

4.11 चल कुंडली गैल्वेनोमीटर

अध्याय 3 के अंतर्गत विद्युत परिपथों में प्रवाहित धाराओं तथा वोल्टताओं के विषय में विस्तार से चर्चा की जा चुकी है। परंतु हम इन्हें किस प्रकार मापते हैं। हम यह कैसे कहते हैं कि किसी परिपथ में 1.5 A विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है अथवा किसी प्रतिरोधक के सिरों के बीच 1.2 V विभवांतर

163

2022-23

भौतिकी

है। चित्र 4.24 में इसी उद्देश्य के उपयोग से किया जाने वाला उपयोगी उपकरण दर्शाया गया है जिसे चल कुंडली गैल्वेनोमीटर (moving coil galvanometer — MCG) कहते हैं। यह एक ऐसी युक्ति है जिसके सिद्धांत को हमारे द्वारा अनुभाग में 4.10 में की गई चर्चा के आधार पर समझा जा सकता है।

चल कुंडली गैल्वेनोमीटर में किसी एकसमान त्रिज्य (अरीय) चुंबकीय क्षेत्र में किसी अक्ष पर घूर्णन करने के लिए अनेक फेरों वाली एक कुंडली होती है (चित्र 4.24)। इस कुंडली के भीतर एक बेलनाकार नर्म लोह क्रोड जो केवल चुंबकीय क्षेत्र को त्रिज्य ही नहीं बनाता वरन चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता में भी वृद्धि कर देता है। जब इस कुंडली से कोई विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो इस पर एक बल आघूर्ण कार्य करता है। समीकरण (4.26) के अनुसार इस बल आघूर्ण τ का मान होता है

$$\tau = NIAB$$

$$\tau = NIAB$$

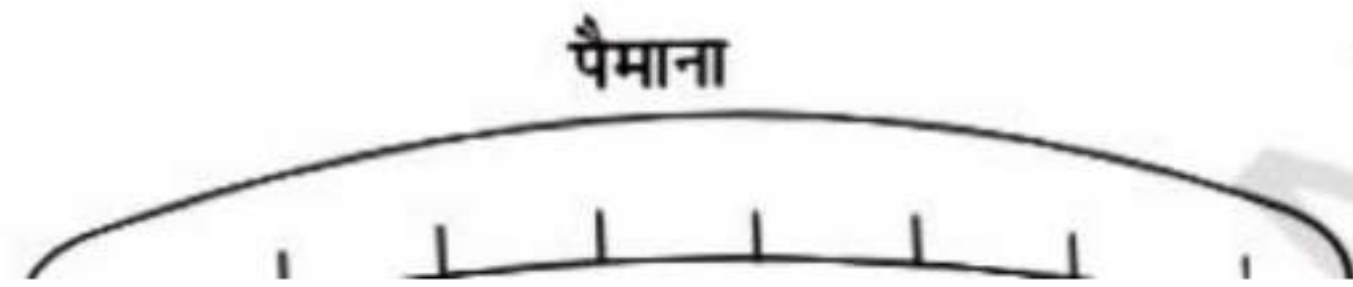
यहाँ, भौतिक राशियों के प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। चूँकि डिजाइन के अनुसार चुंबकीय क्षेत्र त्रिज्य है, हमने बल आघूर्ण के लिए दिए गए उपरोक्त व्यंजक में $\sin \theta = 1$ लिया है। यह चुंबकीय बल आघूर्ण $NIAB$ कुंडली में घूर्णन की प्रवृत्ति उत्पन्न करता है जिसके फलस्वरूप कुंडली अपने अक्ष पर घूर्णन करती है। कुंडली से जुड़ी कमान S_p में कुंडली के घूर्णन के विरोध में बल आघूर्ण $k\phi$ उत्पन्न हो जाता है जो कुंडली के बल आघूर्ण $NIAB$ को संतुलित करता है; फलस्वरूप कुंडली में ϕ कोण का स्थायी कोणीय विक्षेप आ जाता है। साम्यावस्था में

$$k\phi = NIAB$$

यहाँ k कमान का ऐंठन नियतांक है, अर्थात् प्रति एकांक ऐंठन प्रत्यानयन बल आघूर्ण है। विक्षेप ϕ का पाठ्यांक कमान के साथ जुड़े संकेतक द्वारा पैमाने पर लिया जा सकता है। उपरोक्त व्यंजक के अनुसार ϕ का मान है

$$\phi = \left(\frac{NAB}{k} \right) I$$

(4.38)

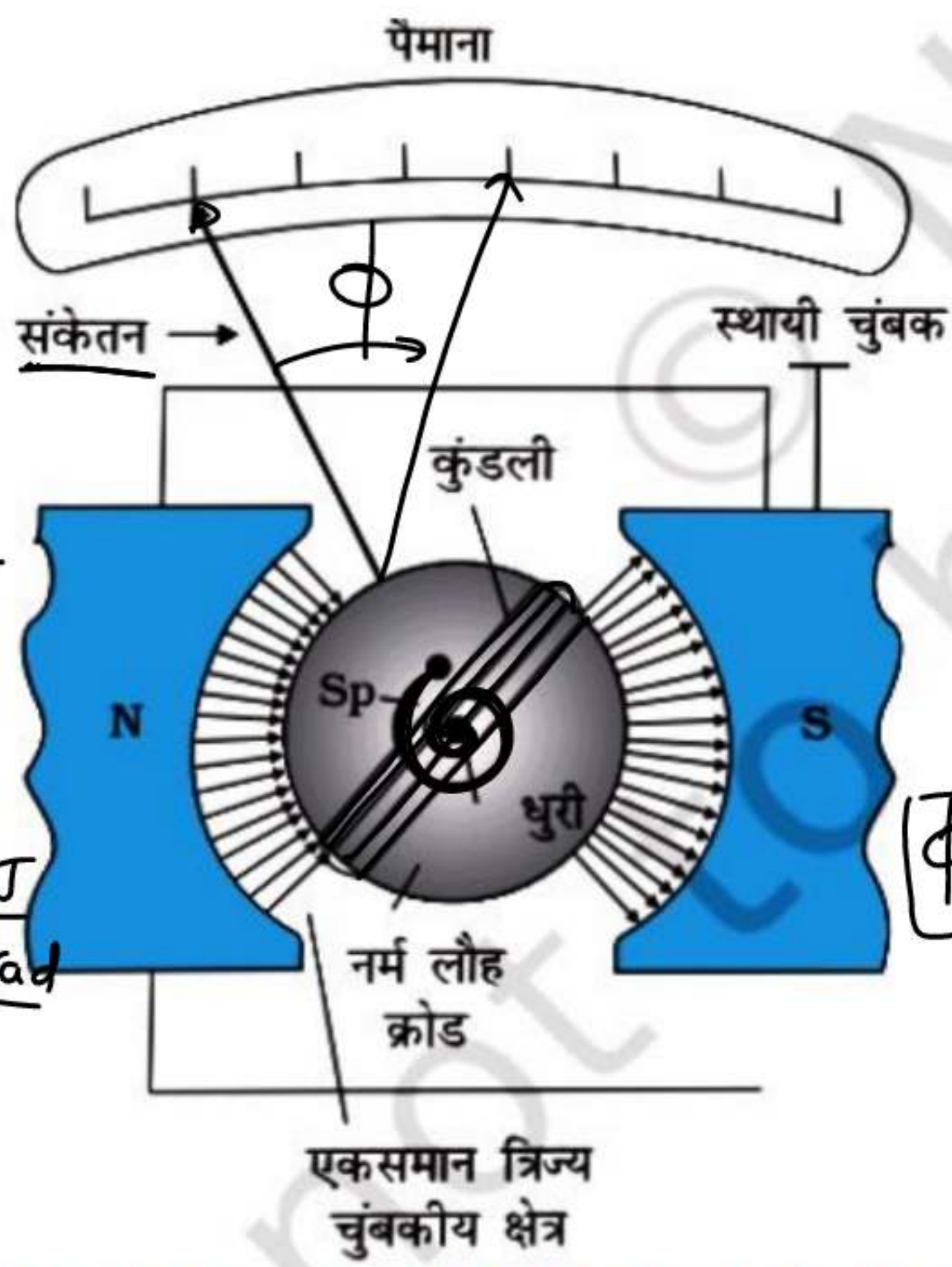


के अनुसार ϕ का मान है

$$\tau \propto \phi$$

$$\tau = k\phi$$

$$k = \frac{\tau}{\phi} = \frac{I}{k_a d}$$



$$\phi = \left(\frac{NAB}{k} \right) I$$

$$\tau = k\phi$$

$$BINA = k\phi$$

$$I = \frac{k\phi}{BNA}$$

$$\phi = \frac{BIN A}{k(4.38)} = \left(\frac{BAN}{k} \right) I$$

कोष्ठक की राशि का मान किसी दिए गए गैल्वेनोमीटर के लिए एक नियतांक है। गैल्वेनोमीटर का उपयोग कई प्रकार से किया जा सकता है। इसका उपयोग एक संसूचक के रूप में यह ज्ञात करने के लिए किया जा सकता है कि परिपथ में कोई विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है अथवा नहीं। इस प्रकार का उपयोग हमने व्हीटस्टोन सेतु व्यवस्था में किया था। जब गैल्वेनोमीटर का उपयोग संसूचक के रूप में करते हैं तो इसका संकेतक साम्यावस्था (शून्य विक्षेप स्थिति अर्थात जब कुंडली में कोई विद्युत धारा प्रवाहित नहीं होती) पैमाने के मध्य में होता है न कि बाईं ओर जैसा कि चित्र 4.24 में दर्शाया गया है। प्रवाहित विद्युत धारा के अनुसार गैल्वेनोमीटर का संकेतक विद्युत धारा की दिशा के अनुरूप बाएँ अथवा दाएँ विक्षेपित हो जाता है।

गैल्वेनोमीटर का उपयोग इसी रूप में किसी परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा को मापने के लिए ऐमीटर की भाँति नहीं किया जा सकता। इसके दो कारण हैं (i) गैल्वेनोमीटर एक अत्यंत सुग्राही युक्ति है, यह μA कोटि की विद्युत धारा के लिए पूर्ण पैमाना विक्षेप देती है। (ii) विद्युत धारा को मापने के लिए गैल्वेनोमीटर को परिपथ में श्रेणीक्रम में जोड़ना होता है। क्योंकि इसका प्रतिरोध अधिक होता है जो परिपथ में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के मान को परिवर्तित कर देता है। इस परेशानी को दूर करने के लिए एक अल्प-मान वाला प्रतिरोध r_s जिसे शंट कहते हैं, गैल्वेनोमीटर की कुंडली के पार्श्वक्रम में संयोजित किया जाता है जिससे अधिकांश विद्युत धारा इस शंट से प्रवाहित हो जाती है। इस प्रकार इस व्यवस्था का प्रतिरोध हो जाता है-

चित्र 4.24 चल कुंडली गैल्वेनोमीटर। इसके अवयवों का वर्णन पाठ में किया गया है। आवश्यकतानुसार इस उपकरण का उपयोग हम धारा का पता लगाने या धारा (ऐमीटर), या फिर वोल्टता (वोल्टमीटर) का मान ज्ञात करने के लिए करते हैं।

$$R_G r_s / (R_G + r_s) \sim r_s \quad \text{यदि } R_G \gg r_s$$

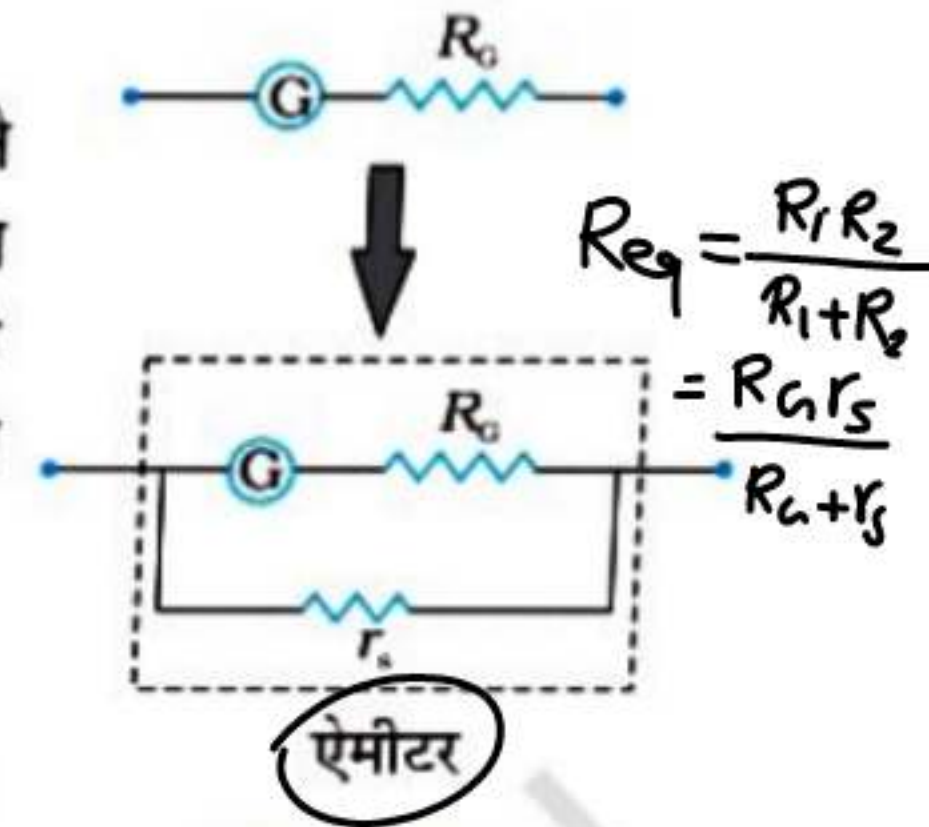
यदि परिपथ के प्रतिरोध R_e की तुलना में r_s का मान कम है तो मापक यंत्र को परिपथ में जोड़ने का प्रभाव भी कम होगा जिसकी उपेक्षा की जा सकती है। इस व्यवस्था का एक योजना आरेख चित्र 4.25 में दिखाया गया है। इस प्रकार बने ऐमीटर के पैमाने का अंशांकन कर दिया जाता है ताकि आसानी से धारा का मान पढ़ा जा सके। ऐमीटर की सुग्राहिता की परिभाषा हम विक्षेप प्रति इकाई धारा के रूप में करते हैं। समीकरण (4.38) के अनुसार धारा सुग्राहिता है,

$$S_I = \frac{\phi}{I} = \frac{NAB}{k}$$

$$S_I \sim 1$$

(4.39)

किसी भी उत्पादक के लिए गैल्वेनोमीटर की सुग्राहिता में वृद्धि करने का सरल उपाय यह है कि वह कुंडली में फेरों की संख्या N में वृद्धि कर दे। हम अपने प्रयोग की आवश्यकता के अनुसार गैल्वेनोमीटर का चयन करते हैं।



चित्र 4.25

एक अत्यल्प मान का शंट

प्रतिरोध r_s पार्श्वक्रम में लगाकर किसी गैल्वेनोमीटर (G) को ऐमीटर (A) में रूपांतरित करना।

धारामापी का उपयोग परिपथ के किसी अंश के सिरों के बीच विभवांतर ज्ञात करने के लिए वोल्टतामापी के रूप में भी हो सकता है। इस उद्देश्य के लिए इसको परिपथ के उस अंश के पार्श्वक्रम में लगाना होगा। और फिर, इसमें से अत्यल्प धारा प्रवाहित होनी चाहिए, अन्यथा, वोल्टता की माप मूल व्यवस्था को अत्यधिक विक्षुब्ध कर देगी। प्रायः हम मापक यंत्रों द्वारा उत्पन्न विक्षोभ को एक प्रतिशत से कम रखते हैं। माप की परिशुद्धता बनाए रखने के लिए, गैल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में एक बड़ा प्रतिरोध R जोड़ा जाता है। इस व्यवस्था का योजना आरेख चित्र 4.26 में दर्शाया गया है। ध्यान दीजिए कि अब वोल्टमीटर का कुल प्रतिरोध,

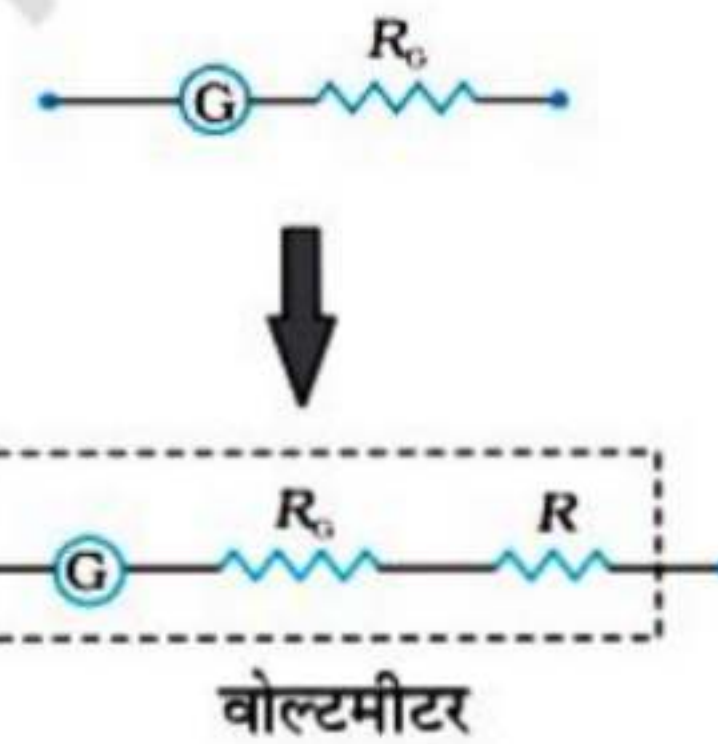
$$R_G + R = R \quad \text{अर्थात् प्रतिरोध बहुत अधिक है।}$$

वोल्टमीटर के पैमाने को अंशांकित कर दिया जाता है ताकि आसानी से वोल्टता का मान पढ़ा जा सके। किसी वोल्टमापी की वोल्टता सुग्राहिता की परिभाषा हम विक्षेप प्रति एकांक वोल्टता से करते हैं। समीकरण (4.38) से

$$S_v = \left(\frac{\phi}{V}\right) = \left(\frac{NAB}{k}\right) \frac{I}{V} = \left(\frac{NAB}{k}\right) \frac{1}{R}$$

$$= \frac{NAB}{k} \cdot \frac{1}{V \cdot R} = \frac{NAB}{kR}$$

प्रतिरोध r_s पार्श्वक्रम में लगाकर किसी गैल्वेनोमीटर (G) को ऐमीटर (A) में रूपांतरित करना।



(4.40)

वोल्टता सुग्राहिता

चित्र 4.26 श्रेणीक्रम में एक

यहाँ एक रोचक तथ्य ध्यान देने योग्य यह है कि धारा सुग्राहिता में वृद्धि करने पर यह आवश्यक नहीं है कि वोल्टता सुग्राहिता में भी वृद्धि हो जाएगी। आइए समीकरण (4.39) पर विचार करें जो धारा सुग्राहिता का माप बताती है। यदि $N \rightarrow 2N$ अर्थात् यदि फेरों की संख्या दोगुनी कर दी जाए, तो

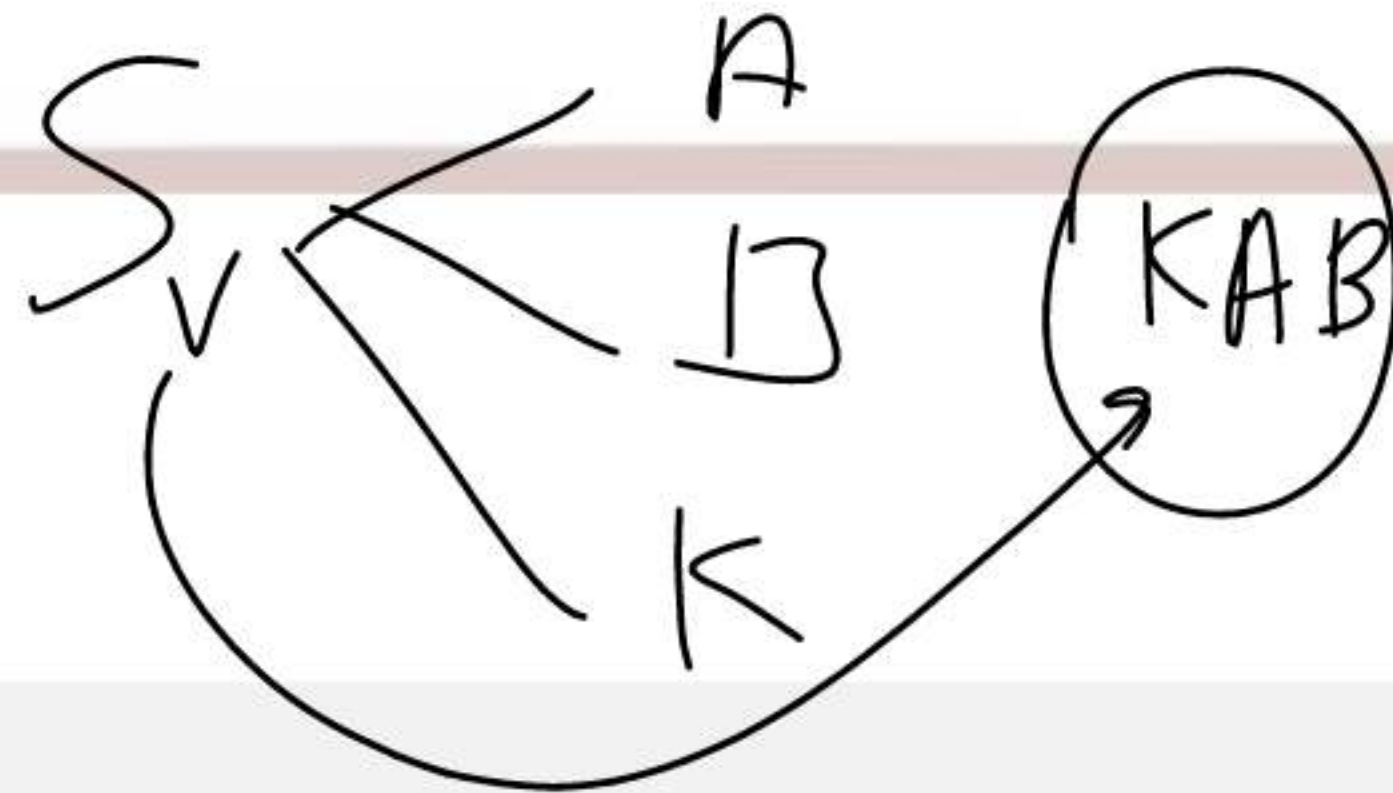
$$\frac{\phi}{I} \rightarrow 2 \frac{\phi}{I}$$

अर्थात् धारा सुग्राहिता भी दोगुनी हो जाती है। किंतु, गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध भी दो गुना हो जाने की संभावना है क्योंकि यह तार की लंबाई के अनुक्रमानुपाती है। समीकरण (4.40) में $N \rightarrow 2N$ एवं $R \rightarrow 2R$, अतः वोल्टता सुग्राहिता,

$$S_v = \frac{\phi}{V} \rightarrow \frac{\phi}{V}$$

अपरिवर्तित रहती है। अतः व्यापक रूप से गैल्वेनोमीटर से ऐमीटर में रूपांतरित करने के लिए जो संशोधन किए जाते हैं गैल्वेनोमीटर को वोल्टमीटर में परिवर्तित करने के लिए इनसे भिन्न संशोधन किए जाने चाहिए।

$$\frac{N}{R}$$



$$S_v \propto \frac{1}{K} \quad S_v \propto B$$

$$S_v \propto A$$