प्रश्न 81. धारामापी को वोल्टमीटर में कैसे बदलते हैं? (2023)

उत्तर- धारामापी के प्रतिरोध को बढ़ाकर, धारामापी को वोल्टमीटर मे बदला जाता है।

प्रश्न 82. शंट से क्या अभिप्राय है? (2023)

उत्तर- शंट विद्युत परिपथ में लगायी जाने वाली एक ऐसी युक्ति है जिसके द्वारा परिपथ की किसी शाखा से होकर जाने वाली धारा को दूसरे मार्ग से भेजना तथा परिपथ की किसी शाखा में बहने वाली धारा का मापन करना होता है। शंट का उपयोग विद्युत परिपथ को अधिक वोल्टेज से होने वाले शॉर्ट सर्किट से सुरक्षित रखने के लिए किया जाता है।

विस्तृत उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 83. प्रकाश-वैद्युत उत्सर्जन सम्बन्धी आइन्स्टीन की समीकरण $1/2\ mv^2_{max} = h(v - v_o)$ की स्थापना कीजिए। (2014, 16, 17, 18, 19)

या क्वाण्टम मॉडल के आधार पर प्रकाश-वैद्युत प्रभाव की व्याख्या कीजिए तथा आइन्स्टीन के प्रकाश-वैद्युत समीकरण को व्युत्पादित कीजिए। (2015,18)

या प्रकाश-वैद्युत प्रभाव से आप क्या समझते हैं? आइन्स्टीन के प्रकाश-वैद्युत समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए।

(2022)

या आइन्सटीन द्वारा प्रकाश वैद्युत उत्सर्जन की घटना की व्याख्या कीजिए तथा प्रकाश-वैद्युत समीकरण व्युत्पादित कीजिए।

या प्रकाश-वैद्युत उत्सर्जन सम्बन्धी आइन्स्टीन की समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए। (2017)

या प्रकाश वैद्युत उत्सर्जन में उत्सर्जित फोटो-इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम ऊर्जा का समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। (2015, 17, 20)

या प्रकाश-विद्युत प्रभाव से क्या समझते हैं? आइंस्टीन का प्रकाश- विद्युत समीकरण निगमित कीजिए।

(2019)

उत्तर - <u>प्रकाश-वैद्युत प्रभाव (Photoelectric Effect)</u> - जब किसी धातु पर उच्च आवृत्ति का प्रकाश (जैसे-पराबैंगनी विकिरण) डाला जाता है तो उसकी सतह से इलेक्ट्रॉन निकलने लगते हैं। "धातुओं पर प्रकाश के आपतित होने से उनकी सतह से इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन (emission) की घटना को प्रकाश-वैद्युत प्रभाव (photoelectric effect) कहते हैं।" प्रकाश-वैद्युत प्रभाव की घटना में उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को प्रकाश-इलेक्ट्रॉन अथवा फोटो- इलेक्ट्रॉन

(photoelectron) तथा इन इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के कारण उत्पन्न वैद्युत धारा को प्रकाश-वैद्युत धारा (photoelectric current) कहते हैं।

<u>आइन्सटीन की प्रकाश-वैद्युत समीकरण (Einstien's Photoelectric Equation) -</u>वैज्ञानिक आइन्सटीन ने प्रकाश-वैद्युत प्रभाव की व्याख्या प्रकाश के क्वाण्टम मॉडल के आधार पर इस प्रकार दी। जब कोई फोटॉन धातु की प्लेट पर गिरता है तो वह अपनी 'समस्त ऊर्जा' धातु के भीतर उपस्थित इलेक्ट्रॉनों में से किसी एक ही इलेक्ट्रॉन को स्थानान्तरित (transfer) कर देता है तथा ऊर्जा का कुछ भाग इलेक्ट्रॉन को धातु के अन्दर से बाहर निकालने में व्यय हो जाता है जो धातु का कार्य-फलन कहलाता है तथा शेष ऊर्जा उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन को उसकी गतिज ऊर्जा के रूप में प्राप्त हो जाती है जिससे इलेक्ट्रॉन धातु पृष्ठ से उत्सर्जित हो जाता है। यही प्रकाश-वैद्युत प्रभाव है। चूँकि सभी इलेक्ट्रॉन धातु की सतह से ही उत्सर्जित नहीं होते; अतः धातु से विभिन्न ऊर्जाओं के इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं; क्योंकि जो इलेक्ट्रॉन धातु के भीतर से निकलकर सतह पर पहुँचते हैं वे सतह तक आने में धन आयनों व परमाणुओं से टकराते हैं; जिससे वे कुछ ऊर्जा खो देते हैं। अतः जो इलेक्ट्रॉन धातु की सतह से उत्सर्जित होते हैं, उनकी गतिज ऊर्जा अपेक्षाकृत अधिक होती है; क्योंकि उनकी ऊर्जा टकराने में नष्ट नहीं होती है। इस प्रकार धातु की ऊपरी सतह से उत्सर्जित प्रकाश इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा अधिकतम होती है। माना किसी धातु की सतह से उत्सर्जित किसी प्रकाश इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा Ek तथा इसको धातु के अन्दर से बाहर सतह पर निकालने के लिए आवश्यक ऊर्जा W है। यहाँ W धातु का कार्य-फलन होगा। अतः आइन्सटीन द्वारा दी गयी प्रकाश-वैद्युत उत्सर्जन की उपर्युक्त व्याख्या के अनुसार इन दोनों प्रकार की ऊर्जाओं का योग ही धातु के अन्दर सतह के निकट इलेक्ट्रॉन द्वारा अवशोषित फोटॉन की ऊर्जा hv के बराबर होगा।

$$E_k + W = hv \qquad ...(1)$$

अथवा $$E_k = hv - W$$

समीकरण (1) से स्पष्ट है कि यदि प्रकाश फोटॉन की ऊर्जा hv कार्य-फलन W के बराबर है तो धातु की सतह से कोई भी इलेक्ट्रॉन नहीं निकलेगा। यदि दी हुई धातु के लिए देहली आवृत्ति v_o है तो इस आवृत्ति का फोटॉन, इलेक्ट्रॉन को धातु की सतह तक लाने में ही समर्थ होगा, क्योंकि ऐसे फोटॉन की ऊर्जा hv_o इलेक्ट्रॉन को धातु की सतह तक लाने में ही व्यय हो जाएगी। अतः सतह पर इसका वेग शून्य होगा, अर्थात् इस फोटॉन की ऊर्जा hv_o धातु के कार्य-फलन के बराबर होगी। अतः $W = hv_o$ W का मान समी० (1) में रखने पर

$$E_k = hv - hv_o$$

अथवा $$E_k = h(v-v_o) \qquad ...(2)$$

यदि धातु की सतह पर निकलने वाले इलेक्ट्रॉन का अधिकतम वेग V_{max} तो इसकी अधिकतम गतिज ऊर्जा

$Ek = 1/2\, mv_{max}^2$ है, 2 होगी | Ek का यह मान उपर्युक्त समी० (2) में रखने पर,

$$\mathbf{1/2\, mv_{max}^2 = h(v-v_o) \;........(3)}$$

इस समीकरण को **'आइन्सटीन की प्रकाश-वैद्युत समीकरण' (Einstien's photoelectric equation)** कहते हैं।

प्रश्न 84. प्रकाश-वैद्युत प्रभाव के नियम लिखिए। या प्रकाश-वैद्युत उत्सर्जन के नियम लिखिए। (2015, 17, 18, 19, 22)

उत्तर- प्रकाश-वैद्युत प्रभाव के नियम-वैज्ञानिक लेनार्ड तथा मिलीकन ने प्रकाश-वैद्युत प्रभाव के सम्बन्ध में किये गये प्रयोगों से प्राप्त प्रेक्षणों के आधार पर कुछ नियम दिये जो प्रकाश-वैद्युत प्रभाव (ऊष्मा उत्सर्जन) के नियम कहलाते हैं। प्रकाश-वैद्युत प्रभाव के नियम निम्नलिखित हैं-

(i) किसी धातु की सतह से प्रकाश- इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की दर धातु की सतह पर गिरने वाले प्रकाश की तीव्रता के अनुक्रमानुपाती होती है।

(ii) उत्सर्जित प्रकाश- इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती।

(iii) प्रकाश-इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा प्रकाश की आवृत्ति के बढ़ने पर बढ़ती है। (iv) यदि आपतित प्रकाश की आवृत्ति एक न्यूनतम मान से कम है तो धातु से कोई भी प्रकाश-इलेक्ट्रॉन नहीं निकलता। यह न्यूनतम आवृत्ति

(देहली आवृत्ति) भिन्न-भिन्न धातुओं के लिए भिन्न-भिन्न होती है। (v) प्रकाश के धातु की सतह पर गिरते ही इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होने लगते हैं, अर्थात् प्रकाश के सतह पर गिरने तथा इलेक्ट्रॉन के सतह से बाहर निकलने के बीच कोई समय-पश्चता (time-lag) नहीं होती, चाहे प्रकाश की तीव्रता कितनी भी क्यों न हो।

प्रश्न 85. चुम्बकत्व के परमाणवीय मॉडल के आधार पर लौहचुम्बकत्व की व्याख्या कीजिए।
या डोमेन सिद्धान्त के आधार पर लौहचुम्बकत्व की व्याख्या कीजिए। (2017)
या अनुचुम्बकीय तथा प्रतिचुम्बकीय पदार्थों के परमाणुओं में क्या अन्तर होता है? (2014, 18)
या अनुचुम्बकीय तथा प्रतिचुम्बकीय पदार्थों में क्या अन्तर होता है? परमाणु मॉडल के आधार पर समझाइए । (2015)
या पदार्थों का उनके चुम्बकीय व्यवहार के आधार पर वर्गीकरण कीजिए। प्रत्येक वर्ग की प्रमुख विशेषताओं की व्याख्या कीजिए। (2016)
या चुम्बकत्व के परमाणवीय मॉडल के आधार पर प्रतिचुम्बकत्व की व्याख्या कीजिए। (2018)

या प्रतिचुम्बकीय तथा अनुचुम्बकीय पदार्थों में परिणामी चुम्बकीय आपूर्ण क्रमशः शून्य एवं अशून्य होता है, क्यों? चुम्बकत्व की परमाण्वीय मॉडल के आधार पर अनुचुम्बकत्व की व्याख्या कीजिए। (2018)

उत्तर- सन् 1846 में फैराडे ने देखा कि सभी पदार्थों में चुम्बकत्व के गुण पाए जाते हैं। उसने अनेक पदार्थों को चुम्बकीय क्षेत्र में रखकर उनके चुम्बकीय व्यवहारों का अध्ययन किया तथा इस आधार पर पदार्थों को निम्न तीन वर्गों में विभाजित किया-

1. प्रतियुम्बकीय पदार्थ (Diamagnetic Substances)- कुछ पदार्थ चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की विपरीत दिशा में क्षीण चुम्बकत्व प्राप्त कर लेते हैं। इन्हें प्रतिचुम्बकीय पदार्थ कहते हैं तथा इनके इस गुण को 'प्रतियुम्बकत्व' कहते हैं। बिस्मथ, पेण्टीमनी, सोना, पानी, ऐल्कोहॉल, जस्ता, ताँबा, चाँदी, हीरा, नमक, पारा इत्यादि प्रतिचुम्बकीय पदार्थ है।

प्रतिचुम्बकत्व की व्याख्या- प्रतिचुम्बकत्व का गुण प्रायः उन पदार्थों के अणुओं अथवा परमाणुओं में पाया जाता है जिनमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या सम (even) होती है तथा दो-दो इलेक्ट्रॉन मिलकर युग्म बना लेते हैं।

प्रत्येक युग्म में एक इलेक्ट्रॉन का चक्रण दूसरे इलेक्ट्रॉन के चक्रण की विपरीत दिशा में होता है, जिससे ये एक-दूसरे के चुम्बकीय आघूर्ण को निरस्त कर देते हैं। अतः प्रतिचुम्बकीय पदार्थ के परमाणु का नेट चुम्बकीय आपूर्ण शून्य होता है। जब ऐसे पदार्थ को किसी बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो युग्म के एक इलेक्ट्रॉन का चक्रण चुम्बक धीमा तथा दूसरे का त्वरित हो जाता है। अब युग्म के इलेक्ट्रॉन एक-दूसरे के चुम्बकीय प्रभाव को निरस्त नहीं कर पाते और परमाणु में चुम्बकीय आघूर्ण प्रेरित हो जाता है, जिसकी दिशा बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के विपरीत होती है; अर्थात् पदार्थ बाह्य क्षेत्र की विपरीत दिशा में चुम्बकित हो जाता है। ताप के बदलने पर इन पदार्थों के प्रतिचुम्बकत्व गुण पर कोई प्रभाव नहीं होता।

2. अनुचुम्बकीय पदार्थ (Paramagnetic Substances)- कुछ पदार्थ चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में क्षीण चुम्बकत्व प्राप्त कर लेते हैं, इन्हें अनुचुम्बकीय पदार्थ कहते हैं तथा इनके इस गुण को 'अनुचुम्बकत्त्व' कहते हैं। प्लैटिनम, ऐलुमिनियम, सोडियम, क्रोमियम, मैंगनीज, कॉपर सल्फेट इत्यादि अनुचुम्बकीय पदार्थ है।

अनुचुम्बकत्व की व्याख्या-अनुचुम्बकत्व का गुण उन पदार्थों में पाया जाता है जिनके परमाणुओं या अणुओं में कुछ ऐसे आधिक्य इलेक्ट्रॉन होते हैं जिनका चक्रण एक ही दिशा में होता है। अतः प्रत्येक परमाणु में स्थायी चुम्बकीय आपूर्ण होता है और वह एक सूक्ष्म दण्ड चुम्बक की भांति व्यवहार करता है, जिसे 'परमाणवीय चुम्बक' कहते हैं। परन्तु किसी बाहा चुम्बकीय क्षेत्र को अनुपस्थिति में ये पदार्थ कोई चुम्बकीय प्रभाव नहीं दिखाते। इसका कारण परमाणवीय चुम्बकों का अनियमित रूप से अभिविन्यासित (randomly oriented) होना है [चित्र (a)]। बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर प्रत्येक परमाणवीय चुम्बक पर एक बल-आघूर्ण कार्य करता है जिससे ये क्षेत्र की दिशा में संरेखित हो जाते हैं। इस प्रकार पूरा पदार्थ क्षेत्र की दिशा में चुम्बकीय आघूर्ण प्राप्त कर लेता है; अर्थात् क्षेत्र की दिशा में चुम्बकित हो जाता है।

ऊष्मीय विक्षोभ के कारण चुम्बकीय संरेखण कम होता है, जिससे अनुचुम्बकीय पदार्थों में चुम्बकन बहुत कम हो पाता है। बाह्य क्षेत्र की तीव्रता बढ़ाने पर अथवा ताप घटाने पर चुम्बकन बढ़ जाता है।

3. लौहचुम्बकीय पदार्थ (Ferromagnetic Substances) - कुछ पदार्थ चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में प्रबल रूप से चुम्बकित हो जाते हैं, इन्हें लौहचुम्बकीय पदार्थ कहते हैं। लोहा, कोबाल्ट, निकिल तथा मैग्नेटाइट ($Fe3O4$) इत्यादि लौहचुम्बकीय पदार्थ है।

<u>लौहचुम्बकत्व की व्याख्या (डोमेन सिद्धान्त)-</u> अनुचुम्बकत्व तथा लौहचुम्बकत्व में केवल तीव्रता का अन्तर होता है। वास्तव में लौहचुम्बकीय पदार्थ ऐसे अनुचुम्बकीय पदार्थ है, जिनका चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकन अत्यन्त तीव्र होता है। लौहचुम्बकीय पदार्थों का भी प्रत्येक परमाणु एक चुम्बक होता है और यह एक स्थायी चुम्बकीय आघूर्ण रखता है परन्तु लौहचुम्बकीय पदार्थों के परमाणुओं की कुछ अन्योन्य क्रियाओं के कारण पदार्थों के भीतर परमाणुओं के असंख्य अतिसूक्ष्म आकार के प्रभावी क्षेत्र बन जाते हैं, जिन्हें डोमेन कहते हैं। प्रत्येक डोमेन में 107 से 1021 तक परमाणु होते हैं, जिनकी चुम्बकीय अशें एक ही दिशा में संरेखित होती है (परन्तु पास वाले डोमेनों के परमाणुओं से भिन्न दिशा में)। इस प्रकार चुम्बकीय क्षेत्र की अनुपस्थिति में भी प्रत्येक डोमेन चुम्बकीय संतृप्तता की स्थिति में होता है। परन्तु परिणामी चुम्बकीय आघूर्ण शून्य ही रहता है ।

लौहचुम्बकीय पदार्थों को किसी बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर पदार्थ का परिणामी चुम्बकीय आघूर्ण निम्नलिखित दो प्रकार से बढ़ सकता है-

1. डोमेन की परिसीमाओं के विस्थापन द्वारा- बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में संरेखित डोमेनों के आकार में वृद्धि होती है, जबकि अन्य दिशाओं में अभिविन्यस्त डोमेनों के आकार छोटे हो जाते हैं। जब बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र दुर्बल हो जाता है तो लौहचुम्बकीय पदार्थों का चुम्बकन प्रायः डोमेनों की परिसीमाओं के विस्थापन द्वारा होता है। इस स्थिति में चुम्बकन की क्रिया उत्क्रमणीय होती है; अर्थात् चुम्बकीय क्षेत्र हटा लेने पर डोमेन अपनी पूर्वावस्था में वापस आ जाते हैं। अतः पदार्थ पूर्णतः विचुम्बकित हो जाता है।

2. डोमेनों के घूर्णन द्वारा - डोमेन इस प्रकार घूम जाते हैं कि इनके 2 चुम्बकीय आघूर्ण बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में हो जाते हैं जिससे प्रबल चुम्बकत्व प्राप्त हो जाता है । बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के दुर्बल होने पर इन पदार्थों में चुम्बकन डोमेनों की परिसीमाओं के विस्थापन द्वारा होता है। परन्तु प्रबल बाड़ा चुम्बकीय क्षेत्र में इन पदार्थों का चुम्बकन डोमेनों के घूर्णन द्वारा होता है। बाड़ा क्षेत्र यदि क्षीण है, तो उसे हटा लेने पर डोमेन अपनी मूल स्थितियों में आ जाते हैं।

प्रश्न 86. ट्रांसफॉर्मर की रचना तथा कार्यविधि का वर्णन कीजिए। इसमें पटलित लौह क्रोड का क्या महत्त्व है? (2017, 18, 20, 22)

या ट्रांसफॉर्मर का नामांकित चित्र बनाइए तथा उसके परिणमन अनुपात का सूत्र व्युत्पादित कीजिए।

या ट्रांसफॉर्मर का सिद्धान्त क्या होता है? उच्चायी तथा अपचायी ट्रांसफॉर्मर में अन्तर उल्लेखित कीजिए। ट्रांसफॉर्मर में ऊर्जा क्षय के कारणों का उल्लेख कीजिए। (2018, 19, 20, 23)

उत्तर- **<u>ट्रांसफॉर्मर (Transformer)-</u>** अन्योन्य प्रेरण (mutual induction) के सिद्धान्त पर आधारित यह एक ऐसी युक्ति है जिससे प्रत्यावर्ती धारा के विभव को कम अथवा अधिक किया जाता है। ट्रांसफॉर्मर केवल प्रत्यावर्ती धारा या विभव को ही परिवर्तित करने के काम आते हैं, दिष्ट धारा या विभव के परिवर्तन में नहीं। ये दो प्रकार के होते हैं-

(i) उच्चायी ट्रांसफॉर्मर (Step-up Transformer) - इनके द्वारा कम विभव वाली प्रबल प्रत्यावर्ती धारा को ऊँचे विभव वाली निर्बल धारा में बदला जाता है।

(ii) अपचायी ट्रांसफॉर्मर (Step-down Transformer) - इनके द्वारा ऊँचे विभव वाली निर्बल प्रत्यावर्ती धारा को कम विभव वाली प्रबल धारा में बदला जाता है।

रचना- इसमें कच्चे लोहे की आयताकार गोलाकार मुड़ी हुई पत्तियाँ एक पटलित क्रोड (laminated core) के रूप में होती हैं। ये पत्तियाँ एक-दूसरे के ऊपर वार्निश से जोड़ दी जाती हैं जिससे कि ये एक-दूसरे से पृथक्कृत रहें। फलतः क्रोड में कम भँवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं और वैद्युत ऊर्जा का ह्रास घट जाता है। इस क्रोड पर ताँबे के तार की दो कुण्डलियाँ इस प्रकार लपेटी जाती हैं कि वे एक-दूसरे से तथा लोहे की क्रोड से पृथक्कृत रहें [चित्र (a)] इनमें से एक पर ताँबे के मोटे तार के कम फेरे होते हैं तथा दूसरी में ताँबे के पतले तार के अधिक फेरे होते हैं। इनमें एक को 'प्राथमिक कुण्डली' (Primary coil) और दूसरी को 'द्वितीयक कुण्डली' (Secondary coil) कहते हैं। उच्चायी ट्रांसफॉर्मर में मोटे तार की कम फेरों वाली प्राथमिक कुण्डली होती है - और पतले तार की अधिक फेरों वाली कुण्डली द्वितीयक कुण्डली होती है, अपचायी ट्रांसफॉर्मर में इसके विपरीत होता है।

कार्यविधि- जिस वि० वा० बल को परिवर्तित करना होता है, उसे सदैव प्राथमिक कुण्डली से जोड़ते हैं। जब प्राथमिक कुण्डली में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है तो धारा के प्रत्येक चक्कर में क्रोड एक बार एक दिशा में चुम्बकित होती है तथा दूसरी बार दूसरी दिशा में। अतः क्रोड में एक 'परिवर्ती' चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। इस प्रकार प्राथमिक कुण्डली की वैद्युत ऊर्जा का क्रोड में चुम्बकीय ऊर्जा के रूप में स्थानान्तरण हो जाता है। चूँकि द्वितीयक कुण्डली इस क्रोड पर लिपटी रहती है; अतः क्रोड के बार-बार चुम्बकन तथा विचुम्बकन होने की क्रिया से इस कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय-फ्लक्स में लगातार परिवर्तन होता रहता है। इस प्रकार वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के प्रभाव से द्वितीयक कुण्डली में उसी आवृत्ति का प्रत्यावर्ती वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है। इस प्रेरित वि० वा० बल का मान दोनों कुण्डलियों के फेरों की संख्या के अनुपात तथा प्राथमिक कुण्डली को दिये गये वि० वा० बल पर निर्भर करता है। माना कि प्राथमिक एवं द्वितीयक कुण्डलियों में तार के फेरों की संख्या क्रमशः Np और NR_s हैं। मान लो कि चुम्बकीय फ्लक्स का कोई क्षरण (leakage) नहीं होता है जिससे कि दोनों कुण्डलियों के प्रत्येक फेरे में से समान फ्लक्स गुजरता है। माना कि किसी क्षण कुण्डलियों के प्रत्येक फेरे से बद्ध फ्लक्स का मान क है। तब फैराडे के वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के नियमानुसार प्राथमिक कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित वि० वा० बल,

$$e_p = -Np\ \Delta\Phi / \Delta t$$

तथा द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल,

$$e_s = -Ns\ \Delta\Phi / \Delta t$$

$$e_s / e_p = N_s / N_p$$

यदि प्राथमिक परिपथ का प्रतिरोध नगण्य हो तथा ऊर्जा का कोई क्षय न हो तो प्राथमिक कुण्डली में प्रेरित विध वाण य हो तथका मान प्राथमिक परिपथ में लगाये गये विभवान्तर के तुल्य (लबला होगा। इसके अतिरिक्त यदि

द्वितीयक परिपथ खुला हो (अर्थात प्रतिरोध अनन्त हो) तो द्वितीयक कुण्डली के सिरों के बीच विभवान्तर Vs उसमें उत्पन्न प्रेरित वि० वा० बल es के तुल्य होगा। इन आदर्श परिस्थितियों में

$$V_s / V_p = e_s / e_p = N_s / N_p = r$$

जहाँ r को' परिणमन-अनुपात' (transformation ratio) कहते हैं। उच्चायी ट्रांसफॉर्मर के लिए। का मान 1 से अधिक तथा अपचायी ट्रांसफॉर्मर के लिए 1 से कम होता है। यदि ट्रांसफॉर्मर द्वारा वैद्युत विभव को बढ़ाना है तो विद्युत वाहक बल के स्रोत- को उस कुण्डली से सम्बन्धित करते हैं जिसके तार मोटे हैं और जिसमें फेरों की संख्या कम होती है। उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि इस दशा में Vs, Vp से बड़ा होगा; अर्थात् का मान 1 से अधिक होगा। वैद्युत-विभव को कम करने के लिए विद्युत वाहक बल के स्रोत को पतले तार से बनी अधिक फेरों वाली कुण्डली से जोड़ते हैं। स्पष्ट है कि इस दशा में Vs का मान Vp से कम होगा जिसके फलस्वरूप का मान 1 से कम होगा। ट्रांसफॉर्मर में पटलित लौह क्रोड का महत्व लौह क्रोड का प्रयोग करने पर दोनों कुण्डलियों के बीच चुम्बकीय फ्लक्स क्षय कम हो जाता है अथवा ट्रांसफॉर्मर का कार्य क्रोड के बार-बार चुम्बकित तथा विचुम्बकित होने से सम्पन्न होता है। ट्रांसफॉर्मर में ऊर्जा क्षय के कारण-व्यवहार में द्वितीयक कुण्डली से प्राप्त ऊर्जा, प्राथमिक कुण्डली को दी गई ऊर्जा से कुछ कम होती है। इसका कारण यह है कि ट्रान्सफार्मर में अनेक प्रकार से ऊर्जा का क्षय होता है। इसके निम्नलिखित कारण हैं- (i) ताँबे में हानि-जब प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है तो कुछ ऊर्जा ताँबे के फेरों में ऊष्मा के रूप में क्षय हो जाती है।

(ii) भँवर-धाराओं में हानि ट्रान्सफार्मर की लोहे की क्रोड में भँवर धाराएँ स्थापित होने से भी कुछ ऊर्जा ऊष्मा के रूप में क्षय हो जाती है।

(iii) शैथिल्य हानि-प्रत्यावर्ती धारा के प्रत्येक चक्र में लोहे की क्रोड चुम्बकित तथा विचुम्बकित होती है। इस प्रक्रिया में भी ऊर्जा ऊष्मा के रूप में क्षय होती है।

(iv) फ्लक्स हानि-प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डिलयों का युग्मन कभी भी पूर्ण नहीं होता। अतः प्राथमिक में जनित सम्पूर्ण चुम्बकीय फ्लक्स द्वितीयक फ्लक्स से नहीं गुजरता। इसके कारण फ्लक्स हानि होती है।

प्रश्न 87. मैक्सवेल के विद्युत चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। (2015, 17, 18, 19)

या विद्युत-चुम्बकीय तरंगें क्या हैं? (2017, 18, 22)

विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की चार विशेषताओं (अभिलक्षण) का उल्लेख कीजिए। (2014, 15, 17, 18, 21, 22, 23)

विद्युत चुम्बकीय तरंगों के किन्हीं दो विशिष्ट गुणों को लिखिए।

या मैक्सवेल का प्रकाश के सम्बन्ध में वैद्युत चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त लिखिए। (2017,18)

उत्तर- मैक्सवेल का प्रकाश का विद्युत-चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त (Maxwell's electromagnetic wave theory of light) - ब्रिटिश वैज्ञानिक मैक्सवेल ने सन् 1865 में केवल गणितीय सूत्रों के आधार पर यह प्रमाणित किया कि जब

कभी किसी वैद्युत परिपथ में वैद्युत धारा बहुत उच्च आवृत्ति से बदलती है (अर्थात् परिपथ में उच्च आवृत्ति के वैद्युत दोलन होते हैं) तो उस परिपथ से ऊर्जा, तरंगों के रूप में चारों ओर को प्रसारित होने लगती है। इन तरंगों को 'विद्युत-चुम्बकीय तरंगें' कहते हैं। इन तरंगों में वैद्युत क्षेत्र E तथा चुम्बकीय क्षेत्र B परस्पर लम्बवत् तथा तरंग के संचरण की दिशा के भी लम्बवत् होते हैं। इन तरंगों के संचरण के लिए माध्यम का होना आवश्यक नहीं है; अर्थात् विद्युत-चुम्बकीय तरंगें निर्वात् में होकर चल सकती हैं। मैक्सवेल ने गणनाओं द्वारा यह स्थापित किया कि विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की चाल 3.0×10^8 मीटर/सेकण्ड है जो कि निर्वात् में प्रकाश की चाल है। इस आधार पर मैक्सवेल ने अपना यह मत दिया कि प्रकाश विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में संचरित होता है।

विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के अभिलक्षण-विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के अभिलक्षण निम्नलिखित हैं-

(i) विद्युत-चुम्बकीय तरंगें त्वरित आवेश द्वारा उत्पन्न की जाती हैं।
(ii) इन तरंगों के संचरण के लिए किसी पदार्थिक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।
(iii) ये तरंगें निर्वात् अथवा मुक्त स्थान में v वेग से चलती हैं जिसका मान प्रकाश की चाल के बराबर होता है।
(iv) वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के परिवर्तनों की दिशाएँ परस्पर लम्बवत् होती हैं तथा संचरण की दिशा के भी लम्बवत् होती हैं। इस प्रकार, विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की प्रकृति अनुप्रस्थ होती है।
(v) वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों में परिवर्तन साथ-साथ होते हैं तथा क्षेत्रों के महत्तम मान E_0 व B_0 एक ही स्थान पर तथा एक ही समय होते हैं।
(vi) निर्वात् में विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के परिमाणों का सम्बन्ध $E/B = v = c$ होता है।
(vii) वैद्युत-चुम्बकीय तरंगों में ऊर्जा, औसतन वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों में बराबर-बराबर बँटी होती है।
(viii) निर्वात् में, औसत वैद्युत ऊर्जा घनत्व $1 / 2 \epsilon_0 E^2$ तथा औसत चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व $B^2 / 2\mu_0$ होता है।
(ix) विद्युत-चुम्बकीय तरंग में प्रकाशिक प्रभाव वैद्युत क्षेत्र वेक्टर के कारण होता है।

पराबैंगनी किरणें - दृश्य विकिरण के बैंगनी रंग से कम तरंगदैर्ध्य की (10^{-8} मी से 4×10^{-7} मी तक) किरणें पराबैंगनी किरणें कहलाती हैं।

अवरक्त किरणें - दृश्य विकिरण के लाल रंग से अधिक तरंगदैर्ध्य (7.8×10^{-7} मी से 15×10^{-3} मी तक की किरणे अवरक्त किरणें कहलाती हैं।

प्रश्न 88. एक अपवर्तनी खगोलीय दूरदर्शी का किरण आरेख खींचिए जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है। इसकी आवर्धन क्षमता के लिए व्यंजक भी स्थापित कीजिए। (NCERT) (2016, 17, 18, 19, 22, 23)

उत्तर- **खगोलीय दूरदर्शी (Astronomical Telescope)** - खगोलीय दूरदर्शी एक ऐसा प्रकाशिक यन्त्र है जिसके द्वारा बना दूर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब का आँख पर बड़ा दर्शन कोण बनाता है जिससे कि वह वस्तु आँख को बड़ी दिखायी पड़ती है।

रचना- इसमें धातु की एक लम्बी बेलनाकार नली होती है जिसके एक सिरे पर बड़ी फोकस दूरी तथा बड़े द्वारक का अवर्णक उत्तल लेन्स लगा होता है, जिसे 'अभिदृश्यक लेन्स' कहते हैं। नली के दूसरे सिरे पर एक अन्य छोटी नली फिट होती है जो दन्तुर दण्ड-चक्र (रैंक-पिनयन) व्यवस्था द्वारा बड़ी नली में आगे-पीछे खिसकाई जा सकती है। छोटी नली के बाहरी सिरे पर एक छोटी फोकस दूरी तथा छोटे द्वारक का अवर्णक उत्तल लेन्स लगा रहता है जिसे अभिनेत्र लेन्स अथवा नेत्रिका कहते हैं। नेत्रिका के फोकस पर क्रॉस-तार लगे रहते हैं।

समायोजन- सबसे पहले नेत्रिका को छोटी नली में आगे-पीछे खिसकाकर क्रॉस-तार पर फोकस कर लेते हैं। फिर जिस वस्तु को देखना हो उसकी ओर अभिदृश्यक लेन्स को दिष्ट कर देते हैं। दन्तुर-दण्ड-चक्र व्यवस्था द्वारा छोटी नली को लम्बी नली में आगे-पीछे खिसकाकर अभिदृश्यक लेन्स की क्रॉस-तार से दूरी इस प्रकार समायोजित करते हैं कि वस्तु के प्रतिबिम्ब और क्रॉस-तार में लम्बन न रहे। इस स्थिति में वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दिखाई देगा। यह प्रतिबिम्ब लेन्सों द्वारा प्रकाश के अपवर्तन से बनता है। अतः यह दूरदर्शी 'अपवर्तक' दूरदर्शी है।

प्रतिबिम्ब का बनना - दूरदर्शी का अभिदृश्यक लेन्स तथा नेत्रिका E दिखाये गये हैं। AB एक दूर स्थित वस्तु है जिसका A सिरा दूरदर्शी की अक्ष पर है। लेन्स के द्वारा AB का वास्तविक, उल्टा व छोटा प्रतिबिम्ब A'B', लेन्स के द्वितीय फोकस F० पर बनता है। यह प्रतिबिम्ब नेत्रिका E के प्रथम फोकस Fe' के भीतर है तथा नेत्रिका के लिए वस्तु का कार्य करता है। अतः नेत्रिका, A'B' का आभासी, सीधा तथा बड़ा प्रतिबिम्ब A "B" बनाती है। B" की स्थिति ज्ञात करने के लिए, B' से दो विछिन्न किरण.........ली गई है। एक किरण जो E के प्रकाशिक-केन्द्र में से जाती है, सीधी चली जाती है तथा दूसरी किरण जो मुख्य अक्ष से समान्तर ली गई है, E के दूसरे फोकस Fo से होकर जाती है। ये किरणे पीछे बढ़ाने पर बिन्दु B" पर मिलती हैं।

आवर्धन-क्षमता-दूरदर्शी की आवर्धन-क्षमता (कोणीय आवर्धन) M= अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण जबकि वस्तु अपनी वास्तविक स्थिति में हो चूँकि आँख नेत्रिका E के समीप है, अतः अन्तिम प्रतिबिम्ब A"B" द्वारा नेत्रिका पर बने कोण ३ को ही A"B" द्वारा आँख पर बना कोण मान सकते हैं। इसी स प्रकार चूँकि वस्तु AB, दूरदर्शी से बहुत दूर है, अतः वस्तु द्वारा अभिदृश्यक पर बने कोण a को वस्तु द्वारा आँख पर बना कोण मान सकते हैं।

जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्तता पर बनता है-श्रांत आँख (relaxed eye) से देखने के लिए अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्तता पर बनना चाहिए चित्र (b)।, इसके लिए नेत्रिका तथा अभिदृश्यक के बीच दूरी इतनी रखते हैं कि वस्तु AB का अभिदृश्यक O द्वारा बना प्रतिबिम्ब A'B', नेत्रिका के फोकस Fe' पर पड़े (ue = fe) । दूरदर्शी का यह समायोजन सामान्य समायोजन कहलाता है।

इस स्थिति में दूरदर्शी की लम्बाई fo+fe होगी। सूत्र (2) तथा (3) से स्पष्ट है कि दूरदर्शी की आवर्धन-क्षमता बढ़ाने के लिए अभिदृश्यक लेन्स की फोकस दूरी fo बड़ी तथा नेत्रिका की फोकस दूरी छोटी होनी चाहिए। ऋणात्मक चिह्न इस बात का सूचक है कि अन्तिम प्रतिबिम्ब उल्टा बनता है।

प्रश्न 89. तरंगाग्र किसे कहते हैं? हाइगेन्स के द्वितीयक तरंगिकाओं का सिद्धान्त लिखिए। (2018, 22, 23)
या हाइगेन्स के तरंग संचरण सम्बन्धी सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। (2016, 17, 18, 19)
या तरंगाग्र किसे कहते हैं? (2014, 18)
या हाइगेन्स के द्वितीयक तरंगिकाओं के सिद्धान्त की विवेचना कीजिए। (2017, 19, 23)

उत्तर- **तरंगाग्र (Wavefront)** - किसी एक माध्यम में जिसमें कोई तरंग संचरित हो रही हो, यदि हम कोई ऐसा पृष्ठ (surface) खींचें जिसमें स्थित कण कम्पन की समान कला में हों, तो ऐसे पृष्ठ को 'तरंगाग्र' कहते हैं। समांग (isotropic) माध्यम में किसी तरंग का तरंगाग्र सदैव तरंग संचरण की दिशा बीत से बहुत अधिक दूरी पर स्थित तरंगाग्र का अल्प भाग समतलीय माना जा सकता है तथा ऐसी स्थिति में किरणें परस्पर समान्तर रेखाएँ हो जाती है। यही कारण है कि सूर्य से चलने वाले प्रकाश का तरंगाग्र जब पृथ्वी के सम्पर्क में आता है तो इस तरंगाग्र का अल्पांश समतलीय माना जाता है तथा सूर्य से आने वाली प्रकाश किरणें समान्तर मानी जाती हैं।

हाइगेन्स का द्वितीयक तरंगिकाओं का सिद्धान्त (Huygens Principle of Secondary Wavelets)

1. जब कोई कम्पन-स्त्रोत तरंगें उत्पन्न करता है, तो उसके चारों ओर माध्यम (ईथर) के कण कम्पन करने लगते हैं। माध्यम का वह पृष्ठ (surface) जिसमें स्थित सभी कण एक ही कला (phase) में कम्पन कर रहे होते हैं, 'तरंगाग्र' (wavefront) कहलाता है। समांग (homogeneous) माध्यम में किसी तरंग का तरंगाग्र, तरंग के संचरण की दिशा में लम्बवत् होता है। अतः तरंगाग्र के अभिलम्बवत् खींची गयी रेखा तरंग के संचरण की दिशा को व्यक्त करती है तथा इसे किरण (ray) कहते हैं।

2. माध्यम में जहाँ भी तरंगाग्र पहुँचता है वहाँ पर स्थित प्रत्येक कण एक नया तरंग स्रोत बन जाता है जिसमें नयी तरंगें सभी दिशाओं में निकलती हैं। इन तरंगों को द्वितीयक तरंगिकाएँ (secondary wavelets) कहते हैं। द्वितीयक तरंगिकाएँ प्राथमिक तरंग की चाल से ही आगे बढ़ती हैं।

3. किसी क्षण सभी द्वितीयक तरंगिकाओं को स्पर्श करता हुआ खींचा गया पृष्ठ अर्थात् 'एन्वलोप' (envelope) उस क्षण तरंगाग्र की नवीन स्थिति को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार तरंग आगे बढ़ती चली जाती है S एक बिन्दु स्रोत है जिससे तरंगें निकल रही हैं। AB पर स्थित प्रत्येक बिन्दु से द्वितीयक गोलीय तरंग प्राथमिक तरंग की चाल से चारों ओर फैल रही है। माना कि हमें । समय उपरान्त तरंगाग्र की स्थिति ज्ञात करनी है। इतने समय में प्रत्येक द्वितीयक तरंगिका vt दूरी तय करेगी। अतः हम AB पर स्थित बिन्दुओं; जैसे 1, 2, 3, 4, 5,...... पर vt त्रिज्या के गोले खींचते हैं। इन गोलों को स्पर्श करता हुआ खींचा गया पृष्ठ A, B, 'एन्वलोप' है। यही तरंगाग्र की नवीन स्थिति है। गोलों का एन्वलोप A2B2 पीछे की दिशा में भी है, परन्तु हाइगेन्स का सिद्धान्त पीछे की दिशा में स्थित 'एन्वलोप' को स्वीकार नहीं करता।

प्रश्न 90. सेल के विद्युत वाहक बल से क्या तात्पर्य है ? किसी वोल्टमीटर से सेल का वि० वा० बल सही-सही क्यों नहीं नापा जा सकता है ? किसी सेल के विद्युत वाहक बल से क्या तात्पर्य है? (2014)

उत्तर- सेल का विद्युत वाहक बल-एकांक आवेश को पूरे परिपथ या (सेल सहित) में प्रवाहित करने में सेल द्वारा दी गयी ऊर्जा को सेल का 'विद्युत वाहक बल' (electromotive force) कहते हैं। यदि किसी परिपथ में 9 *। आवेश प्रवाहित करने पर सेल को W कार्य करना पड़े (ऊर्जा देनी पड़े) तो सेल का वि० वा० बल

$$E=W/q$$

यदि W जूल में तथा 9 कूलॉम में हों तो E का मान वोल्ट में प्राप्त होता है। यदि किसी परिपथ में 1 कूलॉम आवेश प्रवाहित करने पर सेल द्वारा दी गयी ऊर्जा 1 जूल हो, तो सेल का वि० वा० बल 1 वोल्ट होता है। वि० वा० बल प्रत्येक सेल का एक लाक्षणिक गुण होता है। सेल के विद्युत वाहक बल का सही मापन करने के लिए, इसको मापने के लिए प्रयुक्त यन्त्र का प्रतिरोध अनन्त होना चाहिए। परन्तु वोल्टमीटर का प्रतिरोध अनन्त नहीं होता है। इसलिए इससे विद्युत वाहक बल का सही-सही मापन नहीं किया जा सकता है।