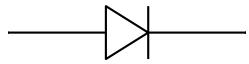
شارح: الدايودات

في هذا الشارح، سوف نتعلَّم كيف نَصِف آلية عمل الدايودات، ونُحدِّد المواد المستخدَمة في تركيبها.

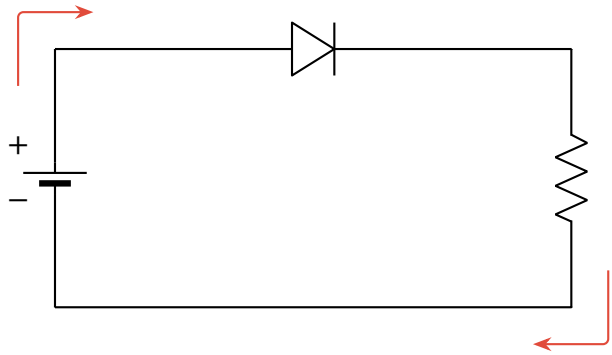
الدايود هو أحد مكوِّنات الدوائر الكهربية، يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد، ويمنع مروره في الاتجاه المعاكس.

يُرمَز إلى الدايود في مخطط الدائرة بمثلث يُشير نحو خط مستقيم عمودي على السلك.



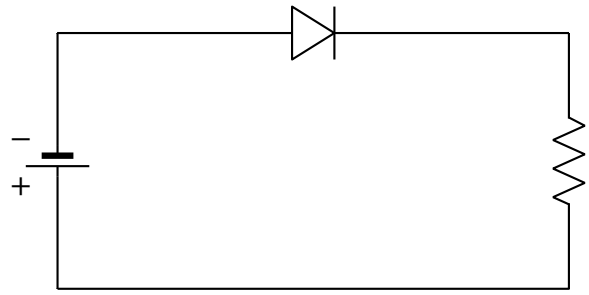
يُشير اتجاه المثلث في هذا الرمز إلى الاتجاه المسموح فيه بمرور التيار.

انظر إلى الدائرة الكهربية البسيطة الآتية، التي تتكوَّن من بطارية ودايود ومقاومة.



تذكَّر أن التيار الاصطلاحي ينتقل من الطرف الموجب إلى الطرف السالب، وهو اتجاه عقارب الساعة في هذا الشكل. في هذا المثال، اتجاه التيار هو نفس اتجاه الدايود؛ ومن ثَمَّ، يمر تيار في الدائرة.

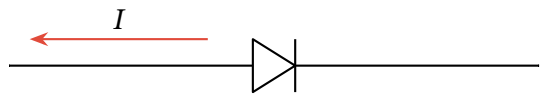
والآن، تخيَّل أن البطارية موصَّلة بطريقة عكسية؛ بحيث يمر التيار في الاتجاه المعاكس.



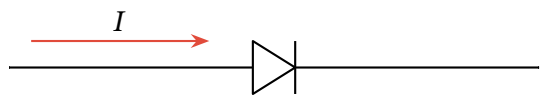
في هذه الحالة، اتجاه التيار عكس الاتجاه الذي يسمح فيه الدايود بمرور التيار؛ ومن ثَمَّ، لا يمر تيار في هذه الدائرة.

مثال ١: فهم رمز الدايود في الدائرة الكهربية

أيٌّ من الشكلين يوضِّح الحالة التي يسمح فيها الدايود بمرور التيار؟



(أ)



(ب)

الحل

في هذا المثال، علينا أن نتذكَّر الاتجاه الذي يسمح فيه الدايود بمرور التيار.

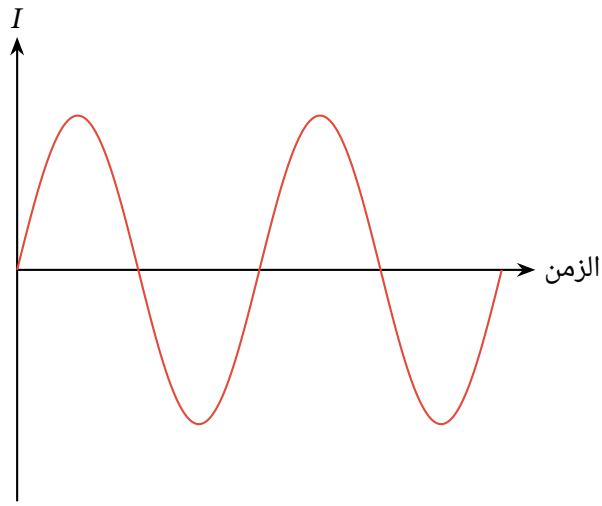
من المفيد هنا استخدام رمز الدايود؛ فالمثلث يُشير إلى الاتجاه المسموح فيه بمرور التيار. في الاختيار (أ)، يمر التيار في الاتجاه المعاكس للمثلث؛ ومن ثَمَّ، لا يسمح الدايود بمرور التيار في هذا الاتجاه.

في الاختيار (ب)، يُشير السهم الذي يمثِّل التيار في نفس اتجاه رمز الدايود؛ ومن ثَمَّ، يمكن للتيار أن يمر في هذا الاتجاه.

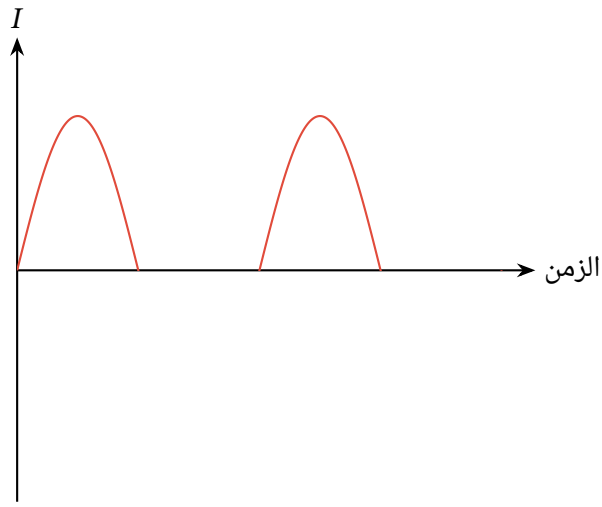
إذن الاختيار (ب) هو الإجابة الصحيحة.

للدايودات استخدامات متنوِّعة في الدوائر الكهربية. وكما رأينا، فإن توصيل البطارية بطريقة عكسية يحول دون مرور أي تيار في حالة وجود دايود؛ ومن ثَمَّ، يمكن استخدام الدايودات لحماية المكوِّنات الكهربية الأخرى من التلف في حالة توصيل مصدر الطاقة بطريقة خاطئة.

ويمكن أيضًا استخدام الدايود لتحويل التيار المتردِّد إلى تيار مستمر. يُستخدَم التيار المتردِّد في مصادر الطاقة الرئيسية، ويعكس اتجاهه دوريًّا.



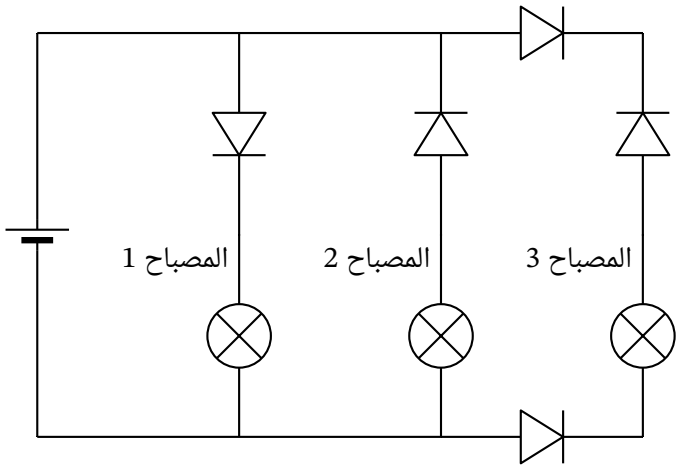
وعند توصيل دايود في الدائرة الكهربية، يُلغى الجزء السالب من الدورة، تاركًا التيار الموجب فقط.



في الأمثلة الآتية، سنتعرَّف على تأثير الدايودات في الدوائر الكهربية.

مثال ٢: فهم الدايودات في مخطَّطات الدوائر الكهربية

يوضِّح الشكل دائرة كهربية تحتوي على عدة دايودات ومصابيح. جميع المصابيح موصَّلة على التوازي بالبطارية. أيُّ المصابيح الآتية يُضيء؟



الحل

في هذا المثال، لدينا دائرة موصَّل بها مصدر للطاقة، وثلاثة مصابيح، وخمسة دايودات. المصابيح موصَّلة على التوازي.

أولًا، علينا أن نتذكَّر أن التيار الاصطلاحي يمر من الطرف الموجب إلى الطرف السالب، وأن الطرف الموجب ممثَّل بالخط الطويل. وفي هذه الحالة، يعني هذا أن التيار في هذه الدائرة يمر في اتجاه عقارب الساعة.

والمصابيح الثلاثة موصلة على التوازي أيضًا؛ ما يعني أنه يمكننا التفكير في كل جزء من هذه الدائرة على حدة. إذن نُلقي نظرة على كل مصباح بالتتابع.

المصباح 1 متصل بدايود يسمح بمرور التيار في اتجاه عقارب الساعة. من ثَمَّ، سيمر تيار عبر هذا الجزء من الدائرة؛ ولذلك سيضيء المصباح 1.

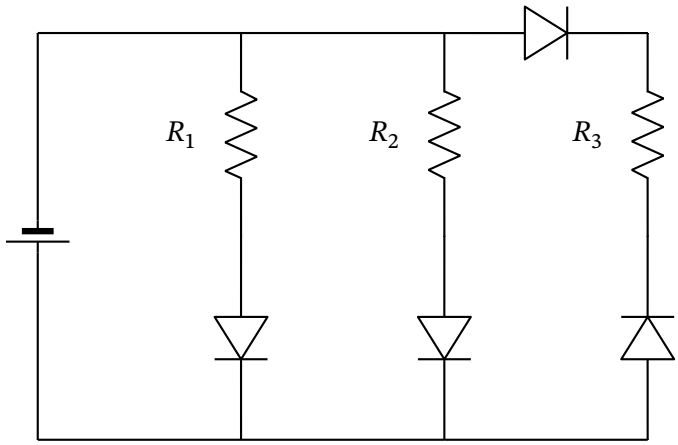
المصباح 2 متصل بدايود يسمح بمرور التيار عكس اتجاه عقارب الساعة. لن يُسمَح لأي تيار بالمرور عبر هذا الجزء من الدائرة؛ ولذلك لن يضيء المصباح.

المصباح 3 موصَّل بثلاثة دايودات. يَسمح الدايود العلوي بمرور التيار في اتجاه عقارب الساعة، لكن الدايودين الآخرين يسمحان للتيار بالمرور فقط عكس اتجاه عقارب الساعة. ولكي يمر تيارٌ بهذا الجزء من الدائرة الكهربية، يجب أن تسمح الدايودات الثلاثة بذلك مجتمعةً؛ ولذلك لن يضيء المصباح 3.

وبناءً على ذلك، لن يضيء إلا مصباح واحد في هذه الدائرة، وهو المصباح 1.

مثال ٣: فهم الدايودات في مخطَّطات الدوائر الكهربية

يوضِّح الشكل دائرة كهربية تحتوي على عدة دايودات ومقاومات. جميع المقاومات متصلة على التوازي مع البطارية. عَبْرَ أيِّ مقاومة لا يساوي التيار صفرًا؟



الحل

في هذا المثال، لدينا دائرة كهربية موصَّل بها مصدر طاقة، وثلاث مقاومات، وأربعة دايودات. المقاومات متصلة على التوازي؛ لذا، يمكننا التفكير في كل جزء من الدائرة على حدة.

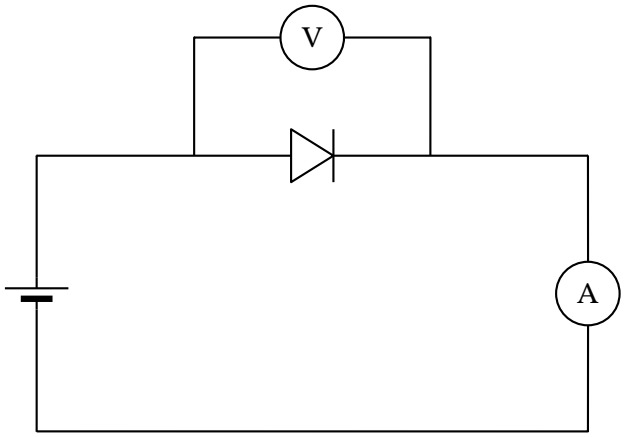
أولًا، تذكَّر أن التيار الاصطلاحي يمر من الطرف الموجب (الممثَّل بالخط الطويل) إلى الطرف السالب (الممثَّل بالخط القصير). في هذه الحالة، يعني هذا أن التيار يسري عكس اتجاه عقارب الساعة.

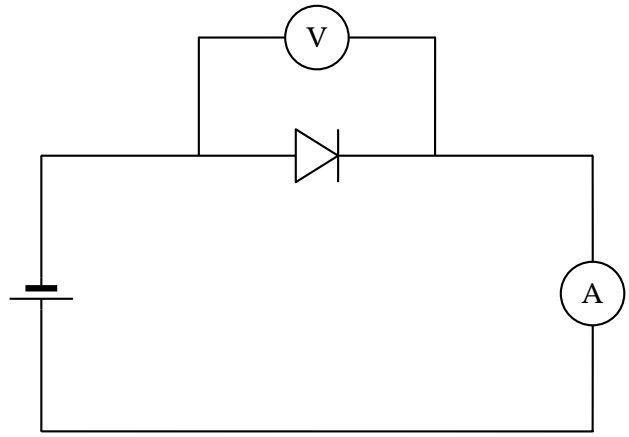
كلتا المقاومتين R_1، R_2 متصلتان بدايودين يسمحان بسريان التيار لأسفل، أو في اتجاه عقارب الساعة. وهذا هو الاتجاه المعاكس لاتجاه التيار في هذه الدائرة؛ ومن ثَمَّ، لن يمر أي تيار عبر R_1 أو R_2.

أما المقاومة الثالثة، R_3، فهي موصَّلة بدايودين. يسمح أحدهما، وهو الدايود السفلي، بمرور التيار عكس اتجاه عقارب الساعة، كما هو مطلوب. لكن الدايود العلوي يسمح بمرور التيار فقط في اتجاه عقارب الساعة. ولكي يمر تيار لا يساوي صفرًا عبر هذا الجزء من الدائرة، يجب أن يسمح كلا هذين الدايودين بذلك؛ ومن ثَمَّ، التيار المار عبر R_3 يساوي صفرًا.

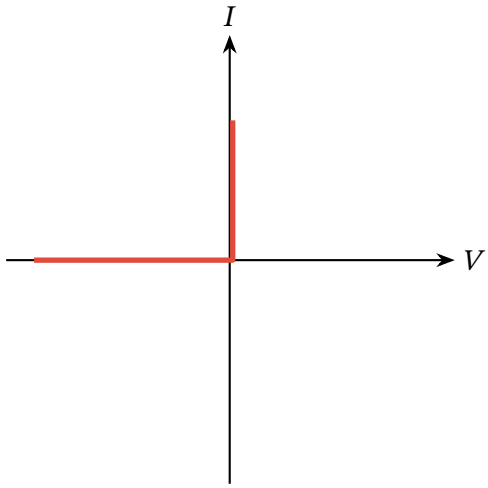
ومن ثَمَّ، لا يمر بأيٍّ من المقاومات تيار لا يساوي صفرًا.

انظر الدوائر الآتية؛ حيث توجد بطارية موصَّلة بدايود، إضافةً إلى أميتر لقياس شدة التيار المار عبر الدائرة، وفولتميتر لقياس فرق الجهد عبر الدايود. يمكننا تغيير فرق الجهد عبر الدايود باستخدام بطاريات مختلفة. ويمكننا أيضًا توصيلها بطريقة عكسية، كما في الدائرة اليمنى؛ حيث يمكننا اعتبار أن ذلك ينتج عنه فرق جهد سالب. في هذه الحالة، يمر التيار في الاتجاه المعاكس، ويمكننا اعتباره تيارًا سالبًا.





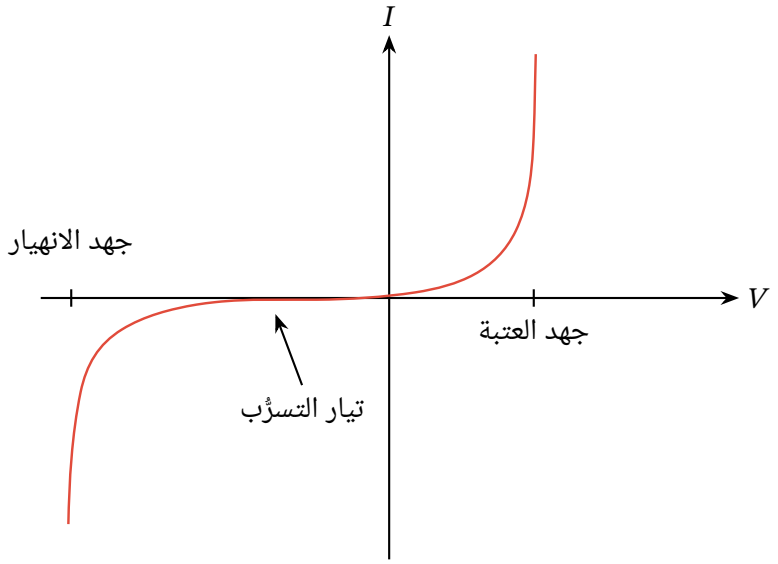
لكن كيف تتغيَّر شدة التيار المقيس بتغيُّر فرق الجهد عبر الدايود؟ في التمثيل البياني الآتي لشدة التيار مقابل فرق الجهد، أو المنحنى *V-I*، شدة التيار ممثَّلة على المحور الرأسي، وفرق الجهد ممثَّل على المحور الأفقي. يوضِّح الخط الأحمر التغيُّر في شدة التيار عند تعديل فرق الجهد.



عندما يكون فرق الجهد سالبًا، يسري التيار عكس اتجاه عقارب الساعة، ولا يسمح الدايود بمرور أي تيار. وبمجرد أن يصبح فرق الجهد موجبًا، يمر مقدار كبير من التيار عبر الدائرة. ويعمل الدايود فعليًّا باعتباره مفتاحًا؛ إذ يُفتح عندما يكون فرق الجهد سالبًا، ويُغلَق عندما يكون موجبًا.

يُسمَّى الدايود في هذه الحالة «دايودًا مثاليًّا». وفي الواقع، تصنع الدايودات من أشباه موصِّلات ذات مقاومة عالية جدًّا في اتجاه واحد، لكنها ليست لا نهائية. وهذا يعني أنه يُسمَح بمرور مقدار صغير من التيار عندما يكون فرق الجهد سالبًا. وعند قيم فرق الجهد السالبة الكبيرة للغاية، يسمح الدايود بمرور مقدار كبير من التيار.

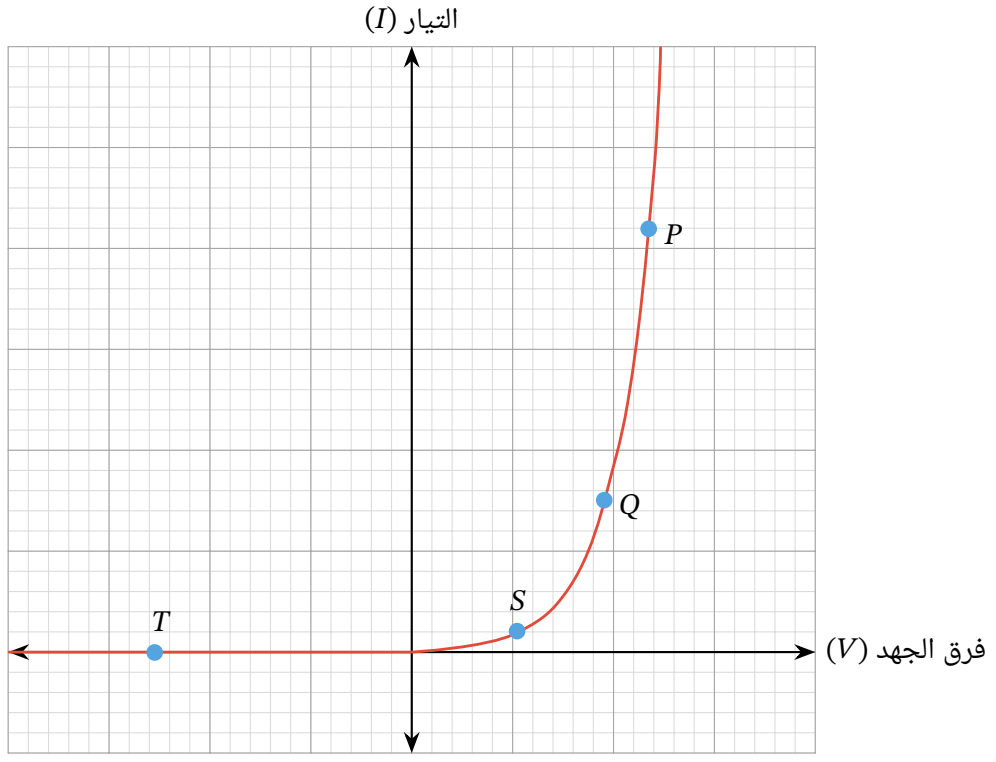
وعندما يكون فرق الجهد موجبًا، لن يعمل الدايود في الواقع حتى يتجاوز فرق الجهد قيمة محدَّدة. الشكل الآتي يوضِّح تمثيلًا بيانيًّا أكثر واقعية لمنحنى *V-I*.



في هذا المثال الأخير، سنتدرَّب على تفسير منحنيات V-I.

مثال ٤: إيجاد المقاومة من منحنى V–I لدايود

يوضِّح التمثيل البياني منحنى خواص I - V لدايود.



١. عند أيِّ نقطة من النقاط الموضَّحة على التمثيل البياني تكون مقاومة الدايود أكبر ما يُمكِن؟

٢. عند أيِّ نقطة من النقاط الموضَّحة على التمثيل البياني تكون مقاومة الدايود أقلَّ ما يُمكِن؟

الحل

الجزء الأول

لدينا هنا المنحنى $V\text{-}I$ لدايود لا يمر به تيار عندما يكون فرق الجهد سالبًا، ويمر مقدار صغير من التيار عندما يكون فرق الجهد موجبًا، ويمر مقدار صغير من التيار يزداد بمعدل سريع عند فرق جهد موجب كبير. وعلينا تحديد النقطة التي تكون عندها مقاومة الدايود أكبر ما يمكن من بين النقاط الأربع P، Q، R، S الموضَّحة على التمثيل البياني.

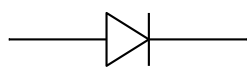
تذكَّر أن المقاومة تعوق التيار. إذن أكبر مقاومة تكون عند المنطقة من التمثيل البياني التي تكون عندها شدة التيار أقل ما يمكن. وهذا يحدث عندما يكون فرق الجهد سالبًا. إذن، من بين النقاط الموضَّحة، تُناظِر النقطة T أكبر مقاومة.

الجزء الثاني

علينا الآن تحديد النقطة التي تكون عندها مقاومة الدايود أقل ما يمكن. وتكون مقاومة الدايود أقل ما يمكن عندما يسمح بمرور تيار شدته أكبر ما يمكن. والنقطة التي تتطابق مع أكبر شدة تيار هي النقطة P. ومن ثَمَّ، فإن مقاومة الدايود تكون أقل ما يمكن عند النقطة P.

النقاط الرئيسية

- الدايود هو أحد مكوِّنات الدائرة الكهربية، ويسمح بمرور التيار بها في اتجاه واحد، وليس في الاتجاه المعاكس.
- في الدوائر الكهربية، يُمثَّل الدايود بالرمز الآتي:



- بالنسبة إلى التيار الاصطلاحي، من اتجاه التيار من الطرف الموجب إلى الطرف السالب، يُشير رمز الدايود إلى الاتجاه المسموح فيه بمرور التيار.
- يعمل الدايود المثالي باعتباره مفتاحًا؛ فعندما يكون فرق الجهد موجبًا لا تتولَّد مقاومة، وعندما يكون سالبًا تتولَّد مقاومة لا نهائية.
- للدايود العملي جهد عتبة، وقبل الوصول إلى هذا الجهد، تكون شدة التيار صغيرة، كما أنه يسمح بمرور مقدار صغير من التيار عندما يكون فرق الجهد سالبًا. وقد يَسمح بمرور مقدار كبير من التيار عند وجود فرق جهد سالب كبير.