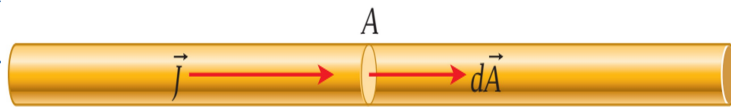


5.2 Current density



the current per unit area flowing through the conductor

$$J = \frac{i}{A}$$

i current (A)

A Area (m^2)

J Current density A/m^2 $A \cdot m^{-2}$

$$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m$$

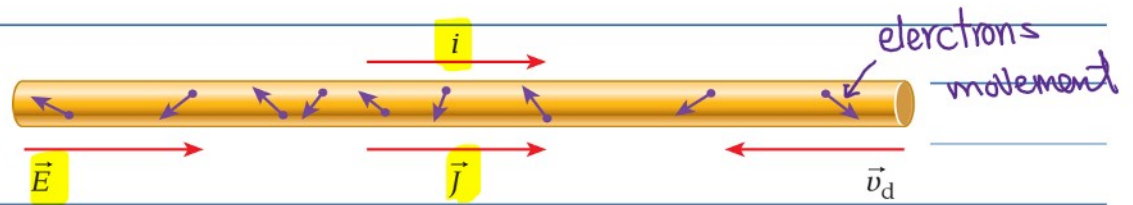
$$mm \xrightarrow{\times 10^{-3}} m$$

$$cm^2 \xrightarrow{\times 10^{-4}} m^2$$

$$mm^2 \xrightarrow{\times 10^{-6}} m^2$$

i
current
A
scalar

J
Current density
 A/m^2
vector



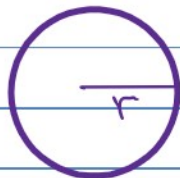
$$J = \frac{i}{A}$$

$$i = J A$$

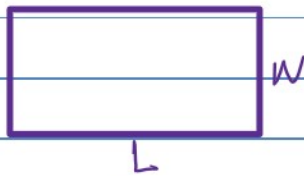
uniform current
and
perpendicular to
to the conductor

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$$

radius $r = \frac{d}{2} \rightarrow$ diameter



$$A = \pi r^2$$



$$A = L w$$



$$A = \pi r_2^2 - \pi r_1^2$$

$$A = \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

$$J = \frac{I}{A}$$

same current : $\frac{J_1}{J_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$

If the area is doubled (same current)

Current density will be halved

$$\frac{1}{2} \downarrow J = \frac{I}{A \uparrow^2}$$

If the radius is doubled, (Current constant)

Current density will decrease by 4

$$J = \frac{I}{A} \quad \frac{1}{4} \downarrow J = \frac{I}{\pi r^2 \uparrow^2}$$

5.2 Current Density كثافة التيار

1			
What is the current density in an aluminum wire having a radius of 1.00 cm and carrying a current of 2.0mA?		ما كثافة التيار في سلك من الألمونيوم نصف قطره (1.0cm) ويحمل تياراً شدته (2.0mA) ؟	
64 A/m ²	0.64A/m ²	6.4A/m ²	2.0A/m ²
2			
Which of the following is not true for current density (j) and current (i)?		أي من التالي ليس صحيحاً بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي (j) والتيار الكهربائي (i)؟	
$J = \frac{i}{A}$	Unit of current density equal to Ampere per Meter وحدة قياس كثافة التيار تساوي أمبير لكل متر		
$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$	Unit of current density equal to Ampere per Meter square وحدة قياس كثافة التيار تساوي أمبير لكل متر مربع		
3			
Two wires 1 and 2 are with cross-sectional areas A, 3A respectively. If the two wires are carrying the same current, what is true about the surface current density in the wires?		سلكان موصلان 1 و 2 مساحة مقطعيهما A و 3A على الترتيب. إذا مر في السلكين التيار نفسه، أي من الآتي صحيح بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي السطحي في السلكين؟	
$J_2 = \frac{1}{9}J_1$	$J_2 = \frac{1}{3}J_1$	$J_2 = 9J_1$	$J_2 = 3J_1$
4			
Two wires 1 and 2 are with radius R, 3R respectively. If the two wires are carrying the same current, what is true about the surface current density in the wires?		سلكان موصلان 1 و 2 نصف قطريهما R و 3R على الترتيب. إذا مر في السلكين التيار نفسه، أي من الآتي صحيح بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي السطحي في السلكين؟	
$J_2 = \frac{1}{9}J_1$	$J_2 = \frac{1}{3}J_1$	$J_2 = 9J_1$	$J_2 = 3J_1$

5

Two wires made of two different materials having the same current density. The same current passes through them when...

سلكان مصنوعان من مادتين مختلفتين لهما نفس كثافة التيار . يمر بهما نفس التيار عندما

يكون لهما نفس مساحة المقطع العرضي
يُطبق عليهما نفس المجال الكهربائي

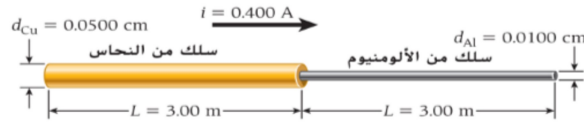
يكون لهما نفس الطول
يُطبق عليهما نفس فرق الجهد

6

A copper wire has a diameter $d_{Cu} = 0.0500$ cm, is 3.00 m long, the copper wire is attached to an equal length of aluminum wire with a diameter $d_{Al} = 0.0100$ cm. A current of 0.400 A flows through the copperwire.

What is the ratio of the current densities in the two wires, J_{Cu}/J_{Al} ?

سلك نحاسي قطره $d_{Cu} = 0.0500$ cm وطوله 3.00 m تم توصيل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم له الطول نفسه وقطره $d_{Al} = 0.0100$ cm يتدفق تيار قدره 0.400 A في السلك النحاسي.
ما نسبة كثافتي التيارين في السلكين، J_{Cu}/J_{Al} ؟



7

A current of 0.123 mA flows in a silver wire whose cross-sectional area is 0.923 mm^2 ..
Find the current density in the wire assuming that the current is uniform

يتدفق تيار شدته 0.123 mA في سلك من الفضة تبلغ مساحة مقطعه العرضي 0.923 mm^2 أوجد كثافة التيار في السلك، مفترضًا أن التيار منتظم

8

In the following figure if conductors A and B are connected respectively to a battery
Which of the following relationships is true regarding the electric current and current density in the two conductors?

في الشكل المقابل إذا تم توصيل الموصلين A و B على التوالي ببطارية أي العلاقات التالية صحيحة بالنسبة للتيار الكهربائي وكثافة التيار في الموصلين؟

الموصل A



A

الموصل B



2A

$$I_A = I_B, \quad J_A > J_B$$

$$I_A = I_B, \quad J_A < J_B$$

$$I_A = I_B, \quad J_A = J_B$$

$$I_A < I_B, \quad J_A = J_B$$

5.2 Current Density كثافة التيار

1			
What is the current density in an aluminum wire having a radius of 1.00 cm and carrying a current of 2.0mA?		ما كثافة التيار في سلك من الألمونيوم نصف قطره (1.0cm) ويحمل تياراً شدته (2.0mA) ؟	
64 A/m^2	0.64 A/m^2	6.4 A/m^2	2.0 A/m^2
$J = ?$ $r = 1.00 \text{ cm} \times 10^{-2} \text{ m}$ $i = 2.0 \text{ mA} \times 10^{-3} \text{ A}$		$J = \frac{i}{A}$ $J = \frac{i}{\pi r^2}$ $J = \frac{2.0 \times 10^{-3}}{\pi (1.00 \times 10^{-2})^2} = 6.4 \text{ A/m}^2$	
2			
Which of the following is not true for current density ($\vec{J}$) and current (i)?		أي من التالي ليس صحيحاً بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي (j) والتيار الكهربائي (i)؟	
$J = \frac{i}{A}$ ✓	Unit of current density equal to Ampere per Meter ✗ وحدة قياس كثافة التيار تساوي أمبير لكل متر		
$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$ ✓	Unit of current density equal to Ampere per Meter square ✓ وحدة قياس كثافة التيار تساوي أمبير لكل متر مربع		
3			
Two wires 1 and 2 are with cross-sectional areas A , $3A$ respectively. If the two wires are carrying the same current, what is true about the surface current density in the wires?		سلكان موصلان 1 و 2 مساحة مقطعيهما A و $3A$ على الترتيب. إذا مر في السلكين التيار نفسه، أي من الآتي صحيح بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي السطحي في السلكين؟	
$J_2 = \frac{1}{9} J_1$	$J_2 = \frac{1}{3} J_1$	$J_2 = 9 J_1$	$J_2 = 3 J_1$
same current: $\frac{J_1}{J_2} = \frac{A_2}{A_1}$		$\frac{J_1}{J_2} = \frac{3}{1}$ $J_1 = 3 J_2$ $J_2 = \frac{1}{3} J_1$	
4			
Two wires 1 and 2 are with radius R , $3R$ respectively. If the two wires are carrying the same current, what is true about the surface current density in the wires?		سلكان موصلان 1 و 2 نصف قطريهما R و $3R$ على الترتيب. إذا مر في السلكين التيار نفسه، أي من الآتي صحيح بالنسبة لكثافة التيار الكهربائي السطحي في السلكين؟	
$J_2 = \frac{1}{9} J_1$	$J_2 = \frac{1}{3} J_1$	$J_2 = 9 J_1$	$J_2 = 3 J_1$
same current: $\frac{J_1}{J_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$		$\frac{J_1}{J_2} = \frac{3^2}{1^2}$ $J_1 = 9 J_2$ $J_2 = \frac{1}{9} J_1$	

لا تنسونا من صالح دعائكم

5

Two wires made of two different materials having the same current density. The same current passes through them when...

سلكان مصنوعان من مادتين مختلفتين لهما نفس كثافة التيار . يمر بهما نفس التيار عندما

$$J = \frac{i}{A}$$

يكون لهما نفس مساحة المقطع العرضي يُطبق عليهما نفس المجال الكهربائي

يكون لهما نفس الطول

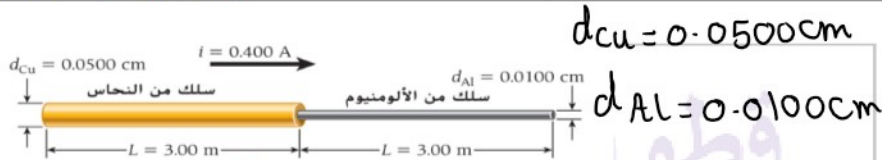
يُطبق عليهما نفس فرق الجهد

6

A copper wire has a diameter $d_{Cu} = 0.0500$ cm, is 3.00 m long, the copper wire is attached to an equal length of aluminum wire with a diameter $d_{Al} = 0.0100$ cm. A current of 0.400 A flows through the copper wire.

What is the ratio of the current densities in the two wires, J_{Cu}/J_{Al} ?

سلك نحاسي قطره $d_{Cu} = 0.0500$ cm وطوله 3.00 m تم توصيل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم له الطول نفسه وقطره $d_{Al} = 0.0100$ cm يتدفق تيار قدره 0.400 A في السلك النحاسي. ما نسبة كثائتي التيارين في السلكين، J_{Cu}/J_{Al} ؟



$$\frac{J_{Cu}}{J_{Al}} = \frac{d_{Al}^2}{d_{Cu}^2} = \frac{(0.0100)^2}{(0.0500)^2} = \frac{1}{25}$$

$$J_{Cu} = \frac{i}{A} = \frac{i}{\pi r^2} = \frac{0.400}{\pi \left(\frac{0.05 \times 10^{-2}}{2}\right)^2} = 2.04 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$J_{Al} = \frac{i}{A} = \frac{i}{\pi r^2} = \frac{0.400}{\pi \left(\frac{0.0100 \times 10^{-2}}{2}\right)^2} = 51 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$\frac{J_{Cu}}{J_{Al}} = \frac{2.04 \times 10^6}{51 \times 10^6} = \frac{1}{25}$$

7

A current of 0.123 mA flows in a silver wire whose cross-sectional area is 0.923 mm^2 ..
Find the current density in the wire assuming that the current is uniform

يتدفق تيار شدته 0.123 mA في سلك من الفضة تبلغ مساحة مقطعه العرضي 0.923 mm^2 أوجد كثافة التيار في السلك، مفترضًا أن التيار منتظم

$$i = 0.123 \text{ mA} \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$A = 0.923 \text{ mm}^2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$J = \frac{i}{A}$$

$$J = \frac{0.123 \times 10^{-3}}{0.923 \times 10^{-6}} = 133 \text{ A/m}^2$$

8

In the following figure if conductors A and B are connected respectively to a battery in series (same current)
Which of the following relationships is true regarding the electric current and current density in the two conductors?

في الشكل المقابل إذا تم توصيل الموصلين A و B على التوالي ببطارية أي العلاقات التالية صحيحة بالنسبة للتيار الكهربائي وكثافة التيار في الموصلين؟

$$J = \frac{i}{A}$$

$$A_B = 2 A_A$$

$$J_A = 2 J_B$$

$$J_A > J_B$$

الموصل A



A

$$i_A = i_B$$

الموصل B



2A

$$i_A = i_B, J_A > J_B$$

$$i_A = i_B, J_A < J_B$$

$$i_A = i_B, J_A = J_B$$

$$i_A < i_B, J_A = J_B$$