

किरचॉफ के नियम (Kirchhoff's Laws)

- किरचॉफ के नियम विद्युत परिपथों (Electrical Circuits) का विश्लेषण करने के लिए महत्वपूर्ण नियम हैं।
- Kirchhoff's Laws are fundamental principles in electrical circuit analysis. They help determine the current and voltage in complex circuits.
- ये नियम आवेश (Charge) और ऊर्जा (Energy) के संरक्षण (Conservation) पर आधारित होते हैं।
- These laws are based on the conservation of charge and energy

First Law

(I) Kirchhoff's Current Law (किरचोफ का धारा नियम)

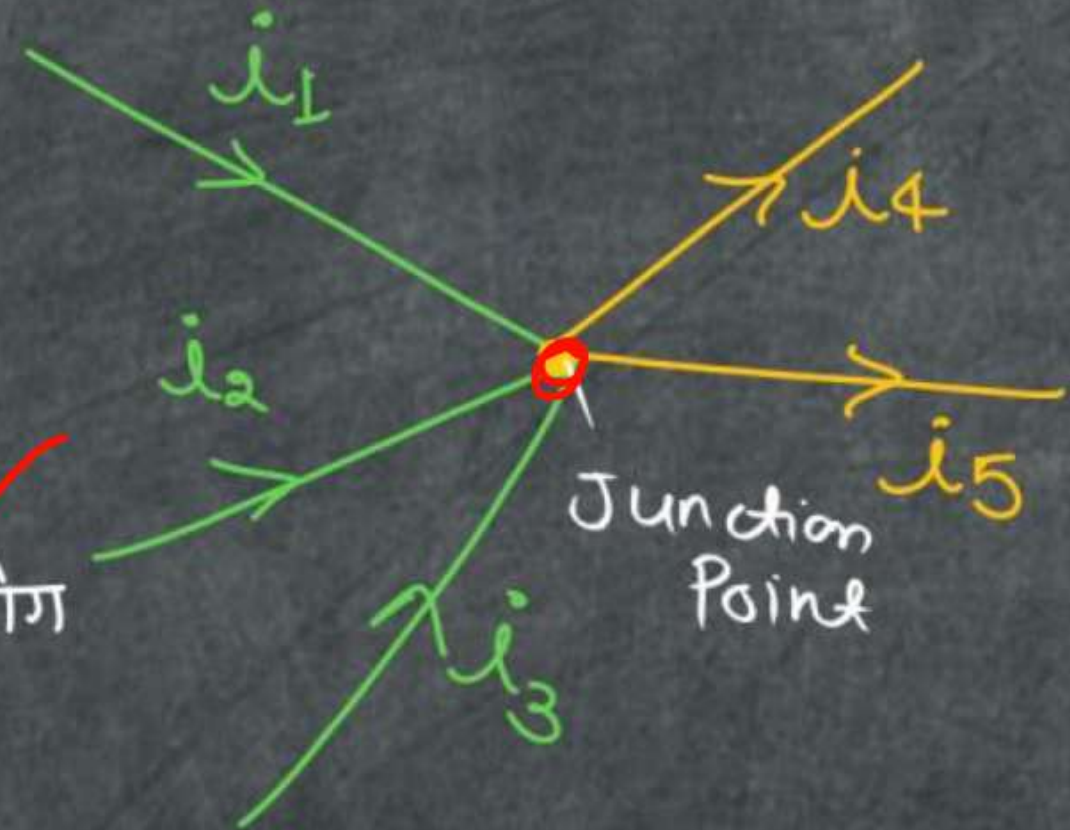
At junction point

$$\sum i = 0$$

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5$$

आने वाली धारा का योग = जाने वाली धारा का योग ✓



⚡ Kirchhoff's First Law: Kirchhoff's Current Law (KCL)
(किरचॉफ की धारा का नियम) \rightarrow Junction Law (संधि का नियम)

- "किसी भी विद्युत परिपथ के संधि बिंदु (Junction) पर प्रविष्ट होने वाली कुल धारा का योग, वहाँ से निर्गत होने वाली कुल धारा के योग के बराबर होता है।"
- "The sum of currents entering a junction (node) in a circuit is equal to the sum of currents leaving the junction."
या
- किसी वैद्युत परिपथ में किसी भी सन्धि (junction) पर मिलने वाली धाराओं का बीजगणितीय योग (algebraic sum) शून्य होता है
- The algebraic sum of the currents meeting at any junction in an electric circuit is zero

- किरचॉफ का पहला नियम आवेश के संरक्षण (conservation of charge) को व्यक्त करता है।
- Kirchhoff's first law states the conservation of charge.
- इसे किरचॉफ का 'धारा नियम' भी कहते हैं
- It is also called Kirchhoff's 'current law'

Where is KCL Used?

- घरेलू वायरिंग: सर्किट में संतुलित करंट प्रवाह सुनिश्चित करता है।
- समानांतर सर्किट: बिजली प्रणालियों और ट्रांसफार्मर को डिजाइन करने में मदद करता है।
- इलेक्ट्रॉनिक्स: माइक्रोकंट्रोलर, सेंसर और संचार सर्किट में उपयोग किया जाता है।
- Household Wiring: Ensures balanced current flow in circuits.
- Parallel Circuits: Helps in designing power systems and transformers.
- Electronics: Used in microcontrollers, sensors, and communication circuits.

⚡ Kirchhoff's Second Law: Kirchhoff's Voltage Law (KVL)
किरचॉफ का द्वितीय नियम (वोल्टेज नियम)

- किसी परिपथ में प्रत्येक बन्द पाश (closed mesh) के विभिन्न खण्डों में बहने वाली धाराओं तथा संगत प्रतिरोधों के गुणनफलों का बीजगणितीय योग उस पाश में लगने वाले विद्युत वाहक बलों के बीजगणितीय योग के बराबर होता है $\sum iR = \sum \mathcal{E}$
- The algebraic sum of the products of currents flowing in different sections of a closed mesh in a circuit and the corresponding resistances is equal to the algebraic sum of the electromotive forces acting in that loop.

- एक वैद्युत परिपथ दिखाया गया है जिसमें दो सेलें E_1 व E_2 तथा तीन प्रतिरोध R_1 , R_2 व R_3 हैं। यदि R_1 व R_2 बहने वाली धाराएँ क्रमशः i_1 व i_2 हों
- An electric circuit is shown in the figure which consists of two cells E_1 and E_2 and three resistances R_1 , R_2 and R_3 . If the currents flowing through R_1 and R_2 are i_1 and i_2 respectively
- तो बिन्दु पर A किरचॉफ का नियम लगाने R_3 बहने वाली धारा $(i_1 + i_2)$ होगी। इस परिपथ में दो बन्द पाश (closed loop) 1 व 2 हैं।
- Then applying Kirchhoff's law at point A, the current flowing through R_3 will be $(i_1 + i_2)$. This circuit has two closed loops 1 and 2.

(II) Second Law \rightarrow Kirchhoff Voltage Law (KVL) \rightarrow Loop Law

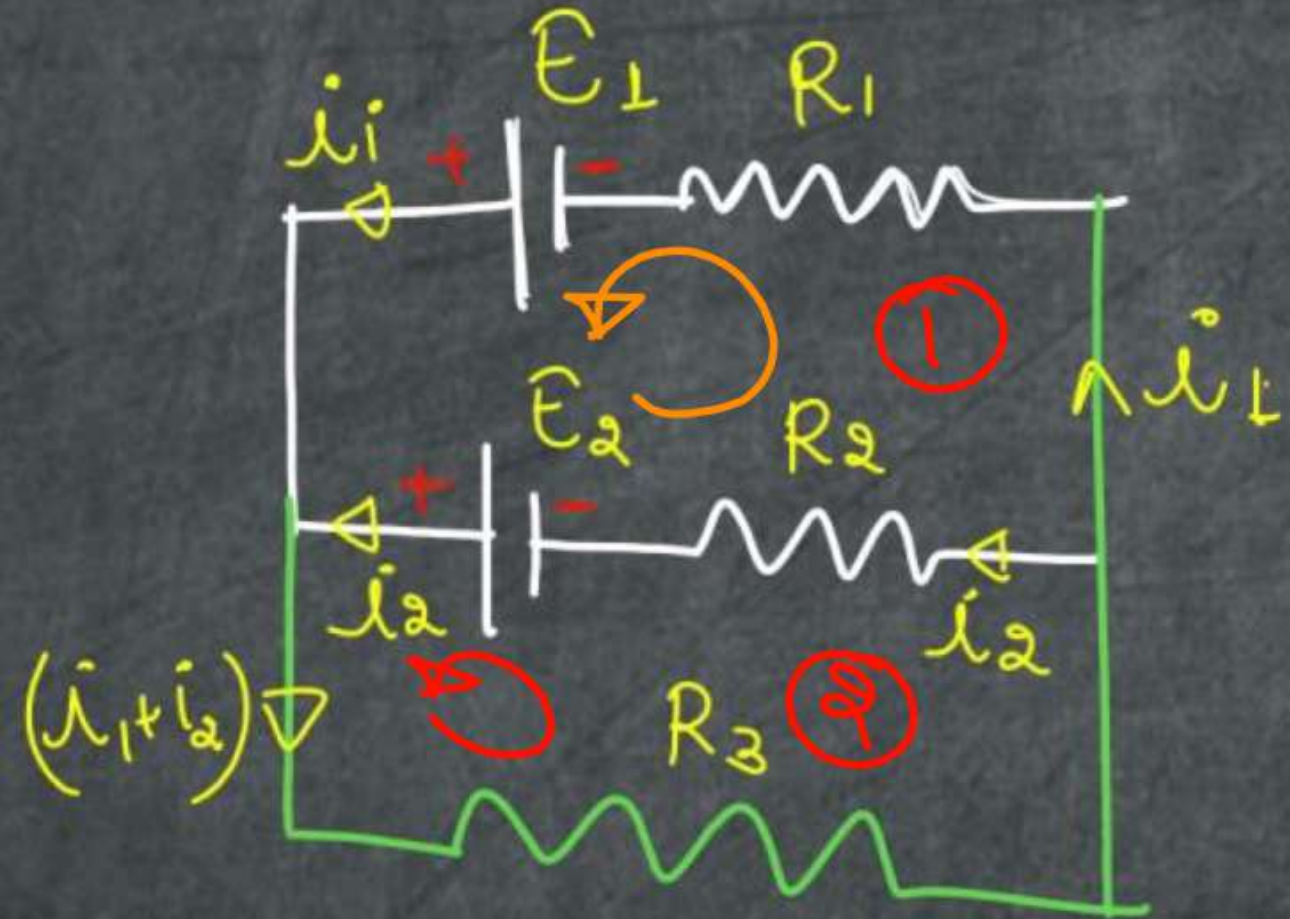
$$\sum iR = \sum E$$

बन्द पाश (Close loop) में

$$(i_1 R_1 - i_2 R_2) = (E_1 - E_2)$$

Closed loop (2) में

$$i_2 R_2 + (i_1 + i_2) R_3 = E_2$$



- किरचॉफ का दूसरा नियम ऊर्जा के संरक्षण को व्यक्त करता है।
- Kirchhoff's second law expresses the conservation of energy.
- इसे किरचॉफ का वोल्टता नियम भी कहते हैं।
- It is also called Kirchhoff's voltage law.

Where is KVL Used?

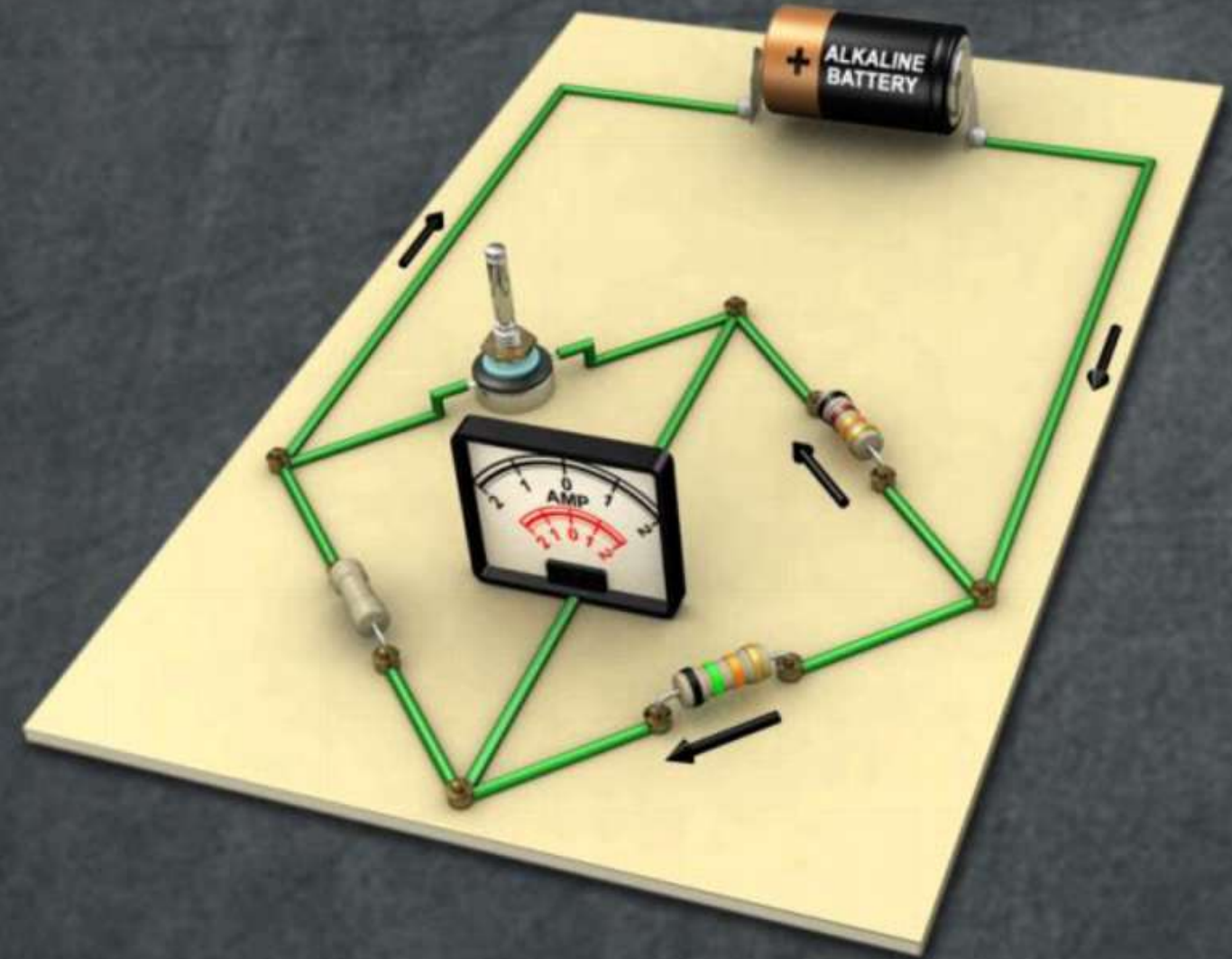
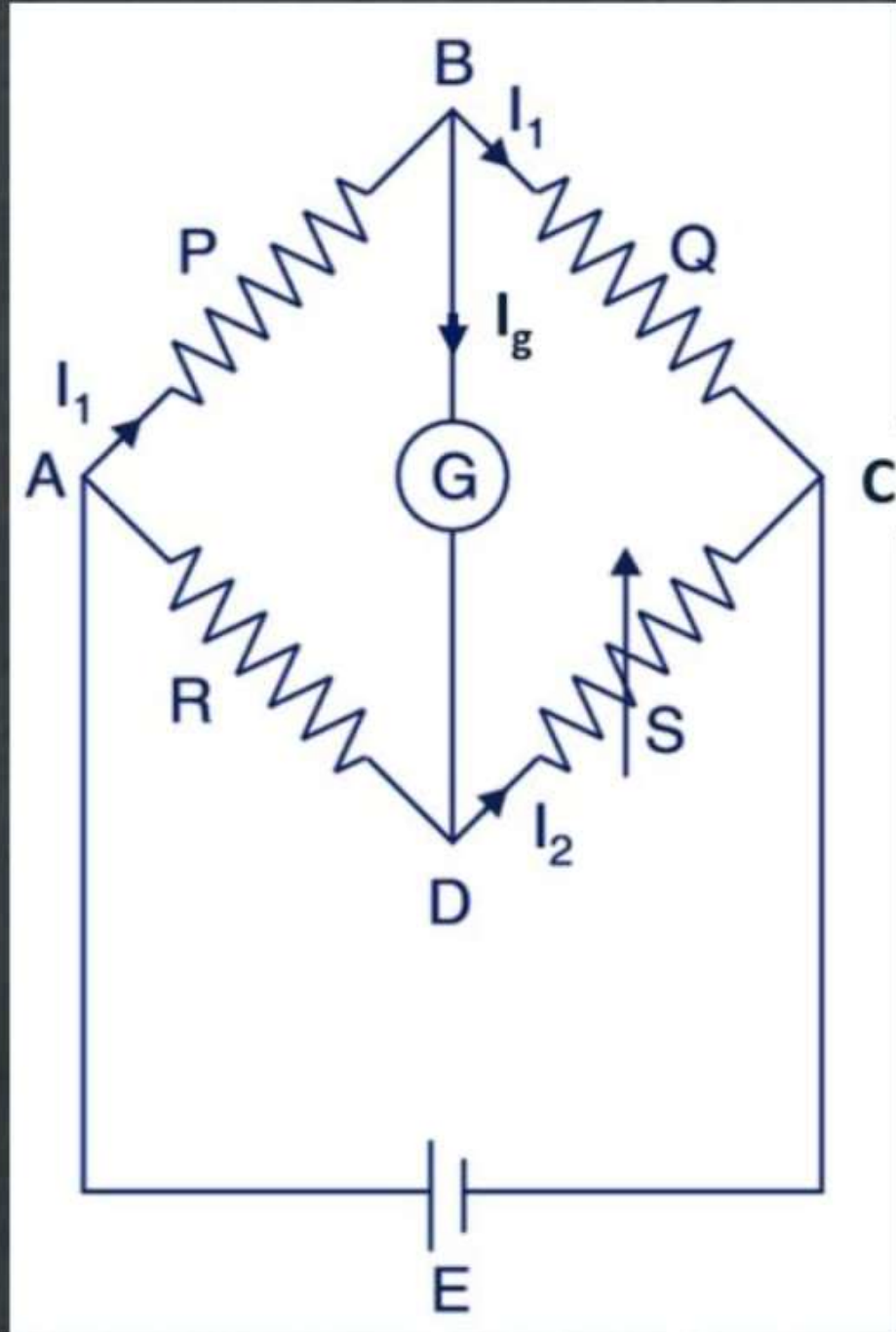
- पावर ग्रिड विश्लेषण: बिजली लाइनों में वोल्टेज हानि का पता लगाने में मदद करता है।
- बैटरी प्रबंधन: यूपीएस सिस्टम, इनवर्टर और ईवी (इलेक्ट्रिक वाहन) में उपयोग किया जाता है।
- इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार: ऑसिलेटर, एम्पलीफायर और आरएफ सर्किट डिजाइन करने में मदद करता है।
- Power Grid Analysis: Helps in finding voltage losses in power lines.
- Battery Management: Used in UPS systems, inverters, and EVs (Electric Vehicles).
- Electronics & Communication: Helps in designing oscillators, amplifiers, and RF circuits.

व्हीटस्टोन ब्रिज Wheatstone's Bridge

- इंग्लैण्ड के वैज्ञानिक प्रो० सी० एफ० व्हीटस्टोन ने प्रतिरोधों की एक व्यवस्था का आविष्कार किया जिसके द्वारा किसी चालक का प्रतिरोध ज्ञात किया जा सकता है। इस व्यवस्था को 'व्हीटस्टोन सेतु' कहते हैं। इसमें चार चालक प्रतिरोधों को श्रेणीक्रम में जोड़कर एक चतुर्भुज बनाते हैं।
- English scientist Prof. C.F. Wheatstone invented a system of resistors by which the resistance of a conductor can be determined. This system is called 'Wheatstone Bridge'. In this, four conductor resistors are connected in series to form a quadrilateral.
- इस चतुर्भुज के एक विकर्ण में एक धारामापी तथा दूसरे विकर्ण में एक सेल जोड़ देते हैं।
- A galvanometer is connected to one diagonal of this quadrilateral and a cell is connected to the other diagonal.

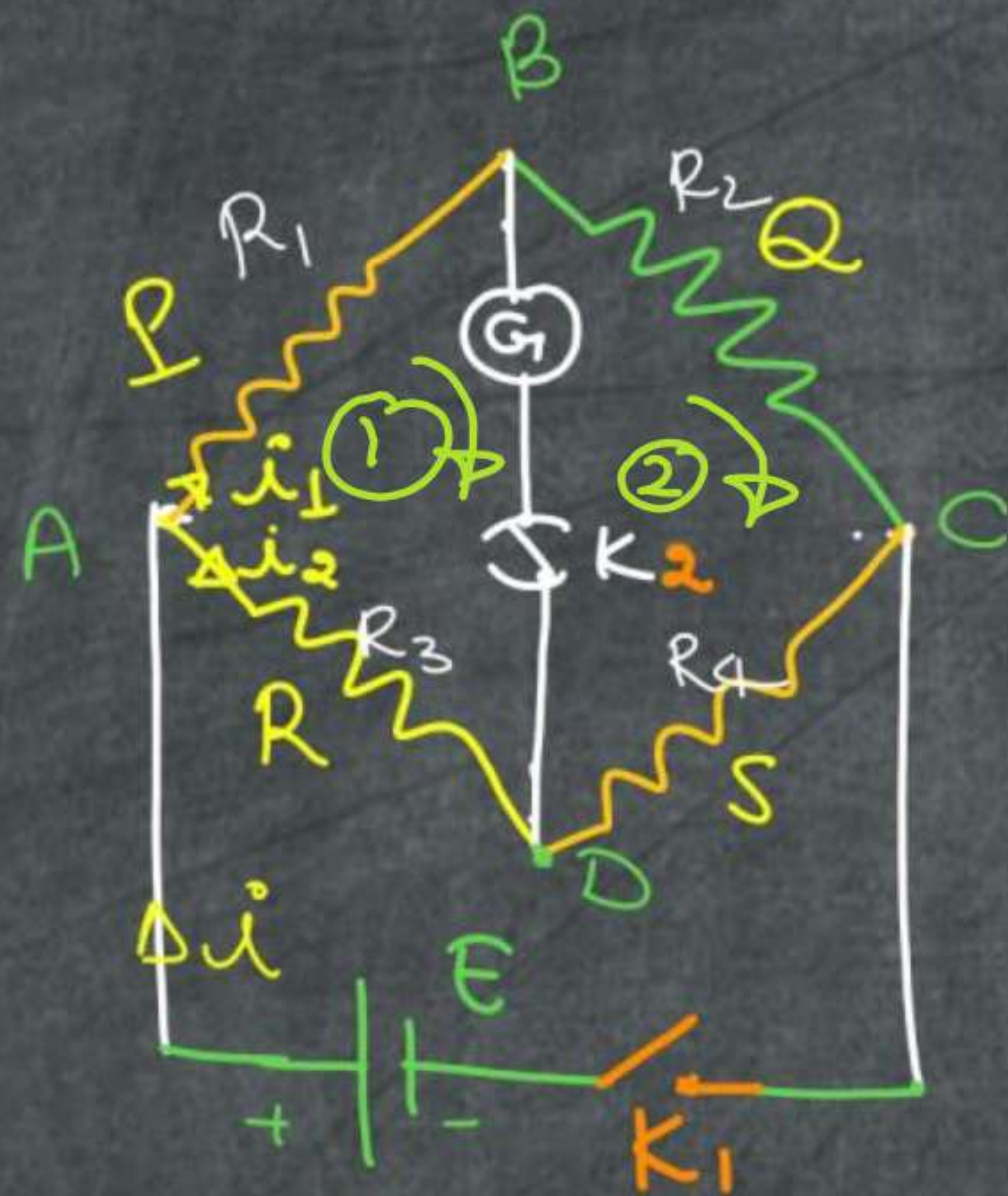
- अब यदि चतुर्भुज की चारों भुजाओं के प्रतिरोधों को इस प्रकार समायोजित किया जाये कि सेल द्वारा सेतु में वैद्युत धारा प्रवाहित करने पर धारामापी में कोई विक्षेप न हो तो सेतु सन्तुलित कहा जाता है अथवा सन्तुलित व्हीटस्टोन ब्रिज कहा जाता है।
- Now if the resistances of the four arms of the quadrilateral are adjusted in such a way that there is no deflection in the galvanometer when electric current is passed through the bridge from the cell, then the bridge is said to be balanced or it is called balanced Wheatstone bridge.
- इस दशा में किन्हीं दो संलग्न भुजाओं के प्रतिरोधों का अनुपात, शेष दो संलग्न भुजाओं में लगे प्रतिरोधों के अनुपात के बराबर होता है।
- In this condition, the ratio of resistances of any two adjacent arms is equal to the ratio of resistances of the remaining two adjacent arms.

- चार प्रतिरोध P, Q, R तथा S चतुर्भुज ABCD की चार भुजाओं के रूप में जुड़े हैं। बिन्दुओं B और D के बीच में एक सुग्राही धारामापी तथा बिन्दुओं A व C के बीच में एक वैद्युत सेल लगा है। K_1 और K_2 दो कुन्जियाँ हैं।
- Four resistances P, Q, R and S are connected as the four sides of a quadrilateral ABCD. A sensitive galvanometer is placed between points B and D and an electric cell is placed between points A and C. K_1 and K_2 are two keys.
- जब कुन्जी K_1 को दबाकर वैद्युत सेल से धारा i प्रवाहित की जाती है तो बिन्दु A पर यह धारा दो भागों में बँट जाती है।
- When current i is passed through the electric cell by pressing the key K_1 , then at point A this current gets divided into two parts.
- एक भाग i_1 भुजा AB में तथा दूसरा भाग i_2 भुजा AD में प्रवाहित होता है।
- One part i_1 flows in side AB and the other part i flows in side AD.



Wheatstone Bridge →

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

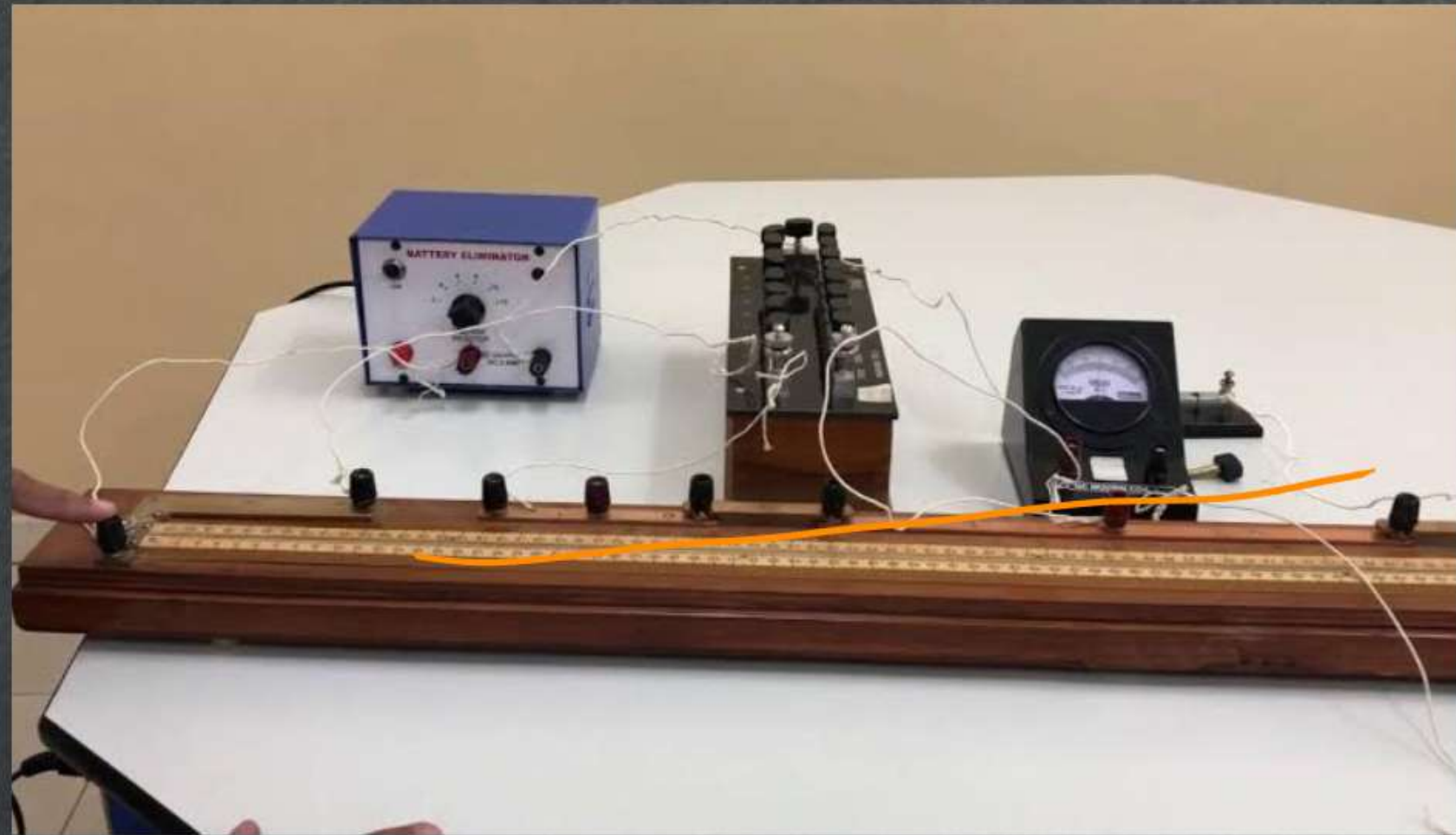


- प्रतिरोधों P, Q, R व S के मान इस प्रकार समायोजित किये जाते हैं कि कुंजी K2 को दबाने पर धारामापी G में कोई विक्षेप न हो।
- The values of resistors P, Q, R and S are adjusted in such a way that there is no deflection in the galvanometer G when the key K2 is pressed.
- स्पष्ट है कि इस दशा में विकर्ण **BD** में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी। अतः भुजा **BC** में वही धारा i_1 होगी जो भुजा **AB** में है तथा भुजा DC में वही धारा i होगी जो भुजा **AD** में है।
- It is clear that in this case no current will flow in the diagonal BD. Therefore, the current i_1 in side BC will be the same as in side AB and the current i in side DC will be the same as in side AD.

meter Bridge or Slide Wire Bridge \rightarrow

\rightarrow Wheatstone bridge principle

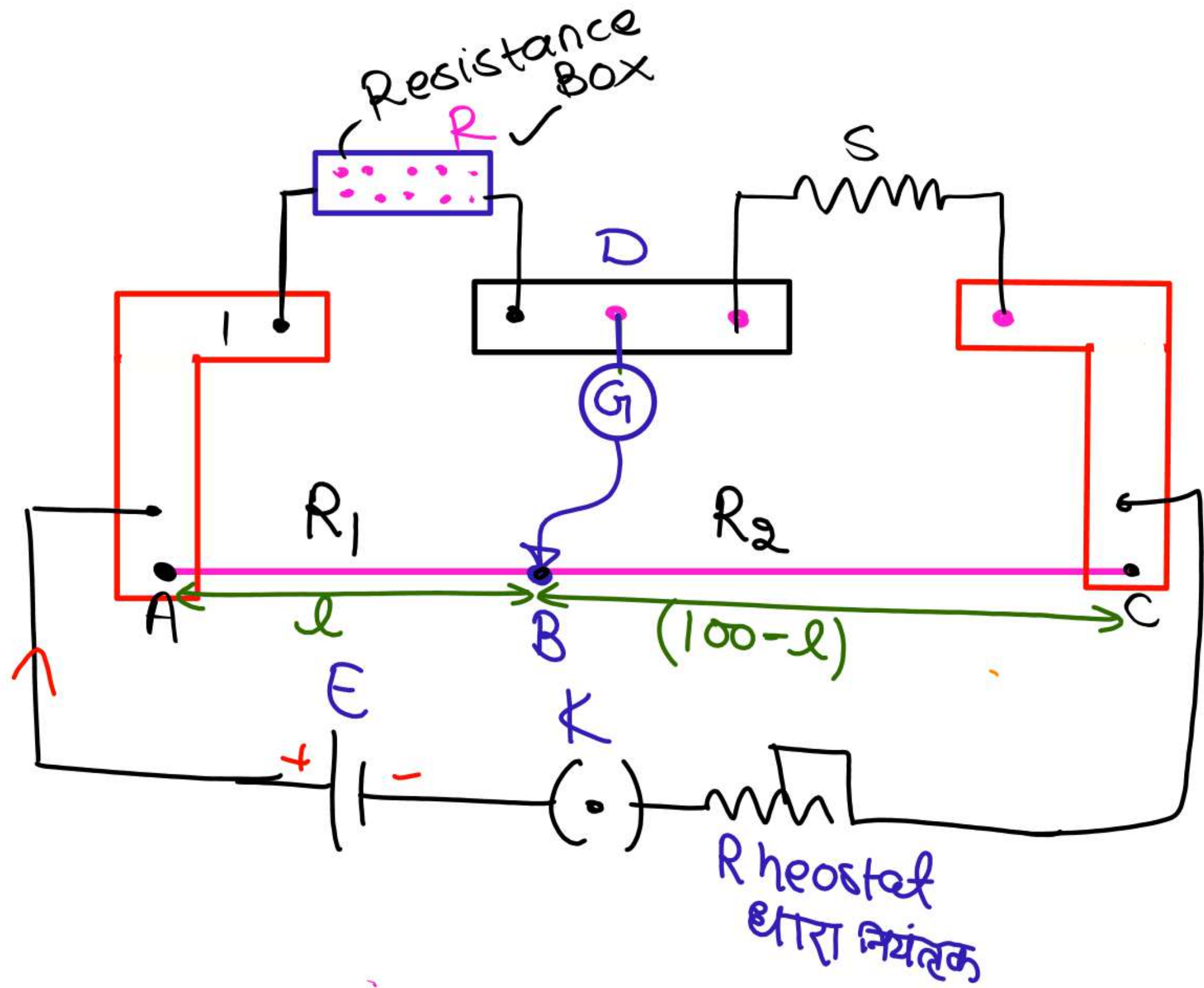
\rightarrow Unknown resistance



मीटर-सेतु (Metre-bridge) Imp

- किसी चालक (तार) का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए व्हीटस्टोन-सेतु के सिद्धान्त पर आधारित मीटर सेतु एक सुग्राही यन्त्र है। इसकी सुग्राहिता पोस्ट-ऑफिस बॉक्स की अपेक्षा बहुत अधिक होती है।
- The meter bridge based on the principle of Wheatstone bridge is a sensitive instrument for measuring the resistance of a conductor (wire). Its sensitivity is much higher than that of a post office box.
- AC, 1 मीटर लम्बा मैगनिन अथवा कन्स्टान्टन का एक तार है जो एक लकड़ी के आधार पर मीटर पैमाने के सहारे कसा हुआ है।
- AC is a wire of Magnin or Constantan 1 meter long which is mounted on a wooden base with the help of a meter scale.

- तार का अनुप्रस्थ-काट सभी जगह एकसमान है। तार के सिरे A व C, दो L के आकार में मुड़ी हुई ताँबे की पत्तियों से जुड़े हैं जिनके सिरो पर सम्बन्धक-पेंच लगे हैं।
- The cross-section of the wire is the same everywhere. The ends of the wire, A and C, are connected to two L-shaped bent copper strips with connecting screws at their ends.
- इन पत्तियों के बीच में, दोनों ओर कुछ रिक्त स्थान छोड़कर एक तीसरी ताँबे की पत्ती है जिस पर तीन सम्बन्धक पेंच लगे रहते हैं।
- Between these leaves, leaving some empty space on both sides, there is a third copper leaf on which three connecting screws are fitted.
- बीच वाले पेंच को एक शन्टयुक्त धारामापी G से जोड़कर सर्पी कुन्जी (sliding jockey) B से जोड़ देते हैं जिसकी नोंक को तार पर खिसकाकर कहीं भी स्पर्श करा सकते हैं।
- The middle screw is connected to a shunt galvanometer G and then to a sliding jockey B whose tip can be slid on the wire and touched anywhere.



प्रतिरोध ज्ञात करना (Determination of Resistance):

- जिस तार का प्रतिरोध (S) ज्ञात करना होता है, उसे बिन्दुओं C और D के बांच के रिक्त स्थान में तथा एक प्रतिरोध-बक्स बिन्दुओं A व D के बीच के रिक्त स्थान में लगा देते हैं।
- The wire whose resistance (S) is to be measured is placed in the empty space between points C and D and a resistance box is placed in the empty space between points A and D.

From wheatstone Bridge Principle

$$\frac{R}{S} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{--- (1)}$$

A से B तक प्रतिरोध का मान $R_1 = \rho \frac{l}{A}$

B से C ----- $R_2 = \rho \left(\frac{100-l}{A} \right)$

$$\frac{R}{S} = \frac{\cancel{\rho} \times \frac{l}{\cancel{A}}}{\cancel{\rho} \times \frac{(100-l)}{\cancel{A}}} \Rightarrow \frac{R}{S} = \frac{l}{(100-l)}$$

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



- बिन्दुओं A व C के बीच एक सेल, धारा-नियन्त्रक तथा कुन्जी K सम्बन्धक पेचों के द्वारा जोड़ देते हैं। प्रयोग में जब सर्पी-कुन्जी, सेतु के तार AC को किसी बिन्दु B पर स्पर्श करती है तो तार दो भागों में बँट जाता है।
- ये दो भाग AB तथा BC, व्हीटस्टोन सेतु के P तथा Q प्रतिरोधों का कार्य करते हैं
- A cell, rheostat and key K are connected between points A and C using connector screws. In the experiment, when the slip key touches the bridge wire AC at a point B, the wire is divided into two parts.
- These two parts AB and BC act as the P and Q resistances of the Wheatstone bridge.

- बिन्दुओं A व C के बीच एक सेल, धारा-नियन्त्रक तथा कुन्जी K सम्बन्धक पेचों के द्वारा जोड़ देते हैं। प्रयोग में जब सर्पी-कुन्जी, सेतु के तार AC को किसी बिन्दु B पर स्पर्श करती है तो तार दो भागों में बँट जाता है। ये दो भाग AB तथा BC, व्हीटस्टोन सेतु के P तथा Q प्रतिरोधों का कार्य करते हैं
- A cell, rheostat and key K are connected between points A and C using connector screws. In the experiment, when the slip key touches the bridge wire AC at a point B, the wire is divided into two parts. These two parts AB and BC act as the P and Q resistances of the Wheatstone bridge.