



# التيار الكهربائي

## الشحنات الكهربائية

درست أن المواد تتكون من ذرات، وأن الذرة تتكوّن من نواة تحوي بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة، وتدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة. وفي الذرة المتعادلة فإن عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة. وأن الذرة تشحن بشحنة سالبة، إذا كسبت إلكترونات إضافية، بينما تشحن بشحنة موجبة إذا فقدت إلكترونات، وأن الذرة المشحونة بشحنة موجبة أو سالبة تسمى **أيوناً** Ion.

**حركة الإلكترونات في المواد الصلبة** يمكن أن تنتقل الإلكترونات من ذرة إلى أخرى ومن جسم إلى آخر، ويُعدّ ذلك إحدى طرق انتقالها. فإذا دلكت بالوناً بالشعر، فإن إلكترونات تنتقل من ذرات الشعر، إلى ذرات سطح البالون وذلك لأن قوة ارتباط ذرات الشعر بإلكتروناتها أقل من قوة ارتباط ذرات البالون بإلكتروناتها. كما يُبيّن الشكل ١، وبذلك يصبح الشعر موجب الشحنة، أما البالون فيصبح سالب الشحنة. لذا، تنشأ قوة تجاذب بين البالون والشعر؛ ممّا يجعل أطراف الشعر تلتصق بسطح البالون. ويُسمّى عدم التوازن للشحنة الكهربائية على الجسم **الشحنة الكهربائية الساكنة** Static Charge.

**حركة الأيونات في المحاليل** في المحاليل تنتقل الشحنات بسبب حركة الأيونات بدلاً من حركة الإلكترونات. فملح الطعام يتكوّن من أيونات صوديوم،



**الشكل ١** البالون وفرو القطّة يؤثر كل منهما في الآخر بقوة كهربائية حتى من غير وجود تلامس بينهما.

## في هذا الدرس

### الأهداف

- **تصف** كيف يمكن أن يصبح جسم ما مشحوناً كهربائياً.
- **توضّح** كيف تؤثر شحنة كهربائية في شحنة كهربائية أخرى.
- **تميّز** بين المواد الموصلة للكهرباء والمواد العازلة لها.
- **تصف** كيف يحدث التفريغ الكهربائي (البرق على سبيل المثال).
- **تربط** بين الجهد الكهربائي، ومقدار الطاقة التي ينقلها التيار الكهربائي.
- **تصف** البطارية، وكيف تولّد تياراً كهربائياً.
- **توضّح** المقاومة الكهربائية.

### الأهمية

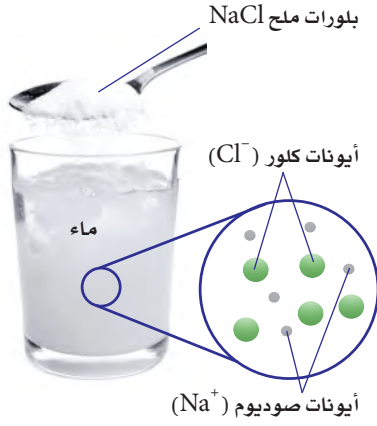
- يوفرّ التيار الكهربائي مصدراً ثابتاً للطاقة الكهربائية التي تعمل عليها الأجهزة الكهربائية المستخدمة يومياً.

### مراجعة المفردات

**طاقة وضع الجاذبية الأرضية:** الطاقة التي تُخزن في جسم ما نتيجة موضعه فوق سطح الأرض.

### المفردات الجديدة

- أيون
- المجال الكهربائي
- الشحنة الكهربائية
- التفريغ الكهربائي
- الساكنة
- التيار الكهربائي
- عازل
- الدائرة الكهربائية
- موصل
- الجهد الكهربائي
- أشباه موصلات
- المقاومة الكهربائية
- القوة الكهربائية

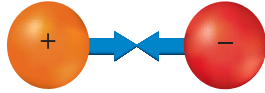


**الشكل ٢** عندما يذوب الملح (NaCl) في الماء فإن أيونات الصوديوم وأيونات الكلور تبتعد عن بعضها البعض وتصبح قادرة على حمل طاقة كهربائية.

وأيونات كلور، وعند ذوبان بلورات الملح في الماء، تتباعد الأيونات عن بعضها بعضاً وتنتشر بصورة متساوية داخل الماء مكونة المحلول، فتصبح الأيونات الموجبة والأيونات السالبة حرة الحركة انظر الشكل ٢.

**العوازل والموصلات** تقسم المواد من حيث توصيلها للكهرباء إلى مواد موصلة للكهرباء ومواد عازلة للكهرباء ومواد شبه موصلة للكهرباء. فالمادة التي لا يمكن للإلكترونات الحركة فيها بسهولة تسمى **عازل** Insulator. ومن الأمثلة عليها البلاستيك، والخشب. أما المواد التي يمكن للإلكترونات الحركة فيها بسهولة فتسمى **موصلة** Conductors. وتعدّ الفلزات، مثل الذهب والنحاس من أفضل الموصلات الكهربائية، لأن ارتباط إلكتروناتها بالنواة ضعيف. وهناك مواد تتصرف بعض الأحيان كعازل للكهرباء وبعض الأحيان كموصل تسمى هذه المواد **أشباه الموصلات** Semiconductors. ومن الأمثلة عليها الجرمانيوم والسليكون.

يصبح الجسم مشحوناً عند انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى ومن جسم إلى آخر فيصبح الجسم مشحون بشحنة موجبة عند انتقال الإلكترونات منه ويصبح مشحون بشحنة سالبة عند انتقال الإلكترونات إليه



الشحنات المختلفة تتجاذب



الشحنات المتشابهة تتنافر



الشحنات المتشابهة تتنافر

**الشكل ٣** تؤثر الشحنات الكهربائية بعضها في بعض بقوة كهربائية. وهذه القوة يمكن أن تكون تجاذباً أو تنافراً. **وضّح** كيف تتغير هذه القوى عندما تزداد كمية الشحنات على كل من الكرتين؟

فلا جسم اني تحمل سحبات مختلفه تجاذب بيما الاجسام اني تحمل شحنت متشابهة تتنافر. ويعتمد مقدار القوة الكهربائية بين جسمين مشحونين، على كل من المسافة بينهما، وكمية الشحنة على كل منهما، حيث تزداد هذه القوة كلما نقصت المسافة بينهما، وتزداد بزيادة شحنة أحدهما أو كليهما.

**المجال الكهربائي** تؤثر الشحنات الكهربائية في بعضها بقوى عن بعد، من خلال ما يُعرف **بالمجال الكهربائي** Electric Field، وهو الحيز الذي يحيط بالشحنة الكهربائية والذي تظهر فيه الآثار الكهربائية لتلك الشحنة. وتزداد قوة المجال الكهربائي كلما اقتربنا من الشحنة الكهربائية.

**الشحن بالحث** عندما تسير في يوم جاف فوق سجادة، ثم تلامس مقبض باب فلزي بيدك تشعر بلسعة كهربائية. فما سبب ذلك؟ حدث ذلك بين السجادة وحذائك في أثناء السير، فانتقلت الإلكترونات من السجادة إلى قدميك، ثم انتشرت على سطح جسمك وعندما اقتربت يدك من مقبض الباب، أثر المجال الكهربائي المحيط بالإلكترونات الموجودة على أطراف أصابعك في الإلكترونات الموجودة في مقبض الباب، وحركها بعيداً نحو الداخل، لأن المقبض مصنوع من مادة جيدة التوصيل للكهرباء، فبقيت شحنة موجبة على المقبض قريبة من يدك، ويُسمى هذا الفصل إلى شحنة موجبة وشحنة سالبة الناجم عن المجال الكهربائي، حث الشحنات. وإذا كان المجال الكهربائي بين يدك والمقبض قوياً بدرجة كافية، ستتزع الإلكترونات من يدك لتنتقل إلى مقبض الباب. وتُسمى هذه الحركة السريعة

تزداد هذه القوة بزيادة شحنة أحد الكرتين أو كليهما

**الشكل ٤** الشرارة المنطلقة بين أصابعك ومقبض الباب الفلزي تبدأ من قدميك. **حدد** مثلاً آخر على التفريغ الكهربائي.



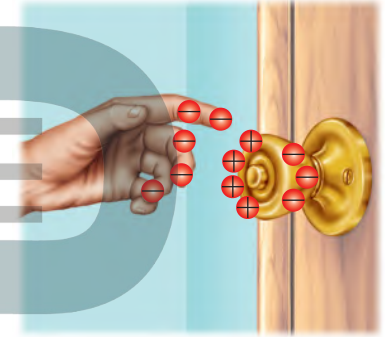
عندما تسير فوق سجادة فإن الاحتكاك بين السجادة وحذاءك يؤدي إلى إنتقال الإلكترونات من السجادة إلى أسفل الحذاء، ثم تتجه إلى أعلى لتنتشر على جسمك ومن ضمنه يديك.

للسحبات الفائضة من مكان إلى آخر **التفريغ الكهربائي** Electric Discharge، انظر الشكل ٤، ويُعدّ كل من البرق والصاعقة أمثلة على التفريغ الكهربائي.

**ماذا قرأت؟** كيف تعتمد القوة الكهربائية بين جسمين على المسافة بينهما؟

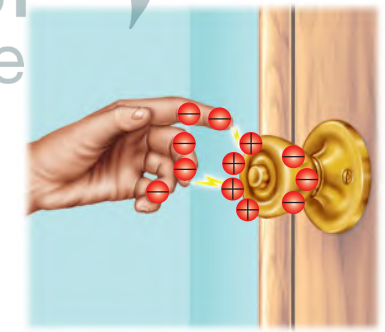
**لأن القوة الكهربائية تزداد كلما نقصت المسافة بين الجسيمات وتقل كلما بعدت المسافة بينهما**

من الطاقة الكهربائية في لحظة واحدة، كما يحدث في صاعقة البرق، بينما تحتاج الأجهزة الكهربائية - ومنها مصابيح الإنارة والثلاجات والمسجلات وغيرها - إلى مصدر طاقة كهربائي ثابت يمكن التحكم فيه. ويأتي هذا المصدر من خلال **التيار الكهربائي** Electric Current الذي يُعدّ تدفقاً للشحنات الكهربائية. وينتج التيار الكهربائي بسبب تدفق الأيونات التي يمكن أن تكون ذات شحنة موجبة أو شحنة سالبة. ويُقاس التيار الكهربائي في النظام الدولي للوحدات بوحدّة أمبير (A). ويُعدّ النموذج الذي يُمثّل تدفق الماء عبر منحدر بسبب قوة الجاذبية التي تؤثر فيه أفضل طريقة لتوضيح التيار الكهربائي. وبالمثل تتدفق الإلكترونات بسبب القوة الكهربائية المؤثرة فيها.



عندما تقرب يدك لإغلاق مقبض الباب الفلزي فإن الإلكترونات الموجودة على المقبض تتنافر مع الإلكترونات الموجودة على يدك وتتحرك مبتعدة، ويبقى جزء المقبض القريب من يدك مشحوناً بشحنة موجبة.

**نموذج الدائرة الكهربائية البسيطة** كيف يمكن الحصول على الطاقة من تدفق الماء؟ إذا قمنا بضخ الماء من سطح الأرض إلى أعلى بمضخة فإننا نزوده بطاقة وضع كما في الشكل ٥. وعند هبوط الماء من أعلى يمكن الحصول منه على هذه الطاقة مرة أخرى من خلال عجلة (تربين) تدور بفعل الماء، أي تتحوّل طاقة الوضع المخزنة في الماء إلى طاقة حركية، ثم يعود الماء مرة أخرى إلى المضخة. ولكي يتدفق الماء



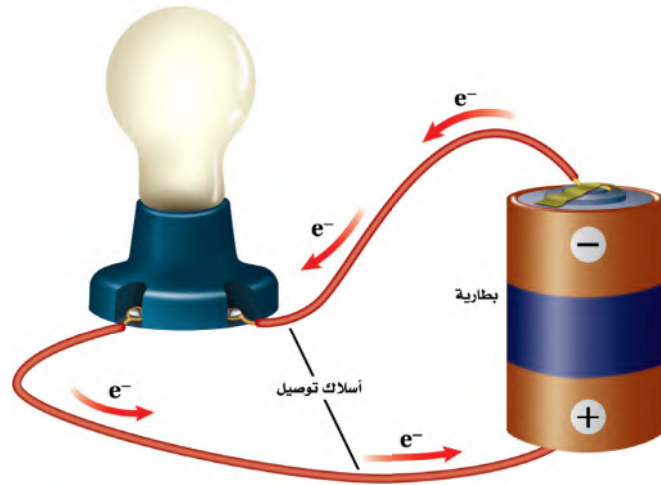
عندما تكون قوة الجذب الكهربائي بين الإلكترونات الموجودة على يدك والشحنة الموجبة المستحثة على مقبض الباب قوية بشكل كافٍ تنتزع الإلكترونات من يدك إلى المقبض. وعندئذ تشاهد ذلك على هيئة شرارة، وتشعر بلسعة كهربائية خفيفة.



**الشكل ٥** تزداد طاقة وضع الجاذبية الأرضية للماء عند رفعه فوق سطح الأرض باستخدام المضخة.



**الشكل ٦** إذا كان هناك مسار مغلق يسمح بتدفق الإلكترونات فإنها تتدفق خلاله خارجة من القطب السالب للبطارية، وعائدة إلى قطبها الموجب.



**تجربة عملية** التوصيل الكهربائي لفلزات مختلفة  
أربع إلى دراسة التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



باستمرار لا بد أن يتدفق في مسار مغلق. وكذلك في الكهرباء؛ فإن الشحنات الكهربائية لن تتحرك باستمرار إلا عبر حلقة موصلة مغلقة، تُسمى **الدائرة الكهربائية** Circuit.

**الدوائر الكهربائية** تتكوّن الدائرة الكهربائية في أبسط أشكالها من مصدر للطاقة الكهربائية، وأسلاك توصيل. ويبيّن الشكل ٦ الدائرة المكوّنة من بطارية بوصفها مصدرًا للطاقة الكهربائية، ومصباح كهربائي، وأسلاك توصيل تجعل الدائرة مغلقة. ويتدفق التيار الكهربائي عبر أسلاك التوصيل، ومنها السلك المتوهج داخل المصباح الكهربائي، ولا يتوقف إلا بحدوث قطع في الدائرة.

**الجهد الكهربائي** تعمل المضخة في نموذج دورة الماء على زيادة طاقة وضع الجاذبية الأرضية للماء عند رفعه من مستوى سطح الأرض، إلى مستوى مرتفع. وتقوم البطارية في الدائرة الكهربائية بعمل يُشبهه عمل مضخة الماء؛ إذ تزيد من طاقة الوضع الكهربائية للإلكترونات، والتي يتم تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة. **والجهد الكهربائي** Voltage للبطارية هو مقياس لمقدار ما يكتسبه كل إلكترون من طاقة وضع كهربائية. وكلما ازداد الجهد الكهربائي زاد مقدار طاقة الوضع الكهربائية التي يمكن أن تتحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة. ويُقاس الجهد الكهربائي بوحدة الفولت (V).

**ج1: عند تقريب المشط من الخليط على مسافة غير قريبة تنجذب حبيبات الفلفل وبعض بلورات الملح الصغيرة والتصقت بالمشط**  
**ج2: الفلفل أخف وزنا من الملح فينجذب ويلتصق بالمشط أما الملح فعند تقريب المشط منه أكثر فإنه ينجذب**

مرة أخرى. وقد يصل عدد هذه التصادمات إلى أكثر من ١٠ تريليون مرة خلال ثانية واحدة، لذا يمكن أن يحتاج الإلكترون إلى دقائق عديدة لكي يقطع مسافة ستمتر واحد داخل السلك.

## تجربة

### استقصاء القوة الكهربائية

#### الخطوات

١. ضع طبقة من الملح فوق الطبق.
٢. رش قليلاً من مسحوق الفلفل فوق الملح. لا تستعمل الكثير من الفلفل.
٣. ادلك مشطاً بلاستيكيًا بقطعة صوف.
٤. قَرّب المشط إلى خليط الفلفل والملح بلطف، ولاحظ ما يحدث.

#### التحليل

١. كيف استجاب كل من الملح و الفلفل مع المشط؟
٢. فسّر سبب استجابة الفلفل بصورة مختلفة عن استجابة الملح مع المشط.

في المنزل



### البطاريات القلوية

تُستخدم مواد كيميائية متعددة في صناعة البطاريات القلوية؛ إذ يُعدّ الخارصين (الزنك) مصدرًا للإلكترونات عند الطرف السالب، ويتحد ثاني أكسيد المنجنيز مع الإلكترونات عند الطرف الموجب للبطارية. وتحتوي العجينة اللينة على هيدروكسيد البوتاسيوم الذي يُساعد على نقل الإلكترونات من الطرف الموجب إلى الطرف السالب.

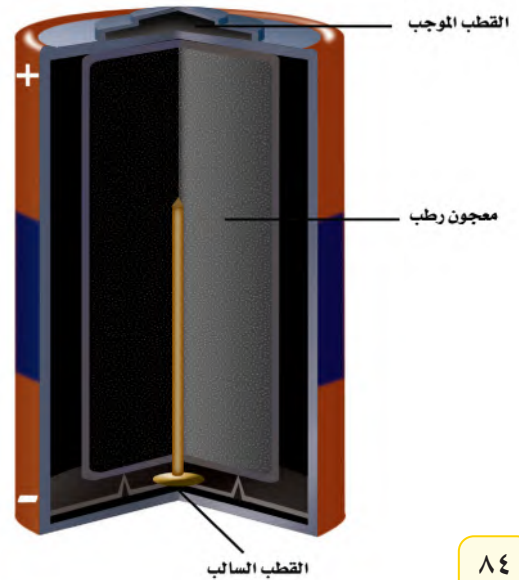
ابحث حول البطارية الجافة وبطارية المركم الرصاصي، وارسم جدولاً يبيّن المواد الكيميائية التي يحتوي عليها كل نوع من البطاريات، ووظيفة كل مادة.

**البطاريات** تزوّد البطارية الدائرة الكهربائية بالطاقة. وعند وصل طرفي البطارية الموجب والسالب بالدائرة تزداد طاقة الوضع الكهربائية للإلكترونات في الدائرة. وعندما تبدأ الإلكترونات في الحركة نحو الطرف الموجب للبطارية تتحوّل طاقة الوضع الكهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة، كما تحوّل طاقة وضع الجاذبية للماء إلى طاقة حركية في النموذج المائي.

وتزوّد البطارية الأجهزة الكهربائية بالطاقة، عندما تُحوّل الطاقة الكيميائية بداخلها إلى طاقة وضع كهربائية. وبالنسبة إلى البطاريات القلوية الموضّحة في الشكل ٧، تفصل عجينة لينة بين قطبي البطارية، وينقل التفاعل - الذي يحدث داخل هذه العجينة - الإلكترونات من ذرات القطب الموجب ويرسلها إلى الطرف الآخر، الذي يصبح سالب الشحنة، في حين يصبح الطرف الذي نقصت إلكتروناته مشحونًا بشحنة موجبة، وهكذا يتشكّل مجال كهربائي في الدائرة يدفع الإلكترونات على الانتقال من الطرف السالب عبر الأسلاك الخارجية للدائرة، إلى الطرف الموجب.

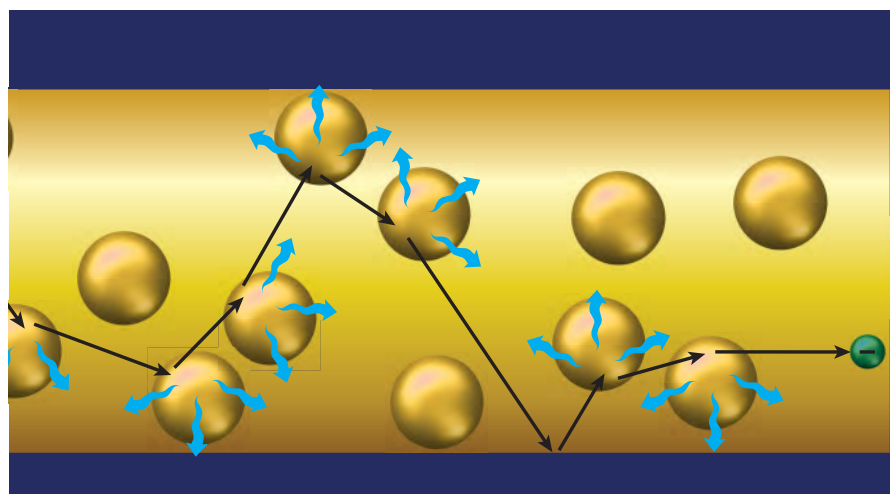
**عمر البطارية** لا تستمر البطارية في تزويد الطاقة إلى الأبد. ومن المؤكد أنك سمعت يومًا أن سيارة أحدهم لم تدر في الصباح؛ لأنه نسي مصابيحها مضاءة طوال الليل. فما السبب في انخفاض قدرة البطارية؟ تحتوي البطارية على كمية محدّدة من المواد الكيميائية التي تتفاعل معًا لتحوّل إلى مركّبات أخرى منتجة الطاقة الكيميائية، وعندما تُستهلك المواد الكيميائية المتفاعلة يتوقّف التفاعل، وعندها ينتهي عمر البطارية أو صلاحيتها.

**الشكل ٧** عند وصل البطارية القلوية ضمن دائرة كهربائية يبدأ تفاعل كيميائي في العجينة اللينة، فتتحرك الإلكترونات داخل البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب.



**الشكل ٨** عندما تنتقل الإلكترونات داخل السلك تتصادم مع الذرات والإلكترونات الأخرى، ويصبح مسارها متعرجاً، فتسبب هذه التصادمات تحوّل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة.

**حدّد** أشكال الطاقة الأخرى الناتجة عن هذه التحوّلات للطاقة الكهربائية.



## المقاومة الكهربائية

تتحرك الإلكترونات خلال المواد الموصلة بشكل أسهل من حركتها خلال المواد العازلة. ومع ذلك فإن المواد الموصلة تمنع - إلى حد ما - سريان الإلكترونات. ويُسمّى قياس مدى الصعوبة التي تواجهها الإلكترونات في التدفق خلال المادة **المقاومة الكهربائية Resistance**. وتُقاس المقاومة الكهربائية بوحدة تُسمّى الأوم  $\Omega$ ، وللمواد العازلة مقاومة كهربائية أكبر كثيراً من الموصلات.

عندما تنتقل الإلكترونات عبر الدائرة الكهربائية تتصادم مع الذرات والشحنات الكهربائية الأخرى الموجودة داخل المادة التي تتركّب منها الدائرة الكهربائية. انظر الشكل ٨. وتعمل هذه التصادمات على تحويل الطاقة الكهربائية للإلكترونات إلى طاقة حرارية، وإلى طاقة ضوئية أحياناً. ويعتمد مقدار الطاقة الكهربائية المُحوّلة إلى ضوء أو حرارة على المقاومة الكهربائية للمواد التي تتكوّن منها الدائرة الكهربائية.

**استخدام أسلاك النحاس في المباني** يزداد مقدار الطاقة الكهربائية المتحوّلة إلى طاقة حرارية بزيادة مقاومة السلك. وللنحاس مقاومة كهربائية قليلة، لذلك فهو من أفضل المواد الموصلة للكهرباء؛ فعند سريان التيار الكهربائي في أسلاك النحاس تكون كمية الحرارة الناتجة قليلة بالمقارنة بغيره من المواد؛ وذلك لأن النحاس موصل جيد للكهرباء، ولذلك تُستخدم الأسلاك النحاسية في التمديدات الكهربائية في الأبنية؛ فهي لا تسخن، إلى الحد الذي يجعلها تسبب الحرائق.

**مقاومة الأسلاك** تعتمد المقاومة الكهربائية للسلك أيضاً على طوله، ومساحة مقطعه العرضي، بالإضافة إلى نوع المادة المصنوع منها. ومثل هذا يحدث في

تدفق الماء داخل الخرطوم؛ حيث يقل تدفقه في حالتين: الأولى عند زيادة طول الخرطوم، والثانية بنقصان مساحة مقطعه العرضي، كما هو موضح في الشكل ٩، وبالمثل، تزداد المقاومة الكهربائية للسلك بزيادة طوله، أو بنقصان مساحة مقطعه العرضي.

## الطاقة الضوئية والطاقة الحرارية

**الأوم** أطلقت هذه التسمية على وحدة قياس المقاومة الكهربائية؛ تخليداً للعالم الألماني جورج سيمون أوم ١٧٨٧ - ١٨٥٤، الذي ينسب إليه اكتشاف العلاقة بين سريان التيار الكهربائي والجهد الكهربائي والمقاومة الكهربائية. ابحث عن المزيد من المعلومات حول هذا العالم، واكتب سيرته الذاتية مختصرة، على أن تشارك طلاب الصف فيها.

**الشكل ٩** تعتمد مقاومة الخرطوم لانسحاب الماء داخله، على مساحة المقطع العرضي للخرطوم وطوله.

**قارن** يبيّن تدفق الماء في الخرطوم، وسريان التيار الكهربائي في السلك.

**تدفق الماء عند زيادة طول الخرطوم أو عند نقصان قطره وكذلك المقاومة الكهربائية عند سريان التيار الكهربائي في سلك حيث تزداد المقاومة الكهربائية للسلك بزيادة طول السلك أو نقصان قطره**

للخرطوم  
مقاومة  
الخرطوم

ج1: التفريغ الكهربى هو الحركة السريعة للشحنات الفائضة من مكان لآخر، ويحدث عند اقتراب جسمين مشحونين فيحدث بينهما حث للشحنات ويتكون بين الجسمين مجال كهربى قوى كافى لنزع الإلكترونات الفائضة على أحد الجسمين إلى الجسم الآخر كما يحدث فى البرق والصاعقة

ج2: عند توصيل طرفى البطارية لموجب والسالب بالدائرة تزداد طاقة الوضع الكهربائية للإلكترونات فيتم سحب الإلكترونات من أحد طرفى البطارية الذى يصبح موجب الشحنة ويرسلها إلى الطرف الآخر الذى يصبح سالب الشحنة فيتشكل مجال كهربائى يدفع الإلكترونات على الانتقال من الطرف السالب عبر الأسلاك الخارجية للدائرة إلى الطرف الموجب

## الدرس 1

### اختبر نفسك

1. **وضح** المقصود بالتفريغ الكهربائى، وبين كيف يحدث.
2. **صف** كيف تُسبب البطارية حركة الإلكترونات فى الدائرة الكهربائية؟
3. **صف** كيف تتغير المقاومة الكهربائية للسلك عندما يزداد طوله؟ وكيف تتغير مقاومته عندما تزداد مساحة مقطعه العرضي؟
4. **وضح** سبب استخدام النحاس فى صناعة أسلاك التمديدات الكهربائية فى الأبنية.
5. **التفكير الناقد** ما مصدر الإلكترونات التى تتدفق عبر الدائرة الكهربائية؟

### تطبيق المهارات

1. **استنتج** أوجد الجهد الكهربائى الذى ينتج عن بطاريات مختلفة، ومنها بطاريات الساعات، وبطاريات آلة التصوير، وبطاريات الهاتف الجوال، وبطاريات المصباح اليدوي، واستنتج فيما إذا كان الجهد الذى تنتجه البطارية يعتمد على حجمها أم لا.

ج3: عندما يزداد طول السلك تزداد المقاومة الكهربائية للسلك بينما تقل المقاومة عندما يزداد قطر السلك

• المجال الكهربائى هو الحيز الذى يحيط بالشحنة

ج4: لأن عند سريان التيار الكهربى فى النحاس تكون كمية الحرارة الناتجة قليلة بالمقارنة بالمواد الأخرى فلا تسخن ولا تكون سبب فى حدوث حرائق

• الطاقة المنتجة من البطارية تتحول فى شكل حرارة

ج5: التفاعلات الكيميائية داخل البطارية

زيادة طاقة الوضع الكهربائية فى بطاريات خلية

### المقاومة الكهربائية

- المقاومة الكهربائية مقياس لمدى صعوبة تدفق الإلكترونات عبر المادة.
- تنتج المقاومة الكهربائية عن التصادمات بين الإلكترونات المتدفقة والذرات فى المادة.
- تعمل المقاومة الكهربائية فى الدائرة الكهربائية على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وضوء.