

الجمهورية العربية السورية

وزارة التربية

المركز الوطني للمتميزين

# الفعل الكهروضوئي

حلقة بحث مقدمة لمادة: الفيزياء

تقديم الطالب: باسل الشوارب

بإشراف المدرس: محمود نوح

للعام الدراسي 2014-2015

## المقدمة

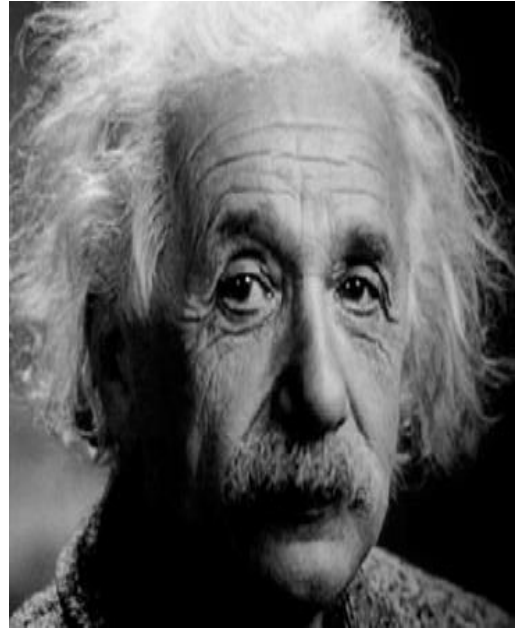
في عام 1887 قام العالم هرتز بتجربة اكتشف من خلالها الفعل الكهروضوئي لكنه لم يتمكن من تفسيره، وفي عام 1905 وضع آينشتاين فرضيته بأن الضوء يسلك سلوك الجسيمات مثلما يسلك سلوك الأمواج، وأطلق على هذه الجسيمات اسم الفوتونات، وبذلك تمكن من تفسير الفعل الكهروضوئي، وقد حاز على جائزة نوبل على إثر ذلك.

واليوم نصادف في حياتنا العديد من تطبيقاته.

فما هو الفعل الكهروضوئي، وما هي تطبيقاته؟



الصورة (2) العالم هرتز



الصورة (1) العالم آينشتاين

## إشكالية البحث

لطالما تعرضت المنازل للسرقات، أو حدث فيها حريق في غياب قاطنيها.  
كيف يمكننا توظيف الفعل الكهروضوئي لحماية منازلنا، وتحذيرنا بوجود خطر؟  
غالباً ما نرى في المؤسسات أبواباً آلية تفتح تلقائياً عندما نقرب منها، وتغلق عندما نبتعد عنها.  
ما موقع الفعل الكهروضوئي في ذلك؟  
يعد استثمار الطاقات المتجددة تقانة العصر وخاصةً الطاقة الشمسية التي يمكن استثمارها بشكل  
كبير في الصحراء العربية.  
هل يمكن أن يكون للفعل الكهروضوئي دور في استثمارها؟

## الفصل الأول: الفعل الكهروضوئي

### مفاهيم أساسية في الأمواج (1)

التردد (التواتر): هو عدد الموجات التي تمر في نقطة معينة خلال ثانية واحدة.

وتصنف الأمواج الصوتية حسب ترددها إلى أمواج صوتية يسمعها الإنسان يتراوح ترددها بين 20 Hz و 20000 Hz، وأمواج تحت صوتية يقل ترددها عن 20 Hz وأمواج فوق صوتية يتجاوز ترددها 20000 Hz.

الدور: هو الزمن الذي يستغرقه الجسم ليكمل اهتزازة واحدة، وهو يساوي مقلوب التواتر.

طول الموجة: المسافة التي يقطعها الاهتزاز خلال دور واحد.

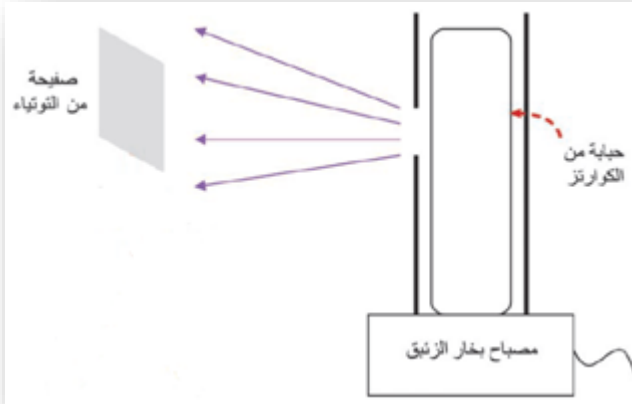
### الضوء (1)



الصورة (3) تبين الضوء

يعتبر الضوء شكل من أشكال الأمواج الكهرومغناطيسية لا يختلف عن الأشكال الأخرى كأشعة X وأشعة غاما والإشعاعات الراديوية إلا من حيث التواتر، فتواتر الضوء يمتد من 300GHz إلى 300GHz مليون من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق البنفسجية، أما الألوان التي يمكن رؤيتها هي ألوان الطيف السبعة.

## تجربة هرتز (2)



الصورة (4) تصميم تجربة هرتز

1. قام العالم هرتز بشحن  
صفحة من الزنك (التوتياء)  
بشحنة سالبة وتعريضها  
لأشعة صادرة عن مصباح  
بخار الزئبق فلاحظ فقدانها  
لشحنتها تدريجياً حتى  
تتعاادل.

2. قام هرتز بوضع لوح زجاجي بين المصباح والصفحة بحيث تسقط الأشعة على اللوح، ثم  
قام بتقريب المصباح وبالتالي زيادة شدة الإضاءة، ولكن في الحالتين لم يحصل أي تغير  
للشحنة.

3. عندما قام بشحن صفحة الزنك بشحنة موجبة وتعريضها لنفس الأشعة، لم يلاحظ أي تغير  
فيها.

## تفسير نتائج التجربة

عند تعريض صفحة الزنك لأشعة المصباح يحدث انتزاع لبعض الإلكترونات الحرة من الصفحة،  
وهذا يُسمّى الفعل الكهروضوئي.

**الحالة الأولى:** يحدث تنافر بين الإلكترونات المتحررة وصفحة الزنك مما يؤدي إلى ابتعادها.

**الحالة الثانية:** تتكون الأشعة الصادرة عن مصباح بخار الزئبق من أسعة مرئية وأشعة تحت حمراء  
وأشعة فوق بنفسجية، وعند مرور الأشعة باللوح الزجاجي، يقوم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية،  
مما يبين أنها العامل المسبب لخروج الإلكترونات، لأن تواترها كافٍ لانتزاع الإلكترونات من الزنك،

كتاب الفيزياء/ الصف الثالث الثانوي العلمي في سوريا (2)

كما أن تقريب المصباح لم يؤثر مما يدل على أن شدة الإضاءة لا علاقة لها وإنما تواتر الضوء الساقط.

الحالة الثالثة: بعد تحرر الإلكترونات يحدث تجاذب بينها وبين صفيحة الزنك فتبقى شحنتها على حالها.

إذن الفعل الكهروضوئي هو ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح جسم صلب عند سقوط أمواج كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية صغيرة عليه.

### فرضية آينشتاين<sup>(3)</sup>

افترض آينشتاين أن الضوء عبارة عن جسيمات عديمة الشحنة طاقتها  $E = hf$  أطلق عليها اسم

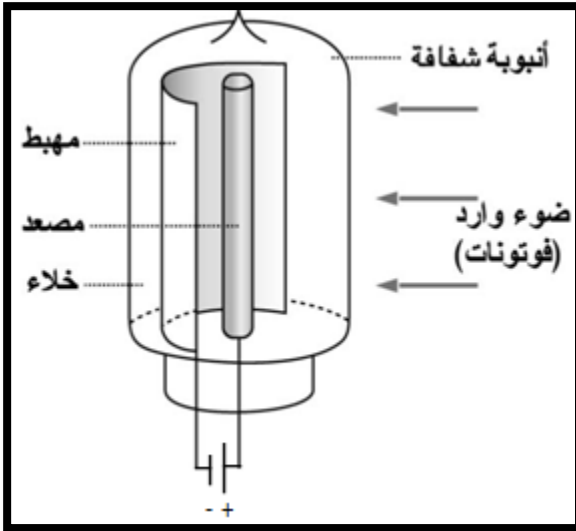
الفوتونات، وهي تتمتع بكمية حركة تساوي  $P = mc$ ، ومن القانون  $E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2}$

نعوض في علاقة كمية الحركة فتصبح:

$$P = \frac{E}{c^2} \cdot c = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

### الخلية الكهروضوئية<sup>(4)</sup>

تتكون من لوح فلزي داخل أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء، ويسمى اللوح الفلزي بالمهبط، وقضيب رفيع (المصعد) يسمى بالمجمع وتكون شحنته موجبة موصول بدائرة كهربائية تحتوي على مولد كهربائي، وعندما تكون الأنبوبة معزولة عن الضوء بشكل كامل لا يمر تيار في الدارة.



الصورة (5) مجسم للخلية الكهروضوئية

(3) كتاب الفيزياء/ الصف الثالث الثانوي العلمي في سوريا

(4) كتاب أساسيات الفيزياء

وعندما يسقط الشعاع الضوئي على المهبط تتحرر من سطحه إلكترونات تتجه إلى المصعد الموصول بالقطب الموجب للمولد، حيث يقوم المصعد بتجميع الإلكترونات وإعادتها إلى المهبط بعد إمرارها بالدارة، وعلى الرغم من أن التيار المار في الدارة ضعيف إلا أن التوتر الناتج كافٍ للاستفادة منه في التطبيقات المختلفة.

### خواص الفعل الكهروضوئي<sup>(5)</sup>

1. لا يعتمد انبعاث الإلكترونات من الجسم على درجة حرارة الضوء أو على تسخين الجسم، حيث أنه مهما كانت شدة الضوء، ومهما كانت ضخامة اللوح، فإن الإلكترونات ستنبعث بنفس اللحظة التي يسقط بها الضوء على اللوح، أي أن الإلكترونات تخرج من دون الحاجة إلى تسخين.

2. لا تتحسس الخلية الكهروضوئية إلا بتواترات ضوئية أكبر من حد معين. تتعلق قيمة هذا التواتر بطبيعة مادة المهبط. ويُفسر ذلك بأن الإلكترون بحاجة إلى طاقة لانتزاعه، وهذه الطاقة تأتيه من الفوتونات التي يجب أن تكون أكبر أو تساوي عمل الانتزاع، وبما أن طاقة الفوتون تعطى بالعلاقة  $E = hf$  حيث  $h$  ثابت بلانك فإن تواتر الفوتون يجب أن يكون أكبر من تواتر معين يسمى تواتر العتبة  $f_{th}$  وبالتالي يعطى عمل الانتزاع بالعلاقة  $W = hf_{th}$  فمهما كانت شدة الضوء كبيرة، وكان تواتره أقل من تواتر العتبة فإن الجسم لن يفقد إلكترونات، ومهما كانت شدة الضوء ضعيفة، وكان تواتره أكبر من تواتر العتبة فإنه سيؤدي إلى انبعاث إلكترونات.

وغالباً ما يكتب عمل الانتزاع بدلالة طول الموجة بدلاً من التواتر حيث أن  $f_{th} = \frac{c}{\lambda_{th}}$

$$W = h \frac{c}{\lambda_{th}} = \frac{1240}{\lambda_{th}} \Rightarrow \lambda_{th} = \frac{1240}{W}$$

كتاب أساسيات الفيزياء (5)

حيث  $\lambda_{th}$  طول موجة العتبة ويقدر بالنانو متر و  $W$  عمل الانتزاع ويقدر بوحدة الإلكترون فولط.

فمثلاً عمل انتزاع السيزيوم  $1,6\text{ev}$  وبالتالي طول موجة العتبة  $650\text{nm}$  وهو طول موجة اللون الأحمر.

وعند إعطاء الإلكترون طاقة أكبر من عمل الانتزاع فإن الإلكترون سيمتص جزء من الطاقة حتى يتحرر، ويحتفظ بالباقي على شكل طاقة حركية وتعطى بالقانون:

$$E_k = E - W = hf - hf_{th}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - hf_{th}$$

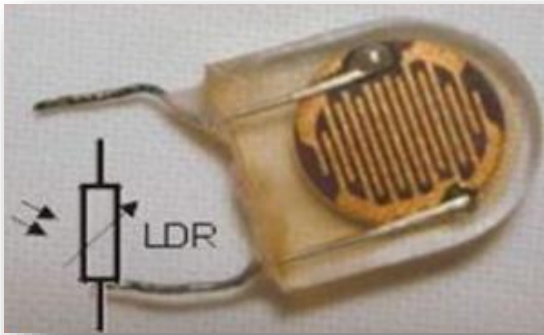
وهي المعادلة الكهروضوئية

#### العناصر الكهروضوئية (6)

عندما يسقط ضوء على جسم صلب تخرج منه إلكترونات إلا أن عدد الإلكترونات تختلف من مادة إلى أخرى، فالإلكترونات لا تتبعث من جسم إلا إذا كان تواتر الضوء الوارد أكبر من حد معين يطلق عليه التواتر الحرج، فالسيزيوم يصدر إلكترونات مهما كان لون الضوء الساقط إلا اللون الأحمر (لأن تواتره صغير) بينما الزنك لا يصدر إلكترونات إلا إذا كان إذا سقطت عليه أشعة فوق بنفسجية.

#### المقاومة الضوئية

تتكون من مادة نصف ناقلة مطلية على سطح عازل بشكل متعرج لزيادة مساحة السطح المعرض للضوء، وتتصل بطرفي المادة نصف الناقلة ناقلان معدنيان يتصلان بالدارة الكهربائية، وعند تعرض المقاومة



الصورة (6) المقاومة الضوئية



الضوئية للضوء فإن قيمتها تقل، وتبعاً لذلك فإن المقاومة تبلغ أقصى قيمة لها في الظلمة وتسمى القيمة المظلمة.

### الثنائي الضوئي



الصورة (7) الثنائي الضوئي

عنصر إلكتروني يتكون من مادة شبة ناقلية من النوع السالب ومادة نصف ناقلية من النوع الموجب بحيث يجعل التيار يسير بجهة واحدة، ويتميز بقدرته على إمرار تيار كهربائي بفعل تأثير خارجي مثل الحرارة والضوء.

### الترانزستور الضوئي



الصورة (8) الترانزستور الضوئي

يشبه الترانزستور العادي لكن عند تسليط الضوء عليه تنبعث منه أزواج من الإلكترونات دون أن تتحرر من مادة الترانزستور مما يؤدي لمرور تيار كهربائي عند تطبيق توتر معين.

### الفصل الثاني: أنظمة الإنذار الكهروضوئية (7)

تتكون أنظمة الإنذار من مرسل يصدر الأشعة ومستقبل يلتقهاها، وتصنف أنظمة الإنذار المرئي إلى:

#### 1. نظام شعاع الضوء المباشر:

يرد فيه الضوء من المصدر الضوئي (المرسل) إلى المقاومة الضوئية (المستقبل) وتكون الدارة حينها لا تعمل حيث تكون المقاومة صغيرة والتيار كبير وبالتالي فرق الكمون صغير غير كافٍ، وعندما يتواجد جسم بين المرسل والمستقبل ويعترض مرور الشعاع الضوئي فإن فرق الكمون يزداد فتعمل الدارة، وتستخدم مثل هذه الأنظمة للكشف عن شخص أو جسم.

#### 2. نظام شعاع الضوء المنعكس:

كتاب أنظمة الحماية والإنذار الصف الثالث الثانوي المهني الصناعي (7)

يعتمد هذا النظام على مرسل ومستقبل بينهما حاجز ويتصل المستقبل مع دائرة تعمل عندما يتواجد جسم أمام المرسل بحيث يسبب انعكاس الأشعة الصادرة منه على المستقبل فتقل بذلك قيمة المقاومة ويمر تيار كهربائي في الدارة.

وتستخدم أنظمة الإنذار في أغراض تتطلب أحياناً عدم رؤية الضوء لذلك يتم استبدال أشعة الضوء المرئية بأشعة تحت الحمراء بطول موجي يساوي وسطياً 800 nm حيث ترسل الأشعة بواسطة ثنائي إشعاع إلى المستقبل (ترانزستور ضوئي أو ثنائي ضوئي)، ويمكن أن يستخدم هذا النظام للكشف عن تسلل لص إلى المنزل، أو دخول شخص إلى منطقة معينة، وغيرها.

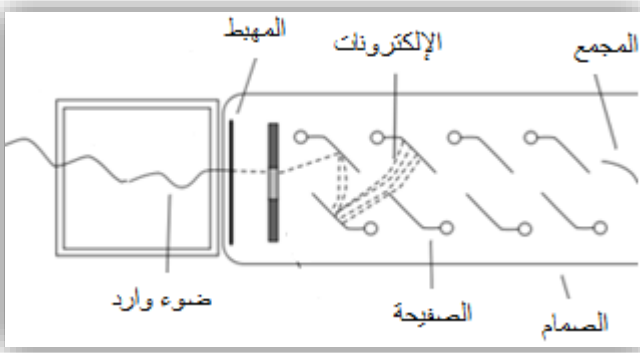
لكن من عيوب استخدام الأشعة تحت الحمراء احتمالية حدوث إنذارات كاذبة بسبب اعتراض الأشعة من قبل حشرة مثلاً، ويمكن التغلب عليها بإضافة ثنائي إشعاع وثنائي ضوئي فحينها لا يؤدي انقطاع أحد الشعاعين إلى تشغيل الدارة.

إلا أن هذا النظام لا يمكن استخدامه في المناطق التي تتواجد فيها أشعة تحت الحمراء والتي تولدها مصادر الحرارة الطبيعية أو الصناعية، ولكي يتمكن المستقبل من تمييز الأشعة تحت الحمراء المحيطة عن الأشعة الصادرة عن المرسل، يتم إجراء تعديلات في المرسل ليصدر الأشعة على شكل نبضات بحيث تأخذ شكل موجي.

### الفصل الثالث: تطبيقات الفعل الكهروضوئي

#### الصمام المضاعف الضوئي (8)

جهاز شديد الحساسية للضوء، يستخدم لقياس كثافة الضوء الضعيف جداً، ويعتبر أكثر حساسية للضوء من العين، يستخدم في عدادات الإيماض لقياس



الصورة (9) رسم للصمام المضاعف الضوئي

الضوء الصادر من الأشعة الكونية وأشعة غاما وغيرها.

#### مكوناته

- **صمام:** تتوضع القطع بداخله، يكون مفرغ من الهواء كونه يعيق حركة الإلكترونات.
- **عنصر كهروضوئي:** تنبعث منه الإلكترونات عند سقوط الضوء عليه.
- **صفائح:** يتراوح عددها بين 10 إلى 11 صفيحة، وتكون موجبة الشحنة ومطلية بخليط من المغنيزيوم والفضة.
- **مجمع:** تتجمع في الإلكترونات ويكون موجب الشحنة.

#### مبدأ عمله

عندما يسقط ضوء على العنصر الكهروضوئي (المهبط) تصدر عنه إلكترونات تصطدم بإحدى الصفائح مما يؤدي إلى انبعاث إلكترونات تسير بسرعات قليلة لأن الطاقة الحركية لكل إلكترون تنتزع على الإلكترونات التي يخرجها من الصفيحة، وهذا يتطلب تسريعها، وذلك بتطبيق توتر معين، وهذه الإلكترونات تصطدم بالصفيحة الأخرى فتصدر عنها إلكترونات بأعداد أكبر، وتستمر هذه العملية حتى تصل إلى المجمع، وبذلك يتلقى المجمع أعداد كبيرة من الإلكترونات التي قد تصل إلى الملايين.

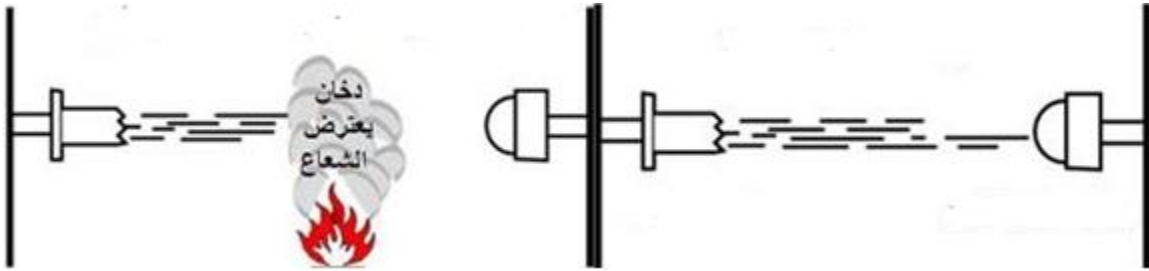
## جهاز إنذار الحريق (9)



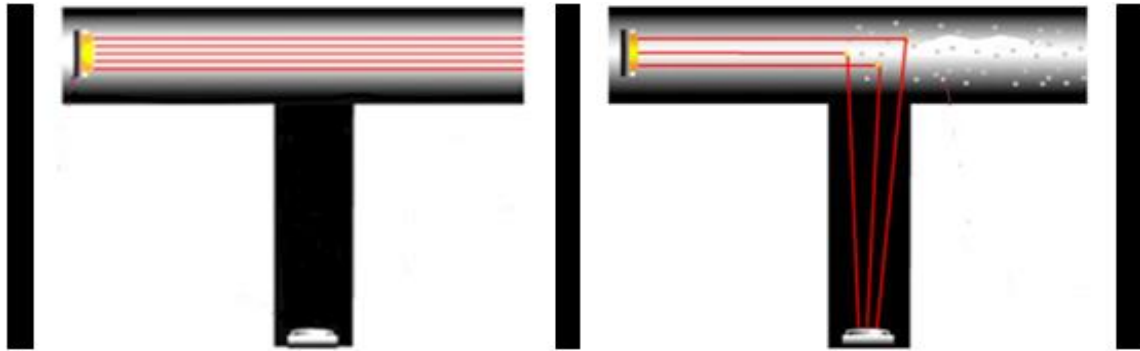
الصورة (10) تبين شكل من أشكال  
جهاز إنذار الحريق

هو جهاز يستخدم للكشف عن الحرائق ويتكون من مصدر ضوئي وحساس ضوئي يتصل مع دائرة موصولة بجرس يصدر صوتاً عند نشوء دخان، ولا يعتمد عمل الدارة على الحرارة الناجمة عن الحريق وإنما يعتمد على تواتر الضوء الوارد إلى الحساس.

توجد أجهزة تعتمد على نظام الإنذار المباشر وأجهزة تعتمد على نظام الإنذار المنعكس، لكن الأخير أكثر شيوعاً في أجهزة إنذار الحريق حيث يتكون الجهاز من مصدر ضوئي ومقاومة ضوئية بينهما حاجز بحيث لا يسقط الضوء على المقاومة الضوئية، وعند حدوث حريق، يسبب الدخان الناتج عنه انعكاس الضوء وسقوطه على المقاومة الضوئية مما يؤدي إلى انخفاض قيمة المقاومة داخلها وبالتالي مرور تيار في الدارة فيصدر الجرس صوتاً دالاً على وجود حريق.



الصورة (11) جهاز إنذار حريق يعمل على نظام الإنذار المباشر



الصورة (12) جهاز إنذار حريق يعمل على نظام الإنذار المنعكس

ويستخدم هذا الجهاز أيضاً في المستشفيات للكشف عن الدخان الناتج عن سجاائر المدخنين.  
كما يمكن استخدام أنظمة الإنذار في القفل الكهروضوئي والذي يصدر صوت إنذار عند فتح الباب،  
ويستخدم للكشف عن دخول لص للبيت.

## الخلايا الشمسية(10)



الصورة (13) تبين خلية شمسية

تتكون من مادتين نصف ناقلة واحدة من النوع الموجب والثانية من النوع السالب، وفي الحالة الطبيعية تنتقل بعض الإلكترونات وتتحد مع الفجوات فيشكل حاجز عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن النوع السالب، ويمنع هذا الحاجز المزيد من الإلكترونات الأخرى في النوع السالب الاتحاد مع فجوات في النوع الموجب ويتكون عن المنطقة بين النوعين حقل كهربائي.

وعندما تسقط أشعة الشمس على الخلية بالقرب من الحاجز حيث حقل الكهربائي يتحرر إلكترون وفجوة، فيتم تمرير هذا الإلكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير الحق في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير الحقل، والنتيجة وجود شحنة موجبة أكثر من السابق، وشحنة سالبة أكثر من السابق، وعندما يتم توصيل طرفي الخلية بدارة خارجية فإن هذه الإلكترونات سوف تتحرك لتعود إلى موضعها الأصلي وكذلك الفجوات وهذه الحركة هي التيار الكهربائي الذي نريده.

## بعض استخدامات الخلايا الشمسية



الصورة (15) تبين شاحن هاتف نقال يعتمد على الخلايا الشمسية



الصورة (14) تبين شاحن حاسب محمول يعتمد على الخلايا الشمسية

## مميزات الخلايا الشمسية

1. لا تحتاج الخلايا الشمسية لوقود حتى تعمل.

2. عدم وجود أي انبعاثات غازية ضارة عند توليد الطاقة الكهربائية بواسطتها .
3. إمكانية استغلال هذه الخلايا في المناطق القاحلة والصحارى.

### سلبيات الخلايا الشمسية

1. يحتاج تصنيع الخلايا الشمسية إلى السليكون النقي المرتفع الكلفة.
2. تحتاج الخلايا الشمسية لمدة زمنية تقدر بسنتين لإنتاج كهرباء تعادل ثمن تصنيعها.
3. الخلايا الشمسية ليست منبع مستقر للطاقة الكهربائية، وذلك بسبب الظروف المناخية المتغيرة.

## الخاتمة

إن تطبيقات الفعل الكهروضوئي لم تنتهي فهي موجودة دائماً في حياتنا ويمكن استخدامها في إغلاق الستائر عند طلوع الشمس أو إعادة المصاعد إلى الدور الأرضي تلقائياً كما في بعض الفنادق، والعديد من الاستخدامات، وبذلك نلاحظ أن فكرة بسيطة يمكن استثمارها في مجالات مختلفة. إن استخدام الفعل الكهروضوئي في تطبيقات عديدة ليس سوى دافع لنا لنستثمر كل ظاهرة تمر معنا في حياتنا لنستخدمها في تطبيقات مختلفة. كل فكرة صغيرة تمر معنا في حياتنا يمكننا أن نستثمرها في تطبيقات عديدة.



## المراجع

- (1) كتاب أساسيات الفيزياء.
- (2) كتاب الإلكترونيات 1 / الصف الأول الثانوي المهني الصناعي في سوريا.
- (3) كتاب أنظمة الحماية والإنذار / الصف الثالث الثانوي المهني الصناعي في سوريا.
- (4) كتاب الفيزياء / الصف الثالث الثانوي العلمي في سوريا.
- (5) موقع الفيزياء التعليمي / الدكتور حازم سكيك.
- (6) الموسوعة العربية.
- (7) موسوعة المعرفة.

## فهرس الصور

رقم الصفحة	اسم الصورة	الرقم
2	العالم آينشتاين	1
2	العالم هرتز	2
4	الضوء	3
5	مجسم تجربة هرتز	4
6	مجسم للخلية الكهروضوئية	5
8	المقاومة الضوئية	6
9	الثنائي الضوئي	7
9	الترانزستور الضوئي	8
10	المضاعف الضوئي	9
12	جهاز إنذار الحريق	10
12	جهاز إنذار الحريق يعمل بالنظام المباشر	11
12	جهاز إنذار الحريق يعمل بالنظام المنعكس	12
14	الخلية الشمسية	13
14	شاحن حاسب محمول يعتمد على الخلايا الشمسية	14
14	شاحن هاتف نقال يعتمد على الخلايا الشمسية	15

## الفهرس العام

2

المقدمة

4

الفعل الكهروضوئي

الفصل الأول:

4

مفاهيم أساسية في الأمواج

4

تعريف الضوء

5

تجربة هرتز

6

فرضية آينشتاين

6

الخلية الكهروضوئية

7

خواص الفعل الكهروضوئي

8

العناصر الكهروضوئية

9

أنظمة الإنذار الكهروضوئية

الفصل الثاني:

9

نظام شعاع الضوء المباشر

9

نظام شعاع الضوء المنعكس

10

تطبيقات الفعل الكهروضوئي

الفصل الثالث:

10

الصمام المضاعف الضوئي

12

جهاز إنذار الحرائق

14

الخلايا الشمسية

16

الخاتمة

17

المصادر

18

فهرس الصور