

5.4 Electromotive Force and ohm's

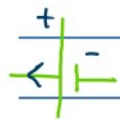
Electromotive Force

 V_{emf}
or
 $\mathcal{E}$

not a force

same potential difference ΔV

Unit: V



Battery

→ Source of V_{emf}

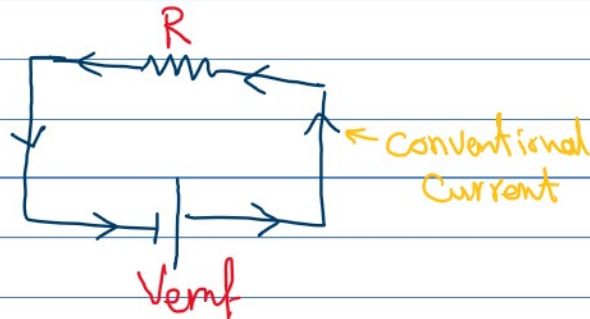
→ Current depends on the R

Battery { $\text{---} V \rightarrow V_{emf}$
 $\text{---} mAh$

→ Unit of a charge

→ $1mAh = 3.6C$

→ the total charge of the battery when it is fully charged

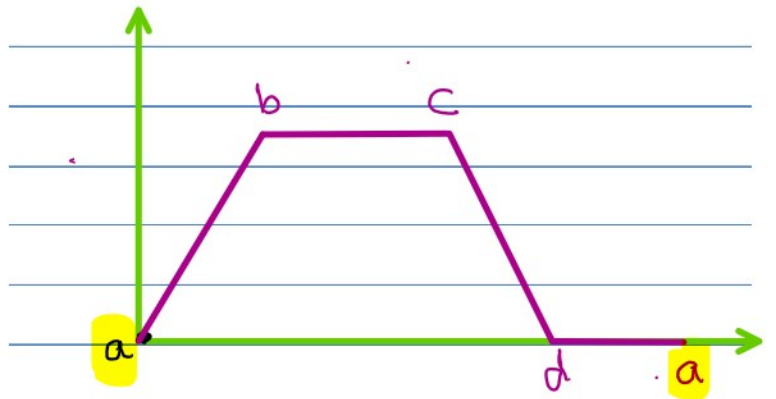
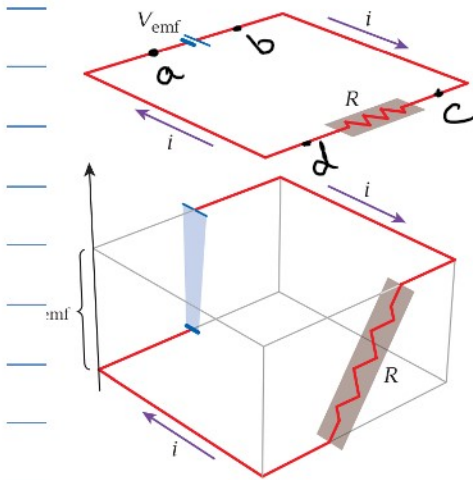
 $R_{wire} = 0$ 

battery → increase ΔV
 Resistor → drop in ΔV
 wires → $R = 0$

Conservation of energy

⊕ increase in ΔV across the battery = drop in ΔV across R ⊖

The total potential difference around a closed circuit = 0



Resistance of the human body $\rightarrow$ variable

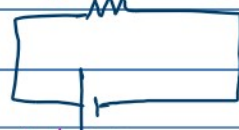
$$500 \text{ k}\Omega < R_{\text{body}} < 2 \text{ M}\Omega$$

If the skin is wet, resistance decrease
conductance increase

Battery

Ideal $R_i = 0$
has no internal resistance

$$R = 9\Omega \leftrightarrow \Delta V = iR = 1 \times 9 = 9\text{V}$$



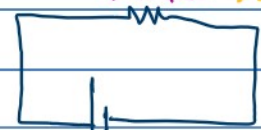
$$V_{\text{emf}} = 9\text{V}$$

$$i = \frac{V_{\text{emf}}}{R} \quad i = \frac{9}{9} = 1\text{A}$$

لا تنسونا من صالح دعائكم

$R_i \neq 0$ Non-Ideal
has internal resistance

$$R = 9\Omega \rightarrow \Delta V = iR = 0.9 \times 9 = 8.1\text{V}$$



$$V_{\text{emf}} = 9\text{V}$$

$$0.9\text{V} \leftarrow R_i = 1\Omega$$

$$i = \frac{V_{\text{emf}}}{R + R_i} = \frac{9}{9 + 1} = 0.9\text{A}$$

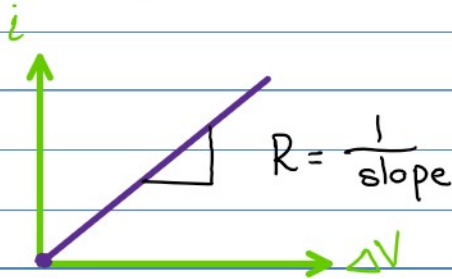
قناة قطوف فيزيائية

Resistors

Ohmic

i is directly proportional with ΔV

If ΔV is doubled,
 i is doubled
 R stays the same



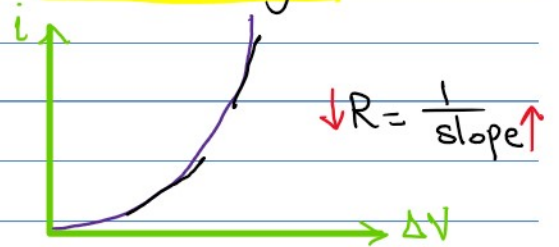
R is constant
 $i, \Delta V \Rightarrow$ Linear

metal wires

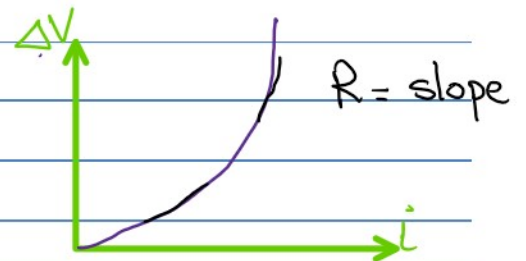
Non-ohmic

i is not directly proportional with ΔV

If ΔV is doubled,
 i changes
 R changes



slope increase, R decrease

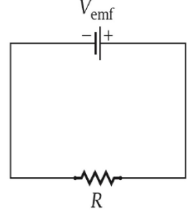


slope increases, R increase

Relation between $i, \Delta V$
 is non linear

Diode

5.4 Electromotive Force and Ohm's Law القوة الدافعة الكهربائية وقانون أوم

1			
For the electric circuit shown in the figure: if the battery's electromotive force is (12V), the resistance is ($R=2.4\Omega$), what is the electric current flowing through the circuit?		اعتمادا على الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل: إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (12V)، والمقاومة ($R=2.4\Omega$). ما شدة التيار المار في الدائرة؟	
5.0 A	28.8 A	0.2 A	2.0 A
2			
A potential difference of 12.0 V is applied across a wire of cross-sectional area 4.50 mm^2 and length 1000. km. The current passing through the wire is $3.20 \times 10^{-3} \text{ A}$ a) What is the resistance of the wire? b) What type of wire is this?		تم استخدام فرق جهد 12.0 V على سلك مساحة مقطعه العرضي 4.50 mm^2 وطوله 1000 km يبلغ التيار المتدفق عبر السلك $3.20 \times 10^{-3} \text{ A}$. a) ما مقاومة السلك؟ b) ما نوع هذا السلك؟	

3

A copper wire has radius $r = 0.0250$ cm, is 3.00 m long, has resistivity $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$, and carries a current of 0.400 A.

- a) What is the resistance, R , of the wire?
 b) What is the electric potential difference, ΔV , across the wire?
 c) What is the electric field, E , in the wire?

سلك نحاسي نصف قطره $r = 0.0250$ cm وطوله 3.00 m ومقاومته النوعية $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ ويحمل تياراً شدته 0.400 A

- (a) ما المقاومة R للسلك؟
 (b) ما فرق الجهد الكهربائي ΔV عبر السلك؟
 (c) ما المجال الكهربائي E داخل السلك؟

4

A battery has a potential difference of 14.50 V when it is not connected in a circuit. When a 17.91Ω resistor is connected across the battery, the potential difference of the battery drops to 12.68 V. What is the internal resistance of the battery?

بطارية لها فرق جهد قدره 14.50 V في حالة عدم توصيلها بدائرة كهربائية. عندما تم توصيل مقاوم مقاومته 17.91Ω بطرفي البطارية، هبط فرق الجهد إلى 12.68 V. ما قيمة المقاومة الداخلية للبطارية؟

5

When a battery is connected to a $100. \Omega$ resistor, the current is 4.00 A . When the same battery is connected to a $400. \Omega$ resistor, the current is 1.01 A . Find the emf supplied by the battery and the internal resistance of the battery.

عندما يتم توصيل بطارية بمقاوم مقاومته 100Ω تكون شدة التيار 4.00 A . عندما يتم توصيل البطارية نفسها بمقاوم مقاومته 400Ω ، تكون شدة التيار 1.01 A . أوجد القوة الدافعة الكهربائية التي وفرتها البطارية والمقاومة الداخلية للبطارية

6

Which of the following wires has the largest current flowing through it?

أي الأسلاك التالية يتدفق عبره تيار أكبر؟

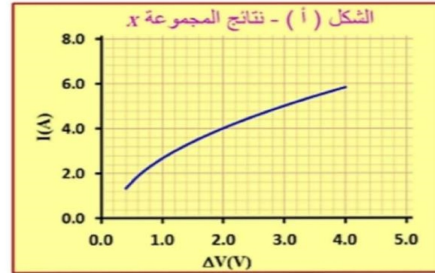
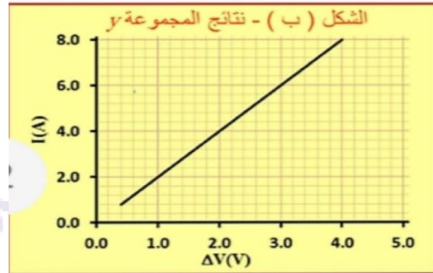
سلك نحاسي طوله 1 m وقطره 1 mm متصل ببطارية 10 V	
a 1 m long copper wire of diameter 1 mm connected to a 10-V battery	
سلك نحاسي طوله 0.5 m وقطره 0.5 mm متصل ببطارية 5 V	
a 0.5-m long copper wire of diameter 0.5 mm connected to a 5-V battery	
سلك نحاسي طوله 2 m وقطره 2 mm متصل ببطارية 20 V	
a 2-m long copper wire of diameter 2 mm connected to a 20-V battery	
سلك نحاسي طوله 1 m وقطره 0.5 mm متصل ببطارية 5 V	
a 1 m long copper wire of diameter 0.5 mm connected to a 5-V battery	
يتدفق التيار نفسه عبر كل الأسلاك	
All the wires have the same current flowing through them	

When investigating the relationship between the current passing through a resistor and the potential difference between its two ends, group x obtained the form (a) while group y obtained the form (b):

عند استقصاء العلاقة بين شدة التيار المار في مقاوم وفرق الجهد بين طرفيه حصلت المجموعة x على الشكل (أ) بينما حصلت المجموعة y على الشكل (ب):

Complete the following table:

1- أكمل الجدول التالي:



Group Y	Group X	
		نوع المقاوم (أومي - غير أومي)
		Resistor type (ohmic - non-ohmic)
		مقدار المقاومة بزيادة فرق الجهد
		The resistance with increasing potential difference

2- ما مقدار مقاومة كل مقاوم عندما يكون فرق الجهد 2V؟

What is the resistance of each resistor when the voltage difference is 2V?

Group Y y المجموعة	Group X x المجموعة

قام أحمد بدراسة العلاقة بين فرق الجهد والتيار وكانت النتائج كما بالجدول:

Ahmed studied the relationship between voltage and current and the results were as shown in the table:

$\Delta V(V)$	$I(mA)$
3	1
6	3
9	5
12	7

هل المقاوم أومي أم غير أومي؟ برر إجابتك

Is the resistor ohmic or non-ohmic?

Justify your answer

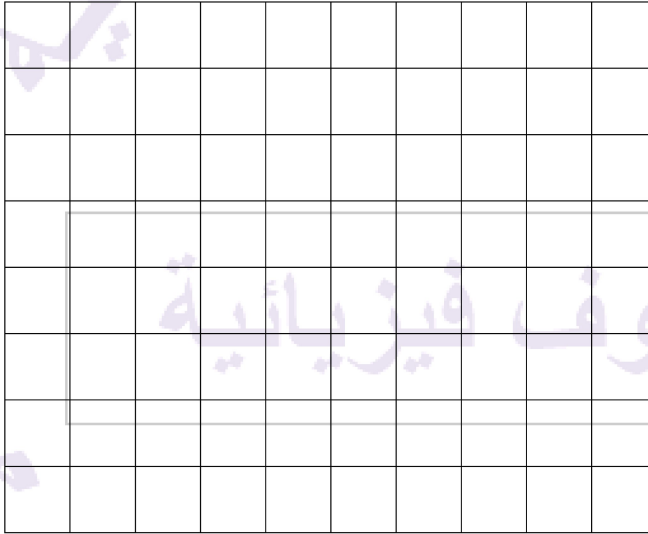
قام أحمد بدراسة العلاقة بين فرق الجهد والتيار وحصل على النتائج الموضحة في الجدول التالي:

Ahmed studied the relationship between voltage and current and the results were as shown in the table:

$\Delta V(V)$	0	2	4	6	8	10	12
$I(mA)$	0	5	10	15	20	25	30

أولاً: مثل على الشبكة البيانية العلاقة بين فرق الجهد والتيار بحيث يكون فرق الجهد على المحور الأفقي والتيار على المحور الرأسي .

Draw on a graphic grid the relationship between potential difference and current, such that the potential difference is on the horizontal axis and the current is on the vertical axis



ثانياً: مستعيناً بالرسم البياني : ما مقدار مقاومة المقاوم عندما يكون فرق الجهد 5V ؟

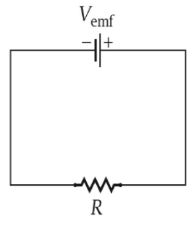
Using the graph: What is the resistance of the resistor when the voltage difference is 5V?

.....

ثالثاً: على نفس الشبكة البيانية: ارسم العلاقة بين فرق الجهد والتيار إذا استبدل السلك بسلك آخر من نفس المادة له نفس مساحة المقطع، ولكن ضعف الطول

On the same graphic grid: Draw the relationship between the potential difference and the current if the wire is replaced with another wire of the same material that has the same cross-sectional area but twice the length.

5.4 Electromotive Force and Ohm's Law القوة الدافعة الكهربائية وقانون أوم

1			
For the electric circuit shown in the figure: if the battery's electromotive force is (12V), the resistance is ($R=2.4\Omega$), what is the electric current flowing through the circuit?			اعتمادا على الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل: إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (12V)، والمقاومة ($R=2.4\Omega$). ما شدة التيار المار في الدائرة؟
5.0 A	28.8 A	0.2 A	2.0 A
$V_{emf} = 12V$ $R = 2.4\Omega$ $i = ?$ $i = \frac{V_{emf}}{R} = \frac{12}{2.4} = 5.0 A$			

2	
A potential difference of 12.0 V is applied across a wire of cross-sectional area 4.50 mm^2 and length 1000 km. The current passing through the wire is $3.20 \times 10^{-3} \text{ A}$ a) What is the resistance of the wire? b) What type of wire is this?	تم استخدام فرق جهد 12.0 V على سلك مساحة مقطعه العرضي 4.50 mm^2 وطوله 1000 km يبلغ التيار المتدفق عبر السلك $3.20 \times 10^{-3} \text{ A}$. (a) ما مقاومة السلك؟ (b) ما نوع هذا السلك؟
$\Delta V = 12.0V$ $A = 4.50 \text{ mm}^2 \times 10^{-6}$ $L = 1000 \text{ km} \times 10^3$ $i = 3.20 \times 10^{-3} \text{ A}$ $R = ?$ $\text{type of wire} \leftrightarrow \rho =$	$R = \frac{\Delta V}{i} \quad R = \frac{12.0}{3.20 \times 10^{-3}} = 3.75 \times 10^3 \Omega$ $R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{RA}{L}$ $\rho = \frac{3.75 \times 10^3 \times 4.50 \times 10^{-6}}{1000 \times 10^3} = 1.69 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ Copper

($10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)	(10^{-2} K^{-1})	المادة
1.62	3.8	الفضة
1.72	3.9	النحاس
2.44	3.4	الذهب
2.82	3.9	الألمنيوم
3.9	2	النحاس الأصفر
5.51	4.5	التنجستن
7	5.9	النيكل
9.7	5	الحديد
11	5	الزئبق
13	3.1	النيكلوم
22	4.3	البرونز
49	0.01	الكوبالين
70	1	المولاد المعالوم
95.8	0.89	الزئبق
108	0.4	المكروم

لا تنسونا من صالح دعائكم

1

قناة قطوف فيزيائية

3

A copper wire has radius $r = 0.0250$ cm, is 3.00 m long, has resistivity $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, and carries a current of 0.400 A.

- a) What is the resistance, R , of the wire?
b) What is the electric potential difference, ΔV , across the wire?
c) What is the electric field, E , in the wire?

سلك نحاسي نصف قطره $r = 0.0250$ cm وطوله 3.00 m ومقاومته النوعية $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ويحمل تيارا شدته 0.400 A

- (a) ما المقاومة R للسلك؟
(b) ما فرق الجهد الكهربائي ΔV عبر السلك؟
(c) ما المجال الكهربائي E داخل السلك؟

$$R = \frac{\Delta V}{i} = \frac{\rho L}{A}$$

$$r = 0.0250 \text{ cm}$$

$$L = 3.00 \text{ m}$$

$$\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

$$i = 0.400 \text{ A}$$

$$\textcircled{a} R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

$$R = \frac{(1.72 \times 10^{-8})(3.00)}{\pi (0.0250 \times 10^{-2})^2} = 0.26 \Omega$$

$$\textcircled{b} R = \frac{\Delta V}{i} \quad \Delta V = iR$$

$$\Delta V = 0.400 \times 0.26 = 0.105 \text{ V}$$

$$E = \frac{0.105}{3} = 0.035 \text{ V/m}$$

$$\textcircled{c} E = \frac{\Delta V}{L}$$

$$\rho = \frac{E}{J}$$

$$E = \rho J = \rho i$$

4

A battery has a potential difference of 14.50 V when it is not connected in a circuit. When a 17.91 Ω resistor is connected across the battery, the potential difference of the battery drops to 12.68 V. What is the internal resistance of the battery?

بطارية لها فرق جهد قدره 14.50 V في حالة عدم توصيلها بدائرة كهربائية. عندما تم توصيل مقاوم مقاومته 17.91 Ω بطرفي البطارية، هبط فرق الجهد إلى 12.68 V. ما قيمة المقاومة الداخلية للبطارية؟

$$\Delta V = 12.68 \text{ V}$$

$$R = 17.91 \Omega$$

$$14.50 \text{ V}$$

$$R = 17.91 \Omega$$

$$\Delta V = 12.68 \text{ V}$$

$$i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{12.68}{17.91}$$

$$i = 0.707 \text{ A}$$

$$R_i = ?$$

$$\Delta V_i = 14.50 - 12.68 = 1.82 \text{ V}$$

$$R_i = \frac{\Delta V_i}{i}$$

$$R_i = \frac{1.82}{0.707}$$

$$R_i = 2.57 \Omega$$

$$V_{\text{emf}} = 14.50 \text{ V}$$

$$R = 17.91 \Omega$$

$$V_L = \Delta V = 12.68 \text{ V}$$

$$R_i = ?$$

$$i = \frac{V_{\text{emf}}}{R + R_i} = \frac{V_L}{R}$$

$$\frac{14.50}{17.91 + R_i} = \frac{12.68}{17.91}$$

$$R_i = 2.57 \Omega$$



$$V_{\text{emf}} = 14.50 \text{ V}$$

$$R_i = ?$$

لا تنسونا من صالح دعائكم

2

قناة قطوف فيزيائية

$$i = \frac{V_{\text{emf}}}{R + R_i}$$

$$V_{\text{emf}} = i(R + R_i)$$

$$V_{\text{emf}} = iR + iR_i$$

$$V_{\text{emf}} = V_L + iR_i$$

5

When a battery is connected to a 100. Ω

عندما يتم توصيل بطارية بمقاوم مقاومته 100 Ω

$$i = \frac{V_{emf}}{R + R_i}$$

$$V_{emf} = i(R + R_i)$$

$$V_{emf} = iR + iR_i$$

$$V_{emf} = V_t + iR_i$$

5

When a battery is connected to a 100. Ω resistor, the current is 4.00 A. When the same battery is connected to a 400. Ω resistor, the current is 1.01 A. Find the emf supplied by the battery and the internal resistance of the battery.

عندما يتم توصيل بطارية بمقاوم مقاومته 100 Ω تكون شدة التيار 4.00 A. عندما يتم توصيل البطارية نفسها بمقاوم مقاومته 400 Ω تكون شدة التيار 1.01 A. أوجد القوة الدافعة الكهربائية التي وفرتها البطارية والمقاومة الداخلية للبطارية.

$$R_1 = 100 \Omega \quad i_1 = 4 A$$

$$R_2 = 400 \Omega \quad i_2 = 1.01 A$$

same battery $\rightarrow$ same V_{emf}
same R_i

$$V_{emf} = i(R + R_i)$$

$$V_{emf} = 4(100 + R_i) = 1.01(400 + R_i)$$

$$400 + 4R_i = 404 + 1.01R_i$$

$$4R_i - 1.01R_i = 404 - 400$$

$$R_i = \frac{404 - 400}{4 - 1.01} = 1.34 \Omega$$

$$V_{emf} = 4(100 + 1.34) = 1.01(400 + 1.34)$$

$$V_{emf} = 405 V$$

6

Which of the following wires has the largest current flowing through it?

أي الأسلاك التالية يتدفق عبره تيار أكبر؟

a 1 m long copper wire of diameter 1 mm connected to a 10-V battery

a 0.5-m long copper wire of diameter 0.5 mm connected to a 5-V battery

a 2-m long copper wire of diameter 2 mm connected to a 20-V battery

a 1 m long copper wire of diameter 0.5 mm connected to a 5-V battery

يتدفق التيار نفسه عبر كل الأسلاك

All the wires have the same current flowing through them

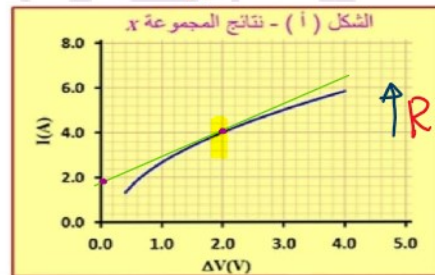
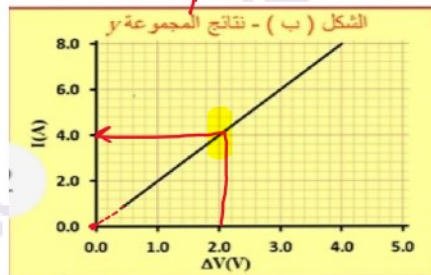
$$i = \frac{V_{emf}}{R} : R = \frac{\rho L}{A}$$

$$\uparrow i = \frac{\uparrow V_{emf} \pi r^2 \uparrow}{\rho L \downarrow} : r = \frac{d}{2}$$

When investigating the relationship between the current passing through a resistor and the potential difference between its two ends, group x obtained the form (a) while group y obtained the form (b):

عند استقصاء العلاقة بين شدة التيار المار في مقاوم وفرق الجهد بين طرفيه حصلت المجموعة x على الشكل (أ) بينما حصلت المجموعة y على الشكل (ب):

Complete the following table:



$R = \frac{1}{\text{slope}}$

$2V: \text{slope}_y > \text{slope}_x$
 $R_x > R_y$

Group Y	Group X	
ohmic	non-ohmic	نوع المقاوم (أومي - غير أومي)
constant	increase	Resistor type (ohmic - non-ohmic)
		مقدار المقاومة بزيادة فرق الجهد
		The resistance with increasing potential difference

$R = \frac{1}{\text{slope}}$

2- ما مقدار مقاومة كل مقاوم عندما يكون فرق الجهد 2V?
What is the resistance of each resistor when the voltage difference is 2V?

Group Y y المجموعة	Group X x المجموعة
$\text{slope} = \frac{4.0 - 0}{2.0 - 0} = 2$ $R = \frac{1}{\text{slope}} = 0.5 \Omega$	$\text{slope} = \frac{4 - 2}{2 - 0} = 1$ $R = \frac{1}{\text{slope}} = 1 \Omega$

قام أحمد بدراسة العلاقة بين فرق الجهد والتيار وكانت النتائج كما بالجدول:

Ahmed studied the relationship between voltage and current and the results were as shown in the table:

$\Delta V (V)$	$I (mA) \times 10^{-3}$	$R = \frac{\Delta V}{I}$
3	1	3000 Ω
6	3	2000 Ω
9	5	1800 Ω
12	7	1714

هل المقاوم أومي أم غير أومي؟ برر إجابتك

Is the resistor ohmic or non-ohmic?

Justify your answer

Non ohmic

i and ΔV are not directly proportional

لا تنسوننا من صالح دعائكم

R changes when ΔV is changed

قناة قطوف فيزيائية

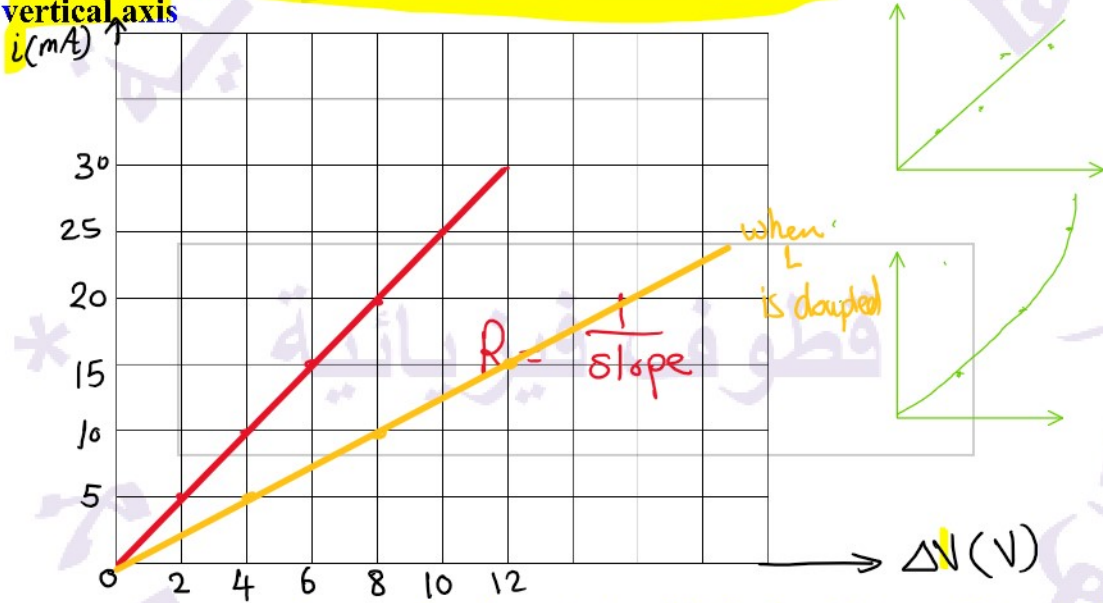
قام أحمد بدراسة العلاقة بين فرق الجهد والتيار وحصل على النتائج الموضحة في الجدول التالي:

Ahmed studied the relationship between voltage and current and the results were as shown in the table:

$\Delta V(V)$	0	2	4	6	8	10	12
$I(mA)$	0	5	10	15	20	25	30

أولاً: مثل على الشبكة البيانية العلاقة بين فرق الجهد والتيار بحيث يكون فرق الجهد على المحور الأفقي والتيار على المحور الرأسي.

Draw on a graphic grid the relationship between potential difference and current, such that the potential difference is on the horizontal axis and the current is on the vertical axis



ثانياً: مستعيناً بالرسم البياني : ما مقدار مقاومة المقاوم عندما يكون فرق الجهد 5V ؟

Using the graph: What is the resistance of the resistor when the voltage difference is 5V?

$$\text{slope} = \frac{(10 - 0) \times 10^{-3}}{4 - 0} = 2.5 \times 10^{-3} \quad R = \frac{1}{2.5 \times 10^{-3}} = 400 \Omega$$

ثالثاً: على نفس الشبكة البيانية: ارسم العلاقة بين فرق الجهد والتيار إذا استبدل السلك بسلك آخر من نفس المادة له نفس مساحة المقطع، ولكن ضعف الطول

On the same graphic grid: Draw the relationship between the potential difference and the current if the wire is replaced with another wire of the same material that has the same cross-sectional area but twice the length.

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

same A

$$R = \frac{1}{\text{slope} \downarrow \frac{1}{2}}$$