الفصل التاسع

أساسيات الضوء

الدرس ٢١ : الاستضاءة ٥٤

الدرس ٢٢ : المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة ٥٦

الدرس ٢٣ : علاقة التربيع العكسي ٥٨

الدرس ٢٤ : أمثلة إضافية على الاستضاءة ٦٠

الدرس ٢٥ : سرعة الضوء ٦١

الدرس ٢٦ : الألوان ٦٤

الدرس ٢٧ : تتمة الألوان ٦٦

الدرس ٢٨ : استقطاب الضوء ٦٩

الدرس ٢٩ : سرعة الموجات الضوئية ٧١

الدرس ٣٠ : انزياح دوبلر ٧٣

أجوبة الفصل التاسع ٧٦

الدرس ٢١ : الاستعادة

الضوء

أهميته	• يساعد العين البشرية على تحسس التغيرات البسيطة في حجم الجسم وموقعه. • يساعد على التمييز بين الظلال والأجسام الصلبة. • يساعد على التمييز بين الأجسام وانعكاساتها.
مسار الضوء	• الضوء يسير في خطوط مستقيمة. • دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل مسار الضوء مرئيًا. • عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك على صورة ظل.

(١) ضع ✓ أو × : الضوء يساعد العين البشرية على تحسس التغيرات البسيطة في حجم الجسم وموقعه.

(٢) ضع ✓ أو × : الضوء يساعد على التمييز بين الظلال والأجسام الصلبة.

(٣) ضع ✓ أو × : الضوء لا يسير في خطوط مستقيمة.

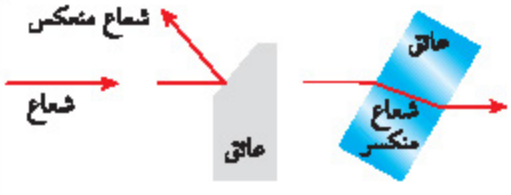
(٤) اختر: مسار الضوء يكون مرئيًا بسبب انتشار ..... في الهواء.

Ⓐ دقائق الغبار Ⓑ بخار الماء Ⓒ جزيئات النيتروجين

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك على صورة ظل.

نموذج الشعاع الضوئي

اعتقاد نيوتن	• الضوء سيل من الجسيمات متناهية الصغر تتحرك بسرعة كبيرة جدًا. • أطلق نيوتن على هذه الجسيمات اسم كريات ضوئية أو جسيمات ضوئية.
عيوبه	لم يُفسر خصائص الضوء جميعها؛ حيث بينت التجارب أن الضوء يسلك أيضًا سلوك الموجات
تمثيل الضوء	• الضوء يُمثل بشعاع يتنقل في خط مستقيم. • اتجاه الشعاع يتغير إذا اعترض مساره حاجز.
فائدتان	• نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة تفاعل الضوء مع المادة. • طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى البصريات أو البصريات الهندسية.



(٦) اختر: اعتقد نيوتن أن الضوء سيل من ..... متناهية الصغر تتحرك بسرعة كبيرة جداً.

Ⓐ الموجات Ⓑ الجسيمات Ⓒ النيوترونات

(٧) ضع ✓ أو × : استطاع نموذج الشعاع الضوئي تفسير خصائص الضوء جميعها.

(٨) ضع ✓ أو × : الضوء يُمثل بشعاع يتنقل في خط مستقيم.

(٩) ضع ✓ أو × : نموذج الشعاع الضوئي طريقة لدراسة كيفية تفاعل الضوء مع المادة.

(١٠) اختر: طريقة دراسة تفاعل الضوء مع المادة تسمى ..

Ⓐ الضوئيات. Ⓑ البصريات. Ⓒ المرئيات.

مصادر الضوء

مصادر طبيعية	• الشمس • اللهب والشرر. • بعض أنواع الحشرات مثل اليراع.
مصادر صناعية	• المصابيح المتوهجة. • شاشات التلفاز. • الصمامات الثنائية الباعثة للضوء. • مصابيح الفلورسنت. • أشعة الليزر.
فوائد	• المصدر الرئيس للضوء هو الشمس. • مصادر الضوء الصناعية ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء لإنتاج الضوء. • ضوء الشمس أكثر سطوعًا من ضوء القمر.

(١١) اختر: أي التالية من مصادر الضوء الطبيعية؟

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ أشعة الليزر. Ⓒ شاشات التلفاز.

(١٢) اختر: من مصادر الضوء الصناعية ..

Ⓐ الشرر واللهب. Ⓑ اليراع. Ⓒ مصابيح الفلورسنت.

(١٣) ضع ✓ أو × : الشمس هي المصدر الرئيس للضوء.

(١٤) ضع ✓ أو × : المصادر الصناعية للضوء ناتجة من استخدام الإنسان للكهرباء.

(١٥) ضع ✓ أو × : ضوء الشمس أقل سطوعًا من ضوء القمر.

الدرس ٢٢ : المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة

المصادر المضيئة والمصادر المستضيئة

المصدر المضيء	تعريفه	{ جسم يبعث ضوءاً من ذاته }
	أمثلته	الشمس ، المصابيح المتوهجة
المصدر المستضيء	تعريفه	{ جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه }
	مثاله	القمر
تعليلات	• المصابيح المتوهجة تُعد مصادرًا مضيئة « علل » لأنها تبعث الضوء من ذاتها. • المصابيح المتوهجة تبعث الضوء « علل » بسبب درجة حرارتها العالية. • المصادر المستضيئة والأجسام العادية مرئية بالنسبة لك رغم أنها لا تبعث الضوء « علل » لأنها تعكس الضوء أو تنفذه ليصل إلى عينيك.	

(١) اكتب للمصطلح العلمي: جسم يبعث ضوءاً من ذاته.

(٢) اختر: الشمس من مصادر الضوء ..

Ⓐ المضيئة. Ⓑ المستضيئة. Ⓒ الصناعية.

(٣) اكتب للمصطلح العلمي: جسم يصبح مرئيًا نتيجة انعكاس الضوء عنه.

(٤) اختر: من مصادر الضوء المستضيئة ..

Ⓐ الشمس. Ⓑ القمر. Ⓒ المصابيح المتوهجة.

الأوساط المادية

	الوسط	التعريف	مثال
أنواعها	غير شفاف « معتم »	{ وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء }	القماش البلاستيكي
	شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله }	الهواء
	شبه شفاف	{ وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح }	مظلة المصباح

فائدة	تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج رغم أنه شفاف ، علل ، لأن الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه

(٥) اختر: وسط لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٦) اختر: القماش البلاستيكي من الأوساط ..

Ⓐ الشفافة. Ⓑ غير الشفافة. Ⓒ شبه الشفافة.

(٧) اختر: من الأوساط الشفافة ..

Ⓐ القماش البلاستيكي. Ⓑ الهواء. Ⓒ مظلة المصباح.

(٨) اختر: وسط يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح ..

Ⓐ الشفاف. Ⓑ غير الشفاف. Ⓒ شبه الشفاف.

(٩) اختر: مظلة المصباح من الأوساط ..

Ⓐ الشفافة. Ⓑ غير الشفافة. Ⓒ شبه الشفافة.

(١٠) ضع ✓ أو × : الأوساط الشفافة وشبه الشفافة تمرر الضوء وتعكس جزءاً منه.

التدفق الضوئي

تعريفه	{ معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي }
وحدة قياسه	لومن « lm »
تعليل	التدفق الضوئي لمصدر يظل ثابتاً مهما اختلف بُعد السطح عنه ، علل ، لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية لا يزداد

(١١) اكتب المصطلح العلمي: معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر الضوئي.

(١٢) اختر: يقاس التدفق الضوئي بوحدة ..

Ⓐ لومن. Ⓑ لوكس. Ⓒ شمعة.

الدرس ٢٣ : علاقة التربيع العكسي

الاستضاءة

تعريفها	{ معدل اصطدام الضوء بالسطح }
وحدة قياسها	اللوكس ؛ حيث $lm/m^2 = lx$
فائدة	الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما
علاقة التربيع العكسي	الاستضاءة الناتجة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع $\frac{1}{r^2}$
معناها	عند أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تنقص بزيادة مربع البعد عن مصدر الضوء النقطي
مثالان توضيحيان	• الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 2 m تساوي $\frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$ من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m . • الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 3 m تساوي $\frac{1}{9} = \frac{1}{3^2}$ من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m .

(١) اكتب المصطلح العلمي: معدل اصطدام الضوء بالسطح.

(٢) اختر: تقاس الاستضاءة بوحدة ..

Ⓐ lx . Ⓑ lm . Ⓒ cd .

(٣) ضع ✓ أو × : الاستضاءة مقياس لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما.

(٤) اختر: الاستضاءة بفعل مصدر ضوئي نقطي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ r^2 . Ⓑ $\frac{1}{r^2}$. Ⓒ $\frac{1}{r}$.

(٥) ضع ✓ أو × : عدد أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تنقص بزيادة مربع البُعد عن مصدر الضوء النقطي.

شدة الإضاءة

تعريفها	{ التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها $1\ m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m }
وحدة قياسها	الشمعة ؛ cd ؛

العوامل المؤثرة في الاستضاءة	• التدفق الضوئي: الاستضاءة تزداد بزيادة التدفق الضوئي لمصدر الضوء. • مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح: تقل الاستضاءة بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.	
قانونان	• استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع التدفق الضوئي للمصدر. • استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين المصدر والسطح.	
الاستضاءة بفعل مصدر نقطي	$E = \frac{P}{4\pi r^2}$	E الاستضاءة [lx] P التدفق الضوئي للمصدر النقطي [lm] r بُعد الجسم عن المصدر النقطي [m]
فائدة	استخدام معادلة الاستضاءة يكون صحيحًا إذا كان .. • الضوء المنبعث من المصدر الضوئي يسقط عموديًا على السطح الذي يضيئه. • المصدر الضوئي صغيرًا أو بعيدًا بصورة كافية بحيث يمكن اعتباره مصدرًا نقطيًا.	
تنبيه	معادلة الاستضاءة لا تعطي قيمًا صحيحة للاستضاءة الناتجة بفعل المصابيح الفلورسنتية الطويلة أو المصابيح المتوهجة القريبة من السطح الذي تضيئه	

(٦) اكتب للمصطلح العلمي: التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها $1\ m^2$ من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m .

(٧) اختر: شدة الإضاءة تقاس بوحدة ..

Ⓐ lx . Ⓑ lm . Ⓒ cd .

(٨) ضع ✓ أو × : الاستضاءة تزداد بزيادة التدفق الضوئي لمصدر الضوء.

(٩) ضع ✓ أو × : الاستضاءة تزداد بزيادة المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

(١٠) اختر: استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ التدفق الضوئي. Ⓑ مربع التدفق الضوئي. Ⓒ مربع المسافة بين المصدر والسطح.

(١١) ضع ✓ أو × : استضاءة سطح بمصدر ضوئي تتناسب طرديًا مع مربع المسافة بين المصدر الضوئي والسطح.

الدرس ٢٤ : أمثلة إضافية على الاستضاءة

الاستضاءة بفعل مصدر نقطي

الاستضاءة بفعل مصدر نقطي	$E=\frac{P}{4\pi r^2}$	E الاستضاءة [lx] P التدفق الضوئي للمصدر النقطي [lm] r بُعد الجسم عن المصدر النقطي [m]

أمثلة

مسائل تدريبية 1 ص70: تحرك مصباح فوق صفحات كتاب بدءاً من 30 cm إلى 90 cm ؛ قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

الحل: لحسب نسبة شدة الاستضاءة على الكتاب قبل الحركة وبعدها ..

$\text{cm} \xrightarrow{\times 10^{-2}} \text{m}$

$$E_1=\frac{P}{4\pi r_1^2}=\frac{P}{4\pi(30\times10^{-2})^2} \quad ، \quad E_2=\frac{P}{4\pi r_2^2}=\frac{P}{4\pi(90\times10^{-2})^2}$$

« قسمنا $\frac{E_1}{E_2}$ »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{P}{4\pi(30\times10^{-2})^2}\div\frac{P}{4\pi(90\times10^{-2})^2}$$

« حولنا القسمة ضربًا »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\cancel{P}}{\cancel{4\pi}(30\times10^{-2})^2}\times\frac{\cancel{4\pi}(90\times10^{-2})^2}{\cancel{P}}$$

« فككنا التربيع »

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{(90\times10^{-2})^2}{(30\times10^{-2})^2}=\frac{81}{9}=\frac{9}{1}$$

نستنتج أن شدة الاستضاءة نقصت إلى $\frac{1}{9}$ ما كانت عليه قبل الحركة.

4 ص70: يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الحد الأدنى للاستضاءة 160 lx على سطح كل مقعد؛ وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بُعد 2 m فوق المقاعد؛ ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟

الحل:

$$E=\frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow P=4\pi E r^2=4\pi\times160\times2^2=8042.47\ \text{lm}$$

1 ص70: ما الاستضاءة الواقعة على سطح مكتب إذا أضيء بمصباح كهربائي تدفقه الضوئي 1750 lm علمًا أنه موضوع على بُعد 2.5 m فوق سطح المكتب؟

الجواب النهائي: 22.3 lx .

الدرس ٢٥ : سرعة الضوء

سرعة الضوء تاريخيًا

فائدة	الناس قبل القرن 17 اعتقدوا أن الضوء ينتقل لحظيًا ؛ أي لا يحتاج إلى زمن للانتقال ؛
جاليليو	• أول من افترض أن للضوء سرعة محددة. • اقترح طريقة لقياس سرعة الضوء مستخدمًا مفهومي المسافة والزمن. • استنتج أن سرعة الضوء كبيرة جدًا مما يحول دون قياسها عبر مسافة عدة كيلومترات.
الفلكي الدنماركي أولي رومر	• أول من أكد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها. • رصد الأزمنة عندما كان يخرج القمر Io من منطقة ظل المشتري. • استطاع توقع وقت حدوث كسوف القمر Io وقارن توقعاته بالأزمنة المقيسة فعليًا. • أثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة.
زمن دوران القمر حول المشتري	توصل أولي رومر إلى أن زمن دوران القمر Io حول المشتري .. • يزداد بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تبتعد الأرض عن المشتري. • يتقص بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تقترب الأرض من المشتري.

(١) ضع ✓ أو × : قبل القرن السابع عشر اعتقد الناس أن الضوء ينتقل لحظيًا.

(٢) اختر: أول من افترض أن للضوء سرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٣) ضع ✓ أو × : اقترح جاليليو طريقة لقياس سرعة الضوء مستخدمًا المسافة والزمن.

(٤) اختر: أول من أكد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٥) ضع ✓ أو × : استطاع أولي رومر توقع وقت حدوث كسوف القمر Io .

(٦) اختر: أول من أثبت أن الضوء ينتقل بسرعة محددة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ جاليليو. Ⓒ أولي رومر.

(٧) ضع ✓ أو × : زمن دوران القمر Io حول المشتري يتقص عند اقتراب الأرض من المشتري.

(٨) اختر: زمن دوران القمر Io حول المشتري ..... عندما تبتعد الأرض عن المشتري.

Ⓐ يتقص Ⓑ يزداد Ⓒ لا يتغير

قياسات سرعة الضوء

رومر	استنتج أن الضوء عندما يقطع مسافة تعادل قطر الأرض يحتاج إلى 22 min	
ألبرت ميكلسون	• طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء. • قاس الزمن الذي يحتاج إليه الضوء ذهابًا وإيابًا بين جبلين في كاليفورنيا.	
فائدتان	• سرعة الضوء في الفراغ التي تستخدم في الحسابات $c = 3\times10^8$ m/s . • يحتاج الضوء إلى 16.5 min ليقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض.	
العلاقة الرياضية	$c = \frac{d}{t}$	c سرعة الضوء [m/s] d المسافة [m] t الزمن [s]
السنة الضوئية	{ المسافة التي يقطعها الضوء في سنة }	

(٩) اختر: طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء ..

Ⓐ أولي رومر. Ⓑ جاليليو. Ⓒ ميكلسون.

(١٠) اكتب المصطلح العلمي: المسافة التي يقطعها الضوء في سنة.

الطبيعة الموجية للضوء

تذكير	الضوء مُكوَّن من موجات
تعليل	عندما تسير في اتجاه غرفة الصف والباب مفتوح تسمع صوت المعلم أو الطلاب قبل أن تراهم « علل » لأن الصوت يصل إليك بالحراله حول حافة الباب أما الضوء فيسير في خطوط مستقيمة
فائدة	الضوء يسلك سلوك الصوت كموجة إلا أن انحراف الضوء أقل وضوحًا من انحراف الصوت

(١١) ضع ✓ أو × : الضوء مُكوَّن من موجات.

(١٢) ضع ✓ أو × : انحراف الضوء أكثر وضوحًا من انحراف الصوت.

الظل والنموذج الموجي للضوء

فرانسيسكو ماريا جريمالدي	• لاحظ أن حواف الظلال ليست حادة تمامًا. • أدخل حزمة ضيقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة. • أمسك بقضيب أمام الضوء وأسقط الظل على سطح أبيض. • الظل المُتكوّن أعرض منه عند انتقال الضوء في خط مستقيم مروراً بحواف القضيب. • لاحظ أن الظل مُحاط بحزم ملونة.

الحيود	{ انحناء الضوء حول الحواجز }
كريستيان هويجنز	• حاول برهنة النموذج الموجي لتفسير ظاهرة الحيود. • اعتبر أن النقاط على مقدمة الموجة الضوئية مصادر جديدة لموجات صغيرة تنتشر في جميع الاتجاهات.
حيود الموجة	• مقدمة الموجة المستوية تحوي عدداً غير محدود من المصادر النقطية في خط واحد. • عندما تعبر مقدمة الموجة حافة ما فإن الحافة تقطع جبهة الموجة وتنتشر كل موجة دائرية تولدت بوساطة أي نقطة من نقاط هويجنز على شكل موجة دائرية في الحيز الذي انحنت عنده مقدمة الموجة الأصلية.

(١٣) ضع ✓ أو × : لاحظ فرانسيسكو ماري جريمالدي أن حواف الظلال ليست حادة تماماً.

(١٤) اختر: لاحظ أن الظل مُحاط بحزم ملونة ..

Ⓐ فرانسيسكو ماري جريمالدي. Ⓑ كريستيان هويجنز. Ⓒ ميكلسون.

(١٥) اكتب المصطلح العلمي: انحناء الضوء حول الحواجز.

(١٦) اختر: اعتبر أن النقاط على مقدمة الموجة الضوئية مصادر جديدة لموجات صغيرة ..

Ⓐ كريستيان هويجنز Ⓑ فرانسيسكو ماري جريمالدي Ⓒ ميكلسون

(١٧) ضع ✓ أو × : مقدمة الموجة المستوية تحوي عدداً محدوداً من المصادر النقطية في خط واحد.

الأمثلة

50 ص90: يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s ليتنقل من القمر إلى الأرض؛ ما المسافة بينهما؟

الحل:

$$c = \frac{d}{t} \Rightarrow d = ct = 3\times10^{8} \times 1.28 = 384\times10^{6}\ \text{m}$$

الدرس ٣٦ : الألوان

تجارب على الألوان

تجربة نيوتن	• مرّر حزمة ضيقة من ضوء الشمس خلال منشور زجاجي. • لاحظ تكون ترتيب منظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف. • سمح للطيف النافذ من المنشور الأول بالسقوط على منشور آخر معكوس. • المنشور الثاني عكس انتشار الألوان وأعاد تراكبها فتكوّن اللون الأبيض.
استنتاجات نيوتن	• اللون الأبيض مركب من ألوان عدة. • للزجاج خاصية أخرى غير عدم انتظامه تؤدي إلى تحلل الضوء إلى مجموعة من الألوان.
فائدة	اعتمادًا على تجارب جريمالدي وهويجنز وغيرها فإن .. • للضوء خصائص موجية. • كل لون من ألوان الضوء له طول موجي محدد.

(١) ضع ✓ أو × : جاليليو لاحظ تكوّن ترتيب منظم للألوان أطلق عليه اسم الطيف.

(٢) اختر: استنتج أن اللون الأبيض مركب من ألوان عدة ..

Ⓐ نيوتن. Ⓑ كريستيان هويجنز. Ⓒ ميكلسون.

(٣) ضع ✓ أو × : كل لون من ألوان الضوء له طول موجي محدد.

الضوء المرئي

طوله الموجي	للضوء المرئي نطاق من الأطوال الموجية يتراوح بين 400 nm و 700 nm تقريبًا
تدرج الأطوال الموجية للضوء المرئي	• طول موجة الضوء الأحمر أكبر الأطوال الموجية المرئية، وأقصرها البنفسجي. • الطول الموجي يتناقص ليتحول اللون الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق ثم الأزرق النيلي وأخيرًا البنفسجي. البنفسجي 4×10^{-7} الأحمر 7×10^{-7}

(٤) ضع ✓ أو × : الضوء المرئي له نطاق محدد من الأطوال الموجية.

(٥) اختر: أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئية هو طول موجة الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(٦) ضع ✓ أو × : اللون البنفسجي أكبر الأطوال الموجية للضوء المرئي.

مزج أشعة الضوء

عملية جمع الألوان	• تراكب الأحمر والأخضر والأزرق يشكل الضوء الأبيض. • استخدام عملية جمع الألوان: تستخدم في أنابيب الألوان في التلفاز، حيث تحوي أنابيب الألوان مصادر متناهية الصغر للضوء الأحمر والأخضر والأزرق.	
الألوان الأساسية	تعريفها: { الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج } ألوانها: الأحمر ، الأزرق ، الأخضر	
الألوان الثانوية	تعريفها: { لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّن } ألوانها: الأصفر ، الأزرق الفاتح ، الأرجواني	
الألوان المتتامة	تعريفها: { لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضاً عند تراكبه مع ضوء آخر } ألوانها: الأصفر والأزرق ، الأرجواني والأخضر ، الأزرق الفاتح والأحمر تعليل: يضاف عامل أزرق اللون للملابس المصفرة لتبييضها ؛ علل ؛ لأن اللون الأصفر والأزرق متتامان فيتراكبان لإنتاج اللون الأبيض	

(٧) اكتب المصطلح العلمي: الألوان التي تكوّن اللون الأبيض عندما تتحد كما تُنتج الألوان الثانوية عن مزجها في أزواج.

(٨) اختر: الأحمر والأزرق والأخضر ألوان ..

Ⓐ أساسية. Ⓑ ثانوية. Ⓒ متتامة.

(٩) اكتب للمصطلح العلمي: لون ينتج عن اتحاد لونين أساسيّن.

(١٠) اكتب للمصطلح العلمي: لون الضوء الذي يعطي ضوءاً أبيضاً عند تراكبه مع ضوء آخر.

(١١) اختر: اللون الأزرق متمم للون ..

Ⓐ الأخضر. Ⓑ الأحمر. Ⓒ الأصفر.

الدرس ٢٧ : تتمة الألوان

اختزال أشعة الضوء

تذكير	الأجسام تعكس الضوء وتمرره ويمكنها أن تمتصه
فائدة	لون الجسم يعتمد على الأطوال الموجية .. • للضوء الذي يضيء الجسم. • للضوء الذي يمتصه الجسم. • للضوء الذي يعكسه الجسم.
تلوين الجسم	الجسم يزوَّد باللون عن طريق .. • وجود المواد الملوِّنة طبيعيًا أو إضافتها صناعيًا. • إضافة أصباغ على سطح الجسم.
المواد الملوِّنة	{ جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها }
فوائد	• عندما يُمتص الضوء تنتقل طاقته إلى الجسم الذي اصطدم به وتتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. • عندما يسقط الضوء الأبيض على جسم لونه أحمر فإن جزيئات المواد الملوِّنة في الجسم تمتص الضوء الأخضر والأزرق وتعكس الضوء الأحمر. • عندما يسقط الضوء الأزرق فقط على جسم لونه أحمر فإن مقداراً يسيراً من الضوء ينعكس ويظهر الجسم ـ غالبًا ـ باللون الأسود.

(١) ضع ✓ أو × : الأجسام تعكس الضوء وتمرره ويمكنها أن تمتصه.

(٢) اختر: لون الجسم يعتمد على الأطوال الموجية للضوء الذي ..

Ⓐ يضيء الجسم. Ⓑ يمتصه الجسم. Ⓒ يعكسه الجسم. Ⓓ جميع ما سبق.

(٣) ضع ✓ أو × : الجسم يزود باللون عن طريق وجود المواد الملوِّنة طبيعيًا.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها.

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يُمتص الضوء تنتقل طاقته إلى الجسم الذي اصطدم به.

(٦) اختر: إذا سقط ضوء أبيض على جسم لونه أحمر فإنه يعكس الضوء ..

Ⓐ الأزرق. Ⓑ الأخضر. Ⓒ الأحمر. Ⓓ البنفسجي.

(٧) ضع ✓ أو × : إذا سقط الضوء الأزرق على الجسم الأحمر فإنه يظهر باللون الأبيض.

الصبغة

<table>
<tr><td>وصفها</td><td colspan="2">الصبغة مصنوعة من المعادن المسحوقة وليست مستخلصة من النباتات أو الحشرات</td></tr>
<tr><td>الصبغة الأساسية</td><td colspan="2">{ الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض }</td></tr>
<tr><td>ألوان الصبغة الأساسية</td><td colspan="2"><table><tr><th>لون الصبغة الأساسية</th><th>اللون الذي يمتصه</th><th>اللون الذي يعكسه</th></tr><tr><td>أصفر</td><td>أزرق</td><td>أحمر وأخضر</td></tr><tr><td>أزرق فاتح</td><td>أحمر</td><td>أزرق وأخضر</td></tr><tr><td>أرجواني</td><td>أخضر</td><td>أزرق وأحمر</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>الصبغة الثانوية</td><td colspan="2">{ الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا }</td></tr>
<tr><td>ألوان الصبغة الثانوية</td><td colspan="2"><table><tr><th>لون الصبغة الثانوية</th><th>اللون الذي يمتصه</th><th>اللون الذي يعكسه</th></tr><tr><td>أحمر</td><td>أخضر وأزرق</td><td>أحمر</td></tr><tr><td>أزرق</td><td>أحمر وأخضر</td><td>أزرق</td></tr><tr><td>أخضر</td><td>أزرق وأحمر</td><td>أخضر</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>فائدتان</td><td colspan="2">• ألوان الصبغة الأساسية هي الألوان الثانوية.
• ألوان الصبغة الثانوية هي الألوان الأساسية.</td></tr>
<tr><td>الصبغات المتتامة</td><td colspan="2">مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأسود؛ مثل مزج ..
• الصبغة الصفراء والصبغة الزرقاء.
• صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء.
• صبغة الأحمر المزرقّ والصبغة الخضراء.</td></tr>
<tr><td>الطابعة الملونة</td><td colspan="2">• تستخدم تفاعلًا من صبغة الأصفر والأرجواني والأزرق الفاتح لعمل صورة ملونة.
• تُمزج الأصباغ بالطابعة لتكوّن محاليل معلقة بدلاً من المحاليل الحقيقية.
• أصباغ الطابعة الملونة مركبات مطحونة بصورة دقيقة؛ ومن أمثلتها ..
أكسيد التيتانيوم « أبيض » ، أكسيد الكروم « أخضر » ، كبريتيد الكادميوم « أصفر »</td></tr>
<tr><td>تعليل</td><td colspan="2">أصباغ الطابعة الملونة تستمر في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها « علل » لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير</td></tr>
</table>

(٨) ضع ✓ أو × : الصبغة تُصنع من معادن مسحوقة وليست مستخلصة من النباتات.

(٩) اكتب المصطلح العلمي: الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض.

(١٠) اختر: من ألوان الصبغة الأساسية ..

Ⓐ الأزرق الفاتح. Ⓑ الأرجواني. Ⓒ الأصفر. Ⓓ جميع ما سبق.

(١١) ضع ✓ أو × : صبغة اللون الأصفر تمتص اللون الأحمر وتعكس اللون الأزرق والأخضر.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: الصبغة التي تمتص لونين أساسيّين وتعكس لونًا واحدًا.

(١٣) املأ الفراغ: الأحمر والأزرق والأخضر هي ألوان الصبغة ..... .

(١٤) ضع ✓ أو × : صبغة اللون الأزرق تمتص الأحمر والأخضر وتعكس اللون الأزرق.

(١٥) ضع ✓ أو × : ألوان الصبغة الأساسية تُعد ألوانًا أساسية.

(١٦) اختر: صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء صبغتان ..

Ⓐ أساسيتان. Ⓑ ثانويتان. Ⓒ متتامتان.

(١٧) ضع ✓ أو × : مزج صبغتين متتامتين ينتج عنه اللون الأبيض.

(١٨) اختر: في الطابعة الملونة تُمزج الأصباغ لتكوّن ..

Ⓐ محاليل حقيقية. Ⓑ محاليل معلقة. Ⓒ مركبات.

(١٩) ضع ✓ أو × : أكسيد التيتانيوم من أصباغ الطابعة الملونة.

استخلاص النتائج من اللون

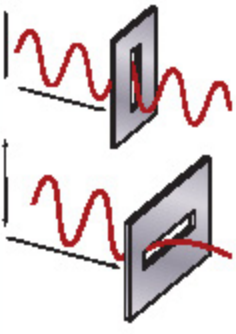
تعليل	تبدو النباتات خضراء ؛ علل ؛ بسبب صبغة الكلوروفيل التي تمتص أحد أنواعها الضوء الأحمر والنوع الآخر يمتص اللون الأزرق ويعكس كلاهما الضوء الأخضر
فائدة	طاقة الضوءين الأحمر والأزرق الممتصين تستخدمها النباتات في عملية البناء الضوئي
تعليل	تبدو السماء مزرقّة ؛ علل ؛ لأن جزيئات الهواء تشتت موجات الضوء البنفسجي والأزرق بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الأخرى للضوء في الاتجاهات جميعها ويضيئان السماء بالأزرق

(٢٠) ضع ✓ أو × : طاقة الضوءين الأحمر والأزرق الممتصين تستخدمها النباتات في عملية البناء الضوئي.

الدرس ٢٨ : استقطاب الضوء

الاستقطاب

تعريفه	{ إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد }
فائدتان	• ضوء المصباح العادي غير مستقطَب. • الضوء المنعكس من الطريق مستقطَب.
محور الاستقطاب	{ اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة }
الاستقطاب بالترشيح	• موجات الضوء العادي تتذبذب عمودياً على اتجاه انتقالها. • تنفذ من وسط الاستقطاب فقط مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب. • شدة الضوء تنخفض بعد الاستقطاب إلى النصف ؛ علل ؛ لأن الضوء ينفذ بنصف اتساعه الكلي من خلال وسط الاستقطاب. • وسط الاستقطاب يسمى مرشّح الاستقطاب.



(١) اكتب المصطلح العلمي: إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد.

(٢) ضع ✓ أو × : ضوء المصباح العادي غير مستقطَب.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة.

(٤) ضع ✓ أو × : مركّبات الضوء التي في اتجاه محور الاستقطاب تنفذ من وسط الاستقطاب.

(٥) اختر: وسط الاستقطاب يسمى ..... الاستقطاب.

Ⓐ محور Ⓑ عاكس Ⓒ مرشّح

الاستقطاب بالانعكاس

فائدة	الضوء المنعكس مستقطَب جزئياً
تعليلان	• توهج الضوء يقل عند استخدام النظارات المستقطبة ؛ علل ؛ بسبب استقطاب الضوء المنعكس عن الطرق. • مصورو الفوتوجراف يثبتون مرشحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا ؛ علل ؛ لحجب الضوء المنعكس.

(٦) ضع ✓ أو × : الضوء المتعكس مستقطَب جزئيًا.

تحليل الاستقطاب

استقطاب الضوء المستقطَب	عند وضع مرشّح استقطاب في مسار الضوء المستقطَب فإن .. • الضوء ينفذ إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متوازيين. • الضوء لا ينفذ إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متعامدين.	
فائدة	قانون مالوس يوضح مدى انخفاض شدة الضوء عند عبوره خلال مرشّح استقطاب ثانٍ	
قانون مالوس	$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$	I_1 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الأول I_2 شدة الضوء بعد مروره بمرشح الاستقطاب الثاني θ الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين
استخدام قانون مالوس	• المقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب. • تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.	
المحلِّل	• وصفه: مرشّح استقطاب. • استخدامه: تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.	

(٧) اختر: إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متوازيين فإن الضوء ..

Ⓐ ينفذ. Ⓑ لا ينفذ. Ⓒ ينفذ جزئيًا.

(٨) اختر: إذا كان محورا مرشّحي الاستقطاب متعامدين فإن الضوء ..

Ⓐ ينفذ. Ⓑ لا ينفذ. Ⓒ ينفذ جزئيًا.

(٩) ضع ✓ أو × : قانون مالوس يوضح مدى ارتفاع شدة الضوء عند عبوره خلال مرشّح استقطاب ثانٍ.

(١٠) ضع ✓ أو × : قانون مالوس يستخدم للمقارنة بين شدتي الضوء الخارج من مرشّحي الاستقطاب.

(١١) اختر: قانون ..... يستخدم في تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.

Ⓐ نيوتن Ⓑ مالوس Ⓒ ميكلسون

(١٢) ضع ✓ أو × : المحلِّل مرشح استقطاب يُستخدم في تحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.

الدرس ٢٩ : سرعة الموجات الضوئية

الطول الموجي

للتذكير	الطول الموجي لموجة λ هو دالة رياضية لسرعة الموجة بالنسبة لترددها الثابت في الوسط الذي تنتقل فيه	
تعليل	يوصف الضوء بوساطة النماذج الرياضية المستخدمة في وصف الموجات ؛ علل ؛ لأن الضوء له خصائص موجية	
قانون الطول الموجي	$\lambda_0 = \frac{c}{f}$	λ_0 طول موجة الضوء [m] c سرعة الضوء [m/s] f تردد موجة الضوء [Hz]
فائدة	تردد الضوء يقاس بدقة متناهية باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري	
تعليل	يمكن حساب الطول الموجي لموجة معلومة التردد في الفراغ ؛ علل ؛ لأن جميع الأطوال الموجية للضوء تنتقل في الفراغ بنفس السرعة	

(١) ضع ✓ أو × : الطول الموجي لموجة λ هو دالة رياضية بين سرعة الموجة وترددها الثابت.

(٢) ضع ✓ أو × : تردد الضوء يقاس بدقة متناهية باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري.

الحركة النسبية والضوء

تأثير دوبلر في الضوء	• يحدث تأثير دوبلر في الضوء عندما يتحرك مصدر الضوء أو يتحرك مراقب الضوء ؛ المشاهد ؛ أحدهما بالنسبة للآخر فيرى المراقب ضوءاً طوله الموجي مختلف عما كان يراه عندما كانا ساكنين بالنسبة لبعضهما. • تأثير دوبلر في الضوء يتضمن السرعة المتجهة لكلٍّ من المصدر والمراقب أحدهما بالنسبة إلى الآخر فقط.
فوائد	• السرعة النسبية: تقدر بالفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ من المصدر والمراقب. • تأثير دوبلر يعتمد فقط على مركّبتي السرعتين المتجهتين على امتداد المحور بين المصدر والمراقب. • لدراسة تأثير دوبلر في الضوء تعتبر أن السرعة النسبية أقل كثيراً من سرعة الضوء؛ أي $v \ll c$.

تردد الضوء المُراقَب	$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$	$f_{\text{المُراقَب}}$ تردد الضوء المُراقَب [Hz] f التردد الحقيقي لضوء المصدر [Hz] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقِب [m/s] c سرعة الضوء [m/s]
تنبيهان	• نستخدم الجمع إذا تحرّك مصدر الضوء والمراقِب كل منهما في اتجاه الآخر ؛ مقتربين . • نستخدم الطرح إذا تحرّك مصدر الضوء والمراقِب مبتعدين عن بعضهما.	

(٣) اختر: السرعة ..... تُقدَّر بالفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ من المصدر والمراقِب.

Ⓐ النسبية Ⓑ المتوسطة Ⓒ اللحظية

(٤) ضع ✓ أو ✗ : تأثير دوبلر يعتمد فقط على مركّبتي السرعتين المتجهتين للمصدر والمراقِب.

(٥) ضع ✓ أو ✗ : لدراسة تأثير دوبلر نعتبر أن السرعة النسبية أقل كثيراً من سرعة الضوء.

أمثلة

11 ص84: ما تردد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm ؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نُحوّل وحدة الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب التردد ..

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{513\times10^{-9}} = 5.84\times10^{14}\ \text{Hz}$$

12 ص84: تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة 6.55×10^6 m/s مبتعدة عن الأرض ، وتبعث ضوءاً بتردد 6.16×10^{14} Hz ؛ ما التردد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل:

$$f_{\text{المُراقَب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = 6.16\times10^{14}\left(1 - \frac{6.55\times10^6}{3\times10^8}\right)$$

؛ طرحنا لأن المجرة تبتعد عن الأرض ؛

$$f_{\text{المُراقَب}} = 6.02\times10^{14}\ \text{Hz}$$

الدرس ٣٠ : انزياح دوبلر

حساب انزياح دوبلر

تعليل	معادلة تأثير دوبلر للضوء صيغت بدلالة الطول الموجي بدلاً من التردد ؛ علل ؛ لأن معظم المشاهدات حول تأثير دوبلر تمت في سياق علم الفلك
انزياح دوبلر	$\Delta\lambda = \lambda_{\text{مُراقَب}} - \lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$ $\lambda_{\text{مُراقَب}}$ الطول الموجي للضوء المُراقَب [m] — $\Delta\lambda$ الفرق في الطول الموجي [m] λ الطول الموجي الحقيقي لضوء المصدر [m] — c سرعة الضوء [m/s] v السرعة النسبية بين المصدر والمراقب [m/s]

إشارة $\Delta\lambda$ « التغير في الطول الموجي »	+	−
	إذا تحرك المصدر والمراقِب مبتعدين عن بعضهما	إذا تحرك المصدر والمراقِب مقتربين من بعضهما
	السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يبتعد عن المراقب	السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه يقترب من المراقب
	الضوء مزاح نحو الأحمر	الضوء مزاح نحو الأزرق
	يزداد الطول الموجي وينقص التردد	ينقص الطول الموجي ويزداد التردد

تطبيق	يحدد الباحثون كيفية تحرك المجرات بالنسبة للأرض بمراقبة انزياح دوبلر لطيف الضوء المنبعث من تلك المجرات
استخدام المطياف	• مراقبة طيف الضوء المنبعث من النجوم. • قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم.
إدوين هابل	• حلّل الطيف المنبعث من عدة مجرات وتوصل إلى أن الكون يتمدد. • لاحظ أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع. • استنتج هابل أن المجرات تتحرك مبتعدة عن الأرض ؛ علل ؛ لأن المجرات كانت ترسل إلى الأرض ضوءاً مزاحاً نحو الأحمر.

(١) اختر: إذا تحرك مصدر الضوء والمراقب مبتعدين فإن إشارة فرق ..... تكون موجبة.

Ⓐ السرعة Ⓑ الطول الموجي Ⓒ التردد

(٢) اختر: إذا تحرك مصدر الضوء والمراقب أحدهما باتجاه الآخر فإن الضوء يزاح نحو ..

Ⓐ الأخضر. Ⓑ الأحمر. Ⓒ الأزرق.

(٣) ضع ✓ أو × : تردد الضوء يزداد بزيادة طوله الموجي.

(٤) ضع ✓ أو × : يحدد الباحثون كيفية تحرك المجرات بالنسبة للأرض بمراقبة انزياح دوبلر للصوت المنبعث من تلك المجرات.

(٥) اختر: يستخدم في قياس انزياح دوبلر للأطوال الموجية المنبعثة من النجوم ..

Ⓐ المطياف. Ⓑ التلسكوب. Ⓒ الميكروسكوب.

(٦) ضع ✓ أو × : نيوتن أول من توصل من خلال تحليل طيف المجرات إلى أن الكون يتمدد.

(٧) ضع ✓ أو × : حلل هابل الطيف المنبعث من عدة مجرات ووجد أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع.

أمثلة

13 ص84: ينظر فلكي إلى طيف مجرة فيجد أن هناك خطًا لطَيْف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm في حين أن القيمة المقيسة في المختبر تساوي 513 nm ؛ احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض ووضح ما إذا كانت المجرة مقتربة أو مبتعدة عن الأرض، وكيف تعرف ذلك؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نحول الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب سرعة المجرة ..

$$\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$525\times10^{-9} - 513\times10^{-9} = \pm\frac{v}{3\times10^8}(513\times10^{-9})$$

$$12\times10^{-9} = 1.71\times10^{-15}v$$ « بسطنا »

$$v = 7017543.86 \text{ m/s}$$ « قسمنا الطرفين على 1.71×10^{-15} »

إشارة $\Delta\lambda$ موجبة مما يعني أن المجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض.

57 ص93: إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا نحو الأحمر بنسبة 6.5% في الضوء القادم من مجرة بعيدة فما سرعة إبتعاد المجرة عن الأرض؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 m/s .

الحل: نحول الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب الزيادة في الطول الموجي ..

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$$\Delta\lambda = 6.5\%\lambda = \frac{6.5}{100}(434\times10^{-9}) = 2.82\times10^{-8}\ m$$

نحسب ـ الآن ـ سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض ..

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$2.82\times10^{-8} = \frac{v}{3\times10^{8}}(434\times10^{-9}) \quad \text{« عوضنا »}$$

$$2.82\times10^{-8} = 1.44\times10^{-15}v \quad \text{« بسطنا »}$$

$$v = 1.95\times10^{7}\ m/s \quad \text{« قسمنا الطرفين على } 1.44\times10^{-15} \text{ »}$$

---

56 ص90: ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm ؟ علمًا أن سرعة الضوء في الفراغ 3×10^{8} m/s .

الحل: نحول وحدة الطول الموجي من nm إلى m ثم نحسب السرعة ..

$$\lambda_{\text{المرقب}} - \lambda = \frac{v}{c}\lambda$$

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$$(491\times10^{-9} - 48610^{-9}) = \frac{v}{3\times10^{8}}(486\times10^{-9})$$

$$5\times10^{-9} = 1.62\times10^{-15}v \quad \text{« بسطنا »}$$

$$v = 3086419.75\ m/s \quad \text{« قسمنا الطرفين على } 1.62\times10^{-15} \text{ »}$$

أجوبة الفصل التاسع

الأجوبة

الدرس ٢١	(١) ✓	(٤) Ⓐ	(٧) ×	(١٠) Ⓑ	(١٣) ✓
	(٢) ✓	(٥) ✓	(٨) ✓	(١١) Ⓐ	(١٤) ✓
	(٣) ×	(٦) Ⓑ	(٩) ✓	(١٢) Ⓒ	(١٥) ×
الدرس ٢٢	(١) المصدر المضيء.	(٤) Ⓑ	(٧) Ⓑ	(١٠) ✓
	(٢) Ⓐ	(٥) Ⓑ	(٨) Ⓒ	(١١) التدفق الضوئي.
	(٣) المصدر المستضيء.	(٦) Ⓑ	(٩) Ⓒ	(١٢) Ⓐ
الدرس ٢٣	(١) الاستضاءة.	(٣) ✓	(٥) ✓	(٧) Ⓒ	(٩) ×	(١١) ×
	(٢) Ⓐ	(٤) Ⓑ	(٦) شدة الإضاءة.	(٨) ✓	(١٠) Ⓐ
الدرس ٢٥	(١) ✓	(٤) Ⓒ	(٧) ✓	(١٠) السنة الضوئية.	(١٣) ✓	(١٦) Ⓐ
	(٢) Ⓑ	(٥) ✓	(٨) Ⓑ	(١١) ✓	(١٤) Ⓐ	(١٧) ×
	(٣) ✓	(٦) Ⓒ	(٩) Ⓒ	(١٢) ×	(١٥) حيود الضوء.
الدرس ٢٦	(١) ×	(٤) ✓	(٧) الألوان الأساسية.	(١٠) اللون المتمم.
	(٢) Ⓐ	(٥) Ⓒ	(٨) Ⓐ	(١١) Ⓒ
	(٣) ✓	(٦) ×	(٩) اللون الثانوي.
الدرس ٢٧	(١) ✓	(٥) ✓	(٩) الصبغة الأساسية.	(١٣) الثانوية	(١٧) ×
	(٢) Ⓓ	(٦) Ⓒ	(١٠) Ⓓ	(١٤) ✓	(١٨) Ⓑ
	(٣) ✓	(٧) ×	(١١) ×	(١٥) ×	(١٩) ✓
	(٤) المواد الملوّنة.	(٨) ✓	(١٢) الصبغة الثانوية.	(١٦) Ⓒ	(٢٠) ✓
الدرس ٢٨	(١) استطاب الضوء.	(٣) محور الاستطاب.	(٥) Ⓒ	(٧) Ⓐ	(٩) ×	(١١) Ⓑ
	(٢) ✓	(٤) ✓	(٦) ✓	(٨) Ⓑ	(١٠) ✓	(١٢) ✓
الدرس ٢٩	(١) ✓	(٢) ✓	(٣) Ⓐ	(٤) ✓	(٥) ✓
الدرس ٣٠	(١) Ⓑ	(٢) Ⓒ	(٣) ×	(٤) ×	(٥) Ⓐ	(٦) ×	(٧) ✓

الفصل العاشر

الانعكاس والمرايا

الدرس ٣١ : الانعكاس عن المرايا المستوية ٧٨

الدرس ٣٢ : الأجسام والصور في المرايا المستوية ٨١

الدرس ٣٣ : المرايا الكروية ٨٣

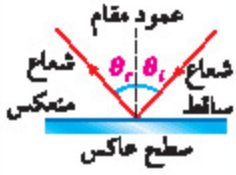
الدرس ٣٤ : الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة ٨٦

الدرس ٣٥ : المرايا المحدبة ٨٨

أجوبة الفصل العاشر ٩١

الدرس ٣١ : الانعكاس عن المرايا المستوية

قانون الانعكاس

نصه	{ زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط }	
فالتان	• الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعًا في مستوى واحد. • سلوك الضوء المنعكس يعتمد على طبيعة السطح العاكس وزاوية السقوط.	
العمود المقام	{ خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه }	
العلاقة الرياضية	$\theta_r = \theta_i$ θ_i زاوية السقوط θ_r زاوية الانعكاس	
فوائد	• حسب النموذج الموجي للضوء فإن مقدمة الموجة تنعكس بزاوية تساوي زاوية سقوطها. • الطول الموجي للضوء لا يؤثر في الانعكاس. • ألوان الضوء الأحمر والأخضر والأزرق جميعها تتبع قانون الانعكاس.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: زاوية انعكاس الشعاع المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس تساوي زاوية السقوط المحصورة بين العمود المقام والشعاع الساقط.

(٢) اختر: الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع جميعًا في ..

Ⓐ مستوى واحد. Ⓑ مستويين. Ⓒ ثلاث مستويات.

(٣) ضع ✓ أو × : سلوك الضوء المنعكس يعتمد على طبيعة السطح العاكس وزاوية السقوط.

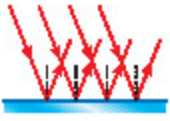
(٤) اكتب المصطلح العلمي: خط وهمي عمودي على السطح العاكس عند نقطة سقوط الضوء عليه.

(٥) املأ الفراغ: في انعكاس الأشعة الضوئية: زاوية السقوط تساوي زاوية ..... .

(٦) ضع ✓ أو × : حسب النموذج الموجي تنعكس مقدمة الموجة بزاوية أكبر من زاوية سقوطها.

(٧) ضع ✓ أو × : الطول الموجي للضوء لا يؤثر في الانعكاس.

السطوح الملساء والسطوح الخشنة

الانعكاس المنتظم	المقصود به	{ انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس }	
	السطح الأملس	السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاسًا منتظمًا	
الانعكاس غير المنتظم	المقصود به	{ انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن }	
	السطح الخشن	• صفحة الكتاب أو الجدار الأبيض سطوح خشنة بالنسبة للطول الموجي للضوء. • السطوح الخشنة تسبب انعكاسًا غير منتظم للضوء.	
تنبيهان	• قانون الانعكاس ينطبق على السطحين الأملس والخشن. • الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن لا يمكن أن تنعكس متوازية.		
تعليلان	• لا يمكن رؤية حزمة الضوء المنعكسة عن السطوح الخشنة ؛ علل ؛ لأن أشعة الضوء المنعكسة تفرّقت وتشتّت في اتجاهات مختلفة. • لا يمكن اتخاذ الجدار أو الورقة مرآة ؛ علل ؛ لأنهما يشتّتان الأشعة المنعكسة.		

(٨) اكتب للمصطلح العلمي: انعكاس الأشعة متوازية عندما تسقط متوازية على سطح أملس.

(٩) اكتب للمصطلح العلمي: انعكاس مضطرب مشتّت ناتج عن سطح خشن.

(١٠) ضع ✓ أو × : السطح الأملس أو المصقول مثل المرآة يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(١١) ضع ✓ أو × : السطح الخشن مثل الجدار يسبب انعكاسًا منتظمًا.

(١٢) اختر: قانون الانعكاس ينطبق على السطح ..

Ⓐ الأملس فقط. Ⓑ الخشن فقط. Ⓒ الأملس والخشن.

(١٣) ضع ✓ أو × : الأشعة الساقطة متوازية على سطح خشن تنعكس متوازية.

أمثلة

2 ص100: إذا كانت زاوية سقوط شعاع ضوئي 42° فما مقدار كل من ..

(a) زاوية الانعكاس.

(b) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة.

(c) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس.

الحل:

(a) زاوية الانعكاس ..

$$\theta_r = \theta_i \Rightarrow \theta_r = 42°$$

(b) الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والمرآة ..

$$\theta = 90 - 42° = 48°$$

« طرحنا زاوية السقوط من 90° »

(c) لحسب الزاوية المحصورة بين الشعاعين الساقط والمنعكس ..

$$\theta = \theta_r + \theta_i = 42° + 42° = 84°$$

« جمعنا زاويتي السقوط والانعكاس »

3 ص100: سقطت حزمة ضوء ليزر على سطح مرآة مستوية بزاوية 38° بالنسبة للعمود المقام؛ فإذا حُرِّك الليزر بحيث زادت زاوية السقوط بمقدار 13° فما زاوية الانعكاس الجديدة؟

الحل: لحسب زاوية السقوط ثم لحسب زاوية الانعكاس ..

$$\theta_{i2} = \theta_{i1} + 13° = 38° + 13° = 51°$$

« جمعنا زاوية السقوط ومقدار الزيادة »

$$\theta_r = \theta_{i2} \Rightarrow \theta_r = 51°$$

4 ص100: وضعت مرآتان مستويتان إحداهما عمودية على الأخرى؛ فإذا أُسقط شعاع ضوئي على إحداهما بزاوية 30° بالنسبة للعمود المقام وانعكس في اتجاه المرآة الثانية فما زاوية انعكاس الشعاع الضوئي عن المرآة الثانية؟

الحل: لحسب زاوية الانعكاس الأولى ..

$$\theta_{r1} = \theta_{i1} \Rightarrow \theta_{r1} = 30°$$

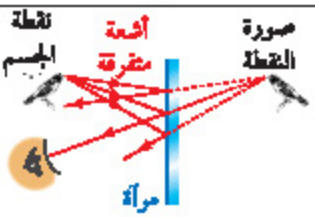
وبما أن العمود المقام على المرآة الأولى عمودي على العمود المقام على المرآة الثانية فإن زاوية سقوط الشعاع الثاني على المرآة الثانية متممة لزاوية الانعكاس الأولى ..

$$\theta_{i2} = 90 - 30° = 60°$$

$$\theta_{r2} = \theta_{i2} \Rightarrow \theta_{r2} = 60°$$

الدرس ٣٢ : الأجسام والصور في المرايا المستوية

المرآة المستوية

تعريفها	{ سطح مستوٍ أملس ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا }
فائدتان	• الجسم هو مصدر الأشعة الضوئية التي ستُعكس عن سطح المرآة، وقد يكون مصدرًا مضيئًا أو مستضيئًا. • في المرآة المستوية الصورة تتكوَّن من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة. 
تعليل	صور الأجسام المُتكوِّنة في المرايا المستوية صور خيالية دائمًا ؛ علل ؛ لأنها تكوَّنت من تشتت الأشعة الضوئية عن المرآة

(١) اكتب المصطلح العلمي: سطح مستوٍ أملس ينعكس عنه الضوء انعكاسًا منتظمًا.

(٢) اختر: مصدر الأشعة الضوئية التي ستُعكس عن سطح المرآة ..

Ⓐ الجسم. Ⓑ الصورة. Ⓒ الشعاع الساقط.

(٣) ضع ✓ أو × : تتكون الصورة في المرآة المستوية من اتحاد صورة النقاط الناتجة بفعل الأشعة الضوئية المنعكسة.

(٤) اختر: صور الأجسام المتكونة في المرايا المستوية دائمًا صور ..

Ⓐ خيالية. Ⓑ حقيقية. Ⓒ مقلوبة.

الصور في المرايا المستوية

صفاتها	• الصورة تظهر خلف المرآة. • يُعد الصورة يساوي بُعد الجسم. • الصورة معكوسة جانبيًا.	• الصورة معتدلة ؛ في نفس اتجاه الجسم ؛. • حجم الصورة يساوي حجم الجسم.
موقعها	$d_i = -d_o$ فائدة: الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية.	d_i يُعد الصورة عن المرآة المستوية d_o يُعد الجسم عن المرآة
طولها	$h_i = h_o$	h_i طول الصورة h_o طول الجسم

(٥) ضع ✓ أو × : الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر خلف المرآة.

(٦) اختر: الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ معتدلة. Ⓒ أمام المرآة.

(٧) اختر: الصورة المُتكوِّنة في المرآة المستوية تظهر ..

Ⓐ معكوسة جانبيًا. Ⓑ معكوسة رأسيًا. Ⓒ أمام المرآة.

(٨) اختر: المرآة المستوية تكوِّن صورًا حجمها ..... حجم الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٩) اختر: في المرآة المستوية بُعد الصورة ..... بُعد الجسم.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(١٠) ضع ✓ أو × : في المرآة المستوية؛ طول الصورة يساوي طول الجسم.

أمثلة

8 ص103: يقف طفل طوله 50 cm على بُعد 3 m من مرآة مستوية وينظر إلى صورته؛ ما بُعد الصورة وطولها؟ وما نوع الصورة المتكونة؟

الحل:

- بُعد الصورة ..

$$d_i = -d_o \Rightarrow d_i = -3\ \text{cm}$$

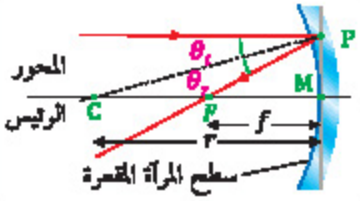
- طول الصورة ..

$$h_i = h_o \Rightarrow h_i = 50\ \text{cm}$$

الصورة المتكونة خيالية لأن بُعدها سالب.

الدرس ٣٣ : المرايا الكروية

المرايا الكروية

نوعاها	مقعرة ، محدبة	
توضيح	المرايا الكروية جزء مأخوذ من كرة جوفاء أحد سطحيها عاكس للضوء	
المرآة المقعرة	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل }	
تنبيه	المرآة المقعرة لها المركز الهندسي C ونصف قطر التكور r الخاصين بالكرة المأخوذة منها	
فائدة	النقطة M تسمى قطب المرآة والقطعة المستقيمة CM المحور الرئيس	
المحور الرئيس	{ خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث يقسمها « في الرسم » إلى قسمين }	
قطب المرآة	{ نقطة تقاطع المحور الرئيس مع سطح المرآة }	
البؤرة الأصلية	{ نقطة تجمع انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة والموازية للمحور الرئيس }	
موقع البؤرة	تقع البؤرة F في منتصف المسافة بين مركز التكور C والقطب M	
البعد البؤري	$f = \frac{r}{2}$	f البعد البؤري r نصف قطر التكور
تعليل	الشمس مصدر للأشعة المتوازية « علل » لأنها بعيدة جداً	
تنبيه	الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس ماراً بالبؤرة F	

(١) املأ الفراغ: المرايا الكروية نوعان: ..... ، ..... .

(٢) ضع ✓ أو × : المرايا الكروية جزء مأخوذ من كرة جوفاء أحد سطحيها عاكس للضوء.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الداخل.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: خط مستقيم متعامد مع سطح المرآة حيث يقسمها « في الرسم » إلى قسمين.

(٥) اختر: نقطة تجمع انعكاسات الأشعة الساقطة متوازية وموازية للمحور الرئيس ..

Ⓐ قطب المرآة. Ⓑ البؤرة الأصلية للمرآة. Ⓒ مركز تكور المرآة.

(٦) املأ الفراغ: الشعاع الساقط على مرآة مقعرة موازيًا للمحور الرئيس ينعكس ماراً بـ ..... .

الطريقة الهندسية لتحديد موقع الصورة

الصورة الحقيقية	{ صورة تتكوَّن من التقاء الأشعة المنعكسة ويمكن جمعها على حاجز }
فائدة	الصورة الحقيقية مقلوبة دائمًا
تعليل	الصورة الخيالية لا يمكن جمعها على حاجز ؛ علل ؛ لأنها ناتجة من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة
الحالة (1)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم.
الحالة (2)	• موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعفه. • موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري. • صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم.

(٧) اكتب للمصطلح العلمي: صورة تتكوَّن من التقاء الأشعة المنعكسة من المرآة الكروية ويمكن جمعها على حاجز.

(٨) ضع ✓ أو ✗ : الصورة الحقيقية في المرايا الكروية مقلوبة دائمًا.

(٩) اختر: الصورة ..... في المرايا الكروية لا يمكن جمعها على حاجز.

Ⓐ الخيالية Ⓑ الحقيقية Ⓒ المقلوبة

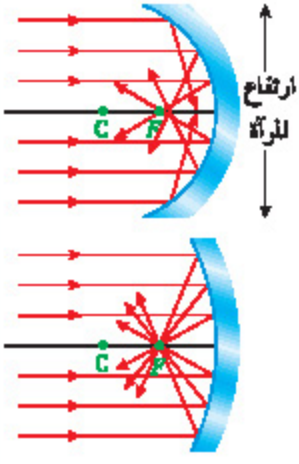
(١٠) اختر: وضع جسم على بُعد 9 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 3 cm ؛ صفات الصورة المُتكوِّنة ..

Ⓐ خيالية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ حقيقية مصغرة.

(١١) ضع ✓ أو ✗ : عندما يُوضع جسم أمام مرآة مقعرة بين النقطة P والنقطة C فسوف تتكوَّن له صورة حقيقية مصغرة.

عيوب الصور الحقيقية في المرايا المقعرة

فائدة	عند رسم الأشعة في المرايا الكروية فإنك تعكس الأشعة عن المستوى الأساسي « الخط الرأسي الذي يمثل المرآة » إلا أن الأشعة في حقيقة الأمر تنعكس عن المرآة نفسها
الزوغان « التشوه » الكروي	• تعريفه: { عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة }. • سببه: القطر الكبير للمرايا الكروية نسبة إلى نصف القطر الصغير لانحنائها « انحناء سطح المرآة قوي ». • ينتج عنه: صور مشوشة غير تامة. • علاجه: تقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر تكورها « تقليل قوة انحناء سطح المرآة ». • تعليل: التلسكوبات تستعمل مرايا كروية ومرايا ثانوية صغيرة مصممة على هيئة خاصة « **حلل** » **لعلاج الزوغان الكروي في المرايا.**



(١٢) ضع ✓ أو × : الأشعة في المرايا الكروية تنعكس عن المستوى الأساسي وليس عن المرآة.

(١٣) املأ الفراغ: الخط الرأسي في المرايا الكروية الذي يمثل المرآة يسمى ..... .

(١٤) اكتب المصطلح العلمي: عيب في المرآة الكروية لا يسمح للأشعة الضوئية المتوازية البعيدة عن المحور الرئيس بالتجمع في البؤرة.

(١٥) ضع ✓ أو × : الزوغان الكروي ينشأ في المرايا الكروية ذات القطر والانحناء الكبيرين.

(١٦) اختر: تنتج عن الزوغان الكروي في المرايا صور ..

Ⓐ واضحة تامة. Ⓑ مشوشة غير تامة. Ⓒ واضحة لكنها غير تامة.

(١٧) ضع ✓ أو × : الزوغان الكروي في المرايا يُعالج بتقليل نسبة ارتفاع المرآة إلى نصف قطر تكورها.

الدرس ٣٤ : الطريقة الرياضية لتحديد موقع الصورة

معادلة المرآة الكروية

تنبيه	لتكوين الصور بالمرايا نعتمد على الأشعة المحورية ؛ الأشعة القريبة من المحور والموازية له ؛	
العلاقة الرياضية	$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للمرآة d_i بعد الصورة عن المرآة d_o بعد الجسم عن المرآة
تعليل	معادلة المرآة لا تتنبأ بالزوغان الكروي في المرايا الكروية ؛ علل ؛ لأنها تعتمد على الأشعة المحورية في تكوين الصور	

(١) ضع ✓ أو ✗ : عند تكوين الصور بالمرايا الكروية يجب الاعتماد على الأشعة المحورية.

التكبير

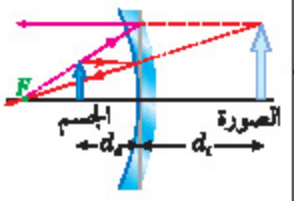
المقصود به	الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم	
معادلة التكبير	$m=\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير d_i بُعد الصورة عن المرآة h_i طول الصورة d_o بُعد الجسم عن المرآة h_o طول الجسم
تنبيه	عند استخدام معادلتي المرآة يجب مراعاة نظام الإشارات	

نظام الإشارات في معادلتي المرآة	البعد البؤري f		بُعد الصورة d_i		طول الصورة h_i ، التكبير m	
	+	−	+	−	+	−
	مرآة مقعرة	مرآة محدبة	صورة حقيقية	صورة خيالية	صورة معتدلة	صورة حقيقية مقلوبة

(٢) اكتب المصطلح العلمي: الزيادة أو النقصان في حجم الصورة بالنسبة إلى حجم الجسم.

الصور الخيالية في المرايا المقعرة

تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة مرآة مقعرة « علل » لأن الأشعة ستنعكس في حزمة متوازية
تكوين الصورة	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للمرآة. • موقع الصورة: تقع خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة.
فائدة	الصورة الخيالية تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة



(٣) اختر: وضع جسم على بُعد 3 cm أمام مرآة مقعرة بُعدها البؤري 5 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ خيالية مكبرة. Ⓑ خيالية مصغرة. Ⓒ حقيقية مصغرة. Ⓓ حقيقية مكبرة.

(٤) ضع ✓ أو × : الصورة الحقيقية في المرايا الكروية تتحدد برسم امتدادات الأشعة المنعكسة.

أمثلة

12 ص109: وضع جسم طوله 2.4 cm على بُعد 16 cm من مرآة مقعرة بعدها البؤري 7 cm ؛ أوجد طول الصورة.

الحل: نحسب بعد الصورة، ثم نوجد طولها ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{7}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{16}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{7}-\frac{1}{16}=\frac{9}{112}$$ « طرحنا $\frac{1}{16}$ من الطرفين ثم بسطنا بالآلة »

$$d_i=\frac{112}{9}=12.44\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

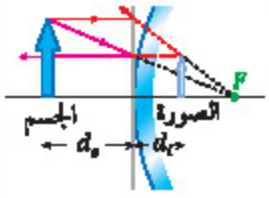
$$\frac{h_i}{2.4}=\frac{-12.44}{16}$$ « عوضنا »

$$h_i=\frac{-12.44\times2.4}{16}=-1.866\ \text{cm}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

فائدة: طول الصورة السالب يدل على أن الصورة حقيقية مقلوبة.

الدرس ٣٥ : المرايا المحدبة

المرآة المحدبة

تعريفها	{ مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج }	
فائدة	بؤرة المرآة المحدبة تقع خلفها	
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام المرآة المحدبة ؛ في أيّ مكان ؛. • موقع الصورة: خلف المرآة. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة بالنسبة للجسم.	
تعليلان	• المرآة المحدبة تُكوِّن صورًا خيالية ؛ علل ؛ لأن الأشعة المنعكسة عن المرآة المحدبة مشتتة دائمًا. • المرايا المحدبة تُستخدم على جوانب السيارات للرؤية الخلفية ؛ علل ؛ لأنها تعمل على توسيع مجال الرؤية للسائق.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: مرآة تعكس الضوء عن سطحها المقوس إلى الخارج.

(٢) اختر: بؤرة المرآة ..... تقع خلفها.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

(٣) اختر: عندما يوضع جسم أمام مرآة محدبة تتكون له صورة ..

Ⓐ حقيقية مكبرة. Ⓑ حقيقية مصغرة. Ⓒ خيالية مكبرة. Ⓓ خيالية مصغرة.

ملخص خصائص نظام مرآة مفردة

نوع المرآة	f	d_o	d_i	m ؛ التكبير ؛	الصورة
مستوية	N/A لا يوجد	$d_o > 0$	$\|d_i\| = d_o$ ؛ سالب ؛	الحجم نفسه	خيالية
مقعرة	+	$d_o > r$	$r > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$r > d_o > f$	$d_i > r$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$d_i > d_o$ ؛ سالب ؛	مكبرة	خيالية
محدبة	−	$d_o > 0$	$\|d_i\| < \|f\|$ ؛ سالب ؛	مصغرة	خيالية

تعليل: الصورة الخيالية بُعدها سالب ؛ علل ؛ لأنها تقع دائمًا خلف المرآة.

للتذكير: القيمة المطلقة هي القيمة الموجبة لأي كمية عددية ورمزها | ... | .

تنبيهات

- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين **صفر** و **1** فإن الصورة تكون **أصغر** من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير **أكبر من 1** فإن الصورة تكون **أكبر** من الجسم.
- إذا كان التكبير **سالبًا** فإن الصورة تكون **مقلوبة** بالنسبة للجسم.

(٤) ضع ✓ أو × : الصورة الخيالية في المرايا الكروية يُعدها عن المرآة موجب.

(٥) اختر: إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 0.25 فإن الصورة ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(٦) ضع ✓ أو × : إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير في مرآة كروية 3 فإن الصورة أصغر من الجسم.

(٧) ضع ✓ أو × : إذا كان التكبير في مرآة كروية سالبًا فإن الصورة معتدلة بالنسبة للجسم.

مقارنة بين المرايا

	المرآة المستوية	المرآة المقعرة	المرآة المحدبة
نوع الصورة	خيالية	خيالية وحقيقية	خيالية
تكبير الصورة	مساوية للجسم	مصغرة ، مساوية ، مكبرة	مصغرة

(٨) اختر: المرآة المقعرة تكوِّن صورًا ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من Ⓓ جميع ما سبق

(٩) اختر: المرآة ..... تكوِّن صورًا خيالية مصغرة بالنسبة للجسم.

Ⓐ المقعرة Ⓑ المحدبة Ⓒ المستوية

أمثلة

15 ص112: إذا وضع مصباح ضوئي قطره 6 cm أمام مرآة محدبة بعدها البؤري 13 cm− وعلى بُعد 60 cm منها فأوجد بُعد صورة المصباح وقطرها.

الحل:

- لحساب بُعد الصورة ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{-13}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{60}$$ « عوضنا »

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{-13}-\frac{1}{60}=\frac{-73}{780}$$ « طرحنا $\frac{1}{60}$ من الطرفين ثم بسطنا بالآلة »

$$d_i=\frac{-780}{73}=-10.68\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

• نحسب قُطر الصورة ..

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$\frac{h_i}{6}=\frac{-(-10.68)}{60}$$ « عوضنا »

$$h_i=\frac{6\times10.68}{60}\approx 1.06\ \text{cm}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

17 ص112: تقف فتاة طولها 1.8 m على بُعد 2.4 m من مرآة أمان فتكونت لها صورة طولها 0.36 m ؛ ما البُعد البؤري للمرآة؟

الحل:

أولاً: نحسب بُعد الصورة ..

$$\frac{h_i}{h_o}=\frac{-d_i}{d_o}$$

$$\frac{0.36}{1.8}=\frac{-d_i}{2.4}$$ « عوضنا »

$$d_i=\frac{-0.36\times2.4}{1.8}\approx -0.48\ \text{m}$$ « ضربنا تبادليًا ثم بسطنا بالآلة الحاسبة »

ثانيًا: نحسب البُعد البؤري ..

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{-0.48}+\frac{1}{2.4}$$ « عوضنا »

$$\frac{1}{f}=\frac{-5}{3}$$ « بسطنا بالآلة »

$$f=\frac{-3}{5}=-0.6\ \text{m}$$ « قلبنا الطرفين »

أجوبة الفصل العاشر

الأجوبة

الدرس ٣١	(١) قانون الانعكاس.		(٥) الانعكاس		(٩) انعكاس غير منتظم.		(١٣) ×				
	(٢) Ⓐ		(٦) ×		(١٠) ✓						
	(٣) ✓		(٧) ✓		(١١) ×						
	(٤) العمود المقام.		(٨) انعكاس منتظم.		(١٢) Ⓒ						
الدرس ٣٢	(١) المرآة المستوية.		(٣) ✓		(٥) ✓		(٧) Ⓐ		(٩) Ⓑ		
	(٢) Ⓐ		(٤) Ⓐ		(٦) Ⓑ		(٨) Ⓑ		(١٠) ✓		
الدرس ٣٣	(١) مقعرة ، محدبة		(٧) الصورة الحقيقية.		(١٣) المستوى الأساسي						
	(٢) ✓		(٨) ✓		(١٤) الزوغان الكروي.						
	(٣) مرآة مقعرة.		(٩) Ⓐ		(١٥) ×						
	(٤) المحور الرئيس.		(١٠) Ⓒ		(١٦) Ⓑ						
	(٥) Ⓑ		(١١) ×		(١٧) ✓						
	(٦) البؤرة		(١٢) ×								
الدرس ٣٤	(١) ✓	(٢) التكبير.		(٣) Ⓐ		(٤) ✓					
الدرس ٣٥	(١) المرآة المحدبة.			(٤) ×		(٧) ×					
	(٢) Ⓑ			(٥) Ⓐ		(٨) Ⓓ					
	(٣) Ⓓ			(٦) ×		(٩) Ⓑ					

الفصل الحادي عشر

الانكسار والعدسات

الدرس ٣٦ : انكسار الضوء وقانون سنل ٩٣

الدرس ٣٧ : النموذج الموجي في الانكسار ٩٥

الدرس ٣٨ : الانعكاس الكلي الداخلي ٩٧

الدرس ٣٩ : السراب وتحليل الضوء ٩٩

الدرس ٤٠ : العدسات المحدبة والمقعرة ١٠١

الدرس ٤١ : أمثلة على معادلتي العدسة ١٠٤

الدرس ٤٢ : تكوين الصور بالعدسات وعيوب العدسات ١٠٥

الدرس ٤٣ : تطبيقات العدسات ١٠٨

الدرس ٤٤ : تتمة تطبيقات العدسات ١١٠

أجوبة الفصل الحادي عشر ١١٢

الدرس ٣٦ : انكسار الضوء وقانون سنل

انكسار الضوء

تأثيرات ناشئة من انكسار الضوء	• الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو أقرب من البعد الحقيقي لها. • قدما الشخص الواقف في البركة تبدوان وكأنهما تتحركان إلى الخلف وإلى الأمام. • الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء.
تعليل	ينحني مسار الضوء عند عبوره لحد فاصل بين وسطين (علل : بسبب الانكسار
فائدة	مقدار الانكسار يعتمد على .. • خصائص الوسطين الشفافين. • زاوية سقوط الضوء على الحد الفاصل.

(١) اختر: الأشياء التي تحت سطح الماء تبدو ..... البعد الحقيقي.

Ⓐ أقرب من Ⓑ أبعد من Ⓒ في نفس

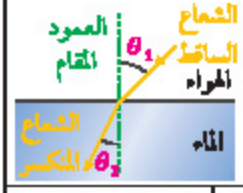
(٢) ضع ✓ أو × : الخطوط التي في قاع البركة تبدو وكأنها تتمايل مع حركة الماء بسبب الانكسار.

(٣) ضع ✓ أو × : الضوء يحافظ على نفس مساره عند عبوره لحد فاصل بين وسطين.

(٤) املأ الفراغ: يعتمد مقدار الانكسار على ..... و ..... .

قانون سنل في الانكسار

نصه	{ حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار }
صيغته الرياضية	$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ n_1 معامل انكسار الوسط 1 — θ_1 زاوية السقوط n_2 معامل انكسار الوسط 2 — θ_2 زاوية الانكسار



زاوية السقوط	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط }
زاوية الانكسار	{ الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر }
فائدة	زاوية سقوط شعاع الضوء على زجاج النافذة تساوي زاوية خروجه ولكن الشعاع يزاح قليلاً عن موضعه الأصلي؛ أي أن .. $\theta_1 = \theta'_2$

	إذا كان $n_1 < n_2$ فإن $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$	إذا كان $n_1 > n_2$ فإن $\sin\theta_1 < \sin\theta_2$
استنتاجات من قانون سنل	عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها صغير إلى مادة معامل انكسارها أكبر فإن حزمة الضوء تنحرف **مقتربة** من العمود المقام على السطح	عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها كبير إلى مادة معامل انكسارها أصغر فإن حزمة الضوء تنحرف **مبتعدة** عن العمود المقام على السطح
	مثل انتقال الضوء من الهواء إلى الزجاج	مثل انتقال الضوء من الزجاج إلى الهواء

(٥) اكتب المصطلح العلمي: حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع الساقط.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: الزاوية المحصورة بين العمود المقام واتجاه الشعاع المنكسر.

(٨) ضع ✓ أو ✗ : زاوية سقوط شعاع الضوء على زجاج النافذة أصغر من زاوية خروجه.

(٩) ضع ✓ أو ✗ : عندما ينتقل الضوء من مادة معامل انكسارها صغير إلى مادة معامل انكسارها أكبر فإن حزمة الضوء تنحرف مقتربة من العمود المقام على السطح.

أمثلة

1 ص125: أُسقطت حزمة ليزر في الهواء على إيثانول بزاوية سقوط 37° ؛ ما مقدار زاوية الانكسار؟ علمًا أن معامل انكسار الهواء 1 ، معامل انكسار الإيثانول 1.36 .

الحل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \Rightarrow \quad \sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2} = \frac{1 \sin 37}{1.36}$$

$$\therefore \quad \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 37}{1.36}\right) = 26.26\ \text{m}$$

« أخذنا $\sin^{-1}$ للطرفين »

فائدة: لحساب $\sin^{-1}\left(\frac{\sin 37}{1.36}\right)$ بالآلة الحاسبة نضغط الأزرار التالية تباعًا:

3 ص127: غُمر قالب من مادة غير معروفة في الماء وأُسقط عليه ضوء بزاوية سقوط 31° فكانت زاوية انكساره في القالب 27° ؛ ما معامل الانكسار للمادة المصنوع منها القالب؟

الحل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \Rightarrow \quad n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{1.33 \sin 31}{\sin 27} = 1.5$$

الدرس ٣٧ : النموذج الموجي في الانكسار

النموذج الموجي في الانكسار

طول موجة الضوء في وسط	$\lambda = \frac{v}{f}$	λ الطول الموجي للضوء [m] v سرعة الضوء في أي وسط [m/s] f تردد الضوء [Hz]
فائدة	سرعة الضوء تتناسب طرديًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد	
تعليلان	• الضوء يتحرك في أي وسط بسرعة أصغر من سرعته في الفراغ ؛ علل ؛ لأن الضوء يتفاعل مع الذرات عند انتقاله خلال الوسط. • الطول الموجي للضوء في أيّ وسط أقصر من الطول الموجي للضوء في الفراغ ؛ علل ؛ لأن تردد الضوء لا يتغير عندما يعبر الحد الفاصل بين وسطين لذا يتقص الطول الموجي للضوء عندما تنقص سرعة الضوء.	
علاقات خاصة بزاوية السقوط وزاوية الانكسار	$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$	θ_1 زاوية السقوط θ_2 زاوية الانكسار λ_1 الطول الموجي للضوء في الوسط 1 λ_2 الطول الموجي للضوء في الوسط 2 v_1 سرعة الضوء في الوسط 1 v_2 سرعة الضوء في الوسط 2
صورة أخرى لقانون سنل	$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$	θ_1 زاوية السقوط n_1 معامل انكسار الوسط 1 θ_2 زاوية الانكسار n_2 معامل انكسار الوسط 2

(١) ضع ✓ أو × : سرعة الضوء تتناسب عكسيًا مع الطول الموجي عند ثبوت التردد.

(٢) اختر: الطول الموجي للضوء في أيّ وسط ..... الطول الموجي للضوء في الفراغ.

Ⓐ أقصر من Ⓑ أطول من Ⓒ يساوي

معامل الانكسار لوسط

تعريفه	{ سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعته في الوسط }	n معامل انكسار الوسط
حسابه	$n = \frac{c}{v}$	c سرعة الضوء في الفراغ v سرعة الضوء في الوسط

فائدة	علاقة الطول الموجي بمعامل الانكسار .. $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$	λ الطول الموجي للضوء في الوسط λ_0 الطول الموجي للضوء في الفراغ n معامل انكسار الوسط

(٣) اكتب المصطلح العلمي: سرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعة الضوء في الوسط.

أمثلة

5 ص133: سقط شعاع ضوئي في الهواء بزاوية 30° على قالب من مادة غير معروفة فانكسر فيها بزاوية 20° ؛ ما معامل انكسار المادة؟ علمًا أن معامل انكسار الهواء 1 .

الحل:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{1\sin 30}{\sin 20} = 1.46$$

7 ص130: ما سرعة الضوء في الكلوروفورم؟ علمًا أن معامل انكسار الكلوروفورم 1.51 .

الحل:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1.51} = 1.99\times10^8\ \text{m/s}$$

9 ص130: حزمة ضوئية تعبر الماء إلى داخل البولي إيثيلين الذي معامل انكساره 1.5 ؛ فإذا كانت $\theta_i = 57.5°$ فما زاوية الانكسار في البولي إيثيلين؟ علمًا أن معامل انكسار الماء 1.33 .

الحل:

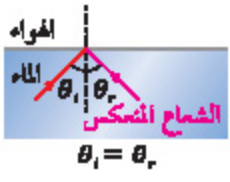
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2} = \frac{1.33\sin 57.5}{1.5}$$

$$\therefore \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{1.33\sin 37}{1.5}\right) = 48.4°$$

« أخذنا $\sin^{-1}$ للطرفين »

الدرس ٣٨ : الانعكاس الكلي الداخلي

الانعكاس الكلي الداخلي

تنبيهان	• عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط. • عند زيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار.
فائدة	عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن معظم الضوء ينفذ بينما ينعكس جزء منه
الزاوية الحرجة	{ زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين }
شرطا حدوث الانعكاس الكلي الداخلي	• سقوط الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أصغر. • عند سقوط الضوء على الحد الفاصل بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس كله إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر. 
تأثيرات ناشئة عن الانعكاس الكلي الداخلي	• عند الغوص في بركة ماء ساكن والنظر إلى أعلى سطح الماء قد نرى انعكاساً مقلوباً لجسم آخر قريب موجود أسفل سطح الماء، أو ترى انعكاساً لقاع البركة. • عندما يسبح شخص تحت الماء بالقرب من السطح فإن الشخص الواقف في الجهة المقابلة أعلى البركة قد لا يراه ؛ علل ؛ لأن الضوء القادم من الجسم نفسه والساقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس إلى الأسفل ليرتد إلى داخل البركة.
حساب مقدار الزاوية الحرجة	$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ θ_c الزاوية الحرجة للانعكاس الكلي الداخلي n_1 معامل الانكسار لوسط السقوط n_2 معامل الانكسار لوسط الانكسار

(١) ضع ✓ أو × : عندما يعبر الضوء إلى وسط معامل انكساره أصغر تكون زاوية الانكسار أصغر من زاوية السقوط.

(٢) اختر: عند زيادة زاوية السقوط ..... زاوية الانكسار.

Ⓐ تنقص Ⓑ تزداد Ⓒ لا تتغير

(٣) ضع ✓ أو × : عندما يسقط ضوء على حد فاصل شفاف فإن جزءاً من الضوء ينعكس.

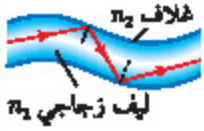
(٤) اكتب المصطلح العلمي: زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين.

(٥) اختر: يحدث الانعكاس الكلي الداخلي عندما يسقط الشعاع الضوئي من وسط إلى آخر معامل انكساره ..... الوسط الأول.

Ⓐ أكبر من Ⓑ أصغر من Ⓒ مساوٍ لـ

(٦) املأ الفراغ: عندما يسقط الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أصغر بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة، فإن هذه الظاهرة تسمى ..... .

الألياف البصرية

مبدأ عملها	تُعد تطبيقًا تقنيًا مهمًا على الانعكاس الكلي الداخلي
طريقة عملها	الضوء الذي ينتقل خلال الليف الشفاف يصطدم بالسطح الداخلي لليف البصري بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الضوء جميعه ولا ينفذ أي جزء خلال الحد الفاصل 
وظيفتها	نقل الضوء من منطقة إلى أخرى
فائدة	الألياف البصرية تحافظ على شدة الضوء على طول المسافة التي يمتدها الليف البصري

(٧) املأ الفراغ: الألياف البصرية تُعد تطبيقًا تقنيًا مهمًا على ظاهرة ..... .

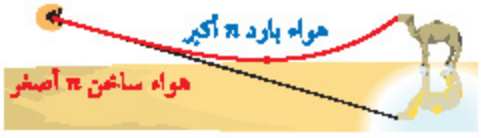
(٨) ضع ✓ أو ✗ : الضوء الذي ينتقل خلال الألياف البصرية يصطدم بالسطح الداخلي لليف البصري بزاوية أقل من الزاوية الحرجة.

(٩) اختر: وظيفة الألياف البصرية ..

Ⓐ نقل الضوء. Ⓑ نقل الكهرباء. Ⓒ تحليل الضوء.

الدرس ٣٩ : السراب وتحليل الضوء

السراب

تعليل	في الصيف عندما تقود السيارة على الطريق فإنك ترى ما يبدو وكأنه انعكاس للسيارة القادمة في بركة ماء ! **علل** ! بسبب تسخين الشمس للطريق التي تسخن بدورها الهواء فوقها وتنتج طبقة حرارية من الهواء تؤدي إلى انحراف الضوء المنتقل خلالها
تفسيره	• عندما ينتقل الضوء من جسم بعيد إلى أسفل نحو الطريق فإن معامل انكسار الهواء ينقص بسبب سخونة الهواء.  • تنتقل موجات هويجنز ! مقدمات موجات الضوء ! القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى مما يؤدي إلى انحراف الموجة تدريجياً إلى أعلى.
السراب القطبي	السراب القطبي يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه ! **علل** ! لأن الهواء القريب من الماء يكون باردًا

(١) ضع ✓ أو × : يحدث السراب في الصيف بسبب انتقال الموجات القريبة من الأرض أسرع من التي في الأعلى.

(٢) اختر: أيٌّ مما يلي لا يؤثر في تشكيل السراب؟

Ⓐ تسخين الهواء القريب من الأرض. Ⓑ موجات هويجنز. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

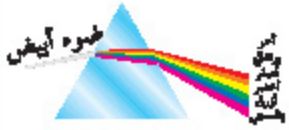
(٣) اكتب المصطلح العلمي : نوع من السراب يحدث عندما يبدو انعكاس قارب بعيد فوق القارب نفسه.

(٤) اختر: السراب القطبي يحدث بسبب أن الهواء القريب من الماء يكون ..

Ⓐ باردًا. Ⓑ ساخنًا. Ⓒ متحركًا.

تفريق أو تحليل أو تشتت الضوء

المقصود به	تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي

تعليل	اللون البنفسجي ينكسر أكبر من اللون الأحمر ؛ علل ؛ لأن سرعة الضوء البنفسجي خلال الزجاج أبطأ منها للضوء الأحمر فيكون معامل انكسار الزجاج للضوء البنفسجي أكبر منه للضوء الأحمر 
قوس المطر	المقصود به: طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي كيفية حدوثه: • ينكسر ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء؛ حيث ينكسر كل لون بزاوية مختلفة قليلاً بسبب التشتت. • يحدث انعكاس داخلي لبعض الضوء على السطح الخلفي للقطرة. • عند خروج الضوء يحدث له انكسار مرة أخرى ويتفرق. • كل قطرة تنتج طيفاً كاملاً إلا أنه يصل لون واحد فقط إلى المراقب ـ الموجود بين الشمس والمطر ـ بسبب التفريق.
تعليل	نرى أحياناً قوس مطر ثانٍ باهت خارج الأول وله ترتيب ألوان معكوس ؛ علل ؛ بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين في داخل قطرة الماء

(٥) اكتب المصطلح العلمي: تحلل الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان عند مروره خلال منشور زجاجي أو قطرات الماء في الغلاف الجوي.

(٦) ضع ✓ أو ✗ : اللون الأحمر ينكسر أصغر من اللون البنفسجي.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: طيف يتشكل عندما يتفرق ضوء الشمس بفعل قطرات الماء في الغلاف الجوي.

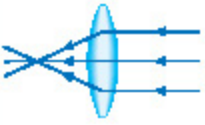
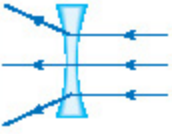
(٨) اختر: أيّ مما يلي لا يؤثر في تشكيل قوس المطر؟

Ⓐ الحيود. Ⓑ التشتت ؛ التفريق ؛. Ⓒ الانعكاس. Ⓓ الانكسار.

(٩) ضع ✓ أو ✗ : كل لون في ضوء الشمس الساقط على قطرات الماء ينكسر بنفس الزاوية.

الدرس ٤٠ : العدسات المحدبة والمقعرة

أساسيات عن العدسات

العدسة	قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك؛ تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور
نوعاها	عدسة محدبة ، عدسة مقعرة
العدسة المحدبة	• عدسة سميكة في وسطها وأصغر سُمكًا عند أطرافها. • العدسة المحدبة تُسمى العدسة المُجمعة ؛ علل ؛ لأنها تجعل الأشعة المتوازية الساقطة عليها تتجمع في نقطة عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 
العدسة المقعرة	• عدسة وسطها أقل سُمكًا من أطرافها. • العدسة المقعرة تُسمى العدسة المُفرقة ؛ علل ؛ لأنها تُشتت الضوء الساقط عليها والمار بها عندما يكون معامل انكسار الوسط المحيط بها أصغر من معامل انكسارها. 
فائدة	عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها

(١) اكتب للمصطلح العلمي: قطعة من مادة شفافة من الزجاج أو البلاستيك تُستخدم في تركيز الضوء وتكوين الصور.

(٢) املأ الفراغ: من أنواع العدسات: العدسة ..... والعدسة ..... .

(٣) ضع ✓ أو × : العدسة المحدبة سميكة في وسطها وأقل سُمكًا عند أطرافها.

(٤) اختر: العدسة المقعرة وسطها ..... أطرافها.

Ⓐ أقل سُمكًا من Ⓑ يساوي سُمك Ⓒ أكبر سُمكًا من

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يمر الضوء خلال عدسة يحدث الانكسار عند سطحيها.

معادلتا العدسة

فائدة	العدسات الكروية الرقيقة هي عدسات لها وجوه مقوسة بتقوس الكرة نفسه	
(1) معادلة العدسة الرقيقة	$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$	f البعد البؤري للعدسة الكروية d_i بُعد الصورة عن العدسة d_o بُعد الجسم عن العدسة

(2) معادلة التكبير	$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$	m التكبير، d_i بُعد الصورة عن العدسة، h_i طول الصورة، d_o بُعد الجسم عن العدسة، h_o طول الجسم
البعد البؤري	المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة	
فائدة	البُعد البؤري للعدسة يعتمد على شكل العدسة ومعامل انكسار مادتها	

نظام الإشارات في معادلتي العدسة

البعد البؤري f		بُعد الصورة d_i		طول الصورة h_i ، التكبير m	
+	−	+	−	+	−
العدسة محدبة	العدسة مقعرة	الصورة حقيقية	الصورة خيالية	الصورة معتدلة	الصورة مقلوبة

(٦) اكتب للمصطلح العلمي: عدسات لها وجوه مقوسة بتقوس الكرة نفسه.

(٧) اكتب للمصطلح العلمي: المسافة بين المستوى الأساسي للعدسة والبؤرة.

(٨) اختر: البُعد البؤري للعدسة يعتمد على ..

Ⓐ شكلها. Ⓑ معامل انكسار مادتها. Ⓒ جميع ما سبق.

ملخص خصائص نظام العدسات الكروية

نوع العدسة	f	d_o	d_i	التكبير m	الصورة
محدبة	+	$d_o > 2f$	$2f > d_i > f$	مصغرة مقلوبة	حقيقية
		$2f > d_o > f$	$d_i > 2f$	مكبرة مقلوبة	حقيقية
		$f > d_o > 0$	$\lvert d_i \rvert > d_o$ سالب	مكبرة	خيالية
مقعرة	−	$d_o > 0$	$0 < \lvert d_i \rvert < \lvert f \rvert$ سالب	مصغرة	خيالية

تنبيهات
- الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم وبعدها يكون سالب.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير بين صفر و 1 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.
- إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير أكبر من 1 فإن الصورة تكون أكبر من الجسم.
- إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.
- العدسة المقعرة تُنتج صورًا خيالية فقط، بينما المحدبة تُنتج صورًا حقيقية أو خيالية.

للتذكير: القيمة المطلقة هي القيمة الموجبة لأي كمية عددية ورمزها $|\cdots|$

(٩) ضع ✓ أو × : الصورة الخيالية تكون في الجانب نفسه الموجود فيه الجسم الموضوع أمام العدسة الكروية الرقيقة.

(١٠) اختر: إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 0.5 فإن الصورة تكون ..... الجسم.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

(١١) ضع ✓ أو × : إذا كانت القيمة المطلقة للتكبير 2 فإن الصورة تكون أصغر من الجسم.

(١٢) ضع ✓ أو × : إذا كان التكبير سالبًا فإن الصورة تكون مقلوبة بالنسبة للجسم.

(١٣) اختر: العدسة المقعرة تُنتج صورًا ..

Ⓐ مقلوبة. Ⓑ حقيقية. Ⓒ خيالية.

أمثلة

13 ص134: تكوَّن جسم موجود بالقرب من عدسة محدبة صورة حقيقية مقلوبة طولها 1.8 cm على بُعد 10.4 cm منها؛ فإذا كان البُعد البؤري للعدسة 6.8 cm فما بُعد الجسم؟

الحل:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_i}+\frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{6.8}=\frac{1}{10.4}+\frac{1}{d_o}$$

« طرحنا $\frac{1}{10.4}$ من الطرفين »

$$\frac{1}{d_o}=\frac{45}{884}$$

« قلبنا الطرفين »

$$d_o=\frac{884}{45}\approx 19.64\ \text{cm}$$

الدرس ٤١ : أمثلة على معادلتي العدسة

أمثلة

14 ص138: وضع جسم عن يسار عدسة محدبة بُعدها البؤري 25 mm فتكونت له صورة حجمها يساوي حجم الجسم؛ ما بُعد كل من الجسم والصورة؟

الحل: بما أن حجم الصورة يساوي حجم الجسم فإن $d_i = d_o = d$ ..

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{2}{d}$$

$d = 25 \times 2 = 50 \Rightarrow d_i = 50\ \text{mm}$ ، $d_o = 50\ \text{mm}$ « ضربنا تبادليًا »

15 ص139: إذا وضعت صحيفة على بُعد 6 cm من عدسة محدبة بُعدها البؤري 20 cm فأوجد بُعد الصورة المتكونة لها.

الحل:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \Rightarrow \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o} = \frac{1}{20} - \frac{1}{6} = \frac{-7}{60}$$

$$d_i = \frac{-60}{7} = 8.57\ \text{cm}$$ « قلبنا الطرفين »

فائدة: الإشارة السالبة تدل على أن الصورة خيالية.

20 ص137: في الشكل المجاور المقطع العرضي لأربع عدسات رقيقة ..

(a) أيّ هذه العدسات محدبة؟

(b) أيّ هذه العدسات مقعرة؟

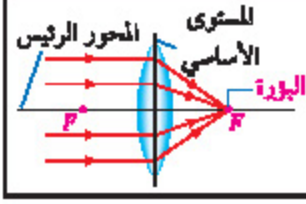
الحل:

العدسة 1	العدسة 2	العدسة 3	العدسة 4
محدبة لأن وسطها أكبر سُمكًا من أطرافها	مقعرة لأن وسطها أصغر سُمكًا من أطرافها	محدبة لأن وسطها أكبر سُمكًا من أطرافها	مقعرة لأن وسطها أصغر سُمكًا من أطرافها

الدرس ٤٢ : تكوين الصور بالعدسات وعيوب العدسات

تجميع الأشعة بالعدسة المحدبة

فائدة	العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في بؤرة العدسة المحدبة
تنبيه	العدسة المحدبة لها بؤرتان؛ بؤرة في كل جانب من جوانبها



(١) املأ الفراغ: العدسة المحدبة تستخدم لحرق ورقة بتجميع أشعة الشمس المتوازية في ..... العدس

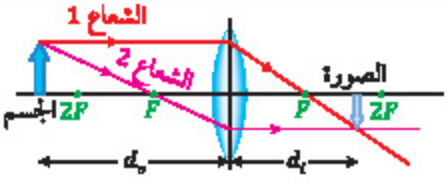
تكوين صور حقيقية بالعدسة المحدبة

تنبيهات

- الشعاع الساقط **موازيًا للمحور الرئيس** لعدسة محدبة ينكسر **مارًا بالنقطة F** في الجانب الآخر.
- الشعاع الساقط **مارًا بالنقطة F** في طريقه لعدسة محدبة ينكسر **موازيًا للمحور الرئيس**.
- موقع صورة الجسم هو نقطة تقاطع الشعاعين.

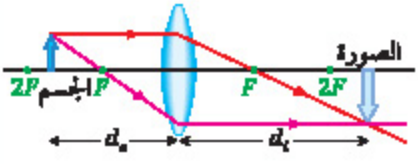
الحالة (1)

- موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري.
- موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مصغرة بالنسبة للجسم.



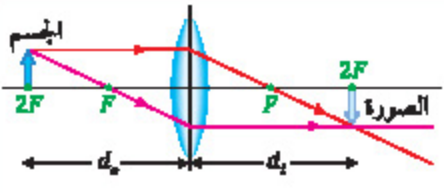
الحالة (2)

- موقع الجسم: يقع على مسافة أكبر من البعد البؤري وأصغر من ضعفه.
- موقع الصورة: تقع على مسافة أكبر من ضعفي البعد البؤري.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مكبرة بالنسبة للجسم.



الحالة (3)

- موقع الجسم: يقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري؛ عند النقطة 2F.
- موقع الصورة: تقع على مسافة تساوي ضعفي البُعد البؤري.
- صفات الصورة: حقيقية مقلوبة مساوية للجسم.



(٢) املأ الفراغ: الشعاع الساقط موازيًا للمحور الرئيس لعدسة محدبة ينكسر ماراً بـ ..... .

(٣) املأ الفراغ: الشعاع الساقط على عدسة محدبة ماراً بالنقطة F ينكسر موازيًا لـ ..... .

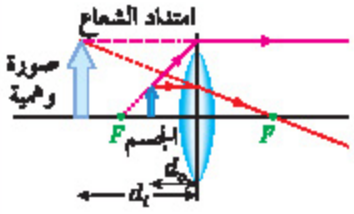
(٤) اختر: وضع جسم على بُعد 10 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 4 cm ؛ صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة.

(٥) ضع ✓ أو × : عندما يُوضع جسم أمام عدسة محدبة بين النقطة F والنقطة $2F$ فسوف تتكون له صورة حقيقية مصغرة.

(٦) ضع ✓ أو × : عندما يُوضع جسم أمام عدسة محدبة في النقطة F فسوف تتكون له صورة حقيقية مقلوبة مساوية للجسم.

تكوين صور خيالية بالعدسة المحدبة

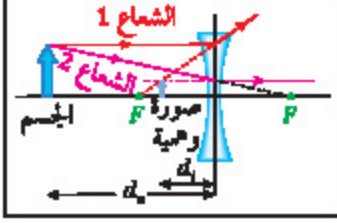
تعليل	لا تتكون صورة عندما يُوضع جسم في بؤرة عدسة محدبة ؛ **علل** ؛ **لأن الأشعة ستنكسر في حزمة متوازية**
حالة تكوين الصورة الخيالية	• موقع الجسم: يقع بين البؤرة والمستوى الأساسي للعدسة. • موقع الصورة: تقع في جانب العدسة نفسه الذي يُوجد فيه الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مكبرة. 
فائدة	الصورة الخيالية تتحدد برسم امتدادات الأشعة التي لا تمر فعلاً من خلال العدسة

(٧) اختر: وضع جسم على بُعد 4 cm أمام عدسة محدبة بُعدها البؤري 6 cm ؛ إن صفات الصورة المتكونة ..

Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

تكوين الصورة الخيالية بالعدسة المقعرة

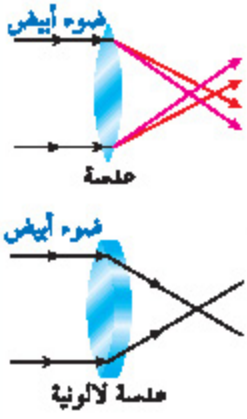
فائدة	العدسة المقعرة تفرق الأشعة كلها
الحالة الوحيدة	• موقع الجسم: أمام العدسة المقعرة ؛ في أي مكان ؛. • موقع الصورة: في نفس الجهة التي فيها الجسم. • صفات الصورة: خيالية معتدلة مصغرة.



(٨) اختر: عندما يوضع جسم أمام عدسة مقعرة فسوف تتكون له صورة ..
Ⓐ حقيقية مصغرة. Ⓑ حقيقية مكبرة. Ⓒ خيالية مصغرة. Ⓓ خيالية مكبرة.

عيوب العدسات الكروية

الزوغان الكروي	• المقصود به: عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة. • سببه: اتساع سطح العدسة. • ينتج عنه: صورة مشوشة غير تامة. • علاجه: الزوغان الكروي يُعالج باختيار نصفي قطرين مناسبين للعدسة.
الزوغان اللوني	• المقصود به: تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة قليلاً وخصوصاً بالقرب من الأطراف. • ينتج عنه: الجسم يظهر من خلال العدسة محاطًا بالألوان. • سببه: استخدام عدسة مفردة تعمل مثل المنشور. • تخفيض أثره: عن طريق استخدام العدسات اللالونية.
العدسات اللالونية	• المقصود بها: نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين. • فائدة: التشتت الذي تسببه العدسة المحدبة يُلغى تقريباً بالتشتت الذي تسببه العدسة المقعرة.



(٩) اكتب المصطلح العلمي: عدم قدرة العدسات الكروية على تجميع الأشعة المتوازية كلها في نقطة واحدة.

(١٠) اختر: الزوغان الكروي في العدسات سببه ..
Ⓐ اتساع سطح العدسة. Ⓑ استخدام عدسة مفردة. Ⓒ العدسة تعمل كمنشور.

(١١) اختر: الزوغان الكروي في العدسات ينتج عنه تكوّن صورة ..
Ⓐ واضحة غير تامة. Ⓑ مشوشة تامة. Ⓒ مشوشة غير تامة.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: تشتت الضوء الذي يمر خلال العدسة وخصوصاً قرب الأطراف.

(١٣) املأ الفراغ: في الزوغان اللوني في العدسات يظهر الجسم من خلال العدسة محاطًا بـ ..... .

(١٤) املأ الفراغ: يخفض أثر الزوغان اللوني في العدسات المحدبة باستخدام العدسات ..... .

(١٥) اكتب المصطلح العلمي: نظام مكون من عدستين أو أكثر مثل عدسة محدبة مع عدسة مقعرة لهما معاملا انكسار مختلفين.

الدرس ٤٣ : تطبيقات العدسات

العين البشرية

وصفها	أداة بصرية مملوءة بسائل، وهي على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين
كيفية تكوينها للصور	(١) ينتقل الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه إلى داخل العين عبر القرنية. (٢) الضوء يمر خلال العدسة ويتركز على الشبكية الموجودة في مؤخرة العين. (٣) الخلايا المتخصصة في الشبكية تمتص الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة إلى الدماغ عن طريق العصب البصري.
تعليل	الضوء الداخل إلى العين يتركز عن طريق القرنية وليس العدسة ؛ **علل** ؛ **لأن** فرق معامل الانكسار بين الهواء والقرنية أكبر مما هو بين العدسة وما قبلها وبعدها
عدسة العين	مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح تام
العضلات المحيطة بالعين	بواسطة عملية التكيّف تستطيع العضلات المحيطة بالعين أن تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير بُعدها البؤري .. • عندما **ترتخي** العضلات **يزداد البعد البؤري** للعدسة فتتركز صورة الجسم البعيد على الشبكية. • عندما **تنقبض** العضلات **ينقص البعد البؤري** للعدسة فتتركز صورة الجسم القريب على الشبكية.

(١) ضع ✓ أو × : العين البشرية تكون على هيئة وعاء كروي تقريبًا يسمى مُقلة العين.

(٢) اختر: الضوء المنبعث من الجسم أو المنعكس عنه ينتقل إلى داخل العين عبر ..
Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلة الهدبية.

(٣) املأ الفراغ: الخلايا المتخصصة في شبكية العين تمتص الضوء وترسل المعلومات المتعلقة بالصورة عن طريق ..... إلى الدماغ.

(٤) اختر: مسؤولة عن التركيز الدقيق الذي يسمح برؤية الأجسام البعيدة والقريبة بوضوح ..
Ⓐ الشبكية. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ عدسة العين.

(٥) اختر: تجعل عدسة العين تنقبض أو تنبسط مما يؤدي إلى تغير البُعد البؤري للعدسة ..
Ⓐ البؤبؤ. Ⓑ القزحية. Ⓒ القرنية. Ⓓ العضلات المحيطة بالعين.

(٦) ضع ✓ أو × : عندما ترتخي العضلات المحيطة بالعين يزداد البعد البؤري لعدستها.

(٧) ضع ✓ أو × : عندما تنقبض العضلات المحيطة بالعين يزداد البعد البؤري لعدستها.

قصر النظر وطول النظر

فائدة	عيون بعض الناس لا تُركز صوراً واضحة على الشبكية بدقة
تعليل	حاجة بعض الناس إلى العدسات الخارجية ـ نظارات أو عدسات لاصقة ـ « علل » لضبط البُعد البؤري وتحريك الصور لتقع على الشبكية
قصر النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أصغر من الطبيعي فتتكون الصور أمام الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات مقعرة لتُفرق الضوء فيزداد بُعد الصورة وتتكوّن على الشبكية.
طول النظر	• المقصود به: عيب في الرؤية لا يستطيع الشخص المصاب به رؤية الجسم القريب بوضوح. • أسبابه: البُعد البؤري للعين يكون أكبر من الطبيعي فتتكون الصور خلف الشبكية. • علاجه: تُستخدم عدسات محدبة تُكون صوراً خيالية أبعد عن العين من أجسامها فتصبح هذه الصور أجساماً بالنسبة لعدسة العين وتتركز على الشبكية.
تعليل	فوق سن 45 عام تحدث للأشخاص حالة مشابهة لطول النظر « علل » لأن صلابة عدسة العين تزداد فلا تستطيع العضلات تقصير البُعد البؤري بما يكفي لتركيز صور الأجسام القريبة على الشبكية

(٨) اكتب المصطلح العلمي: عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم البعيد بوضوح.

(٩) اختر: في قصر النظر تتكون الصور ..

Ⓐ أمام الشبكية. Ⓑ خلف الشبكية. Ⓒ أمام القرنية.

(١٠) املأ الفراغ: قصر النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

(١١) اكتب المصطلح العلمي: عيب في الرؤية لا يستطيع المصاب به رؤية الجسم القريب واضحاً.

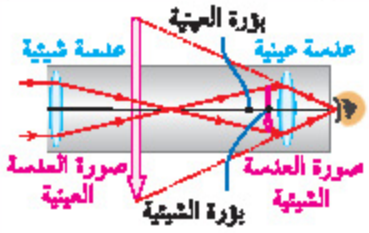
(١٢) اختر: في طول النظر تتكون الصور ..

Ⓐ أمام الشبكية. Ⓑ خلف الشبكية. Ⓒ أمام القرنية.

(١٣) املأ الفراغ: طول النظر يُعالج باستخدام عدسة ..... .

الدرس ٤٤ : تتمة تطبيقات العدسات

التلسكوب « المنظار الفلكي » الكاسر

استخدامه	التلسكوب الكاسر يستخدم العدسات لتكبير الأجسام البعيدة
طريقة عمله	(١) أشعة الضوء المتوازية « القادمة من النجوم والأجسام الفلكية البعيدة » تدخل العدسة الشيئية المحدبة فتتركز بوصفها صورة حقيقية مقلوبة عند بؤرة العدسة الشيئية.  (٢) الصورة المتكونة تصبح جسماً بالنسبة للعدسة العينية المحدبة بحيث تقع بين العدسة العينية وبؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة أكبر من الصورة الأولى. (٣) الصورة النهائية تبقى مقلوبة بالنسبة للجسم لأن الصورة الأولى كانت مقلوبة.
تعليل	في المنظار الفلكي تُستخدم عدسات لالونية « علل « للتخلص من الزوغان اللوني

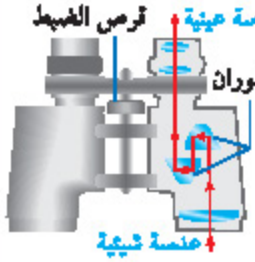
(١) اختر: التلسكوب الكاسر يُستخدم في ..
Ⓐ تكبير الأجسام الصغيرة. Ⓑ تكبير الأجسام البعيدة. Ⓒ فحص الخلايا.

(٢) اختر: الصورة النهائية في التلسكوب تكون ..... بالنسبة للجسم.
Ⓐ مقلوبة Ⓑ معتدلة Ⓒ حقيقية

(٣) اختر: تُستخدم في المنظار الفلكي عدسات ..
Ⓐ مقعرة. Ⓑ مفرقة. Ⓒ لونية. Ⓓ لالونية.

المنظار

استخدامه	يُكوّن صوراً مكبرة للأجسام البعيدة
فائدة	كل جانب من المنظار يُشبه مقراباً صغيراً
طريقة عمله	(١) الضوء يدخل للعدسة الشيئية المحدبة فتقلب الصورة. (٢) يتنقل الضوء في المنظار عبر منشورين « علل « ليقلبا الصورة ثانية عن طريق الانعكاس الكلي الداخلي.
فائدة المنشورين	• إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه إلى العدسة العينية للمنظار. • زيادة المسافة الفاصلة بين العدستين الشيئيتين مما يُحسن الرؤية ثلاثية الأبعاد للجسم البعيد.



(٤) اختر: المنظار يُكوّن صوراً ..

Ⓐ مكبرة للأجسام البعيدة. Ⓑ مصغرة للأجسام البعيدة. Ⓒ مكبرة للأجسام الدقيقة.

(٥) املأ الفراغ: في المنظار يعمل ..... على إطالة مسار انتقال الضوء وتوجيهه للعدسة العينية.

(٦) ضع ✓ أو × : في المنظار يعمل المنشوران على تقليل المسافة بين العدستين الشيئيتين.

آلات التصوير: آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة

آلية عملها

(١) يدخل الضوء لآلة التصوير عبر عدسة لالونية.

(٢) يعمل نظام العدسة على كسر الضوء كما في العدسة المحدبة المفردة فتتكون على المرآة العاكسة صورة مقلوبة تنعكس إلى أعلى باتجاه المنشور الذي يعكس الضوء باتجاه عين المشاهد.

(٣) عند الضغط على زر الغالق تُرفع المرآة لفترة وجيزة وينتقل الضوء في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

(٧) اختر: آلة التصوير العاكسة ذات العدسة المفردة تحوي عدسة ..

Ⓐ مقعرة. Ⓑ مفرقة. Ⓒ لونية. Ⓓ لالونية.

(٨) ضع ✓ أو × : المنشور في آلة التصوير يعمل على عكس الضوء باتجاه الفيلم.

(٩) ضع ✓ أو × : في آلة التصوير عند الضغط على زر الغالق تُرفع المرآة لفترة وجيزة وينتقل الضوء في خط مستقيم ليكوّن صورة على الفيلم.

المجهر « الميكروسكوب »

استخدامه	المجهر يُستخدم في مشاهدة الأجسام الصغيرة
طريقة عمله	(١) يُوضع الجسم بين العدسة الشيئية ومركز تكورها فتتكون صورة حقيقية مقلوبة أكبر من الجسم. (٢) تُصبح هذه الصورة جسماً للعدسة العينية تقع بينها وبين بؤرتها فتتكون صورة خيالية معتدلة مكبرة مقارنة بالصورة التي كونتها العدسة الشيئية فيرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

(١٠) اختر: المجهر يُستخدم في ..

Ⓐ تكبير الأجسام الصغيرة. Ⓑ تكبير الأجسام البعيدة. Ⓒ مشاهدة الأجسام الكبيرة.

(١١) ضع ✓ أو × : الجسم المراد تكبيره بالمجهر يُوضع بين العدسة الشيئية ومركز تكورها.

(١٢) ضع ✓ أو × : في المجهر يرى المشاهد صورة مقلوبة أكبر من الجسم الأصلي.

أجوبة الفصل الحادي عشر

الأجوبة

الدرس ٣٦	(١) Ⓐ	(٤) خصائص الوسطين، زاوية السقوط	(٧) زاوية الانكسار.
	(٢) ✓	(٥) قانون سنل.	(٨) ×
	(٣) ×	(٦) زاوية السقوط.	(٩) ✓
الدرس ٣٧	(١) ×	(٢) Ⓐ	(٣) معامل الانكسار لوسط
الدرس ٣٨	(١) ×	(٤) الزاوية الحرجة.	(٧) الانعكاس الكلي الداخلي
	(٢) Ⓑ	(٥) Ⓑ	(٨) ×
	(٣) ✓	(٦) الانعكاس الكلي الداخلي	(٩) Ⓐ
الدرس ٣٩	(١) ✓	(٣) السراب القطبي. (٥) تفريق ، تحليل ، الضوء.	(٧) قوس المطر. (٩) ×
	(٢) Ⓒ Ⓐ	(٤) Ⓐ (٦) ✓	(٨) Ⓐ
الدرس ٤٠	(١) العدسة.	(٤) Ⓐ (٧) البُعد البؤري. (١٠) Ⓐ (١٣) Ⓒ	
	(٢) المحدبة، المقعرة	(٥) ✓ (٨) Ⓒ (١١) ×	
	(٣) ✓	(٦) العدسات الكروية. (٩) ✓ (١٢) ✓	
الدرس ٤٢	(١) بؤرة	(٥) × (٩) الزوغان الكروي.	(١٣) الألوان
	(٢) F ، البؤرة	(٦) × (١٠) Ⓐ	(١٤) اللالونية
	(٣) المحور الرئيس	(٧) Ⓓ (١١) Ⓒ	(١٥) العدسات اللالونية.
	(٤) Ⓐ	(٨) Ⓒ (١٢) الزوغان اللوني.	
الدرس ٤٣	(١) ✓	(٤) Ⓓ (٧) ×	(١٠) مقعرة (١٣) محدبة
	(٢) Ⓒ	(٥) Ⓓ (٨) قصر النظر.	(١١) طول النظر.
	(٣) العصب البصري	(٦) ✓ (٩) Ⓐ	(١٢) Ⓑ

الفصل الثاني عشر

التداخل والحيود

الدرس ٤٥ : التداخل ١١٤

الدرس ٤٦ : قياس الطول الموجي للضوء ١١٧

الدرس ٤٧ : الأغشية الرقيقة ١١٩

الدرس ٤٨ : الحيود ١٢١

الدرس ٤٩ : محزوزات الحيود ١٢٣

الدرس ٥٠ : قوة التميز للعدسات ١٢٦

أجوبة الفصل الثاني عشر ١٢٨

الدرس ٤٥ : التداخل

السلوك الموجي للضوء

الأدلة عليه	من الأدلة على أن الضوء يسلك سلوكًا موجيًا .. • الضوء يحيد عندما يمر بحافة. • الضوء يتداخل.
الضوء غير المترابط	ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة
عدم الترابط في الموجات	يمكن مشاهدته عند سقوط مطر بغزارة على بركة مياه حيث يكون سطح الماء مائجًا ومتقلبًا ولا يظهر أي نمط منتظم لمقدمات موجة أو موجات مستقرة
تعليل	الضوء غير المترابط لا يظهر لنا متقطعًا أو غير مترابط « علل » لأن تردد موجات الضوء كبير جدًا
فائدة	عندما يُضاء جسم من مصدر ضوئي أبيض غير مترابط فإننا نرى تراكب موجات الضوء غير المترابط كأنها ضوء أبيض منتظم

(١) اختر: الضوء ..... عندما يمر بحافة.

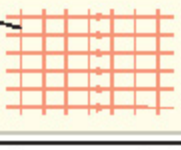
Ⓐ ينكسر Ⓑ يحيد Ⓒ يتداخل

(٢) ضع ✓ أو ✗ : تداخل الضوء يدل على السلوك الموجي له.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

(٤) ضع ✓ أو ✗ : عندما يُضاء جسم من مصدر ضوئي أبيض غير مترابط فإننا نرى تراكب موجات الضوء غير المترابط كأنها ضوء أبيض منتظم.

تداخل الضوء المترابط « المتزامن »

الضوء المترابط	الضوء الناتج عن تراكب ضوأيّ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة	
توليد مقدمة موجة منتظمة	توليد مقدمة موجة منتظمة من مصدر نقطي واحد 	توليد مقدمة موجة منتظمة من مصادر نقطية متزامنة مثل أشعة الليزر 
تنبيه	التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية مترابطة	

تجربة توماس يونج « تجربة الشق المزدوج »	• أثبت أن للضوء خصائص موجية حيث أنتج نمط تداخل من إسقاط ضوء من مصدر نقطي مترابط أحادي خلال شقين. • لاحظ يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تَوَلُّد حزم مضيئة وأخرى معتمة سماها أهداب التداخل. • فسر يونج تكوّن هذه الحزم نتيجة التداخل البناء والتداخل الهدام للموجات الضوئية الصادرة من الشقين في الحاجز.
تنبيهات على تجربة الشق المزدوج	• في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء أحادي اللون « ضوء له طول موجي واحد ». • التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية مضيئة بلون معين « هدبًا مضيئًا » ويُنتج على كل جانب حزمًا مضيئة أخرى تفصلها فراغات متساوية تقريبًا. • شدة إضاءة الأهداب المضيئة تتناقص كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي. • في تجربة الشق المزدوج بين الأهداب المضيئة تُوجد أهداب معتمة « علل « بسبب حدوث تداخل هدام.
فائدة	استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة، وفي الهدب المركزي المضيء تتداخل الأطوال الموجية تداخلاً بناءً فيكون أبيضًا دائمًا

(٥) اكتب المصطلح العلمي: الضوء الناتج عن تراكب ضوأيْ مصدرين أو أكثر مُشكلاً مقدمات موجة منتظمة.

(٦) ضع ✓ أو × : التداخل يحدث نتيجة تراكب موجات ضوئية صادرة عن مصادر ضوئية غير مترابطة.

(٧) املأ الفراغ: في تجربة يونج عند تداخل الضوء الخارج من الشقين تتولد حزم مضيئة وأخرى معتمة تسمى ..... .

(٨) اختر: في تجربة الشق المزدوج يُستخدم ضوء ..... اللون.

Ⓐ أحادي Ⓑ ثنائي Ⓒ ثلاثي

(٩) ضع ✓ أو × : التداخل البنّاء يُنتج حزمة ضوئية مركزية معتمة.

(١٠) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج شدة إضاءة الأهداب المضيئة تزداد كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي.

(١١) ضع ✓ أو × : استخدام ضوء أبيض في تجربة الشق المزدوج يُسبب ظهور أطياف ملونة.

تداخل الشق المزدوج

توليد ضوء مترابط من ضوء غير مترابط

(١) وضع يونج حاجزًا ضوئيًا ذا شق ضيق أمام مصدر ضوئي أحادي اللون.

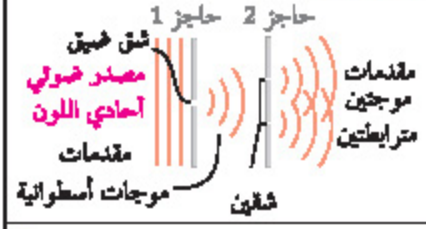
(٢) في تجربة يونج ينفذ من الشق الجزء المترابط من الضوء فقط ؛ **علل** ؛ **لأن عرض الشق صغير جدًا.**

(٣) الجزء الذي ينفذ من الضوء يحيد عن طريق الشق وتتولد مقدمات موجة أسطوانية.

(٤) في تجربة يونج جزءا مقدمة الموجة يصلان إلى الحاجز الثاني ذي الشقين متفقين في الطور ؛ **علل** ؛ **بسبب تماثل مقدمات الموجة الأسطوانية.**

(٥) ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة مترابطة وأسطوانية.

(٦) تتداخل الموجتان بعد ذلك تداخلاً بنّاءً أو هدامًا حسب العلاقة بين طوريهما.



نوعا التداخل

تداخل بنّاء	تداخل هدام
ينتج عنه أهداب مضيئة	ينتج عنه أهداب معتمة
المصدر 1 + المصدر 2 = تراكب	المصدر 1 − المصدر 2 = تراكب

(١٢) اختر: في تجربة الشق المزدوج يُوضع حاجز ذو شق ضيق أمام مصدر ضوئي ..

Ⓐ أحادي اللون. Ⓑ ثنائي اللون. Ⓒ ثلاثي اللون.

(١٣) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق المزدوج الجزء الذي ينفذ من الضوء يحيد بوساطة الشق.

(١٤) اختر: في تجربة يونج ينتج عن الشقين في الحاجز الثاني مقدمات موجة ..

Ⓐ غير مترابطة وأسطوانية. Ⓑ مترابطة وأسطوانية. Ⓒ مترابطة ومستقيمة.

(١٥) ضع ✓ أو × : في تجربة شقي يونج تنتج عن التداخل البنّاء أهداب معتمة.

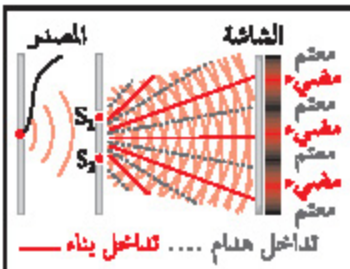
(١٦) املأ الفراغ: في تجربة الشق المزدوج تنتج عن التداخل ..... أهداب معتمة.

الدرس ٤٦ : قياس الطول الموجي للضوء

قياس الطول الموجي من تجربة شقي يونج

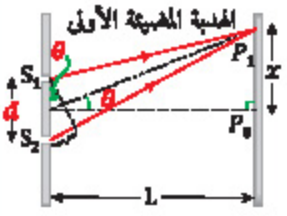
توضيح

- الشكل يُبين منظراً علوياً لمقدمات موجة أسطوانية في تجربة شقي يونج.
- تتداخل مقدمات الموجة تداخلات بنّاءة وهدامة لتشكيل أنماط الأهداب المضيئة والمعتمة.



تحليل الهدبة المضيئة الأولى في تجربة يونج

- عند النقطة P_0 : الموجتان تتداخلان تداخلاً بنّاءً لتكوين الهدب المركزي المضيء ويكون للموجتين الطور نفسه.
- عند النقطة P_1 : تتكوّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار طول موجي واحد λ .



المسافة بين الهدب المركزي وهدب مضيء رتبته m

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

تنبيه: الهدب المركزي المضيء $m = 0$

m رتبة الهدب المضيء ، $m = 0, 1, 2, \cdots$

λ الطول الموجي للضوء المستخدم

x_m المسافة بين الهدب المضيء والهدب المركزي

d المسافة بين الشقين

L المسافة بين الشقين والشاشة

تطبيق

بالنسبة للهدب المضيء الأول ، $m = 1$ ، فإن ..

$$\lambda = \frac{x_1 d}{L}$$

حيث: x_1 المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء الأول.

(١) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج الهدب المركزي دائماً معتم.

(٢) ضع ✓ أو × : في تجربة يونج يحدث التداخل البناء عندما تكون الموجات لها نفس الطور.

(٣) اختر: في تجربة يونج تتكوّن الهدبة المضيئة الأولى لأن إحدى الموجتين تتحرك مسافة أطول من الأخرى بمقدار ..

Ⓐ λ . Ⓑ 2λ . Ⓒ 3λ .

أمثلة

1 ص161: ينبعث ضوء برتقالي مصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm ، ويسقط على شقين البعد بينهما 1.9×10^{-5} m ؛ ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر ذي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة 0.6 m من الشقين؟

الحل: المسافة بين الهدبين ..

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

« ضربنا الطرفين في L »

$$m\lambda L = x_m d$$

« قسمنا الطرفين على d »

$$x_m = \frac{m\lambda L}{d}$$

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$x_m = \frac{1\times596\times10^{-9}\times0.6}{1.9\times10^{-5}} = 0.0188\ \text{m}$$

2 ص161: في تجربة يونج استخدم الطلاب أشعة ليزر طولها الموجي 632.8 nm ؛ فإذا وضع الطلاب الشاشة على بُعد 1 m من الشقين ووجدوا أن الهدب الضوئي ذا الرتبة الأولى يبعد 65.5 mm من الخط المركزي فما المسافة الفاصلة بين الشقين؟

الحل:

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

« ضربنا الطرفين في L »

$$m\lambda L = x_m d$$

« قسمنا الطرفين على x_m »

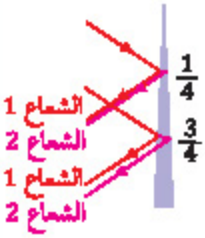
$$d = \frac{m\lambda L}{x_m}$$

mm $\xrightarrow{\times10^{-3}}$ m ، nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m

$$d = \frac{1\times632.8\times10^{-9}\times1}{65.5\times10^{-3}} = 9.66\times10^{-6}\ \text{m}$$

الدرس ٤٧ : الأغشية الرقيقة

التداخل في الأغشية الرقيقة

تعريفه	{ ظاهرة ينتج عنها طيف من الألوان بسبب التداخل البنّاء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق }	
مثال عليه	ألوان الطيف التي تُكونها فقاعة صابون أو غشاء زيتي عائم على سطح الماء	
تفسير التداخل في الأغشية الرقيقة	• حل غشاء الصابون رأسيًا يجعل سُمكه عند القاع أكبر منه عند القمة. • عند سقوط موجة ضوء على الغشاء ينعكس جزء : الشعاع 1 ، وينفذ جزء آخر. • الموجة النافذة تنتقل خلال الغشاء إلى السطح الخلفي فينعكس جزء منها مرة أخرى : الشعاع 2 . • الضوء المنعكس عن الغشاء الرقيق يُصبح ضوءاً مترابطًا. 	
العلاقة الرياضية	$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}}$ تنبيه: لأقل سمك $m = 0$	d سُمك الغشاء m عدد صحيح ، $m = 0, 1, 2, \cdots$ $\lambda_{\text{الفراغ}}$ الطول الموجي للضوء في الفراغ $n_{\text{الغشاء}}$ معامل انكسار مادة الغشاء
تعزيز اللون	• المقصود به: جعل شدة الإضاءة أكبر لضوء منعكس أحادي اللون. • شرط حدوثه: تحقق الشرط .. $d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{4} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}$	d سُمك الغشاء λ الطول الموجي للضوء في الهواء $\lambda_{\text{الغشاء}}$ الطول الموجي للضوء في الغشاء $\lambda_{\text{الفراغ}}$ الطول الموجي للضوء في الفراغ $n_{\text{الغشاء}}$ معامل انكسار مادة الغشاء
فائدة	الغشاء الرقيق يُحقق شروط التداخل البنّاء لطول موجي محدد عندما يكون سُمكه مساويًا $\frac{1\lambda}{4}$ ، $\frac{3\lambda}{4}$ ، $\frac{5\lambda}{4}$ ، ...	
تعليلان	• الغشاء الرقيق متغير السُمك: تتكوّن فيه ألوان قوس المطر : علل : لأن شرط التداخل البنّاء للطول الموجي سيتحقق عند سماكات مختلفة للألوان المختلفة. • الغشاء الرقيق جدًا: يبدو معتمًا : علل : لأنه لا يُنتج تداخلاً بنّاءً لأي طول موجي من ألوان الضوء.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: ظاهرة ينتج عنها طيف الألوان بسبب التداخل البناء والتداخل الهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الغشاء الرقيق.

(٢) اختر: شرط حدوث تعزيز اللون في الغشاء الرقيق ..

Ⓐ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{4}$. Ⓑ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{3}$. Ⓒ $d=\frac{\lambda_{\text{الغشاء}}}{2}$.

فراشة المورفو

تداخل الضوء في جناحي فراشة المورفو	• يحدث تداخل الغشاء الرقيق طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو. • فراشة المورفو تحوي نتوءات تبرز من القشور الداخلية للجناح. • ينعكس الضوء وينكسر خلال سلسلة من التراكيب تشبه الدرج. • ينتج نمطًا من اللون الأزرق المتلألئ فتظهر الفراشة وكأنها تصدر وميضًا.

(٣) ضع ✓ أو × : تداخل الغشاء الرقيق يحدث طبيعيًا في جناحي فراشة المورفو.

(٤) ضع ✓ أو × : تداخل الغشاء الرقيق في جناحي فراشة المورفو يُنتج نمطًا من اللون الأزرق المتلألئ فتظهر الفراشة وكأنها تصدر وميضًا.

أمثلة

5 ص160: ما أقل سُمك لغشاء صابون معامل انكساره 1.33 ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلاً بناءً مع نفسه؟

الحل: أقل سمك لغشاء الصابون ..

$$2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الغشاء}}} \rightarrow d=\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{4n_{\text{الغشاء}}}$$

لأقل سمك $m=0$ ،

$$d=\frac{521\times10^{-9}}{4\times1.33}=9.79\times10^{-8}\ \text{m}$$

$\text{nm} \xrightarrow{\times10^{-9}} \text{m}$

30 ص180: حدّد في كلٍ من الأمثلة التالية ما إذا كان اللون ناتجًا عن التداخل في الأغشية الرقيقة أم عن الانكسار أم نتيجة وجود الأصباغ:

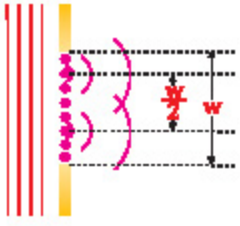
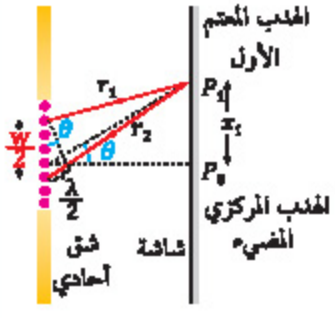
(a) فقاعات الصابون. (b) بتلات الوردة. (c) غشاء زيتي. (d) قوس المطر.

الحل:

فقاعات الصابون	بتلات الوردة	غشاء زيتي	قوس المطر
التداخل في الأغشية الرقيقة	الأصباغ	التداخل في الأغشية الرقيقة	الانكسار

الدرس ٤٨ : الهدب

هدب الشق الأحادي

نمط الهدب	{ نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز }
هدب الضوء الأزرق	• عندما يمر الضوء الأزرق المترابط خلال شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه يحيد عن كلتا الحافتين وتتكون أهداب مضيئة ومعتمة على الشاشة. • يتكوّن هدب مركزي عريض ومضيء مع أهداب أقل سمكًا وأقل إضاءة على الجانبين. • عرض الحزمة المركزية المضيئة يزداد عندما نستخدم الضوء الأحمر بدل الأزرق. • استخدام الضوء الأبيض ينتج عنه مزيج من أنماط ألوان الطيف.
كيف تُنتج موجات هويجنز نمط الهدب	• نفرض شقًا عرضه w يحوي عددًا زوجيًا من موجات هويجنز. • نُجزئ الشق إلى جزأين متساويين علوي وسفلي بحيث يفصل بين كل زوج من موجات هويجنز مسافة $\frac{w}{2}$ ، ونختار مصدرًا واحدًا من كل جزء.  • هذا الزوج من المصادر يُنتج الموجات المترابطة التي ستتداخل. • كل موجة هويجنز تتكوّن في الجزء العلوي من الشق يقابلها موجة هويجنز أخرى تتكوّن في النصف السفلي بينهما مسافة $\frac{w}{2}$ يتداخلان تداخلاً هدامًا ويتكوّن هدب معتم.  • تتداخل أزواج من موجات هويجنز تداخلاً بنّاءً فينتج هدب مضيء. • يحدث تداخل هدام جزئيٌ في منطقة الإضاءة الخافتة بين الأهداب المضيئة والمعتمة.

(١) اكتب المصطلح العلمي: نمط يتكوّن على شاشة نتيجة التداخل البنّاء والهدّام لموجات هويجنز.

(٢) اختر: إذا مر الضوء الأزرق المترابط عبر شق صغير عرضه أكبر من الطول الموجي للضوء فإنه ..

Ⓐ ينكسر. Ⓑ ينعكس. Ⓒ يحيد.

(٣) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق الأحادي ينتج الهدب المعتم من التداخل البنّاء بين موجات هويجنز.

(٤) ضع ✓ أو × : في تجربة الشق الأحادي يحدث تداخل هدام جزئي في منطقة الإضاءة الخافتة بين الأهداب المضيئة والمعتمة.

نمط الحيود

تعليل	جميع أهداب التداخل المضيئة في تداخل الشق المزدوج متطابقة مع عرض الحزمة المركزية لنمط حيود الشق الأحادي ، علل ، لأن تداخل الشق المزدوج ينتج عن تداخل أنماط حيود الشق الأحادي للموجات الناتجة عن الشقين	
عرض الحزمة المركزية المضيئة في حيود الشق الأحادي	$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$	$2x_1$ عرض الحزمة المركزية المضيئة λ الطول الموجي للضوء L بُعد الشق عن الشاشة w عرض الشق
فالتان	• يمكن حساب المسافة بين مركز الهدب المركزي المضيء وأي هدب معتم من العلاقة $x_m = \frac{m\lambda L}{w}$ وذلك لقيم $m = 1, 2, 3, \cdots$. • الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.	
الطبيعة الموجية للضوء	• حيود الشق الأحادي يمكننا من ملاحظة الطبيعة الموجية للضوء عندما يتراوح عرض الشق ما بين 10-1000 مرة من الطول الموجي. • إذا كان عرض الفتحات في حيود الشق الأحادي أكبر من 100 ضعف الطول الموجي فإنها تكوّن ظلالاً حادة.	

(٥) ضع ✓ أو × : الحيود يزودنا بأداة لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام عدد كبير من الشقوق.

أمثلة

12 ص169: يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق مفرد عرضه 0.095 mm ، فإذا كان بُعد الشق عن الشاشة يساوي 75 cm فما عرض الهدب المركزي المضيء؟

الحل:

$$x_m = \frac{m\lambda L}{w} = \frac{1\times546\times10^{-9}\times75\times10^{-2}}{0.0595\times10^{-3}} = 4.3\times10^{-3}\ m$$

nm $\xrightarrow{\times10^{-9}}$ m
cm $\xrightarrow{\times10^{-2}}$ m
mm $\xrightarrow{\times10^{-3}}$ m

الدرس ٤٩ : محزوزات الحيود

محزوز الحيود

وصفه	أداة مكوَّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد
استخداماته	• قياس الطول الموجي للضوء بدقة. • فصل الضوء وفق الأطوال الموجية.
تعليل	المسافة بين شقوق محزوز الحيود صغيرة جدًا « علل » لأن المحزوز يحوي آلاف الشقوق لكل سنتيمتر
أنواع المحزوز	• محزوز النفاذ. • محزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي ». • محزوز الانعكاس.
محزوز النفاذ	• يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء في صورة خطوط رفيعة جدًا برأس من الألماس. • تعمل الفراغات بين خطوط الخدوش كالشقوق. • المجوهرات المصنوعة بمحزوز النفاذ تُنتج طيفًا ضوئيًا.
المحزوز طبق الأصل « المحزوز الفشائي »	• النوع الأقل تكلفة من المحزوزات. • يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي وعند سحب هذه الصفيحة خارج المحزوز يتكوّن على سطحها أثر مماثل للمحزوز الزجاجي.
محزوز الانعكاس	• يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس. • القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

(١) اكتب المصطلح العلمي: أداة مكوَّنة من عدة شقوق مفردة تُؤدي إلى حيود الضوء وتكوين نمط حيود ينتج عن تراكب أنماط حيود شق مفرد.

(٢) اختر: من استخدامات محزوز الحيود قياس ..... للضوء بدقة.

Ⓐ السرعة. Ⓑ الطول الموجي. Ⓒ الانعكاس.

(٣) اختر: من استخدامات محزوز الحيود فصل الضوء وفق ..

Ⓐ السرعات. Ⓑ السعات. Ⓒ الأطوال الموجية.

(٤) املأ الفراغ: من أنواع محزوز الحيود ..... و ..... .

(٥) اختر: محزوز ..... يُصنع بعمل خدوش على زجاج منفذ للضوء.

Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(٦) اختر: النوع الأقل تكلفة من المحزوزات ..
Ⓐ محزوز النفاذ. Ⓑ محزوز طبق الأصل. Ⓒ محزوز الانعكاس.

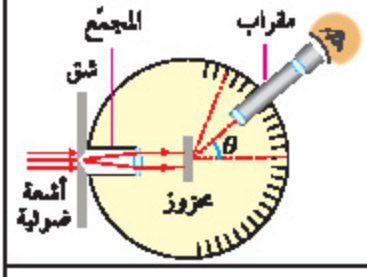
(٧) اختر: المجوهرات المصنوعة بمحزوز ..... تنتج طيفًا ضوئيًا.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(٨) ضع ✓ أو × : محزوز النفاذ يُصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي.

(٩) اختر: محزوز ..... يُصنع بحفر خطوط رفيعة جدًا على سطوح طبقة معدنية أو زجاج عاكس.
Ⓐ النفاذ. Ⓑ طبق الأصل. Ⓒ الانعكاس.

(١٠) ضع ✓ أو × : القرص المدمج DVD أو CD يعمل عمل محزوز انعكاس.

قياس الطول الموجي

المطياف	جهاز يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود
عمل المطياف	• المصدر المراد تحليله يبعث ضوءاً يوجه لحو الشق. • ينفذ الضوء عبر الشق ليسقط على محزوز الحيود. • المحزوز يُنتج نمط حيود يُرى بالمقراب. • نمط الحيود الناتج عبارة عن أهداب مضيئة ضيقة تفصلها مسافات متساوية. 
فائدتان	• تتكوّن أهداب أكثر ضيقًا كلما زاد عدد الشقوق في المحزوز. • قياس المسافة بين الأهداب المضيئة بالمطياف أكثر دقة مقارنة باستخدام الشق المزدوج.
معادلة محزوز الحيود	$\lambda = d \sin\theta$ حيث أن .. $\theta = \tan^{-1}\frac{x}{L}$ λ الطول الموجي للضوء d المسافة الفاصلة بين الشقوق θ زاوية الهدب المضيء ذو الرتبة الأولى L بعد الشاشة عن المحزوز x الفراغات بين الأهداب المضيئة
فائدة	التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب المركزي المضيء

(١١) املأ الفراغ: جهاز ..... يستخدم لقياس الطول الموجي للضوء باستخدام محزوز الحيود.

(١٢) ضع ✓ أو × : في نمط الحيود في المطياف تتكوّن أهداب أوسع بزيادة عدد الشقوق في المحزوز.

(١٣) ضع ✓ أو × : قياس المسافة بين الأهداب المضيئة باستخدام المطياف أكثر دقة مقارنة باستخدام الشق المزدوج.

(١٤) اختر: التداخل البنّاء في محزوز الحيود يحدث عند زوايا على جانبي الهدب ..... المضيء.
Ⓐ المركزي Ⓑ الأول Ⓒ الثاني

أمثلة

15 ص172: يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على شاشة؛ صف النمط المتكوّن.

الحل: تظهر على الشاشة أهداب ملونة بألوان الطيف.

16 ص172: سقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود فتكوّنت أهداب على شاشة على بُعد 1.05 m ؛ فإذا كانت الفراغات بين الأهداب 0.55 m فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود؟

الحل:

$\lambda = d\sin\theta \Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{\lambda}{\sin(\tan^{-1}(\frac{x}{L}))}$ ، $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$ ،

nm $\xrightarrow{\times 10^{-9}}$ m

$d = \frac{434\times10^{-9}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.55}{1.05}\right)\right)} = 9.4\times10^{-7}\ \text{m}$

19 ص172: يمر ضوء طوله الموجي 632 nm خلال محزوز حيود ويكوّن نمطًا على شاشة تبعد عن المحزوز مسافة 0.55 m ؛ فإذا كان الهدب المضيء الأول يبعد 5.6 cm عن الهدب المركزي المضيء فما عدد الشقوق لكل سنتيمتر في المحزوز؟

الحل:

$\lambda = d\sin\theta \Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin\theta} = \frac{\lambda}{\sin(\tan^{-1}(\frac{x}{L}))}$ ، $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$ ،

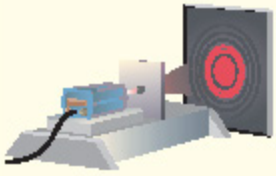
nm $\xrightarrow{\times 10^{-7}}$ cm

$d = \frac{632\times10^{-7}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{5.6}{55}\right)\right)} = 6.2\times10^{-4}\ \text{cm}$

$\frac{1}{d} = \frac{1}{6.2\times10^{-4}} = 1.6\times10^{3}$ ، قلبنا الطرفين للحصول على عدد الشقوق ،

الدرس ٥٠ : قوة التمييز للعدسات

قوة تمييز العدسات

العدسة المستديرة	تواجدها	المنظار الفلكي ، المجهر ، العينين
	وظيفتها	• تعمل كأنها ثقب أو فتحة تسمح للضوء بالمرور من خلالها. • تسبب حيوداً للضوء ، تماماً كما يفعل الشق الأحادي . • نمط الحيود الناتج حلقات مضيئة ومعتمة متعاقبة.
		 نمط الحيود لثقب دائري
تنبيه	عند رؤية نجمين بواسطة المنظار الفلكي: إذا كان النجمان قريبين جداً أحدهما إلى الآخر فإن صورتيهما تتداخلان	
معيار رايليه	{ إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز » }	
العلاقة الرياضية	$x_{\text{بسم}} = \frac{1.22\lambda L_{\text{بسم}}}{D}$	$x_{\text{بسم}}$ المسافة الفاصلة بين جسمين $L_{\text{بسم}}$ المسافة من الفتحة إلى الجسمين λ الطول الموجي للضوء D قطر الفتحة المستديرة

(١) ضع ✓ أو × : العدسات في المنظار الفلكي والمجهر والعينين عدسات مستديرة.

(٢) ضع ✓ أو × : العدسات المستديرة في المنظار الفلكي تسمح للضوء بالمرور خلالها وتسبب حيوداً للضوء.

(٣) ضع ✓ أو × : نمط الحيود الناتج عن العدسات المستديرة عبارة عن خطوط مستوية مضيئة ومعتمة.

(٤) ضع ✓ أو × : في المنظار الفلكي تتداخل صورتا النجمين القريبين جداً أحدهما إلى الآخر فلا تكونان ضمن حدود التمييز.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: إذا سقطت البقعة المركزية المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التحليل « التمييز ».

العيوب في العين البشرية

فائدة	العين البشرية أكثر حساسية للون الأصفر والأخضر
خلايا المخاريط بالعين	• العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل المخاريط الثلاثة المتجاورة ؛ خلايا حساسة في العين ؛ ضوءاً وعتمة وضوءاً. • إذا كانت للمخاريط قريبة جداً من بعضها فإنها سترى تفاصيل نمط الحيود لا المصدر. • إذا كانت للمخاريط متباعدة فإنها لا تستطيع تمييز التفاصيل الممكنة كلها.
تعليل	الحيود لا يحدّ من عمل العين ؛ علل ؛ لأن السائل الذي يملأ العين والعيوب في العدسة يقللان من قدرة التمييز للعين أكثر من الحيود بخمس مرات وفق معيار ريليه
فائدة	قدرة تمييز المقراب تزداد بزيادة قطر المرآة
تعليل	قدرة تمييز ودقة صور مقراب هابل الفضائي أفضل من أجهزة المقراب الموجودة على سطح الأرض ؛ علل ؛ بسبب وجوده فوق الغلاف الجوي للأرض

(٦) ضع ✓ أو × : العين البشرية أكثر حساسية للون الأحمر.

(٧) ضع ✓ أو × : العين تبدو مثالية التركيب عندما تسجل خلايا المخاريط الثلاثة المتجاورة ضوءاً وعتمة وضوءاً.

(٨) ضع ✓ أو × : إذا كانت خلايا المخاريط في العين قريبة جداً من بعضها فإنها سترى تفاصيل نمط الحيود لا المصادر.

(٩) اختر: قدرة تمييز المقراب ..... بزيادة قطر المرآة.

Ⓐ تزداد Ⓑ تنقص Ⓒ لا تتغير

أجوبة الفصل الثاني عشر

الأجوبة

الدرس ٤٥	(١) Ⓑ		(٥) الضوء المترابط.		(٩) ×		(١٣) ✓
	(٢) ✓		(٦) ✓		(١٠) ×		(١٤) Ⓑ
	(٣) الضوء غير المترابط.		(٧) أهداب التداخل		(١١) ✓		(١٥) ×
	(٤) ✓		(٨) Ⓐ		(١٢) Ⓐ		(١٦) الهدام
الدرس ٤٦	(١) ×		(٢) ✓		(٣) Ⓐ		
الدرس ٤٧	(١) التداخل في الأغشية الرقيقة.				(٢) Ⓐ	(٣) ✓	(٤) ✓
الدرس ٤٨	(١) نمط الحيود.		(٢) Ⓒ		(٣) ×	(٤) ✓	(٥) ✓
الدرس ٤٩	(١) محزوز الحيود.	(٤) النفاذ ، الفشائي		(٧) Ⓐ	(١٠) ✓		(١٣) ✓
	(٢) Ⓑ	(٥) النفاذ		(٨) ×	(١١) المطياف		(١٤) Ⓐ
	(٣) Ⓒ	(٦) Ⓑ		(٩) Ⓒ	(١٢) ×		
الدرس ٥٠	(١) ✓	(٣) ×	(٥) معيار رايليه.		(٧) ✓		(٩) Ⓐ
	(٢) ✓	(٤) ✓	(٦) ×		(٨) ✓		

الفصل الأول

الكهرباء الساكنة

الدرس ١ : الشحنة الكهربائية ٨

الدرس ٢ : الموصلات والعوازل ١١

الدرس ٣ : القوة الكهربائية ١٣

الدرس ٤ : الكشاف الكهربائي ١٥

الدرس ٥ : شحن الأجسام ١٧

الدرس ٦ : تجارب كولوم ١٩

الدرس ٧ : قانون كولوم ٢٢

أجوبة الفصل الأول ٢٤

الدرس ١ : الشحنة الكهربائية

الكهرباء الساكنة « الكهرستاتيكية »

تعريفها	{ دراسة الشحنات الكهربائية التي تتجمع وتُحتجز في مكان ما }
من آثارها	• ظاهرة البرق. • انجذاب الشعر نحو المشط عند تمشيطه في يوم جاف. • التصاق الجوارب بعضها ببعض عند إخراجها من مجففة الملابس.

(١) اكتب للمصطلح العلمي: دراسة الشحنات الكهربائية التي تتجمع وتُحتجز في مكان ما.

(٢) اختر: من آثار الكهرباء الساكنة ..

Ⓐ ظاهرة البرق. Ⓑ التيار الكهربي في المنازل. Ⓒ كهرباء البطارية.

(٣) اختر: انجذاب الشعر نحو المشط عند تمشيطه في يوم جاف ينتج عن ..

Ⓐ القوة المغناطيسية. Ⓑ الكهرباء الساكنة. Ⓒ جاذبية الكتل.

(٤) اختر: التصاق الجوارب بعضها ببعض عند إخراجها من مجففة الملابس ينتج عن ..

Ⓐ قوى التماسك. Ⓑ قوى التلاصق. Ⓒ الكهرباء الساكنة.

الأجسام المشحونة بالدلك

المقصود بها	الأجسام التي تبدي تفاعلاً كهربائيًا بعد الدلك	
من أمثلتها	دلك مسطرة بلاستيكية بقطعة صوف ، دلك قضيب زجاج بقطعة حرير	
قوة الجذب الكهربائية	من أمثلتها	القوة الناتجة عند تقريب مسطرة بلاستيكية بعد دلكها بالصوف من قصاصات الورق
	تأثيرها	قوة الجذب الكهربائية تسبب تسارع قصاصات الورق إلى أعلى بمقدار أكبر من تسارعها إلى أسفل « الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية »، وبالتالي انجذاب قصاصات الورق إلى المسطرة البلاستيكية
	فائدة	يزول تأثير قوة الجذب الكهربائية بعد فترة قصيرة فتفقد المسطرة البلاستيكية خاصية الجذب

نوعا الشحنات	• الشحنة السالبة: مثل الشحنة المُتكوِّنة على المطاط والبلاستيك عند دلكهما بالصوف. • الشحنة الموجبة: مثل: الشحنة المُتكوِّنة على الزجاج عند دلكه بالحرير، والشحنة المتكونة على الصوف عند دلك المطاط بالصوف.
نوعا القوة بين الشحنات	• قوة تنافر: القوة بين الشحنات المتماثلة. • قوة تجاذب: القوة بين الشحنات المختلفة، القوة بين جسم مشحون وآخر متعادل.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: الأجسام التي تبدي تفاعلاً كهربائيًا بعد الدلك.

(٦) اختر: قوة ينتج عنها أن يصبح تساوع قصاصات الورق إلى أعلى باتجاه المسطرة البلاستيكية بعد دلكها بالصوف بمقدار أكبر من الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية ..

Ⓐ قوة الجذب الكهربية Ⓑ قوة الجذب الكتلية Ⓒ قوة الاحتكاك

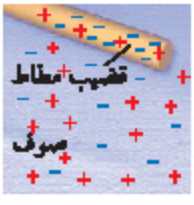
(٧) اختر: قوة ينتج عنها انجذاب قصاصات الورق إلى المسطرة البلاستيكية بعد دلكها بالصوف ..

Ⓐ قوة الجذب الكهربية. Ⓑ قوة الجذب الكتلية. Ⓒ قوة الاحتكاك.

(٨) املأ الفراغ: الشحنات الكهربائية نوعان: شحنات ..... وشحنات ..... .

(٩) ضع ✓ أو ✗ : القوة بين الشحنات الكهربائية المتماثلة قوة تجاذب.

الصورة المجهرية للشحنة

اكتشاف طومسون	المواد جميعها تحوي جسيمات صغيرة جدًا سالبة الشحنة تسمى الإلكترونات
اكتشاف رذرفورد	هناك جسم مركزي ذو شحنة موجبة تتركز فيه كتلة الذرة يسمى النواة
تعليل	الذرة متعادلة كهربائيًا ؛ علل ؛ لأن الشحنة الموجبة في النواة مساوية للشحنة السالبة للإلكترونات التي تدور حول النواة
فصل الشحنات	• إضافة طاقة إلى الذرات المتعادلة تؤدي إلى إزالة إلكترونات مداراتها الخارجية. • عند دلك جسمين متعادلين معًا فإن أحدهما يفقد إلكترونات ويصبح موجب الشحنة بينما يكتسب الآخر هذه الإلكترونات ويصبح سالب الشحنة.
مبدأ حفظ الشحنة	{ الشحنة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تنتقل من جسم إلى آخر }
شحن قضيب مطاط بدلكه بالصوف	عند الدلك تنتقل الإلكترونات من ذرات الصوف إلى ذرات المطاط فيُشحن المطاط بالسالب ويُشحن الصوف بالموجب 

(١٠) اختر: بيَّن طومسون أن المواد جميعها تحوي جسيمات صغيرة جدًا سالبة الشحنة سُمِّيت ..
Ⓐ الإلكترونات. Ⓑ البروتونات. Ⓒ النيوترونات.

(١١) اختر: بيَّن رفرفورد أن هناك جسمًا مركزيًا ذو شحنة موجبة تتركز فيه كتلة الذرة سُمِّي ..
Ⓐ مركز الذرة. Ⓑ منتصف الذرة. Ⓒ نواة الذرة.

(١٢) ضع ✓ أو × : إضافة طاقة إلى الذرات المتعادلة يؤدي إلى إزالة إلكترونات مداراتها الخارجية.

(١٣) اختر: الذرات المتعادلة تصبح موجبة الشحنة نتيجة ..
Ⓐ كسب بروتونات. Ⓑ فقد بروتونات. Ⓒ كسب إلكترونات. Ⓓ فقد إلكترونات.

(١٤) اختر: الذرات المتعادلة تكتسب إلكترونات وتصبح ..
Ⓐ سالبة الشحنة. Ⓑ موجبة الشحنة. Ⓒ غير مشحونة.

(١٥) اكتب للمصطلح العلمي: الشحنة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تنتقل من جسم إلى آخر.

(١٦) اختر: عند دلك قضيب المطاط بالصوف فإن قضيب المطاط يصبح ..
Ⓐ سالب الشحنة. Ⓑ موجب الشحنة. Ⓒ غير مشحون.

أمثلة

1 ص13: دلك مشط بِسُترة مصنوعة من الصوف يُمكِّنه من جذب قصاصات ورق صغيرة؛ لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟

الحل: لأن المشط يفقد شحنته إلى الوسط المحيط به ويعود متعادلاً.

4 ص13: يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف؛ ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟

الحل: يصبح الصوف موجب الشحنة؛ لأن إلكتروناته تنتقل إلى قضيب المطاط.

22 ص28: إذا مشطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة؛ هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضح إجابتك.

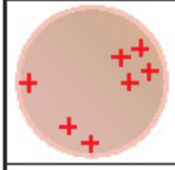
الحل: لا؛ لأنه حسب مبدأ حفظ الشحنة يجب أن يُشحن الشعر بشحنة سالبة.

25 ص28: عندما تُخرج الجوارب من مجفف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى؛ لماذا؟

الحل: لأنها تُشحن بالدلك أثناء احتكاكها بالملابس الأخرى فتنجذب نحو الملابس المتعادلة أو المشحونة بشحنة مخالفة.

الدرس ٢ : الموصلات والعوازل

المادة العازلة

تعريفها	{ المادة التي لا تنتقل خلالها الشحنات بسهولة }
من أمثلتها	الزجاج ، الخشب الجاف ، المواد البلاستيكية ، الملابس ، الجو الجاف ، الكربون ، الماس ،
فالدتان	• عند دلك أحد طرفي قضيب بلاستيكي فإن هذا الطرف فقط يُشحن بينما يبقى الطرف الآخر غير مشحون. • الشحنات على العازل تبقى في المكان الذي توضع فيه. 
تعليل	المواد البلاستيكية عوازل جيدة ، علل ، لأن إلكتروناتها لا تنفصل عن ذراتها بسهولة

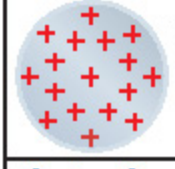
(١) اكتب المصطلح العلمي: المادة التي لا تنتقل خلالها الشحنات بسهولة.

(٢) اختر: إحدى المواد التالية عازلة ..

Ⓐ الجرافيت. Ⓑ الألمنيوم. Ⓒ البلازما. Ⓓ الماس.

(٣) ضع ✓ أو × : الشحنات على العازل تبقى في المكان الذي توضع فيه.

المادة الموصلة

تعريفها	{ المادة التي تسمح بانتقال الشحنات خلالها بسهولة }
من أمثلتها	النحاس ، الألمنيوم ، الكربون (الجرافيت) ، البلازما (غاز متأين بدرجة كبيرة)
فالدتان	• الإلكترونات في الفلزات تؤثر وكأنها تابعة لذرات الفلز جميعها وليس لذرة معينة ؛ لذلك تتحرك هذه الإلكترونات بحرية خلال قطعة الفلز. • الشحنات التي توضع على الموصل تتوزع على كامل سطحه الخارجي. 
تعليلان	• الفلزات موصلات جيدة ، علل ، لأن في كل ذرة إلكترونًا واحدًا على الأقل يمكن أن ينفصل عنها بسهولة ؛ وهذه الإلكترونات تتحرك بحرية خلال قطعة الفلز. • الجرافيت أكثر موصلية من الماس رغم أن كليهما يتركب من ذرات الكربون ، علل ، لأن ذرات الكربون في الجرافيت تُكوِّن 3 روابط قوية والرابعة ضعيفة تسمح للإلكترونات بحركة محدودة ، أما في الماس فترتبط مع 4 ذرات كربون أخرى بروابط قوية.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: المادة التي تسمح بانتقال الشحنات خلالها بسهولة.

(٥) اختر: إحدى المواد التالية موصلة ..

Ⓐ الجو الجاف. Ⓑ الماس. Ⓒ البلازما. Ⓓ الملابس.

(٦) ضع ✓ أو × : الشحنات التي توضع على الموصل تتوزع على كامل سطحه الخارجي.

عندما يصبح الهواء موصلاً

تصنيف الهواء	الهواء مادة عازلة
فائدة	تحت ظروف معينة « حالة البلازما » تتحرك الشحنات خلال الهواء كما لو كان موصلاً
مكوِّنات البلازما	• الذرات سالبة الشحنة. • اللوات موجبة الشحنة. • الإلكترونات.
تكوُّن البرق	• الشحنات الزائدة في الغيمة وعلى الأرض تكفي لفصل الإلكترونات من جزيئات الهواء فيتحوَّل الهواء إلى حالة البلازما ويصبح موصلاً. • تفريغ الشحنات بين الأرض والسحب الرعدية يُولِّد قوساً مضيئاً لامعاً « البرق ».
تكوُّن الشرارة الكهربائية	• يُشحن جسم الإنسان بشحنات كهربائية عند مشيه على سجادة « شحن بالدلك ». • عند ملامسة يده لمقبض الباب الفلزي تنفصل الشحنات الزائدة الموجودة في الجسم. • تفريغ الشحنات الذي يحدث بين مقبض الباب الفلزي واليد يسمى شرارة كهربائية.

(٧) اختر: الهواء مادة ..

Ⓐ موصلة. Ⓑ شبه موصلة. Ⓒ عازلة.

(٨) ضع ✓ أو × : في جميع الحالات تتحرك الشحنات خلال الهواء كما لو كان موصلاً.

(٩) اختر: تفريغ الشحنات بين الأرض والسحب الرعدية يُولِّد قوساً مضيئاً لامعاً يسمى ..

Ⓐ الشرارة الكهربائية. Ⓑ البرق. Ⓒ البرق الكهربائي.

(١٠) اختر: تفريغ الشحنات بين مقبض الباب الفلزي ويد الإنسان والذي يحدث بعد المشي على السجاد يسمى ..

Ⓐ شرارة كهربائية. Ⓑ برق كهربائي. Ⓒ وميض كهربائي.

أمثلة

24 ص28: ما الخاصية التي تجعل الفلز موصلاً جيداً والمطاط عازلاً جيداً؟

الحل: احتواء الفلزات على إلكترونات حرة، في حين أن إلكترونات المطاط مقيدة لا تنفصل عن ذراته بسهولة.

الدرس ٣ : القوة الكهربائية

القوى المؤثرة في الأجسام المشحونة

مقارنة بين القوة الكهربائية وقوة الجاذبية الأرضية	• القوى الكهربائية كبيرة تنتج تسارعًا أكبر من الذي تنتجه قوة الجاذبية الأرضية. • القوى الكهربائية نوعان قوى تجاذب وقوى تنافر، أما قوة الجاذبية الأرضية فقوة تجاذب فقط.
تأثير القوة الكهربائية	• الشحنات الكهربائية تؤثر بعضها في بعض بقوى عن بُعد. • القوة الكهربائية تزداد كلما تقاربت الشحنات بعضها من بعض. • الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
سلوك القضبان المشحونة	عند تقريب قضيب سالب من آخر موجب معلقًا تعليقًا حرًا تنشأ قوة تجاذب تؤدي إلى دوران القضيب المعلق الموجب مقتربًا من القضيب السالب
	عند تقريب قضيب سالب من آخر سالب معلقًا تعليقًا حرًا تنشأ قوة تنافر تؤدي إلى دوران القضيب المعلق السالب مبتعدًا عن القضيب السالب
	عند تقريب قضيب موجب من آخر موجب معلقًا تعليقًا حرًا تنشأ قوة تنافر تؤدي إلى دوران القضيب المعلق الموجب مبتعدًا عن القضيب الموجب

(١) اختر: تسارع الجسيم بتأثير القوى الكهربائية ..... تسارعه بتأثير قوة الجاذبية الأرضية.

Ⓐ أقل من Ⓑ يساوي Ⓒ أكبر من

(٢) املأ الفراغ: القوى بين الشحنات الكهربائية نوعان؛ قوى ..... وقوى ..... .

(٣) ضع ✓ أو × : الشحنات الكهربائية يؤثر بعضها في بعض بقوى عن بُعد.

(٤) ضع ✓ أو × : القوة الكهربائية تضعف كلما نقصت المسافة بين الشحنات.

(٥) اختر: يحدث تنافر بين جسم سالب الشحنة وآخر ..

Ⓐ موجب الشحنة. Ⓑ سالب الشحنة. Ⓒ متعادل كهربائيًا.

عملية فصل الشحنات على الأجسام المتعادلة

سببها	قوة التجاذب والتنافر بين الشحنات في جسم مشحون مجاور لجسم متعادل
طريقتها	• تقرب جسمًا مشحونًا من الجسم المتعادل دون أن يلامسه. • في الجسم المتعادل تنجذب الشحنات المخالفة نحو الجسم المشحون وتتنافر الشحنات المشابهة معه. • الشحنات المخالفة تصبح في الطرف القريب من الجسم المشحون في حين تصبح الشحنات المشابهة في الطرف البعيد.
مثال على فصل الشحنات: حدوث البرق	• الشحنات السالبة أسفل الغيوم الرعدية تؤدي إلى فصل الشحنات على سطح الأرض فتنجذب الشحنات الموجبة على الأرض نحو سطح الأرض أسفل الغيمة. • القوى الكهربائية المتبادلة بين الشحنات أسفل الغيمة والشحنات على سطح الأرض قادرة على كسر جزيئات الهواء إلى جسيمات موجبة الشحنة وجسيمات سالبة الشحنة. • الجسيمات المشحونة حرة الحركة تنشئ مسارًا موصلاً من الأرض إلى الغيوم يؤدي إلى تفريغ شحنات الغيمة فيحدث البرق.
من آثارها	• انجذاب قصاصات الورق المتعادلة إلى المسطرة البلاستيكية المشحونة. • انجذاب جسيمات الغبار المتعادلة إلى القرص المدمج عند مسحه بقطعة قماش نظيفة.

(٦) اختر: عملية فصل الشحنات بعضها عن بعض على الجسم نفسه تنتج عن ..
Ⓐ القوى الكهرمغناطيسية. Ⓑ قوى الجاذبية. Ⓒ قوى التجاذب والتنافر بين الشحنات.

(٧) اختر: الجسيمات المشحونة حرة الحركة في الهواء تنشئ مسارًا موصلاً من الأرض إلى الغيوم يؤدي إلى تفريغ شحنات الغيمة فتحدث ظاهرة ..
Ⓐ البرق. Ⓑ التجاذب الكهرمغناطيسي. Ⓒ الأقواس الكهربائية.

(٨) اختر: انجذاب قصاصات الورق المتعادلة إلى المسطرة البلاستيكية المشحونة ينتج عن ..
Ⓐ القوى الكهرمغناطيسية. Ⓑ الجاذبية الأرضية. Ⓒ فصل الشحنات.

(٩) اختر: انجذاب جسيمات الغبار المتعادلة إلى القرص المدمج عند مسحه بقطعة قماش نظيفة ينتج عن ..
Ⓐ القوى الكهرمغناطيسية. Ⓑ فصل الشحنات. Ⓒ جاذبية الكتل.

الدرس ٤ : الكشاف الكهربائي

الكشاف الكهربائي

تركيبه	• قرص فلزي مثبت على ساق فلزية. • عازل يفصل الساق عن الوعاء. • ورقتان فلزيتان متصلتان بالساق الفلزية. • وعاء زجاجي شفاف مغلق.
استخداماته	• الكشف عن الشحنات الكهربائية. • تحديد نوع شحنة الجسم.
تعليل	الورقتان الفلزيتان في الكشاف الكهربائي معلقتان داخل وعاء زجاجي مغلق « علل » للحد من تأثير تيارات الهواء على الورقتين
سلوك ورقتا الكشاف الكهربائي	ورقتا الكشاف متلامستان كشاف متعادل ورقتا الكشاف متفرجتان كشاف سالب كشاف موجب
تحديد نوع شحنة كشاف كهربائي	نقرب جسماً مشحوناً من قرص الكشاف المشحون ونلاحظ انفراج ورقتيه .. إذا زاد انفراج ورقتي الكشاف فإن شحنة الكشاف مشابهة لشحنة القضيب إذا نقص انفراج ورقتي الكشاف فإن شحنة الكشاف مخالفة لشحنة القضيب

(١) اختر: الكشاف الكهربائي وعاء زجاجي به قرص فلزي مثبت على ساق فلزية متصل بها ..
Ⓐ ورقتان فلزيتان. Ⓑ ورقتان لا فلزيتان. Ⓒ ورقة فلزية. Ⓓ ورقة لافلزية.

(٢) اختر: من استخدامات الكشاف الكهربائي ..
Ⓐ الكشف عن الشحنات. Ⓑ شحن الأجسام. Ⓒ توليد الشحنات.

(٣) اختر: لمعرفة نوع شحنة الجسم نستخدم ..
Ⓐ ميزان اللي. Ⓑ الأميتر. Ⓒ الفولتميتر. Ⓓ الكشاف الكهربائي.

(٤) اختر: ورقتا الكشاف الكهربائي متلامستان عندما يكون الكشاف ..
Ⓐ مشحوناً بشحنة سالبة. Ⓑ مشحوناً بشحنة موجبة. Ⓒ متعادلاً كهربائياً.

(٥) اختر: إذا قربنا جسماً موجباً من قرص الكشاف وتقص انفراج ورقتيه فإن الكشاف ..
Ⓐ مشحون بشحنة سالبة. Ⓑ مشحون بشحنة موجبة. Ⓒ متعادل كهربائياً.

استخدامات الكشاف الكهربائي

الكشف عن الشحنة الكهربائية	نقرب الجسم من قرص كشاف متعادل كهربائياً ونلاحظ سلوك ورقتي الكشاف ..
	إذا انفرجت ورقتا الكشاف فإن الجسم مشحون
	إذا لم تنفرج ورقتا الكشاف فإن الجسم غير مشحون
تحديد نوع شحنة الجسم	نقرب الجسم من قرص كشاف مشحون بشحنة معلومة ونلاحظ انفراج ورقتي الكشاف ..
	إذا زاد انفراج ورقتي الكشاف فإن شحنة الجسم مشابهة لشحنة الكشاف
	إذا نقص انفراج ورقتي الكشاف فإن شحنة الجسم مخالفة لشحنة الكشاف

(٦) اختر: إذا قربنا جسماً من قرص كشاف متعادل ولم تنفرج ورقتاه فإن الجسم ..
Ⓐ مشحون بشحنة سالبة. Ⓑ مشحون بشحنة موجبة. Ⓒ غير مشحون.

(٧) اختر: قُرِّب جسم من قرص كشاف سالب الشحنة فنقص انفراج ورقتيه؛ يكون الجسم ..
Ⓐ مشحونًا بشحنة سالبة. Ⓑ مشحونًا بشحنة موجبة. Ⓒ غير مشحون.

أمثلة

31 ص28: كيف يمكنك أن تحدد ما إذا كان جسم ما موصلاً أم لا باستخدام قضيب مشحون وكشاف كهربائي؟

الحل: نجعل طرف الجسم يلامس قرص الكشاف المتعادل وطرفه الآخر يلامس القضيب المشحون ونلاحظ سلوك ورقتي الكشاف ..

- إذا انفرجت ورقتا الكشاف فإن الجسم موصل.
- إذا لم تنفرج ورقتا الكشاف فإن الجسم عازل.

الدرس ٥ : شحن الأجسام

الشحن بالتوصيل « اللمس »

المقصود به	شحن الجسم المتعادل بملامسته جسماً آخر مشحوناً	
شحن كشاف كهربائي بطريقة التوصيل	شحن الكشاف بشحنة سالبة	شحن الكشاف بشحنة موجبة
	نلامس قرص الكشاف الكهربائي بقضيب مطاط سالب فتنتقل الإلكترونات من القضيب إلى القرص ثم إلى الورقتين فتتفرجان بسبب قوة التنافر بين الإلكترونات عليهما	نلامس قرص الكشاف الكهربائي بقضيب زجاجي موجب فتنجذب الإلكترونات من الورقتين إلى القرص ثم إلى القضيب فتتفرج الورقتان بسبب قوة التنافر بين الشحنات الموجبة عليهما
	نُبعد القضيب فنحصل على كشاف سالب الشحنة	نُبعد القضيب فنحصل على كشاف موجب الشحنة

(١) اكتب المصطلح العلمي: شحن الجسم المتعادل بملامسته جسماً آخر مشحوناً.

(٢) اختر: لشحن جسم بشحنة موجبة بالتوصيل لجعله يلامس جسماً ..

Ⓐ موجب الشحنة. Ⓑ سالب الشحنة. Ⓒ متعادلاً كهربائياً.

(٣) اختر: عند ملامسة جسم سالب الشحنة لقرص كشاف متعادل كهربائياً فإن الكشاف ..

Ⓐ يُشحن بشحنة موجبة. Ⓑ يُشحن بشحنة سالبة. Ⓒ يبقى متعادلاً كهربائياً.

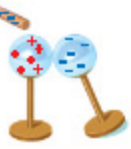
الشحن بالحث

المقصود به	عملية شحن جسم متعادل دون ملامسته، ويتم ذلك بتقريب جسم مشحون إليه
التأريض	{ توصيل الجسم بالأرض للتخلص من الشحنات الفائضة }

(٤) اكتب المصطلح العلمي: عملية شحن جسم متعادل دون ملامسته وذلك بتقريب جسم مشحون إليه.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: توصيل الجسم بالأرض للتخلص من الشحنات الفائضة.

الشحن بالحث: شحن كرتين فلزيتين متماثلتين بشحنتين مختلفتين ومتساويتين

نضع كل كرة على حامل عازل ثم نجعلهما متلامستين	تقرب قضيبًا سالبًا إلى إحدى الكرتين فتنافر الإلكترونات مع الشحنات السالبة على القضيب وتصبح الكرة الثانية سالبة والكرة الأولى موجبة	نبعد الكرتين عن بعضهما والقضيب قريب منهما، ثم نبعد القضيب فتكون الكرتان مشحونتين بشحنتين متساويتين مقدارًا ومختلفتين نوعًا
		

الشحن بالحث: شحن كشاف كهربائي بشحنة موجبة

نقرب قضيبًا سالب الشحنة من قرص الكشاف المتعادل دون أن يُلامسه فتتنافر الإلكترونات مع شحنات القضيب وتتحرك مبتعدة نحو الورقتين	نؤرض الكشاف بملامسة قرصه باليد فتفرغ الإلكترونات وتتعادل الورقتان	نفصل التأريض قبل إبعاد القضيب المشحون ثم نبعد القضيب فيكون الكشاف الكهربائي موجب الشحنة

أمثلة

16 ص23: كيف تشحن كشافًا كهربائيًا بشحنة موجبة باستخدام ..

(a) قضيب موجب. (b) قضيب سالب.

الحل:

(a) بطريقة اللمس. (b) بطريقة الحث.

5 ص13: افترض أنك علقت قضيبًا فلزيًا بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون؛ صف كيف يُشحن القضيب الفلزي؟ وما نوع الشحنات عليه؟

الحل: القضيب الزجاجي موجب الشحنة يجلب إلكترونات من القضيب الفلزي فتصبح شحنة القضيب الفلزي موجبة؛ ولأنه موصل تتوزع الشحنة على طوله بانتظام.

الدرس ٦ : تجارب كولوم

تجارب كولوم

اعتماد القوة الكهربائية على المسافة بين الشحنتين	• استعمل كولوم الجهاز المجاور حيث قاس بدقة مقدار القوة اللازمة لِلَيّ ؛ فتل ؛ سلك التعليق بزاوية معينة. • شحن الكرتين A،B بشحنتين متساويتين. • غيّر المسافة بين الكرتين إلى أن حركت القوة الكهربائية الكرة A مما أدى إلى لَيّ ؛ فتل ؛ سلك التعليق. • بقياس انحراف الكرة A تمكن كولوم من حساب قوة التنافر بين الكرتين. • أثبت كولوم أن القوة الكهربائية تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين مركزي الكرتين.
اعتماد القوة على مقدار الشحنة	• شحن كولوم الكرتين A ، B بشحنتين متساويتين كما في التجربة السابقة. • لامس الكرة B بكرة أخرى غير مشحونة ومماثلة لها في مساحة سطحها الخارجي فانقسمت الشحنة بالتساوي بينهما وأصبحت شحنة الكرة B نصف شحنة الكرة A . • ضبط موضع الكرة B بحيث تكون المسافة بين الكرتين A،B نفس المسافة كما في التجربة السابقة. • لاحظ كولوم أن القوة بين الكرتين أصبحت نصف قيمتها في التجربة السابقة. • أثبت كولوم أن القوة الكهربائية تتناسب طرديًا مع مقدار شحنتي الكرتين.

(١) اختر: القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تتناسب عكسيًا مع ..... بين الشحنتين.

Ⓐ الجذر التربيعي للمسافة　　Ⓒ الجذر التكعيبي للمسافة

Ⓑ مربع المسافة　　Ⓓ مكعب المسافة

(٢) اختر: إذا تضاعفت المسافة بين شحنتين 3 مرات فإن القوة الكهربائية المتبادلة بينهما ..

Ⓐ تتضاعف 3 مرات.　　Ⓒ تتضاعف 9 مرات.

Ⓑ تنقص 3 مرات.　　Ⓓ تنقص 9 مرات.

(٣) اختر: القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ مقدار كل من الشحنتين.　　Ⓒ مربع المسافة بين الشحنتين.

Ⓑ الجذر التربيعي لكل من الشحنتين.　　Ⓓ الجذر التربيعي للمسافة بين الشحنتين.

الشحنة الكهربائية

الشحنة الأساسية	مقدار شحنة الإلكترون أو البروتون
الكولوم	الوحدة المعيارية للشحنة الكهربائية في النظام الدولي SI ، وتساوي شحنة 6.24×10^{18} إلكترون أو بروتون
تنبيه	إذا كانت الشحنة موزعة بانتظام على سطح الكرة المشحونة أو على حجمها فيمكن التعامل معها وكأن كل شحنتها مجمعة في مركزها فقط

(٤) اختر: يُطلق على مقدار شحنة الإلكترون أو البروتون ..

Ⓐ الشحنة الثانوية. Ⓑ الشحنة الأساسية. Ⓒ الشحنة الرئيسة.

(٥) اختر: الوحدة المعيارية للشحنة الكهربائية في النظام الدولي SI ..

Ⓐ إلكترون فولت. Ⓑ أمبير. Ⓒ فولت. Ⓓ كولوم.

القوة المتبادلة بين شحنتين

قاعدة تحديد اتجاه القوة	الشحنات المتشابهة تتنافر	الشحنات المختلفة تتجاذب
القوة المتبادلة بين شحنتين	القوة التي تُؤثر بها الشحنة q_B في الشحنة q_A ، $F_{B\,on\,A}$ ، تساوي في المقدار القوة التي تُؤثر بها الشحنة q_A في الشحنة q_B ، $F_{A\,on\,B}$ ، وتعاكسها في الاتجاه	
تطبيقات القوى الكهروستاتيكية	• تجميع السناج من المداخن لتقليل تلوث الهواء. • شحن قطرات الطلاء الصغيرة بالحث واستعمالها لطلاء السيارات. • في آلات التصوير الفوتوغرافي لوضع الحبر على الورق بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الأصلية. • لتجنب تراكم الشحنة الساكنة على الفيلم لأنها تُتلف الفيلم إذا جذبت غباراً. • لإزالة أي شحنة بطريقة آمنة لأن المعدات الإلكترونية يمكن أن تتعطل عند تفريغ الشحنة الساكنة.	

(٦) اختر: القوة التي تُؤثر بها الشحنة q_B في الشحنة q_A ..... القوة التي تُؤثر بها الشحنة q_A في الشحنة q_B .

Ⓐ أكبر من وفي عكس اتجاه
Ⓑ أكبر من وفي نفس اتجاه
Ⓒ تساوي وفي عكس اتجاه
Ⓓ تساوي وفي نفس اتجاه

(٧) اختر: من تطبيقات القوى الكهروستاتيكية ..

Ⓐ ظاهرة البرق. Ⓑ تجميع الثلج من المداخن. Ⓒ كهرباء البطارية.

(٨) اختر: في آلات التصوير الفوتوغرافي تُستخدم ..... في وضع الحبر على الورق بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الأصلية.

Ⓐ القوة المغناطيسية Ⓑ جاذبية الكتل Ⓒ الكهرباء الساكنة

أمثلة

30 ص28: فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيم تتشابهان؟

الحل:

تختلفان في النوع	شحنة الإلكترون سالبة، بينما شحنة البروتون موجبة
تتشابهان في المقدار	مقدار شحنة الإلكترون = مقدار شحنة البروتون

13 ص23: كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصفها عندما تكون الشحنات مختلفة.

الحل: القوة الكهربائية تتناسب طرديًا مع مقدار الشحنة، وهي قوة تنافر بين الشحنات المتشابهة، وقوة تجاذب بين الشحنات المختلفة.

14 ص23: كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا تضاعفت المسافة بين شحنتين ثلاث مرات؟

الحل: القوة الكهربائية تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين، وإذا تضاعفت المسافة 3 أضعاف فإن القوة = $\frac{1}{3^2}$ من قيمتها الأصلية = $\frac{1}{9}$ قيمتها الأصلية.

الدرس ٧ : قانون كولوم

قانون كولوم

نصه	{ القوة الكهربائية بين شحنتين تتناسب طرديًا مع مقدار كل من الشحنتين وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما }	
العلاقة الرياضية	$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$	F القوة المتبادلة بين الشحنتين [N] K ثابت كولوم [$N.m^2/C^2$] q_A مقدار الشحنة الأولى [C] q_B مقدار الشحنة الثانية [C] r المسافة بين الشحنتين [m]
تنبيهان	• قانون كولوم يُطبق فقط على الشحنات النقطية أو التوزيعات الكروية المنتظمة للشحنة. • إذا كانت الأجسام المشحونة أسلاكًا طويلة أو ألواحًا مستوية وَجب تعديل قانون كولوم ليناسب التوزيعات غير النقطية من الشحنات.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: القوة الكهربائية بين شحنتين تتناسب طرديًا مع مقدار كل من الشحنتين وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

أمثلة

8 ص21: تفصل مسافة مقدارها 0.3 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة ومقدارها -2×10^{-4} C والثانية موجبة ومقدارها 8×10^{-4} C ؛ ما مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين؟ علمًا أن ثابت كولوم 9×10^9 $N.m^2/C^2$.

الحل:

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} = (9\times10^9)\times\frac{(2\times10^{-4})(8\times10^{-4})}{0.3^2} = 16000\ N$$

9 ص21: إذا أثرت الشحنة -6×10^{-6} C بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.05 m فما مقدار الشحنة الثانية؟ علمًا أن ثابت كولوم 9×10^9 $N.m^2/C^2$.

الحل:

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

« بطريقة المقص »

$$Fr^2 = Kq_A q_B$$

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A}$$

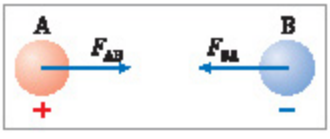
« قسمنا الطرفين على Kq_A »

$$q_B = \frac{(65)(0.05^2)}{(9\times10^9)(6\times10^{-6})} = 3\times10^{-6}\ C$$

11 ص21: وضعت كرة A شحنتها $+2\times10^{-6}\ C$ عند نقطة الأصل، ووضعت كرة B مشحونة بشحنة مقدارها $-3.6\times10^{-6}\ C$ عند الموقع $0.6\ m$ على المحور x ، ثم وضعت الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4\times10^{-6}\ C$ عند الموقع $0.8\ m$ على المحور x ؛ احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A إذا علمت أن ثابت كولوم $9\times10^9\ N.m^2/C^2$.

الحل:

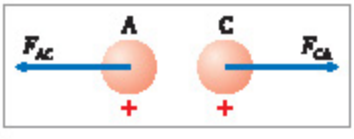
أولاً: نحسب القوة المؤثرة على الكرة A من كل من B و C ..



$$F_{AB} = K\frac{q_Aq_B}{r^2} = (9\times10^9)\times\frac{(2\times10^{-6})(3.6\times10^{-6})}{0.6^2}$$

$$\therefore\ F_{AB} = 0.18\ N$$

F_{AB} نحو محور x الموجب لأن الكرة A تنجذب نحو الكرة B .



$$F_{AC} = K\frac{q_Aq_C}{r^2} = (9\times10^9)\times\frac{(2\times10^{-6})(4\times10^{-6})}{0.8^2}$$

$$\therefore\ F_{AC} = 0.1125\ N$$

F_{AC} نحو محور x السالب لأن الكرة A تتنافر مع الكرة C .

ثانيًا: نحسب القوة المحصلة المؤثرة على الكرة A ..

$$F_A = F_{AB} - F_{AC} = 0.18 - 0.1125 = 0.0675\ N$$

« لأن القوتين متعاكستين »

اتجاه F_A نحو محور x الموجب.

1 ص20: إذا كانت الكرة A مشحونة بشحنة مقدارها $+6\ \mu C$ وموضوعة على بعد $4\ cm$ إلى يسار كرة أخرى B مشحونة بشحنة مقدارها $-3\ \mu C$ فأجب عما يلي:

(a) احسب مقدار واتجاه القوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A .

(b) إذا وضعت كرة ثالثة C مشحونة بشحنة مقدارها $+1.5\ \mu C$ مباشرة أسفل الكرة A وعلى بعد $3\ cm$ فما مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A ؟ علمًا أن ثابت كولوم $9\times10^9\ N.m^2/C^2$.

الجواب النهائي: $1\times10^2\ N$ ، إلى اليمين ، $130\ N$ ، $42°$ فوق المحور السيني.

أجوبة الفصل الأول

الأجوبة

الدرس ١	(١) الكهرباء الساكنة. (٧) Ⓐ (١٣) Ⓓ (٢) Ⓐ (٨) سالبة ، موجبة (١٤) Ⓐ (٣) Ⓑ (٩) × (١٥) مبدأ حفظ الشحنة. (٤) Ⓒ (١٠) Ⓐ (١٦) Ⓐ (٥) الأجسام المشحونة بالدلك. (١١) Ⓒ (٦) Ⓐ (١٢) ✓
الدرس ٢	(١) المادة العازلة. (٣) ✓ (٥) Ⓒ (٧) Ⓒ (٩) Ⓑ (٢) Ⓓ (٤) المادة الموصلة. (٦) ✓ (٨) × (١٠) Ⓐ
الدرس ٣	(١) Ⓒ (٣) ✓ (٥) Ⓑ (٧) Ⓐ (٩) Ⓑ (٢) تجاذب ، تنافر (٤) × (٦) Ⓒ (٨) Ⓒ
الدرس ٤	(١) Ⓐ (٢) Ⓐ (٣) Ⓓ (٤) Ⓒ (٥) Ⓐ (٦) Ⓒ (٧) Ⓑ
الدرس ٥	(١) الشحن بالتوصيل. (٢) Ⓐ (٣) Ⓑ (٤) الشحن بالحث. (٥) التأريض.
الدرس ٦	(١) Ⓑ (٣) Ⓐ (٥) Ⓓ (٧) Ⓑ (٢) Ⓓ (٤) Ⓑ (٦) Ⓒ (٨) Ⓒ
الدرس ٧	(١) قانون كولوم.

الفصل الثاني

المجالات الكهربائية

الدرس ٨ : المجال الكهربائي ٢٦

الدرس ٩ : المجال الناشئ عن شحنة نقطية ٢٨

الدرس ١٠ : تمثيل المجال الكهربائي ٣٠

الدرس ١١ : تطبيقات المجالات الكهربائية ٣٣

الدرس ١٢ : التغير في فرق الجهد الكهربائي ٣٥

الدرس ١٣ : الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم ٣٧

الدرس ١٤ : تطبيقات على المجال الكهربائي المنتظم ٣٩

الدرس ١٥ : توزيع الشحنة وتقاسمها ٤٢

الدرس ١٦ : المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات ٤٤

الدرس ١٧ : تخزين الشحنات ٤٧

الدرس ١٨ : حساب السعة الكهربائية ٤٩

أجوبة الفصل الثاني ٥١

الدرس ٨ : المجال الكهربائي

المجال الكهربائي

المقصود به	{ المجال الموجود حول أي جسم مشحون بحيث يُولِّد قوة كهربائية يمكنها أن تنجز شغلاً مما يؤدي إلى نقل طاقة من المجال إلى أي جسم آخر مشحون }
اتجاهه	• اتجاه المجال المؤثر على شحنة موجبة داخله في نفس اتجاه القوة. • اتجاه المجال المؤثر على شحنة سالبة داخله في عكس اتجاه القوة.
تمثيله	المجال الكهربائي في نقطة يُمثَّل بسهم .. • طول السهم: يستخدم لبيان شدة المجال الكهربائي. • اتجاه السهم: يُمثِّل اتجاه المجال الكهربائي.

(١) اكتب المصطلح العلمي: المجال الموجود حول أي جسم مشحون بحيث يُولِّد قوة كهربائية يمكنها أن تنجز شغلاً مما يؤدي إلى نقل طاقة من المجال إلى أي جسم آخر مشحون.

(٢) اختر: اتجاه المجال الكهربائي المؤثر في شحنة موجبة داخله ..

Ⓐ عمودي على اتجاه القوة. Ⓑ معاكس لاتجاه القوة. Ⓒ في نفس اتجاه القوة.

(٣) اختر: اتجاه المجال الكهربائي المؤثر في جسيم صغير جدًا داخله يكون معاكس لاتجاه القوة إذا كان الجسيم ..

Ⓐ موجب الشحنة. Ⓑ سالب الشحنة. Ⓒ غير مشحون.

(٤) اختر: يُمثِّل المجال الكهربائي في نقطة بسهم؛ طول السهم يُستخدم لبيان ..

Ⓐ شدة المجال الكهربائي. Ⓑ اتجاه المجال الكهربائي. Ⓒ طبيعة المجال الكهربائي.

(٥) ضع ✓ أو × : اتجاه السهم الممثِّل للمجال الكهربائي في نقطة هو اتجاه المجال الكهربائي.

شدة المجال الكهربي

المقصود به	القوة المؤثرة في شحنة الاختبار مقسومًا على مقدار تلك الشحنة
تصنيفه	كمية متجهة ؛ تحدد بالمقدار والاتجاه معًا ؛
العوامل المؤثرة فيه	• مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار. • موقع شحنة الاختبار داخل المجال. تنبيه: شدة المجال الكهربائي لا تعتمد على مقدار شحنة الاختبار.

العلاقة الرياضية	$E=\frac{F}{q'}$	E شدة المجال الكهربائي [N/C] F القوة المؤثرة في شحنة الاختبار [N] q' مقدار شحنة الاختبار [C]
شحنة الاختبار	• شحنة الاختبار شحنة موجبة موجودة على جسيم صغير تستعمل لاختبار المجال. • شحنة الاختبار صغيرة جداً ؛ علل ؛ حتى لا تؤثر بأية قوة في الشحنات الأخرى.	

(٦) اختر: مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار مقسوماً على مقدار تلك الشحنة يساوي ..

Ⓐ شدة المجال الكهربائي. Ⓑ القوة الكهربائية. Ⓒ الجهد الكهربائي.

(٧) اختر: أي من التالية كمية متجهة؟

Ⓐ الطاقة الكهربائية. Ⓑ شدة المجال الكهربائي. Ⓒ الجهد الكهربائي.

(٨) اختر: شحنة موجودة على جسيم صغير تستعمل لاختبار المجال ..

Ⓐ الشحنة الأولية. Ⓑ الشحنة الأساسية. Ⓒ الشحنة الرئيسة. Ⓓ شحنة الاختبار.

أمثلة

40 ص60: ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟

الحل:

مقدارها	شحنة الاختبار صغيرة جداً مقارنة بالشحنة المولدة للمجال	نوعها	موجبة الشحنة

52 ص60: ماذا يحدث لشدة المجال الكهربائي عندما تنقص شحنة الاختبار إلى نصف قيمتها؟

الحل: لا يحدث شيء؛ لأن شدة المجال ثابتة لا تعتمد على قيمة شحنة الاختبار.

2 ص38: وضعت شحنة سالبة مقدارها 2×10^{-8} C في مجال كهربائي فتأثرت بقوة مقدارها 0.06 N في اتجاه اليمين؛ ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟

الحل:

$$E=\frac{F}{q'}=\frac{0.06}{2\times10^{-8}}=3\times10^{6}\ N/C$$

اتجاه المجال الكهربائي إلى اليسار ؛ في اتجاه معاكس لاتجاه القوة لأن الشحنة سالبة ؛

3 ص38: ما القوة المؤثرة في الشحنة الموجبة 3×10^{-7} C الموضوعة في مجال كهربائي شدته 27 N/C ؟

الحل:

$$E=\frac{F}{q'}\ \Rightarrow\ F=Eq'=(27)(3\times10^{-7})=81\times10^{-7}\ N$$

الدرس ٩ : المجال الناشئ عن شحنة نقطية

شدة المجال الكهربائي في نقطة

العوامل التي يعتمد عليها	• مقدار الشحنة المُولِّدة للمجال: علاقة طردية. • بُعد النقطة عن الشحنة المُولِّدة للمجال: علاقة عكسية مع مربع البعد.
تنبيه	كل نقطة حول الشحنة فيها مجال كهربائي حتى لو لم يكن عندها شحنة اختبار
العلاقة الرياضية	$E = K\frac{q}{d^2}$ E شدة المجال الكهربائي [N/C] K ثابت كولوم $[N.m^2/C^2]$ q مقدار الشحنة المُولِّدة للمجال [C] d بُعد النقطة عن الشحنة المُولِّدة للمجال [m]
اتجاه شدة المجال	مبتعداً عن الشحنة الموجبة المولدة للمجال: E، شحنة اختبار +، شحنة مولدة للمجال + نحو الشحنة السالبة المولدة للمجال: شحنة اختبار +، E، شحنة مولدة للمجال −
المجال عند نقطة والناشئ عن شحنتين	• نوجد المجال الناشئ عن كل شحنة على انفراد عند تلك النقطة. • نجمع المجالين جمعًا اتجاهيًا ؛ المجالين في نفس الاتجاه نجمعهما ، المجالين المتعاكسين نطرحهما ؛.

(١) اختر: شدة المجال الكهربائي تتناسب طرديًا مع ..

Ⓐ نوع شحنة الاختبار. Ⓒ نوع الشحنة المولدة للمجال.

Ⓑ مقدار شحنة الاختبار. Ⓓ مقدار الشحنة المولدة للمجال.

(٢) اختر: شدة المجال الكهربائي تتناسب عكسيًا مع ..

Ⓐ مربع الشحنة المولدة للمجال. Ⓒ مربع بعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال.

Ⓑ مقدار الشحنة المولدة للمجال. Ⓓ بعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال.

(٣) اختر: اتجاه المجال الكهربائي في نقطة على يمين شحنة نقطية موجبة ..

Ⓐ نحو الشرق. Ⓑ نحو الغرب. Ⓒ نحو الشمال. Ⓓ نحو الجنوب.

(٤) اختر: إذا كان اتجاه المجال الكهربائي في نقطة نحو كرة صغيرة فإن الكرة ..

Ⓐ موجبة الشحنة. Ⓑ سالبة الشحنة. Ⓒ غير مشحونة.

القوة الناتجة عن المجال الكهربائي

وصفها	قوة كهربائية يؤثر بها المجال الكهربائي على أي شحنة توضع عند أي نقطة داخله
العوامل المؤثرة في مقدار القوة	• شدة المجال الكهربائي. • مقدار الشحنة الموضوعة داخل المجال.
العوامل المؤثرة في اتجاه القوة	• اتجاه المجال الكهربائي. • نوع الشحنة الموضوعة داخل المجال.

(٥) ضع ✓ أو × : كل شحنة توضع داخل مجال كهربائي تتأثر منه بقوة كهربائية.

(٦) اختر: من العوامل المؤثرة في مقدار القوة التي يؤثر بها المجال على شحنة توضع داخله ..

Ⓐ مقدار الشحنة. Ⓑ نوع الشحنة. Ⓒ اتجاه المجال الكهربائي.

(٧) اختر: من العوامل المؤثرة في اتجاه القوة التي يؤثر بها المجال على شحنة توضع داخله ..

Ⓐ مقدار الشحنة. Ⓑ نوع الشحنة. Ⓒ مقدار المجال الكهربائي.

أمثلة

6 ص38: ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.2 m عن شحنة نقطية مقدارها 4.2×10^{-6} C ؟ إذا علمت أن ثابت كولوم 9×10^{9} N.m^2/C^2 .

الحل:

$$E = K\frac{q}{d^2} = (9\times10^{9}) \times \frac{(4.2\times10^{-6})}{1.2^2} = 2.6\times10^{4}\ N/C$$

7 ص38: ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع على بُعد يساوي ضعف البعد عن الشحنة النقطية الواردة في المسألة السابقة؟

الحل: ينقص المجال الكهربائي إلى رُبع قيمته؛ لأن المجال يتناسب عكسيًا مع مربع البعد عن الشحنة ..

$$E = \frac{1}{4}(2.6\times10^{4}) = 0.65\times10^{4}\ N/C$$

مثال 2 ص38: ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 0.3 m عن يمين كرة صغيرة مشحونة بشحنة مقدارها -4×10^{-6} C ؟ إذا علمت أن ثابت كولوم 9×10^{9} N.m^2/C^2 .

الجواب النهائي: 4×10^{5} N/C ، في اتجاه الكرة نحو اليسار.

الدرس ١٠ : تمثيل المجال الكهربائي

خط المجال الكهربائي

تعريفه	{ خط يُستخدم لتمثيل المجال الكهربائي الفعلي في الفراغ أو الوسط المحيط بالشحنة }	
خصائصه	• خطوط وهمية تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة. • لا يمكن أن تتقاطع. • تنتشر شعاعيًا إلى خارج الشحنة الموجبة وإلى داخل الشحنة السالبة. • خطوط منحنية للمجالات الناتجة عن شحنتين أو أكثر.	
العلاقة بين المجال وخطوط المجال	المقدار	المسافات الفاصلة بين خطوط المجال الكهربائي تشير إلى شدة المجال فالمجال القوي خطوطه متقاربة بينما المجال الضعيف خطوطه متباعدة
	الاتجاه	اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة هو اتجاه المماس المرسوم على خط المجال عند تلك النقطة

(١) اكتب المصطلح العلمي: خط يُستخدم لتمثيل المجال الكهربائي الفعلي في الفراغ أو الوسط المحيط بالشحنة.

(٢) اختر: خطوط المجال الكهربائي وهمية واتجاهها من ..

Ⓐ الشحنة الموجبة إلى الشحنة الموجبة. Ⓒ الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة.

Ⓑ الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة. Ⓓ الشحنة السالبة إلى الشحنة السالبة.

(٣) ضع ✓ أو × : يمكن أن تتقاطع خطوط المجال الكهربائي بالقرب من الشحنة الموجبة.

(٤) اختر: خطوط المجال الناتج عن شحنتين ..

Ⓐ منحنية. Ⓑ تنتشر شعاعيًا. Ⓒ مستقيمة.

(٥) اختر: إذا تقاربت خطوط المجال الكهربائي فإن المجال ..

Ⓐ ناشئ عن شحنة سالبة. Ⓑ ناشئ عن شحنة موجبة. Ⓒ قوي. Ⓓ ضعيف.

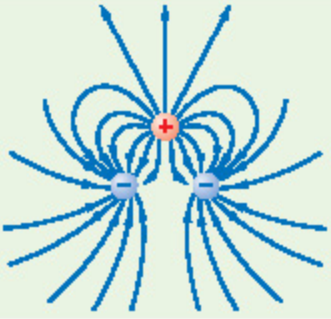
(٦) اختر: إذا تباعدت خطوط المجال الكهربائي فإن المجال ..

Ⓐ ناشئ عن شحنة سالبة. Ⓑ ناشئ عن شحنة موجبة. Ⓒ قوي. Ⓓ ضعيف.

(٧) اختر: اتجاه المماس المرسوم على خط المجال عند نقطة يمثل ..... عند تلك النقطة.

Ⓐ طبيعة المجال الكهربائي Ⓑ شدة المجال الكهربائي Ⓒ اتجاه المجال الكهربائي

تمثيل خطوط المجال الكهربائي

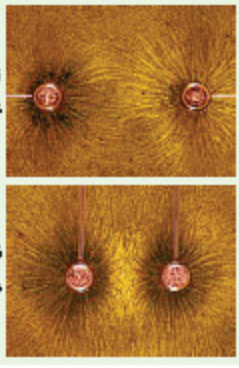
شحنة موجبة منفردة	شحنة سالبة منفردة	شحنتين سالبتين وثالثة موجبة
		

طريقة استخدام بذور الأعشاب لتمثيل خطوط المجال

توضع بذور الأعشاب في سائل عازل « الزيت المعدني »

تؤدي القوى الكهربائية إلى فصل الشحنة التي على كل بذرة؛ ثم تدور البذور وتصطف في اتجاه المجال الكهربائي

البذور معًا تُشكِّل نمطًا لخطوط المجال الكهربائي



مولد فان دي جراف

وصفه	جهاز يستخدم لتوليد الكهرباء الساكنة ذات الفولتية الكبيرة
عمله	• تُنقل الشحنة إلى حزام متحرك عند قاعدة الجهاز عند الموضع A . • تنتقل الشحنات من الحزام إلى القبة الفلزية في الأعلى عند الموضع B . • يبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي.

(٨) اختر: جهاز يستخدم لتوليد الكهرباء الساكنة ذات الفولتية الكبيرة ..

Ⓐ المولد الكهربائي. Ⓑ مولد فان دي جراف. Ⓒ الفولتميتر. Ⓓ الأميتر.

(٩) اختر: في مولد فان دي جراف يمثل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة ..

Ⓐ المقاومة الكهربائية. Ⓑ التيار الكهربائي. Ⓒ فرق الجهد الكهربائي.

أمثلة

13 ص42: في الشكل المجاور؛ هل يمكنك تحديد أي الشحنتين موجبة وأيهما سالبة؟ ماذا تضيف لإكمال خطوط المجال؟

الحل: لا يمكن تحديد ذلك؛ فيجب إضافة أسهم على خطوط المجال تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل في الشحنة السالبة.

44 ص60: في الشكل المجاور؛ أين تنتهي خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة؟

الحل: في أي شحنة سالبة بعيدة موجودة في أي مكان.

الدرس ١١ : تطبيقات المجالات الكهربائية

طاقة الوضع الكهربائية

وصفها	طاقة مختزنة في الشحنة عند بذل شغل عليها .. • لإبعادها عن شحنة مخالفة لها. • لتقريبها من شحنة مماثلة لها.
وحدة قياسها	الجول « J »
فائدة	تزداد طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في الشحنة عند .. • زيادة مقدار الشحنة. • تحريك الشحنة في اتجاه معاكس لاتجاه القوة.

(١) اختر: الشغل المبذول على الشحنة لإبعادها عن شحنة مخالفة لها يُختزن فيها على شكل ..
Ⓐ طاقة وضع كهربائية. Ⓑ طاقة كيميائية. Ⓒ طاقة وضع مرونية.

(٢) اختر: وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية ..
Ⓐ الفولت. Ⓑ الأمبير. Ⓒ النيوتن. Ⓓ الجول.

(٣) اختر: تزداد طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في الشحنة عند ..
Ⓐ نقصان مقدار الشحنة. Ⓑ زيادة مقدار الشحنة. Ⓒ تحريك الشحنة في اتجاه القوة.

(٤) اختر: طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في الشحنة ..... عند تحريكها في نفس اتجاه القوة.
Ⓐ تزداد Ⓑ تبقى ثابتة Ⓒ تنقص

فرق الجهد الكهربائي « الجهد الكهربائي أو الفولتية »

تعريفه	{ التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة داخل مجال كهربائي }	
العلاقة الرياضية	$\Delta V = \frac{W}{q}$ حيث .. $\Delta V = V_B - V_A$	ΔV فرق الجهد الكهربائي $[V \equiv J/C]$ W الشغل المبذول على الشحنة [J] q مقدار الشحنة [C] V_B الجهد الكهربائي عند النقطة B [V] V_A الجهد الكهربائي عند النقطة A [V]
فائدة	فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين يعتمد على موقع النقطتين فقط ولا يعتمد على المسار الذي يُسلك للحركة من إحدى النقطتين إلى الأخرى	
الفولتمتر	جهاز يُستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين	

(٥) اكتب المصطلح العلمي: التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة داخل مجال كهربائي.

(٦) اختر: فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين يعتمد على ..

Ⓐ موقع النقطتين. Ⓑ المسار الذي يُسلك بين النقطتين. Ⓒ مقدار الشحنة في كل نقطة.

(٧) اختر: الجهاز المستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين ..

Ⓐ الأميتر. Ⓑ الأوميتر. Ⓒ الفولتمتر.

سطح تساوي الجهد

تعريفه	{ موضعان أو أكثر داخل المجال الكهربائي يكون فرق الجهد الكهربائي بينها صفراً }
من أمثلته	المسار الدائري حول الشحنة
فائدة	فرق الجهد بين أيّ نقطتين على المسار الدائري حول الشحنة يساوي صفراً
تعليل	لا يُبذل شغلاً في تحريك شحنة الاختبار في مسار دائري حول الشحنة ؛ علل ؛ لأن القوة التي يؤثر بها المجال في شحنة الاختبار دائماً عمودية على اتجاه حركتها

(٨) اكتب المصطلح العلمي: موضعان أو أكثر داخل المجال الكهربائي يكون فرق الجهد الكهربائي بينها صفراً.

(٩) ضع ✓ أو × : من سطوح تساوي الجهد المسار الدائري حول الشحنة.

(١٠) اختر: فرق الجهد بين أي نقطتين على المسار الدائري حول الشحنة يساوي ..

Ⓐ مقداراً موجباً. Ⓑ صفراً. Ⓒ مقداراً سالباً.

أمثلة

19 ص47: ما الشغل المبذول لتحريك شحنة 3 C خلال فرق جهد كهربائي مقداره 1.5 V ؟

الحل:

$$\Delta V = \frac{W}{q} \Rightarrow W = q\Delta V = 3 \times 1.5 = 4.5\ J$$

74 ص62: بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية ؛ ما مقدار هذه الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V ؟

الحل:

$$\Delta V = \frac{W}{q} \Rightarrow q = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1200}{12} = 100\ C$$

الدرس ١٢ : التغير في فرق الجهد الكهربائي

التغير في فرق الجهد الكهربائي

إشارته	موجبة	• عند إبعاد شحنة الاختبار الموجبة عن شحنة سالبة. • عند تقريب شحنة الاختبار الموجبة من شحنة موجبة.
	سالبة	• عند تقريب شحنة الاختبار الموجبة من شحنة سالبة. • عند إبعاد شحنة الاختبار الموجبة عن شحنة موجبة.
العوامل التي يعتمد عليها		• المجال الكهربائي. • الإزاحة بين النقطتين. **تنبيه:** التغير في فرق الجهد الكهربائي لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار.

(١) ضع ✓ أو × : عند إبعاد شحنة اختبار موجبة عن شحنة سالبة فإن التغير في فرق الجهد الكهربائي سالب.

(٢) اختر: التغير في فرق الجهد الكهربائي يكون موجبًا عند إبعاد شحنة الاختبار الموجبة عن ..

Ⓐ شحنة موجبة. Ⓑ شحنة سالبة. Ⓒ جسم غير مشحون.

(٣) اختر: التغير في فرق الجهد الكهربائي يعتمد على ..

Ⓐ مقدار شحنة الاختبار. Ⓑ نوع شحنة الاختبار. Ⓒ المجال الكهربائي.

(٤) اختر: التغير في فرق الجهد الكهربائي لا يعتمد على ..

Ⓐ المجال الكهربائي. Ⓑ مقدار شحنة الاختبار. Ⓒ الإزاحة بين النقطتين.

ازدياد فرق الجهد الكهربائي

فرق الجهد الكهربائي يزداد عند إبعاد الشحنات المختلفة بعضها عن بعض	فرق الجهد الكهربائي يزداد عند تقريب الشحنات المتماثلة بعضها إلى بعض

(٥) اختر: فرق الجهد الكهربائي بين شحنتين يزداد عند ..

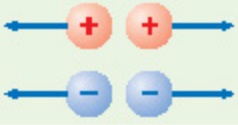
Ⓐ إبعاد شحنة موجبة عن شحنة موجبة. Ⓒ تقريب شحنة موجبة من شحنة سالبة.

Ⓑ إبعاد شحنة سالبة عن شحنة سالبة. Ⓓ تقريب شحنة سالبة من شحنة سالبة.

(٦) اختر: عند إبعاد شحنة موجبة عن شحنة سالبة ..... فرق الجهد الكهربائي بين الشحنتين.

Ⓐ يزداد Ⓑ لا يتغير Ⓒ ينقص

تقصان فرق الجهد الكهربائي

فرق الجهد الكهربائي ينقص عند تقريب الشحنات المختلفة بعضها إلى بعض	فرق الجهد الكهربائي ينقص عند إبعاد الشحنات المتماثلة بعضها عن بعض
	

(٧) اختر: فرق الجهد الكهربائي بين شحنتين ينقص عند ..

Ⓐ إبعاد شحنة موجبة عن شحنة سالبة. Ⓒ تقريب شحنة موجبة من شحنة سالبة.

Ⓑ تقريب شحنة موجبة من شحنة موجبة. Ⓓ تقريب شحنة سالبة من شحنة سالبة.

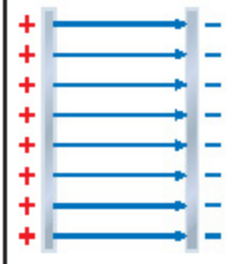
(٨) اختر: عند تقريب شحنة موجبة من شحنة سالبة ..... فرق الجهد الكهربائي بين الشحنتين.

Ⓐ يزداد Ⓑ لا يتغير Ⓒ ينقص

الدرس ١٣ : الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم

المجال الكهربائي المنتظم

المقصود به	المجال الثابت في المقدار والاتجاه عند النقاط جميعها ما عدا النقاط عند حواف اللوحين
مثاله	المجال بين لوحين فلزيين مستويين متوازيين أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة
شكل خطوطه	متوازية والمسافة بينها متساوية
اتجاهه	من اللوح الموجب إلى اللوح السالب



(١) اختر: المجال الثابت في المقدار والاتجاه عند النقاط جميعها عدا النقاط عند حواف اللوحين ..

Ⓐ المجال المنتظم. Ⓑ المجال غير المنتظم. Ⓒ المجال المستوي.

(٢) اختر: خطوط المجال الكهربائي المنتظم ..

Ⓐ منحنية والمسافة بينها غير متساوية. Ⓒ متوازية والمسافة بينها غير متساوية.

Ⓑ منحنية والمسافة بينها متساوية. Ⓓ متوازية والمسافة بينها متساوية.

(٣) اختر: اتجاه خطوط المجال الكهربائي المنتظم ..

Ⓐ من اللوح الموجب إلى اللوح الموجب. Ⓒ من اللوح الموجب إلى اللوح السالب.

Ⓑ من اللوح السالب إلى اللوح السالب. Ⓓ من اللوح السالب إلى اللوح الموجب.

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم

المقصود به	حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي المنتظم في المسافة التي تحركتها الشحنة	
العلاقة الرياضية	$\Delta V = Ed$	ΔV فرق الجهد الكهربائي [V] E شدة المجال الكهربائي المنتظم [N/C] d المسافة التي تحركتها الشحنة [m]
فالنقان	• الجهد الكهربائي بالقرب من اللوح الموجب أكبر منه بالقرب من اللوح السالب. • الجهد الكهربائي يزداد كلما تحركنا في اتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي.	

(٤) اختر: حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي المنتظم في المسافة التي تحركتها الشحنة ..

Ⓐ شدة التيار. Ⓑ فرق الجهد. Ⓒ القوة المؤثرة على الشحنة. Ⓓ طاقة الوضع.

(٥) اختر: في المجال الكهربائي المنتظم؛ الجهد بالقرب من اللوح الموجب ..... الجهد بالقرب من اللوح السالب.

Ⓐ أصغر من Ⓑ يساوي Ⓒ أكبر من

(٦) اختر: في المجال الكهربائي المنتظم؛ الجهد ـــــ كلما تحركنا في اتجاه المجال الكهربائي.

Ⓐ ينقص Ⓑ يبقى ثابتًا Ⓒ يزداد

أمثلة

16 ص47: شدة المجال الكهربائي بين لوحين فلزيين واسعين متوازيين ومشحونين 6000 N/C والمسافة بينهما 0.05 m ؛ احسب فرق الجهد الكهربائي بينهما؟

الحل:

$$\Delta V = Ed = 6000 \times 0.05 = 300\ V$$

17 ص47: إذا كانت قراءة فولتمتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين 400 V عندما كانت المسافة بينهما 0.02 m فاحسب المجال الكهربائي بينهما.

الحل:

$$\Delta V = Ed \Rightarrow E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{400}{0.02} = 20000\ N/C$$

18 ص47: عندما طبق فرق جهد كهربائي مقداره 125 V على لوحين متوازيين تولّد بينهما مجال كهربائي مقداره 4.25×10^{3} N/C ؛ ما البعد بين اللوحين؟

الحل:

$$\Delta V = Ed \Rightarrow d = \frac{\Delta V}{E} = \frac{125}{4.25\times10^{3}} = 0.029\ m$$

22 ص47: إذا كان مقدار المجال الكهربائي في مسارع جسيمات يساوي 4.5×10^{5} N/C فما مقدار الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة 25 cm خلال هذا المجال؟ علمًا أن شحنة البروتون 1.6×10^{-19} C .

الحل: نوجد فرق الجهد بين النقطتين، ثم نوجد مقدار الشغل المبذول ..

cm $\xrightarrow{\times10^{-2}}$ m

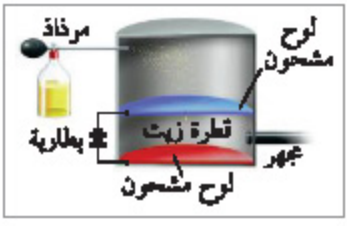
$$\Delta V = Ed = (4.5\times10^{6})(25\times10^{-2}) = 112500\ V$$

$$\Delta V = \frac{W}{q} \Rightarrow W = q\Delta V = (1.6\times10^{-19})(112500) = 1.8\times10^{-14}\ J$$

الدرس ١٤ : تطبيقات على المجال الكهربائي المنتظم

تجربة قطرة الزيت

الهدف منها	قياس شحنة الإلكترون
أول من أجراها	الفيزيائي الأمريكي روبرت مليكان
حساب شحنة قطرة زيت	• نرش بالمرذاذ قطرات زيت دقيقة في الهواء فتُشحن بسبب الاحتكاك أثناء رشها. • نترك القطرات تسقط إلى الأسفل بتأثير قوة الجاذبية الأرضية فيدخل بعضها في الفتحة الموجودة في اللوح العلوي داخل الجهاز. • نُطبّق فرق جهد كهربائي بين اللوحين ليؤثر المجال الكهربائي الناشئ بين اللوحين بقوة في القطرات المشحونة بشحنة سالبة إلى أعلى. • نضبط فرق الجهد لمعرفة مقدار المجال الكهربائي اللازم لتعليق قطرة زيت مشحونة في الهواء بين اللوحين « وزن القطرة إلى أسفل يساوي مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في القطرة إلى أعلى ». • نوقف المجال الكهربائي بين اللوحين فتسقط قطرة الزيت تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة الهواء إلى أعلى وبقياس سرعتها الحدية يمكننا حساب وزن القطرة. • نحسب شحنة القطرة بمعرفة وزن القطرة ومقدار المجال الكهربائي المؤثر.
ملاحظات مليكان	• قطرات الزيت ذات شحنات مختلفة. • التغير في شحنة قطرات الزيت دائماً من مضاعفات الرقم 1.6×10^{-19} C .
استنتاج مليكان	أقل تغير في الشحنة يساوي 1.6×10^{-19} C ويساوي شحنة الإلكترون
العلاقة الرياضية	$F_e = F_g$ $F_e = qE$ حيث .. F_e القوة الكهربائية [N] F_g وزن قطرة الزيت [N] q شحنة قطرة الزيت [C] E شدة المجال الكهربائي [N/C]
الشحنة مكماة	{ شحنة أي جسم هي فقط مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون }



العلاقة الرياضية	$n = \frac{q}{e}$	n عدد الإلكترونات q شحنة قطرة الزيت [C] e شحنة الإلكترون [C]

(١) اختر: تجربة قطرة الزيت لمِلّيكان تهدف إلى قياس ..

Ⓐ القوة الكهربائية المؤثرة في قطرة الزيت. Ⓒ كتلة الإلكترون.

Ⓑ فرق الجهد بين اللوحين. Ⓓ شحنة الإلكترون.

(٢) اختر: عند تعليق قطرة الزيت في الهواء بين اللوحين في تجربة قطرة الزيت لمِلّيكان؛ وزن القطرة ..... القوة الكهربائية المؤثرة فيها.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٣) اختر: أقل تغير في شحنة جسم ..... شحنة الإلكترون.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٤) اكتب المصطلح العلمي: شحنة أي جسم هي فقط مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون.

أمثلة

23 ص50: تسقط قطرة زيت في جهاز مليكان دون وجود مجال كهربائي؛ ما القوى المؤثرة فيها؟ وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة فَصِف القوى المؤثرة فيها؟

الحل: القوى المؤثرة في القطرة: وزنها إلى أسفل وقوة مقاومة الهواء لها إلى أعلى؛ والقوتان متساويتا المقدار فتسقط القطرة بسرعة ثابتة.

59 ص61: في تجربة قطرة الزيت لمِلّيكان تم تثبيت قطرتي زيت في المجال الكهربائي ..

(a) هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟ (b) أيّ خصائص قطرتي الزيت نِسَبُها متساوية؟

الحل:

(a) لا؛ لأن كتلها مختلفة. (b) نسبة الشحنة إلى الكتلة.

24 ص50: إذا حُلّقت قطرة زيت وزنها 1.9×10^{-15} N في مجال كهربائي مقداره 6×10^{3} N/C فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد فائض الإلكترونات التي تحملها القطرة؟

الحل:

أولاً: مقدار شحنة القطرة ..

$$F_e = F_g \Rightarrow qE = F_g$$

$$\therefore q = \frac{F_g}{E} = \frac{1.9\times10^{-15}}{6\times10^{3}} = 3.2\times10^{-19}\ C$$

ثانيًا: عدد فائض الإلكترونات ..

$$n = \frac{q}{e} = \frac{3.2\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2$$

25 ص50: تحمل قطرة زيت وزنها $6.4\times10^{-15}\ N$ إلكترونًا فائضًا واحدًا؛ ما مقدار المجال الكهربائي اللازم لتعليق القطرة ومنعها من الحركة؟

الحل:

أولاً: مقدار شحنة القطرة ..

$$n = \frac{q}{e} \Rightarrow q = ne = (1)(1.6\times10^{-19}) = 1.6\times10^{-19}\ C$$

ثانيًا: مقدار المجال الكهربائي ..

$$F_e = F_g \Rightarrow qE = F_g$$

$$\therefore E = \frac{F_g}{q} = \frac{6.4\times10^{-15}}{1.6\times10^{-19}} = 4\times10^{4}\ N/C$$

4 ص49: في تجربة قطرة الزيت لمليكان وُجد أن وزن قطرة زيت $2.4\times10^{-14}\ N$ والمسافة بين اللوحين $1.2\ cm$ ، وعندما أصبح فرق الجهد بين اللوحين $450\ V$ تعلّقت قطرة الزيت في الهواء بلا حركة ..

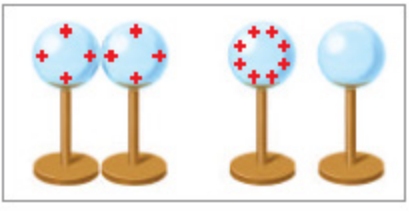
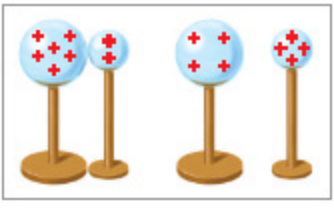
(a) ما مقدار شحنة قطرة الزيت؟

(b) إذا كانت شحنة اللوح العلوي موجبة فما عدد فائض الإلكترونات على قطرة الزيت؟

الجواب النهائي: $6.4\times10^{-19}\ C$ ، 4 .

الدرس ١٥ : توزيع الشحنة وتقاسمها

أساسيات توزيع الشحنة

مبدأ توزيع الشحنة	الشحنات تتوزع بين الأجسام المتلامسة بنسبة مساحتها السطحية بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة صفراً
فائدة	أيّ نظام يؤول إلى الاتزان عندما تصبح طاقته أقل ما يمكن
انتقال الشحنات بين الأجسام المتلامسة	• الشحنات تنتقل تلقائياً من الكرة ذات الجهد المرتفع إلى الكرة ذات الجهد المنخفض. • عند الاتزان؛ ينعدم فرق الجهد بين الكرتين ويتوقف انتقال الشحنات بينهما.
ملامسة كرة موجبة لأخرى متعادلة لها الحجم نفسه	• الكرة الموجبة ذات جهد مرتفع والكرة المتعادلة ذات جهد منخفض. • عند التلامس؛ تتوزع الشحنات على الكرتين بالتساوي. 
تلامس كرتان مشحونتان ومختلفتان في الحجم	• عدد الشحنات على الكرتين نفسه لذلك جهد الكرة الصغيرة أعلى من جهد الكرة الكبيرة. • عند التلامس؛ القوة المحصلة تنقل الشحنات من الكرة الصغيرة إلى الكبيرة. • عند الاتزان؛ شحنة الكرة الكبيرة أكبر من شحنة الكرة الصغيرة. 

(١) املأ الفراغ: الشحنات تتوزع بين الأجسام المتلامسة بنسبة مساحتها السطحية بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة تساوي ..... .

(٢) ضع ✓ أو × : يؤول أي نظام إلى الاتزان عندما تصبح طاقته أكبر ما يمكن.

(٣) ضع ✓ أو × : بين الكرات المتلامسة؛ الشحنات تنتقل تلقائياً من الكرة ذات الجهد المرتفع إلى الكرة ذات الجهد المنخفض.

(٤) اختر: انتقال الشحنات بين كرتين متلامستين يستمر إلى أن يصبح فرق الجهد بينهما ..

Ⓐ موجباً. Ⓑ صفراً. Ⓒ سالباً.

تأريض الأجسام

المقصود به	وصل الأجسام بالأرض للتخلص من الشحنة الفائضة
فائدة	تأريض الجسم يجعل فرق الجهد بينه وبين الأرض صفراً
تأريض صهريج النفط	• تُشحن صهاريج النفط عن طريق الاحتكاك. • انتقال الشحنات الزائدة إلى الأرض من خلال بخار البترين يُحدث انفجاراً. • لمنع اشتعال بخار البترين يتم تفريغ الشحنات بطريقة آمنة عن طريق تأريض الصهريج.
تأريض جهاز الحاسوب	• يتولّد فرق في الجهد بين الحاسوب والأرض. • إذا لامس شخص الحاسوب فستنتقل الشحنات من الحاسوب إلى الشخص ويؤدي ذلك إلى تلف الجهاز أو إيذاء الشخص. • لمنع ذلك يتم تفريغ الشحنات بطريقة آمنة عن طريق تأريض الحاسوب.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: وصل الأجسام بالأرض للتخلص من الشحنة الفائضة.

(٦) املأ الفراغ: تأريض الجسم يجعل فرق الجهد بينه وبين الأرض .....

أمثلة

60 ص61: يقف زيد وأخته على سطح مستوٍ معزول متلامسين بالأيدي عندما تم اكتسابهما للشحنة؛ إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من ليلى فمن منهما سيمتلك كمية أكبر من الشحنات؟

الحل: زيد يمتلك شحنات أكبر؛ لأن مساحته السطحية أكبر.

37 ص55: عند ملامسة كرة موصلة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلة كبيرة مشحونة بشحنة موجبة؛ ماذا يمكن القول عن ..

(a) جهد كل من الكرتين. (b) شحنة كل من الكرتين.

الحل:

(a) الكرتان لهما الجهد نفسه.

(b) شحنة الكرة الكبيرة أكبر من شحنة الكرة الصغيرة لأن مساحة سطحها أكبر، وللكرتين نوع الشحنة نفسه وهو نوع الشحنة الأكبر على الكرتين قبل تلامسهما.

الدرس ١٦ : المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات

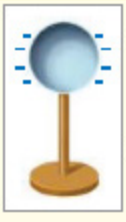
توزيع الشحنات على سطوح الموصلات

توزيع الشحنات على سطوح الموصلات

الشحنات تتوزع على سطح الموصل مبتعدة عن بعضها أبعد ما يمكن؛ ولذلك ..

- طاقة النظام أقل ما يمكن.
- القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة صفراً.
- لا يوجد مجال كهربائي أو مركبة للمجال موازية لسطح الموصل المشحون.
- لا يوجد فرق جهد بين أي نقطتين على سطح الموصل المشحون.
- سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد.

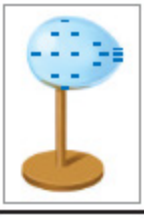
الموصل المصمت والموصل الأجوف

الموصل المصمت	الموصل الأجوف
الشحنات الفائضة تتوزع على سطح الموصل المصمت بانتظام	• الشحنات تتوزع على سطح الموصل الخارجي بانتظام.  • لا توجد شحنات على سطح الموصل الداخلي. • الوعاء الفلزي المغلق يعمل درعاً واقياً يحمي ما بداخله من المجالات الكهربائية؛ ومثال ذلك: الناس داخل السيارة محميون من المجالات الكهربائية الناتجة عن البرق.

الموصل غير المنتظم

الشحنات تتوزع على سطح الموصل الخارجي؛ وعند الرؤوس المدببة تكون ..

- الشحنات أكثر قرباً بعضها من بعض أي أن كثافة الشحنة كبيرة.
- خطوط المجال أكثر تقارباً أي أن المجال الكهربائي أكبر.



(١) ضع ✓ أو × : الشحنات تتوزع على سطح الموصل مبتعدة عن بعضها أبعد ما يمكن كي تصبح طاقة النظام أكبر ما يمكن.

(٢) اكمل الفراغ: الشحنات تتوزع على سطح الموصل المشحون بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة تساوي ..... .

(٣) اختر: A ، B نقطتان على سطح موصل كروي مشحون؛ جهد النقطة A ... جهد النقطة B .

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

(٤) اختر: في الموصل الأجوف؛ الشحنة تتوزع بانتظام على ـــــــــــ للموصل.
Ⓐ السطح الخارجي Ⓑ السطح الداخلي Ⓒ السطحين الداخلي والخارجي

(٥) اختر: كثافة الشحنة عند الرؤوس المدببة في الموصلات غير المنتظمة ..
Ⓐ صغيرة. Ⓑ معدومة. Ⓒ كبيرة.

(٦) اختر: خطوط المجال عند الرؤوس المدببة في الموصلات غير المنتظمة ..
Ⓐ متوازية. Ⓑ متقاطعة. Ⓒ أقل تقاربًا. Ⓓ أكثر تقاربًا.

(٧) اختر: تقارب خطوط المجال الكهربائي عند الرؤوس المدببة يدل على أن المجال ..
Ⓐ كبير. Ⓑ صغير. Ⓒ معدوم.

المجال الكهربائي خارج الموصل المشحون

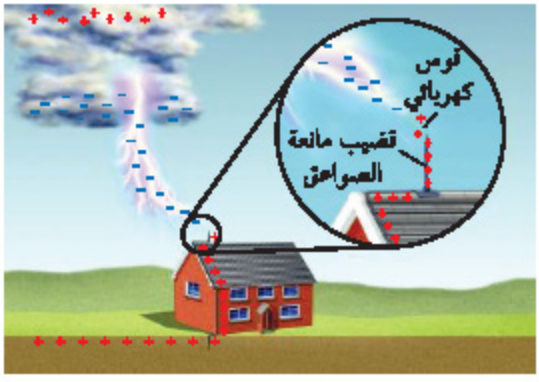
العوامل التي يعتمد عليها	• شكل الموصل. • فرق الجهد بين الموصل والأرض.
عمليات التفريغ الكهربائي	• قرب الرؤوس المدببة؛ المجال الكهربائي الكبير قادر على مسارعة الإلكترونات والأيونات الناتجة عن مرور الأشعة الكونية خلال الذرات. • يتأين المزيد من الذرات نتيجة اصطدام الإلكترونات والأيونات بذرات أخرى. • ظهور وهج وردي اللون.
حدوث الشرارة الكهربائية	• قرب الرؤوس المدببة؛ المجال الكهربائي الكبير بصورة كافية يُنتج حزمة من الأيونات والإلكترونات. • اصطدام الأيونات والإلكترونات بجزيئات أخرى يُشكل البلازما ويؤدي إلى حدوث شرارة كهربائية.
تعليل	تُجعل الموصلات ذات الشحنة الكبيرة أو التي تعمل تحت فروق جهد كبيرة ملساء وانسيابية الشكل ؛ **علل** ؛ لتقليل المجالات الكهربائية وذلك للحد من عمليات التفريغ الكهربائي وحدوث الشرارة الكهربائية

(٨) اختر: المجال الكهربائي خارج الموصل المشحون يعتمد على ..
Ⓐ نوع مادة الموصل. Ⓑ شكل الموصل. Ⓒ فرق الجهد بين نقطتين على الموصل.

(٩) اختر: المجال الكهربائي خارج الموصل المشحون يعتمد على فرق الجهد بين ..
Ⓐ نقطتين على الموصل. Ⓑ الموصل وموصل مجاور. Ⓒ الموصل والأرض.

مانعة الصواعق

عملها



- يُثبت قضيب بطريقة تجعل المجال الكهربائي بالقرب من طرفه كبيراً.
- مع استمرار تسريع المجال الكهربائي للإلكترونات والأيونات يبدأ تشكُّل مسار موصل بين طرف القضيب والغيوم.
- شحنات الغيمة تُفرَّغ في صورة شرارة في رأس القضيب المذبب جداً.
- الشحنات تنتقل من القضيب عبر موصل لتتفرغ بصورة آمنة في الأرض.

(١٠) اختر: المجال الكهربائي بالقرب من طرف قضيب مانعة الصواعق يكون ..

Ⓐ كبيراً. Ⓑ صفراً. Ⓒ صغيراً.

أمثلة

50 ص60: شُحن صندوق فلزي؛ قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصندوق وتركيزها على جوانب الصندوق.

الحل: تركيز الشحنة أكبر على زوايا الصندوق « رؤوس مدببة » منه على الجوانب.

51 ص60: لماذا تكون الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية محتواة داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟

الحل: لأن الصندوق الفلزي يعمل كدرع واقٍ يحمي ما بداخله من المجالات الكهربائية الخارجية.

الدرس ١٧ : تخزين الشحنات

السعة الكهربائية لجسم

تعريفها	{ النسبة بين شحنة الجسم وفرق الجهد الكهربائي عليه }	
زجاجة ليدن	مخترعها	الفيزيائي الهولندي بيترفان مسجنبروك
	استخدامها	تخزين كمية كبيرة من الشحنات الكهربائية
فائدة	بنيامين فرانكلين استخدم زجاجة ليدن لتخزين الشحنات الكهربائية الناتجة عن البرق	

(١) اكتب المصطلح العلمي: النسبة بين شحنة الجسم وفرق الجهد الكهربائي عليه.

(٢) اختر: مخترع زجاجة ليدن الفيزيائي ..

Ⓐ مايكل فاراداي. Ⓑ روبرت ملّيكان. Ⓒ بنيامين فرانكلين. Ⓓ بيترفان مسجنبروك.

(٣) اختر: من استخدامات زجاجة ليدن ..... الشحنات الكهربائية.

Ⓐ تخزين Ⓑ توليد Ⓒ قياس Ⓓ تفريغ

المكثف الكهربائي

وصفه	موصلين مشحونين بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً يفصل بينهما مادة عازلة
استخدامه	يُستخدم في تخزين الشحنات الكهربائية
تسمية المكثف	تُسمي المكثف حسب نوع المادة العازلة بين لوحيه ومن أمثلتها : السيراميك ، المايكا ، البولستر ، الورق ، الهواء .
تعليلان	• في المكثفات : شرائط الألمنيوم المفصولة بطبقة رقيقة من البلاستيك ملفوفة بصورة أسطوانية : علل : كي يقل حجمها ولا تشغل حيزاً كبيراً. • يجب عدم نزع غطاء التلفاز أو شاشة الحاسوب حتى لو لم تكن متصلة بمصدر جهد كهربائي : علل : لأن المكثفات فيها تبقى مشحونة لعدة ساعات بعد إغلاق الجهاز.
المكثفات الضخمة	مكثفات كبيرة يمكنها تخزين شحنات تكفي لإحداث البرق الاصطناعي أو تشغيل الليزرات العملاقة

(٤) اختر: المكثف الكهربائي عبارة عن موصلين مشحونين يفصل بينهما ..

Ⓐ إلكتروليت. Ⓑ مادة عازلة. Ⓒ مادة موصلة.

(٥) اختر: جهاز يُستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية ..
Ⓐ جهاز ملّيكان. Ⓑ مولد فان دي جراف. Ⓒ المكثف الكهربائي.

السعة الكهربائية لمكثف

تعريفها	{ النسبة بين الشحنة على أحد اللوحين وفرق الجهد بينهما }
العوامل المؤثرة فيها	الأبعاد الهندسية للمكثف
عوامل لا تعتمد عليها سعة المكثف	• شحنة المكثف. • فرق الجهد بين لوحي المكثف.
التحكم في سعة المكثف	• تغيير مساحة سطح اللوحين « تزداد السعة بزيادة مساحة سطح اللوحين ». • تغيير المسافة بين اللوحين « تزداد السعة بتقليل المسافة بين اللوحين ». • تغيير طبيعة المادة العازلة بين اللوحين « تزداد السعة بزيادة قدرة المادة العازلة على عزل الشحنات ».

(٦) اكتب المصطلح العلمي: النسبة بين الشحنة على أحد اللوحين وفرق الجهد بينهما.
(٧) اختر: سعة المكثف الكهربائي تعتمد على ..
Ⓐ الأبعاد الهندسية للمكثف. Ⓑ شحنة المكثف. Ⓒ فرق الجهد بين لوحي المكثف.
(٨) اختر: بزيادة مساحة سطح لوحي مكثف كهربائي فإن سعة المكثف ..
Ⓐ تنعدم. Ⓑ لا تتغير. Ⓒ تنقص. Ⓓ تزداد.
(٩) اختر: بزيادة المسافة بين لوحي مكثف كهربائي فإن سعة المكثف ..
Ⓐ تنعدم. Ⓑ لا تتغير. Ⓒ تنقص. Ⓓ تزداد.

أمثلة

61 ص61: إذا كان قطرا كرتي ألومنيوم 1 cm و 10 cm فأيهما له سعة أكبر؟
الحل: الكرة ذات القطر 10 cm سعتها أكبر؛ لأن مساحة سطحها أكبر.

الدرس ١٨ : حساب السعة الكهربائية

قياس السعة الكهربائية

طريقتها	• نضع شحنة $+q$ على أحد لوحي مكثف وشحنة $-q$ على اللوح الآخر. • نقيس فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين. • نحسب نسبة الشحنة إلى فرق الجهد فنحصل على السعة الكهربائية.	
العلاقة الرياضية	$C = \frac{q}{\Delta V}$	C السعة الكهربائية لمكثف [F] q الشحنة على أحد اللوحين [C] ΔV فرق الجهد بين اللوحين [V]
الفاراد	كولوم لكل فولت ، $F = \frac{C}{V}$	
تنبيه	وحدة الفاراد وحدة كبيرة جدًا لقياس السعة لذلك نستخدم .. • الميكروفاراد ، $\mu F = 10^{-6}\ F$. • البيكوفاراد ، $pF = 10^{-12}\ F$.	

(١) اختر: الكولوم لكل فولت يعادل ..

Ⓐ الجول. Ⓑ الأمبير. Ⓒ الواط. Ⓓ الفاراد.

(٢) اختر: مكثف سعته $10^{-6}\ F$ وهذا يعادل ..

Ⓐ . mF Ⓑ . μF Ⓒ . nF Ⓓ . pF

(٣) اختر: مكثف سعته pF وهذا يعادل ..

Ⓐ 10^{-12} . Ⓑ 10^{-9} . Ⓒ 10^{-6} . Ⓓ 10^{-8} .

أمثلة

27 ص54: مكثف سعته 27 μF وفرق الجهد بين لوحيه يساوي 45 V ، ما مقدار شحنة المكثف؟

الحل:

$$C = \frac{q}{\Delta V} \Rightarrow q = C\Delta V = (27\times10^{-6})(45) = 1.215\times10^{-3}\ C$$

μF ×10⁻⁶→ F

28 ص54: مكثفان سعة الأول 3.3 μF وسعة الآخر 6.8 μF ، إذا وصل كل منهما بفرق جهد 24 V فأيّ المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟

الحل: شحنة المكثف الثاني أكبر لأن سعته أكبر، ومقدارها ..

$\mu F \xrightarrow{\times 10^{-6}} F$

$$C_2 = \frac{q_2}{\Delta V} \Rightarrow q_2 = C_2 \Delta V = (6.8\times10^{-6})(24) = 1.6\times10^{-4}\ C$$

29 ص54: إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها $3.5\times10^{-4}\ C$ فأي المكثفين له فرق جهد كهربائي أكبر بين طرفيه؟ وما مقداره؟

الحل: جهد المكثف الأول أكبر لأن سعته أقل؛ ومقداره ..

$\mu F \xrightarrow{\times 10^{-6}} F$

$$C_1 = \frac{q}{\Delta V_1} \Rightarrow \Delta V_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{3.5\times10^{-4}}{3.3\times10^{-5}} = 106\ V$$

30 ص54: شحن مكثف كهربائي سعته $2.2\ \mu F$ حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $6\ V$ ؛ ما مقدار الشحنة الإضافية التي يتطلبها رفع فرق الجهد بين طرفيه إلى $15\ V$ ؟

الحل:

$$C = \frac{q}{\Delta V} \Rightarrow q = C\Delta V$$

$$q = q_2 - q_1 = C\Delta V_2 - C\Delta V_1 = C(\Delta V_2 - \Delta V_1)$$

$\mu F \xrightarrow{\times 10^{-6}} F$

$$q = (2.2\times10^{-6})(15-6) = 2\times10^{-5}\ C$$

5 ص54: إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين كرة موصلة والأرض يساوي $40\ V$ عند شحنها بشحنة مقدارها $2.4\times10^{-6}\ C$ فما مقدار سعتها الكهربائية؟

الجواب النهائي: $6\times10^{-8}\ F$.

أجوبة الفصل الثاني

الأجوبة

الدرس٨	(١) المجال الكهربائي. (٢) Ⓒ (٣) Ⓑ (٤) Ⓐ (٥) ✓ (٦) Ⓐ (٧) Ⓑ (٨) Ⓓ
الدرس٩	(١) Ⓓ (٢) Ⓒ (٣) Ⓐ (٤) Ⓑ (٥) ✓ (٦) Ⓐ (٧) Ⓑ
الدرس١٠	(١) خط المجال الكهربائي. (٢) Ⓑ (٣) × (٤) Ⓐ (٥) Ⓒ (٦) Ⓓ (٧) Ⓒ (٨) Ⓑ (٩) Ⓒ
الدرس١١	(١) Ⓐ (٢) Ⓓ (٣) Ⓑ (٤) Ⓒ (٥) Ⓑ (٦) Ⓐ (٧) فرق الجهد الكهربائي. Ⓒ (٨) سطح تساوي الجهد. (٩) ✓ (١٠) Ⓑ
الدرس١٢	(١) × (٢) Ⓑ (٣) Ⓑ (٤) Ⓑ (٥) Ⓓ (٦) Ⓐ (٧) Ⓒ (٨) Ⓒ
الدرس١٣	(١) Ⓐ (٢) Ⓓ (٣) Ⓒ (٤) Ⓑ (٥) Ⓒ (٦) Ⓐ
الدرس١٤	(١) Ⓓ (٢) Ⓑ (٣) Ⓑ (٤) الشحنة مكماة.
الدرس١٥	(١) صفراً (٢) × (٣) ✓ (٤) Ⓑ (٥) تأريض الأجسام. (٦) صفراً
الدرس١٦	(١) × (٣) Ⓑ (٥) Ⓒ (٧) Ⓐ (٩) Ⓒ (٢) صفراً (٤) Ⓐ (٦) Ⓓ (٨) Ⓑ (١٠) Ⓐ
الدرس١٧	(١) سعة الجسم الكهربائية. (٣) Ⓐ (٥) Ⓒ (٧) Ⓐ (٩) Ⓒ (٢) Ⓓ (٤) Ⓑ (٦) سعة المكثف الكهربائية. (٨) Ⓓ
الدرس١٨	(١) Ⓓ (٢) Ⓑ (٣) Ⓐ

الفصل الثالث

الكهرباء التيارية

الدرس ١٩ : التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية ٥٣

الدرس ٢٠ : معدلا تدفق الشحنة وتحولات الطاقة ٥٦

الدرس ٢١ : المقاومة الكهربائية وقانون أوم ٥٨

الدرس ٢٢ : تمثيل الدوائر الكهربائية ٦١

الدرس ٢٣ : استخدام الطاقة الكهربائية ٦٣

الدرس ٢٤ : نقل الطاقة الكهربائية ٦٦

أجوبة الفصل الثالث ٦٨

الدرس ١٩ : التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

الطاقة

وسيلة نقلها	الطاقة الكهربائية تُعد الوسيلة الأمثل لنقل الطاقة مسافات كبيرة دون ضياع كميات منها
عملية نقلها	عملية نقل الطاقة تتم عند فروق جهد كبيرة عبر أسلاك نقل القدرة
من أشكالها	الطاقة الكهربائية ، الطاقة الكيميائية ، الطاقة الصوتية ، الطاقة الضوئية ، الطاقة الحرارية ، الطاقة الحركية
من استخدامات الكهرباء	في المنزل: • الأنوار تساعد على القراءة. • الحواسيب. خارج المنزل: • مصابيح إنارة الشوارع. • الإشارات الضوئية.

(١) اختر: الوسيلة الأمثل لنقل الطاقة مسافات كبيرة دون ضياع كميات منها ..
Ⓐ الطاقة الكهربائية. Ⓑ الطاقة الكيميائية. Ⓒ الطاقة الضوئية. Ⓓ الطاقة الصوتية.

(٢) ضع ✓ أو × : عملية نقل الطاقة تتم عند فروق جهد صغيرة عبر أسلاك نقل القدرة.

التيار الكهربائي

تعريفه	{ تدفق الجسيمات المشحونة }
التيار الاصطلاحي	{ تدفق الشحنات الموجبة من اللوح الموجب إلى اللوح السالب }
تنبيه	تتدفق الإلكترونات السالبة في الفلزات من اللوح السالب إلى اللوح الموجب مما يجعل الشحنات الموجبة تبدو وكأنها تتحرك في الاتجاه المعاكس
مصادر الطاقة الكهربائية	• الخلية الجلفانية « خلية الفولتية »: تُحوِّل الطاقة الكيميائية إلى كهربائية. • الخلية الشمسية « خلية الفولتية الضوئية »: تُحوِّل الطاقة الضوئية إلى كهربائية.
البطارية	{ جهاز مصنوع من عدة خلايا جلفانية متصل بعضها ببعض، تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية }

(٣) اكتب للمصطلح العلمي: تدفق الجسيمات المشحونة.

(٤) اكتب للمصطلح العلمي: تدفق الشحنات الموجبة من اللوح الموجب إلى اللوح السالب.

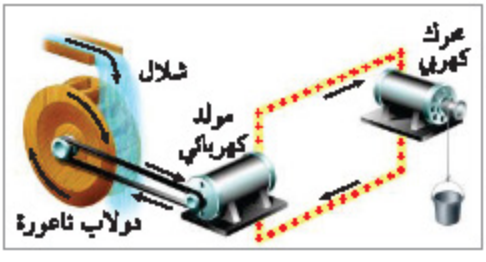
(٥) اختر: خلية تُحوِّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ..
Ⓐ الخلية الشمسية. Ⓑ خلية الفولتية. Ⓒ خلية الفولتية الضوئية.

(٦) اختر: الخلية الشمسية تُحوِّل الطاقة الضوئية إلى طاقة ..

Ⓐ حركية. Ⓑ كيميائية. Ⓒ كهربائية.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: جهاز مصنوع من عدة خلايا جلفانية متصل بعضها ببعض، تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

الدوائر الكهربائية

تعريفها	{ حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية }
مكوِّناتها	• مضخة للشحنات: تعمل على زيادة طاقة الوضع الكهربائية للشحنات المتدفقة. • أداة كهربائية: تعمل على تقليل طاقة الوضع الكهربائية للشحنات المتدفقة من خلال تحويلها إلى شكل آخر من الطاقة.
تحولات الطاقة	• المحرك يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية. • المصباح يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية. • المدفأة تُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.
توليد التيار الكهربائي واستعماله	في دائرة المولد والمحرك الكهربائيين .. • يسقط الماء فيدير الدولاب الذي يدير بدوره المولد الكهربائي. • المولد يُحوِّل طاقة المياه الحركية إلى طاقة كهربائية.  • عند وصل المولد بمحرك تتدفق الشحنات الموجودة في السلك داخل المحرك ويستمر تدفق الشحنات خلال الدائرة لتعود إلى المولد. • المحرك يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية.
تعليل	في دائرة المولد والمحرك؛ لا تصل كفاءة توليد التيار الكهربائي واستعماله إلى 100 % ؛ علل ؛ لأنه تنتج بعض الطاقة الحرارية نتيجة الاحتكاك والمقاومة الكهربائية
مبدأ حفظ الشحنة	نصه: { الشحنات لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن فصلها } فائدته: كمية الشحنة الكلية ؛ عدد الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة ؛ في الدائرة لا تتغير.

مبدأ حفظ الطاقة	• التغير الكلي في طاقة وضع الشحنات الكهربائية المتحركة دورة كاملة في الدائرة الكهربائية = صفراً. • الزيادة في فرق الجهد الناتج = النقصان في فرق الجهد المستهلَك.

(٨) اكتب المصطلح العلمي: حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية.

(٩) اختر: في الدائرة الكهربائية؛ تعمل مضخة الشحنات على زيادة ..... للشحنات المتدفقة.

Ⓐ طاقة الحركة Ⓑ طاقة الوضع Ⓒ الطاقة الكهربائية Ⓓ الطاقة الكيميائية

(١٠) اختر: المحرك يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ..

Ⓐ ضوئية. Ⓑ كيميائية. Ⓒ كهربائية. Ⓓ حركية.

(١١) اختر: جهاز كهربائي يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية ..

Ⓐ المدفأة. Ⓑ المصباح. Ⓒ المولد. Ⓓ المحوِّل.

(١٢) اكتب المصطلح العلمي: الشحنات لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن فصلها.

(١٣) اختر: كمية الشحنة الكلية « عدد الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة » في الدائرة ..

Ⓐ تزداد. Ⓑ لا تتغير. Ⓒ تنقص.

(١٤) اختر: التغير الكلي في طاقة وضع الشحنات المتحركة دورة كاملة في الدائرة الكهربائية ..

Ⓐ مقدار موجب. Ⓑ صفر. Ⓒ مقدار سالب.

(١٥) اختر: الزيادة في فرق الجهد الناتج في الدائرة ..... النقصان في فرق الجهد المستهلَك فيها.

Ⓐ أكبر من Ⓑ يساوي Ⓒ أصغر من

الدرس ٢٠ : معدل تدفق الشحنة وتحولات الطاقة

القدرة الكهربائية

تعريفها	{ المعدل الزمني لتحوُّل الطاقة }	
وحدة قياسها	واط : W	
العلاقة الرياضية	$P = IV$	P القدرة الكهربائية [W] V فرق الجهد [V] I التيار الكهربائي [A]
العوامل المؤثرة في الطاقة الكهربائية	• كمية الشحنة المنقولة. • فرق الجهد بين طرفي المسار الذي يتحرك فيه التيار.	
العلاقات الرياضية	$E = qV$ $E = Pt$	E الطاقة الكهربائية [J] P القدرة [W] q كمية الشحنة [C] t الزمن [s] V فرق الجهد [V]
شدة التيار الكهربائي	تعريفه: { المعدل الزمني لتدفق الشحنة الكهربائية } وحدة قياسه: الأمبير : $A = C/s$ الجهاز المستخدم لقياسه: الأميتر	
العلاقة الرياضية	$I = \frac{q}{t}$	I التيار الكهربائي [A] q كمية الشحنة [C] t الزمن [s]

(١) اكتب المصطلح العلمي: المعدل الزمني لتحوُّل الطاقة.

(٢) اختر: وحدة قياس القدرة الكهربائية ..

Ⓐ J . Ⓑ A . Ⓒ C . Ⓓ W .

(٣) اختر: أي من التالية ليس من العوامل المؤثرة في الطاقة الكهربائية؟

Ⓐ فرق الجهد الكهربائي. Ⓑ نوع الشحنة المنقولة. Ⓒ كمية الشحنة المنقولة.

(٤) اكتب المصطلح العلمي: المعدل الزمني لتدفق الشحنة الكهربائية.

(٥) اختر: وحدة قياس شدة التيار الكهربائي ..

Ⓐ الفولت. Ⓑ الواط. Ⓒ الأمبير. Ⓓ الجول.

(٦) اختر: الجهاز المستخدم لقياس شدة التيار الكهربائي ..

Ⓐ الأميتر. Ⓑ الفولتمتر. Ⓒ الأوميتر. Ⓓ المقاوِم الكهربائي.

أمثلة

1 ص73: إذا مر تيار كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 125 V فما المعدل الزمني لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية؟ افترض أن كفاءة المصباح 100 % .

الحل:

$$P = IV = 0.5 \times 125 = 62.5\ W$$

2 ص73: تولد تيار مقداره 2 A في مصباح متصل ببطارية سيارة؛ ما مقدار القدرة المستهلكة في المصباح إذا كان فرق الجهد عليه 12 V ؟

الحل:

$$P = IV = 2 \times 12 = 24\ W$$

3 ص73: ما مقدار التيار الكهربائي المار في مصباح قدرته 75 W متصل بمصدر جهد مقداره 125 V ؟

الحل:

$$P = IV \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{75}{125} = 0.6\ A$$

4 ص73: يمر تيار كهربائي مقداره 210 A في جهاز بدء التشغيل في محرك سيارة؛ فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية 12 V فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إلى جهاز بدء التشغيل خلال 10 s ؟

الحل: نوجد القدرة ثم نوجد مقدار الطاقة الكهربائية ..

$$P = IV = 210 \times 12 = 2520\ W$$
$$E = Pt = 2520 \times 10 = 25200\ J$$

1 ص72: بطارية جهدها 6 V ولّدت تياراً مقداره 0.5 A في محرك كهربائي عند وصله بطرفيها؛ احسب مقدار ..

(a) القدرة الواصلة إلى المحرك.

(b) الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك إذا تم تشغيله مدة 5 min .

الجواب النهائي: 3 W ، 900 J .

الدرس ٢١ : المقاومة الكهربائية وقانون أوم

قانون أوم

نصه	{ التيار الكهربائي يتناسب طرديًا مع فرق الجهد }	
العلاقة الرياضية	$R = \frac{V}{I}$	R المقاومة الكهربائية [Ω] V فرق الجهد [V] I التيار الكهربائي [A]
المقاومة الكهربائية	{ خاصية تحدد مقدار التيار المتدفق وتساوي نسبة فرق الجهد إلى التيار }	
الأوم	{ مقاومة موصل يمر فيه تيار 1 A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 V }	
فوائد	• الموصل يحقق قانون أوم إذا كانت مقاومته ثابتة ولا تعتمد على فرق الجهد. • معظم الموصلات الفلزية تحقق قانون أوم ضمن حدود معينة لفروق الجهد. • الترانزستورات والصمامات الثنائية « الدايودات » أجهزة لا تحقق قانون أوم.	

(١) اكتب المصطلح العلمي: التيار الكهربائي يتناسب طرديًا مع فرق الجهد.

(٢) اختر: خاصية تحدد مقدار التيار المتدفق وتساوي نسبة فرق الجهد إلى التيار ..

Ⓐ القدرة الكهربائية. Ⓑ الطاقة الكهربائية. Ⓒ المقاومة الكهربائية.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: مقاومة موصل يمر فيه تيار 1 A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 V .

(٤) اختر: الموصل يحقق قانون أوم إذا كانت مقاومته ..

Ⓐ ثابتة ولا تعتمد على فرق الجهد. Ⓒ متغيرة ولا تعتمد على فرق الجهد.

Ⓑ ثابتة وتعتمد على فرق الجهد. Ⓓ متغيرة وتعتمد على فرق الجهد.

(٥) اختر: أحد التالية يحقق قانون أوم ..

Ⓐ الترانزستورات. Ⓑ الصمامات الثنائية. Ⓒ معظم الموصلات الفلزية.

العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصلات الفلزية

الطول	المقاومة تزداد بزيادة الطول
مساحة المقطع العرضي	المقاومة تزداد بنقصان مساحة المقطع العرضي
درجة الحرارة	المقاومة تزداد بزيادة درجة الحرارة
نوع المادة	المقاومة تتغير وفق نوع المادة المستخدمة

(٦) اختر: تزداد مقاومة الموصلات الفلزية بنقصان ..
Ⓐ درجة حرارتها. Ⓑ مساحة مقطعها العرضي. Ⓒ طولها.

المقاوِم الكهربائي

تعريفه	{ جهاز ذو مقاومة محددة يُصنع من أسلاك رفيعة وطويلة أو من الجرافيت أو من مادة شبه موصلة }
وظيفته	التحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو في أجزاء منها
طُرق التحكم في شدة تيار الدوائر الكهربائية	• تغيير فرق الجهد المُطبَّق على المقاوِم الكهربائي في الدائرة. • تغيير المقاوِم الكهربائي في الدائرة. • تغيير كل من فرق الجهد والمقاوِم الكهربائي في الدائرة.

(٧) اكتب المصطلح العلمي: جهاز ذو مقاومة محددة يُصنع من أسلاك رفيعة وطويلة أو من الجرافيت أو من مادة شبه موصلة.

(٨) اختر: جهاز يُستخدم للتحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو في أجزاء منها ..
Ⓐ المولد الكهربائي. Ⓑ المحرك الكهربائي. Ⓒ المقاوِم الكهربائي.

المقاوِم المتغير

وصفه	ملف مصنوع من سلك فلزي مُزوَّد بنقطة اتصال متزلقة
عمله	تُحرك نقطة الاتصال إلى مواقع مختلفة على الملف فيتغير طول السلك وتتغير مقاومة الدائرة لذا يتغير التيار
استخداماته	• تعديل سرعة المحرك من دوران سريع ليصبح دورانه بطيئًا بزيادة طول السلك. • التحكم في مستويات الطاقة الكهربائية في التلفاز وضبطها، ومثالها: التحكم في الصوت ، التحكم في درجة سطوع الصورة وتباينها ، التحكم في الألوان.

(٩) اختر: جهاز يتكوَّن من ملف مصنوع من سلك فلزي مُزوَّد بنقطة اتصال متزلقة ..
Ⓐ الأميتر. Ⓑ الفولتمتر. Ⓒ المقاوِم الثابت. Ⓓ المقاوِم المتغير.

(١٠) اختر: يتم التحكم بتيار الدائرة عن طريق تغيير مقاومة المقاوِم الكهربائي عند تغيير ..
Ⓐ درجة الحرارة. Ⓑ طول سلك الملف. Ⓒ مساحة مقطع الملف.

(١١) اختر: في جهاز المقاوم الكهربائي يتم ـــــ لتعديل سرعة المحرك الكهربائي من دوران سريع إلى دوران بطيء.

Ⓐ زيادة مساحة المقطع العرضي للملف Ⓒ زيادة طول السلك

Ⓑ تقليل مساحة المقطع العرضي للملف Ⓓ تقليل طول السلك

(١٢) اختر: للتحكم في درجة سطوع الصورة وتباينها في التلفاز نستخدم جهاز ..

Ⓐ المقاوم المتغير. Ⓑ الأميتر. Ⓒ الأوميتر. Ⓓ الأفوميتر.

أمثلة

15 ص79: يدعي طارق أن المقاومة ستزداد بزيادة فرق الجهد وذلك لأن $R = \frac{V}{I}$ ؛ فهل ما يدعيه صحيح؟ فسر ذلك.

الحل: لا ؛ لأنه بزيادة فرق الجهد تزداد شدة التيار لذا تبقى النسبة $\frac{V}{I}$ ثابتة.

6 ص77: إذا وُصل محرك بمصدر جهد وكانت مقاومة المحرك أثناء تشغيله 33 Ω ومقدار التيار المار في تلك الدائرة 3.8 A فما مقدار جهد المصدر؟

الحل:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = IR = 3.8 \times 33 = 125.4\ V$$

7 ص77: يمر تيار مقداره 2×10^{-4} A في مجسّ هند تشغيله ببطارية جهدها 3 V ؛ ما مقدار مقاومة دائرة جهاز المجس؟

الحل:

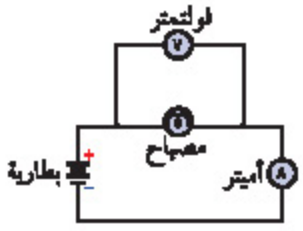
$$R = \frac{V}{I} = \frac{3}{2\times10^{-4}} = 15000\ \Omega$$

2 ص77: وصلت بطارية فرق الجهد بين قطبيها 30 V بمقاوم 10 Ω ؛ ما مقدار التيار المار في الدائرة؟

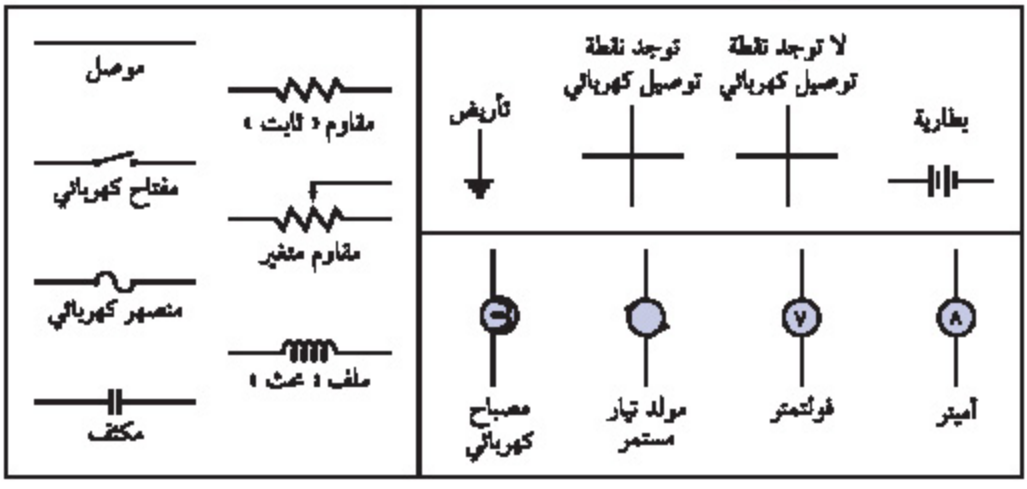
الجواب النهائي: 3 A .

الدرس ٢٢ : تمثيل الدوائر الكهربائية

طرق تمثيل الدوائر الكهربائية

التصوير الفوتوغرافي	الرسم التخطيطي
	

الرموز المستخدمة في الرسوم التخطيطية للدوائر الكهربائية



الأميتر

استخدامه	قياس شدة التيار الكهربائي المار في عنصر في الدائرة
توصيله في الدائرة	على التوالي
التوصيل على التوالي	{ التوصيل في حالة وجود مسار واحد فقط للتيار في الدائرة }

(١) اختر: لقياس شدة التيار الكهربائي المار في عنصر في الدائرة نستخدم جهاز ..

Ⓐ الأميتر. Ⓑ الفولتمتر. Ⓒ المقاوم الثابت. Ⓓ المقاوم المتغير.

(٢) اختر: يوصل الأميتر في الدائرة الكهربائية ..

Ⓐ على التوازي. Ⓑ على التوالي. Ⓒ ربط مختلط.

(٣) اكتب المصطلح العلمي: التوصيل في حالة وجود مسار واحد فقط للتيار في الدائرة.

الفولتمتر

استخدامه	قياس فرق الجهد الكهربائي بين طرفي عنصر في الدائرة
توصيله في الدائرة	يوصل على التوازي
التوصيل على التوازي	{ توصيل كهربائي يتفرع فيه التيار إلى مسارين أو أكثر }

(٤) اختر: لقياس فرق الجهد بين طرفي عنصر في الدائرة نستخدم جهاز ..

Ⓐ المقاوم الثابت. Ⓑ المقاوم المتغير. Ⓒ الفولتمتر. Ⓓ الأميتر.

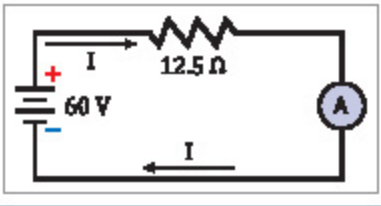
(٥) اختر: يوصل الفولتمتر في الدائرة الكهربائية ..

Ⓐ ربط مختلط. Ⓑ على التوالي. Ⓒ على التوازي.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: توصيل كهربائي يتفرع فيه التيار إلى مسارين أو أكثر.

أمثلة

11 ص79: ارسم رسمًا تخطيطيًا لدائرة توالٍ تحوي بطارية فرق الجهد بين طرفيها 60 V ، وأميتر، ومقاوم مقداره 12.5 Ω ، ثم أوجد قراءة الأميتر وحدد اتجاه التيار.

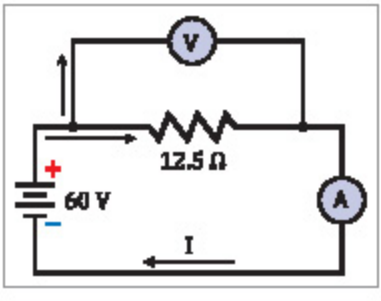


الحل: نرسم رسمًا تخطيطيًا للدائرة، ثم نوجد قراءة الأميتر ..

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

$$\therefore I = \frac{60}{12.5} = 4.8\ A$$

12 ص79: أضف فولتمتر إلى الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية في المسألة السابقة لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاوم، ثم أعد حلها.



الحل: نرسم رسمًا تخطيطيًا للدائرة، ثم نوجد قراءة الفولتمتر ..

قراءة الفولتمتر = 60 V ؛ لأن فرق الجهد بين طرفي المقاومة يُعادل فرق الجهد بين طرفي البطارية.

الدرس ٢٣ : استخدام الطاقة الكهربائية

تحوُّلات الطاقة في الدوائر الكهربائية

الأجهزة مُحوِّلات للطاقة	الجهاز	تحولات الطاقة
	المحرك الكهربائي	من كهربائية إلى ميكانيكية
	المصباح الكهربائي	من كهربائية إلى ضوئية وحرارية
	المدفأة الكهربائية ، السخان الكهربائي	من كهربائية إلى حرارية
تنبيه	لا تتحوَّل جميع الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المصباح أو المحرك إلى شكل مفيد للطاقة حيث أن جزءاً من الطاقة الكهربائية يتحوَّل إلى طاقة حرارية ضائعة	

(١) اختر: جهاز كهربائي يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ..

Ⓐ المحول الكهربائي. Ⓑ المولد الكهربائي. Ⓒ المنظم الكهربائي. Ⓓ المحرك الكهربائي.

(٢) اختر: المصباح الكهربائي يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ..

Ⓐ كيميائية. Ⓑ ضوئية. Ⓒ وضع كهربائية.

(٣) اختر: المدفأة الكهربائية تُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ..

Ⓐ كيميائية. Ⓑ ميكانيكية. Ⓒ ضوئية. Ⓓ حرارية.

القدرة المستنفدة في مقاوِم

العوامل المؤثرة فيها	• مربع التيار المار في المقاوِم.	• مقاومة المقاوِم.
العلاقات الرياضية	$P = I^2R$ $P = \frac{V^2}{R}$	P القدرة الكهربائية [W] I شدة التيار الكهربائي [A] V فرق الجهد [V] R المقاومة الكهربائية [Ω]

(٤) اختر: من العوامل المؤثرة في القدرة المستنفدة في مقاوِم ..

Ⓐ مربع التيار المار في المقاوِم. Ⓒ مربع مقاومة المقاوِم.

Ⓑ الجذر التربيعي للتيار المار في المقاوِم. Ⓓ الجذر التربيعي لمقاومة المقاوِم.

تحوُّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية

تعليل	يسخن المقاوم عند مرور تيار كهربائي فيه ؛ **علل** ؛ لأن الإلكترونات تتصادم مع ذرات المقاوم فتزداد طاقة حركة الذرات وترتفع درجة حرارتها
فائدة	الطاقة الكهربائية المستهلكة في المدفأة أو السخان تتحول جميعها إلى طاقة حرارية

العلاقات الرياضية:

$$E = Pt$$

$$E = I^2Rt$$

$$E = \frac{V^2}{R}t$$

- E الطاقة الكهربائية [J]
- P القدرة الكهربائية [W]
- t الزمن [s]
- I شدة التيار الكهربائي [A]
- R المقاومة الكهربائية [Ω]
- V فرق الجهد [V]

(a) ضع ✓ أو × : الطاقة الكهربائية المستهلكة في المدفأة تتحوَّل جميعها إلى طاقة حرارية.

الموصلات فائقة التوصيل

تعريفها	{ مادة مقاومتها صفر توصل الكهرباء دون ضياع في الطاقة }
الحصول عليها	عن طريق تبريد المواد إلى درجات حرارة منخفضة أقل من 100 K
استعمالاتها	• صناعة المغانط المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي. • المواد فائقة التوصيل تُستخدم في مُسرِّع الجسيمات السنكروترون ؛ **علل** ؛ لأنها تحتاج تيارات كهربائية ضخمة.

(٦) اكتب المصطلح العلمي: مادة مقاومتها صفر توصل الكهرباء دون ضياع في الطاقة.

(٧) اختر: المغانط المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي تُصنع من مواد ..

Ⓐ موصلة. Ⓑ شبه موصلة. Ⓒ عازلة. Ⓓ فائقة التوصيل.

أمثلة

20 ص82: يعمل سخان كهربائي مقاومته 15 Ω على فرق جهد مقداره 120 V ؛ احسب مقدار ..

(a) التيار المار في مقاومة السخان. (c) الطاقة الحرارية الناتجة في هذه المدة.

(b) الطاقة المستهلكة في مقاومة السخان خلال 30 s .

الحل:

(a) مقدار التيار ..

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{120}{15} = 8\ A$$

(b) مقدار الطاقة المستهلكة ..

$$E = \frac{V^2}{R}t = \frac{120^2}{15} = 28800\ J$$

(c) الطاقة الحرارية الناتجة 28800 J لأن الطاقة الكهربائية جميعها تحوّلت إلى طاقة حرارية.

---

22 ص82: مصباح كهربائي قدرته 100 W وكفاءته 22% فقط ؛ أي 22% من الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة ضوئية ؛ ..

(a) ما مقدار الطاقة الحرارية التي ينتجها المصباح الكهربائي كل دقيقة؟

(b) ما مقدار الطاقة التي يُحوّلها المصباح إلى ضوء كل دقيقة في أثناء إضاءته؟

الحل:

(a) مقدار الطاقة الحرارية ..

∵ كفاءة المصباح 22% فإن الطاقة الحرارية تعادل 0.78 من الطاقة الكلية ..

$\min \xrightarrow{\times 60} s$

$$\therefore E = Pt = (0.78)(100)(1\times60) = 4680\ J$$

(b) مقدار الطاقة الضوئية تعادل 0.22 من الطاقة الكلية ..

$\min \xrightarrow{\times 60} s$

$$E = Pt = (0.22)(100)(1\times60) = 1320\ J$$

---

3 ص81: يعمل سخان كهربائي مقاومته 10 Ω على فرق جهد مقداره 120 V ؛ احسب مقدار ..

(a) القدرة التي يستنفدها السخان. (b) الطاقة الحرارية التي ينتجها السخان خلال 10 s .

الجواب النهائي: 1440 W ، 14400 J .

الدرس ٢٤ : نقل الطاقة الكهربائية

القدرة الضائعة

المقصود بها	معدل الطاقة الحرارية المتولدة في أسلاك التوصيل عند إمرار تيار كهربائي فيها	
طرق التقليل منها	تقليل التيار	تقليل التيار ورفع الجهد يقلل من القدرة الضائعة
	تقليل المقاومة	• استعمال أسلاك موصليتها كبيرة. • استعمال أسلاك قطرها كبير.
فائدة	يعيب طريقة تقليل المقاومة لتقليل القدرة الضائعة أن الأسلاك ثقيلة وباهظة الثمن	
الكيلوواط.ساعة	{ وحدة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس الطاقة الكهربائية المستهلكة وهي تساوي قدرة مقدارها 1000 W تعمل بشكل مستمر لمدة ساعة }	
تكاليف الاستخدام	تكاليف الاستخدام = الطاقة × الثمن	الطاقة [kWh]

(١) اختر: معدل الطاقة الحرارية المتولدة في أسلاك التوصيل عند إمرار تيار فيها يسمى ..
Ⓐ فرق الجهد. Ⓑ المقاومة الكهربائية. Ⓒ الطاقة الكلية. Ⓓ القدرة الضائعة.

(٢) اختر: من طرق تقليل القدرة الضائعة أثناء نقل الطاقة الكهربائية مسافات كبيرة ..
Ⓐ تقلل التيار. Ⓑ تقلل فرق الجهد. Ⓒ تزيد التيار. Ⓓ تزيد المقاومة.

(٣) اختر: لتقليل القدرة الضائعة أثناء نقل الطاقة الكهربائية مسافات كبيرة نستخدم أسلاكًا ..
Ⓐ قطرها صغير. Ⓑ قطرها كبير. Ⓒ موصليتها منخفضة. Ⓓ موصليتها متوسطة.

(٤) ضع ✓ أو ✗ : تقليل مقاومة الأسلاك لتقليل القدرة الضائعة أثناء نقل الطاقة يجعل الأسلاك خفيفة ورخيصة الثمن.

(٥) اكتب المصطلح العلمي: وحدة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس الطاقة الكهربائية المستهلكة وهي تساوي قدرة مقدارها 1000 W تعمل بشكل مستمر لمدة ساعة.

أمثلة

25 ص85: يمر تيار كهربائي مقداره 15 A في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهد 120 V ؛ فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسط 5 h يوميًا فاحسب ..
(a) مقدار القدرة التي تستهلكها المدفأة.

(b) مقدار الطاقة المستهلكة في 30 يومًا بوحدة kWh .

(c) تكاليف استخدام المدفأة عند تشغيلها مدة 30 يومًا إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.12 ريال.

الحل:

(a) مقدار القدرة ..

$$P = IV = 15 \times 120 = 1800\ W$$

(b) مقدار الطاقة ..

$$E = Pt = \left(\frac{1800}{1000}\right)(5\times30) = 270\ kWh$$

$W \xrightarrow{\div 1000} kW$

(c) تكاليف الاستخدام ..

تكاليف الاستخدام = الطاقة × الثمن

∴ تكاليف الاستخدام = $0.12 \times 270 =$ 32.4 ريال

26 ص85: مقاومة ساعة رقمية 12000 Ω وهي موصولة بمصدر جهد مقداره 115 V ؛ احسب ..

(a) مقدار التيار الذي يمر فيها.

(b) مقدار القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة.

(c) تكاليف تشغيل الساعة 30 يومًا إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.12 ريال.

الحل:

(a) مقدار التيار ..

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{115}{12000} = 9.6\times10^{-3}\ A$$

(b) مقدار القدرة ..

$$P = IV = 9.6 \times 10^{-3} \times 115 = 1.1\ W$$

(c) لحساب الطاقة ثم تكاليف الاستخدام ..

$$E = Pt = \left(\frac{1.1}{1000}\right)(24\times30) = 0.792\ kWh$$

$W \xrightarrow{\div 1000} kW$

تكاليف الاستخدام = الطاقة × الثمن

∴ تكاليف الاستخدام = $0.12 \times 0.792 =$ 0.1 ريال

أجوبة الفصل الثالث

الأجوبة

الدرس١٩	(١) Ⓐ (٥) Ⓑ (٩) Ⓑ (١٣) Ⓑ (٢) × (٦) Ⓒ (١٠) Ⓓ (١٤) Ⓑ (٣) التيار الكهربائي. (٧) البطارية. (١١) Ⓐ (١٥) Ⓑ (٤) التيار الاصطلاحي. (٨) الدائرة الكهربائية. (١٢) مبدأ حفظ الشحنة.
الدرس٢٠	(١) القدرة الكهربائية. (٢) Ⓓ (٣) Ⓑ (٤) شلة التيار الكهربائي. (٥) Ⓒ (٦) Ⓐ
الدرس٢١	(١) قانون أوم. (٤) Ⓐ (٧) المقاوِم الكهربائي. (١٠) Ⓑ (٢) Ⓒ (٥) Ⓒ (٨) Ⓒ (١١) Ⓒ (٣) الأوم. (٦) Ⓑ (٩) Ⓓ (١٢) Ⓐ
الدرس٢٢	(١) Ⓐ (٣) التوصيل على التوالي. (٥) Ⓒ (٢) Ⓑ (٤) Ⓒ (٦) التوصيل على التوازي.
الدرس٢٣	(١) Ⓓ (٢) Ⓑ (٣) Ⓓ (٤) Ⓐ (٥) ✓ (٦) المواد فائقة التوصيل. (٧) Ⓓ
الدرس٢٤	(١) Ⓓ (٢) Ⓐ (٣) Ⓑ (٤) × (٥) الكيلوواط.ساعة.

الفصل الرابع

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

الدرس ٢٥ : الدوائر الكهربائية البسيطة ـ دائرة التوالي ٧٠

الدرس ٢٦ : الهبوط في الجهد في دائرة التوالي ٧٢

الدرس ٢٧ : مجزئ الجهد ٧٤

الدرس ٢٨ : الدوائر الكهربائية البسيطة ـ دائرة التوازي ٧٦

الدرس ٢٩ : تطبيقات الدوائر الكهربائية ٧٩

الدرس ٣٠ : الدوائر الكهربائية المركبة ٨١

أجوبة الفصل الرابع ٨٣

الدرس ٢٥ : الدوائر الكهربائية البسيطة ـ دائرة التوالي

دائرة التوالي الكهربائية

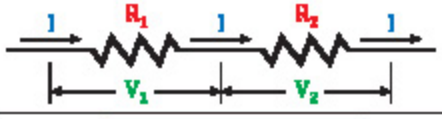
تعريفها	{ الدائرة التي يمر في كل جزء من أجزائها التيار نفسه }
حفظ الشحنة الكهربائية	الشحنة لا تفنى ولا تُستحدث لذلك تكون كمية الشحنة الداخلة إلى الدائرة الكهربائية مساوية إلى كمية الشحنة الخارجة منها

(١) اكتب المصطلح العلمي: الدائرة التي يمر في كل جزء من أجزائها التيار نفسه.

(٢) اختر: كمية الشحنة الداخلة إلى الدائرة الكهربائية ..... كمية الشحنة الخارجة منها.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

المقاومة المكافئة للمقاومات الموصولة على التوالي

تعريفها	المقاومة المكافئة أكبر من أي مقاومة مفردة من المقاومات الموصولة على التوالي	
تمثيلها بالرسم	مقاومات متصلة على التوالي:  المقاومة المكافئة:	
العلاقة الرياضية	$R = R_1 + R_2 + \cdots$ وإذا كانت المقاومات متساوية .. $R = nR_1$	R المقاومة المكافئة [Ω] $R_1, R_2, \ldots$ مقاومات الدائرة [Ω] n عدد المقاومات
التيار الكهربائي	• التيار نفسه يمر في المقاومات جميعها ويساوي التيار المار في المقاومة المكافئة. • إذا انقطع التيار عن مقاوم فإنه ينقطع عن المقاومات جميعها.	
حساب التيار الكهربائي	$I = \frac{V}{R}$	V جهد المصدر [V] R المقاومة المكافئة [Ω] I التيار الكهربائي [A]
فائدة	ثبات جهد المصدر في دائرة التوالي وإضافة مقاومات على التوالي للدائرة يؤدي إلى .. • زيادة المقاومة المكافئة. • نقصان تيار الدائرة.	
دوائر الإضاءة	عند توصيل مصباحين مختلفي القدرة الكهربائية على التوالي فإن المصباح ذو القدرة الأقل يكون أكبر سطوعًا حيث أن القدرة المستنفدة فيه أكبر لأن مقاومته أكبر	

(٣) اختر: المقاومة المكافئة ..... أي مقاومة مفردة من المقاومات الموصولة على التوالي.

Ⓐ أكبر من Ⓑ تساوي Ⓒ أصغر من

(٤) اختر: التيار المار في جميع المقاومات المتصلة على التوالي ..... التيار المار في المقاومة المكافئة.

Ⓐ ضعفي Ⓑ يساوي Ⓒ نصف Ⓓ ربع

(٥) ضع ✓ أو × : انقطاع التيار عن مقاوِم ما من مجموعة مقاوِمات متصلة على التوالي لا يؤثر في قيمة التيار المار في المقاوِمات الأخرى.

(٦) اختر: عند ثبات جهد المصدر في دائرة التوالي؛ إضافة مقاوِمات على التوالي ..

Ⓐ يقلل المقاومة المكافئة. Ⓑ يزيد تيار الدائرة. Ⓒ يقلل تيار الدائرة.

(٧) ضع ✓ أو × : عند توصيل مصباحين مختلفي القدرة الكهربائية على التوالي فإن المصباح ذو القدرة الأقل يكون أكبر سطوعًا.

أمثلة

1 ص99: وُصلت المقاوِمات 5 Ω ، 15 Ω ، 10 Ω في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V ؛ ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟

الحل:

أولاً: مقدار المقاومة المكافئة ..

$$R = 5 + 15 + 10 = 30\ \Omega$$

ثانيًا: مقدار التيار ..

$$I = \frac{V}{R} = \frac{90}{30} = 3\ A$$

3 ص99: وُصل طرفا سلك بعشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد 120 V ؛ فإذا كان التيار المار في المصابيح 0.06 A فاحسب مقدار ..

(a) المقاومة المكافئة للدائرة. (b) مقاومة كل مصباح.

الحل:

(a) مقدار المقاومة المكافئة ..

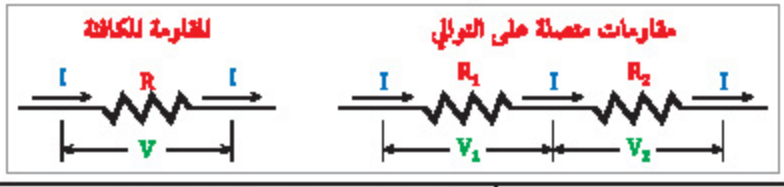
$$I = \frac{V}{R} \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{120}{0.06} = 2000\ \Omega$$

(b) مقدار مقاومة كل مصباح ..

$$R = nR_1 \rightarrow R_1 = \frac{R}{n} = \frac{2000}{10} = 200\ \Omega$$

الدرس ٢٦ : الهبوط في الجهد في دائرة التوالي

الهبوط في الجهد

المقصود به	حاصل ضرب التيار المار في مقاوِم في مقدار مقاومة ذلك المقاوِم	
العلاقة الرياضية	$V = IR$	V الهبوط في الجهد [V] R المقاومة الكهربائية [Ω] I شدة التيار [A]
الهبوط في جهد المقاومة المكافئة	الهبوط في جهد المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي يساوي مجموع الهبوط في جهود المقاومات جميعها 	
العلاقة الرياضية	$V = V_1 + V_2 + \cdots$	V الهبوط في جهد المقاومة المكافئة [V] $V_1, V_2, \ldots$ الهبوط في جهود مقاومات الدائرة [V]
تعليل	مجموع التغيرات في الجهد عبر كل عناصر دائرة التوالي يساوي صفرًا ؛ علل ؛ لأن مصدر التيار يعمل على رفع الجهد بمقدار يساوي الهبوط في الجهد الناتج عن مرور التيار في جميع مقاوِمات الدائرة	
تحوُّلات الطاقة	الطاقة الكهربائية تتحوَّل من شكل إلى آخر نتيجة الهبوط في جهد الجهاز الكهربائي	

(١) اختر: حاصل ضرب التيار المار في مقاوِم في مقدار مقاومة ذلك المقاوِم ..

Ⓐ الهبوط في الجهد. Ⓑ القدرة المستهلكة في المقاوِم. Ⓒ الطاقة المستهلكة في المقاوِم.

(٢) اختر: الهبوط في جهد المقاومة المكافئة ..... مجموع الهبوط في جهود المقاومات المتصلة على التوالي جميعها.

Ⓐ أصغر من Ⓑ يساوي Ⓒ أكبر من

(٣) اختر: الطاقة الكهربائية تتحوَّل من شكل إلى آخر في جهاز كهربائي نتيجة ..

Ⓐ تغير مقاومة الجهاز. Ⓑ تغير قدرة الجهاز. Ⓒ الهبوط في جهد الجهاز.

أمثلة

51 ص117: إذا احترقت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 5.5 V ، 6.9 V فما مقدار جهد المصدر؟

الحل:

$$V = V_1 + V_2 = 5.5 + 6.9 = 12.4\,V$$

8 ص103: تتكوّن دائرة كهربائية من بطارية جهدها 12 V وثلاثة مقاومات ؛ فإذا كان جهد أحد المقاومات 1.21 V وجهد مقاوم ثانٍ 3.33 V فما جهد المقاوم الثالث؟

الحل:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad \Rightarrow \quad V_3 = V - V_1 - V_2 = 12 - 1.21 - 3.33 = 7.46\,\Omega$$

9 ص103: وُصل المقاومان 22 Ω و 33 Ω في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد 120 V ؛ احسب ..

(a) المقاومة المكافئة للدائرة.
(b) التيار المار في الدائرة.
(c) الهبوط في الجهد عبر كل مقاوم.
(d) الهبوط في الجهد عبر المقاومين معًا.

الحل:

(a) المقاومة المكافئة للدائرة ..

$$R = R_1 + R_2 = 22 + 33 = 55\,\Omega$$

(b) التيار المار في الدائرة ..

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{55} = 2.18\,A$$

(c) الهبوط في الجهد عبر كل مقاوم ..

$$V_1 = IR_1 = 2.18 \times 22 = 47.96\,V$$
$$V_2 = IR_2 = 2.18 \times 33 = 71.94\,V$$

(d) الهبوط في الجهد عبر المقاومين معًا ..

$$V = IR = 2.18 \times 55 = 119.9\,V$$

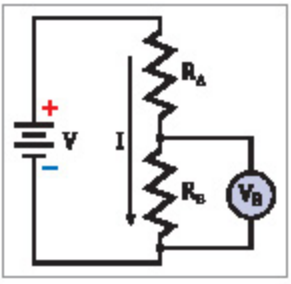
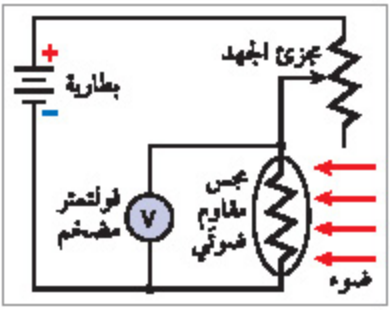
1 ص101: وُصل مقاومان مقاومة كل منهما 47 Ω ، 82 Ω على التوالي بقطبي بطارية 45 V ..

(a) ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
(b) ما مقدار الهبوط في الجهد في كل مقاوم؟
(c) إذا وُضع مقاوم مقداره 39 Ω بدلاً من المقاوم 47 Ω فهل تزداد شدة التيار أم تقل أم تبقى ثابتة؟
(d) ما مقدار الهبوط الجديد في الجهد في المقاوم 82 Ω ؟

الجواب النهائي: 0.349 A ، 16.4 V ، 28.6 V ، يزداد التيار ، 30.5 V .

الدرس ٢٧ : مجزئ الجهد

أساسيات مجزئ الجهد

تعريفه	{ دائرة توالٍ تُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير }
استخداماته	• يُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير. • يُستخدم مع مجسّات المقاومات الضوئية. • يُستخدم مع أجهزة قياس كمية الضوء المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي. 
المقاومات الضوئية	• وصفها: مجسّات تُصنع من مواد شبه موصلة مثل السيليكون أو السيلينيوم أو كبريتيد الكادميوم. • مقاومتها: تعتمد مقاومة المقاوِم الضوئي على كمية الضوء الذي تسقط عليه حيث أن مقاومته تقل عند سقوط الضوء عليه وتزداد في المكان المعتم. • فائدة: الجهد الناتج عن مجزئ الجهد المستخدم في المقاوِم الضوئي يعتمد على كمية الضوء الساقطة على مجسّ المقاوِم.
دائرة مجسّ مقاوم ضوئي	• استخدامها: تُستخدم مقياساً لكمية الضوء. • عملها: الدائرة الإلكترونية تكشف فرق الجهد وتحوله إلى قياس للاستضاءة يمكن قراءته على شاشة رقمية. • فائدة: تقل قراءة الفولتمتر المضخم عند زيادة الاستضاءة. 

(١) اكتب المصطلح العلمي: دائرة توالٍ تُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير.

(٢) اختر: جهاز يُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير ..
Ⓐ المولد الكهربائي. Ⓑ الفولتمتر. Ⓒ الأفوميتر. Ⓓ مجزئ الجهد.

(٣) اختر: مجسّات تُصنع من مواد شبه موصلة مثل السيليكون أو كبريتيد الكادميوم ..
Ⓐ مقاوِمات سلكية. Ⓑ مقاوِمات فلزية. Ⓒ مقاوِمات ضوئية. Ⓓ مقاوِمات كربونية.

(٤) اختر: مقاومة المقاوِم الضوئي تعتمد على ..

Ⓐ نوع مادته. Ⓑ كمية الضوء الساقط عليه. Ⓒ شدة التيار المار فيه.

(٥) اختر: مقاومة المقاوِم الضوئي ..... في المكان المعتم.

Ⓐ تقل Ⓑ لا تتغير Ⓒ تزداد

(٦) اختر: جهد المقاوِم الضوئي الناتج عن مجزئ الجهد المستخدم معه يعتمد على ..

Ⓐ نوع مادة المجسّ. Ⓑ كمية الضوء الساقط على المجسّ. Ⓒ شدة التيار في المجسّ.

(٧) اختر: دائرة تُستخدم مقياسًا لكمية الضوء ..

Ⓐ دائرة التوالي. Ⓑ دائرة التوازي. Ⓒ دائرة مجسّ مقاوِم ضوئي. Ⓓ دائرة مقاوِم فلزي.

أمثلة

10 ص103: قام طالب بعمل مجزئ جهد مكوَّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومين الأول 475 kΩ ، والثاني 235 kΩ ؛ فإذا قيس الجهد الناتج عبر المقاوِم الأصغر فما مقدار هذا الجهد؟

الحل:

أولاً: نحسب المقاومة المكافئة للمقاومين ثم نحسب تيار الدائرة ..

$$R = R_1 + R_2 = 475000 + 235000 = 710000\ \Omega$$

kΩ $\xrightarrow{\times 1000}$ Ω

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45}{710000} = 6.33\times10^{-5}\ A$$

ثانيًا: نحسب مقدار الجهد ..

$$V_2 = IR_2 = 6.33\times10^{-5} \times 235000 = 14.88\ V$$

11 ص103: ما مقدار المقاوِم الذي يمكن استخدامه في دائرة مجزئ جهد مع مقاوِم آخر مقداره 1.2 kΩ بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاوِم 1.2 kΩ يساوي 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V ؟

الحل: نحسب تيار الدائرة، ثم نحسب مقدار جهد المقاوِم ثم مقدار مقاومته ..

$$I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{2.2}{1200} = 1.83\times10^{-3}\ A$$

kΩ $\xrightarrow{\times 1000}$ Ω

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V_2 = V - V_1 = 12 - 2.2 = 9.8\ V$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{9.8}{1.83\times10^{-3}} = 5355.2\ \Omega$$

2 ص102: وُصلت بطارية جهدها 9 V بمقاومين 390 Ω ، 470 Ω على شكل مجزئ جهد؛ ما مقدار جهد المقاوِم 470 Ω ؟

الجواب النهائي: 4.9 V .

الدرس ٢٨ : الدوائر الكهربائية البسيطة ـ دائرة التوازي

دائرة التوازي الكهربائية

تعريفها	{ الدائرة التي تحوي مسارات متعددة للتيار الكهربائي }
التيار الكلي	التيار الكلي في دائرة التوازي مساوي لمجموع التيارات التي تمر في كل المسارات
فرق الجهد	الجهد متساوٍ في كل المسارات

(١) اكتب المصطلح العلمي: الدائرة التي تحوي مسارات متعددة للتيار الكهربائي.

(٢) اختر: التيار الكلي في دائرة التوازي ..... مجموع التيارات التي تمر في كل المسارات.

Ⓐ أقل من Ⓑ يساوي Ⓒ أكبر من

المقاومة المكافئة للمقاومات الموصولة على التوازي

قيمتها	المقاومة المكافئة أقل من أي مقاومة مفردة من المقاومات الموصولة على التوازي	
تمثيلها بالرسم	مقاومات متصلة على التوازي: I، I_1، I_2، I_3، R_1، R_2، R_3، V، مولد كهربائي	المقاومة المكافئة: I، R، V، مولد كهربائي
العلاقة الرياضية	$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots$ إذا كانت المقاومات متساوية .. $R=\frac{R_1}{n}$	R المقاومة المكافئة [Ω] $R_1, R_2, \ldots$ مقاومات الدائرة [Ω] n عدد المقاومات

(٣) اختر: المقاومة المكافئة ..... أي مقاومة مفردة من المقاومات الموصولة على التوازي.

Ⓐ أصغر من Ⓑ تساوي Ⓒ أكبر من

التيار الكهربائي في دوائر التوازي

التيار الكهربائي	• التيار المار في المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة معًا على التوازي يساوي مجموع التيارات الفرعية. • عند انقطاع التيار عن مقاوِم لا ينقطع التيار عن بقية المقاوِمات.	
حساب التيار الكهربائي	$I = I_1 + I_2 + \cdots$	I التيار المار في المقاومة المكافئة [A] $I_1, I_2, \ldots$ التيارات الفرعية [A]
فائدة	ثبات جهد المصدر في دائرة التوازي وإضافة مقاوِمات على التوازي للدائرة يؤدي إلى .. • نقصان المقاومة المكافئة. • زيادة تيار الدائرة.	
دوائر الإضاءة	عند توصيل مصباحين مختلفي القدرة الكهربائية على التوازي فإن المصباح ذو القدرة الأكبر يكون أكبر سطوعًا حيث أن سطوع الإضاءة يتناسب طرديًا مع القدرة المستنفدة	

(٤) ضع ✓ أو × : انقطاع التيار عن مقاوِم من المقاوِمات المتصلة على التوازي يؤدي إلى انقطاع التيار عن بقية المقاوِمات.

(٥) اختر: عند ثبات جهد المصدر في دائرة التوازي؛ إضافة مقاوِمات على التوازي ..

Ⓐ يزيد تيار الدائرة. Ⓑ يقلل تيار الدائرة. Ⓒ يزيد قيمة المقاومة المكافئة.

(٦) ضع ✓ أو × : عند توصيل مصباحين مختلفي القدرة الكهربائية على التوازي فإن المصباح ذو القدرة الأكبر يكون أكبر سطوعًا.

(٧) ضع ✓ أو × : سطوع إضاءة المصابيح يتناسب عكسيًا مع القدرة المستنفدة.

الأوميترات

لاستخدامها	تستخدم لقياس المقاومة الكهربائية لمقاوِم
فائقتان	• بعض الأوميترات تستخدم جهودًا أقل من 1 V لتجنب إتلاف المكونات الإلكترونية الحساسة. • بعض الأوميترات تستخدم مئات الفولتات للتحقق من سلامة المواد العازلة.

(٨) اختر: الجهاز المستخدم لقياس المقاومة الكهربائية لمقاوِم ..

Ⓐ الأميتر. Ⓑ الفولتمتر. Ⓒ الجلفانومتر. Ⓓ الأوميتر.

أمثلة

12 ص106: وصلت ثلاثة مقاومات مقدارها 120 Ω ، 60 Ω ، 40 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12 V ؛ احسب ..

(a) المقاومة المكافئة للدائرة التوازي. (b) التيار الكلي المار في الدائرة. (c) التيار المار في كل مقاوم.

الحل:

(a) المقاومة المكافئة ..

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{120}+\frac{1}{60}+\frac{1}{40}=\frac{1}{20} \Rightarrow R = 20\,\Omega$$

(b) التيار الكلي ..

$$I=\frac{V}{R}=\frac{12}{20}= 0.6\,A$$

(c) التيار في كل مقاوم ..

$$I_1=\frac{V}{R_1}=\frac{12}{120}= 0.1\,A$$

$$I_2=\frac{V}{R_2}=\frac{12}{60}= 0.2\,A$$

$$I_3=\frac{V}{R_3}=\frac{12}{40}= 0.3\,A$$

13 ص106: إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فإنه يجب إضـــافة مقاوم إلى هذا الفرع؛ ما مقدار المقاوم الذي يجب إضافته؟ وكيف يتم توصيله؟

الحل: يتم توصيل مقاوم على التوازي مع المقاوم 150 Ω كي تصبح المقاومة المكافئة لهما 93 Ω ..

$$\frac{1}{93}=\frac{1}{150}+\frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R}=\frac{1}{93}-\frac{1}{150}=\frac{19}{4650}$$

$$\therefore R=\frac{4650}{19}= 244\,\Omega$$

« أخطأنا مقلوب الطرفين »

3 ص105: وصـــلت المقاومات الثلاثة التالية 60 Ω ، 30 Ω ، 20 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 90 V ؛ احسب مقدار ..

(a) التيار المار في كل فرع في الدائرة. (b) المقاومة المكافئة للدائرة. (c) التيار المار في البطارية.

الجواب النهائي: 1.5 A ، 3 A ، 4.5 A ، 10 Ω ، 9 A .

الدرس ٢٩ : تطبيقات الدوائر الكهربائية

أدوات السلامة

أهميتها	أدوات تمنع حدوث حمل زائد في الدائرة قد ينتج عن .. • تشغيل عدة أجهزة كهربائية في الوقت نفسه. • حدوث دائرة قصر في أحد الأجهزة الكهربائية.
من أمثلتها	المنصهرات ، قواطع الدوائر الكهربائية ، قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ

(١) ضع ✓ أو ✗ : أدوات السلامة تستخدم لمنع حدوث حمل زائد في الدائرة نتيجة حدوث دائرة قصر في أحد الأجهزة الكهربائية.

(٢) اختر: أحد التالية ليس من أدوات السلامة في المباني لمنع حدوث حمل زائد في الدائرة ..

Ⓐ المنصهرات. Ⓒ قواطع الدوائر الكهربائية.

Ⓑ المفتاح الكهربائي. Ⓓ قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ.

دائرة القصر

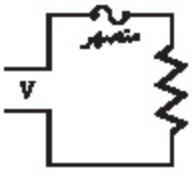
المقصود بها	دائرة كهربائية مقاومتها صغيرة جداً مما يجعل التيار فيها كبيراً جداً
تأثيرها	التيار الإضافي ينتج طاقة حرارية قد تكون كافية لصهر المادة العازلة للأسلاك فيؤدي ذلك إلى تلامس الأسلاك وحدوث دائرة قصر قد تحدث حريقًا

(٣) اختر: دائرة كهربائية مقاومتها صغيرة جداً والتيار فيها كبير جداً ..

Ⓐ دائرة التوالي. Ⓑ دائرة التوازي. Ⓒ دائرة القصر. Ⓓ الدائرة المركبة.

المنصهرات

المقصود بها	قطعة قصيرة من فلز تنصهر عندما يمر فيها تيار كبير
عملها	مرور تيار أكبر من التيار الذي تتحمله الدائرة يؤدي إلى انصهار القطعة وقطع التيار الكهربائي عن الدائرة وهذا يؤدي إلى حماية الدائرة من التلف
فائدة	سُمْك المنصهرات يُحدَّد حسب مقدار التيار اللازم مروره في الدائرة بحيث يمر فيها التيار بأمان دون أن يؤدي إلى تلفها



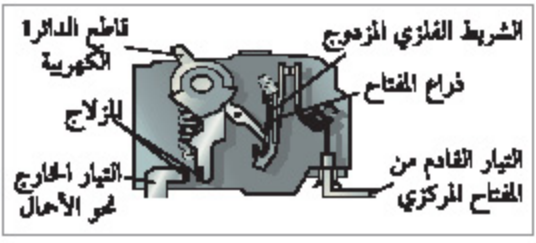
(٤) اختر: قطعة قصيرة من فلز تنصهر عندما يمر فيها تيار كبير ..

Ⓐ المنصهرات. Ⓑ الأوميترات. Ⓒ الأفوميترات. Ⓓ الفولتمترات.

(٥) ضع ✓ أو ✗ : سُمك المنصهرات يُحدَّد حسب مقدار التيار اللازم مروره في الدائرة بحيث يمر فيها التيار بأمان دون أن يؤدي إلى تلفها.

قاطع الدوائر الكهربائية

تعريفه	{ مفتاح كهربائي آلي يعمل على فتح الدائرة الكهربائية عندما يتجاوز مقدار التيار المار فيها القيمة المسموح بها }
عمله	عند مرور تيار كبير خلال الشريط الفلزي المزدوج يسخن الشريط ويتقوس لأنه مصنوع من فلزين مختلفين فيتحرر المزلاج ويتحرك ذراع المفتاح إلى وضع فتح الدائرة الكهربائية



(٦) اكتب المصطلح العلمي: مفتاح كهربائي آلي يعمل على فتح الدائرة الكهربائية عندما يتجاوز مقدار التيار المار فيها القيمة المسموح بها.

قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ

تعريفه	{ جهاز يحوي دائرة إلكترونية تستشعر الفروق البسيطة في التيار الناتجة عن مسار إضافي للتيار فيعمل على فتح الدائرة مانعًا حدوث الصعقات الكهربائية }
استخدامه	يستخدم عادة في تأمين الحماية في الحمام والمطبخ والمنافذ الكهربائية الخارجية

(٧) اكتب المصطلح العلمي: جهاز يحوي دائرة إلكترونية تستشعر الفروق البسيطة في التيار الناتجة عن مسار إضافي للتيار فيعمل على فتح الدائرة مانعًا حدوث الصعقات الكهربائية.

(٨) اختر: يستخدم ..... عادة في الحمام والمطبخ والمنافذ الكهربائية الخارجية.

Ⓐ القاطع الآلي Ⓑ القاطع الإلكتروني Ⓒ قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ

الدرس ٣٠ : الدوائر الكهربائية المركبة

الدوائر الكهربائية المركبة

تعريفات

الدائرة المركبة	{ دائرة معقدة تتضمن توصيلات على التوالي وعلى التوازي معًا }
الأميتر	{ جهاز يستخدم لقياس التيار الكهربائي في الدائرة أو جزء منها }
الفولتمتر	{ جهاز يستخدم لقياس الهبوط في الجهد عبر جزء من الدائرة }

مقارنة

	استخدامه	توصيله في الدائرة	مقاومته
الأميتر	قياس التيار الكهربائي	على التوالي	صغيرة جدًا
الفولتمتر	قياس الهبوط في الجهد	على التوازي	كبيرة جدًا

تعليلان

- يوصل مع ملف الأميتر مقاومة صغيرة جدًا على التوازي ؛ **علل** ؛ لأنه يجب أن تكون مقاومته صغيرة جدًا بحيث لا يؤثر على تيار الدائرة.
- يوصل مع ملف الفولتمتر مقاومة كبيرة جدًا على التوالي ؛ **علل** ؛ لأنه يجب أن تكون مقاومته كبيرة جدًا بحيث يكون التغير في التيارات وفروق الجهد في الدائرة أقل ما يمكن.

(١) اكتب المصطلح العلمي: دائرة معقدة تتضمن توصيلات على التوالي وعلى التوازي معًا.

(٢) اختر: جهاز الأميتر يستخدم لقياس ..

Ⓐ المقاومة. Ⓑ الهبوط في الجهد. Ⓒ القدرة. Ⓓ التيار.

(٣) اختر: جهاز يستخدم لقياس الهبوط في الجهد ..

Ⓐ الأميتر. Ⓑ الأوميتر. Ⓒ الفولتمتر. Ⓓ الجلفانومتر.

(٤) اختر: طريقة توصيل الأميتر في الدائرة الكهربائية ..

Ⓐ على التوالي. Ⓑ على التوازي. Ⓒ مختلط.

(٥) اختر: طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة الكهربائية ..

Ⓐ على التوالي. Ⓑ على التوازي. Ⓒ مختلط.

(٦) اختر: لجعل مقاومة الأميتر صغيرة جدًا توصل مع ملفه مقاومة صغيرة جدًا ..

Ⓐ على التوالي. Ⓑ على التوازي. Ⓒ على التضاعف.

(٧) اختر: لجعل مقاومة الفولتمتر كبيرة جدًا توصل مع ملفه مقاومة كبيرة جدًا ..

Ⓐ على التوالي. Ⓑ على التوازي. Ⓒ على التضاعف.

للتذكير

ربط التوالي	$R = R_1 + R_2 + \cdots$	R المقاومة المكافئة [Ω] $R_1, R_2, \ldots$ مقاومات الدائرة [Ω]
ربط التوازي	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$	
الهبوط في الجهد	$V = IR$	V الهبوط في الجهد [V] R المقاومة الكهربائية [Ω] I شدة التيار [A]
القدرة المستنفدة	$P = IV$	P القدرة المستنفدة [W]

أمثلة

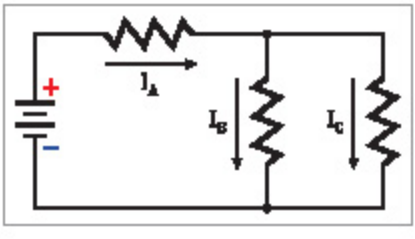
19 ص110: تحوي دائرة كهربائية ثلاثة مقاومات؛ يستنفد الأول قدرة 2 W ويستنفد الثاني قدرة 3 W ويستنفد الثالث قدرة 1.5 W ؛ ما مقدار التيار الذي تسحبه الدائرة من بطارية جهدها 12 V ؟

الحل: نوجد القدرة الكلية المستنفدة ثم نوجد مقدار التيار ..

$$P = 2 + 3 + 1.5 = 6.5\ W$$

$$P = IV \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{6.5}{12} = 0.54\ A$$

66 ص119: إذا كان مقدار كل مقاوم من المقاومات الموضحة في الشكل يساوي 30 Ω فاحسب المقاومة المكافئة.



الحل:

أولاً: نوجد المقاومة المكافئة للمقاومتين B و C على التوازي ..

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} = \frac{1}{15}$$

$$\therefore R_1 = 15\ \Omega$$

ثانياً: نوجد المقاومة المكافئة للمقاومتين R_1 و A على التوالي ..

$$R = 30 + 15 = 45\ \Omega$$

67 ص119: إذا كان كل مقاوم من المقاومات الموضحة في السؤال السابق يستنفد 120 mW فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

الحل:

$$P = 120 + 120 + 120 = 360\ mW$$

أجوبة الفصل الرابع

الأجوبة

الدرس ٢٥	(١) دائرة التوالي. (٢) Ⓑ (٣) Ⓐ (٤) Ⓑ (٥) × (٦) Ⓒ (٧) ✓
الدرس ٢٦	(١) Ⓒ (٢) Ⓑ (٣) Ⓒ
الدرس ٢٧	(١) مجزئ الجهد. (٢) Ⓓ (٣) Ⓐ (٤) Ⓑ (٥) Ⓒ (٦) Ⓑ (٧) Ⓒ
الدرس ٢٨	(١) دائرة التوازي. (٢) Ⓑ (٣) Ⓒ (٤) × (٥) Ⓐ (٦) ✓ (٧) × (٨) Ⓓ
الدرس ٢٩	(١) ✓ (٣) Ⓒ (٥) ✓ (٧) قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ. (٢) Ⓑ (٤) Ⓐ (٦) قاطع الدوائر الكهربائية. (٨) Ⓒ
الدرس ٣٠	(١) الدائرة الكهربائية المركبة. (٣) Ⓒ (٥) Ⓑ (٧) Ⓐ (٢) Ⓓ (٤) Ⓐ (٦) Ⓑ