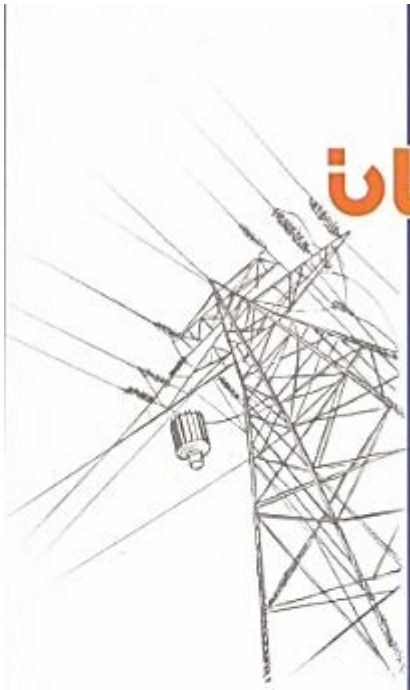
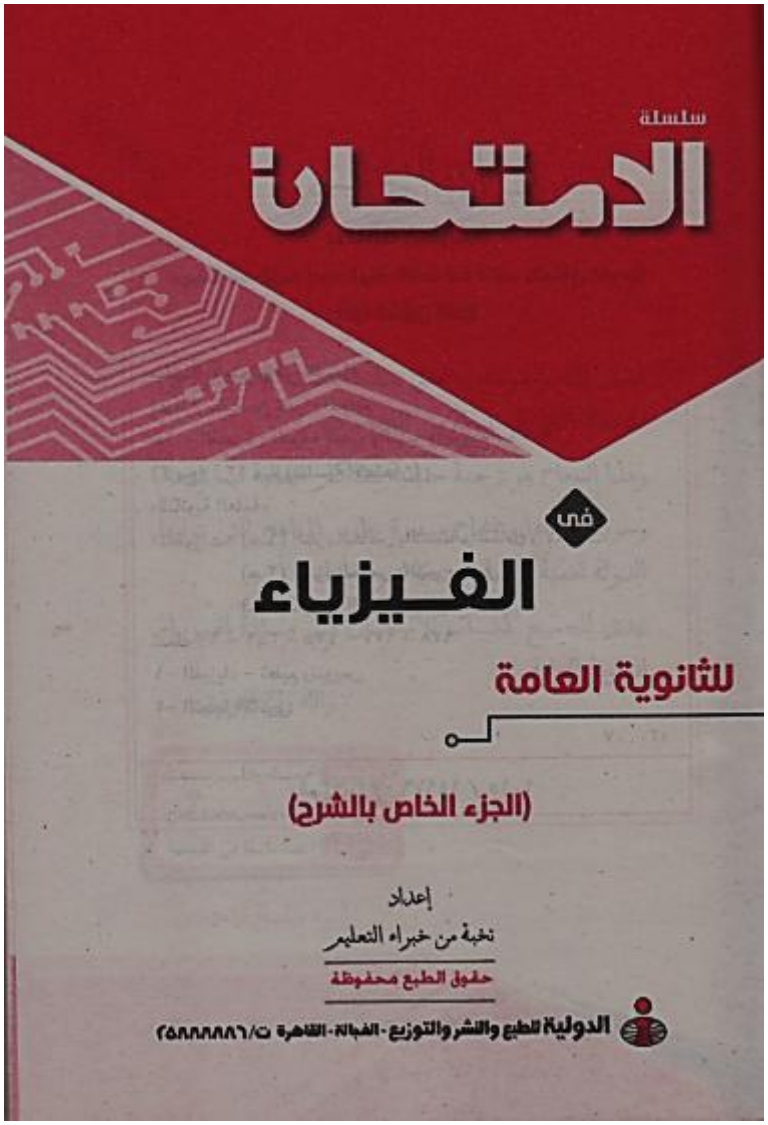
الامتحان

الصف 3 الثانوى



الفيزياء

الجزء الخاص بالشرح


سلسلة
الامتحان
في
الفيزياء
للثانوية العامة
(الجزء الخاص بالشرح)
إعداد
نخبة من خبراء التعليم
حقوق الطبع محفوظة
الدولية للطبع والنشر والتوزيع - الفجالة - القاهرة ت/٢٥٨٨٨٨٨٦

أساسيات فيزيائية هامة

١ تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

- ملـلـى الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ الوحدة
- ميكرو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ الوحدة
- نانـو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ الوحدة
- بيكـو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-12}}$ الوحدة
- كيلو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{3}}$ الوحدة
- ميجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{6}}$ الوحدة
- جيجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{9}}$ الوحدة

٢ تحويلات بعض الوحدات

- مـم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م
- مـم^{٢} $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م^{٢}
- مـم^{٣} $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ م^{٣}
- سـم $\xleftarrow{\times 10^{-2}}$ م
- سـم^{٢} $\xleftarrow{\times 10^{-4}}$ م^{٢}
- سـم^{٢} $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م^{٢}
- الأنجستروم $\xleftarrow{\times 10^{-10}}$ م
- جـم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ كجم
- اللـتر $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م^{٣}

٣ محيطات ومساحات وحجوم بعض الأشكال الهندسية

- محيط المربع = 4ℓ
- مساحة المربع = ℓ^2
- حجم المكعب = ℓ^3
- محيط المستطيل = (الطول + العرض) × 2
- مساحة المستطيل = الطول × العرض
- حجم متوازى المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع
- محيط الدائرة = $2\pi r$
- مساحة الدائرة = πr^2
- حجم الكرة = $\frac{4}{3}\pi r^3$
- مساحة سطح الكرة = $4\pi r^2$
- حجم الأسطوانة = $\pi r^2 h$

الكميات الفيزيائية الواردة بالمنهج ورموزها ووحدات قياسها

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
الشغل المبذول	W	جول = وات.ثانية = فولت.كولوم	$J = watt.s = V.C$
كمية الكهربية (الشحنة الكهربية)	Q	كولوم = جول.فولت$^{-1}$ = أمبير.ثانية = فولت.ثانية.أوم$^{-1}$	$C = J.V^{-1} = A.s = V.s.\Omega^{-1}$
شدة التيار الكهربى	I	أمبير = كولوم.ثانية$^{-1}$ = فولت.أوم$^{-1}$	$A = C.s^{-1} = V.\Omega^{-1}$
فرق الجهد	V	فولت = جول.كولوم$^{-1}$ = أمبير.أوم	$V = J.C^{-1} = A.\Omega$
المقاومة الكهربية لموصل	R	أوم = فولت.أمبير$^{-1}$	$\Omega = V.A^{-1}$
طول سلك أو طول ملف حلزونى	ℓ	متر	m
مساحة وجه الملف	A	م^2	m^2
المقاومة الكهربية النوعية	ρ_e	أوم.م = فولت.أمبير$^{-1}$.م	$\Omega.m = V.A^{-1}.m$
التوصيلية الكهربية	σ سيجما	أوم$^{-1}$.م$^{-1}$ = فولت$^{-1}$.أمبير.م$^{-1}$	$\Omega^{-1}.m^{-1} = V^{-1}.A.m^{-1}$
القوة الدافعة الكهربية لبطارية	V_B	فولت	V
المقاومة الداخلية لبطارية	r	أوم	Ω
الفيض المغناطيسى	ϕ_m	ويبر = نيوتن.م/أمبير = فولت.ثانية = تسلا.م^2	$weber = N.m/A = V.s = T.m^2$
كثافة الفيض المغناطيسى	B	تسلا = نيوتن/ أمبير.م = ويبر/م^2 = فولت.ثانية.م$^{-2}$	$tesla = N/A.m = weber/m^2 = V.s.m^{-2}$

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
معامل النفاذية المغناطيسية	μ، ميو	ويبر/أمبير.متر = تسلا.م/أمبير	weber/A.m = T.m/A
عدد لفات ملف دائري أو حلزوني	N	لفة	turn
عدد لفات ملف حلزوني لوحدة الأطوال	n	لفة/متر	turn/m
القوة المغناطيسية	F	نيوتن = كجم.م/ثانية^2	$N = kg.m/s^2$
عزم الازدواج المغناطيسي	τ، تاو	نيوتن.متر = كجم.م^2/ثانية^2	$N.m = kg.m^2/s^2$
عزم ثنائي القطب المغناطيسي	$\vec{m}_{ol}$	نيوتن.متر/تسلا = كجم.م^2/ثانية^2.تسلا = أمبير.م^2	$N.m/T = kg.m^2/s^2.T = A.m^2$
مقاومة مجزئ التيار	R_s	أوم	Ω
مقاومة مضاعف الجهد	R_m	أوم	Ω
القوة الدافعة الكهربية المستحثة اللحظية	emf	فولت	V
معامل الحث المتبادل بين ملفين	M	هنري = وبر/أمبير = فولت.ثانية/أمبير = تسلا.متر^2/أمبير = أوم.ثانية	$H = weber/A = Vs/A = T.m^2/A = \Omega.s$
معامل الحث الذاتي للملف	L		
السرعة الزاوية	ω، أوميجا	راديان/ثانية	rad/s
التردد (عدد دورات الملف في الثانية)	f	هيرتز = ثانية$^{-1}$	$Hz = s^{-1}$
القوة الدافعة الكهربية الفعالة	$(emf)_{eff}$	فولت	V
القيمة الفعالة للتيار المتردد	I_{eff}	أمبير	A
كفاءة المحول الكهربي	η	—	—
المفاعلة الحثية للملف	X_L	أوم	Ω
سعة المكثف	C	فاراد = كولوم/فولت	F = C/V
المفاعلة السعوية لمكثف	X_C	أوم	Ω
المعاوقة	Z	أوم	Ω

الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها	
الطول الموجي عند أقصى شدة إشعاع	λ_m	متر	m
طاقة الفوتون	E	جول	J
التردد الحرج	υ_c	هيرتز = ثانية$^{-1}$	$Hz = s^{-1}$
دالة الشغل لسطح	E_w	جول	J
كتلة الإلكترون	m_e	كجم	kg
شحنة الإلكترون	e	كولوم	C
معدل سقوط الفوتونات	ϕ_L	فوتون/ثانية	photon/s
ثابت بلانك	h	جول.ثانية = كجم.م^2.ثانية$^{-1}$	$J.s = kg.m^2.s^{-1}$
كمية الحركة الخطية	P_L	كجم.م/ثانية	kg.m/s
القوة المؤثرة من حزمة فوتونات	F	نيوتن	N
القدرة	P_w	وات = جول.ثانية$^{-1}$ = أمبير^2.أوم = فولت. أمبير = فولت^2/أوم	$watt = J.s^{-1} = A^2\Omega = VA = V^2/\Omega$
تركيز الإلكترونات الحرة	n	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز الفجوات الموجبة	p	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز أيونات الشوائب المعطية	N_D^+	سم$^{-3}$	cm^{-3}
تركيز أيونات الشوائب المستقبلة	N_A^-	سم$^{-3}$	cm^{-3}
نسبة التوزيع	α_e	—	—
نسبة تكبير الترانزستور	β_e	—	—
تيار الباعث	I_E	أمبير	A
تيار المجمع	I_C	أمبير	A
تيار القاعدة	I_B	أمبير	A

الوحدة الأولى

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

الفصل 1 التيار الكهربى وقانون أوم وقانونا كيرشوف.

- الدرس الأول: التيار الكهربى وقانون أوم.
- الدرس الثانى: • قانون أوم للدائرة المغلقة. • قانونا كيرشوف.

الفصل 1 الدرس الأول التيار الكهربى وقانون أوم

* سبق أن درست فى السنوات السابقة الكهربية التيارية، وسنبدأ فى هذا الفصل بمراجعة بعض المفاهيم التى سبق أن درستها مثل :

(١) شدة التيار الكهربى. (٢) فرق الجهد الكهربى. (٣) المقاومة الكهربية.

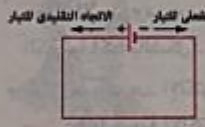
أولاً شدة التيار الكهربى

* يعتمد مرور التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية على وجود إلكترونات حرة تتحرك داخل المادة الموصلة فتسمح بمرور التيار الكهربى.

التيار الكهربى

فيض من الشحنات الكهربية تسرى خلال الموصلات.

* وقد اصطلح على أن التيار الكهربى يسرى من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج المصدر ويسمى الاتجاه التقليدى للتيار وهو عكس اتجاه حركة الإلكترونات.



الاتجاه التقليدى للتيار

اتجاه التيار من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج المصدر.

الاتجاه الفعلى للتيار

اتجاه حركة الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب خارج المصدر.

* تُعبر شدة التيار الكهربى عن كمية الشحنات الكهربية التى تمر عبر مقطع من موصل خلال ثانية واحدة.

شدة التيار الكهربى (I)

تقدر بكمية الكهربية المارة خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 ثانية.

* تتعين شدة التيار الكهربى (I) المار فى موصل من العلاقة :

$$I = \frac{Q}{t}$$

حيث : (Q) كمية الكهربية وتقاس بوحدة الكولوم (C).

(t) الزمن ويقاس بوحدة الثانية (s).

وبالتالى تقاس شدة التيار الكهربى بوحدة كولوم/ثانية وتكافئ الأمبير (A).

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ second}}$$

• مما سبق يمكن تعريف الأمبير والكولوم كما يلي :

العالم أمبير

الأمبير

شدة التيار الناتج عن سريان كمية كهربية مقدارها 1 كولوم خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 ثانية.

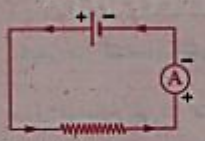
الكولوم

مقدار الشحنة الكهربية التى عند مرورها خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 ثانية ينتج عنها تيار كهربى شدته 1 أمبير.

العالم كولوم

• **ما معنى قولنا أن :** شدة التيار المار فى موصل = 10 أمبير

معنى ذلك أن مقدار الشحنة الكهربية التى تمر خلال مقطع الموصل فى الثانية الواحدة = 10 كولوم



• تقاس شدة التيار الكهربى المار فى دائرة كهربية بجهاز الأميتر وهو يوصل على التوالى فى الدائرة الكهربية (كما بالشكل).

• يمكن حساب عدد الإلكترونات (N) المارة عبر مقطع معين من موصل من العلاقة : $N = \frac{Q}{e}$

حيث : (e) شحنة الإلكترون وتساوى 1.6×10^{-19} C

مثال 1 احسب شدة التيار الكهربى المار فى موصل والناتج عن مرور كمية من الكهربية مقدارها 15 C خلال مقطع من الموصل فى زمن قدره 3 s

الحل

$Q = 15\,C$ $t = 3\,s$ $I = ?$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{15}{3} = 5\,A$$

مثال 2 كم عدد الإلكترونات التى تمر عبر مقطع ما فى موصل فى زمن قدره 1 s إذا كانت شدة التيار المار فى الدائرة 20 A وشحنة الإلكترون 1.6×10^{-19} C

الحل

$t = 1\,s$ $I = 20\,A$ $e = 1.6 \times 10^{-19}\,C$ $N = ?$

$$I = \frac{Q}{t} \quad , \quad Q = It = 20 \times 1 = 20\,C$$

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{20}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{20}\ \text{electrons}$$

ثانيًا فرق الجهد الكهربى

• يمـر التيار الكهربى فى موصل إذا كان الجهـد الكهربى عند نقطة داخل الموصل يختلف عن الجهد الكهربى عند نقطة أخرى أى عندما يكون هناك فرق فى الجهد الكهربى بين نقطتين.

فرق الجهد الكهربى بين نقطتين (V)

يقدر بمقدار الشغل المبذول مقدرًا بالجول لنقل كمية كهربية مقدارها 1 كولوم بين النقطتين.

• يتعين فرق الجهد الكهربى (V) من العلاقة :

$$V = \frac{W}{Q}$$

حيث : (W) الشغل المبذول ويقاس بوحدة الجول (J).

(Q) كمية الكهربية وتقاس بوحدة الكولوم (C)

$$1\ volt = \frac{1\ joule}{1\ coulomb}$$

وبالتالـى يقاس فـرق الجهد الكهربى بوحـدة جول/كولوم وتكافئ الفولت (V)

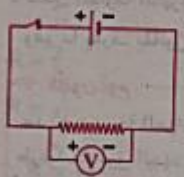
الفولت

فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره 1 جول لنقل كمية كهربية مقدارها 1 كولوم بين هاتين النقطتين.

العالم فولتا

* **ما معنى قولنا أن :** فرق الجهد الكهربى بين طرفى موصل = 25 V

معنى ذلك أن مقدار الشغل المبذول لنقل شحنة 1 C بين طرفى الموصل = 25 J



• يقاس فرق الجهد الكهربى بين نقطتين بجهاز الفولتميتر وهو يوصل على التوازى فى الدائـرة الكهربية (كما بالشكل).

* **الطاقة والقدرة الكهربية :**

$$\because V = \frac{W}{Q} \qquad \therefore W = VQ = VIt$$

حيث : W (الشغل المبذول) يمثل الطاقة الكهربية المستنفذة والتى تقاس بوحدة الجول وتكافئ فولت.أمبير.ثانية

$$\therefore P_w = \frac{W}{t} = VI$$

ويعبر عن الطاقة الكهربية المستهلكة خلال ثانية واحدة بالقدرة الكهربية ، وتقاس القدرة الكهربية بوحدة وات وتكافئ جول/ثانية.

مثال

إذا كان فرق الجهد بين طرفى موصل فى دائرة كهربية 10 V

احسب الشغل المبذول لنقل 6.25×10^{20} إلكترون بين طرفى الموصل علمًا بأن شحنة الإلكترون 1.6×10^{-19} C

الحل

$V = 10\ V$ | $N = 6.25 \times 10^{20}$ electrons | $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C | $W = ?$

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{W}{Ne}$$

$$W = VNe = 10 \times 6.25 \times 10^{20} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1000\ J$$

ثالثًا المقاومة الكهربية

* عند مرور تيار كهربى فى موصل فإن هذا التيار يواجه ممانعة أو مقاومة لمروره وهو ما يطلق عليه المقاومة الكهربية.

المقاومة الكهربية (R)

الممانعة التى يلقاها التيار الكهربى عند مروره فى الموصل.

أو

النسبة بين فرق الجهد بين طرفى الموصل بالفولت وشدة التيار المار فيه بالأمبير.

* تتعين المقاومة الكهربية لموصل (R) من العلاقة :

$$R = \frac{V}{I}$$

وهو ما يعرف بقانون أوم.

العالم أوم

قانون أوم

عند ثبوت درجة الحرارة فإن شدة التيار المار فى موصل تتناسب طرديًا مع فرق الجهد بين طرفيه.

* **التمثيل البيانى للعلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار (قانون أوم) :**

تتناسب شدة التيار طرديًا مع فرق الجهد الكهربى بين طرفى الموصل.

$$\text{الميل} = \frac{V}{I} = R$$

• يوجد نوعان من المقاومات هما :

١- المقاومة الثابتة ويرمز لها فى الدائرة الكهربية بالرمز

٢- المقاومة المتغيرة ويرمز لها فى الدائرة الكهربية بالرمز

• تقاس المقاومة الكهربية بوحدة الأوم.

الأوم

مقاومة موصل يسمح بمرور تيار شدته 1A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1V

• **ما معنى قولنا أن :** المقاومة الكهربية لموصل = 100 Ω

معنى ذلك أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفى الموصل وشدة التيار المار فيه = 100 V/A

مثال

موصل كهربى يمر به شحنة كهربية مقدارها 3.6 C خلال دقيقة، إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 300 V احسب مقاومته.

الحل

Q = 3.6 C | t = 60 s | V = 300 V | R = ?

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{3.6}{60} = 0.06\ A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{300}{0.06} = 5000\ \Omega$$

استنتاج المقاومة الكهربية لموصل

• تتناسب المقاومة الكهربية لموصل طرديًا مع طول الموصل : $R \propto l$

• تتناسب المقاومة الكهربية لموصل عكسيًا مع مساحة مقطع الموصل : $R \propto \frac{1}{A}$

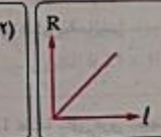
$$\therefore R \propto \frac{l}{A} \qquad \therefore R = \text{constant} \times \frac{l}{A}$$

$$\therefore \boxed{R = \rho_e \frac{l}{A}}$$

حيث : (ρ_e) كمية فيزيائية ثابتة للمادة الواحدة عند ثبوت درجة الحرارة وتسمى المقاومة النوعية لمادة الموصل.

العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الكهربية لموصل عند ثبوت درجة الحرارة

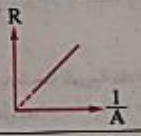
(١) طول الموصل
«علاقة طردية»
الميل = $\frac{R}{\ell} = \frac{\rho_e}{A}$



(٢) المقاومة النوعية للموصل
أو نوع مادة الموصل

$R = \frac{\rho_e \ell}{A}$

(٣) مساحة مقطع الموصل
«علاقة عكسية»
الميل = $RA = \rho_e \ell$



ملحوظة

• يؤدى ارتفاع درجة حرارة الموصل إلى زيادة المقاومة الكهربية ويرجع ذلك إلى أن :
ارتفاع درجة الحرارة يعمل على زيادة سعة اهتزاز جزيئات الفلز وزيادة سرعة اهتزاز الجزيئات وبالتالى زيادة معدل تصادم إلكترونات التيار الكهربى مع جزيئات الفلز الذى يسبب زيادة المعانقة لسريان الإلكترونات خلاله فتزداد المقاومة الكهربية للموصل.

المقاومة النوعية لمادة موصل

• تعتبر المقاومة النوعية للمادة صفة فيزيائية مميزة لها حيث تتغير بتغير نوع مادة الموصل أو درجة حرارة الموصل.

المقاومة النوعية (ρ_e)
مقاومة موصل طوله 1 m ومساحة مقطعه $1\ m^2$ عند درجة حرارة معينة.

• تقاس المقاومة النوعية بوحدة Ω.m

◆ **ما معنى قولنا أن :** المقاومة النوعية لمادة موصل = $6 \times 10^{-6}\ \Omega.m$
معنى ذلك أن مقاومة موصل من هذه المادة طوله 1 m ومساحة مقطعه $1\ m^2$ عند درجة حرارة معينة تساوى $6 \times 10^{-6}\ \Omega$

• **العوامل التى تتوقف عليها المقاومة النوعية :**
(١) نوع مادة الموصل. (٢) درجة حرارة الموصل.

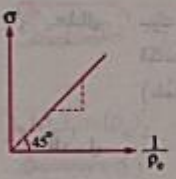
* يسمى مقلوب المقاومة النوعية لمادة الموصل التوصيلية الكهربية لمادة الموصل (σ)، وهى كمية فيزيائية ثابتة للمادة الواحدة عند درجة حرارة معينة لذلك تعتبر خاصية فيزيائية مميزة لها.

التوصيلية الكهربية (σ)

مقلوب مقاومة موصل طوله 1 m ومساحة مقطعه $1\ m^2$ عند درجة حرارة معينة.
أو مقلوب المقاومة النوعية لمادة موصل.

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e}$$

* **التمثيل البيانى للعلاقة بين المقاومة النوعية والتوصيلية الكهربية كما بالشكل المقابل :**



$$\text{الميل} = \sigma\ \rho_e = 1$$

* تقاس التوصيلية الكهربية لمادة موصل بوحدة $\Omega^{-1}.m^{-1}$

* **ما معنى قولنا أن :** التوصيلية الكهربية للنحاس = $5.6 \times 10^7\ \Omega^{-1}.m^{-1}$

معنى ذلك أن مقلوب مقاومة سلك من النحاس طوله 1 m ومساحة مقطعه $1\ m^2$ يساوى $5.6 \times 10^7\ \Omega^{-1}$

* **العوامل التى تتوقف عليها التوصيلية الكهربية لمادة موصل :**

(١) نوع مادة الموصل. (٢) درجة حرارة الموصل.

ملحوظة

* المقاومة النوعية للنحاس صغيرة وبالتالى تكون مقاومة الأسلاك المصنوعة منه صغيرة حيث ($R \propto \rho_e$) أى أن التوصيلية الكهربية للنحاس كبيرة لذلك يستخدم فى صناعة كابلات نقل الكهرباء.

مثال

سلك طوله 50 m ونصف قطره 0.5 cm ومقاومته الكهربية 2 Ω، أوجد :

(أ) المقاومة النوعية لمادة السلك. (ب) التوصيلية الكهربية له.

الحل

$l = 50\ m$ | $r = 0.5\ cm$ | $R = 2\ \Omega$ | $\rho_e = ?$ | $\sigma = ?$

(أ) $$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{R(\pi r^2)}{l} = \frac{2 \times 22 \times (0.5 \times 10^{-2})^2}{7 \times 50} = 3.14 \times 10^{-6}\ \Omega.m$$

(ب) $$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{1}{3.14 \times 10^{-6}} = 3.18 \times 10^5\ \Omega^{-1}.m^{-1}$$

• لتعيين قيمة المقاومة R بدلالة الكتلة والحجم وكثافة المادة :

$$R = \frac{\rho_e \ell}{A} = \frac{\rho_e \ell^2}{V_{ol}} = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{m}$$

$$R = \frac{\rho_e \ell}{A} = \frac{\rho_e V_{ol}}{A^2} = \frac{\rho_e m}{\rho A^2}$$

مثال سلك من النحاس طوله 50 cm وكثافة مادته $8600\ kg/m^3$ يمر به تيار كهربى فكانت مقاومته 1.5 Ω، احسب كتلة السلك.

(علمًا بأن المقاومة النوعية للنحاس = $1.79 \times 10^{-8}\ \Omega.m$)

الحل

$\ell = 50\ cm$ | $\rho = 8600\ kg/m^3$ | $R = 1.5\ \Omega$

$\rho_e = 1.79 \times 10^{-8}\ \Omega.m$ | $m = ?$

$$R = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{m}$$

$$m = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{R} = \frac{1.79 \times 10^{-8} \times (50 \times 10^{-2})^2 \times 8600}{1.5} = 2.57 \times 10^{-5}\ kg$$

• المقارنة بين مقاومتى موصلين :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 A_2}{(\rho_e)_2 \ell_2 A_1} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 r_2^2}{(\rho_e)_2 \ell_2 r_1^2} = \frac{(\rho_e)_1 \rho_1 \ell_1^2 m_2}{(\rho_e)_2 \rho_2 \ell_2^2 m_1}$$

مثال 1

سلكان من النحاس طول أحدهما 10 cm وكتلته 0.1 kg وطول الآخر 40 cm وكتلته 0.2 kg قارن بين مقاومة كل منهما.

الحل

$\ell_1 = 10\ cm$ | $m_1 = 0.1\ kg$ | $\frac{R_1}{R_2} = ?$

$\ell_2 = 40\ cm$ | $m_2 = 0.2\ kg$

∵ السلكان من نفس المادة. ∴ المقاومة النوعية لهما واحدة.

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2 m_2}{\ell_2^2 m_1} = \frac{10^2 \times 0.2}{40^2 \times 0.1} = \frac{1}{8}$$

مثال ٢

سلك طوله 30 m ومساحة مقطعه $0.5\ cm^2$ ومقاومته $20\ \Omega$ كم تكون مقاومة سلك آخر من نفس المادة طوله 10 m ومساحة مقطعه $0.3\ cm^2$

الحل

$l_1 = 30\ m$ | $A_1 = 0.5\ cm^2$ | $R_1 = 20\ \Omega$

$l_2 = 10\ m$ | $A_2 = 0.3\ cm^2$ | $R_2 = ?$

∵ السلك من نفس المادة

$$\therefore (\rho_e)_1 = (\rho_e)_2 \quad , \quad \frac{R_1 A_1}{l_1} = \frac{R_2 A_2}{l_2} \quad , \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1 A_2}{l_2 A_1}$$

$$\frac{20}{R_2} = \frac{30 \times 0.3}{10 \times 0.5}$$

$$R_2 = 11.11\ \Omega$$

توصيل المقاومات

• يمكن توصيل عدة مقاومات فى دائرة كهربية بطريقتين هما :

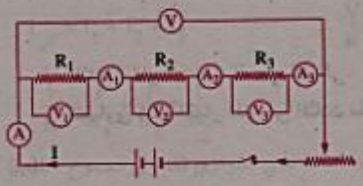
(١) التوصيل على التوالى. (٢) التوصيل على التوازى.

١ توصيل المقاومات على التوالى

• **الغرض منه :**

الحصـــول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة حيث تعتبر المقاومات بمثابة ممر متصل للتيار الكهربى.

• **طريقة التوصيل :**



توصل المقاومات فى دائرة كهربية تتكون من بطارية وأميتر وفولتميتر وريوستات ومفتاح كما هو موضح بالرسم.

• **شدة التيار الكهربى :**

عند قياس شدة التيار الكهربى المار فى جميع المقاومات نجد أنها متساوية :

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

• **فرق الجهد الكهربى :**

عند قياس فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة نجد أن فرق الجهد الكلى يســـاوى مجموع فروق الجهد على المقاومات بالدائرة :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

• **حساب المقاومة المكافئة ($\grave{R}$) :**

من قانون أوم :

$\because V = IR$

$\therefore V_1 = IR_1 \quad , \quad V_2 = IR_2 \quad , \quad V_3 = IR_3$

$\because V = V_1 + V_2 + V_3$

$\therefore I\grave{R} = IR_1 + IR_2 + IR_3 \qquad \therefore \boxed{\grave{R} = R_1 + R_2 + R_3}$

أى أن المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالى تساوى مجموع هذه المقاومات.

إذا كانت المقاومات المتصلة على التوالى متساوية وعددها N فإن : $\boxed{\grave{R} = NR}$

مثال

ثلاث مقاومات 25 Ω , 70 Ω , 85 Ω متصلة على التوالى مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها 45 V . احسب :

(أ) شدة التيار الكهربى المار فى الثلاث مقاومات. (ب) فرق الجهد على كل مقاومة.

الحل

$R_1 = 25\ \Omega$	$R_2 = 70\ \Omega$	$R_3 = 85\ \Omega$	$V_B = 45\ V$
$I = ?$	$V_1 = ?$	$V_2 = ?$	$V_3 = ?$

(أ)

$$\grave{R} = R_1 + R_2 + R_3 = 25 + 70 + 85 = 180\ \Omega$$

$$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{45}{180} = 0.25\ A$$

∵ الثلاث مقاومات متصلة على التوالى.

∴ تتساوى شدة التيار المار فى الثلاث مقاومات = 0.25 A

(ب)

$V_1 = IR_1 = 0.25 \times 25 =$ 6.25 V

$V_2 = IR_2 = 0.25 \times 70 =$ 17.5 V

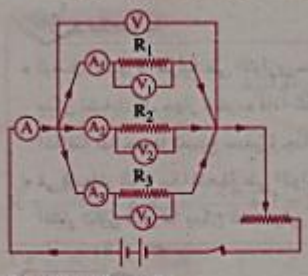
$V_3 = IR_3 = 0.25 \times 85 =$ 21.25 V

٢ توصيل المقاومات على التوازى

• **الغرض منه :**

الحصول علـى مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة حيث تكون المقاومة المكافئة أقل من قيمة أصغر مقاومة فى المجموعة.

• **طريقة التوصيل :**



توصـل المقاومات فى دائرة كهربية تتكون من بطارية وأميتر وفولتميتر وريوسـتات ومفتاح كما هو موضح بالرسم.

• **فرق الجهد الكهربى :**

عند قياس فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة نجد أنه متساوى ويساوى فرق الجهد بين طرفى البطارية :

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

• **شدة التيار الكهربى :**

عند قياس شـدة التيار المار فى كل مقاومة نجد أن شـدة التيار الكلى تساوى مجموع شدة التيار المار فى جميع المقاومات :

$$I_{كلى} = I_1 + I_2 + I_3$$

ويلاحظ أن التيار الكهربى يتجزأ فى المقاومات عكسـيًا مع قيمة المقاومة أى يمر الجزء الأكبر من التيار فى المقاومة الأصغر.

• **حساب المقاومة المكافئة ($\grave{R}$) :**

من قانون أوم :

$$\because I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore I_1 = \frac{V}{R_1} \quad , \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad , \quad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$\because I_{كلى} = I_1 + I_2 + I_3 \qquad \therefore \frac{V}{\grave{R}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\therefore \boxed{\frac{1}{\grave{R}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

أى أن مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازى تساوى مجموع مقلوب المقاومات

، إذا كان هناك مقاومتين فقط متصلتين على التوازى، فإن :

$$\boxed{\grave{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

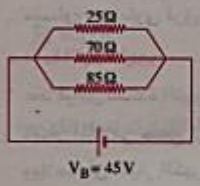
• إذا كانت المقاومات المتصلة على التوازى متساوية وقيمة كل منها R وعددها N فإن : $\frac{1}{\tilde{R}} = \frac{N}{R}$

$$\tilde{R} = \frac{R}{N}$$

ملاحظات

* توصل الأجهزة المنزلية على التوازى حتى يعمل كل جهاز على فرق جهد المصدر الكهربى وبالتالى يمكن تشغيل كل جهاز بمفرده فإذا تلف أى جهاز لا يؤثر على الأجهزة الأخرى، كما أن المقاومة المكافئة لها جميعًا تصبح صغيرة جدًا فلا تضعف شدة التيار.
* فى الدوائر الكهربية المتصلة على التوازى تستخدم أسلاك سميكة عند طرفى البطارية لأن شدة التيار تكون أكبر ما يمكن عند طرفى البطارية.

مثال 1



من الشكل المقابل، أوجد : (أ) المقاومة الكلية.
(ب) شدة التيار فى كل مقاومة.
(جـ) شدة التيار الكلى.

الحل

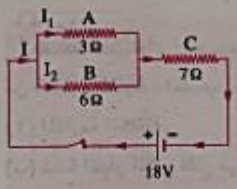
(أ)
$$\frac{1}{\tilde{R}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{85}$$
$$\tilde{R} = 15.14\ \Omega$$

(ب)
$$I_1 = \frac{V_B}{R_1} = \frac{45}{25} = 1.8\ A$$
$$I_2 = \frac{V_B}{R_2} = \frac{45}{70} = 0.643\ A$$
$$I_3 = \frac{V_B}{R_3} = \frac{45}{85} = 0.529\ A$$

(جـ)
$$I = \frac{V_B}{\tilde{R}} = \frac{45}{15.14} = 2.972\ A$$

حل آخر
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$
$$= 1.8 + 0.643 + 0.529 = 2.972\ A$$

مثال ٢



فى الشكل المقابل وصلت المقاومتان A ، B معًا على التوازى ثم وصلت المجموعة على التوالى مع مقاومة ثالثة C وبطارية قوتها الدافعة الكهربية 18 V، فإذا كانت المقاومات A ، B ، C هى 3 Ω ، 6 Ω ، 7 Ω على الترتيب، فاحسب :

(أ) المقاومة الكلية. (ب) شدة التيار المار فى الدائرة.

(جـ) شدة التيار المار فى كل من المقاومتين A ، B

الحل

(أ) $\hat{R} = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} + R_C = \frac{3 \times 6}{3+6} + 7 = 2 + 7 = 9\ \Omega$

(ب) $I = \frac{V}{\hat{R}} = \frac{18}{9} = 2\ A$

(جـ) لحساب شدة التيار فى كل من المقاومتين A ، B نحسب أولًا فرق الجهد بينهما :

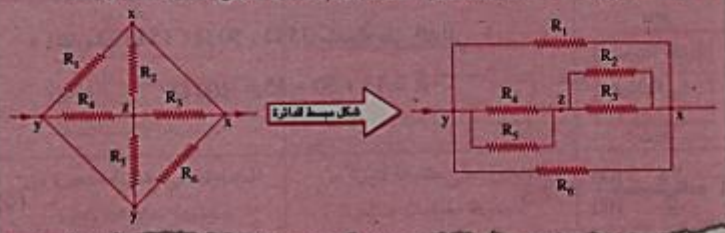
$V = I\hat{R} = 2 \times 2 = 4\ V$

$I_A = \frac{V}{R_A} = \frac{4}{3} = 1.33\ A$

$I_B = \frac{V}{R_B} = \frac{4}{6} = 0.667\ A$

* فى حالة وجود مقاومة طرفاها متصلان بسلك توصيل تهمل هذه المقاومة عند حساب المقاومة المكافئة لعدم وجود فرق جهد بين طرفيها.

* فى حالة وجود سلك توصيل (عديم المقاومة) يتم اعتبار طرفى السلك نقطة واحدة.



مثال

من الدائرة المقابلة ، احسب :

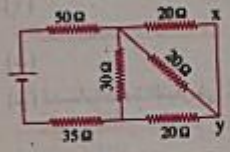
(أ) المقاومة المكافئة.

(ب) شدة التيار الكلى المار فى الدائرة

علمًا بأن $V_B = 100\ V$

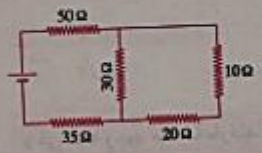
الحل

(أ) • لا يمر تيار فى المقاومة 200 Ω بينما يمر فى السلك xy لأن مقاومته صفر وبذلك تصبح المقاومة 200 Ω ملغية ويكون شكل الدائرة كالتالى :



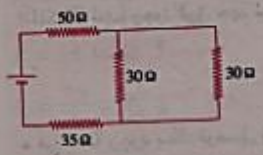
• المقاومتان 20 Ω ، 20 Ω متصلتان على التوازى

وبذلك : $R_1 = \frac{R}{N} = \frac{20}{2} = 10\ \Omega$



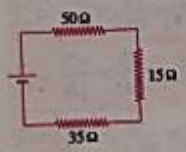
• المقاومتان 10 Ω ، 20 Ω متصلتان على التوالى

وبذلك : $R_2 = 10 + 20 = 30\ \Omega$



• المقاومتان 30 Ω ، 30 Ω متصلتان على التوازى

وبذلك : $R_3 = \frac{30}{2} = 15\ \Omega$

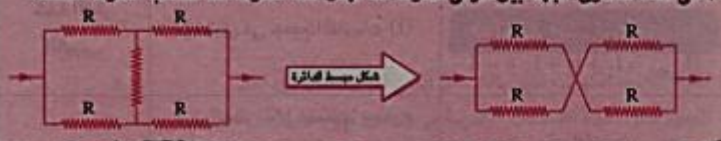


• المقاومات 15 Ω ، 50 Ω ، 35 Ω متصلة على التوالى

وبذلك : $\grave{R} = 15 + 50 + 35 = \mathbf{100\ \Omega}$

(ب) $\grave{I} = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{100}{100} = \mathbf{1\ A}$

* فى حالة تساوى الجهد بين طرفى مقاومة ما تهمل هذه المقاومة عند حساب المقاومة المكافئة.

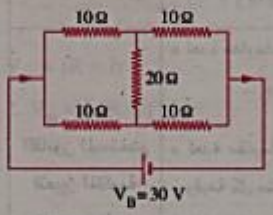


مثال

من الدائرة المقابلة ، احسب :

(أ) المقاومة المكافئة.

(ب) شدة التيار المار فى الدائرة.

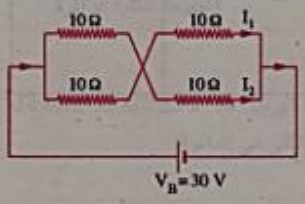


الحل

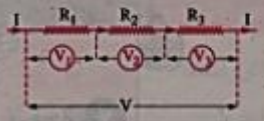
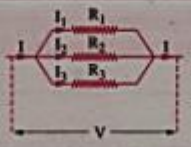
(أ) لا يمر تيار فى المقاومة 20 Ω لتساوى الجهد بين طرفيها :

$$\grave{R} = \frac{10}{2} + \frac{10}{2} = 10\ \Omega$$

(ب)
$$I = \frac{V_B}{\grave{R}} = \frac{30}{10} = 3\ A$$



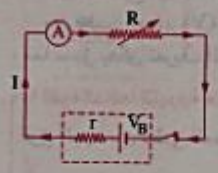
* مما سبق يمكن المقارنة بين توصيل المقاومات على التوالى وتوصيلها على التوازى كالتالى :

	توصيل المقاومات على التوالى	توصيل المقاومات على التوازى
طريقة التوصيل فى الدائرة		
الغرض منه	الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة مقاومات صغيرة	الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة مقاومات كبيرة

شدة التيار الكهربى	متساوى فى جميع المقاومات (I)	التيار الكلى يساوى مجموع التيارات فى المقاومات $(I_{(الكلى)} = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots)$
فرق الجهد	فرق الجهد الكلى يساوى مجموع فروق الجهد على المقاومات $(V_{(الكلى)} = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots)$	متساوى بين طرفى جميع المقاومات (V)
القانون المستخدم لتعيين المقاومة المكافئة $(R`)$	• لعدة مقاومات : $R` = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$ • لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R : $R` = NR$	• لعدة مقاومات : $\frac{1}{R`} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$ • لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R : $R` = \frac{R}{N}$ • لمقاومتين : $R` = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

قانون أوم للدائرة المغلقة

• القوة الدافعة الكهربية تقدر بالشغل الكلى المبذول خارج وداخل العمود لنقل وحدة الشحنات الكهربية فى الدائرة كلها، فإذا رمزنا للقوة الدافعة الكهربية للعمود (البطارية) بالرمز (V_B) وشدة التيار الكلى فى الدائرة بالرمز (I) وللمقاومة الخارجية بالرمز (R) وللمقاومة الداخلية للعمود بالرمز (r) كما بالشكل فإن :



$V_B = IR + Ir$

$\therefore V_B = I(R + r)$ $\quad \therefore \boxed{I = \frac{V_B}{R + r}}$

، وتعرف هذه العلاقة بقانون أوم للدائرة المغلقة حيث تكون :

$$\text{شدة التيار الكهربى} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربية الكلية}}{\text{المقاومة الكلية للدائرة}}$$

مثال

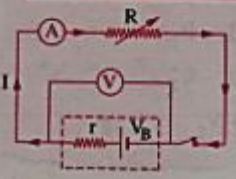
عمود كهربى قوته الدافعة الكهربية 2 V وصل فى دائرة كهربية، فإذا كانت المقاومة الداخلية له 0.1 Ω والمقاومة الخارجية 3.9 Ω ، احسب شدة التيار الكلى فى الدائرة.

الحل

$\boxed{V_B = 2\ V}$ $\boxed{r = 0.1\ \Omega}$ $\boxed{R = 3.9\ \Omega}$ $\boxed{I = ?}$

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{2}{3.9 + 0.1} = 0.5\ A$$

العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية لعمود (V_B) وفرق الجهد بين قطبيه (V)



• تبعًا لقانون أوم للدائرة المغلقة :

$V_B = IR + Ir$ ، $\because V = IR$

$\therefore V_B = V + Ir$ $\quad \therefore \boxed{V = V_B - Ir}$

• من العلاقة السابقة يتضح أن :

– زيادة المقاومة الخارجية (R) تسبب نقص شدة التيار المار فى الدائرة تدريجيًا فيزداد فرق الجهد بين قطبى العمود (V).

– عندما تصبح قيمة شدة التيار صغيرة جدًا يمكن معها إهمال قيمة (Ir)، يصبح فرق الجهد بين قطبى العمود (V) مساوى تقريبًا للقوة الدافعة الكهربية له (V_B).

، مما سبق يمكن تعريف القوة الدافعة الكهربية لعمود :

القوة الدافعة الكهربية لعمود (V_B)

فرق الجهد بين قطبى العمود فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى الدائرة (المفتاح مفتوح).

أو

مقدار الشـــغل الكلى المبذول خارج وداخل العمود لنقل كمية من الكهرباء مقدارها واحد كولوم (وحدة الشحنات الكهربية) فى الدائرة الكهربية.

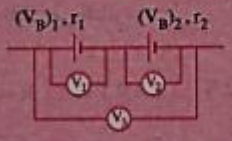
• تقاس القوة الدافعة الكهربية لمصدر بوحدة الفولت.

◆ ما معنى قولنا أن : القوة الدافعة الكهربية لعمود كهربى = 3 V

معنى ذلك أن مقدار الشـــغل الكلى المبذول لنقل شـــحنة قدرها 1 C خلال الدائرة الكهربية داخل وخارج العمود = 3 J

• فى حالة عمودين كهربيين متصلين على التوالى :

– فى نفس الاتجاه :



فإن

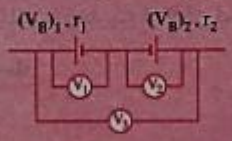
$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1$$

$$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2$$

$$V_3 = V_1 + V_2$$

– فى اتجاهين متعاكسين :



فإن (حيث : $(V_B)_2 < (V_B)_1$)

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1$ (حالة تفريغ)

$V_2 = (V_B)_2 + Ir_2$ (حالة شحن)

$$V_3 = V_1 - V_2$$

مثال ١

فى الدائرة المقابلة :

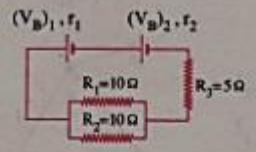
إذا كانت القوة الدافعة الكهربية للعمودين $(V_B)_1 = 10\ V$،

$(V_B)_2 = 14\ V$ والمقاومة الداخلية لهما $0.5\ \Omega$ ، $1.5\ \Omega$

على الترتيب، احسب :

(أ) شدة التيار المار فى الدائرة.

(ب) فرق الجهد بين طرفى كل من $(V_B)_1$ ، $(V_B)_2$



الحل

$(V_B)_1 = 10\ V$ | $(V_B)_2 = 14\ V$ | $R_1 = 10\ \Omega$ | $R_2 = 10\ \Omega$ | $R_3 = 5\ \Omega$

$r_1 = 0.5\ \Omega$ | $r_2 = 1.5\ \Omega$ | $I = ?$ | $V_1 = ?$ | $V_2 = ?$

(أ)

$$\grave{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} + 5 = 10\ \Omega$$

$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{\grave{R} + r_1 + r_2} = \frac{10 + 14}{10 + 0.5 + 1.5} = 2\ A$$

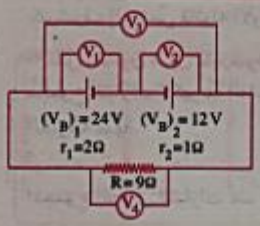
(ب)

$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 10 - (2 \times 0.5) = 9\ V$$

$$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2 = 14 - (2 \times 1.5) = 11\ V$$

مثال ٢

مستخدمًا البيانات الموضحة على الشكل المقابل احسب قراءة كل من : V_4 ، V_3 ، V_2 ، V_1



الحل: $(V_B)_1 = 24\,V$ | $(V_B)_2 = 12\,V$ | $r_1 = 2\,\Omega$ | $r_2 = 1\,\Omega$ | $R = 9\,\Omega$

$V_1 = ?$ | $V_2 = ?$ | $V_3 = ?$ | $V_4 = ?$

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{24 - 12}{9 + 2 + 1} = 1\,A$$

$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 24 - 1 \times 2 =$ **22 V**

$V_2 = (V_B)_2 + Ir_2 = 12 + 1 \times 1 =$ **13 V**

$V_3 = V_1 - V_2 = 22 - 13 =$ **9 V**

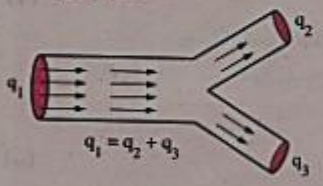
$V_4 = IR = 1 \times 9 =$ **9 V**

قانونا كيرشوف Kirchhoff's laws

العالم كيرشوف

* هناك دوائر كهربية معقدة مكونة من عدة فروع وبالتالى يصعب تطبيق قانون أوم عليها لاختلاف شدة التيار المار فى كل فرع فيها، لذلك قام العالم الألمانى كيرشوف (Kirchhoff) بوضع قانونين يمكن من خلالهما التعامل مع الدوائر الكهربية المعقدة.

القانون الأول لكيرشوف



* لقد عرفنا أن التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية عبارة عن سيل من الإلكترونات السالبة (شحنات كهربية) تنتقل من نقطة لأخرى.
* لا يمكن أن تتراكم هذه الشحنات فى نقطة معينة عبر الدائرة بل تتحرك باستمرار خلالها ولذلك لا يشحن الموصل أثناء مرور التيار الكهربى فيه.
* استنتج كيرشوف من ذلك أنه عند أى نقطة من نقاط التفرع فى الدائرة يكون مجموع الشحنات الداخلة يساوى مجموع الشحنات الخارجة فى نفس الزمن، ومن خلال ذلك توصل كيرشوف إلى نص قانونه الأول.

نص القانون الأول لكيرشوف

مجموع التيارات الكهربية الداخلة عند نقطة فى دائرة كهربية مغلقة يساوى مجموع التيارات الخارجة منها.

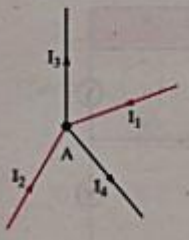
أو

المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة فى دائرة مغلقة يساوى صفر.

* الصيغة الرياضية للقانون الأول لكيرشوف :

مجموع التيارات الداخلة للنقطة (A) =

مجموع التيارات الخارجة من النقطة (A)



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

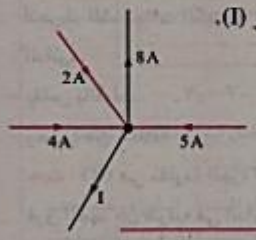
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$\Sigma I = 0$$

ملاحظات

- عند تطبيق قانون كيرشـوف الأول ($\Sigma I = 0$) عند نقطة تفرع يأخذ التيار الداخل للنقطة إشارة موجبة (+) بينما يأخذ التيار الخارج من النقطة إشارة سالبة (−).
- يعتبر قانون كيرشوف الأول تطبيقًا لقانون حفظ الشحنة (أى أن مقدار الشحنة الكهربية الداخلة إلى نقطة ما هو نفس مقدار الشحنة الخارجة من هذه النقطة) لأن شدة التيار (بالأمبير) تساوى مقدار الشحنات الكهربية (بالكولوم) التى تعبر مقطع معين فى الثانية الواحدة.
- يستخدم قانون كيرشوف الأول فى دوائر التوازى (دوائر تشتمل على مقاومات متصلة على التوازى) لوجود نقاط تفرع وتوزيع للتيار.

مثال ١ من الشكل المقابل، احسب مقدار شدة التيار (I).



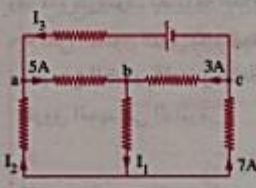
الحل

طبقًا لقانون كيرشوف الأول

$$4 + 5 + 2 = 8 + I$$

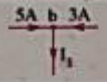
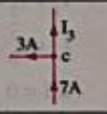
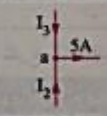
$$I = 3\ A$$

مثال ٢ احسب قيم شدة التيارات للدائرة المبينة بالشكل المقابل.



الحل

عند النقطة (a) هناك تياران مجهولان I_2 ، I_3 بينما عند كل من النقطتين (b) ، (c) هناك تيار واحد مجهول القيمة I_1 ، I_3 على الترتيب.

الرسم	التطبيق
① 	عند النقطة (b) $I_1 = 5 + 3 =$ 8 A
② 	عند النقطة (c) $7 = 3 + I_3$ $\therefore I_3 =$ 4 A
③ 	عند النقطة (a) $I_2 + I_3 = 5 \quad \therefore I_2 + 4 = 5$ $\therefore I_2 = 5 - 4 =$ 1 A

القانون الثانى لكيرشوف

سبق أن عرفنا أن :

فرق الجهد الكهربى (V)

- يعبر عن الشغل المبذول أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربية عبر جزء من الدائرة.
- يقاس بالفولت.
- يحسب من العلاقة : $V = IR$

حيث : (R) هى مقاومة الجزء المراد حساب فرق الجهد بين طرفيه فى الدائرة.

القوة الدافعة الكهربية (V_B)

- تعبر عن الشغل المبذول أو الطاقة اللازمة لتحريك الشحنات الكهربية عبر الدائرة كلها مرة واحدة.
- تقاس بالفولت.
- تحسب من العلاقة : $V_B = I(\grave{R} + r)$

حيث : $(\grave{R})$ المقاومة الخارجية الكلية،
(r) المقاومة الداخلية للمصدر.

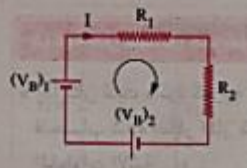
وقد قام كيرشوف بصياغة العلاقة بين فرق الجهد الكهربى والقوة الدافعة الكهربية كما يلى :

نص القانون الثانى لكيرشوف

المجموع الجبرى للقوى الدافعة (المحركة) الكهربية فى دائرة مغلقة يساوى المجموع الجبرى لفروق الجهد فى الدائرة.

أو

المجموع الجبرى لفروق الجهد الكهربية فى مسار مغلق يساوى صفر.



• الصيغة الرياضية للقانون الثانى لكيرشوف :

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

$$(V_B)_1 + (V_B)_2 = IR_1 + IR_2$$

$$(V_B)_1 + (V_B)_2 - IR_1 - IR_2 = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

ملاحظات

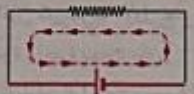
• يطبق القانون الثانى لكيرشوف على عدة مسارات مغلقة.

• يعتبر القانون الثانى لكيرشوف تطبيقًا لقانون بقاء الطاقة.

• عند تطبيق قانون كيرشوف الثانى ($\Sigma V_B = \Sigma IR$) على مسار مغلق يجب مراعاة قاعدة الإشارات الآتية :

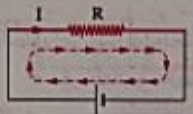
(أ) – إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن قيمة القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تكون موجبة.

– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن قيمة القوة الدافعة الكهربية لهذا المصدر تكون سالبة.

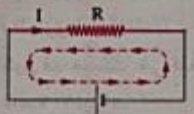


إذا كانت المقاومات متصلة معًا على التوالى أو التوازى يفضل إيجاد المقاومة المكافئة لهم قبل البدء فى تطبيق قانونى كيرشوف

(ب) – إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو نفس اتجاه التيار المار فى مقاومة ما، فإن قيمة فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يكون موجب.

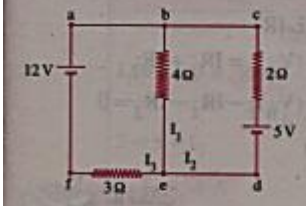


– إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو عكس اتجاه التيار المار فى مقاومة ما، فإن قيمة فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يكون سالب.



كيفية حل مسائل كيرشوف

* إذا كان لديك دائرة كهربية كالموضحة بالشكل فلحساب شدة التيار المار فى كل مقاومة نتبع الخطوات الآتية :



(١)

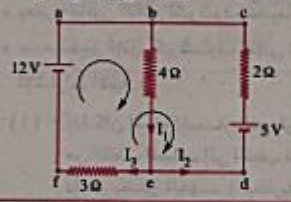
* حدد عدد الكميات المجهولة المراد حسابها.
* افرض اتجاهًا معينًا لكل تيار مجهول

« هذه الاتجاهات ليست بالضرورة صحيحة »

* حدد اتجاهًا لكل مسار مغلق بصورة عشوائية

« مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة »

« الكميات المجهولة هى I_1 ، I_2 ، I_3 »



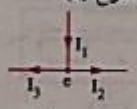
(٢)

* طبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة تفرع للتيار مرة واحدة بحيث يكون :

مجموع التيارات الداخلة = مجموع التيارات الخارجة

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الأولى.

عند نقطة التفرع (e)



$I_1 = I_2 + I_3$ ①

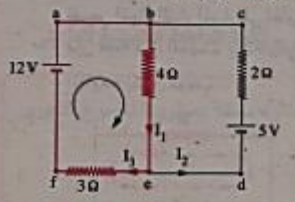
(٣)

* اختر مسارًا مغلقًا وطبق قانون كيرشوف الثانى خلاله بحيث يكون :

المجمـوع الجبرى للقـوة الدافعـة الكهربية = المجموع الجبرى لفروق الجهد

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الثانية مع مراعاة قاعدة الإشارات

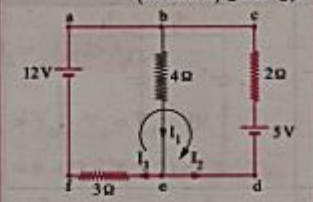
عبر المسار (abefa)



$12 = 4I_1 + 3I_3$ ②

٤

عبر المسار (abcdefa)



$12 - 5 = 3I_3 - 2I_2$

$7 = 3I_3 - 2I_2$ ③

• كرر الخطوة السابقة على عدة مسارات حتى يتساوى عدد المعادلات مع عدد القيم المجهولة.

٥

• حل المعادلات ① ، ② ، ③ آنيًا وبذلك تكون قد حصلت على القيم المجهولة، وهى :

$I_1 = 1.5\,A \ , \ I_2 = -0.5\,A \ , \ I_3 = 2\,A$

٦

• إذا كانت القيمة المحسوبة للتيار :

– موجبة : يكون الاتجاه الصحيح هو نفس الاتجاه المفروض فى البداية.

– سالبة : يكون الاتجاه الصحيح فى عكس الاتجاه المفروض فى البداية.

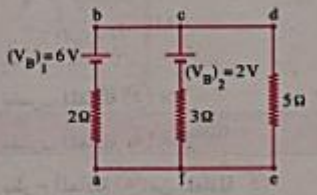
مثال ١

فى الدائرة الموضحة بالشكل المقابل،

احسب :

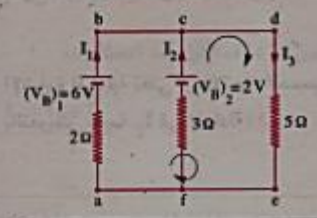
(أ) شدة التيار المار فى كل فرع.

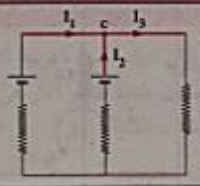
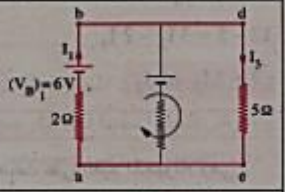
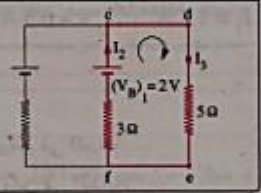
(ب) فرق الجهد بين النقطتين a ، b



الحـــل

(أ) نفرض اتجاهات التيارات والمسارات كما هو موضح بالدائرة.



الرسم	التطبيق
	- بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (c) $I_1 + I_2 = I_3$ ①
	- بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (abdea) $6 = 2I_1 + 5I_3$ ②
	- بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (fcdef) $2 = 3I_2 + 5I_3$ ③

بالتعويض بـ I_1 من المعادلة ① فى المعادلة ②

$6 = 2(I_3 - I_2) + 5I_3$

$\therefore 6 = 7I_3 - 2I_2$ ④

بضرب المعادلة ③ × 7

$14 = 21I_2 + 35I_3$ ⑤

بضرب المعادلة ④ × 5

$30 = -10I_2 + 35I_3$ ⑥

بطرح المعادلة ⑥ من المعادلة ⑤

$-16 = 31I_2$

$\therefore I_2 = -0.516\ A$

الإشارة السالبة تعنى أن الاتجاه الصحيح للتيار (I_2) عكس الاتجاه المفترض فى الشكل.

بالتعويض بقيمة I_2 فى المعادلة ③

$2 = 3 \times (-0.516) + 5I_3$

$\therefore 5I_3 = 3.548$ $\quad \therefore I_3 = 0.71\ A$

بالتعويض بقيمة I_2 ، I_3 فى المعادلة (1)

$$I_1 + (-0.516) = 0.71$$

$$\therefore I_1 = \boxed{1.226\ A}$$

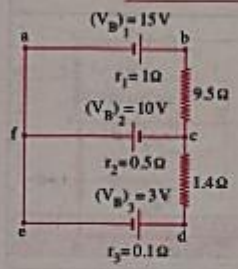
(ب) حساب فرق الجهد بين النقطتين a ، b

$$V_{ab} = V_b - V_a = V_B - IR$$

$$V_{ab} = 6 - (1.226 \times 2) = \boxed{3.55\ V}$$

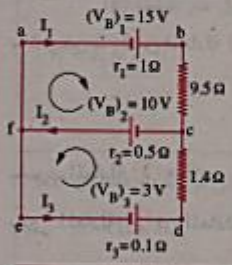
مثال (٢)

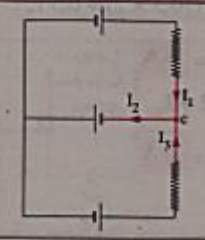
فى الدائرة الموضحة بالشكل المقابل،
احسب قيمة شدة التيار المار فى كل فرع.

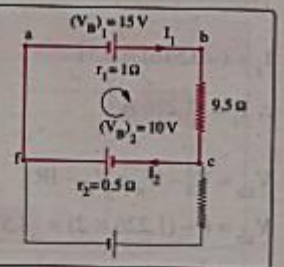


الحل

نفرض اتجاهات التيارات والمسارات
كما هو موضح بالدائرة.



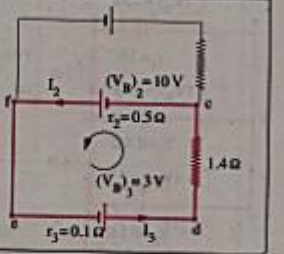
الرسم	التطبيق
	- بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (c) $\boxed{I_2 = I_1 + I_3}$ (1)



- بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (fabcf)

$15 + 10 = (1 + 9.5)\,I_1 + 0.5\,I_2$

$25 = 10.5\,I_1 + 0.5\,I_2$ ②



- بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (edcfe)

$3 + 10 = (0.1 + 1.4)\,I_3 + 0.5\,I_2$

$13 = 1.5\,I_3 + 0.5\,I_2$ بالضرب فى 2

$26 = 3\,I_3 + I_2$ ③

بالتعويض بـ I_3 من المعادلة ① فى المعادلة ③

$26 = 3\,(I_2 - I_1) + I_2$

$26 = -3\,I_1 + 4\,I_2$ ④

$200 = 84\,I_1 + 4\,I_2$ ⑤ بضرب المعادلة ② × 8

$-174 = -87\,I_1$ بطرح المعادلة ⑤ من المعادلة ④

$\therefore I_1 =$ 2 A

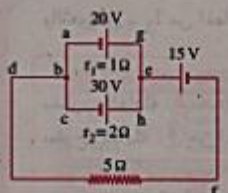
$25 = (10.5 \times 2) + 0.5\,I_2$ بالتعويض بقيمة I_1 فى المعادلة ②

$\therefore I_2 =$ 8 A

$8 = 2 + I_3$ بالتعويض بقيم I_1 ، I_2 فى المعادلة ①

$\therefore I_3 =$ 6 A

مثال ٣



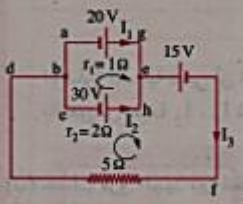
فى الدائرة الموضحة بالشكل المقابل، احسب :

(أ) شدة التيار المار فى كل بطارية.

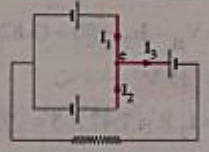
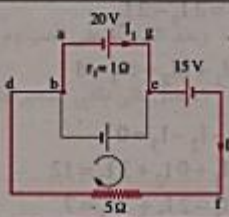
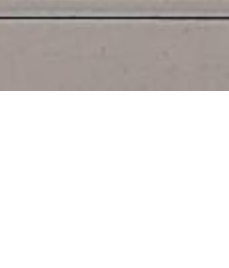
(ب) فرق الجهد بين قطبى كل بطارية.

(جـ) فرق الجهد بين طرفى المقاومة 5 Ω

الحـل



(1) نفرض اتجاهات التيارات والمسارات كما هو موضح بالدائرة.

الرسم	التطبيق
	- بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (e) $I_1 + I_2 = I_3$ ① - بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (cbagehc) $20 - 30 = I_1 - 2I_2$ $-10 = I_1 - 2I_2$ ②
	
	- بتطبيق قانون كيرشوف الثانى فى المسار (dbagefd) $20 - 15 = I_1 + 5I_3$ $5 = I_1 + 5I_3$ ③

بالتعويض بـ I_3 من المعادلة ① فى المعادلة ③

$5 = I_1 + 5(I_1 + I_2)$

$\therefore 5 = 6I_1 + 5I_2$ ④

بضرب المعادلة ② × 6

$-60 = 6I_1 - 12I_2$ ⑤

بطرح المعادلة ⑤ من المعادلة ④

$65 = 17I_2$

$\therefore I_2 =$ 3.824 A

بالتعويض بقيمة I_2 فى المعادلة ②

$-10 = I_1 - (2 \times 3.824)$

$\therefore I_1 =$ −2.35 A

الإشارة السالبة تعنى أن اتجاه (I_1) عكس ما هو مفترض أى أن البطارية فى حالة شحن.

بالتعويض بقيمة I_1 ، I_2 فى المعادلة ①

$I_3 = -2.35 + 3.824$ $\therefore I_3 =$ 1.47 A

(ب) حساب فرق الجهد بين قطبى البطارية 20 V

$V_1 = V_B + Ir_1 = 20 + (2.35 \times 1) =$ 22.35 V

حساب فرق الجهد بين قطبى البطارية 30 V

$V_2 = V_B - Ir_2 = 30 - (3.824 \times 2) =$ 22.35 V

$V_3 =$ 15 V

(جـ) فرق الجهد بين طرفى المقاومة 5 Ω

$V_R = I_3 R = 1.47 \times 5 =$ 7.35 V

للاطلاع فقط

التأكد من حل معادلات كيرشوف (باستخدام الآلة الحاسبة)

• إذا كانت معادلات كيرشوف هى :

$I_1 = I_2 + I_3$

$12 = 4I_1 + 3I_3$

$7 = 3I_3 - 2I_2$

نضع تلك المعادلات على الصورة الآتية :

$aI_1 + bI_2 + cI_3 = d$

فتصبح :

$I_1 - I_2 - I_3 = 0$

$4I_1 + 0I_2 + 3I_3 = 12$

$0I_1 - 2I_2 + 3I_3 = 7$

• باستخدام الآلة الحاسبة :

(١)

نضغط زر MODE فتظهر لنا الشاشة المقابلة :

(٢)

نضغط رقم 5 لاختيار صيغة المعادلات فتظهر لنا الشاشة المقابلة بحيث يدل رقم الاختيار على صيغة المعادلات كالتالى :

1 معادلة من الدرجة الأولى فى مجهولين	2 معادلة من الدرجة الأولى فى ثلاثة مجاهيل
3 معادلة من الدرجة الثانية	4 معادلة من الدرجة الثالثة

(٣)

نضغط رقم 2 لاختيار صيغة المعادلات من الدرجة الأولى فى ثلاثة مجاهيل فتظهر لنا الشاشة المقابلة :

وعند الضغط على السهم الأيمن فى الزر

نحصل على باقى المتغيرات كما بالشاشة المقابلة :

٤ تقـوم بإدخال المعاملات الخاصـة بكل مجهول على حـدة بحيث نكتب قيمـة a فى المعادلـة الأولى ثم نضغـط = ثم قيمة b ونضغط = ثم قيمة c ونضغط = ثـم قيمة d ونضغط = فتظهر لنا تلك البيانات فى السطر الأول على الشاشة المقابلة :

٥ نطبق الخطوة السابقة على المعادلتين الثانية والثالثة لإدخال باقى المعاملات.

٦ بعد إدخال جميع المعاملات نضغط = فتظهر لنا على الشاشة قيمة X (قيمة I_1).
وبالمثل نضغط = فتظهر لنا قيمة Y (قيمة I_2).
ثم نضغط = مرة أخرى فتظهر لنا قيمة Z (قيمة I_3).