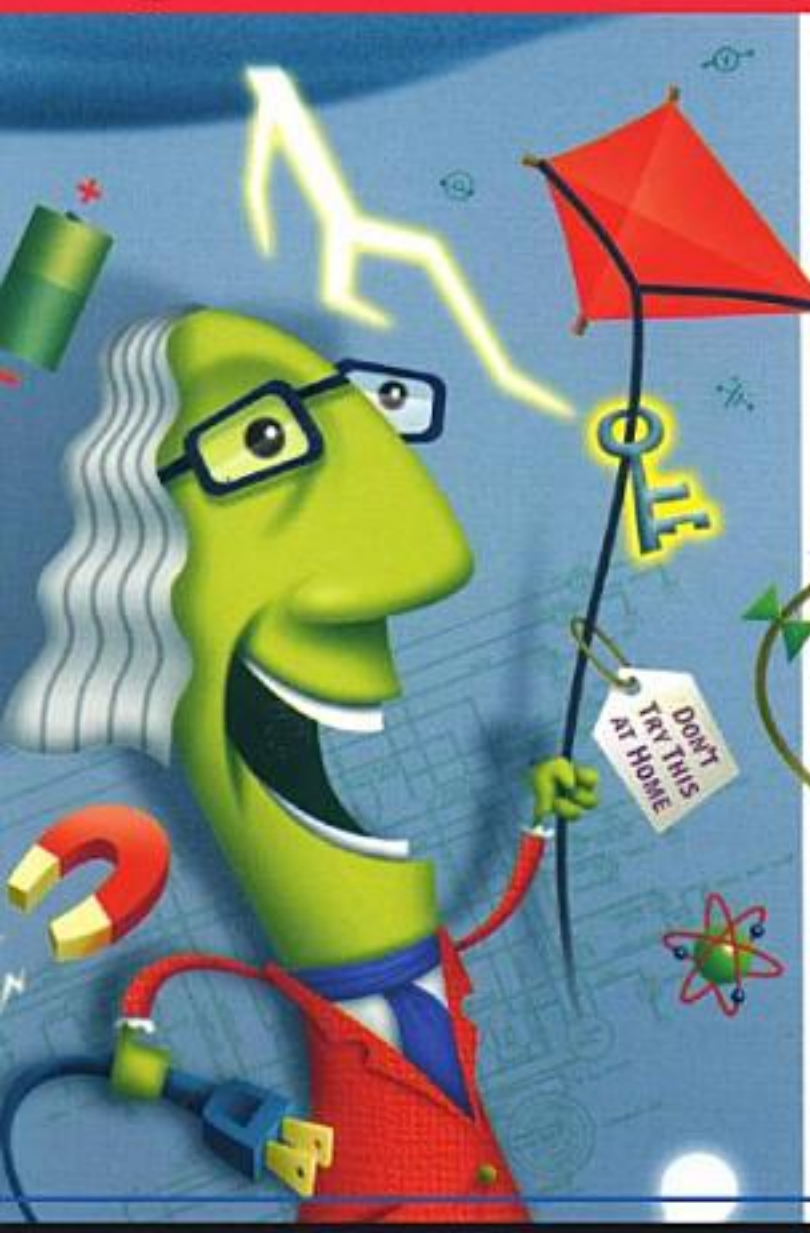
Mc Graw Hill

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

كشف أسرار

الكهرباء

دليل التعليم الذاتي



تعرّف إلى أُسس التيار الكهربائي المتردد، والمستمر، والمغناطيسية

تعلّم كيف تحل مشاكل الدارات الكهربائية، وتتأكد من حاجات الطاقة، وحساب الڤولتية

طوّر مبيعات الكهرباء ومهارات إداراتها

إمتحن معلوماتك بعد كل فصل ثم في نهاية الكتاب

ستان جيبيليسكو

Éléments sous droits d'auteur

يضم هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي

Electricity Demystified

حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر

McGraw-Hill/Osborne

بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم

Original Copyright 2005 © The McGraw-Hill Companies

All Rights published by arrangement with the original publisher

McGraw-Hill/Osborne

Arabic Copyright © 2005 by Arab Scientific Publishers

Éléments sous droits d'auteur

كشف أسرار
الكهرباء

تأليف

ستان جيبيليسكو

ترجمة
مركز التعريب والبرمجة

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

Éléments sous droits d'auteur

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بـــأي وســـيلة تصويرية أو الكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي، والتسجيل على أشرطة أو اقراص قرائية أو أي وسيلة نشر أخرى أو حفظ المعلومات، واسترجاعها دون إذن خطي من الناشـــر

ISBN 9953-29-111-X

الطبعة الأولى

1426 هـــ - 2006 م

جميع الحقوق محفوظة للناشر

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

عين التينة، شارع ساقية الجزير، بناية الريم

هاتف: 860138 - 785108 - 785107 (1-961)

فاكس: 786230 (1-961) ص.ب: 13-5574 - بيروت - لبنان

البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb

الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

الترجمة: مركز التعريب والبرمجة، بيروت - هاتف 811373 (9611)

التنضيد وفرز الألوان: أبجد غرافيكس، بيروت - هاتف 785107 (9611)

الطباعة: مطابع الدار العربية للعلوم، بيروت - هاتف 786233 (9611)

Éléments sous droits d'auteur

المحتويات

تصدير IX

الجزء الأول
كهرباء التيّار المستمر

الفصل الأول: عينة عن مخطط الدارات 3

المخططات الصندوقية 3

مخططات الدارات المنهجية Schematic 8

المزيد من المخططات 13

الاختبار Quiz 15

الفصل الثاني: الشحنة والتيّار والجهد والمقاومة 21

الشحنة 21

التيّار 26

الجهد 28

المقاومة 31

الاختبار 33

الفصل الثالث: قانون أوم، والطاقة، والاستطاعة 37

السابقات prefix 37

قانون أوم 39

الاستطاعة 41
الطاقة 44
الاختبار 47

الفصل الرابع: دارات التيّار المستمر البسيطة 51
الدارات التسلسلية Series Circuits 51
الدارات التفرعية Parallel Circuits 57
قانونا كيرشوف 62
الاختبار 65

الفصل الخامس: الخلايا والمدخرات 69
الاستطاعة الكهركيميائية 69
الخلايا والمدّخرات الشائعة 75
خلايا الجهد الضوئية photo voltaic 79
الاختبار 84

اختبار الجزء الأول 87

الجزء الثاني
الكهرباء المتناوبة AC

الفصل السادس: أساسيات التيّار المتناوب 101
كيف تتناوب الموجة؟ 101
شكل الموجة 105
قوة الموجة 109
كيف يُولّد التيّار المتناوب؟ 113
الاختبار 116

الفصل السابع: الكهرباء في المنـــزل 119
الطور 119
المحوّلات 125

تصدير

يتوجه هذا الكتاب إلى الأشخاص الراغبين في الإطلاع على مفاهيم الكهرباء والمغنطيسية الأساسية، دون اتباع منهاج رسمي. وهو مفيد كنص إضافي في المدرسة، أو في التعليم المنزلي. كما يفيد أيضاً الراغبين في تغيير المهنة، والذين يودّون التآلف مع أساسيات الكهرباء والمغنطيسية.

هذا الكتاب مخصّص للمبتدئين، وهو يقتصر على المفاهيم الأولية. ويتبع طريقة المعالجة الوصفية في أغلب الأحيان. وهناك بعض العلاقات الرياضية، ولكن الكتاب لا يتعمق بها. ويُنصح أيضاً بقراءة "الإلكترونيات المبسَّطة"، و"علّم نفسك الكهرباء والإلكترونيات" الصادرين عن دار النشر ماغروهيل McGrawHill.

يحوي هذا الكتاب العديد من أسئلة الاختبار والامتحان. وهي أسئلة متعددة الخيارات، تشابه الأسئلة المصادفة في الاختبارات النظامية. وفي نهاية كل فصل، هناك اختبار مفتوح الوثائق، يمكن للقارئ (بل ينبغي عليه أيضاً) العودة إلى فقرات الفصل عند الإجابة عليه. وعندما يشعر القارئ بأنه مستعد للاختبار، عليه القيام به وتدوين الإجابات، ثم تسليم الإجابات إلى أحد الأصدقاء. وبعد تصحيح الإجابات، يحصل القارئ على علامته دون أن يعرف ما هي الإجابات الصحيحة. وينبغي الإصرار على فهم كل فصل، إلى أن تصبح معظم الإجابات صحيحة.

يُقسم هذا الكتاب إلى مقاطع تسمى"الأجزاء"، وفي نهاية كل جزء، هناك اختبار متعدد الخيارات. وينبغي إجراء هذا الاختبار بعد الاطلاع على كافة الفصول في الجزء المعني، وإجراء اختبارات الفصول فيه. إن اختبار المقطع هو اختبار مغلق الوثائق، ولكن أسئلته ليست بصعوبة أسئلة الاختبار في نهاية الفصل. واذا حصل القارئ على علامة 75%، فهذا يُعدّ أمراً جيداً. وفي نهاية الكتاب، هناك امتحان نهائي يحوي أسئلة تتعلق بكافة الفصول. يجب إجراء هذا الامتحان بعد الاطلاع على كامل مضمون الكتاب وإجراء اختباراته. وإذا حصل القارئ على علامة 75%، فإن ذلك يُعدّ أمراً جيداً.

وفي حالة الاختبارات والامتحانات، يُفضَّل أن يصَّحح الإجابات صديق القارئ، وأن يخبره بعلامته دون ذكر الإجابات الصحيحة. ويسمح ذلك للقارئ بعدم حفظ الإجابات. وقد يرغب القارئ في إعادة

Éléments sous droits d'auteur

اختبار الجزء، أو الامتحان النهائي مرتين أو ثلاث مرات. وبعد الحصول على علامة مُرضية، يمكنه الاطلاع على الإجابات لمعرفة نقاط القوة والضعف عنده.

نجد الإجابات الصحيحة على كافة الاختبارات والامتحان في ملحق، في نهاية الكتاب. كما يضم الكتاب جدولاً برموز الدارات المستخدمة في المخططات في ملحق آخر.

وننصح باكمال كل فصل خلال أسبوع. وقد يكفي تخصيص ساعة أو ساعتين يومياً للقراءة. وبعد الاطلاع على كافة الفصول، يمكن استعمال الكتاب كمرجع دائم.

ولا يجوز للقارئ القيام ببعض التجارب الخطرة، مثل تجربة الصاعقة، للبرهان على أن البرق هو شكل من أشكال الكهرباء. فلقد قام العالم Ben Franklin بتلك التجربة قبل مدة طويلة (تبعاً للأسطورة الشائعة على الأقل)، ودفع حياته ثمناً لها. وقد حاول بعض العلماء الروس إجراء هذه التجربة (وهذا أمر مؤكد) فلاقوا حتفهم بسببها.

لقد تم توليد الرسومات في هذا الكتاب بواسطة البرنامج CorelDraw، وجرى الحصول على إذن شركة Corel لاستخدام بعض الرسومات الخاصة بها.

ونرحب بأي اقتراحات للطبعات القادمة.

Stan Gibilisco . ستان جيبيليسكو

Éléments sous droits d'auteur

الجزء الأول

كهرباء التيّار المستمر

d'auteur

Éléments sous droits d'auteur

الفصل

عينة عن مخطط الدارات

إن أفضل طريقة لتعلم قراءة مخططات الدارات هي الممارسة. وتماثل قراءة مخططات الدارات طريقة تعلم قيادة السيارة. إذ يمكننا قراءة كتب عن قيادة السيارات، ولكن قبل القبض على المقود، نحتاج إلى الممارسة لكي نشعر بالثقة. نتعلم في هذا الفصل قراءة المخططات. وسترداد خبرتنا بذلك مع المضي قدماً في هذا الكتاب.

المخططات الصندوقية

المخطط الصندوقي هو النوع الأسهل فهماً من مخططات الدارات. وتُمثَّل المكوِّنات الأساسية أو النظم كمستطيلات، وتُمثَّل أسلاك التوصيل والكبلات cables بخطوط مستقيمة. ويُرمز إلى المكوِّنات الخاصة برموز فريدة، تشبه تلك المستخدمة في مخططات الدارات الأشد تفصيلاً.

الأسلاك، والكبلات، والمكوِّنات

يبيِّن الشكل1-1 مخططاً صندوقياً لمولِّد كهربائي يغذي محركاً كهربائياً، وحاسوباً، ونظام صوت مجسَّم (ستيريو)، وتلفازاً. يُمثَّل كل مكوِّن من هذه المكوِّنات بمستطيل أي "بكتلة". وتُستخدم في هذا النظام كبلات كهربائية ذات 3 أسلاك. وهي تبدو كخط وحيد مستقيم عامودي أو أفقي بالنسبة إلى الصفحة. ولتوضيح المخطط وترتيبه، ينبغي رسم رموز الأسلاك والكبلات من طرف إلى آخر أو من الأعلى

d'auteur

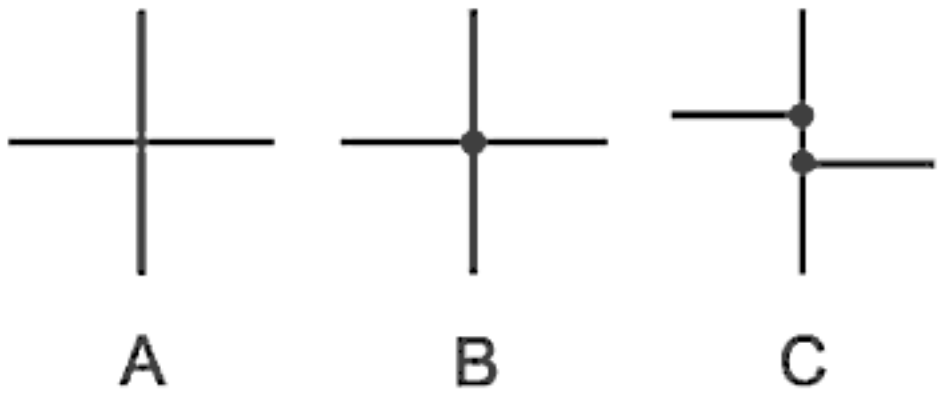
موصول أم مفصول؟

لإظهار اتصال سلكين أو كبلين، توضع نقطة دائرية عند تقاطعهما. ففي الشكل 1-2، تمثل النقاط السوداء الوصلات بين الأسلاك الوحيدة الواصلة بين القاطعة، والمداخل "الساخنة" للمحرّك والحاسوب والمسجلة والتلفاز.

أما عند تقاطع الخطوط التي تمثل أسلاك التوصيل المنطلقة من القاطعة، مع الخطوط التي تمثل كبلات التجهيزات والمولّد، وعند عدم وضع نقاط دائرية عند التقاطع، فهذا يدل ببساطة على عدم اتصال تلك الأسلاك أو الكبلات. وهذه الحالة تشبه إلقاء تلك الأسلاك فوق بعضها على الأرض (وهي معزولة عن بعضها)، فهي تتقاطع ولكن دون اتصال.

يبين الشكل 1-3-A تقاطع خطين، دون أن يتصل السلكان ببعضهما. في حين يظهر الشكل 1-3-B سلكين أو كبلين متقاطعين وموصولين. أما الشكل 1-3-C فيبين طريقة أفضل لإظهار تقاطع سلكين أو كبلين متصلين. ويُفضَّل استخدام هذه الطريقة، مقارنة بالطريقة المذكورة في الشكل B، بسبب سهولة متابعة النقاط الدائرية على المخطط، وبسبب احتمال ظهور نقطة دائرية في بعض المواقع، في حين أن الأسلاك غير متقاطعة حقاً. وتبعاً لهذه الطريقة، لا داعي لكي نمضي وقتاً طويلاً للتأكد من توفر نقطة دائرية عند التقاطع أم لا.

عندما تنتهي عدة خطوط في نقطة مشتركة، فهذا يدل عادة على اتصالها ببعض، وإن لم توضع نقطة عند ذلك التقاطع. ولكن من الأفضل الاعتياد على وضع نقطة دائرية سميكة عند أي تقاطع أسلاك أو كبلات موصولة ببعضها على المخطط.



الشكل 1-3: A يمثل تقاطع أسلاك غير متصلة، B وC يمثلان تقاطع أسلاك متصلة، ولكن يُفضل استخدام الطريقة المذكورة في C.

? المسألة 1-1

مدخل تغذية أي من الأجهزة موصول بمقياس الجهد في الشكل 1-2؟

Éléments sous droits d'auteur

☑ الحل 1-1

لاحظ وضع السهم داخل رمز القاطعة، إنه موجّه نحو الطرف الذي يرتبط خطه بالمستقيم الممثّل لكبل تغذية الحاسوب. ولذا يرتبط مقياس الجهد إذن في الشكل 1-2 بمدخل تغذية الحاسوب.

? المسألة 1-2

ما هي الطريقة الأخرى لتمثيل مستقيمين متقاطعين يرمزان إلى سلكين أو كبلين غير موصولين؟

☑ الحل 1-2

يمكن إضافة "قفزة" أو "تجاوز" إلى أحد المستقيمين قرب نقطة التقاطع، كما هو مبين في الشكل 1-4.

الشكل 1-4: شرح للمسألة 1-2

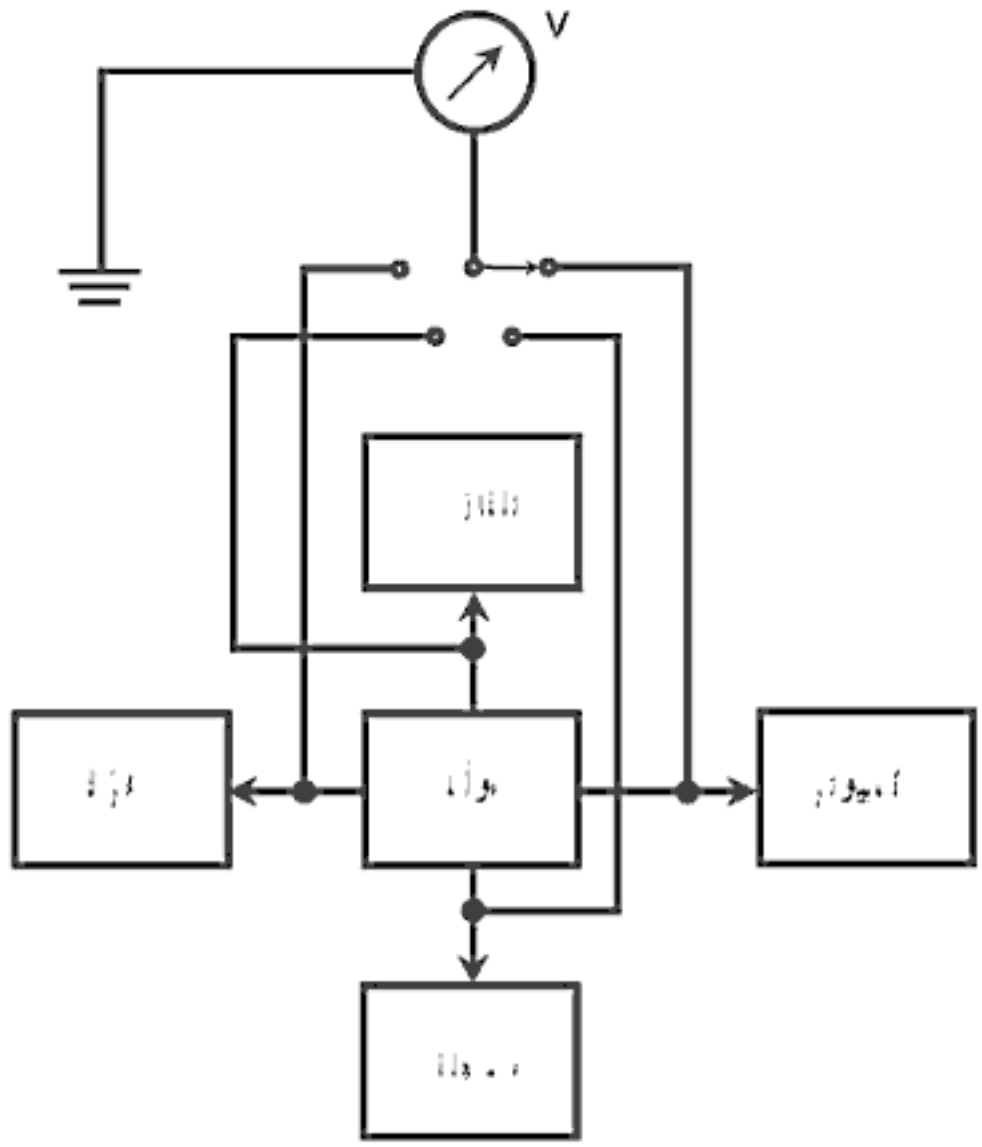
? المسألة 1-3

لنفترض أننا نودّ إظهار اتجاه انتقال الطاقة الكهربائية أو "التغذية" في النظام المبيَّن في الشكل 1-2. كيف يمكن إجراء ذلك؟

☑ الحل 1-3

نستطيع إضافة أسهم تنطلق من المولّد نحو كل من التجهيزات الأساسية، كما هو مبيَّن في الشكل 1-5. ويدل ذلك على "تدفق" من المولّد نحو التجهيزات الأخرى. ويتضح تلقائياً أن الطاقة، أو التغذية، هي ذاك الشيء "المتدفق" في هذا المثال. لا تضاف أسهم إلى مقياس الجهد، لأن مقياس الجهد المثالي لا يستهلك أي طاقة.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-5: شرح المسألة 1-3

مخططات الدارات المنهجية Schematic

في هذا المقطع، سننظر إلى بعض الرموز المنهجية الأساسية، والتي تُستخدم غالباً في الكهرباء (خلافاً للإلكترونيات التي تحتاج إلى كمٍّ أكبر من الرموز). لنفحص أولاً بعض التجهيزات الكهربائية الشائع استخدامها. يحوي الملحق 2 جدولاً شاملاً للرموز المستخدمة لتمثيل المكوّنات في النظم الكهربائية والإلكترونية. ويُفضَّل البدء بدراسته الآن، ثم مراجعة ذلك الموضوع مرات عديدة. وعند الانتهاء من هذه المادة يمكن استخدام الملحق المذكور مرجعاً دائماً.

الضوء الوامض

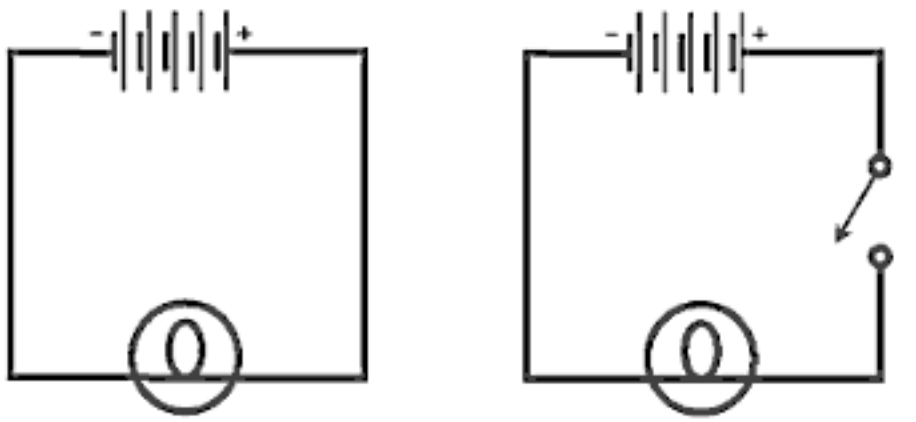
يتألف الضوء الوامض من بطارية وقاطعة، ومن مصباح ضوئي. تُربط القاطعة بحيث يمكنها قطع التيّار المار عبر المصباح. يبيِّن الشكل 1-6- A ضوءاً متقطعاً دون قاطعة، وتُضاف القاطعة في الشكل 1-6-B.

Éléments sous droits d'auteur

لاحظ أن القاطعة موصولة على التسلسل مع المصباح الكهربائي والبطارية، بدلاً من وصلها على طرفي المصباح الكهربائي أو البطارية (أي على التفرع). وينبغي لإضاءة المصباح الكهربائي أن يتدفق التيّار عبر التجهيزات الثلاث: القاطعة والمصباح الكهربائي والبطارية.

? المسألة 1-4

هل المصباح الكهربائي في الشكل B-6-1 مضاء؟ وإذا كان كذلك، اشرح لماذا، وإن لم يكن، اشرح السبب.



الشكل 1-6: A البطارية والمصباح الكهربائي موصولان معاً. B تضاف قاطعة لتشكيل ضوء وامض. يفيد هذا الشكل أيضاً في المسألة 1-4.

☑ الحل 1-4

يبيّن المخطط أن المصباح الكهربائي غير مضاء بسبب القاطعة المفصولة (أي لا يمر التيّار به).

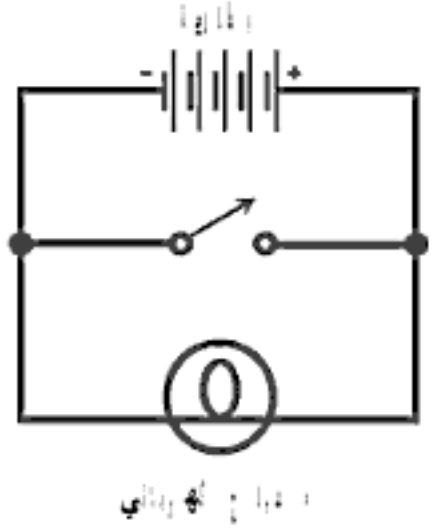
? المسألة 1-5

ماذا يحدث لو وُضعت القاطعة على التفرع مع المصباح الكهربائي، كما هو مبيَّن في الشكل 1-7؟

☑ الحل 1-5

سيضيء المصباح الكهربائي إذا فُتحت القاطعة، كما هو مبيَّن في الشكل 1-7، وإذا أُغلقت القاطعة، ينطفئ المصباح الكهربائي بسبب قصره. ويؤدي ذلك إلى قصر البطارية أيضاً، وهذا أمر خطير. إذ يسبب قصر الدارة غليان المواد الكيميائية واندفاعها نحو الخارج. وقد تنفجر بعض المدّخرات عند قصرها، وإذا كان حجم البطارية كبيراً، يمكن أن تُصهر أسلاك الدارة بسبب ارتفاع حرارتها، وقد يؤدي ذلك إلى نشوب حريق.

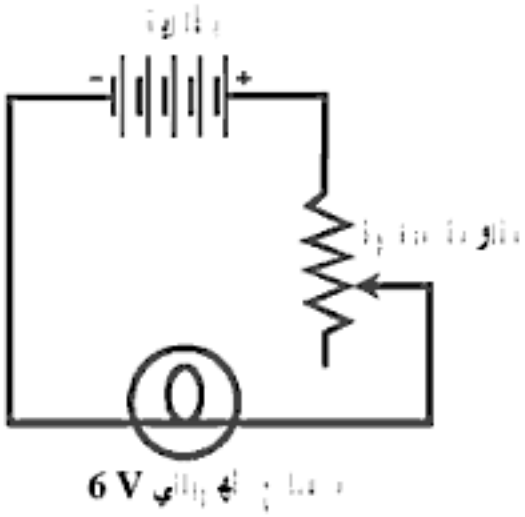
Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-7: شرح المسألة 1-5

مصباح ذو إضاءة متغيرة

لنفترض أننا عثرنا على مصباح كهربائي مصمم ليعمل بجهد مستمر مقداره 6 V، فهو سيضيء عند تطبيق جهد أقل، ولكن في هذه الحالة ستكون إضاءته أضعف. يبين الشكل 1-8 بطارية 6 V مرتبطة بمصباح كهربائي عبر مقاومة متغيرة potentiometer. يشير الرمز المتعرج إلى المقاومة، ويدل السهم على إمكانية تغيير قيمة المقاومة.



الشكل 1-8: مصباح ذو إضاءة متغيرة

عندما تُوضع المقاومة المتغيرة على القيمة الدنيا، والذي يمثل فعلياً وصلاً مباشراً، يضيء المصباح بكامل وهجه. ولكن عند وضع المقاومة المتغيرة على القيمة العليا، فإن المصباح سيُظلم أو يصبح خافتاً، وفي الحالة الوسطى يضيء المصباح بلمعان متوسط.

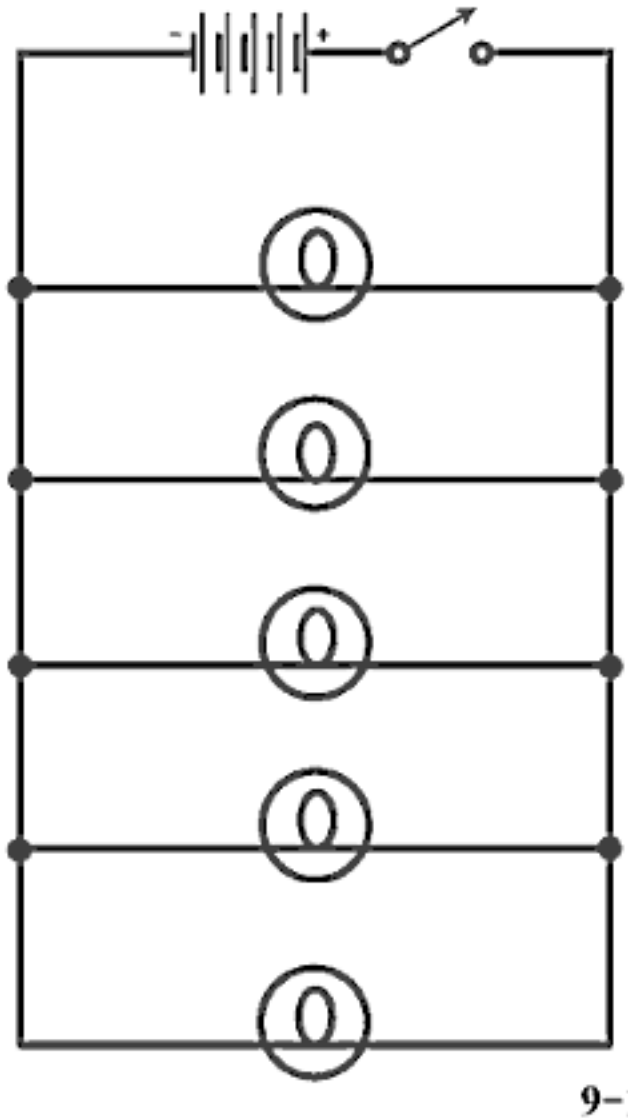
? المسألة 1-6

ماذا يحدث عند وصل المقاومة المتغيرة مع المصباح والبطارية على التفرع، بدلاً من وصله معهما على التسلسل؟

Éléments sous droits d'auteur

المزيد من المخططات

يمكننا بواسطة بطارية ومصابيح ضوئية وقاطعات ومقاومات متغيرة إجراء العديد من الأمور. تسمح الفقرات التالية بالتآلف مع قراءة مخططات الدارات المنهجية المتوسطة التعقيد.



الشكل 1-10: شرح المسألة 1-9

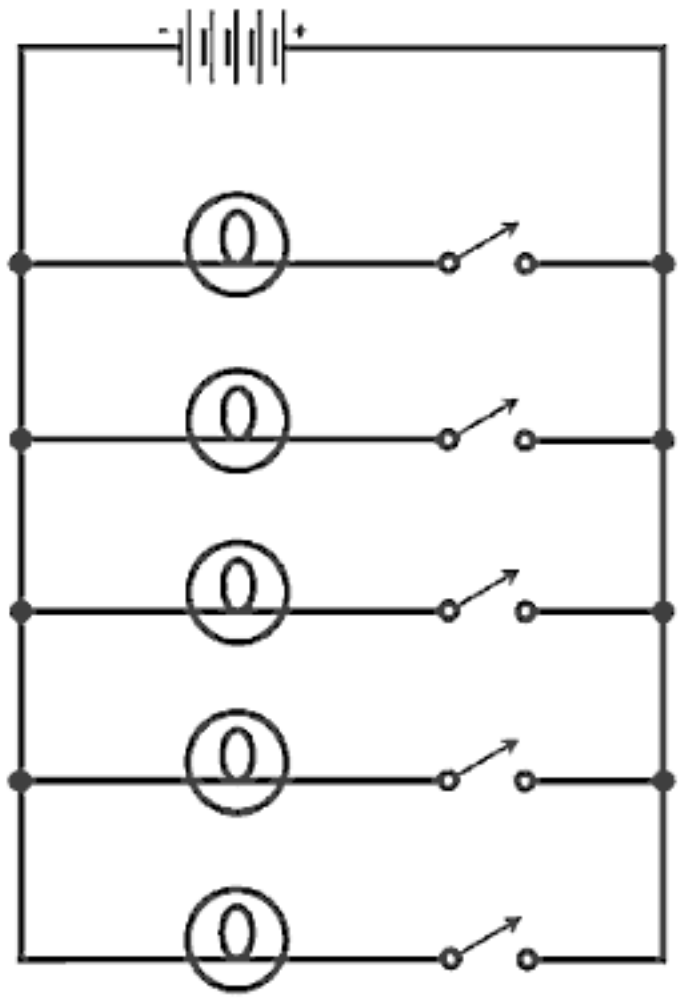
دارة المُعتِم العام

يمكننا إضافة مقاومة متغيرة إلى الدارة الموضّحة في الشكل 1-11، بحيث تُضبط إضاءة جميع المصابيح في وقتٍ واحد. وفي الشكل 1-12، تؤدي المقاومة المتغيرة دور دارة معتم الضوء العام. وينبغي أن تمر الكهرباء، التي تعبر الأسلاك (الخطوط المستقيمة)، عبر المقاومة المتغيرة عند تدفقها من البطارية نحو أي مصباح، ثمّ من المصباح إلى البطارية.

دارات التعتيم الإفرادية

يبيّن الشكل 1-13 دارة مماثلة لتلك المذكورة في الشكل 1-11، ما عدا أن لكل مصباح كهربائي مقاومته المتغيرة الخاصة به. ولذا يمكن ضبط إضاءة كل مصباح إفرادياً.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-11: شرح المسألة 1-10

? المسألة 1-11

إذا جرى ضبط إحدى المقاومات المتغيرة في الدارة المذكورة في الشكل 1-13، ولتكن المقاومة الثانية من الأعلى، فإن ذلك سيؤثر على إضاءة المصباح المقابل، ماذا يحدث لبقية المصابيح؟ هل سيؤثر ضبط المقاومة المتغيرة الثانية (من الأعلى) على إضاءة المصباح الثاني من الأسفل (مثلاً)؟

✔ الحل 1-11

لا، فكل مقاومة متغيرة تؤثر في إضاءة المصباح المرافق لها فقط، دون أن تؤثر على غيرها. أي إن جميع دارات التعتيم إفرادية ومستقلة في هذه الدارة.

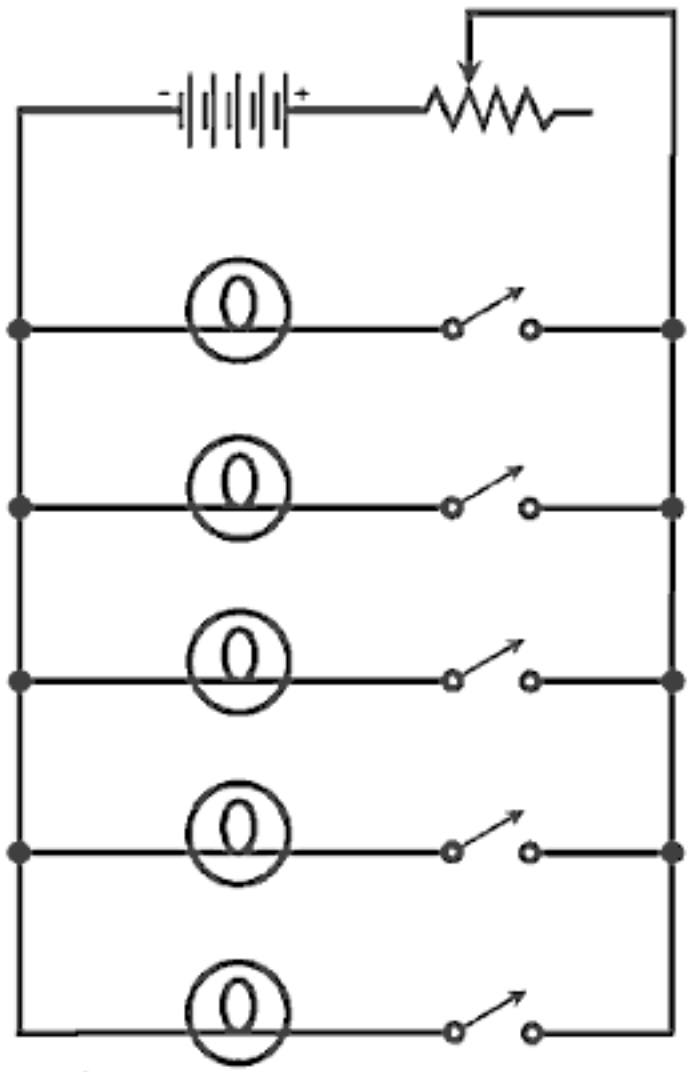
? المسألة 1-12

هل يمكننا إجراء تغيير في الدارة في الشكل 1-13، بحيث يمكن تعتيم كافة المصابيح آنياً، وإفرادياً؟

✔ الحل 1-12

نعم يمكن إضافة مقاومة متغيرة، كما هو الحال في الشكل 1-12، إضافة إلى المقاومات الخمس الموجودة سلفاً في الشكل 1-13. يبيّن الشكل 1-14 النتيجة.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-12: دارة تسمح بفصل أو وصل أي من المصابيح الخمسة منها إفرادياً،ويمكن تعتيم إضاءتها دفعة واحدة.

الاختبار Quiz

يُسمح في هذا الاختبار استخدام الكتاب، ويمكن العودة إلى هذا الفصل، وتُعدّ العلامة 8 (أي 8 إجابات صحيحة) نتيجة جيدة، وتشير كافة الأسئلة في الاختبار إلى الشكل 1-15. الإجابات موجودة في الملحق 1.

1. تحوي الدارة الموضّحة في الشكل 1-15 بطارية وثلاثة محركات ومقياس تيار (يُرمز له بـ A، للدلالة على التيّار الكهربائي)، ومصباحاً، وخمس مقاومات متغيرة، وست قاطعات. وكما هو مبيَّن في المخطط، تستقبل بعض التجهيزات التيّار، في حين أن بعضها الآخر لا يتلقى أي تيار. ما هي التجهيزات التي تستقبل التيّار؟

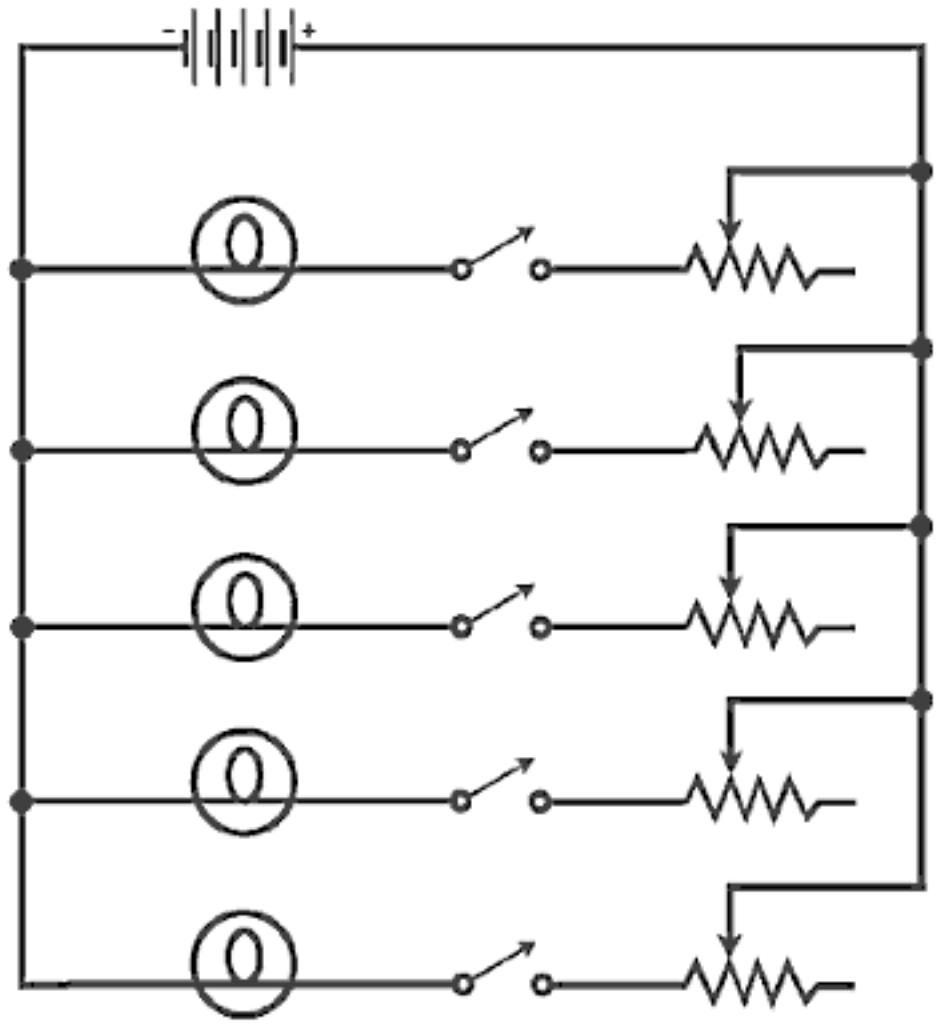
(a) المحرّكات الثلاثة.

(b) المحرّك 1، ومقياس التيّار، والمصباح.

(c) المحرّكان 2 و3.

(d) لا تستقبل أي تجهيزة التيّار.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-13: دارة تسمح بفصل أو وصل أي من المصابيح الخمسة فيها إفرادياً، ويمكن تعتيم أي من المصابيح إفرادياً وعلى نحو مستقل، يفيد هذا الشكل في حل المسألة 1-11 أيضاً.

2. ماذا يحدث عند فتح القاطعة T، وترك كافة القاطعات الأخرى في الوضع ذاته، كما هو موضّح في الشكل 1-15؟

(a) لن تستقبل أي تجهيزة التيّار.

(b) كافة التجهيزات ستستقبل التيّار.

(c) تتوقف التجهيزات، التي يمر بها التيّار حالياً، عن تلقيه، في حين يمر التيّار بالتجهيزات التي كانت لا تستقبله.

(d) من المستحيل التنبؤ بما سيحدث.

3. لنفترض أن قيمة المقاومة المتغيرة X مضبوطة. ما هو المكوّن (أو المكوّنات) التي ستتأثر (إن وُجدت) في حال بقيت القاطعات على الوضع المذكور؟

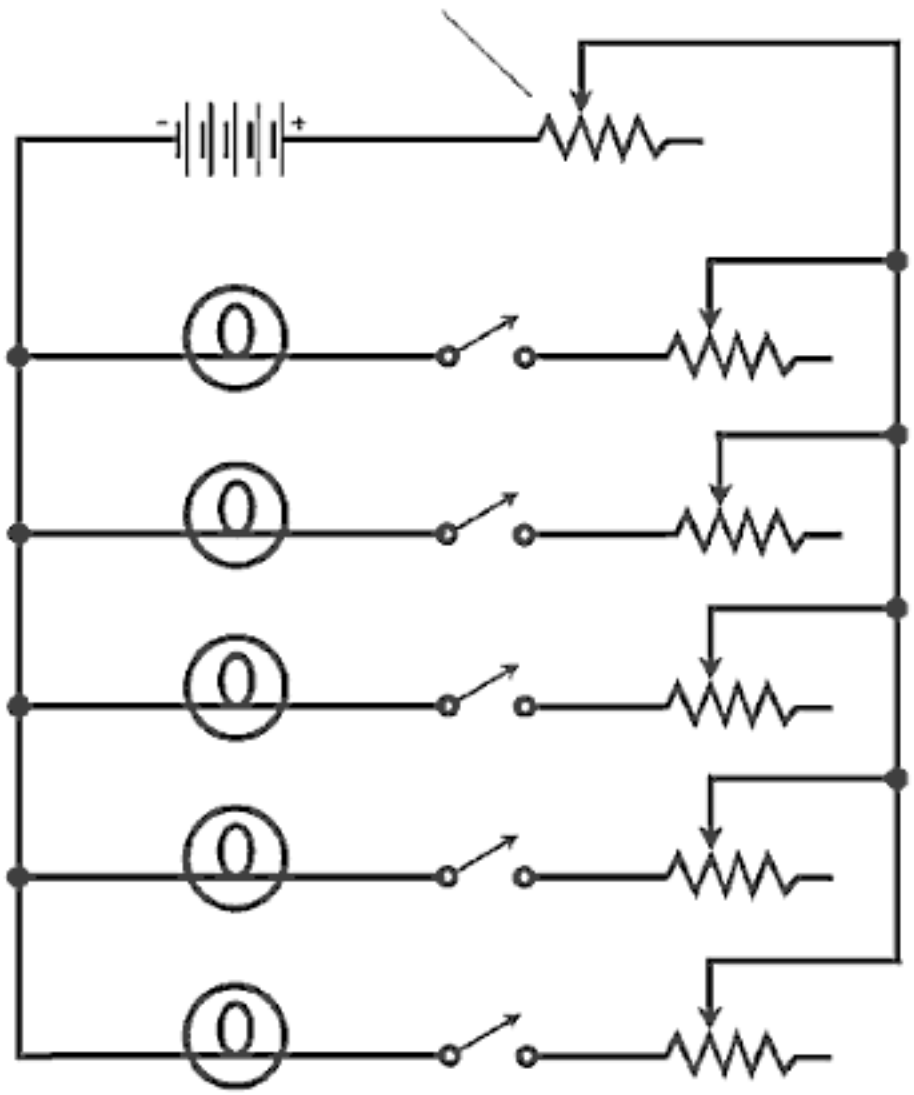
(a) المحرّك 2.

(b) كافة المكوّنات.

(c) لن يتأثر أي مكوّن.

(d) من المستحيل التنبؤ بالنتيجة.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 1-14: شرح المسألة 1-12. وُضع شرح على المقاومة المتغيرة التي تؤدي دور دارة التعتيم العام أما المقاومات المتغيرة غير المسماة فهي دارات تعتيم مستقلة.

4. لنفترض أن القاطعة W قد أُغلقت، وضُبطت المقاومة المتغيرة X. ما هو المكوِّن (المكوِّنات)، إن وُجدت، التي ستتأثر؟
   (a) المحرِّك 2.
   (b) كافة المكوِّنات.
   (c) لن يتأثر أي مكوِّن.
   (d) من المستحيل التنبؤ بالنتيجة.
5. ماذا يحدث عند فتح القاطعة U؟
   (a) ستخفق جميع المحرِّكات في العمل. ويشير المقياس إلى تيار معدوم، ويطفئ المصباح.
   (b) ستعمل جميع المكوِّنات.
   (c) سيبدأ المحرِّك 1 بالعمل، ولكن دون أن تتأثر بقية المكوِّنات.
   (d) سيتوقف المحرِّك 1 عن العمل، دون أن تتأثر بقية المكوِّنات.

Éléments sous droits d'auteur

Éléments sous droits d'auteur

الفصل

الشحنة والتيّار والجهد والمقاومة

ما هي الكهرباء؟ لماذا تستطيع القيام بعدة أمور عند إغلاق الدارة؟ وتبدو عديمة الفائدة عند فتحها؟ نتحرى في هذا الفصل طبيعة الكهرباء.

الشحنة

ينبغي لوجود الكهرباء توفر منبع شحنات كهربائية. وثمة نوعان من الشحنات، يسميها العلماء شحنات موجبة وسالبة (وفي بعض الأحيان يشار إليها بالرمز + أو −).

التنافر والتجاذب

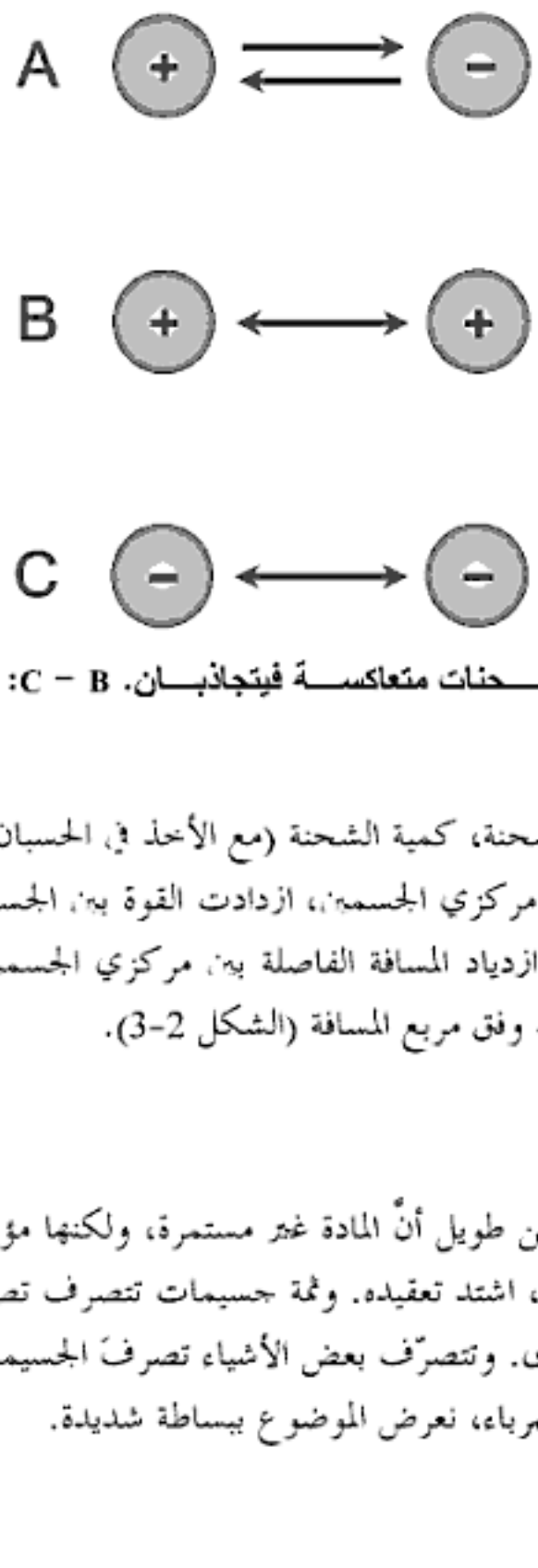
لوحظ في التجارب الأولى أن اقتراب جسمين مشحونين كهربائياً يؤدي إلى تجاذبهما أو تنافرهما. تسمى قوة التنافر أو التجاذب بالقوة الكهربائية الساكنة **electrostatic**. وهي تُطبَّق عبر الفراغ الفاصل بين الجسمين، ولها أثر يشبه تجاذب مغنطيسين أو تنافرهما حسب طريقة وضعهما. ولكن يتضح أن القوة

d'auteur

الكهربائية الساكنة تختلف بطبيعتها عن القوة المغنطيسية.

ينجذب جسمان مشحونان إلى بعضهما إذا كان لأحدهما شحنة موجبة، وللآخر شحنة سالبة (الشكل 2-1-A) وإذا كان الجسمان مشحونين إيجاباً (الشكل 2-B1) أو سلباً (الشكل 2-1-C) يصبحان متنافرين. يعتمد مطال القوة، في حال التجاذب والتنافر، على عاملين:

- المقدار الإجمالي لشحنات هذين الجسمين.
- المسافة الفاصلة بين مركزي الجسمين.



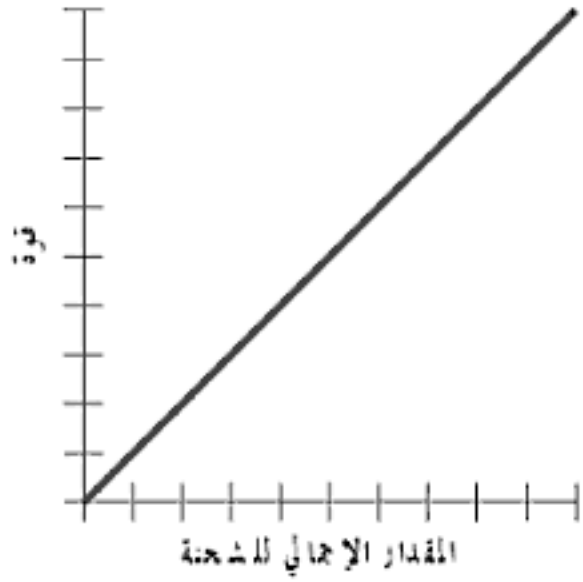
الشكل 2-1: A للجسمين شحنات متعاكسة فيتجاذبان. B – C: للجسمين شحنات متماثلة فيتنافران.

يسمى المقدار الإجمالي للشحنة، كمية الشحنة (مع الأخذ في الحسبان للجسمين معاً)، فإذا ازداد هذا المقدار وإذا لم تتغير المسافة بين مركزي الجسمين، ازدادت القوة بين الجسمين بتناسب طردي مع الشحنة الإجمالية (الشكل 2-2). وعند ازدياد المسافة الفاصلة بين مركزي الجسمين المشحونين، دون تغير الكمية الإجمالية للشحنات، تنقص القوة وفق مربع المسافة (الشكل 2-3).

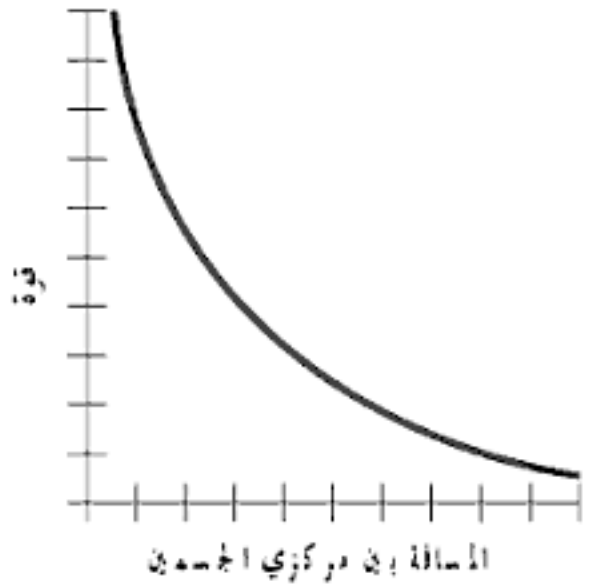
الذرة

لقد عرف العلماء منذ زمن طويل أنّ المادة غير مستمرة، ولكنها مؤلفة من جسيمات دقيقة. وكلما ازداد عمق دراسة هذا الموضوع، اشتد تعقيده. وثمة جسيمات تتصرف تصرّفَ المادة في بعض الحالات، وتصرّفَ الطاقة في حالات أخرى. وتتصرّف بعض الأشياء تصرفَ الجسيمات أحياناً، وتصرّفَ الأمواج في أحيانٍ أخرى. ولفهم أسس الكهرباء، نعرض الموضوع ببساطة شديدة.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 2–2: عند ازدياد الكمية الإجمالية لشحنات الجسمين دون أي تغيير آخر، تزداد القوة المطبّقة بتناسب مباشر مع الشحنة الإجمالية.



الشكل 2–3: عند ازدياد المسافة بين مركزي الجسمين المشحونين، دون أي تغيير آخر، تتناقص القوة بينهما تبعاً لمربع المسافة.

تتألف المادة من جسيمات تسمى الذرات. وتتألف الذرات بدورها من جسيمات تسمى البروتونات والنترونات والإلكترونات. إن البروتونات والنترونات دقيقة وكثيفة للغاية. وهي تسعى إلى التجمع معاً في مركز الذرة. يسمى مركز الذرة بالنواة nucleus. إن الإلكترونات أقل كثافة بكثير من البروتونات والنترونات، وهي تتحرك بمقدار أكبر منها. وتحوم بعض الإلكترونات حول نواة معينة، وتبقى كذلك دوماً. ولكن يمكن أيضاً أن تتنقل الإلكترونات من نواة ذرة إلى أخرى، في حين يندر تنقّل البروتونات والنترونات، التي تؤلف النواة، من ذرة إلى أخرى.

تحمل البروتونات والإلكترونات شحنات كهربائية متساوية ومتعاكسة. وحسب الاصطلاح، تُعدّ البروتونات شحنات موجبة، والإلكترونات شحنات سالبة. وتساوي شحنة أي بروتون الشحنة التي يحملها بروتون آخر. وبالمماثلة، تتساوى شحنة أي إلكترون مع أي إلكترون آخر. أما النترونات فلا تحمل أي شحنة كهربائية.

Éléments sous droits d'auteur

الإلكترونات

تفيد دراسة الإلكترونات التي "تنتمي" في بعض الأحيان إلى ذرات معينة، ولكنها غالباً ما تحوم بحرية حولها، في فهم الكهرباء. إن زيادة الإلكترونات أو نقصانها في جسم معين يجعله مشحوناً بشحنة كهربائية ساكنة. فإذا احتوى الجسم على عدد إلكترونات أكبر من عدد البروتونات، سُمي بأنه مشحون سلباً. أما إذا كان العدد الإجمالي للإلكترونات فيه أقل من العدد الإجمالي للبروتونات نقول أنه مشحون إيجاباً.

في الأجسام المشحونة، ذات الحجم المعقول، يكون عدد الإلكترونات هائلاً. وعند المشي فوق أرض مكسوة بالسجاد في يوم جاف، يكتسب جسم الإنسان شحنة كهربائية ساكنة مؤلفة من ملايين الإلكترونات التي قد تتراكم فيه أو تخرج منه. وعندما نتخيل ذلك، قد نتعجب كيف يمكن للجسم احتواء ذلك العدد الكبير من الإلكترونات دون أن يؤثر ذلك على حياتنا.

في بعض الظروف، تكون الشحنة الكهربائية الساكنة بلا أذىً، ولكن في أحيان أخرى، مثل حالة الوقوف في مكان مفتوح أثناء عاصفة رعدية، قد يتلقى الجسم شحنة عملاقة فعلاً، أكبر بكثير مما يمكن الحصول عليه أثناء المشي على السجاد. وإذا حصل الجسم على هذه الشحنة، يتمّ تعديل فرق الشحنات بين الجسم وأي شيء آخر (مثل السحابة) تعديلاً مفاجئاً، ولذا قد يُصاب الجسم بالأذى، وقد يؤدي ذلك إلى الموت.

وحدات الشحنات

تُستعمل وحدتان لقياس وتقدير الشحنة الكهربائية استعمالاً شائعاً. وتنص الطريقة المباشرة على اعتبار شحنة الإلكترون الوحيد وحدةً للشحنة الكهربائية. إن هذه الشحنة متماثلة بين الإلكترونات، وتسمى كمية شحنات إلكترون وحيد بالشحنة الأولية elementary أو بوحدة الشحنات الأولية.

يستحيل عملياً تمييز جسم يحمل واحدة من وحدات الشحنات الأولية ECU، سواءً كانت موجبة أم سالبة، عن جسم حيادي كهربائياً. فالشحنة ECU صغيرة إلى حد كبير. وفي أغلب الأحيان، تُستخدم وحدة تسمى الكولون Coulomb، والكولون هو تقريباً 6.240.000.000.000.000.000 ECU. يُكتب هذا الرقم الكبير بالتدوين العلمي، الذي يسمى أيضاً التدوين وفق الأس 10، على النحو الآتي 6.24×10^{18} ويُشار إلى الكلمة "كولون" أو "كولونات" بالحرف C.

$$1C = 6.24 \times 10^{18} \text{ ECU}$$

$$2C = 2 \times 6.24 \times 10^{18} = 1.248 \times 10^{19} \text{ ECU}$$

$$10C = 10 \times 6.24 \times 10^{18} = 6.24 \times 10^{19} \text{ ECU}$$

$$0.01C = 0.01 \times 6.24 \times 10^{18} \text{ ECU} = 6.24 \times 10^{16} \text{ ECU}$$

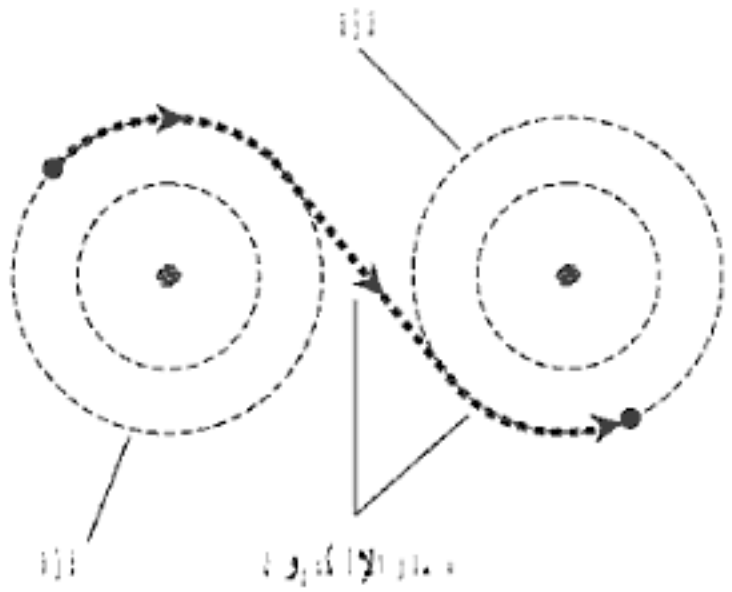
Éléments sous droits d'auteur

الكبير بين ذراتها أو جزيئاتها، وهذا ما يمنع التبادل الحر للإلكترونات.

لا تنتقل إلكترونات الناقل بتدفق ثابت مثل تدفق جزيئات الماء عبر خرطوم ريّ الحديقة، وإن كانت هذه المماثلة غير بعيدة عن الواقع أحياناً. ففي الناقل الكهربائي، "تقفز" الإلكترونات بين الذرات المتجاورة (الشكل 2-6). ويحدث ذلك لعدد غيرمحدود من ذرات المادة عند نقلها الكهرباء. وبنتيجة ذلك، تمر ملايين الإلكترونات عبر نقطة معينة في الثانية الواحدة، ضمن دارة كهربائية تمرر التيّار.

العوازل

العازل الكهربائي هو مادة لا تستطيع فيها الإلكترونات الانتقال من ذرة إلى أخرى. وفي الظروف العادية، تمنع العوازل مرور التيّار. ولذا فالعوازل هي نواقل رديئة للكهرباء.



الشكل 2-6: في الناقل الكهربائي، تمر الإلكترونات بسهولة من ذرة إلى أخرى. والرسم هنا مبسّط للغاية.

تُعدّ معظم الغازات عوازل كهربائية جيدة، وكذلك الزجاج، والخشب الجاف والورق والمواد البلاستيكية. كما يمثل الماء النقي عازلاً جيداً، على الرغم من تمريره بعض التيّار عند حلّ نوع من المواد المعدنية فيه. وقد تكون بعض الأكاسيد المعدنية عوازلاً جيدة، وإن كان المعدن، في حالته النقية، ناقلاً جيداً للكهرباء. ومثال على ذلك أكسيد الألمنيوم.

وتسمى المواد العازلة أحياناً بالصادات الكهربائية dielectric، ويأتي ذلك الاسم من حقيقة صدها للشحنات الكهربائية، وهي بذلك تحول دون مرور الإلكترونات، والذي قد يحدث بين جسمين أو موضعين في دارة كهربائية معينة. وعندما تحمل منطقتان منفصلتان شحنات كهربائية متعاكسة، ويفصل بينهما صاد كهربائي، نحصل على ما يسمى بثنائي الأقطاب الكهربائي electric dipole.

Éléments sous droits d'auteur

الأمبير

يُقاس التيّار بمقدار عدد حوامل الشحنات التي تمر في نقطة معينة خلال ثانية واحدة (1s). ويمرّ عادةً عدد كبير من حوامل الشحنات عبر نقطة معينة خلال ثانية واحدة، وإن كان التيّار صغيراً. ولهذا السبب، لا يُعبَّر عن التيّار بالواحدة ECU/ثانية، إلا في بعض الحالات النادرة، وتُستخدم بدلاً منها الواحدة كولون/ثانية. وتُسمى الواحدة كولون/ثانية بالأمبير. (ويرمز إليها بالحرف A)، وهي الوحدة القياسية للتيار الكهربائي.

ويمثّل التيّار الكهربائي في الفيزياء، تدفقاً من القطب الموجب إلى السالب. وهذا يُعرف باسم التيّار النظري أو الاصطلاحي. وإذا وصلنا مصباح ضوئي إلى بطارية، فإن التيّار النظري سيتدفق من الطرف الموجب للبطارية نحو الطرف السالب. ولكن الإلكترونات، التي تحمل الشحنات، ستتدفق في الاتجاه المعاكس، أي من الطرف السالب نحو الطرف الموجب، ينظر المهندسون عادة إلى التيّار بالاعتماد على هذه الطريقة.

? المسألة 2-3

ما هو التيّار الناتج عن عبور 6.24×10^{15} إلكترون نقطة معينة خلال ثانية واحدة؟

☑ الحل 2-3

نلاحظ أن القيمة 6.24×10^{15} تمثل 0.001 C. ويعني ذلك تدفق شحنة مقدارها 0.001 كولون/ثانية في تلك النقطة. ويكافئ ذلك تياراً مقداره 0.001 A.

الجهد

يمكن للتيار التدفق إذا "حُفّزت" حوامل الشحنات أو دُفعت إلى ذلك. وقد يحدث "التحفيز" بتراكم الشحنات الساكنة، مثل حالة البرق. وعند تراكم الشحنات ذات القيمة الموجبة في مكان معين (أي الشحنات التي تنقصها الإلكترونات) وتراكم الشحنات ذات القيمة السالبة (أي الشحنات ذات الإلكترونات الزائدة) في مكان آخر، تظهر قوة محرّكة كهربائية واضحة (EMF). تُعرف هذه القوة باسم الجهد أو الكمون الكهربائي، ويُعبَّر عنها بالفولت (ورمزه V). يمكن أن يُنظر إلى الجهد أحياناً كضغط كهربائي.

الجهود الشائعة

في الولايات المتحدة الأمريكية، تستخدم المنازل منافذ كهربائية قياسية ذات جهد فعّال يتراوح بين 110 V و130 V، وتكون قيمته عادة حوالى 117 V (الشكل 2- 7-A). ولا يمثل ذلك جهداً ثابتاً، فهو

Éléments sous droits d'auteur

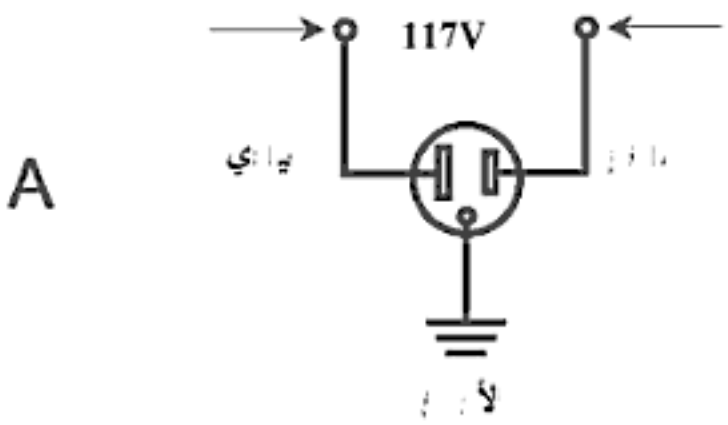
يغّير قطبيته بمعدل ثابت، يساوي عشرات المرات في الثانية. أما بطارية السيارة فلها قوة محركة كهربائيـــة EMF مقدارها 12 V (الشكل 2-7-B) وهي قيمة جهد ثابتة.

إن الشحنة التي يكتسبها المرء عند سيره على سجادة، محتذياً بحذاء ذي نعل صلب، قـــد تصـــل إلى آلاف الفولتات. وقبل تفريغ شحنة البرق، تتراكم شحنة تصل إلى ملايين الفولتات بين الغيوم أو بين الغيوم والأرض.

الكهرباء الساكنة

يمكن الحصول على قوة محرّكة كهربائية دون تدفق التيّار. وهذا ما يحدث قبل حدوث البرق أو قبل لمس غرض معدني ضخم أو موصول بالأرض بعد السير على السجادة. وهذه هي الحالة أيضاً بين طـــرفي مأخذ كهربائي عند عدم قَبْس أي جهاز فيه. ويصح ذلك أيضاً في حالة بطارية لا يتصل بها أي جهـــاز. وعند توفر الجهد دون التيّار، يسمى ذلك بالكهرباء الساكنة. ويشير لفظ "السكون" في هذا الســـياق إلى "عدم الحركة". يستطيع التيّار التدفقَ إذا ظهر ممر ناقل بين نقطتين لهما جهدان مختلفان.

إن القوة المحرّكة الكهربائية الضخمة لا تؤدي بالضرورة إلى مرور تيار عالٍ عبر الجسم الناقل. لنأخذ مثلاً جسم الإنسان بعد سيره على السجادة. يبدو الجهد مميتاً إذا نظرنا إلى القوة المحرّكة الكهربائية الصافية sheer (وهي من رتبة آلاف الفولتات)، ولكن ذلك لا يؤدي إلى تراكم العديد من الكولونات. ولهـــذا لا يتدفق تيار عالٍ عبر لمس جسم موصول بالأرض أو جسم معدني ضخم، ولا نتعرض إذاً إلى صدمة مميتة.



الشكل 2-7: A الجهد عند مأخذ منـــزلي قياسي. B الجهد عند طرفي بطارية سيارة.

Éléments sous droits d'auteur

التيّار هو القاتل... ولكن...

ربما سمعنا عن أن سبب الموت هو التيّار لا الجهد. إن هذه العبارة صحيحة حرفياً، ولكنها مبسَّطة، وتعبِّر عن نظرة سطحية إلى عمل الأشياء في العالم الحقيقي. وبماثل ذلك قولنا إن الوقوف على شفا جرف أمر آمن، ولكن القفز منه خَطِر. إن الجهد المرتفع خَطِر، ولا تدعَ أي شخص يقنعك بغير ذلك. بل إن قيمة جهد متوسطة تمثل خطراً مماثلاً للصدمة الكهربائية. وينبغي توخي الحذر عند التعامل مع أي عنصر يحمل جهداً ملموساً، كالحذر عند السير على الصخرة المرتفعة.

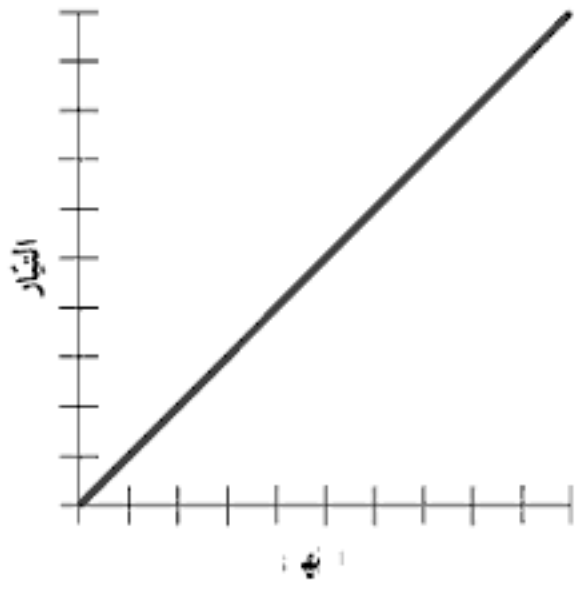
وعند توفر عدد كبير من الكولونات، لا يحتاج الأمر إلى كمية جهد كبيرة لتوليد تيار سطحي قاتل، إذا توفر ممر مناسب لتدفق حوامل الشحنات. وهذا ما يفسر خطورة إصلاح جهاز كهربائي موصول إلى التغذية، أو عند تطبيق التغذية عليه. يمكن لمأخذ كهربائي ضخ حوامل الشحنات عبر جسم الإنسان بسرعة كافية، ولمدة كافية أيضاً لقتله.

الجهد مقابل التيّار

إذا كان الجهد ثابتاً على نحو معقول، دون تغير قطبيته، فإن التيّار عبر العنصر الكهربائي يتغير بنسبة مباشرة على الجهد المطبَّق على ذاك العنصر (الشكل 2-8)، ما دامت مميزات العنصر ثابتة. ويعني ذلك أن التيّار يتضاعف عند مضاعفة الجهد. وإذا انخفض الجهد إلى 100/1 من قيمته الأصلية، فإن التيّار سينخفض كذلك.

تصح هذه العلاقة الواضحة، والمباشرة بين الجهد والتيّار ما دام العنصر يمرر دوماً بالدرجة ذاتها. وفي العديد من المكوِّنات، تتغير القبولية (الناقلية) conductance الكهربائية مع تغير التيّار.

وهذه هي الحالة مثلاً في المصباح الكهربائي. فالقبولية تختلف عندما تنقل وشيعة المصباح تياراً كبيراً وتتألق باللون الأبيض الساطع، مقارنةً بحالتها عند مرور تيار صغير وعدم توهجها. تُصمَّم بعض العناصر والتجهيزات الكهربائية ليكون لها قبولية ثابتة ولو تغيّر الجهد المطبَّق عليها تغيراً واسعاً (ومن ثَمَ، تغيّر التيّار أيضاً).



الشكل 2-8: عند ازدياد الجهد المطبَّق على عنصر ما،دون أي تغيير آخر، يزداد التيّار المار فيه بنسبة مباشرة مع الجهد.

Éléments sous droits d'auteur

? المسألة 2-4

لماذا يعتبر تشغيل الأجهزة الكهربائية خطراً عندما تكون الأقدام عارية وتستند إلى أرض مبللة أو مكشوفة، ولماذا يصبح التشغيل أقل خطورة عند ارتداء قفازات جلدية، أو حذاء مطاطي؟ مع العلم بأن الجهد متماثل في الحالتين.

✔ الحل 2-4

عند العمل بأيدٍ عارية، ودون حذاء مناسب، فمن الممكن أن يؤدي الجهد المنزلي إلى نشوء تيار سطحي يسري عبر الجسم من الجهاز نحو الأرض أو السطح المبلّل. ولكن عند ارتداء قفاز جاف (غير مثقوب) مصنوع من الجلد، وارتداء حذاء مطاطي (غير مثقوب)، يصبح الإنسان آمناً بسبب منع الجهد من توليد تيار ملموس عبر الجسم (ينبغي الحذر دوماً، وقبل العمل بأي نظام أو جهاز كهربائي، بفصله عن التغذية، أو إغلاق التغذية الكهربائية كلياً عند صندوق الفواصم أو صندوق القواطع).

المقاومة

لا ينقل أي جسم الكهرباء بمردود مثالي. وتبدي أفضل النواقل شيئاً من المقاومة، وهي معاكسَة مرور التيّار الكهربائي. وتُعدّ الفضة والنحاس والألمنيوم والمعادن الأخرى ذات مقاومة منخفضة جداً. في حين أن مقاومة مواد أخرى كالكربون والسيلكون تكون متوسطة القيمة. أما العوازل الكهربائية فلها مقاومة مرتفعة. والمقاومة هي نقيض الناقلية، كما أن الظلام نقيض الضوء.

الأوم Ohm

تُقاس المقاومة بوحدة الأوم، ويُرمز لهذه الوحدة بالحرف اليوناني أوميغا Ω. وكلما ازدادت قيمة المقاومة المقدَّرة بالأوم، كانت المادة أشد مقاومةً لتدفق التيّار. وفي نظام كهربائي، نرغب عادةً في الحصول على مقاومة صغيرة. ذات قيمة أومية منخفضة، قدر الإمكان، بسبب تحويل المقاومة الطاقةَ الكهربائية إلى حرارة. وتسمى هذه الحرارة بالضياع بالمقاومة أو الضياع الأومي، وهي تمثل غالباً ضياع الطاقة.

عند تطبيق قوة محرّكة كهربائية مقدارها 1V على مقاومة قيمتها 1 Ω، يظهر تيار شدته 1A (بفرض أن بإمكان منبع الجهد تقديم هذا التيّار). وإذا تضاعفت قيمة المقاومة، تنقص شدة التيّار إلى النصف، وإذا نقصت المقاومة إلى النصف، تضاعف التيّار. وإذا ازدادت المقاومة بنسبة 5، تصبح شدة التيّار خُمسَ القيمة السابقة. وإذا انخفضت إلى الخُمس، تزداد شدة التيّار بنسبة 5. يتغير التيّار، إذا كان الجهد ثابتاً، بتناسب عكسي مع المقاومة (أنظر الشكل 2-9).

Éléments sous droits d'auteur

(c) التيّار خلال عملية التفريغ هو 1A.

(d) فرق الكمون هو 1 ECU.

2. إذا احتوى جسم معين على عدد إلكترونات أقل من عدد البروتونات، فإن ذلك الجسم

(a) مشحون كهربائياً.

(b) له مقاومة مرتفعة.

(c) يحوي تياراً كهربائياً.

(d) لا يمكنه نقل الكهرباء.

3. إن الجهد عند مأخذ جداري أشد خطراً من الجهد المتراكم عند السير على سجادة لأن

(a) المأخذ يستطيع إرسال تيار أعلى عبر الجسم.

(b) الجهد عبر مأخذ الجدار أكبر.

(c) المقاومة عند مأخذ الجدار أعلى.

(d) المأخذ يحوي قوة كهربائية ساكنة أعلى.

4. لندرس الشكل 2-11 الذي يوضح بطارية موصولة بمقاومة متغيرة ومصباح. نفترض أن جهد البطارية هو (E)، وأن القيمة الأومية للمقاومة المتغيرة هي (R)، وقد ضُبطت هاتان القيمتان ليضيء المصباح جزئياً دون أن يتوهج بالكامل. ولنفترض أن المقاومة المتغيرة قد ضُبطت بحيث تزداد R قليلاً، دون أن يتغير الجهد E، ودون أن يتغير أي شيء آخر في الدارة.

(a) يضيء المصباح بنور أقل بسبب انخفاض التيّار (I) المار فيه.

(b) يسطع المصباح بمقدار أعلى بسبب ازدياد التيّار (I) المار فيه.

(c) يسطع المصباح بمقدار أقل بسبب ارتفاع الجهد على طرفيه.

(d) يحترق المصباح بسبب ازدياد مقاومته.

5. إذا ازدادت القيمة E في الدارة الموضحة في الشكل 2-11 ازدياداً خفيفاً، دون تغير قيمة R، فإن قيمة التيّار I

(a) تنقص قليلاً.

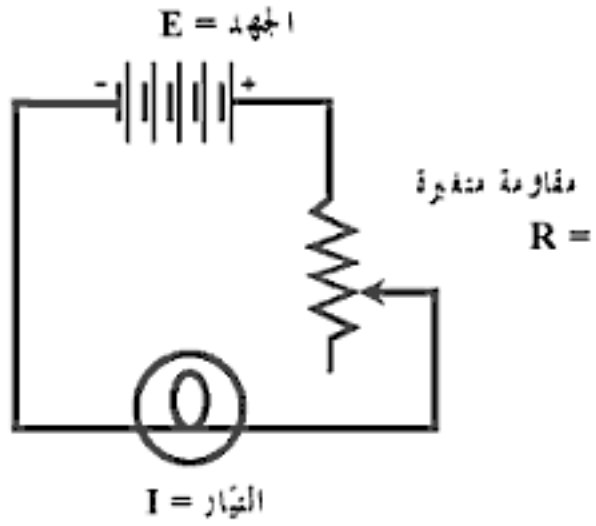
(b) تزداد قليلاً.

(c) تنقص كثيراً.

(d) تزداد كثيراً.

6. لنفترض أن المصباح الموضّح في الشكل 2-11 قد قُصِرَ بحيث لا يمر أي تيار به، بل يمر التيّار عبر المقاومة المتغيرة. وفي هذه الظروف، إذا تضاعفت قيمة R وE، فإن التيّار المار في المقاومة المتغيرة

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 2-11: شرح أسئلة الاختبار من 4 إلى 6.

(a) لا يتغير.

(b) يتضاعف.

(c) ينقص إلى النصف.

(d) يزداد ولكن نحتاج إلى معلومات أكثر لتحديد مقدار الزيادة.

7. ليكن لدينا جسمين مشحونين، يُرمز إليهما بـــ X وY، يُتوقع عند اقتراب أحدهما من الآخر، وبفرض أن الشحنة تظل ثابتة في الجسمين، أن تصبح القوة الكهربائية الساكنة

(a) تبقى كما هي.

(b) أشد.

(c) أضعف.

(d) تتغير من التجاذب إلى التنافر.

8. يُقصد "بالضغط الكهربائي"، وهو تعبير عامي، ما يلي:

(a) أي تيار يتدفق باتجاهين.

(b) أي تيار لا يغير اتجاهه.

(c) أي تيار يمر عبر مقاومة مرتفعة.

(d) القوة المحرّكة الكهربائية.

9. املأ الفراغ في الجملة التالية "-------- هي جسيم أصغر من الذرة لا يحوي أي شحنة كهربائية".

(a) البروتون.

(b) الإلكترون.

(c) النيوترون.

(d) النواة.

Éléments sous droits d'auteur

10. تكافئ الشحنة الكهربائية 1ECU هي

(a) ملايين وملايين الكولونات.

(b) 1C.

(c) جزء دقيق من 1C.

(d) 1V.

Éléments sous droits d'auteur

الفصل

قانون أوم، والطاقة، والاستطاعة

في هذا الفصل، ننظر عن كثب إلى العلاقات التي تربط التيّار والجهد والمقاومة في الدارات DC. ونتعلم أيضاً طريقة حساب الطاقة والاستطاعة الكهربائية، اعتماداً على التيّار والجهد والمقاومة. ولكن لنرَ بدايةً كيف يمكن التعبير عن الأجزاء الكبيرة والصغيرة للوحدات.

السابقات prefix

يضيف العلماء سابقات إلى الكلمات التي تمثل الوحدات، للتعبير عن المضاعفات أو الأجزاء الصغيرة لتلك الوحدات، يبيِّن الجدول 3-1 السابقات التي تُصادف عموماً في الكهرباء.

? المسألة 3-1

يحمل عنصر كهربائي معين تياراً مباشراً مقداره 3μA. ما هي شدة التيّار مقدرةً بالأمبير؟

d'auteur

DESIGNATOR	SYMBOL	MULTIPLIER
pico-	p	0.000 000 000 001
nano-	n	0.000 000 001
micro-	m or mm	0.000 001
milli-	m	0.001
kilo-	K or k	1000
mega-	M	1,000,000
giga-	G	1,000,000,000
tera-	T	1,000,000,000,000

الجدول 3-1: السابقات ذات الاستخدام الشائع في الكهرباء.

☑ الحل 3-1

نجد من الجدول أن السابقة "ميكرو μ" تمثل مضاعفات جزء من مليون جزء. أي أن القيمة 3μA تساوي 0.000003 A.

? المسألة 3-2

يُوصف منبع جهد مستمر DC بأنه يقدّم جهداً مقداره 2.2 kV ما قيمة ذلك بالفولت؟

☑ الحل 3-2

نجد من الجدول أن السابقة "كيلو k" تمثل مضاعفات الألف. ولذلك فإن القيمة 2.2 kV تساوي: 2200 V.

? المسألة 3-3

تبلغ قيمة مقاومة معينة: 47 MΩ ما قيمتها مقدرةً بالأوم؟

☑ الحل 3-3

نجد من الجدول أن السابقة "ميغا M" تمثل مضاعفات المليون، ولذلك تبلغ القيمة 47 MΩ = 1.00.000 x 47 = 47.000.000 Ω.

Éléments sous droits d'auteur

☑ الحل 3-6

نستخدم الصيغة: E=I.R. أولاً، نحوّل التيّار إلى الأمبير: 10x0.001=10mA=0.01A ثم نطبّق القيمة في العلاقة

$$E = I.R$$

$$= (0.01)\ x\ (100)\ = 1V$$

ويُعدّ هذا الجهد منخفضاً، وهو أقل مما تولده خلية جافة نموذجية.

? المسألة 3-7

إذا كانت قيمة الجهد 24 V، وشدة التيّار تساوي 3A، ما هي قيمة المقاومة؟

☑ الحل 3-7

نستخدم الصيغة R=E/I، ونطبّق القيم العددية عليها مباشرة، بسبب التعبير عنها بالفولت والأمبير.

$$R = E/I$$

$$= 24/3 = 8\ \Omega$$

وتُعدّ هذه القيمة منخفضة في بعض الحالات، وقد تمثل مقاومة مرتفعة في حالات أخرى.

الاستطاعة

الاستطاعة هي المعدَّل الذي تُستهلك فيه الطاقة أو تُستخدم في الدارة. إن الوحدة القياسية للاستطاعة هي الواط Watt، ويُرمز إليها اختصاراً بالحرفW. وعند التعبير عن الاستطاعة كمتحول في معادلة، يُرمز إليها بالحرف المائل P.

يستهلك مصباح كهربائي منزلي استطاعة تتفاوت بين 25W و100W، وتُستخدم أحياناً وحدات أكبر للدلالة على الاستطاعة الكهربائية،مثل الكيلو واط (kW)، والتي تمثل 1000W. وقد تُستخدم الوحدة MW، وهي تكافئ W 1,000,000. يمكن أيضاً استعمال الوحدة ميلي واط (mW)، وهي تعادل 0.001W، والواحدة ميكرو واط μW، والتي تعادل 0.000001W.

الصيغ الثلاث للاستطاعة

يوضح الشكل 3-2 دارة تيار مستمر، تحوي بطارية ومحرّكاً ومقياس جهد يقيس الجهد عبر المحرّك، ومقياس تيار يقيس التيّار المار في المحرّك. ولتكن E القيمة التي يشير إليها مقياس الجهد (مقدرة

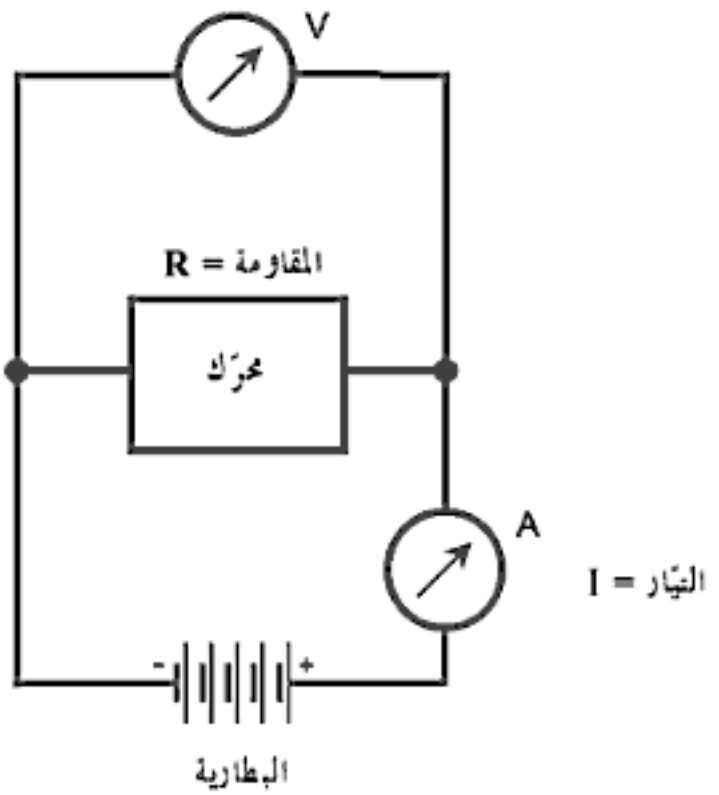
Éléments sous droits d'auteur

بالفولت)، ولتكن I قراءة مقياس التيّار (مقدرة بالأمبير)، وR مقاومة المحرّك (مقدرة بالأوم). يمكن استعمال الصيغ الثلاث التالية لتحديد الاستطاعة P (مقدرة بالواط) التي يستهلكها المحرّك في تلك الدارة

$$P = E.\ I$$

$$P = E^2/R$$

$$P = I^2\ R$$



الشكل 3-2: دارة تيار مستمر DC للدلالة على حسابات الاستطاعة. إن الجهاز المستهلك للاستطاعة هو المحرّك الكهربائي.

وكما هو الحال في قانون أوم، ينبغي استخدام وحدات الفولت (V) والأمبير (A) والأوم (Ω) لحساب الاستطاعة المقدرة بالواط (W). وإذا أُعطيت هذه المقادير بوحدات تختلف عن الفولت والأمبير والأوم، ينبغي أولاً تحويلها إلى الوحدات المذكورة قبل إجراء الحساب.

بعض حسابات الاستطاعة

لتحديد الاستطاعة في دارة تيار مستمر DC، ينبغي معرفة معاملين من المعاملات الثلاثة الأساسية (وهي التيّار والجهد والمقاومة). وكما هو الحال في مسائل قانون أوم، نفترض هنا أن الأسلاك تنقل التيّار نقلاً مثالياً.

Éléments sous droits d'auteur

? المسألة 3-8

لنفترض أن مقياس الجهد في الدارة المذكورة في الشكل 3-2 يشير إلى القيمة 6V، ويشير مقياس التيّار إلى شدة قيمتها 5A. ما هي الاستطاعة التي يستهلكها المحرّك؟

✔ الحل 3-8

تُطبق القيم العددية على العلاقة التالية

$$P = E.I$$

$$= 6\ x\ 5W$$

$$= 30\ W$$

ونلاحظ أن جهد البطارية هو 6V، بسبب وصل مقياس الجهد مباشرة عبر البطارية، إضافةً إلى وصل ذلك الجهد مباشرة إلى المحرّك أيضاً.

? المسألة 3-9

لنفترض أن مقياس الجهد في الدارة المذكورة في الشكل 3-2 يشير إلى القيمة 12V، وأن مقاومة المحرّك 14,4 Ω. ما هي الاستطاعة التي يستهلكها المحرّك؟

✔ الحل 3-9

نطبق القيم العددية على صيغة الاستطاعة بدلالة المقاومة والجهد

$$P = E^2/R$$

$$= 12\ X\ 12/14.4\ W$$

$$= 144/14.4W$$

$$= 10\ W$$

? المسألة 3-10

لنفترض أن للمحرّك المذكور في دارة الشكل 3-2 مقاومة داخلية، مقدارها 10Ω، وأن التيّار المقيس عبره هو 600mA. ما هي الاستطاعة؟

Éléments sous droits d'auteur

☑ **الحل 3-10**

نستخدم الصيغة $P = I^2R$، ونحوّل أولاً التيّار إلى واحدة الأمبير، أي $600mA = 0.6A$ ثم نطبّق القيم العددية على العلاقة

$$E = I^2.R$$

$$= (0.6 \times 0.6 \times 10)\ W$$

$$= (0.36 \times 10) W$$

$$= 3,6W$$

الطاقة

تمثل الطاقة مقدار الاستطاعة المستهلَكة أو المستخدمة خلال مدة زمنية، إن الوحدة القياسية للطاقة هي الجول Joule، ويُرمز إليها بالحرف J. ويعادل الجول الواط-الثانية.(W.s).

وهو يمثل الاستطاعة المستهلَكة، ومقدارها 1W خلال ثانية واحدة. وعند التعبير عن متحول الطاقة في معادلة ما، يشار إليه بالحرف المائل W. (ولا نستخدم الحرف E بسبب تخصيصه للجهد).

وحدات الطاقة

في الكهرباء، لا يُعبَّر عن الطاقة عادة بالجول، بسبب صغر هذه الوحدة، ويُعبَّر عنها غالباً بوحدة الواط ساعي (Wh). وتعادل هذه الواحدة استطاعة قدرها 1W تُستهلك خلال ساعة واحدة (أي 3600 ثانية) ولذلك:

$$1Wh = 3600\ W\,s$$

$$= 3600\ J$$

في النظم الكهربائية المتوسطة الحجم، كالمنازل، تُعدّ الوحدة واط - ساعي صغيرة أيضاً. ويُستخدم بدلاً عنها الكيلو واط - ساعي (kWh). ويعادل ذلك استهلاك استطاعة مقدارها 1 kW خلال ساعة كاملة أي

$$1\ k\ Wh = 1000\ Wh$$

$$= 1000 \times 3600\ J$$

$$= 3,600,000\ J$$

Éléments sous droits d'auteur

في الشبكات الكهربائية الضخمة، مثل شبكات المدن، تصبح الوحدة كيلو واط- ساعي صـــغيرة. ويُستخدم بدلاً عنها وحدة الميغاواط- ساعي (MWh). وهي تعادل استهلاك استطاعة مقـــدارها 1MW خلال ساعة كاملة، أي

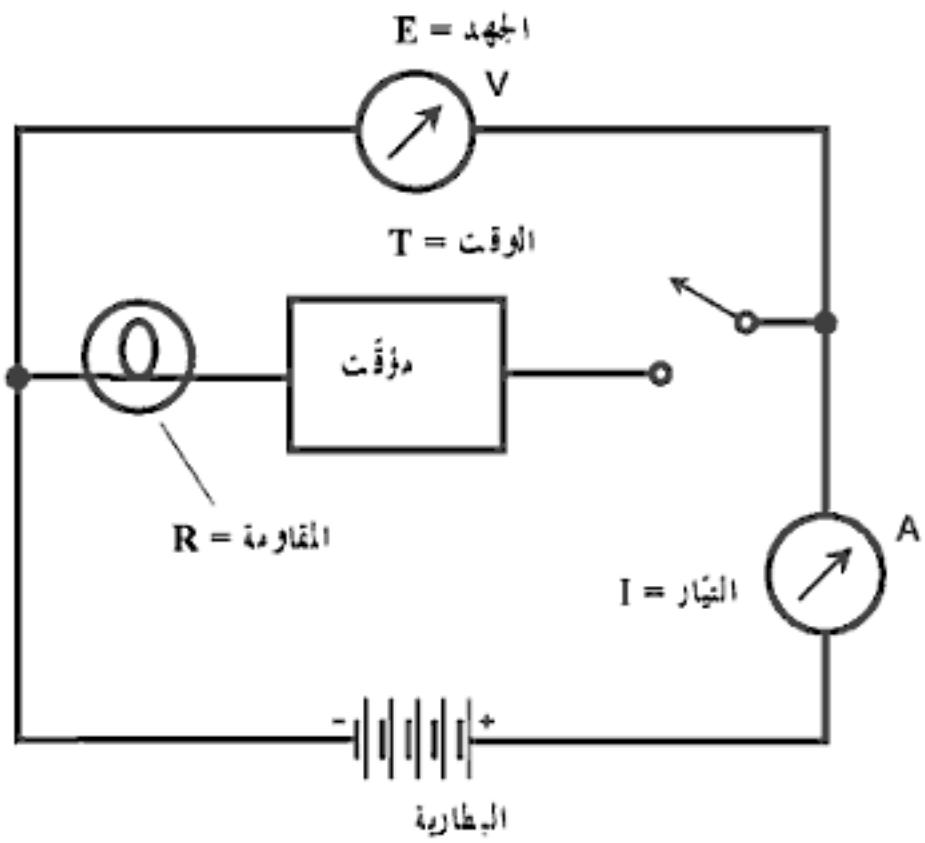
$$1MW = 1,000,000Wh$$

$$= 1,000,000 \times 3600\ J$$

$$= 3,600,000,000\ J.$$

الصيغ الثلاث للطاقة

يوضح الشكل 3-3 دارة تيار مستمر DC تحوي بطارية ومصباح توهج ومقياس تيار يقيس التيّار المار عبر المصباح، وقاطعة لإضاءة المصباح أو إطفائه، ومؤقّتاً يقيس زمن توهج المصباح، ومقياس جهد يشير إلى الجهد الذي تقدمه البطارية. ولنفترض ثانيةً أن الأسلاك بدون مقاومة. وأن مقاومة المؤقّت مهملة أيضـــاً. وعندئذ، لا تؤثر الأسلاك والمؤقت على هذه الحسابات. ويمكننا التأكد من أن مقياس الجهد يشير إلى الجهد على طرفي المصباح وهو الجهد نفسه الذي تقدمه البطارية.



الشكل 3-3: دارة تيار مستمر DC للدلالة على حسابات الطاقة. إن الجهاز المستهلك للطاقة هـــو مصـــباح التوهج. تدور حول هذا الشكل أيضاً أسئلة الاختبار رقم 1، 4، 5، 6.

Éléments sous droits d'auteur

1. لندرس الشكل 3-3، ونفترض أن المؤقت الأصلي، الذي يبدي مقاومة مهملة، قد استعيض عنه بمؤقت آخر مقاومته تساوي مقاومة المصباح. وإذا لم يتغير أي شيء آخر في الدارة، كيف سيتغير التيّار المار عبر المصباح عند إغلاق القاطعة، مقارنةً بالتيّار الذي يمر في الدارة الأولى عند إغلاق القاطعة؟
   (a) سيظل مماثلاً لما سبق.
   (b) سيساوي نصف قيمته السابقة.
   (c) سيساوي ربع قيمته السابقة.
   (d) نحتاج إلى معلومات أكثر للإجابة على هذا السؤال.
2. لنفترض أن البطارية تقدِّم جهداً مستمراً مقداره 12V إلى دارة تيار مستمر تضم مقاومة قيمتها: 144 kΩ. ما هي الاستطاعة المبدَّدة أو المستخدمة في هذه الدارة
   (a) 1W
   (b) 1 mW
   (c) 1 kW
   (d) نحتاج إلى مزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.
3. لنفترض مرور تيار مقداره 82 μA في مقاومة قيمتها 8.2 MΩ. ما هو الجهد المستمر، تقريباً، عبر المقاومة
   (a) 670 V
   (b) 1000 V
   (c) 0.670 V
   (d) 1 V
4. ننظر إلى الشكل 3-3 ثانيةً. لنفترض الاستعاضة عن المؤقت الأصلي، الذي لا يبدي أي مقاومة، بمؤقت آخر مقاومته تساوي مقاومة المصباح. وإذا لم يتغير أي شيء آخر في الدارة، كيف سيتغير الجهد على طرفي المصباح (وليس الجهد الذي يقيسه مقياس الجهد) عند إغلاق القاطعة، مقارنةً بالجهد على طرفي المصباح في الدارة الأولى عند إغلاق القاطعة
   (a) سيبقى الجهد كما هو.
   (b) سيصبح نصف القيمة.
   (c) سيصبح ربع الجهد السابق.
   (d) نحتاج إلى مزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.
5. لندرس الشكل 3-3 ثانيةً. ولنفترض الاستعاضة عن المؤقت السابق، الذي لا يبدي أي مقاومة، بمؤقت آخر مقاومته تساوي مقاومة المصباح. وإذا لم يتغير أي شيء آخر في الدارة، كيف ستتغير قراءة مقياس الجهد عند إغلاق القاطعة، مقارنةً بقراءته في الدارة الأولى عند إغلاق القاطعة؟

Éléments sous droits d'auteur

(a) ستبقى الدلالة ذاتها.

(b) سيشير إلى نصف القيمة السابقة.

(c) سيشير إلى ربع القيمة السابقة.

(d) نحتاج إلى مزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.

6. لنعد إلى الشكل 3-3 من جديد. ولنفترض الاستعاضة عن المؤقت الأول، الذي لا يبدي أي مقاومة، بمؤقت آخر مقاومته تساوي مقاومة المصباح. وإذا لم يتغير أي شيء آخر في الدارة، كيف ستتغير الطاقة المستهلكة في المصباح خلال ساعتين عند إغلاق القاطعة، مقارنةً بالطاقة التي يستهلكها خلال ساعتين في الدارة الأصلية بعد إغلاق القاطعة؟

(a) ستكون الطاقة مماثلة.

(b) ستنخفض إلى النصف.

(c) ستنخفض إلى الربع.

(d) نحتاج إلى مزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.

7. حوّل القيمة التالية إلى الأوم: 47 kΩ

(a) 0.0047 Ω

(b) 0.47 Ω

(c) 4700 Ω

(d) 47000 Ω

8. كم تبلغ هذه القيمة بالواط: 2500 kWh

(a) 2.5 W

(b) 0.0025 W

(c) 2500,000 W

(d) لا يوجد جواب لهذا السؤال، لأن الواط والكيلو واط الساعي لا يعبّران عن الظاهرة ذاتها.

9. لنفترض أن جهازاً كهربائياً يستهلك استطاعة مقدارها 1500 W. ما هي الطاقة التي يستهلكها هذا الجهاز خلال 3 ساعات؟

(a) 4.5 Wh

(b) 500 Wh

(c) 4.5 kWh

(d) نحتاج إلى المزيد من المعلومات للإجابة على هذا السؤال.

Éléments sous droits d'auteur

10. إذا كان لجهاز مقاومة DC مقدارها 3 Ω، وطُبِّق على طرفيه جهد مستمر DC مقداره 3 V، ما هي الطاقة التي يستهلكها؟

(a) 3 Wh

(b) 333 mWh

(c) 9 Wh

(d) يعتمد ذلك على مدة عمل الجهاز.

Éléments sous droits d'auteur

الفصل 4

دارات التيّار المستمر البسيطة

يُطلق اسم دارة تيار مستمر DC، أو شبكة تيار مستمر DC، على مجموعة عناصر متصلة بينياً، بحيث تتغذى بكهرباء مستمرة DC. وفي هذا الفصل ندرس بعض دارات التيّار المستمر DC وطريقة تغير الجهود والتيّارات والمقاومات فيها.

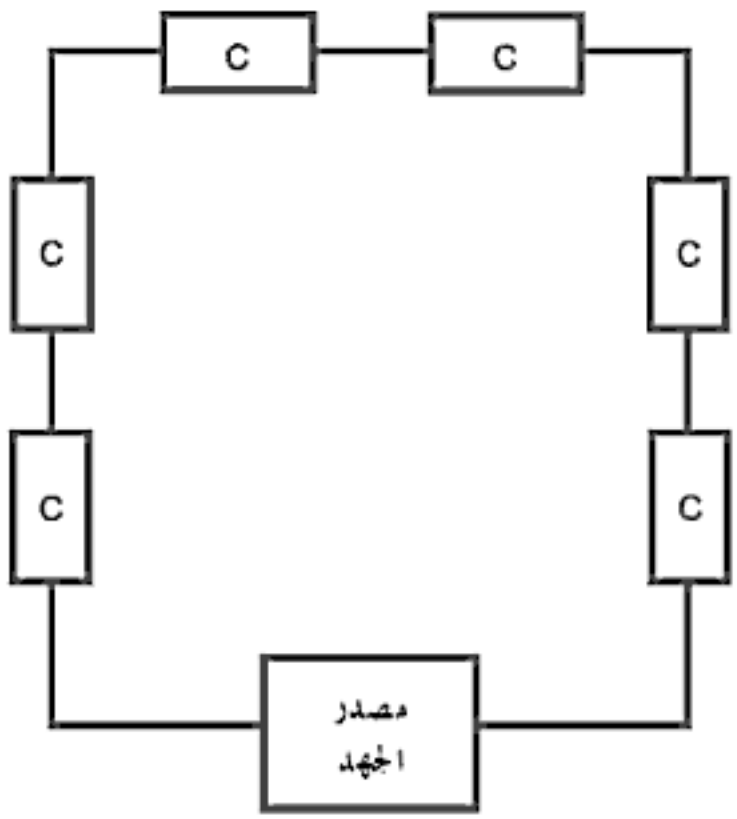
الدارات التسلسلية Series Circuits

تُربط في الدارة التسلسلية كافة العناصر من نهاياتها (الشكل 4-1). ويتدفق التيّار فيها عبر فرع وحيد، كالماء في النهر، دون روافد أو كتدفقه في أنبوب ري الحدائق.

منابع الجهد المتسلسلة

عند ربط منابع الجهد المستمرة تسلسلياً، تُجمع جهودها معاً، وليكن لدينا n بطارية مربوطة على التسلسل (حيث n هو رقم صحيح)، أي يُربط القطب الموجب للبطارية مع القطب السالب للبطارية التالية.

d'auteur



الشكل 4-1: في الدارة التسلسلية، تُربط نهاية كل عنصر مع بداية العنصر التالي (ويشار إلى كل عنصر بالصندوق C).

وليكن E1، E2،...، En جهود المدّخرات المعبَّر عنها بالفولت. ومن الناحية النظرية، تمثل E مجموع جهود المدخرات الإفرادية، كما هو مبيَّن في الشكل 4-2.

$$E = E_1 + E_2 + ... + E_n$$

يمثل ما سبق، في شبكات العالم الحقيقي، تبسيطاً زائداً. إذ تملك كافة منابع الجهود مقاومة داخلية صغيرة. وهذا ما يجعل الجهد الإجمالي الفعلي، الناتج عن جمع عدة منابع على التسلسل، أقل قليلاً من مجموع جهود المنابع الإفرادية. ويزداد هذا الفرق مع ازدياد التيّار المسحوب من المنابع. ومع ذلك، يمكن تذكّر العلاقة السابقة واعتمادها كقاعدة أساسية.

عكس القطبية

لنفترض الآن أن بعض المدّخرات لم تُربط بطريقة "القطب الموجب مع القطب السالب". ماذا يحدث في حال ربط بطارية أو أكثر بطريقة معاكسة؟ في هذه الحالة، ينبغي طرح أي بطارية موصولة عكساً من الجهد الإجمالي.

ولنفترض أن البطارية رقم 2 (E_2 ذات الجهد) في الدارة المبيَّنة في الشكل 4-2 قد وصلت بقطبية معاكسة. يوضح الشكل 4-3 هذه الحالة. يصبح الجهد الإجمالي للمدّخرات المتسلسلة E هو:

$$E = E_1 - E_2 + ... + E_n$$

Éléments sous droits d'auteur

بدون أهمية. فالمقاومة التي تبديها للتيار المستمر من جهة معينة تماثل قيمة المقاومة للتيار المستمر من الجهة المقابلة.

منابع التيّار المتسلسلة

في دارة تيار مستمر متسلسلة، يوجد فرع وحيد فقط يتدفق عبره التيّار. ولذا، يكون التيّار في أي نقطة مماثلاً لقيمته في أي نقطة أخرى. ولا معنى، في هذه الحالة، للتحدث عن منابع تيار موصولة على التسلسل، لأن في أي عنصر من الدارة يمر التيّار نفسه سواءً كانت قيمته صغيرة أم كبيرة.

? المسألة 4-1

ما هو الجهد المستمر E بين الطرفين المبينين في الشكل 4-5؟ ينبغي الانتباه إلى قطبية المدّخرات.

✓ الحل 4-1

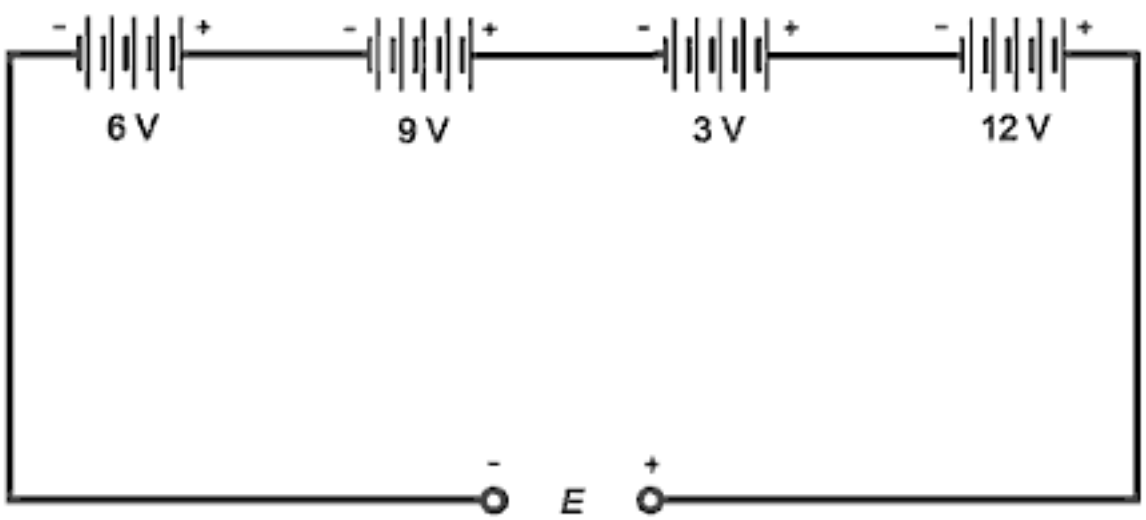
تُربط كافة المدّخرات وفق القطبية ذاتها. ولذلك تُجمع الجهود، ويكون الجهد الإجمالي

$$E = (6 + 9 + 3 + 12)\ V$$

$$= 30\ V$$

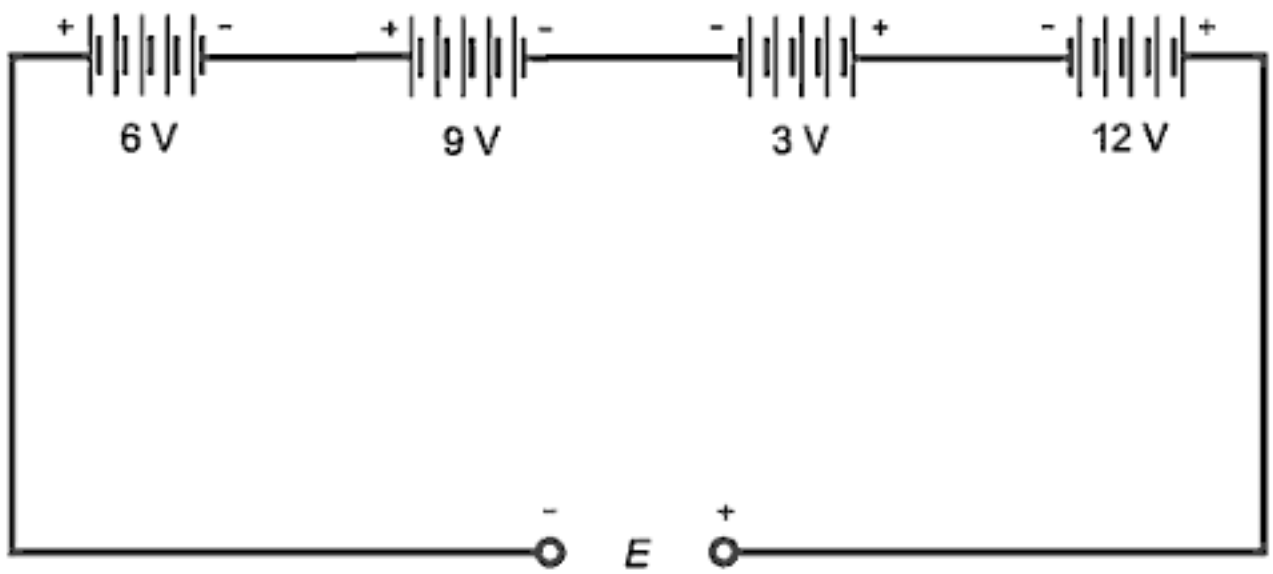
? المسألة 4-2

ما هو الجهد المستمر E بين الطرفين المبينين في الشكل 4-6؟ ينبغي الانتباه إلى قطبية المدّخرات.



الشكل 4-5: شرح المسألة 4-1

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 4-6: شرح المسألة 4-2

☑ الحل 4-2

نلاحظ أن هذه الدارة مماثلة لما سبق، ما عدا المدّخرتين في اليسار، التي جرى عكسهما. ويعني ذلك ضرورة طرح جهد هاتين المدخرتين من الجهد الإجمالي، بدلاً من جمعه إليهما. ويصبح الجهد:

$$E = [\,(-6) + (-9) + 3 + 12)\ V$$

$$= 0\ V$$

أي يلغي جهد بعض المدّخرات بعضاً، ولا نجد أي جهد بين طرفي الدارة.

? المسألة 4-3

ما هي المقاومة R التي نجدها بين الطرفين في الشكل 4-7؟ ينبغي الانتباه إلى وحدات المقاومات. عبِّر عن الجواب بالأوم، مع إهمال مقاومة الأسلاك.

☑ الحل 4-3

نحوِّل أولاً القيم إلى الأوم قبل إجراء أي حساب. فنجد:

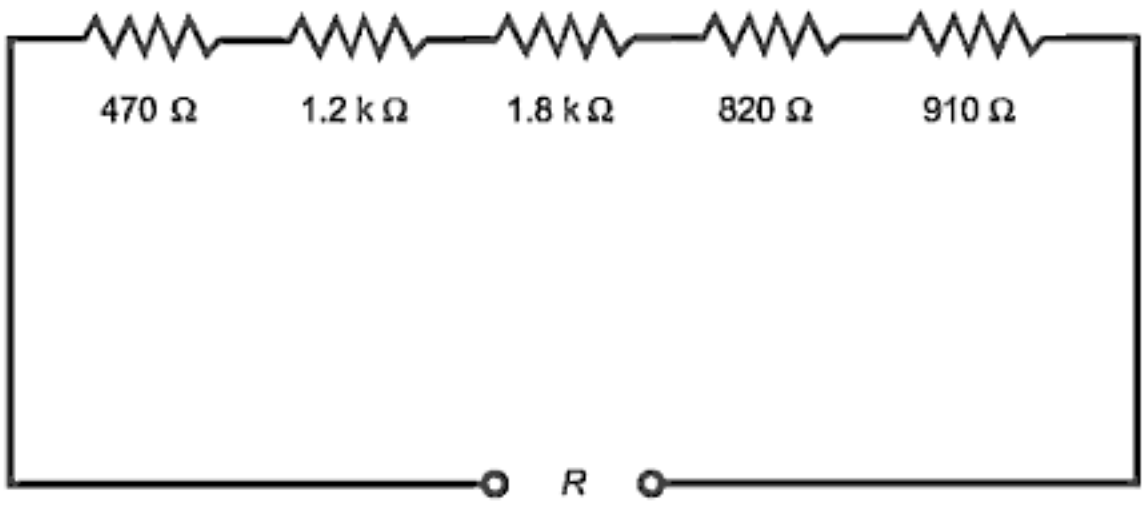
$$1.2\text{k}\,\Omega = 1200\,\Omega$$

$$1.8\,\text{k}\,\Omega = 1800\,\Omega$$

$$R = (470 + 1200 + 1800 + 820 + 910)\ \Omega$$

$$= 5200\ \Omega$$

Éléments sous droits d'auteur



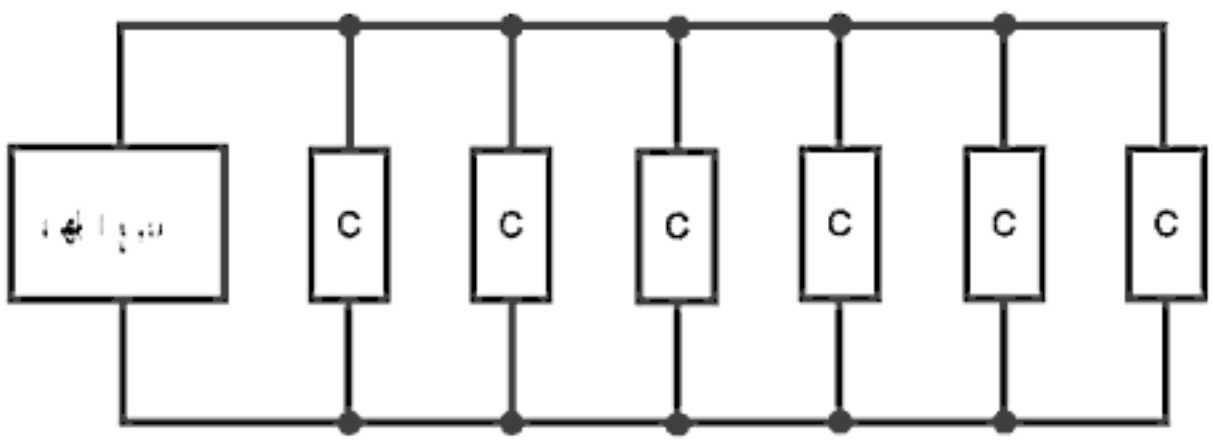
الشكل 4-7: شرح المسألة 4-3

الدارات التفرعية Parallel Circuits

في الدارة التفرعية، تُرتَّب المكوِّنات بطريقة تجعلها تبدو كدرجات السلم في المخطط (أنظر الشكل 4-8). ويتدفق جزء من التيّار عبر كل فرع. ولا تتساوى بالضرورة قيم التيّارات المارة في كافة الفروع. ولكن يُطبَّق نفس الجهد على طرفي كل مكوِّن، ويُربط كل مكوِّن في الدارة مباشرةً مع طرفي منبع الجهد.

منابع الجهد التفرعية

في الحالة النظامية، تملك كافة منابع الجهود في الدارة التفرعية القيمة ذاتها. وإذا اختلفت الجهود، فقد تستجر بعض المنابع تياراً من بعضها الآخر، وهذا أمر سيء عادةً. ولذا ينبغي، في الدارة التفرعية، ربط كافة أقطاب منابع الجهد الموجبة معاً، والسالبة معاً، وإن لم يتحقق ذلك، ظهرت حلقات قِصَر في أزواج المنابع المربوطة على التسلسل. وهذا من شأنه إضاعة الطاقة، وقد يكون ذلك أمراً خطيراً.



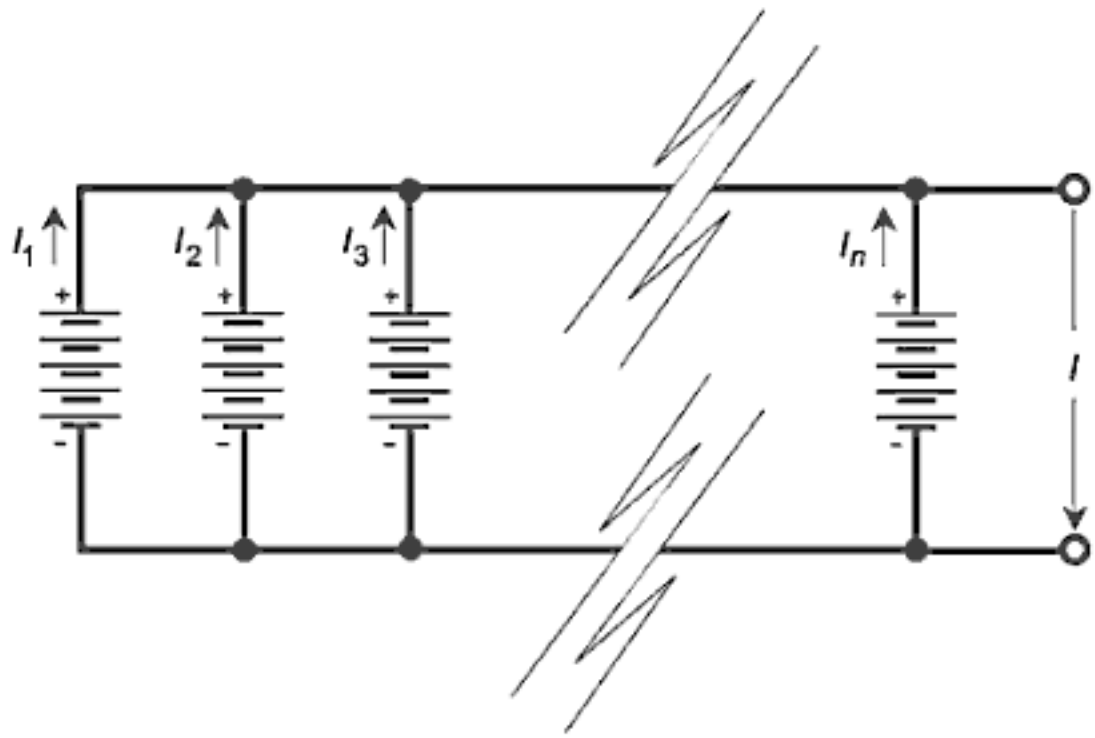
الشكل 4-8: في الدارة التفرعية، تُربط كافة المكوِّنات (والممثَّلة بكتل صغيرة C) جنباً إلى جنب.

Éléments sous droits d'auteur

يكافئ جهد الخرج لمجموعة مدّخرات موصولة تفرعياً بطريقة ملائمة جهدَ كل بطارية فيها. وتُضم المدّخرات على التفرع لزيادة التيّار الممكن تقديمه إلى الدارة. ويصبح التيّار الإجمالي الممكن تقديمه I الناتج عن ربط n بطارية على التفرع، مساوياً لمجموع التيّارات المقدَّمة من كل بطارية، وهي I_1، I_2، I_3، ....، I_n. فنكتب (الشكل 4-9)

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n$$

في هذا المخطط، تشير الأسهم إلى اتجاه التيّارات النظرية، والتي كما نعرف سلفاً، تتدفق من القطب الموجب إلى السالب.



الشكل 4-9: عند ربط مدّخرات ذات جهود متساوية على التفرع، يصبح التيّار الإجمالي الممكن تقديمه مساوياً لمجموع التيّارات الإفرادية الممكن تقديمها، بفرض أن كافة القطبيات متماثلة.

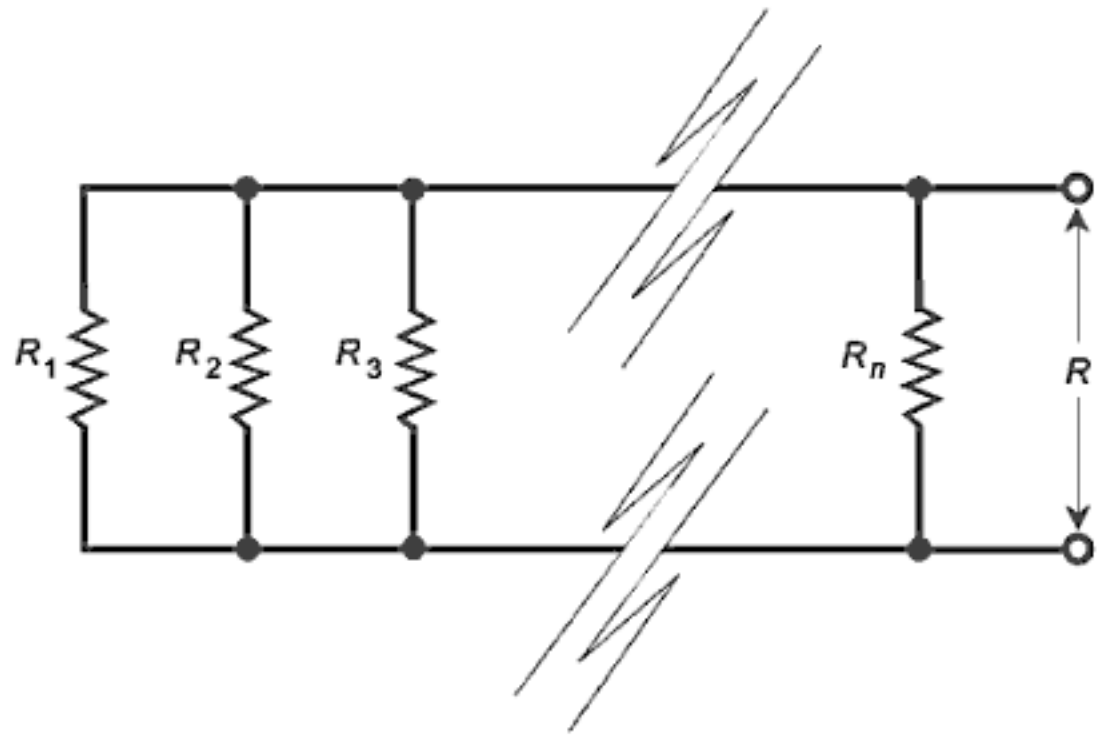
المقاومات التفرعية

عند ربط المقاومات على التفرع، ترتبط قيمها الأومية بعلاقة معقدة إلى حد ما. ليكن لدينا n مقاومة مربوطة على التفرع، ولتكن قيمها R_1، R_2، R_3، ...، R_n: مقدَّرة بالأوم. إذا كانت المقاومة الإجمالية المقدرة بالأوم هي R، فإن مقلوبها 1/R يُعطى بالصيغة التالية (الشكل 4-10)

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \ldots + 1/R_n$$

وتفترض العلاقة السابقة أن للأسلاك مقاومة مهملة. فإذا كان للأسلاك مقاومة ملموسة (مثلاً، إذا كانت للمقاومات قيم أومية منخفضة جداً)، فإن بعض المقاومات السلكية ستُضاف على التسلسل مع كل مقاومة، ويُضاف بعضها الآخر على التسلسل مع الدارة الإجمالية. وقد يحدث ذلك بطرائق متعددة، ولذا لا توجد صيغة وحيدة صالحة لجميع الحالات.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 4-10: عند وصل المقاومات على التفرع، يمكن إيجاد المقاومة المكافئة باستخدام صيغة معقدة (أنظر النص).

السيمنس Siemens

يُسمى مقلوب المقاومة بالقبولية conductance، ويُعبَّر عنه بوحدة السيمنس. ويُرمز إلى هذه الوحدة بالحرف غير المائل: S. ويُرمز إلى القبولية في العلاقات بالحرف المائل G. فإذا كانت القبولية مقدَّرة بالسيمنس، والمقاومة R مقدَّرة بالأوم، أمكن استخدام العلاقتين التاليتين:

$$G = 1/R$$

$$R=1/G$$

تُجمع قيم القبولية في الدارات التفرعية، كما تُجمع قيم المقاومات في الدارات التسلسلية. فإذا كانت G_1، G_2، ...، G_3 القبوليات المقدَّرة بالسيمنس، والمقابلة للمقاومات المربوطة على التفرع، فإن القبولية المركَّبة G، والمقدَّرة بالسيمنس أيضاً، تساوي

$$G = G_1 + G_2 + ... + G_n$$

يجد بعض الأشخاص أن العلاقة السابقة أسهل فهماً من علاقة المقاومات في الدارات التفرعية. ولكن إذا حاولنا حساب المقاومات التفرعية بتحويلها إلى قبوليات أولاً، ينبغي أن نتذكر تحويل القبولية الإجمالية إلى مقاومة في النهاية.

التيّارات في الفروع

لتكن لدينا دارة تفرعية ذات n فرع، مرتبطة بمنبع جهد مستمر، كالبطارية مثلاً (الشكل 4-11).

Éléments sous droits d'auteur

☑ الحل 4-7

نستخدم صيغة المقاومات التفرعية

$$R=1/[1/16 + 1/16+ 1/8+1/4+1/2+1] = 0.5\ \Omega$$

? المسألة 4-8

في سياق المسألة السابقة، حوّل قيم المقاومات إلى قبوليات، ثم احسب القبولية الناجمة عن جمع تلك المقاومات.

☑ الحل 4-8

إن قيم القبوليات، انطلاقاً من الجهة اليسرى نحو اليمين، هي: 1/8S، 1/16S، 1/16S، 1/4S، 1/2S، 1S. وبجمع هذه القبوليات نحصل على القبولية الإجمالية G كما يلي

$$G=1/16 + 1/16 + 1/8 + 1/4+1/2+1=2S$$

وتمثل هذه القيمة مقلوب المقاومة الإجمالية مقدرة بالأوم.

قانونا كيرشوف

وهما من أهم مبادئ شبكات التيّار المستمر، ويتعلقان بالتيّارات الواردة والصادرة من نقطة معينة، وبمجموع الجهود في حلقة مغلقة. ويسمى هذان القانونان غالباً بقانون كيرشوف الأول والثاني. كما يُطلق عليهما أيضاً اسم قانون كيرشوف في التيّار KCL وقانون كيرشوف في الجهد KVL على الترتيب.

قانون التيّار

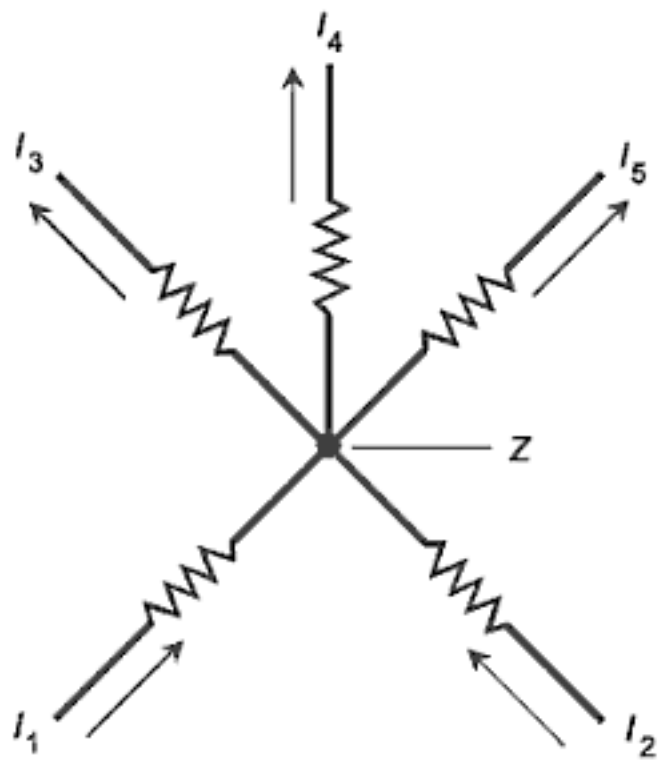
إن مجموع التيّارات الواردة إلى أي نقطة في دارة تيار مستمر يساوي مجموع التيّارات التي تخرج عن تلك النقطة. ويصح ذلك مهما كان عدد الفروع القادمة أو الصادرة عن تلك النقطة (الشكل 4-14). وينبغي التوثق عند إجراء الحسابات، من أن جميع التيّارات مقدرةً بالوحدة ذاتها.

ينشأ هذا القانون من حقيقة بديهية. وهي أن التيّار الكهربائي لا يمكنه الظهور من العدم، أو الاختفاء فيه. فهو كالماء في نظام الري. إن كمية الماء الواردة إلى نقطة معينة في أحد الأنابيب، ينبغي أن تخرج منها (وهذا صحيح حتى في حالة الأنابيب التي تعاني من التسريب).

Éléments sous droits d'auteur

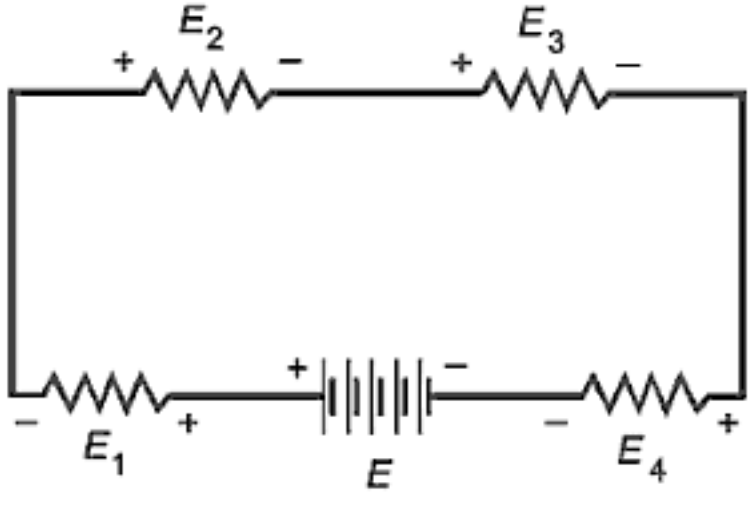
قانون الجهد

إن مجموع كافة الجهود عند الدوران في حلقة مغلقة ضمن دارة تيار مستمر معدوم، أي عند الانطلاق من نقطة ثابتة ثم العودة إليها من الجهة الأخرى، مع أخذ القطبية في الحسبان (الشكل 4-15). وكما هو الحال في قانون التيّار، ينبغي التوثق من أن جميع الجهود مقدَّرة بالوحدات ذاتها.



الشكل 4-14: قانون كيرشوف في التيّار. إن مجموع التيّارات الواردة إلى نقطة معينة Z يساوي مجموع التيّارات الصادرة عنها

ينشأ قانون كيرشوف في الجهد من حقيقة أن فرق الكمون بين طرفي نفس النقطة معدوم. ومنه، لا يوجد فرق كمون بين نقطتين تتصلان مباشرة بناقل مثالي (أي، بناقل معدوم المقاومة).



الشكل 4-15: قانون كيرشوف في الجهد. إن مجموع الجهود في حلقة مغلقة معدوم مع أخذ القطبية في الحسبان.

Éléments sous droits d'auteur

? المسألة 4-9

لندرس الشكل 4-16. ما هو التيّار I_2؟

✓ الحل 4-9

نستخدم قانون كيرشوف في التيّار. إن جميع قيم التيّارات مقدرة بالأمبير، بحيث لا ضرورة لتحويل أي منها لجعلها متجانسة. نحدّد أولاً التيّار الإجمالي I_{out} الخارج من نقطة التفريع

$$I_{out} = (4+5+7)\ A$$

$$= 16\ A$$

ويعني ذلك أن مجموع التيّارات الداخلة إلى نقطة التفريع I_{in} هو 16A. ولكننا نعلم قيمة تيارين داخلين إلى تلك النقطة، ولذا يمكن تحديد قيمة التيّار المجهولة I_2 باستخدام مفاهيم جبرية بسيطة

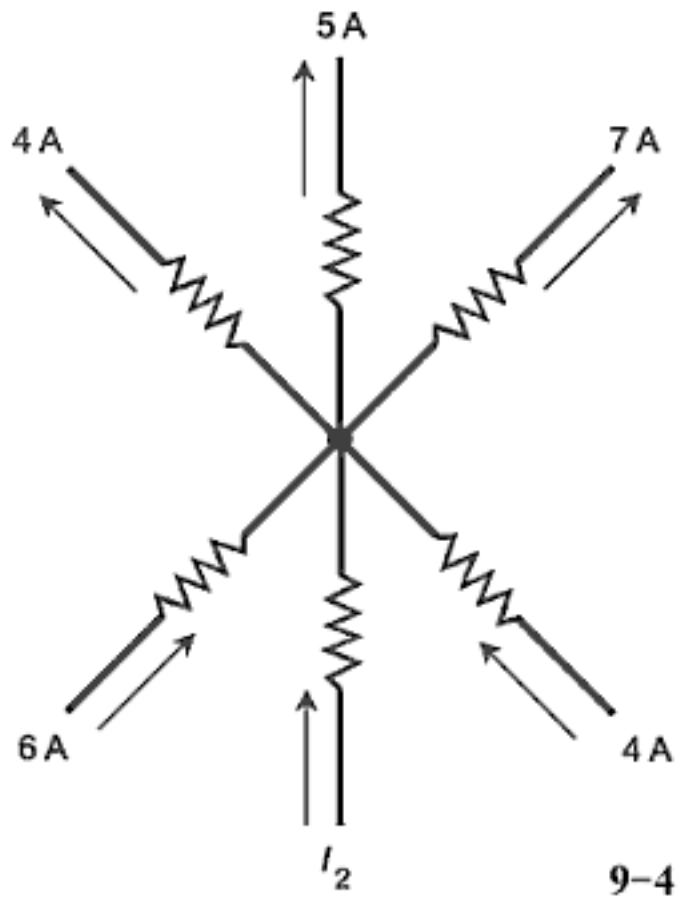
$$(6+ I_2+4)\ A = 16A$$

ومنه

$$I_2 = 6A$$

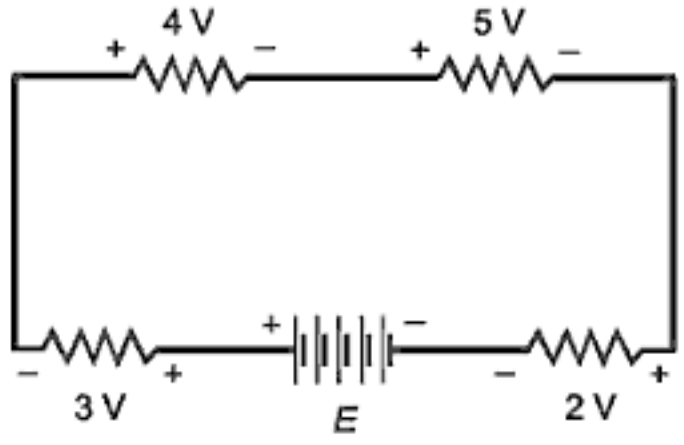
? المسألة 4-10

لندرس الشكل 4-17. ما هو جهد البطارية E؟



الشكل 4-16: شرح المسألة 4-9

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 4-17: شرح المسألة 4-10

☑ الحل 4-10

نستخدم قانون كيرشوف في الجهد. إن مجموع كافة الجهود في الدارة المغلقة معدوم، مع أخذ القطبية في الحسبان. ولذا نكتب

$$E + (3+4+5+2) = 0V$$

$$E + 14\ V = 0V$$

$$E = -\ 14\ V$$

إن النتيجة سالبة، لأننا اعتبرنا فرق الكمون بين طرفي المقاومات موجباً. إن قطبية الجهد عبر البطارية معاكسة لقطبية فروق الكمون عبر المقاومات.

الاختبار

يُسمح في هذا الاختبار باستخدام الكتاب، ويمكن للقارئ العودة إلى أي فقرة في هذا الفصل. إن الحصول على علامة 8، أي 8 إجابات صحيحة، يُعدّ أمراً جيداً. الإجابات موجودة في الملحق 1.

1. لندرس الشكل 4-18. تقدّم البطارية جهداً مقداره6V. ولنفترض أن لكل مصباح مقاومة مقدارها 120Ω. ما هي مقاومة المصباحين معاً، المربوطين على التفرع؟

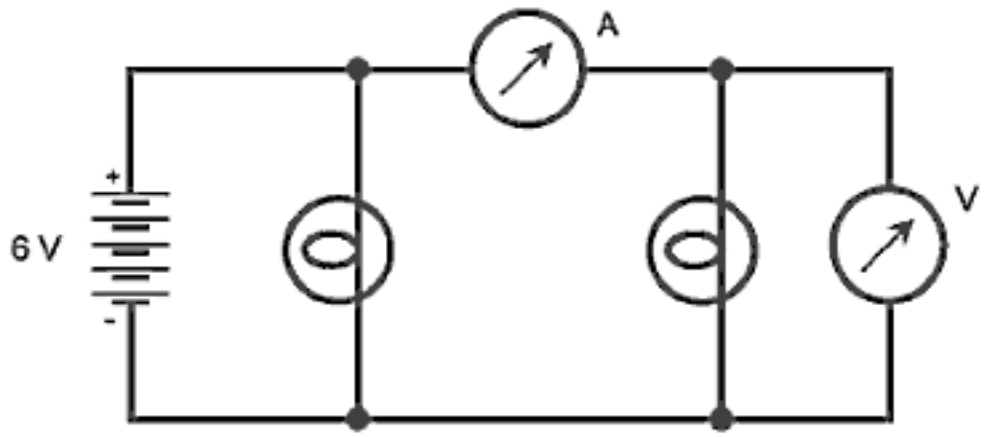
(a) لا يمكن تحديدها من هذه المعلومات.

(b) 240 Ω

(c) 120 Ω

(d) 60 Ω

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 4-18: شرح أسئلة الاختبار من 1 إلى 5

2. لنعد إلى الشكل 4-18. تقدِّم البطارية جهداً مقداره 6V. لنفترض أن مقاومة كل مصباح هي 120 Ω. ما هي قراءة مقياس التيّار؟

(a) لا يمكن تحديد ذلك من هذه المعلومات.

(b) 50 m A

(c) 100 mA

(d) 200 mA

3. لنعد إلى الشكل 4-18. تقدِّم البطارية جهداً مقداره 6V. ولنفترض أن مقاومة كل مصباح هي 120Ω. ما هو التيّار الإجمالي المستجرّ من البطارية؟

(a) لا يمكن تحديد ذلك من هذه المعلومات.

(b) 50 m A

(c) 100 mA

(d) 200 mA

4. لنعد إلى الشكل 4-18. تقدِّم البطارية جهداً مقداره 6V. ولنفترض أن مقاومة كل مصباح هي 120Ω. ما هي قراءة مقياس الجهد؟

(a) لا يمكن تحديد ذلك من هذه المعلومات.

(b) 3V

(c) 6V

(d) 12V

5. لنعد إلى الشكل 4-18. تقدِّم البطارية 6V. ولنفترض أن مقاومة كل مصباح 120Ω. إذا احترق المصباح الأيسر مخلّفاً وراءه دارة مفتوحة، ماذا سيحدث لقراءة مقياس التيّار؟

(a) لا يمكن تحديد ذلك من هذه المعلومات.

(b) ستبقى كما هي.

Éléments sous droits d'auteur

الفصل 5

الخلايا والمدخرات

يمكن توفير الكهرباء بتفاعلات كيميائية. وثمة مصدر آخر مهم لها وهو أشعة الشمس. أما المصدر الثالث فهو الوقود الذي يمكن أكسدته للحصول على الطاقة. وننظر في هذا الفصل إلى طريقة توليد التيّار المستمر بواسطة هذه الطرائق.

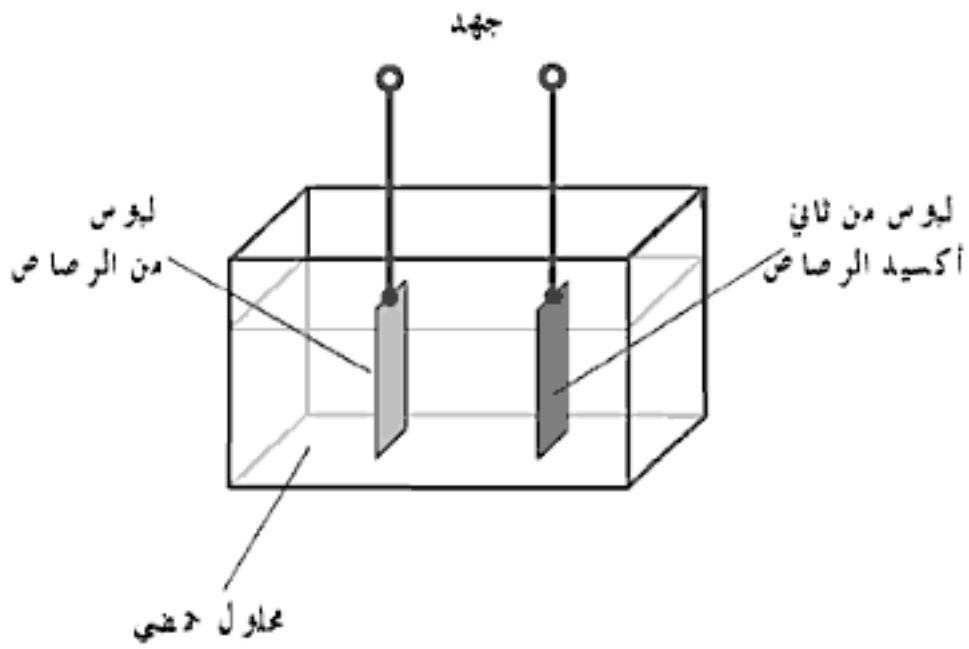
الإستطاعة الكهركيميائية

تحوّل الخلية الكهركيميائية الطاقة الكيميائية (وهي في هذه الحالة نوع من أنواع الطاقة الكامنة) إلى طاقة كهربائية. وعند ربط خليتين أو أكثر على التسلسل، نحصل على بطارية كهركيميائية. تُستخدم الخلايا الكهركيميائية والمدّخرات في التجهيزات الكهربائية المحمولة، وفي أقمار الاتصالات الصناعية، وفي مصادر الطاقة في حالات الطوارئ.

الطاقة الكهركيميائية

يبيِّن الشكل 5-1 مثالاً عن خلية حمض - رصاص. إذ يُغمر فيها لبوس من الرصاص ولبوس من ثاني أكسيد الرصاص في محلول حمض الكبريت، يسمى المتحلل الكهربائي electrolyte. ويحدث بين هذين اللبوسين فرق في الكمون يمكنه من تمرير تيار عبر الحمل. يعتمد التيّار الأعظمي الممكن تقديمه على الحجم الكتلي للخلية. ففي بطارية مصنوعة من خلايا حمض - رصاص، يتعلق الجهد بعدد الخلايا.

d'auteur



الشكل 5-1: خلية حمض – رصاص

وإذا رُبطت خلية حمض – رصاص بحمل لمدة قصيرة، ينقص التيّار تدريجياً، ويصبح اللبوسان مطليين، وتتغير طبيعة الحمض أيضاً. وقد يتحول كامل الطاقة الكيميائية المحتواة في الحمض إلى طاقة كهربائيـــة، ثم ينخفض التيّار إلى الصفر، ويختفي فرق الكمون بين اللبوسين.

الخلايا الأساسية والثانوية

ينبغي استبعاد بعض الخلايا الكهركيميائية، بعد تحويل كامل طاقتها الكيميائية إلى كهرباء واستعمالها. يسمى هذا النوع من الخلايا بالخلايا الأساسية primary. ويمكن لأنواع أخرى من الخلايا، مثل وحـــدة الحمض – الرصاص الموصوفة سابقاً، استرجاع طاقتها الكيميائية ثانيةً بإعادة شحنها. تسمى مثـــل هـــذه الخلايا بالخلايا الثانوية.

تحوي غالبية الخلايا الأساسية على لصاقة كيميائية تمتد فوق اللبوسين المعدنيين. وتسمى الخلايا تبعاً لها باسم الخلية الجافة، أو خلية التوتياء – الكربون، أو الخلية القلوية.

ويمكن العثور على هذه الخلايا في المخازن والمحلات التجارية. كما يمكن العثور على بعض الخلايـــا الثانوية في تلك المحلات، وهي أغلى ثمناً من الخلايا الجافة العادية، وقد يصل ثمن جهاز الشحن إلى عـــدة دولارات. يمكن استخدام هذه الخلايا القابلة للشحن مئات المرات، ولذا فهي أوفر اقتصادياً مـــن الخلايـــا السابقة، حتى لو أخذنا في الحسبان ثمن الخلايا والشاحن معاً.

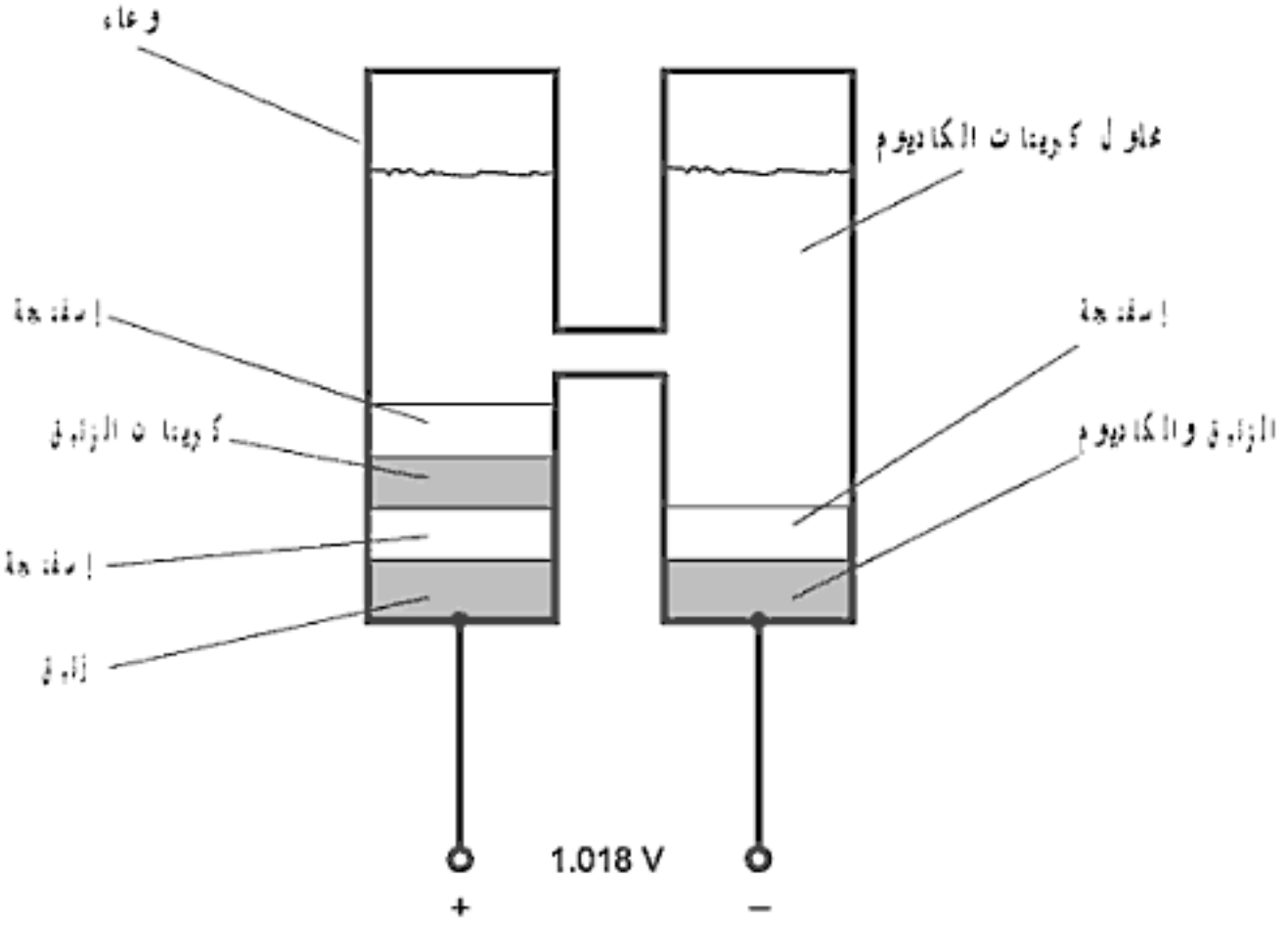
تُصنع بطارية السيارة من خلايا ثانوية تُربط على التسلسل. ويُعاد شحن تلك الخلايا من منوِّب العربة، أو من وحدة شحن خارجية. وتحوي هذه البطارية عدة خلايا مشابهة لتلك الموضحة في الشـــكل 5-1. ولا يجوز قصر أطراف تلك البطارية، أو تعريضها إلى حمل مرتفع للغاية (أي طلب تمرير تيار عالٍ منها)، فقـــد يؤدي ذلك إلى احتراق الحمض. وفي الواقع، لا يُنصح أبداً بقصر أي بطارية أو خلية، إذ قد يؤدي ذلك إلى انفجارها أو نشوب حريق.

Éléments sous droits d'auteur

الخلية القياسية

تولّد معظم الخلايا فرق كمون بين لبوسيها الموجب والسالب، يتفاوت بين 1V و1.8V. ويولّد بعض أنواع الخلايا قيم جهد دقيقة وقابلة للتنبؤ. تسمى تلك الخلايا بالخلايا القياسية.

ومثال ذلك الخلية القياسية وستون Weston، التي تولّد جهداً مقداره 1.018V عند درجة حرارة الغرفة، وتستخدم متحللاً كهربائياً وهو كبريتات الكادميوم، ويُصنع اللبوس الموجب من كبريتات الزئبق، أما اللبوس السالب فيُصنع من الزئبق والكادميوم (الشكل 5-2).



لشكل 5-2: الخلية القياسية وستون

وعند تصنيع خلية وستون القياسية، واستعمالها عند درجة حرارة الغرفة، يبقى جهدها ثابتاً دوماً. ويسمح ذلك باستخدامها كجهد قياسي.

سعة التخزين

لكل خلية أو بطارية مقدار معين من الطاقة الكهربائية،التي تُقاس بوحدة الواط الساعي Wh أو الكيلو واط الساعي (kWh) وتُحسب غالباً بواسطة علاقة تكامل رياضية للتيار المقدَّم خلال الزمن، ويُقدَّر ذلك بوحدة الأمبير الساعي (Ah). للحصول على مقدار الطاقة، المقدَّرة بالواط الساعي، يُحسب جداء المقدار المقيس بالأمبير الساعي بجهد البطارية.

Éléments sous droits d'auteur

تستطيع بطارية تقدّم 20 أمبيراً ساعياً توفير تيار شدته 20A لمدة ساعة كاملة، أو توفير تيار شدته 1A لمدة 20 ساعة، أو تيار شدته 100mA لمدة 200 ساعة. وثمة عدد غير محدود من التركيبات (تيار/زمن)، والتي يمكن استخدامها جميعاً في الحياة العملية، ماعدا بعض الحالات الحدّية. تمثل الحالات الحدّية التيّار الأعظمي الممكن تقديمه، والعمر الأعظمي shelf life. والعمر الأعظمي هو المدة الزمنية التي يمكن خلالها استخدام البطارية إذا لم تُربط بأي حمل. وقد يصل العمر الأعظمي إلى عدة سنوات. أما التيّار الأعظمي الممكن تقديمه فهو شدة التيّار العظمى الذي تقدّمه البطارية عبر حمل لا يمثل هبوط جهد ملموس، بسبب مقاومة البطارية الداخلية، وبدون أن يؤدي ذلك إلى حدوث حريق أو انفجار.

القطبية

لكل بطارية أو خلية قطب موجب وآخر سالب. ويتدفق التيّار نظرياً (واصطلاحاً)، كما عرّفه الفيزيائيون، من قطب البطارية أو الخلية الموجب إلى قطبها السالب، عند ربطها في دارة كهربائية. وتتحرك الإلكترونات، من القطب السالب نحو القطب الموجب.

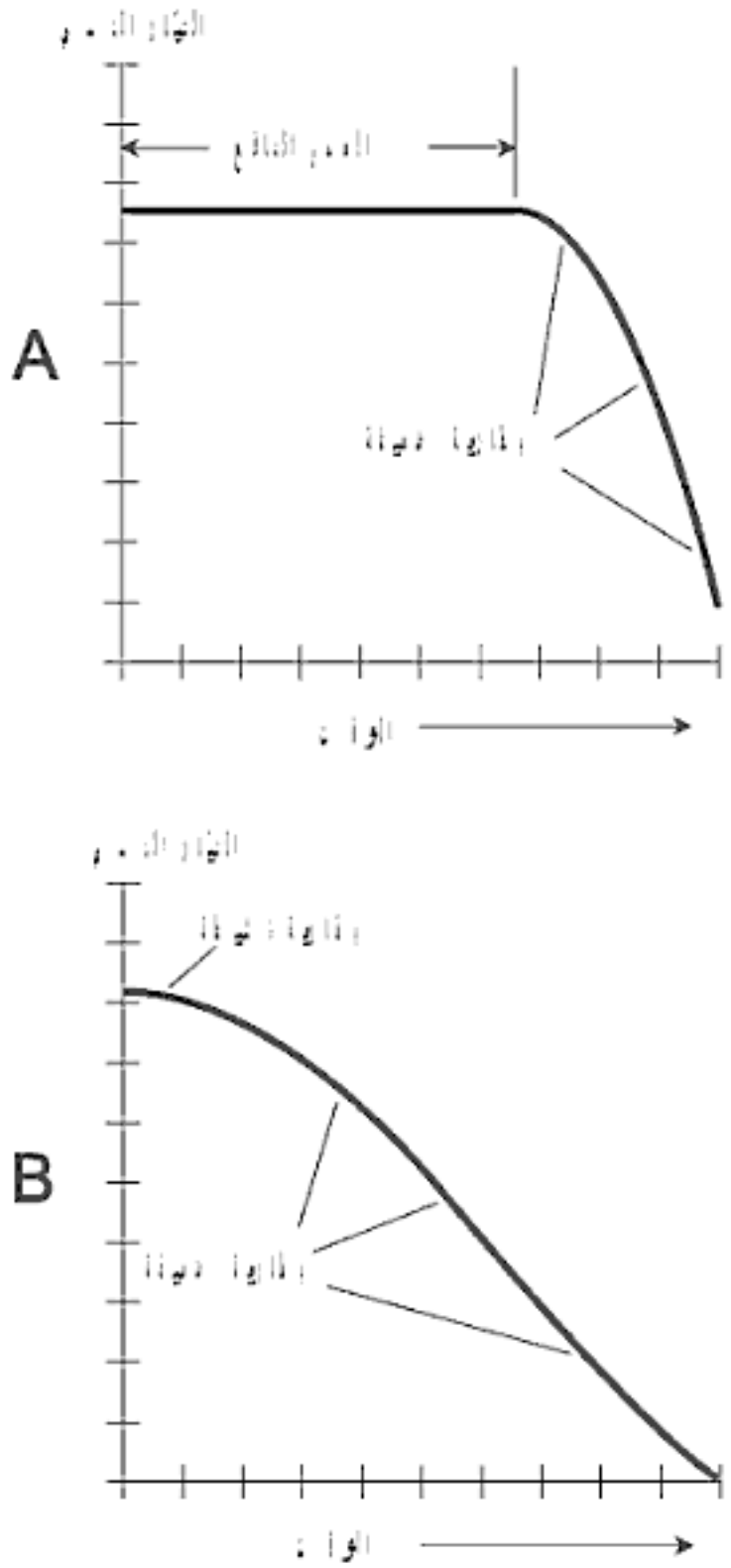
لا يهم، في بعض النظم الكهربائية، قطبية التيّار المستمر. ففي مصباح الإضاءة lantern، يمكن ربط البطارية بأي اتجاه، وسيضيء المصباح في الحالتين، ما دام موصولاً إلى البطارية وصلاً جيداً. وإذا غيّرنا ترتيب الخلايا الموصولة بالمصباح، سيبقى المصباح مضيئاً ما دامت يلامس طرفي الخلايا، وسيعمل المصباح بالطريقة ذاتها التي كان يعمل بها قبل "عكس" ترتيب الخلايا. ولكن إذا عكسنا وصل خلية واحدة في بطارية مؤلفة من خليتين متماثلتين، فلن يضيء المصباح بسبب انعدام الجهد الذي تقدّمه مجموعة الخليتين مع بعضهما.

وفي معظم الأجهزة الكهربائية، تُعدّ قطبية البطارية أمراً حاسماً وينبغي ربط البطارية أو الخلية في دارة معينة بطريقة "سليمة"، وإلا، فلن يقوم النظام أو الجهاز بعمله. بل قد يؤدي ذلك إلى إلحاق الضرر ببعض مكوّناته. ونذكر مثالاً على الأجهزة الإلكترونية المحمولة التي تتأثر بقطبية البطارية: المستقبلات والمرسلات الراديوية، وأدوات التحكم عن بعد، والهواتف الخلَوية، وأجهزة النداء الآلي pager، والمسجّلات، وقارئات الأقراص المدمجة (CD)، والأقراص الفيديوية الرقمية (DVD)، والساعات الكهربائية، والحواسيب المحمولة (وهذه القائمة ليست شاملة، بل هي للمثال فقط).

منحنيات التفريغ

عند استخدام خلية أو بطارية مثالية، نحصل على تياراً ثابتاً لمدة معينة، ثم يبدأ التيّار بالنقصان. وتقترب بعض أنواع الخلايا والمدّخرات من هذا السلوك المثالي، وتخضع عندئذ لمنحنى تفريغ مسطّح (الشكل 5-3- A). ويتناقص تيار بعض المدخرات الأخرى تدريجياً من بداية الاستخدام، وفق منحنى التفريغ المتناقص (الشكل 5-3-B).

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 5 – 3: (A) منحنى التفريغ المسطّح. (B) منحنى التفريغ المتناقص.

عندما ينقص التيّار المقدَّم من البطارية إلى نصف قيمته البدائية، تُوصف البطارية بالضعف أو الانخفاض. وعندئذٍ ينبغي الاستعاضة عنها. يُسمح بالعمل حتى نفاذ التيّار كلياً وعندها يُقال عن البطارية إنها ميتة. وإذا كانت البطارية قابلة الشحن، فتُوصف بالناضبة.

Éléments sous droits d'auteur

المنغيز والكربون. إن خلايا التوتياء – الكربون رخيصة الثمن، ويمكن استخدامها على درجات حرارة معقولة، وفي التطبيقات التي تستجر تياراً متوسطاً أو عالياً. ولا يمكن استخدامها في البيئات الشديدة البرودة.

الخلايا القلوية

تُستخدم في الخلايا القلوية توتياء حبيبية للقطب السالب، ومتحلّل كهربائي مصنوع من هيدروكسيد البوتاسيوم، وقطب موجب مصنوع من مادة تسمى المقطّب polarizer. يمكن للخلية القلوية العمل عند درجات حرارة منخفضة أقل من خلية التوتياء – الكربون، وهي تعيش مدة زمنية طويلة في التجهيزات الإلكترونية المنخفضة التيّار، ويُفضَّل إذاً استخدامها في أجهزة الراديو الترانزستورية والآلات الحاسبة، وقارئات الكاست المحمولة. إن العمر الأعظمي لهذه الخلايا أعلى بكثير من خلية التوتياء – الكربون.

الترانزستور

المدّخرات الترانزستورية هي مدّخرات صندوقية الشكل، وصغيرة لها مرابط قابسة في الأعلى. تقدِّم هذه المدّخرات جهداً قدره 9V وهي مؤلفة من 6 خلايا توتياء – كربون، أو خلايا قلوية، مربوطة على التسلسل. تُستخدم المدّخرات الترانزستورية في الأجهزة الإلكترونية ذات التيّار المنخفض جداً، والتي تعمل بطريقة متقطعة، مثل أجهزة فتح الأبواب المتحكم بها لاسلكياً، وأدوات التحكم عن بعد، للمسجلات والتلفزيونات، وكواشف الدخان، والحاسبات الإلكترونية.

مصابيح الإضاءة lantern

إن المدّخرات المصباحية أكبر حجماً، وهي قادرة على تقديم تيار عال. يحوي أحد أنواعها ملامس نابضية في الأعلى، ويملك النوع الآخر أطراف قابلة للربط. وبالإضافة إلى احتوائها على مصباح قابل للتوهج، يُضاء لمدة زمنية وجيزة، تقدِّم هذه المدّخرات طاقة كافية لتشغيل أجهزة الاتصالات الراديوية الثنائية الاتجاه وذات الاستطاعة المنخفضة، ولها عادةً جهد قدره 6V ناتج عن جمع 4 خلايا توتياء – كربون، أو خلايا قلوية على التسلسل.

أكسيد الفضة

تُصنع خلايا أكسيد الفضة على شكل أزرار، ولذا فهي تسمى أحياناً بخلايا الأزرار button cells على الرغم من تصنيع أنواع أخرى من الخلايا أيضاً بالشكل ذاته. تناسب هذه الخلايا ساعات اليد أو الآلات الحاسبة الصغيرة، والكاميرات الصغيرة، ولها أشكال متنوعة من حيث الحجم والثخن. وهي تقدِّم جهداً قدره 1.5V، وتُعدّ مخزن طاقة مثالي بالنسبة إلى وزنها. ولهذه الخلايا منحنى تفريغ مسطح. ويمكن جمع خلايا أكسيد الفضة لتشكيل مدّخرات بحجم الخلايا AA الأسطوانية.

Éléments sous droits d'auteur

الزئبق

تتمتع الخلايا الزئبقية، التي تسمى أيضاً بخلايا أكسيد الزئبق، بميزات مماثلة لخلايا أكسيد الفضة. وهي تُصنع على نفس هيئة الأزرار. ويكمن الاختلاف الرئيسي، والذي لا يُعدّ جوهرياً، في الجهد الأقل نوعاً ما، الذي تقدّمه كل خلية والذي يساوي تقريباً 1.35V.

لقد تراجعت شعبية هذه المدخرات والخلايا في السنوات الأخيرة، بسبب استخدامها الزئبق وهو مادة سامة. وعند التخلص من الخلايا الزئبقية، ينبغي اتخاذ مجموعة من الإجراءات الوقائية التي تمليها القوانين، والتي تختلف من منطقة إلى أخرى. فإذا كان لدينا خلايا أو مدّخرات نشك باحتوائها على الزئبق، ينبغي الاتصال بقسم جمع القمامة المحلي، والحصول على التعليمات المتعلقة بالتخلص من مثل هذه المدخرات أو الخلايا.

الليثيوم

تقدّم خلايا الليثيوم جهداً قدره 1.5V أو 3.5V تبعاً للمواد الكيميائية المستخدمة. وتماثل هذه الخلايا، خلايا أكسيد الفضة، إذ يمكن جمعها للحصول على المدّخرات. تتمتع خلايا ومدّخرات الليثيوم بعمر أعظمي أكبر، ويمكن أن تدوم عدة سنوات في التطبيقات ذات التيّار المنخفض جداً، وهي تقدّم إمكانية تخزين طاقة ممتازة مقارنةً بحجمها الوحدوي.

حمض – رصاص

تستخدم خلايا ومدّخرات حمض – رصاص حمض الكبريت متحلّلاً كهربائياً، وتستخدم لبوساً سالباً مصنوعاً من الرصاص ولبوساً موجباً من أكسيد الرصاص. تحوي بعض مدّخرات حمض الرصاص متحللاً كهربائياً، يُكثف على نحو معجون، وهي تُستخدم أحياناً في التجهيزات المنزلية التي تتطلب تياراً متوسطاً، مثل الحواسيب المحمولة أو الحواسيب بحجم اليد، وقارئات الأقراص الفيديوية المحمولة. وهي تُستخدم أيضاً في وحدات التغذية غير القابلة للانقطاع (UPS) المستعملة في نظم الحواسيب المكتبية.

النيكل

تتوفر الخلايا والمدّخرات المعتمدة على النيكل بتشكيلات مختلفة. ويمكن أن تتوفر الخلايا الأسطوانية في حجوم AAA وAA وC وD، مثل خلايا التوتياء – الكربون والخلايا القلوية. تُستخدم الخلايا المعتمدة على النيكل، والتي شكلها مثل الأزرار، في الكاميرات والساعات، وتطبيقات تخزين الذاكرة الاحتياطي، وفي الأجهزة التي تهتم بالحجوم الصغيرة. أما الخلايا السائلة، فهي تُستخدم في تطبيقات الحمل الثقيل، إذ تتمتع بطاقة تخزين تصل إلى 1000 Ah، وقد تكون معلّبة في صناديق. أما الخلايا الفضائية، فهي تُصنع في علب بالغة القسوة، ومعزولة حرارياً، بحيث تستطيع مقاومة درجات الحرارة والضغط خارج المجال الأرضي.

Éléments sous droits d'auteur

تتوفر مدخرات النيكل – الكادميوم (NICAD) في تعليب يشبه الصناديق بحيث يمكن قبسها في أي تجهيزة لتكون جزءاً من حاوية الجهاز ذاته. ومثال ذلك، حزمة المدّخرات المستخدمة في التجهيزات الراديوية المحمولة. ولا يجوز أبداً ترك هذا النوع من المدّخرات موصولاً إلى الحمل بعد أن تصبح البطارية فارغة، فقد يسبّب ذلك عكس قطبية خلية واحدة أو أكثر. وعند حدوث ذلك، لن يعود بالإمكان إعادة شحن البطارية، ولن تعود قابلة للاستخدام ثانيةً. وعند تفريغ خلية أو بطارية NICAD، ينبغي إعادة شحنها في أقرب وقت ممكن.

يمكن للمدّخرات والخلايا المصنوعة من هيدريد المعدن – النيكل (NIMH) حلول مكان وحدات الـ NICAD مباشرةً في معظم التطبيقات. ويُفضَّل في الواقع استخدام هذه المدّخرات بسبب عدم احتوائها على المادة السامة (الكادميوم). ويعتقد بعض المهندسين أن المدخرات NIMH قد تقدِّم أيضاً سلوكاً أفضل عند شحنها وتفريغها باستمرار.

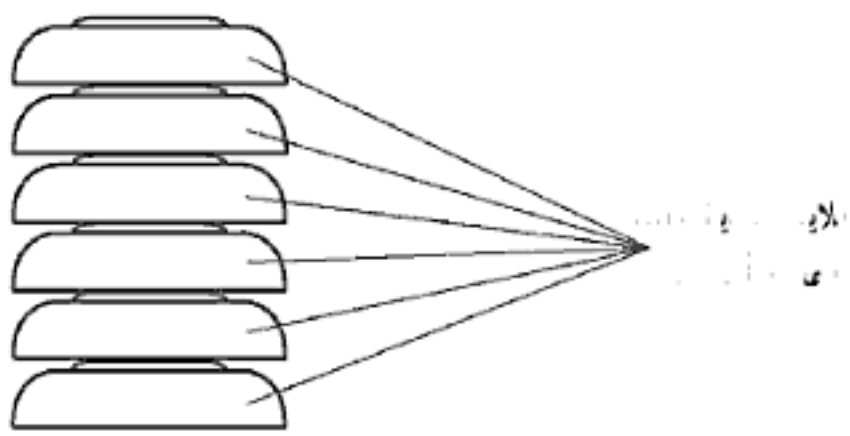
? المسألة 5-4

لنفترض أننا نودّ الحصول على بطارية بجهد قدره 9V من تجميع خلايا أكسيد الفضة.

ما هو عدد الخلايا اللازمة؟ كيف يمكن التأكد من صحة القطبية؟

✔ الحل 5-4

تولّد خلية أكسيد الفضة الواحدة جهداً قدره 1.5V. ولذا، نحتاج إلى 6 خلايا لتحقيق المطلوب، أي: 1.5x6=9V. ومن المهم أن تُرتَّب كافة الخلايا الافرادية المعلّبة على شكل الأزرار، بحيث تكون موجَّهة بالاتجاه ذاته (كما هو الحل في الشكل 5-6). ومن المهم أيضاً الانتباه إلى القطبية عند استخدام هذه البطارية. وينبغي تحديد وجهي كل خلية ووضع إشارة (+) أو إشارة (–) على كل منهما. وإذا لم يكن ذلك ممكناً، يجب اختيار البطارية لتحديد قطبيتها، بواسطة أي مقياس جهد، زهيد الثمن، المتاح في مخازن العتاد أو محلات الإلكترونيات.



الشكل 5- 6: شرح المسألة 5-4

Éléments sous droits d'auteur

? المسألة 5 - 5

لنفترض أننا لم نعثر على خلايا أكسيد الفضة، المعلّبة على نحو أزرار، وأن المتوفر فقط هو الخلايا الزئبقية.

ما هو عدد الخلايا اللازمة للحصول على جهد 9V؟

✔ الحل 5 - 5

لحل هذه المسألة، نقسّم أولاً الجهد 9V على 1.35V، وهو الجهد الذي تقدمه الخلية الزئبقية الواحدة. فنجد

$$\frac{9v}{1.35v} = 6.67$$

من الواضح عدم إمكانية تجميع عدد كسري من الخلايا (وإن كان بالإمكان تقسيم الخلايا، فإننا لن نفكر بذلك في حالة الخلايا الزئبقية، لأنها لن تغيّر جهدها!). ولذلك يمكننا إجراء أحد أمرين: اختيار الجهد: 1.35 × 6 = 8.1V، أو الجهد 1.35 × 7 = 9.45V. وفي معظم التطبيقات، يمكن للخيارين المذكورين سدّ الحاجة.

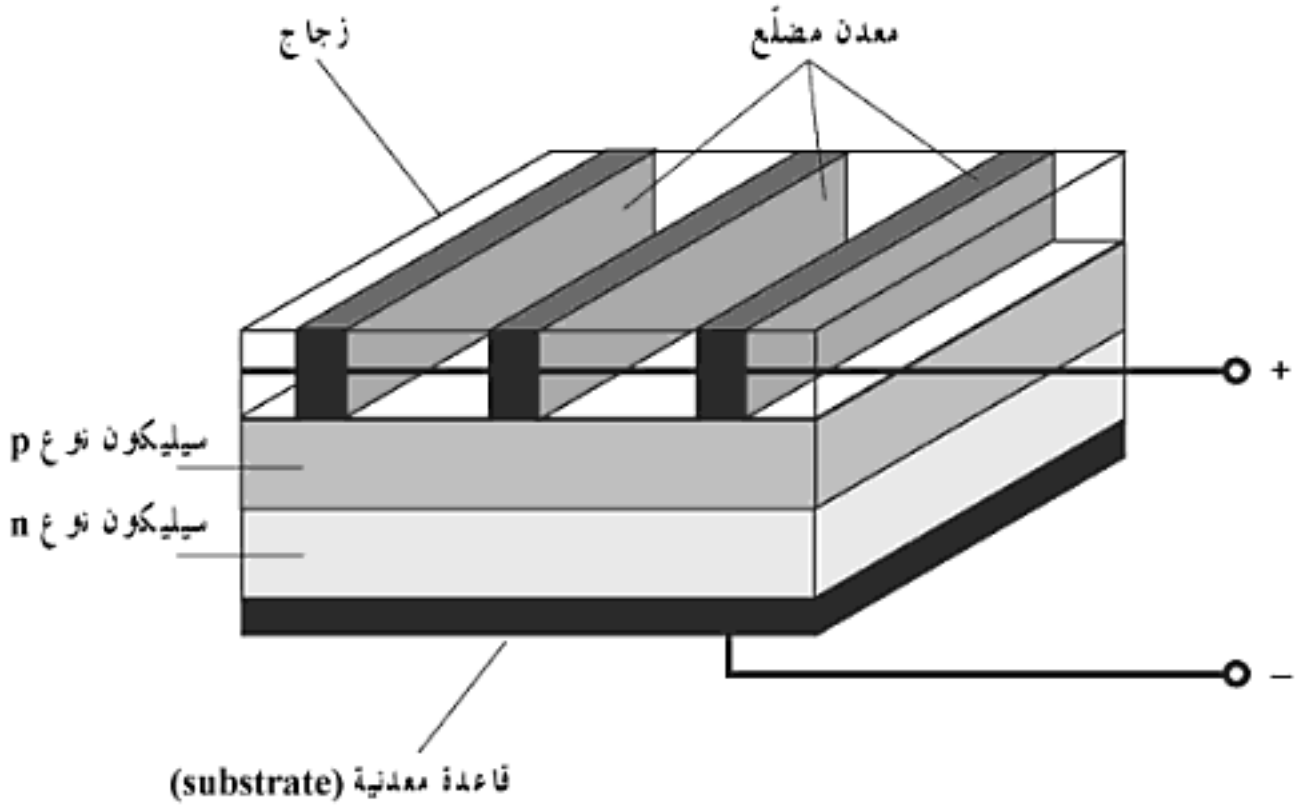
خلايا الجهد الضوئية photo voltaic

يُطلق اسم خلية جهد ضوئية PV على أي عنصر نصف ناقل، يستطيع تحويل الضوء المرئي، أو الأشعة تحت الحمراء، أو الأشعة فوق البنفسجية مباشرةً إلى الكهرباء. ويختلف هذا النوع من الخلايا كلياً عن الخلية الكهركيميائية. وتُعرف هذه الخلايا عموماً باسم الخلية الشمسية. يمكن جمع خلايا الجهد الضوئية للحصول على مدّخرات جهد ضوئية، بهدف توفير خرج الجهد أو الطاقة المناسبين.

العمل

يوضح الشكل 5 – 7 البنية الأساسية للخلية PV المصنوعة من السيليكون، وهي تتألف من مادتين معالجتين معالجةً خاصة، تسميان: السيليكون من النوع n، والسيليكون من النوع p. يُغطى السطح الأعلى بمادة شفافة تسمح بمرور الضوء إلى المادة p. تُوصل قطع معدنية مضلّعة تمثل القطب الموجب، بواسطة أسلاك دقيقة. أما القطب السالب، فهو دعامة معدنية تسمى الركيزة substrate، يُوضع بتماس مع المادة n.

Éléments sous droits d'auteur



الشكل 5 – 7: بناء خلية جهد ضوئية من السيليكون.

عند ورود الضوء المرئي، أو الأشعة تحت الحمراء، أو الأشعة فوق البنفسجية، إلى السطح الفاصل بين المادتين N، P (والذي يُعرف باسم الوصلة P، N)، ينشأ فرق في الكمون، وتتغير شدة التيّار الصادر عن الخلية PV، مع ثبات الحمل، تغيراً مباشراً مع شدة ذلك الضوء إلى أن يبلغ قيمة معينة. وبعدئذ، تصبح الزيادة أشد تدرجاً، ثم تصل إلى حد أعظم يسمى تيار الإشباع. وتسمى نسبة طاقة الخرج المتاحة إلى طاقة الضوء الواردة إلى الخلية الضوئية بمردود تحويل الخلية.

تولّد خلايا السيليكون الشمسية جهداً قدره 0.6 V عند تعرضها إلى ضوء بشدة كافية، وإن تطلب الأمر استجرار تيار ضعيف جداً، فأنها لا تحتاج إلى ضوء ساطع للحصول على قيمة الجهد العظمى. ومع ازدياد استجرار التيّار، يُحتاج إلى ضوء أشد سطوعاً للحصول على قيمة الجهد العظمى. وثمة حدّ أعظم للتيار يمكن للخلية تقديمه، وإن ازداد الضوء سطوعاً. ويعتمد ذلك الحدّ على مساحة الخلية. وإذا اضُطر الأمر إلى قيمة تيار تفوق ما يمكن للخلية تقديمه، يمكن وصل أكثر من خلية واحدة على التفرع. وإذا احتجنا إلى جهد أعلى من الجهد الذي تقدمه الخلية الواحدة، يمكن وصل عدة خلايا على التسلسل.

اللوحات الشمسية

يمكن جمع الخلايا الشمسية على التسلسل والتفرع للحصول على لوحة شمسية. وتسمى التشكيلات التي تضم عدداً كبيراً من الخلايا PV بالمصفوفات PV أو الصفيفات PV (arrays). فعلى سبيل المثال، يمكن الحصول عند ربط 50 مجموعة على التفرع، بحيث تحوي كل مجموعة 24 خلية موصولة على التسلسل، على جهد إجمالي مقداره 13 V، وبتيار مرتفع. وقد يصل حجم بعض اللوحات الشمسية الضخمة إلى مئات الأمتار المربعة.

بالمدّخرات والخلايا التقليدية. ومن هذه التجهيزات، أجهزة الراديو المحمولة، والمصابيح، والحواسيب المحمولة.

أنواع أخرى من الوقود

ليس الهيدروجين المادة الكيميائية الوحيدة الممكن استخدامها لصنع خلية وقود، إذ يمكن استخدام أي مادة قابلة للانضمام إلى الأكسجين لتشكيل الطاقة.

الميتانول، وهو شكل من أشكال الكحول يتميز بسهولة نقله، وتخزينه مقارنةً بالهيدروجين، بسبب توفره كسائل على درجة الحرارة العادية. والبروبان هو مادة كيميائية أخرى، يمكن استعمالها في خلايا الوقود. وتُخزَّن هذه المادة في الحالة السائلة في حاويات، تُستخدم في الرحلات والتطبيقات المنزلية. وقد يُستخدم أيضاً الميتان، والذي يُعرف باسم الغاز الطبيعي، للغاية ذاتها.

يعارض بعض العلماء والمهندسين استخدام هذا الوقود، بسبب التشابه بينه وبين الوقود التقليدي الشائع الاستخدام، كالبروبان والميتان، والذي يرغب الناس في التخلص منه حفاظاً على البيئة. أضف إلى ذلك، فإن هذا الوقود مشتق مما يسمى بمصادر وقود المستحاثات، والتي تتعرض إلى النضوب عاجلاً أم آجلاً.

تقنية واعدة

لم تحلّ، إلى الآن، خلايا الوقود محلّ الخلايا الكهركيميائية والمدّخرات التقليدية. والسبب الرئيسي لذلك هو الكلفة. فالهيدروجين هو العنصر الأكثر توفراً والأبسط في العالم، ولا يولّد أي مواد ثانوية سامة. وقد يبدو ذلك للوهلة الأولى الخيار المثالي لاستخدامه في خلايا الوقود.

ولكن ثبتت صعوبة تخزين الهيدروجين ونقله وارتفاع كلفة ذلك. ويصح ذلك أيضاً في حالة خلايا الوقود والمكادس المؤلفة منها أو الموجهة لتشغيل النظم التي لا يمكن تثبيتها بأنابيب تغذية دائمة.

وثمة سيناريو مهم، اقترحه أحد مدرسي الفيزياء في السبعينيات، ينص على تمرير غاز الهيدروجين ضمن أنابيب قياسية إلى المنازل، وهي الأنابيب المستخدمة لنقل الميتان عادةً. ويتطلب ذلك تعديل النظام الحالي للتعامل مع الهيدروجين تعاملاً آمناً، فهو أخفّ من الميتان، وقد يتسرب عبر الشقوق الضيقة والفتحات بسهولة. ولكن قد يستخدم الهيدروجين، إذا تم الحصول عليه بكلفة معقولة وبوفرة مناسبة، لتغذية مكادس خلايا الوقود الكبيرة في المنازل والشركات. ويمكن تحويل التيّار المستمر المتولّد من هذا المكدس إلى تيار متناوب، بواسطة قالبات الاستطاعة ذاتها المستخدمة في الخلايا الضوئية المستخدمة في الخلايا الضوئية PV. ويصبح عندئذٍ حجم نظام الطاقة المنزلي كله مماثلاً لفرن الغاز.

Éléments sous droits d'auteur

Mc Graw Hill

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

عزّز معرفتك الكهربائية

الآن أصبح بمقدور أي شخص مهتم بالكهرباء، أن يبرع بها وبدون أي مشاكل. فعبر كتابه: **كشف أسرار الكهرباء**، يقدم ستان جيبيليسكو، صاحب أعلى أرقام مبيعات للكتب العلمية، طريقةً مبسطةً وفعّالةً لتطوير معرفتك الكهربائية التي تحرّك الكثير في حياتنا.

وعبر كتاب **كشف أسرار الكهرباء**، ستتمكّن من الموضوع خطوة خطوة وبالسرعة التي تناسبك. كما يقدم كتاب التعليم الذاتي الفريد هذا اختبارات وامتحانات في نهاية كل فصل لتحدد نقاط ضعفك، وفي النهاية يخضعك لامتحان نهائي مكوّن من 70 سؤالاً للتأكد من تمكّنك من المادة.

إذا أردت تعزيز معرفتك الكهربائية أو إنعاش معلوماتك حولها، إليك مقرّرٌ سريعٌ، وسهلٌ، ومسلٍ.

- تعرّف إلى ما الذي يوفر للكهرباء قوّتها
- حلّ المشاكل حول التيار، والڤولتية، والطاقة، والمقاومة
- ميّز العلاقة بين الكهرباء والمغناطيس
- إكتشف كيف يعمل الارتفاع المغناطيسي
- تعرّف إلى المصادر البديلة للكهرباء، مثل الطاقة الشمسية وخلايا الوقود
- إخضع للإختبار النهائي وقيّم نفسك

طريقة سهلة، وفعّالة، ومسلية لتتعلم عن الطاقة الكهربائية. إن كتاب «كشف أسرار الكهرباء» هو الحل السريع والأفضل لمعرفةٍ أعمق لإحدى أعظم القوى المسيّرة لحياتنا.

ISBN 9953-29-111-X
9789953291116

جميع كتبنا متوفرة على شبكة الإنترنت
في
نيل وفرات.كوم
www.neelwafurat.com

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers
www.asp.com.lb
ص. ب. 13-5574 شوران 2050-1102 بيروت – لبنان
هاتف: 785107/8 (1-961+) فاكس: 786230 (1-961+)
البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb

Éléments sous droits d'auteur