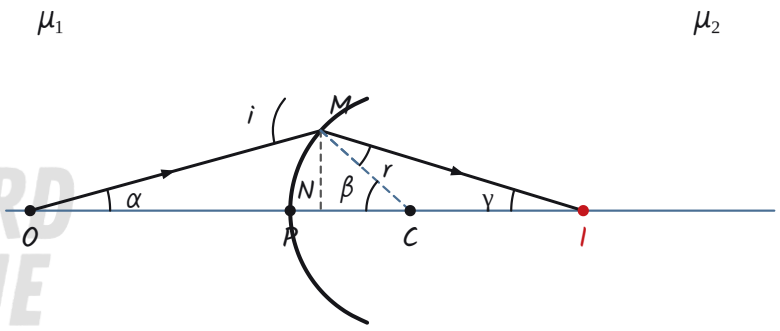
$v = -10\ cm$

$m = \frac{-10}{-30} = +\frac{1}{3}$

अंतिम उत्तर $v = -10\ cm\ ,\ m = +1/3$ आभासी, सीधा तथा छोटा प्रतिबिंब, वस्तु की ही ओर

गोलीय पृष्ठ पर अपवर्तन

एक उत्तल गोलीय पृष्ठ अपवर्तनांक μ_1 के विरल माध्यम को अपवर्तनांक μ_2 के सघन माध्यम ($\mu_2 > \mu_1$) से अलग करता है। मुख्य अक्ष पर बिंदु वस्तु O स्थित है और उसका प्रतिबिंब I पर बनता है। P पृष्ठ का ध्रुव तथा C वक्रता केंद्र है। किरण OM पृष्ठ पर M पर टकराकर MI के अनुदिश अपवर्तित होती है। अक्ष पर लंब MN खींचें। किरणें अक्ष के निकट ली गई हैं (**परअक्षीय किरणें**), अतः सभी कोण छोटे हैं।



$i = \alpha + \beta$ ΔOMC का बाह्य कोण

$\beta = r + \gamma \Longrightarrow r = \beta - \gamma$ ΔMCI का बाह्य कोण

व्युत्पत्ति अगले पृष्ठ पर जारी है

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 12

जल से भरे बीकर की तली में 8 cm गहराई पर एक सिक्का पड़ा है। जल का अपवर्तनांक 4/3 है। सिक्का कितनी गहराई पर दिखाई देगा तथा कितना ऊपर उठा प्रतीत होगा?

दिए गए मान वास्तविक गहराई = 8 cm , $\mu = 4/3$

ज्ञात करना है आभासी गहराई तथा सामान्य विस्थापन

सूत्र आभासी गहराई = $\frac{\text{वास्तविक गहराई}}{\mu}$

मान रखने पर आभासी गहराई = $\frac{8}{4/3}$

चरणबद्ध गणना

आभासी गहराई = $8 \times \frac{3}{4} = 6$ cm

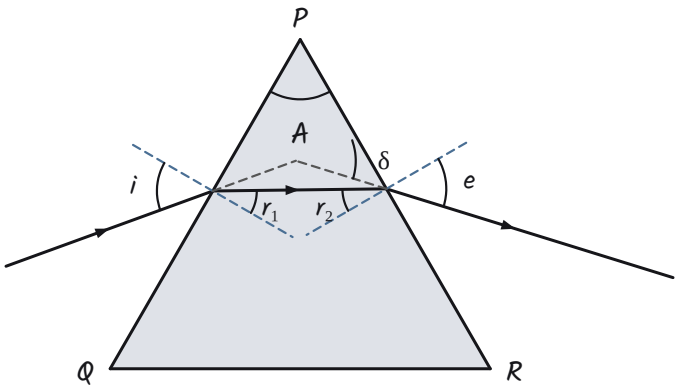
विस्थापन = $8 - 6 = 2$ cm

अंतिम उत्तर **आभासी गहराई = 6 cm** सिक्का 2 cm ऊपर उठा दिखता है

काँच के प्रिज्म से अपवर्तन

प्रिज्म :- वह पारदर्शी अपवर्तक माध्यम जो **एक कोण पर झुकी दो समतल सतहों** से घिरा हो। दोनों अपवर्तक फलकों PQ तथा PR के बीच का कोण **प्रिज्म कोण (A)** है। QR आधार है।

एक किरण फलक PQ पर M पर आपतन कोण i से पड़ती है। यह कोण r_1 पर अपवर्तित होकर दूसरे फलक पर N पर आपतन कोण r_2 से पड़ती है और कोण e (निर्गत कोण) पर निकलती है। आपतित तथा निर्गत किरणों को बढ़ाने पर वे D पर मिलती हैं। उनके बीच का कोण **विचलन कोण (δ)** है।



$$\delta = (i - r_1) + (e - r_2)$$

$$\delta = (i + e) - (r_1 + r_2)$$

δ, D पर बने त्रिभुज का बाह्य कोण है : M तथा N पर दोनों विचलनों का योग

①

व्युत्पत्ति अगले पृष्ठ पर जारी है

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 15 (क्रमशः)

मान रखने पर

$$(a)\ m = 1 + \frac{25}{5}$$

$$(b)\ m = \frac{25}{5}$$

चरणबद्ध गणना

$$m = 1 + 5$$

$$m = 5$$

अंतिम उत्तर

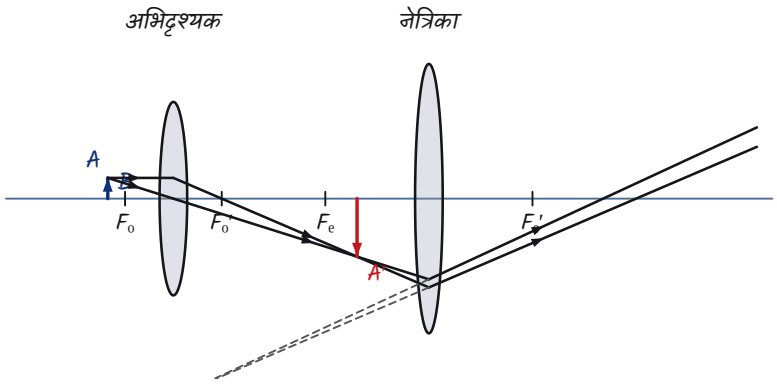
(a) m = 6 प्रतिबिंब निकट बिंदु पर

(b) m = 5 प्रतिबिंब अनंत पर

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी :- संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में **कम फ़ोकस दूरी के दो उत्तल लेंस** होते हैं : **अभिदृश्यक** (फ़ोकस दूरी f_o, छोटा द्वारक, वस्तु के पास) तथा **नेत्रिका** (फ़ोकस दूरी f_e, बड़ा द्वारक, आँख के पास)। अभिदृश्यक की फ़ोकस दूरी नेत्रिका से **कम** होती है।

वस्तु AB को अभिदृश्यक के F_o से **थोड़ा परे** रखा जाता है। यह नेत्रिका की फ़ोकस दूरी के भीतर **वास्तविक, उलटा तथा बड़ा** प्रतिबिंब A'B' बनाता है। यह नेत्रिका के लिए वस्तु का कार्य करता है, जो सरल सूक्ष्मदर्शी की तरह निकट बिंदु (या अनंत) पर **आभासी, बड़ा** अंतिम प्रतिबिंब A''B'' बनाती है।



$$m = \frac{h''}{h} = \frac{A''B''}{A'B'} \times \frac{A'B'}{AB}$$

A'B' से गुणा व भाग करने पर

$$m = m_e \times m_o$$

नेत्रिका का आवर्धन × अभिदृश्यक का आवर्धन

$$m_e = 1 + \frac{D}{f_e}$$

नेत्रिका सरल सूक्ष्मदर्शी है (प्रतिबिंब निकट बिंदु पर)

$$\frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} \Rightarrow m_o = \frac{v_o}{u_o} = 1 - \frac{v_o}{f_o}$$

अभिदृश्यक : लेंस सूत्र

$$m = \frac{v_o}{u_o}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) = \left(1 - \frac{v_o}{f_o}\right)\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

प्रतिबिंब निकट बिंदु पर

तीव्रता

तरंग की तीव्रता **आयाम के वर्ग के अनुक्रमानुपाती** होती है : $I \propto A^2$, अतः $I = KA^2$।

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi$$

आयाम के लिए प्राप्त परिणाम

$$\frac{I}{K} = \frac{I_1}{K} + \frac{I_2}{K} + 2\sqrt{\frac{I_1}{K}}\sqrt{\frac{I_2}{K}}\cos\phi$$

$A^2 = I/K$, $A_1^2 = I_1/K$, $A_2^2 = I_2/K$ रखने पर

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\phi$$

K से गुणा करने पर

	संपोषी ($\phi = 0°$)	विनाशी ($\phi = 180°$)
परिणामी तीव्रता	$I_{max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2$	$I_{min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1I_2} = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2$

उच्चिष्ठ तथा निम्निष्ठ पर तीव्रताओं की तुलना

$$I_{max} = K(A_1 + A_2)^2$$

$$I_{min} = K(A_1 - A_2)^2$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(A_1 + A_2)^2}{(A_1 - A_2)^2}$$

भाग देने पर

महत्वपूर्ण संकल्पना

यदि दोनों व्यतिकरण करती तरंगों का **आयाम समान** हो ($A_1 = A_2 = A$, जैसा यंग के प्रयोग में) :

$$I_{max} = K(A + A)^2 = 4KA^2 = 4I_0 \text{ , } I_{min} = 0$$

निम्निष्ठ **पूर्णतः अँधेरे** होते हैं, अतः दीप्त तथा अदीप्त फ्रिंजों का विपर्यास सर्वश्रेष्ठ होता है।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 3

3 इकाई तथा 4 इकाई आयाम की दो तरंगें व्यतिकरण करती हैं। कलांतर (i) 0° , (ii) 90° तथा (iii) 180° होने पर परिणामी आयाम ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $A_1 = 3$, $A_2 = 4$, $\phi = 0°, 90°, 180°$

ज्ञात करना है परिणामी आयाम A

सूत्र $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi}$

मान रखने पर $A = \sqrt{9 + 16 + 24\cos\phi}$

हल अगले पृष्ठ पर जारी है

सामान्य गलतियाँ

एक अकेला पोलेरॉइड **अध्रुवित** प्रकाश की तीव्रता को प्रत्येक दिशा के लिए **आधा** ($I_0/2$) कर देता है। $\cos^2\theta$ गुणक केवल उस प्रकाश पर लगता है जो **पहले से ध्रुवित** हो।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 10

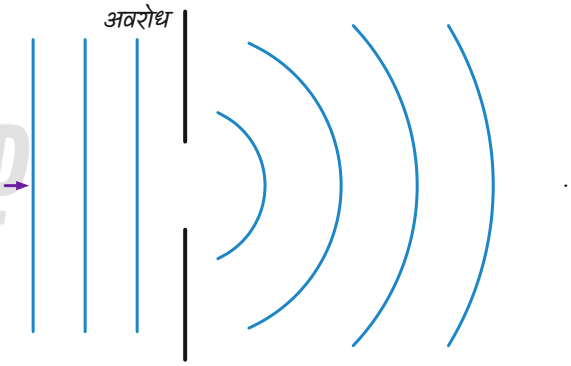
तीव्रता I_0 का अध्रुवित प्रकाश दो पोलेरॉइडों से गुज़रता है जिनके पारगमन अक्ष परस्पर 60° पर हैं। निर्गत प्रकाश की तीव्रता ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान	अध्रुवित प्रकाश I_0 , $\theta = 60°$
ज्ञात करना है	अंतिम तीव्रता I''
सूत्र	$I' = \frac{I_0}{2}$, $I'' = I' \cos^2\theta$
मान रखने पर	$I'' = \frac{I_0}{2} \times \cos^2 60°$
चरणबद्ध गणना	$I'' = \frac{I_0}{2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{2} \times \frac{1}{4}$
अंतिम उत्तर	$I'' = I_0/8 = 0.125\, I_0$

प्रकाश का विवर्तन

विवर्तन :- किसी अवरोध या द्वारक के किनारों पर प्रकाश के मुड़ने की घटना, जिससे प्रकाश ज्यामितीय छाया के क्षेत्र में प्रवेश कर जाता है, विवर्तन कहलाती है।

विवर्तन तब स्पष्ट होता है जब अवरोध या झिरी का आमाप प्रकाश की तरंगदैर्घ्य के तुल्य हो।



महत्वपूर्ण संकल्पना

विवर्तन में दीप्त तथा अदीप्त फ्रिंजों की स्थितियाँ YDSE की तुलना में **आपस में बदल जाती हैं। एकल झिरी** प्रयोग में अदीप्त फ्रिंजें पथांतर **nλ** पर होती हैं, जबकि YDSE में दीप्त फ्रिंजें पथांतर nλ पर होती हैं।

$E = W_0 + K.E.$ प्रकाश-विद्युत समीकरण

$K.E.max = e\,V_0$ निरोधी विभव द्वारा किया गया कार्य

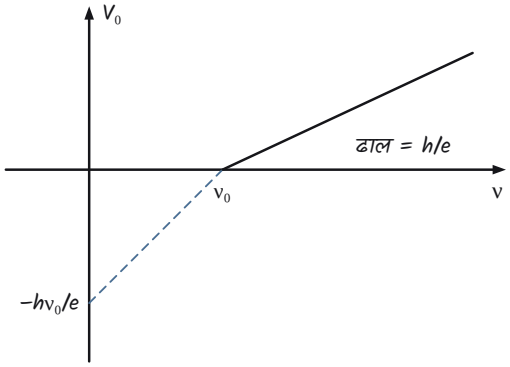
$h\nu = h\nu_0 + eV_0$

$V_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{h}{e}\nu_0$ $y = mx + c$ से तुलना

BOARD ZONE

$$e\,V_0 = h\nu - h\nu_0$$

V_0 तथा ν के बीच ग्राफ़ ढाल h/e वाली सरल रेखा है



BOARD ZONE

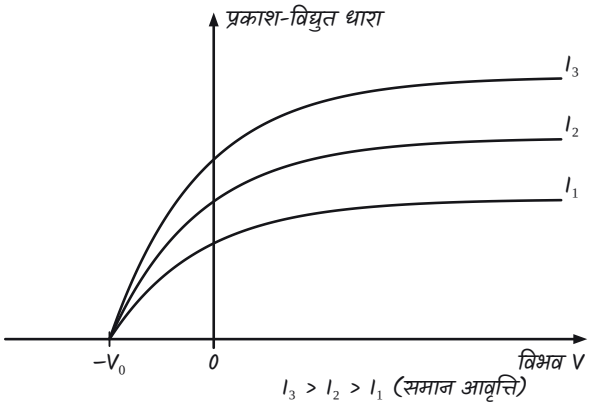
याद रखें

V_0–ν ग्राफ़ से : **ढाल = h/e** (अतः $h = e \times$ ढाल), ν-अक्ष पर अंतःखंड देहली आवृत्ति ν_0 है तथा V_0-अक्ष पर अंतःखंड $-\frac{W_0}{e}$ है।

प्रकाश-विद्युत धारा तथा विभव

आवृत्ति नियत, तीव्रता भिन्न। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा समान रहती है, इसलिए **निरोधी विभव समान** रहता है। परंतु प्रति सेकंड इलेक्ट्रॉनों की संख्या भिन्न होती है, इसलिए संतृप्त धारा भिन्न होती है : तीव्रता जितनी अधिक, संतृप्त धारा उतनी अधिक।

BOARD ZONE



$I_3 > I_2 > I_1$ (समान आवृत्ति)

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

2. **स्थूल पिंडों** के लिए दे ब्रॉग्ली संकल्पना का कोई महत्व नहीं है। $m = 1\ g = 10^{-3}\ kg$ तथा $v = 100\ m/s$ के लिए $\lambda = \frac{h}{mv} \approx \frac{6.6 \times 10^{-34}}{10^{-3} \times 100} \approx 10^{-33}\ m \approx 0$, जिसे देखा नहीं जा सकता।

3. इलेक्ट्रॉन ($m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$) के लिए $v = 100\ m/s$ पर $\lambda = \frac{h}{mv} \approx 7 \times 10^{-6}\ m$, जो मापा जा सकता है। अतः यह संकल्पना **गतिमान सूक्ष्म पिंडों** के लिए महत्वपूर्ण है।

याद रखें

जब इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमता है तो उसमें गतिज ऊर्जा तथा वैद्युत स्थितिज ऊर्जा दोनों होती हैं, परंतु परमाणु से **बाहर निकलने पर** उसमें **केवल गतिज ऊर्जा** होती है। इसलिए मुक्त इलेक्ट्रॉन के लिए तरंगदैर्ध्य के सूत्रों में K.E. का प्रयोग करें।

दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य के विभिन्न रूप

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad (1)\ p = mv$$

$$K.E. = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} \qquad (2)$$

$$p^2 = 2m\ K.E.\ ,\ p = \sqrt{2m\ K.E.}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m\ K.E.}}$$

$K.E. = qV$ (आवेश q को विभव V से त्वरित करने पर) (3)

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$$

इलेक्ट्रॉन की दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य (विभव के पदों में)

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \qquad q = e$$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} \times V}} \qquad h = 6.63 \times 10^{-34}\ J\ s\ ,\ m = 9.1 \times 10^{-31}\ kg\ ,\ e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{5.396 \times 10^{-25}\sqrt{V}}$$

$$\lambda_e = \frac{1.227}{\sqrt{V}}\ nm = \frac{12.27}{\sqrt{V}}\ \text{Å}$$

V वोल्ट में, विरामावस्था से त्वरित इलेक्ट्रॉन के लिए

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 1 (क्रमशः)

चरणबद्ध गणना

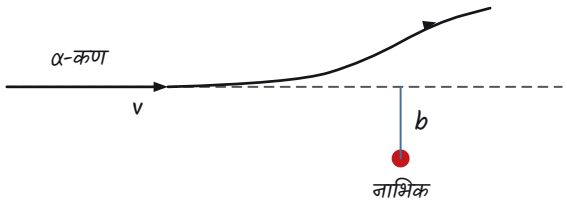
$$r_0 = \frac{2 \times 79 \times 9 \times 10^9 \times 2.56 \times 10^{-38}}{8 \times 10^{-13}}$$

$$r_0 = \frac{3.640 \times 10^{-26}}{8 \times 10^{-13}} = 4.55 \times 10^{-14}\ m$$

अंतिम उत्तर	$r_0 \approx 4.55 \times 10^{-14}\ m$ लगभग 45.5 fm, जो परमाणु के आमाप से बहुत कम है

संघट्ट प्राचल

संघट्ट प्राचल (b) :- α-कण के प्रारंभिक वेग सदिश की नाभिक की केंद्रीय रेखा से लंबवत् दूरी।



- संघट्ट प्राचल **अधिक** होने पर α-कण पर बल कम लगता है (बल दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है), इसलिए विचलन **कम** होता है।
- b बढ़ने पर → विचलन **घटता** है।
- b घटने पर → विचलन **बढ़ता** है।
- b = 0 (आमने-सामने की टक्कर) → विचलन **अधिकतम, 180°** होता है।

रदरफ़ोर्ड परमाणु मॉडल की कमियाँ

यह मॉडल **परमाणु के स्थायित्व** की व्याख्या नहीं कर सकता। चिरसम्मत विद्युतचुंबकीय सिद्धांत के अनुसार त्वरित आवेशित कण विद्युतचुंबकीय तरंगों के रूप में विकिरण उत्सर्जित करता है। नाभिक के चारों ओर घूमता इलेक्ट्रॉन त्वरित (अभिकेंद्र त्वरण) होता है, इसलिए उसकी ऊर्जा लगातार घटनी चाहिए। इलेक्ट्रॉन सर्पिल पथ में अंदर की ओर आकर अंततः नाभिक में गिर जाएगा, अतः ऐसा परमाणु स्थायी नहीं हो सकता।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 3

He^+ की मूल अवस्था तथा Li^{2+} की द्वितीय उत्तेजित अवस्था में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा ज्ञात कीजिए। मूल अवस्था में He^+ से इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए कितनी ऊर्जा चाहिए?

दिए गए मान $He^+ : Z = 2 , n = 1 ; Li^{2+} : Z = 3 , n = 3$ (द्वितीय उत्तेजित अवस्था)

ज्ञात करना है ऊर्जाएँ E

सूत्र $E = -13.6 \frac{Z^2}{n^2}$ eV

मान रखने पर

$$E_{He^+} = -13.6 \times \frac{2^2}{1^2}$$

$$E_{Li^{2+}} = -13.6 \times \frac{3^2}{3^2}$$

चरणबद्ध गणना

$E_{He^+} = -13.6 \times 4 = -54.4$ eV

$E_{Li^{2+}} = -13.6 \times 1 = -13.6$ eV

अंतिम उत्तर

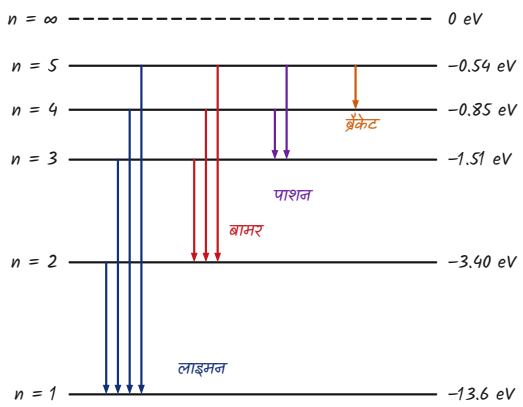
$E (He^+, n = 1) = -54.4$ eV

$E (Li^{2+}, n = 3) = -13.6$ eV

He^+ की आयनन ऊर्जा = 54.4 eV

ऊर्जा स्तर आरेख

वह आरेख जो परमाणु की विभिन्न **स्थायी कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जाएँ** दर्शाता है, ऊर्जा स्तर आरेख कहलाता है। निम्नतम स्तर ($n = 1$) **मूल अवस्था** है तथा अन्य सभी ऊँचे स्तर **उत्तेजित अवस्थाएँ** हैं। $n = \infty$ स्तर की ऊर्जा शून्य होती है।



$$\Delta m = [\, Z\, m_p + (A - Z)\, m_n \,] - M_N$$

जहाँ M_N नाभिक का द्रव्यमान है। द्रव्यमान क्षति के तुल्य ऊर्जा है :

$$\Delta E = \Delta m\, c^2 = [\, Z\, m_p + (A - Z)\, m_n - M_N \,]\, c^2$$

किसी नाभिकीय अभिक्रिया $A + B \rightarrow C + D$ के लिए :

$$\Delta m = (\, m_A + m_B \,) - (\, m_C + m_D \,)$$

याद रखें

यदि $\Delta m > 0$ (अभिकारक भारी) तो ऊर्जा **मुक्त** होती है ; यदि $\Delta m < 0$ तो ऊर्जा **अवशोषित** होती है। Δm को u में लेने पर मुक्त ऊर्जा $Q = \Delta m \times 931.5$ MeV।

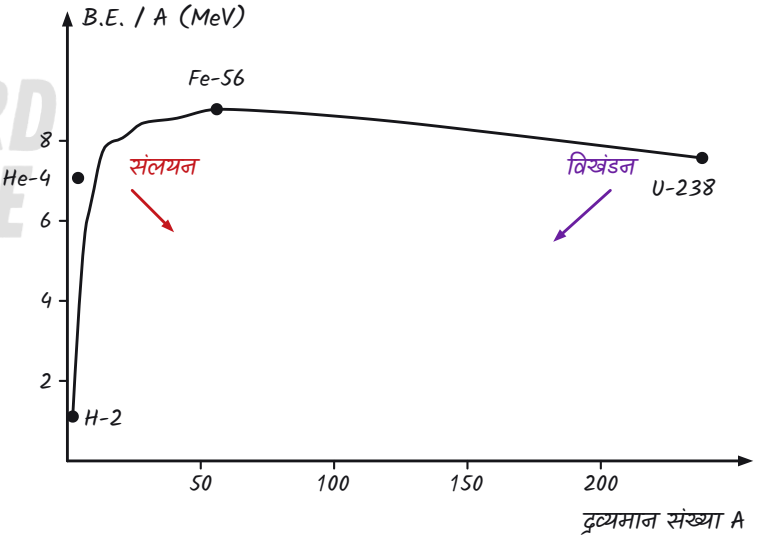
बंधन ऊर्जा

बंधन ऊर्जा (B.E.) :- किसी नाभिक को उसके अवयवी प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों में तोड़ने तथा उन्हें इतनी दूर करने, कि उनमें परस्पर कोई अन्योन्यक्रिया न रहे, के लिए आवश्यक **ऊर्जा**। यह द्रव्यमान क्षति की ऊर्जा तुल्यता के बराबर होती है, $B.E. = \Delta m\, c^2$।

प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा :- नाभिक से **एक न्यूक्लिऑन बाहर निकालने के लिए आवश्यक औसत ऊर्जा**। इसे नाभिक की बंधन ऊर्जा को उसकी द्रव्यमान संख्या से भाग देकर प्राप्त करते हैं।

$$\text{प्रति न्यूक्लिऑन } B.E. = \frac{B.E.}{A}$$

- $\frac{B.E.}{A}$ **अधिक** होने पर नाभिक **अधिक स्थायी** होता है।
- $\frac{B.E.}{A}$ **कम** होने पर नाभिक **कम स्थायी** होता है।
- नाभिकीय अभिक्रिया में यदि $\frac{B.E.}{A}$ **बढ़े** तो ऊर्जा **मुक्त** होती है ; यदि **घटे** तो ऊर्जा **अवशोषित** होती है।



- हल्के नाभिकों ($A < 20$) के लिए B.E./A कम होती है और तेज़ी से बढ़ती है। हीलियम ${}^{4}_{2}He$ असाधारण रूप से स्थायी है (7.07 MeV)।
- $A = 30$ से 170 तक वक्र लगभग सपाट रहता है, लगभग **8 MeV प्रति न्यूक्लिऑन**, तथा ${}^{56}_{26}Fe$ के पास अधिकतम लगभग **8.8 MeV** होता है।
- भारी नाभिकों के लिए B.E./A धीरे-धीरे घटती है (${}^{238}_{92}U$ के लिए लगभग 7.6 MeV), इसलिए वे कम स्थायी होते हैं।

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 3

${}^{4}_{2}He$ की बंधन ऊर्जा तथा प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा ज्ञात कीजिए। परमाणु द्रव्यमान : $m({}^{1}_{1}H) = 1.007825\ u$, $m_n = 1.008665\ u$, $m({}^{4}_{2}He) = 4.002603\ u$. ($1\ u = 931.5\ MeV$)

दिए गए मान $Z = 2$, $N = 2$, $A = 4$

ज्ञात करना है बंधन ऊर्जा तथा B.E./A

सूत्र $\Delta m = [Z\,m(H) + N\,m_n] - m(He)$, $B.E. = \Delta m \times 931.5\ MeV$

मान रखने पर $\Delta m = (2 \times 1.007825 + 2 \times 1.008665) - 4.002603$

चरणबद्ध गणना

$\Delta m = 4.032980 - 4.002603 = 0.030377\ u$

$B.E. = 0.030377 \times 931.5 = 28.30\ MeV$

$$\frac{B.E.}{A} = \frac{28.30}{4} = 7.07\ MeV$$

अंतिम उत्तर

B.E. = 28.3 MeV

B.E./A = 7.07 MeV प्रति न्यूक्लिऑन

हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 4

${}^{16}_{8}O$ की प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा ज्ञात कीजिए। परमाणु द्रव्यमान : $m({}^{1}_{1}H) = 1.007825\ u$, $m_n = 1.008665\ u$, $m({}^{16}_{8}O) = 15.994915\ u$.

दिए गए मान $Z = 8$, $N = 8$, $A = 16$

ज्ञात करना है प्रति न्यूक्लिऑन B.E.

सूत्र $\Delta m = [Z\,m(H) + N\,m_n] - m(O)$

मान रखने पर $\Delta m = (8 \times 1.007825 + 8 \times 1.008665) - 15.994915$

चरणबद्ध गणना

$\Delta m = 16.131920 - 15.994915 = 0.137005\ u$

$B.E. = 0.137005 \times 931.5 = 127.6\ MeV$

$$\frac{B.E.}{A} = \frac{127.6}{16} = 7.98\ MeV$$

अंतिम उत्तर

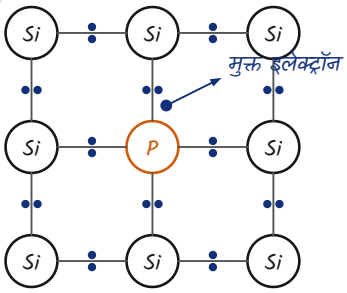
B.E. = 127.6 MeV

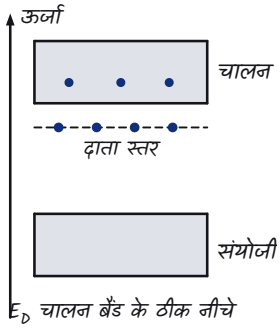
B.E./A ≈ 7.98 MeV प्रति न्यूक्लिऑन

यह सैंपल प्रति है। पूरे 14 अध्यायों के नोट्स के लिए WhatsApp करें: 921-6765-400

(i) n-प्रकार का अर्धचालक

शुद्ध Si (या Ge) क्रिस्टल में **पंचसंयोजी** अपद्रव्य (5 संयोजी इलेक्ट्रॉन) जैसे **As, Sb, P, Bi** मिलाया जाता है। अपद्रव्य परमाणु के चार इलेक्ट्रॉन Si के चार परमाणुओं से सहसंयोजी बंध बनाते हैं। **पाँचवाँ इलेक्ट्रॉन मुक्त** रहता है और चालन बैंड में चला जाता है। यह अपद्रव्य परमाणु **दाता** कहलाता है, क्योंकि यह एक मुक्त इलेक्ट्रॉन दान करता है।

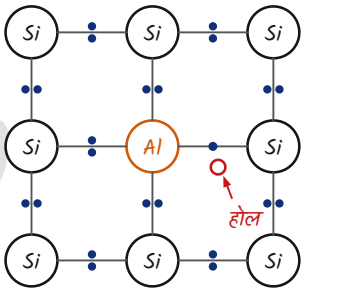


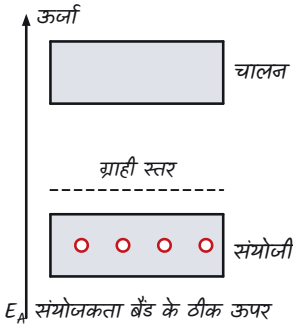


- बहुसंख्यक आवेश वाहक : **इलेक्ट्रॉन** ; अल्पसंख्यक वाहक : **होल**। अतः $n_e \gg n_h$।
- दाता ऊर्जा स्तर E_D चालन बैंड के ठीक **नीचे** होता है, इसलिए कमरे के ताप पर भी लगभग सभी दाता इलेक्ट्रॉन चालन बैंड में पहुँच जाते हैं।
- क्रिस्टल **विद्युत उदासीन** रहता है, क्योंकि दाता परमाणु धन आयन बन जाता है और मुक्त इलेक्ट्रॉन ऋणात्मक होता है।

(ii) p-प्रकार का अर्धचालक

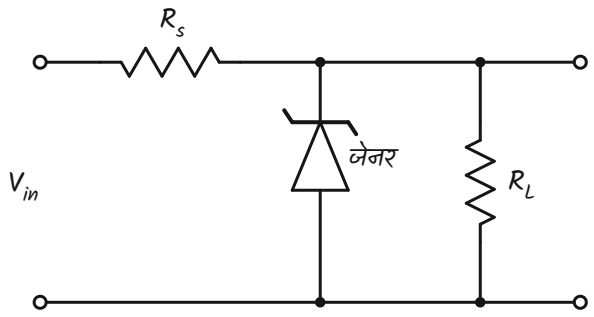
शुद्ध Si (या Ge) क्रिस्टल में **त्रिसंयोजी** अपद्रव्य (3 संयोजी इलेक्ट्रॉन) जैसे **B, Al, In, Ga** मिलाया जाता है। अपद्रव्य परमाणु केवल तीन सहसंयोजी बंध बना पाता है, इसलिए **एक बंध अधूरा** रह जाता है और **होल** बन जाता है। यह अपद्रव्य परमाणु **ग्राही** कहलाता है, क्योंकि यह पास के बंध से एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है।





- बहुसंख्यक आवेश वाहक : **होल** ; अल्पसंख्यक वाहक : **इलेक्ट्रॉन**। अतः $n_h \gg n_e$।
- ग्राही ऊर्जा स्तर E_A संयोजकता बैंड के ठीक **ऊपर** होता है। संयोजकता बैंड के इलेक्ट्रॉन आसानी से इस स्तर पर चले जाते हैं और संयोजकता बैंड में होल छोड़ देते हैं।
- यह क्रिस्टल भी **विद्युत उदासीन** होता है।

जेनर डायोड वोल्टता नियामक के रूप में। जेनर डायोड को श्रेणी प्रतिरोधक R_s के साथ भार R_L के आर-पार **पश्च बायस** में जोड़ा जाता है। निवेशी वोल्टता बढ़ने पर अतिरिक्त धारा जेनर डायोड से गुज़रती है तथा अतिरिक्त वोल्टता R_s पर गिर जाती है। जेनर डायोड (तथा R_L) के आर-पार निर्गत वोल्टता V_Z पर बनी रहती है। भार धारा बढ़लने पर जेनर धारा बढ़लकर उसकी क्षतिपूर्ति कर देती है। इस प्रकार निर्गत **नियत DC वोल्टता** रहता है।



हल किया गया संख्यात्मक प्रश्न 7

एक जेनर नियामक में निवेशी वोल्टता 12 V, जेनर वोल्टता 6 V, $R_s = 120\ \Omega$ तथा $R_L = 200\ \Omega$ है। R_s, भार तथा जेनर डायोड में धारा ज्ञात कीजिए।

दिए गए मान $V_{in} = 12\ V\ ,\ V_Z = 6\ V\ ,\ R_s = 120\ \Omega\ ,\ R_L = 200\ \Omega$

ज्ञात करना है $I_s\ ,\ I_L$ तथा I_Z

सूत्र $I_s = \dfrac{V_{in} - V_Z}{R_s}\ ,\ I_L = \dfrac{V_Z}{R_L}\ ,\ I_Z = I_s - I_L$

मान रखने पर $I_s = \dfrac{12 - 6}{120}\ ,\ I_L = \dfrac{6}{200}$

चरणबद्ध गणना

$I_s = 0.05\ A = 50\ mA$

$I_L = 0.03\ A = 30\ mA$

$I_Z = 50 - 30 = 20\ mA$

अंतिम उत्तर $I_s = 50\ mA\ ,\ I_L = 30\ mA\ ,\ I_Z = 20\ mA$ निर्गत 6 V पर बना रहता है

याद रखें

सारांश : **चालक** (कोई अंतराल नहीं) , **अर्धचालक** (कम अंतराल) , **विद्युतरोधी** (अधिक अंतराल)।
n-प्रकार : इलेक्ट्रॉन बहुसंख्यक। **p-प्रकार** : होल बहुसंख्यक। **अग्र बायस** : क्षीण क्षेत्र संकरा, अधिक धारा।
पश्च बायस : क्षीण क्षेत्र चौड़ा, नगण्य धारा। **दिष्टकारी** : AC से DC।