دولة ليبيا

وزارة التعليم

مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الجزء الأول : الكهرباء والمغاطيسية والفيزياء الذرية

الدرس السادس

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي

1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4-2 المقاومة
Resistance

المقاومة خاصية من خواص أي مادة تُقيد حركة الإلكترونات الحرة فيها، وتحدد شدة التيار الذي يمكن أن يمر خلالها. تشبه تلك الخاصية الاحتكاك الميكانيكي في الأجسام المتحركة.

قياس المقاومة

تعرَّف مقاومة مادة ما بأنها النسبة $\frac{V}{I}$، حيث V فرق الجهد عبر المادة، I شدة التيار الساري فيها. وبالرموز:

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

إن وحدة قياس المقاومة في النظام الدولي هي الأوم (Ω). فواحد أوم هو مقاومة مادة ما يمر خلالها تيار واحد أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيها واحد فولت.

ومن التعريف، $R = \frac{V}{I}$

واحد أوم (Ω) يساوي $\frac{\text{واحد فولت (V)}}{\text{واحد أمبير (A)}}$

المُقاومات

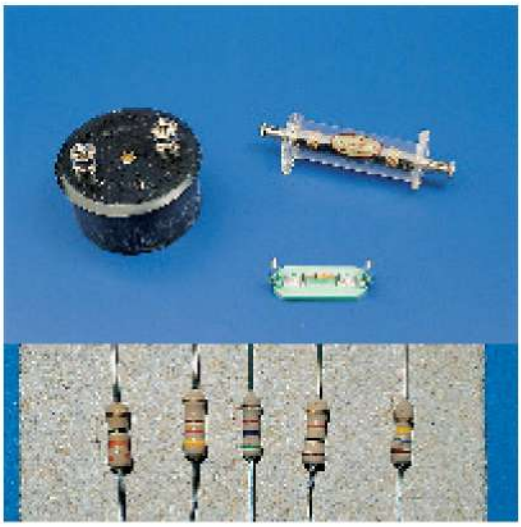
أي موصِّل كهربائي يُستخدم لتوفير قيمة معلومة من المقاومة في دائرة كهربائية يسمى مُقاومَة. والغرض الرئيس للمقاومات هو التحكم في مقدار التيار الساري في الدائرة الكهربائية. ويوجد نوعان من المقاومات، المقاومات الثابتة والمقاومات المتغيرة أو (ريوستات). ويتنوع مدى قيمة المقاومات من أقل من واحد أوم إلى عدة ميجا أوم طبقًا لاستخدامها.

المقاومات الثابتة

وتشمل الأنواع الشائعة من المقاومات الثابتة (بمعنى مقاومات ذات قيم مقاومة ثابتة):

1- مقاومات طبقة الكربون.
2- مقاومات مُرَكَّب الكربون.
3- مقاومات أكسيد القصدير.
4- مقاومات السلك الملفوف.

ويبين شكل 2 – 13 الأنواع العديدة من المقاومات الثابتة رغم اشتراكها جميعًا في نفس الرمز الكهربائي: —▭— .



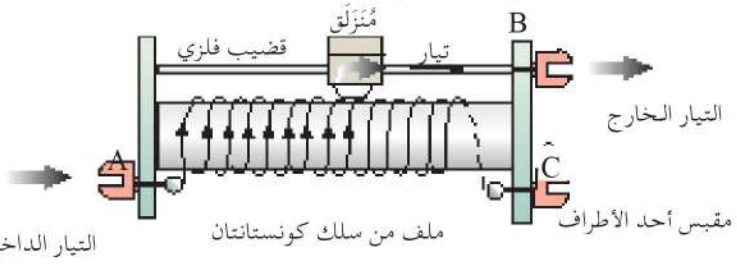
شكل 2 – 13 الأنواع المختلفة للمقاومات الثابتة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المقاومات المتغيرة (ريوستات)

تُضمن المقاومة المتغيرة في الدائرة الكهربائية لتنويع التيار الساري فيها . ويبين شكل 2 – 14 ريوستات شائع الاستخدام في المعامل، بينما يبين شكل 2 – 15 رسمًا تخطيطيًّا لمثل ذلك الريوستات .

شكل 2 – 14 ريوستات



شكل 2 – 15 رسم تخطيطي لريوستات

والرمز الكهربائي للريوستات هو

شكل 2 – 16 نوع آخر من المقاومات المتغيرة

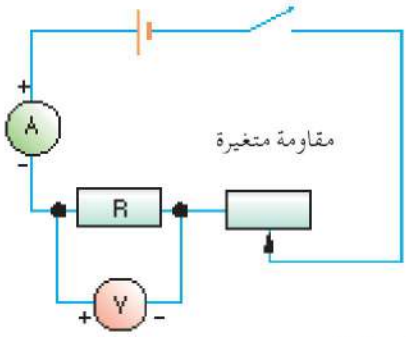
تحديد مقاومة حمل :

لتحديد مقاومة حمل ما (مثل مُقاومة مجهولة R) يمكننا تركيب دائرة كهربائية بسيطة باستخدام أميتر وفولتمتر . ويستخدم الأميتر لتعيين التيار الذي يمر خلال ذلك الحمل، ويستخدم الفولتمتر لإيجاد فرق الجهد عبر ذلك الحمل . ويمكن حساب مقاومة ذلك الحمل باستخدام تعريف المقاومة .

$R = \frac{V}{I}$، حيث R تساوي مقاومة الحمل

V تساوي فرق الجهد عبر الحمل

I تساوي التيار الساري خلال الحمل



شكل 2 – 17

تجربة 2 – 1

لتحديد قيمة مُقاومَة (ذات مقاومة منخفضة) باستخدام فولتمتر وأميتر.

الأدوات : فولتمتر، أميتر، مقاومة متغيرة، مِرْكَمْ .

الإجراء: 1– صل الدائرة المبينة في (شكل 2 – 17) .

2– اضبط المقاومة المتغيرة لتسمح بسريان أقل تيار ممكن في الدائرة .

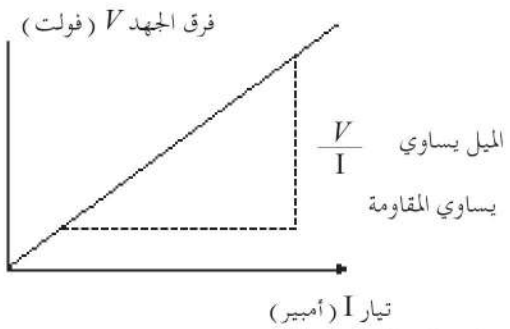
3– راقب قراءة الأميتر I وقراءة الفولتيمتر V .

4– اضبط المقاومة المتغيرة لتسمح بسريان تيار أكبر في الدائرة . ثم راقب مرة ثانية مقدار I و V .

5– كرر الخطوة السابقة مع خمس مجموعات من قراءات I، V .

6– ارسم العلاقة البيانية V مقابل I ثم حدد ميل الخط المستقيم الناتج .

النتيجة: يبين ميل الخط البياني مقاومة الحمل R (انظر الشكل 2 – 18) .

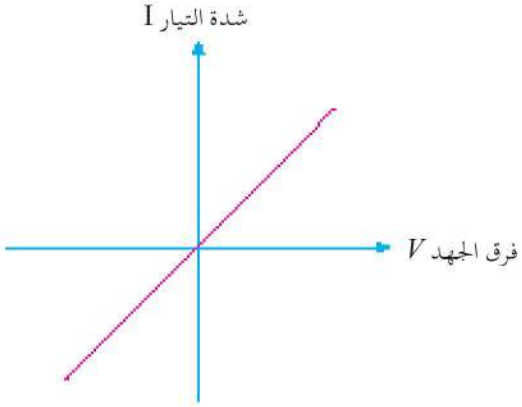


شكل 2 – 18

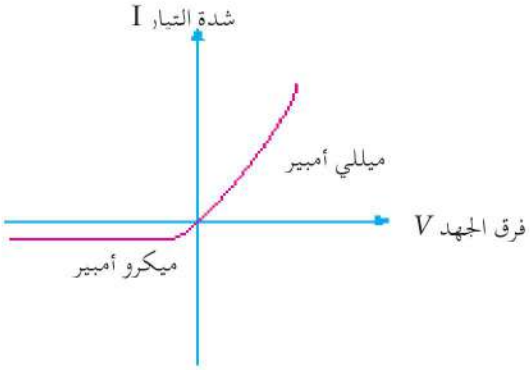
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خواص التيار – فرق الجهد (I – V) لمواد عديدة، وقانون أوم

تبين الرسومات البيانية التالية الخواص النموذجية لموصلات عديدة.

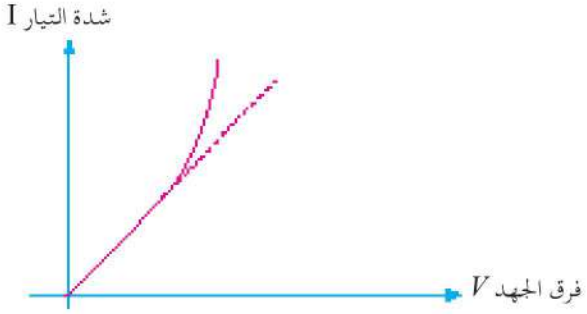


شكل 2 – 19 فلزات نقية عند درجة حرارة ثابتة



شكل 2 – 20 وصلة ثنائية p–n من أشباه الموصلات

شكل 2 – 21 مصباح فتيلي



شكل 2 – 22 مُقاوِمات حرارية

بالنسبة لحالة الموصِّلات النقية (الفلزية) في شكل 2 – 19، فإن نسبة $\frac{V}{I}$ (أي R) تبقى ثابتة إذا ظلت الشروط الفيزيائية مثل درجة الحرارة ثابتة.

قانون أوم

ينص القانون على:

تتناسب شدة التيار الساري في موصِّل كهربائي فلزي تناسبًا طرديًّا مع فرق الجهد المسلط عبر طرفيه، عندما تكون الشروط الفيزيائية (مثل درجة الحرارة) ثابتة.

وبالرموز:

$I \propto V$ حيث I هي شدة التيار،
V هي فرق الجهد.

أو

مقاومة، $\left(R = \frac{V}{I} \right)$ لموصِّل كهربائي فلزي تكون ثابتة تحت شروط فيزيائية ثابتة.

وتوصف أي موصِّلات أخرى غير الموصلات الفلزية تخضع لقانون أوم بأنها موصِّلات كهربائية **أومِيَّة**.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية – ليبيا

وبالنسبة للموصِّلات الأخرى في شكل 2 – 20 إلى شكل 2 – 22 فإن نسبة $\frac{V}{I}$ تتغير لأن المنحنيات البيانية لاتبين خطًا مستقيمًا. ويعني ذلك أن المقاومة $\left(R = \frac{V}{I}\right)$ لمثل تلك الموصِّلات لا تظل ثابتة رغم أنه في حالة المصباح الفتيلي والمقاومات الحرارية تكون نسبة $\frac{V}{I}$ ثابتة إلى حد ما عند التيار المنخفض I وفرق الجهد V.

المواد الأخرى التي لا تخضع لقانون أوم تشمل المحاليل الأيونية، والغازات، والموصِّلات فائقة التوصيل، والأجهزة الأيونية الحرارية (حتى لو ظلت درجة الحرارة ثابتة)، وتسمى مثل تلك المواد **موصِّلات غير أوميَّة**.

مثال محلول 2 – 4

عند تسليط فرق جهد 240 V عبر ملف التسخين في غلاية كهربائية فإنه يدفع تيار 8 A عبر الملف.

احسب:

(أ) مقاومة الملف.

(ب) التيار الجديد الساري خلال الملف إذا تغير فرق الجهد المسلط إلى 220 V.

الحـــل:

(أ) المعطيات: فرق الجهد، $V = 240\ V$

التيار، $I = 8\ A$

وباستخدام المعادلة $R = \frac{V}{I}$

$$= \frac{240}{8}$$

$$= 30\ \Omega$$

(ب) المعطيات: فرق الجهد، $V' = 220\ V$

مقاومة الملف (نتيجة من (أ))، $R = 30\ \Omega$

وباستخدام قانون أوم:

$$V' = IR$$

وعليه $I' = \frac{V'}{R}$

$$= \frac{220}{30}$$

$$= 7.33\ A$$

وهو التيار الجديد السارى عبر ملف التسخين.

تذكر: $R = \frac{V}{I}$

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) هل تكون مقاومة الفتيل في المصباح الكهربائي أصغر عندما يكون ساخنًا أم عندما يكون باردًا؟

(ب) هل ينطبق قانون أوم على أشباه الموصِّلات الكهربائية؟ لماذا؟

(جـ) اذكر العوامل التي تحدد مقاومة أي موصل كهربائي؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المقاومة النوعية :

إلى جانب درجة الحرارة، تعتمد أيضًا مقاومة موصِّل معين R على :

(1) طوله L

(2) مساحة مقطعه المستعرض A

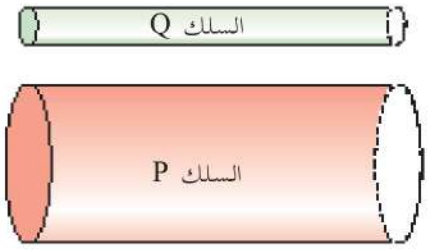
(3) نوع المادة.

تحـــدٍ

لقد أعطيت الأدوات التالية : أميتر، فولتمتر، مِرْكَم، مقاوِمة متغيرة، أسلاك توصيل، 1.2 m من سلك كونستانتان.

(أ) ارسم دائرة كهربائية تمكنك من قياس مقاومة 1 m من سلك كونستانتان. ما المقاييس التي ستأخذها، وكيف ستحسب المقاومة؟

(ب) ما الخطوات الأخرى التي ستتبعها لاستقصاء كيفية اختلاف المقاومة مع طول السلك L؟

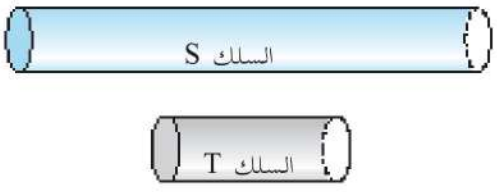


شكل 2 – 23 الأسلاك الأرفع لها مقاومة أكبر من الأسلاك الأسمك

يبين شكل 2 – 23 سلكين P، Q لهما نفس الطول ومصنوعين من نفس المادة. ومساحة المقطع المستعرض للسلك P أكبر من مساحة المقطع المستعرض للسلك Q.

لقد أوضحت النتائج التجريبية أنه كلما كانت مساحة المقطع المستعرض للسلك أكبر، كلما كانت مقاومته أصغر. ولهذا نستنتج أن المقاومة R تتناسب عكسيًّا مع مساحة المقطع المستعرض A عندما يكون طول ونوع المادة ثابتين. وبالرموز

$$R \propto \frac{1}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$



شكل 2 – 24 الأسلاك الأطول لها مقاومة أكبر من الأسلاك الأقصر

ويبين شكل 2 – 24 سلكين T، S لهما نفس مساحة المقطع المستعرض ومصنوعين من نفس المادة إلا أن السلك S أطول من السلك T.

ولقد أوضحت كذلك النتائج التجريبية أنه كلما كان السلك أطول، كلما كانت مقاومته أكبر. ولهذا نستنتج أن المقاومة R تتناسب طرديًّا مع الطول L عندما تكون مساحة المقطع المستعرض ونوع المادة ثابتين، وبالرموز :

$$R \propto L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتنمية التربوية ـ ليبيا

وبتوحيد النتائج في (1)، (2) نصل إلى أن

$$R \propto \frac{L}{A}$$

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

أو

حيث ρ (كمية ثابتة) خاصية لمادة الموصِّل تسمى **مقاومته النوعية**.

ومن $R = \rho \frac{L}{A}$

نصل إلى أن $\rho = \frac{RA}{L}$، ولهذا تكون وحدة قياس المقاومة النوعية ρ هي $\Omega\,m$

لأن R تُعطى Ω، A تُعطى بوحدة m^2، وL تُعطى بوحدة m. ويرصد جدول 2 – 2 قيم المقاومة النوعية لبعض المواد.

جدول 2 – 2 المقاومة النوعية لبعض المواد (عند 20^oC)

المادة	المقاومة النوعية / $\Omega\,m$
فضة	1.6×10^{-8}
نحاس أحمر	1.7×10^{-8}
تنجستين	5.5×10^{-8}
حديد	9.8×10^{-8}
كونستانتان	49×10^{-8}
نيكروم	100×10^{-8}
جرافيت	3500×10^{-8}
بوليثين	حوالي 10^{16}

يمكن من جدول 2 – 2 رؤية أنه كلما كانت المقاومة النوعية للمادة أدنى، كلما كانت المادة موصِّلًا أفضل للكهرباء. والنحاس الأحمر على سبيل المثال مقاومته النوعية ($1.7 \times 10^{-8}\,\Omega\,m$) موصِّل أفضل بكثير للكهرباء من النيكروم مقاومته النوعية ($100 \times 10^{-8}\,\Omega\,m$). ويفسر ذلك تصنيع أسلاك التوصيل في الدوائر الكهربائية عادة من النحاس الأصفر (الفضة باهظة الثمن) حتى يتمكن التيار من السريان في الأسلاك بسهولة. ويشيع من ناحية أخرى استخدام النيكروم في ملف تسخين الغلايات الكهربائية. فمقاومتها النوعية العالية تمكنها من تحويل الكثير من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية لغلي الماء. وتنطبق نفس الفكرة على التنجستين حيث يستخدم في المصابيح الكهربائية لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارة وطاقة ضوئية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 2 – 5

استُخدم في مدفأة كهربائية سلك نيكروم طوله 15 m ومقاومته النوعية $100 \times 10^{-8}\ \Omega\,m$ كعنصر تسخين.

(أ) احسب مقاومة سلك النيكروم علمًا بأن مساحة مقطعه المستعرض $2 \times 10^{-7}\ m^2$.

(ب) إذا استبدل سلك النيكروم بسلك من النحاس ذي مقاومة نوعية $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\,m$ وذي طول ومساحة مقطع مستعرض متطابقة، احسب مقاومة السلك النحاسي ثم علّق على هذه القيمة بالنسبة للقيمة في (أ).

الحـــــل:

(أ) المعطيات: طول سلك النيكروم، $L = 15\ m$

المقاومة النوعية لسلك النيكروم، $\rho = 100 \times 10^{-8}\ \Omega\,m$

مساحة مقطعه المستعرض، $A = 2 \times 10^{-7}\ m^2$

ولنفترض أن مقاومة سلك النيكروم هي R

وباستخدام $R = \rho \frac{L}{A}$ إذًا،

$$R = \frac{(100 \times 10^{-8})(15)}{2 \times 10^{-7}} = 75\ \Omega$$

(ب) المعطيات: المقاومة النوعية للنحاس، $\rho' = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\,m$

ولنفترض أن مقاومة سلك النحاس هي R'.

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

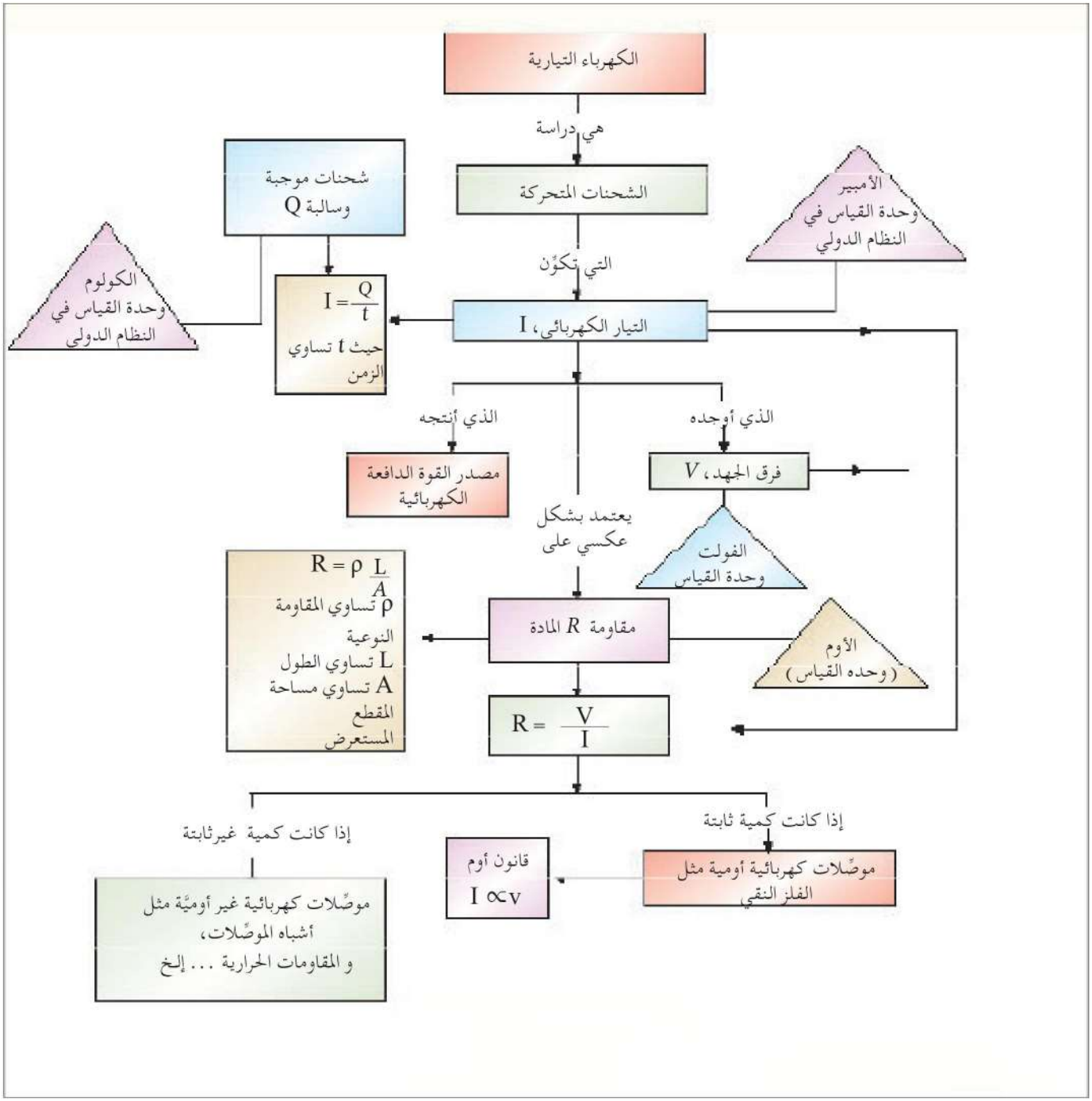
$$R' = \frac{(1.7 \times 10^{-8})(15)}{2 \times 10^{-7}} = 1.3\ \Omega$$

تعليق: إن سلك النحاس ليس ملائمًا كعنصر تسخين نتيجة مقاومته المنخفضة للغاية $1.3\ \Omega$. إن سلك النيكروم أكثر ملاءمة لأن له مقاومة أعلى بكثير $75\ \Omega$.

تذكر: $R = \frac{\rho L}{A}$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

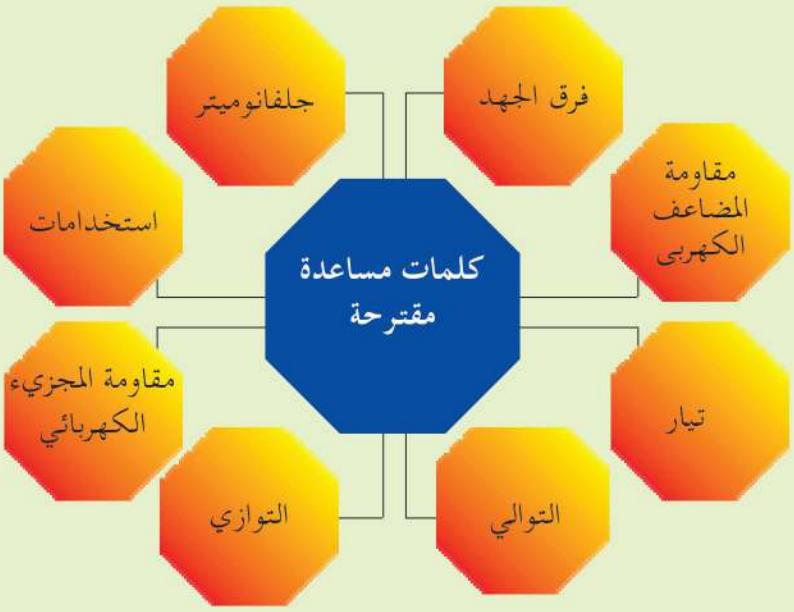
خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة : المقارنة

هيا نقارن فولتمتر ذا ملف متحرك، و أميتر.



التشابهات

1–
2–

الاختلافات

فولتمتر		أميتر
	1–	
	2–	
	3–	

الاستنتاج

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا