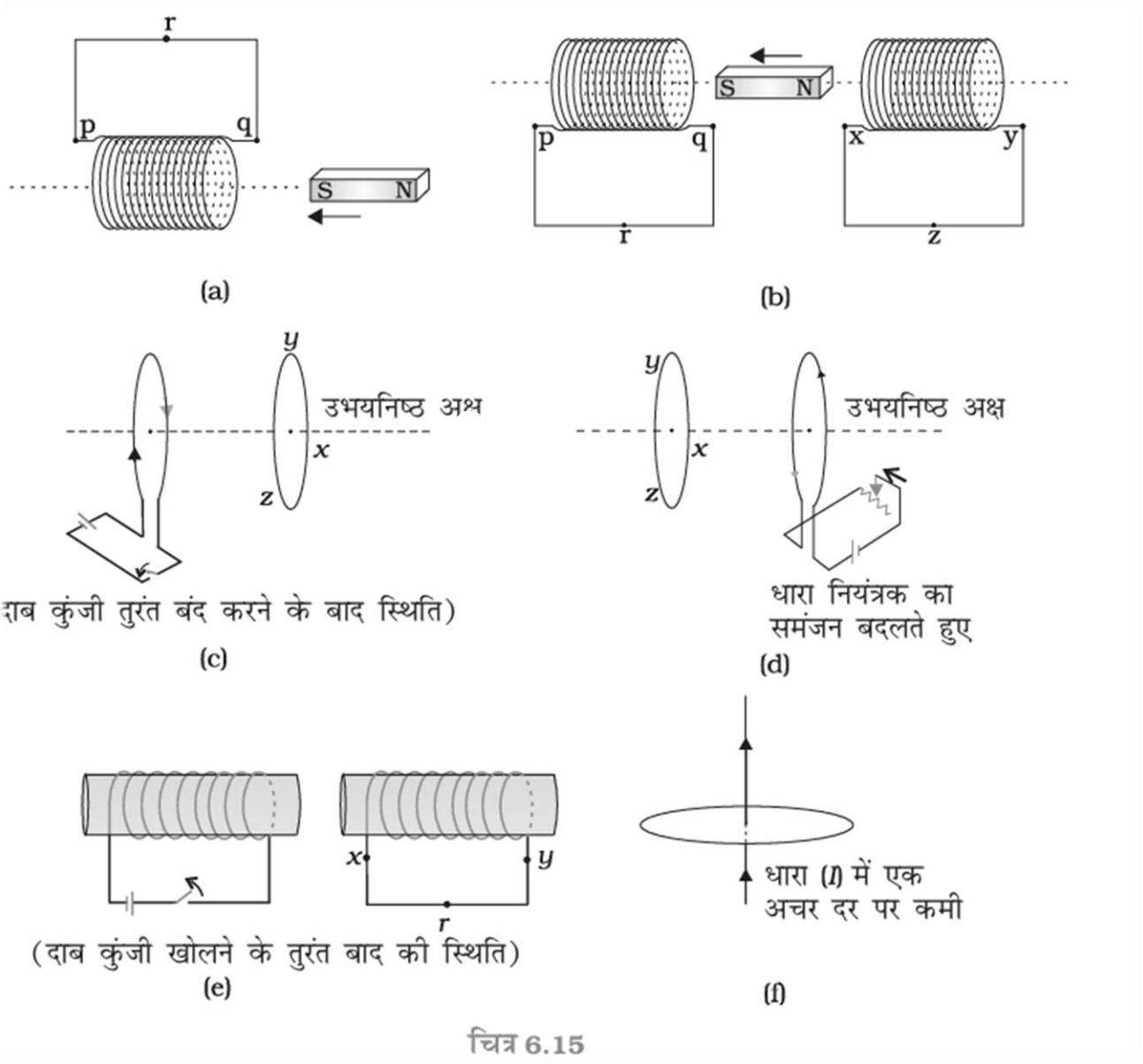
प्रश्न 1.

चित्र 6.1 (a) से (f) में वर्णित स्थितियों के लिए प्रेरित धारा की दिशा की प्रागुक्ति (predict) कीजिए।



चित्र 6.15

उत्तर-

(a) चुम्बक के S ध्रुव को कुण्डली की ओर ले जाया जा रहा है, अत: लेन्ज के नियम के अनुसार कुण्डली का इस ओर का सिरा भी S ध्रुव होना चाहिए ताकि यह चुम्बक की गति का विरोध करे (परस्पर प्रतिकर्षण द्वारा) इसलिए कुण्डली में प्रेरित धारा दक्षिणावर्त दिशा में अर्थात् qrpq दिशा में बहेगी।

(b) चुम्बक की गति के विरोध के लिए लेन्ज नियम के अनुसार बायीं ओर की कुण्डली का चुम्बक के ध्रुव S की ओर वाला सिरा S बनना चाहिए तथा दायीं ओर की कुण्डली का चुम्बक में N ध्रुव की ओर वाला सिरा भी S ध्रुव ही बनना चाहिए ताकि ध्रुव S पर

प्रतिकर्षण तथा N पर आकर्षण बल लगे। इसलिए बायीं ओर की कुण्डली में धारा दक्षिणावर्त दिशा में (अर्थात् prqp दिशा में), तथा दायीं ओर की कुण्डली में धारा yzxy दिशा में प्रेरित होनी चाहिए।

(c) दाब कुंजी तुरन्त बन्द करने पर बायीं ओर कुण्डली में धारा शून्य से बढ़ेगी, अत: दायीं ओर की कुण्डली में प्रेरित धारा बायीं ओर कुण्डली में धारा की विपरीत दिशा में (अर्थात् वामावर्त दिशा में) yzx में होनी चाहिए।

(d) चित्र से स्पष्ट है कि धारा नियन्त्रक द्वारा प्रतिरोध घटाया जा रहा है अर्थात् दायीं ओर कुण्डली में धारा बढ़ेगी जिसकी दिशा वामावर्त है। अतः लेन्ज के नियम के अनुसार बायीं ओर कुण्डली में प्रेरित धारा मुख्य धारा के विपरीत होनी चाहिए अर्थात् zyx दिशा में।

(e) दाब कुंजी को खोलने के तुरन्त बाद प्राथमिक कुण्डली में धारा घटेगी। अतः द्वितीयक कुण्डली में धारा की दिशा प्राथमिक के मुख्य धारा की दिशा में होनी चाहिए अर्थात् xry दिशा में।

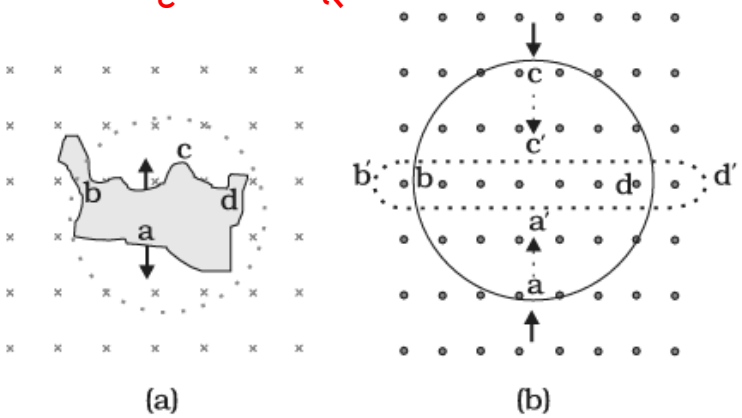
(f) कोई प्रेरित धारा नहीं चूँकि बल रेखाएँ लूप के तल में स्थित होंगी तथा फ्लक्स में परिवर्तन नहीं होगा। चूँकि बल-रेखाएँ लूप को काटेंगी भी नहीं।

प्रश्न 2.

चित्र 6.2 में वर्णित स्थितियों के लिए लेंज के नियम का उपयोग करते हुए प्रेरित विद्युत धारा की दिशा ज्ञात कीजिए।

(a) जब अनियमित आकार का तार वृत्ताकार लूप में बदल रहा हो;

(b) जब एक वृत्ताकार लूप एक सीधे तार में विरूपित किया जा रहा हो।



चित्र 6.16

उत्तर-

(a) क्रॉस (x) द्वारा एक ऐसे चुम्बकीय-क्षेत्र को प्रदर्शित किया गया है जिसकी दिशा कागज के तल के लम्बवत् भीतर की ओर है अनियमित आकार के लूप को वृत्तीय रूप में खींचने पर इससे गुजरने वाला फ्लक्स बढ़ेगा। अतः लूप में प्रेरित धारा इस प्रकार की होगी कि वह निम्नगामी फ्लक्स को बढ़ने से रोकेगी। प्रेरित धारी कागज के तल के लम्बवत् ऊपर की ओर चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करेगी। अत: धारा की दिशा a d c b a मार्ग का अनुसरण करेगी।

(b) चुम्बकीय-क्षेत्र कागज के तल के लम्बवत् बाहर की ओर है। लूप के आकार को बदलने पर उससे गुजरने वाला ऊर्ध्वमुखी फ्लक्स घटेगा। अत: लूप में प्रेरित धारा ऊर्ध्वमुखी चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करेगी। इसके लिए धारा a′d′c′b′a′ मार्ग का अनुसरण करेगी।

प्रश्न 3.

एक लम्बी परिनालिका के इकाई सेंटीमीटर लम्बाई में 15 फेरे हैं। उसके अन्दर 2.0 cm का एक छोटा-सा लूप परिनालिका की अक्ष के लम्बवत रखा गया है। यदि परिनालिका में बहने वाली धारा का मान 0.15 में 2.0 A से 40 A कर दिया जाए तो धारा परिवर्तन के समय प्रेरित विद्युत वाहक बल कितना होगा?

हल—परिनालिका में फेरों की संख्या $N = 15$, लम्बाई $l = 1\,\text{cm} = 0.01\,\text{m}$

$i_1 = 2.0\,\text{A}$, $i_2 = 4.0\,\text{A}$, $\Delta t = 0.1\,\text{s}$

लूप का क्षेत्रफल $A = 2.0\,\text{cm}^2 = 2.0 \times 10^{-4}\,\text{m}^2$

लूप में प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = n\frac{d\phi}{dt} = nA\frac{dB}{dt} \quad \ldots(1) \qquad \left[\phi = BA \Rightarrow \frac{d\phi}{dt} = A\frac{dB}{dt}\right]$$

जबकि परिनालिका के अक्ष पर क्षेत्र में परिवर्तन

$$dB = \frac{\mu_0 N}{l}(i_2 - i_1)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{0.01}(4.0 - 2.0) = 120\pi \times 10^{-5}$$

$$e = \frac{1 \times 2.0 \times 10^{-4} \times 120\pi \times 10^{-5}}{0.01} \qquad [\because n = 1]$$

$$= 7.54 \times 10^{-6}\,\text{V} \approx \mathbf{7.5 \times 10^{-6}\ V}$$

प्रश्न 4.

एक आयताकार लूप जिसकी भुजाएँ 8 cm एवं 2 cm हैं, एक स्थान पर थोड़ा कटा हुआ है। यह लूप अपने तल के अभिलम्बवत 0.3 T के एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र से बाहर की ओर निकल रहा है। यदि लूप के बाहर निकलने का वेग 1 cm s^{-1} है तो कटे भाग के सिरों पर उत्पन्न विद्युत वाहक बल कितना होगा, जब लूप की गति अभिलम्बवत हो

(a) लूप की लम्बी भुजा के

(b) लूप की छोटी भुजा के। प्रत्येक स्थिति में उत्पन्न प्रेरित वोल्टता कितने समय तक टिकेगी?

हल-

(a) चुम्बकीय क्षेत्र B में क्षेत्र के लम्बवत् स्थित क्षेत्रफल A से गुजरने वाला चुम्बकीय फ्लक्स $\Phi = BA$

माना लूप की लम्बाई l व चौड़ाई b है तथा इसके वेग का परिमाण है। जैसे ही लूप लम्बी भुजा के लम्बवत् चुम्बकीय क्षेत्र से बाहर निकालता है क्षेत्र से बद्ध क्षेत्रफल बदलता है, जिससे में परिवर्तन होता है। फैराडे के नियम से, प्रेरित वैद्युत वाहक बल का परिमाण

$$|e| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}(BA) = B\left(\frac{dA}{dt}\right)$$

अब, $\frac{dA}{dt} = lv$ (प्रति सेकण्ड लूप द्वारा घिरा क्षेत्रफल)

(b) चित्र 6.3(b) से, $\frac{dA}{dt} = bv$

$$|e| = Bbv = 0.3 \times (2 \times 10^{-2}) \times 10^{-2}$$
$$= 0.6 \times 10^{-4} \text{ वोल्ट}$$
$$= 0.06 \text{ मिलीवोल्ट}$$

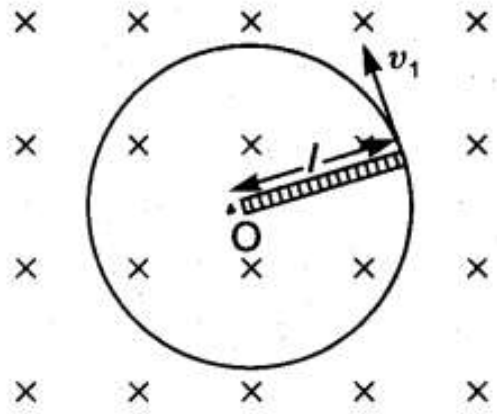
$|e|$ के बने रहने का समय $= \frac{l}{v} = \frac{8 \times 10^{-2} \text{ मीटर}}{10^{-2} \text{ मीटर/सेकण्ड}}$

$= \mathbf{8}$ सेकण्ड

प्रश्न 5.

1.0 m लम्बी धातु की छड़ उसके एक सिरे से जाने वाले अभिलम्बवत अक्ष के परितः 400 rad-s^{-1} की कोणीय आवृत्ति से घूर्णन कर रही है। छड़ का दूसरा सिरा एक धात्विक वलय से सम्पर्कित है। अक्ष के अनुदिश सभी जगह 0.5 T का एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र उपस्थित है। वलय तथा अक्ष के बीच स्थापित विद्युत वाहक बल की गणना कीजिए।

हल—दिया है, धात्विक छड़ की लम्बाई $l = 1.0$ मीटर
कोणीय आवृत्ति $\omega = 400$ रेडियन/सेकण्ड
चुम्बकीय क्षेत्र $B = 0.5$ टेस्ला
छड़ के एक सिरे का वेग $v_1 = 0$
छड़ के दूसरे सिरे का वेग $v_2 = l\omega$
अत: छड़ का औसत रेखीय वेग



चित्र 6.4

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

अथवा
$$v = \frac{0 + l\omega}{2} = \frac{\omega\, l}{2}$$

अत: केन्द्र O व वलय के बीच प्रेरित वै० वा० बल

$$E = l\, v\, B = l \times \frac{\omega l}{2} \times B = \frac{1}{2}\, \omega\, B l^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 400 \times 0.5 \times (1.0)^2$$

$$= \mathbf{100\ वोल्ट}$$

प्रश्न 6.

एक वृत्ताकार कुंडली जिसकी त्रिज्या 8.0 cm तथा फेरों की संख्या 20 है अपने ऊर्ध्वाधर व्यास के परितः 50 rad-s- की कोणीय आवृत्ति से 3.0 x 10^{-2} T के एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र में घूम रही है। कुंडली में उत्पन्न अधिकतम तथा औसत प्रेरित विद्युत वाहक बल का मान ज्ञात कीजिए। यदि कुंडली 10 Ω प्रतिरोध का एक बन्द लूप बनाए तो कुंडली में धारा के अधिकतम मान की गणना कीजिए। जूल ऊष्मन के कारण क्षयित औसत शक्ति की गणना कीजिए। यह शक्ति कहाँ से प्राप्त होती है?

Ans

कुंडली में बद्ध चुंबकीय फ्लक्स

$\phi = B \cdot A = BA\cos\theta = BA\cos\omega t$ (चूँकि $\theta = \omega t$)

कुंडली में प्रेरित वै. वा. बल $\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$

$= -N\frac{d}{dt}(BA\cos\omega t) = NBA\,\omega\,\sin\omega\,t$

अधिकतम प्रेरित वै. वा. बल $\varepsilon_{max} = NBA\,\omega = NB\left(\pi r^2\right)\omega$

यहाँ N = 20, r = 8.0 सेमी = 8.0 मी,

$B = 3.0 \times 10^{-2}$ T, $\omega = 50 s^{-1}$

$\therefore \varepsilon_{max} = 20 \times 3.0 \times 10^{-2} \times 3.14 \times \left(8.0 \times 10^{-2}\right)^2 \times 50$

= 0.603 V

औसत वै. वा. बल $\varepsilon_{av} = NAB\omega(\sin\omega t)_{av} = 0$

(चूँकि पूरे चक्र के लिए sin का औसत मान शून्य होता है।)

अधिकतम प्रेरित धारा,

$I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R} = \frac{0.603}{10}$ = 0.603 A

जूल ऊष्मा के कारण औसत व्यय शक्ति,

$P_{max} = \left(I^2\right)_{av} R$

$\Rightarrow P_{max} = \frac{\left(\varepsilon^2\right)_{av}}{R} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_{max}^2}{R}$

[क्योंकि पूरे चक्र के लिए $\sin^2\omega t$ का औसत मान $\frac{1}{2}$ होता है। $\therefore \varepsilon_{av}^2 = \frac{\varepsilon_{max}^2}{2}$]

$\therefore P_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{(0.603)^2}{10}$

= 0.018 W

कुण्डली में प्रेरित धारा एक बल-आघूर्ण उत्पन्न करती है, जो कुण्डली के घूमने का विरोध करता है। इसलिए कुण्डली को एकसमान कोणीय वेग से घुमाए रखने के लिए एक बाह्य कारक (रोटर) बल-आघूर्ण प्रदान करता है। इसीलिए व्यय ऊष्मा का स्रोत रोटर (rotor) ही है।

प्रश्न 7.

पूर्व से पश्चिम दिशा में विस्तृत एक 10 m लम्बा क्षैतिज सीधा तार 0.30×10^{-4} Wbm^{-2} तीव्रता वाले पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र के क्षैतिज घटक के लम्बवत $5.0\ m\ s^{-1}$ की चाल से गिर रहा है।

(a) तार में प्रेरित विद्युत वाहक बल का तात्क्षणिक मान क्या होगा?

(b) विद्युत वाहक बल की दिशा क्या है?

(c) तार का कौन-सा सिरा उच्च विद्युत विभव पर है?

हल-

(a) तार की लम्बाई l = 10 मीटर, $B = H = 0.30 \times 10^{-4}$ वेबर/मी^{2}, तार का वेग v = 50 मी/सेकण्ड

अतः तार के सिरों के बीच प्रेरित विभवान्तर $e = Bvl \sin 90° = Bvl = 0.30 \times 10^{-4} \times 5.0 \times 10 = 0.0015$ वोल्ट = 1.5 मिलीवोल्ट

(b) फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियम के अनुसार, तार में प्रेरित धारा की दिशा पूर्व से पश्चिम की ओर होगी। अतः प्रेरित वैद्युत वाहक बल की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर होगी।

(c) चूँकि तार में प्रेरित धारा की दिशा पूर्व से पश्चिम की ओर है, अत: तार में इलेक्ट्रॉन इसके विपरीत पश्चिम से पूर्व की ओर गति करेंगे। चूँकि इलेक्ट्रॉन निम्न विभव से उच्च विभव की ओर गति करते हैं, अत: तार का पूर्वी सिरा उच्च विभव पर होगा।

[विशेष-यदि तार उत्तर-दक्षिण दिशा में रहते हुए गिरता, तब इसकी लम्बाई पृथ्वी के क्षेत्र के क्षैतिज घटक के समान्तर होती। अतः कोई वैद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होता।

प्रश्न 8.

किसी परिपथ में 0.1 s में धारा 5.0 A से 0.0 A तक गिरती है। यदि औसत प्रेरित विद्युत वाहक बल 200 V है तो परिपथ में स्वप्रेरकत्व का आकलन कीजिए।

हल—यहाँ $\Delta t = 0.1$ सेकण्ड, $\Delta I = I_2 - I_1 = (0 - 5.0)$ ऐम्पियर

$= -5$ ऐम्पियर, $e = 200$ वोल्ट

$\because \quad e = -L\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$

$$L = -\left(\frac{e \times \Delta t}{\Delta I}\right) = -\left[\frac{200 \times 0.1}{-5}\right] \text{ हेनरी}$$

$= 40$ हेनरी

प्रश्न 9.

पास-पास रखे कुंडलियों के एक युग्म का अन्योन्य प्रेरकत्व 1.5 H है। यदि एक कुंडली I में 0.5 s में धारा 0 से 20 A परिवर्तित हो तो दूसरी कुंडली की फ्लक्स बंधता में कितना परिवर्तन होगा?

हल-

यहाँ M = 1.5 हेनरी, Δt = 0.5 सेकण्ड,

$\Delta I = I_2 - I_1 = (20 - 0) = 20$ A

$\Phi_1 = MI$

$\Delta\Phi_2 = M\Delta I_1$

अतः द्वितीयक कुण्डली की फ्लक्स बद्धता में परिवर्तन

$\Delta\Phi_2$ = 1.5 हेनरी x 20 ऐम्पियर = 30 वेबर

यहाँ धारा बढ़ रही है, अत: फ्लक्स बद्धता में परिवर्तन धारा वृद्धि का विरोध करेगा।

प्रश्न 10.

एक जेट प्लेन पश्चिम की ओर 1800 km/h वेग से गतिमान है। प्लेन के पंख 25 m लम्बे हैं। इनके सिरों पर कितना विभवान्तर उत्पन्न होगा? पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का मान उस स्थान पर 5×10^{-4} Tतथा नति कोण (dip angle) 30° है।

Ans

दिया है, पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र $B = 5 \times 10^{-4}$ टेस्ला

नति कोण $\theta = 30°$

वायुमान का वेग $v = 1800$ किमी/घण्टा

$$= \frac{1800 \times 1000}{60 \times 60} \text{ मीटर/सेकण्ड}$$

= 500 मीटर/सेकण्ड

तथा पंखों की लम्बाई $l = 25$ मीटर

पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का ऊर्ध्व घटक

$B_v = B \sin \theta$

$= 5 \times 10^{-4} \times \sin 30°$

$$= 5 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ टेस्ला}$$

चूँकि पंखों की लम्बाई l, वायुमान का वेग v तथा चुम्बकीय क्षेत्र का ऊर्ध्व घटक B_v तीनों परस्पर लम्ब्वत हैं, अतः पंखों के बीच प्रेरित औसत वैद्युत वाहक बल

$E = l v B_v$

$= 25 \times 500 \times 2.5 \times 10^{-4}$

= 3.125 वोल्ट