

الوحدة الأولى: الشغل والطاقة Work and Energy

الإجابات

الصفحة 7

أتأمل الصورة:

جغرافية هذه المنطقة ومناخها مناسبان؛ هبوب رياح بسرعات مناسبة (16 km/h تقريبًا) بطريقة منتظمة على مدار العام، وألا تكون المنطقة عرضة للعواصف القوية، قرب مزرعة الرياح من أماكن استهلاك الطاقة المنتجة،

دور علم الفيزياء في عملية توليد الطاقة الكهربائية باستخدام طاقة الرياح: للرياح طاقة حركية، تُكسب التوربينات طاقة حركية دورانية، التي تتصل بدورها بمولدات كهربائية تعمل على تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية نتيجة لتدوير ملفات في مجال مغناطيسي.

الصفحة 9

تجربة استهلاكية: حساب الشغل.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. أنظر عينة البيانات في الجدول أدناه.

الجدول (1).				
رقم المحاولة	المسافة (d) (m)	وزن الحامل وثقل التعليق (N)	القوة اللازمة (N)	الشغل (J)
1	0.5	1.05	1.05	0.525
2	0.5	2.05	2.05	1.025
3	0.5	3.05	3.05	1.525

2. الثقل الأكبر كتلة لزم بذل شغل أكبر لرفعه؛ لأنه كلما زادت كتلة الثقل زاد وزنه، وبالتالي زاد مقدار القوة الخارجية اللازم تأثيرها لرفع الثقل بسرعة متجهة ثابتة.

3. العلاقة بين وزن الثقل ومقدار الشغل المبذول لرفعه بسرعة ثابتة علاقة طردية خطية؛ فكلما زاد وزن الثقل، زاد وزنه، وزاد مقدار القوة الخارجية اللازم تأثيرها فيه لرفعه بسرعة متجهة ثابتة، وبالتالي زاد مقدار الشغل المبذول لرفعه.

4. رفعت الثقل بسرعة ثابتة لكي يكون مقدار القوة الخارجية المؤثرة في الثقل مساوٍ لوزن الجسم، وعندها تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا، فبحسب القانون الأول لنيوتن يكون:

$$\sum F = F_{ext} - F_g = 0$$
$$F_{ext} = F_g$$

الصفحة 11

أتحقق

الشغل كمية فيزيائية قياسية ناتجة عن حاصل الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم في متجه إزاحة الجسم ورمزه (W)، ويُقاس بوحدة الجول (J) حسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 12

أفكر

إذا نقلت القوة الخارجية المؤثرة في جسم طاقة إليه يكون شغلها موجبًا؛ حيث يحافظ شغل القوة في هذه الحالة على استمرار حركة الجسم، ويُزوده بطاقة قد تغيّر طاقته الميكانيكية أو تستنفد للتغلب على قوة الاحتكاك المؤثرة فيه عند حركته بسرعة متجهة ثابتة.

إذا سحبت القوة الخارجية المؤثرة في جسم طاقة منه يكون شغلها سالبًا؛ ولا يحافظ شغل هذه القوة على استمرار حركة الجسم.

أتحقق:

يكون شغل قوة على جسم سالباً عندما تؤثر فيه بعكس اتجاه حركته، أو عندما يكون لهذه القوة مركبة معاكسة لاتجاه حركة الجسم؛ أي عندما تكون الزاوية المحصورة بين اتجاه القوة واتجاه الإزاحة $180^\circ \geq \theta > 90^\circ$.

ويكون شغل قوة صفراً عندما تكون القوة الخارجية المؤثرة في جسم عمودية على اتجاه إزاحته، حيث الزاوية المحصورة بين اتجاهيهما 90° ، و $(\cos 90^\circ = 0)$.

الصفحة 13

أفكر

أشعر بالتعب لأنه يُبذل شغل داخل الجسم؛ لأن دفع الجدار أو الجسم الثقيل يلزم التأثير فيه بقوة، وهذا يتطلب حدوث تمدد وتقلص لألياف وأنسجة العضلات، حيث تبذل العضلات شغلا في أثناء انزلاق أليافها داخل الذراع، ويتم استهلاك الطاقة فيها، ويلزم لذلك توافر كميات إضافية من الأكسجين، فيبذل القلب شغلاً إضافياً على الدم لزيادة تدفقه في العضلات لتوفير الأكسجين.

الربط مع الفضاء .

يتحدد شكل مدار القمر الصناعي وارتفاعه عن سطح الأرض بحسب الهدف من إطلاق هذا القمر ووظيفته. وتتنوع تصنيفات هذه المدارات بحسب ارتفاعاتها عن سطح الأرض. وعندما يدور قمر صناعي في مسار دائري حول الأرض، فإن الزاوية المحصورة بين اتجاه القوة المركزية (قوة الجاذبية) المؤثرة فيه نحو مركز الأرض واتجاه إزاحته عند كلّ موقع في مساره الدائري تساوي (90°) ، لذا يكون شغل القوة المركزية المبذول عليه صفراً؛ $W_F = Fd \cos \theta = Fd \cos 90^\circ = 0$.

أتحقق

لكي أحسب شغل عدّة قوى خارجية ثابتة تؤثر في جسم فإنني أحسب الشغل الذي تبذله كلّ قوّة على انفراد، ثم أحسب الشغل الكليّ المبذول (W_{Total}) بإيجاد ناتج الجمع الجبري لشغل القوى جميعها. كما يُمكنني حساب الشغل الكليّ المبذول بحساب شغل القوّة المحصّلة المؤثرة في الجسم.

$$W_{\text{Total}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

الصفحة 16

تمرين

.1

أ. استعمل معادلة الشغل الآتية، مع تعويض $\theta = 37^\circ$.

$$\begin{aligned} W_F &= Fd \cos \theta \\ &= 140 \times 5 \times \cos 37^\circ \\ &= 700 \times 0.8 \\ &= 560 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. يؤثر وزن الصندوق (F_g) في اتجاه عمودي على اتجاه إزاحته، أي إنّ $\theta = 90^\circ$.

$$\begin{aligned} W_g &= F_g d \cos \theta \\ &= 140 \times 5 \times \cos 90^\circ \\ &= 0 \text{ J} \end{aligned}$$

.2

أ. الشغل الكليّ المبذول على العربة يساوي شغل القوّة المحصّلة المؤثرة فيها.

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= (\sum F) d \cos \theta \\ &= 60 \times 12 \times \cos 0^\circ \end{aligned}$$

$$= 720 \text{ J}$$

ب. لحساب الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على العربة، بداية أجد زاوية ميلان المستوى المائل على الأفقي (θ):

$$\sin \theta = \frac{1}{12}$$

$$\theta = 4.78^\circ$$

ثم أُحلّل وزن العربة (F_g) إلى مركبتين:

- مركبة عمودية على المستوى المائل ($F_g \cos \theta$)، وهذه المركبة يكون شغلها صفرًا؛ لأن $\theta = 90^\circ$.

$$\begin{aligned} W_{g, \text{عمودي}} &= (F_g \cos \theta) d \cos \theta \\ &= (F_g \cos \theta) d \cos 90^\circ \\ &= 0 \text{ J} \end{aligned}$$

- مركبة موازية للمستوى المائل ($F_g \sin \theta$)، تكون في اتجاه أسفل المستوى المائل في عكس اتجاه الإزاحة، وهذه المركبة تبذل شغلًا يُحسب كما يأتي:

$$\begin{aligned} W_{g, \text{موازي}} &= (F_g \sin \theta) d \cos \theta \\ &= 440 \times \sin 4.78^\circ \times 12 \times \cos 180^\circ \\ &= -439.98 \text{ J} \approx -440 \text{ J} \end{aligned}$$

الصفحة 18

إجابة سؤال الشكل.

$$W = \frac{1}{2} Fd = \frac{1}{2} \times 50 \times 0.05 = 1.25 \text{ J}$$

أتحقق

أحسبُ شغل القوة المتغيرة بحساب المساحة المحصورة بين منحنى (القوة - الإزاحة) ومحور الإزاحة حسب شكلها الهندسي، أو بتطبيق علاقات رياضية مناسبة (حساب التكامل)، أو بتقسيم المساحة المحصورة إلى عدّة مساحات ذات أشكال هندسية منتظمة، ثم حساب مجموع هذه المساحات.

الصفحة 19

تمرين:

أ. الشغل الذي بذلته القوة المحصّلة خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم يساوي المساحة A عددياً، ويساوي مساحة مثلث طول قاعدته (4 m) وارتفاعه (3 N).

$$\begin{aligned}W_{0-4} &= A \\ &= \frac{1}{2} \times (4 - 0) \times 3 \\ &= 6 \text{ J}\end{aligned}$$

ب. الشغل الذي بذلته القوة المحصّلة خلال (8 m) الأولى من بداية حركة الجسم يساوي مجموع المساحتين A و B، ويساوي مساحة مثلث متساوي الساقين طول قاعدته (8 m) وارتفاعه (3 N).

$$\begin{aligned}W_{0-8} &= A + B \\ &= \frac{1}{2} \times (8 - 0) \times 3 \\ &= 12 \text{ J}\end{aligned}$$

ج. الشغل الذي بذلته القوة المحصّلة عند حركة الجسم من الموقع (8 m) إلى الموقع (12 m) يساوي المساحة C، ويساوي مساحة مثلث طول قاعدته (4 m) وارتفاعه (-3 N).

$$\begin{aligned}W_{8-12} &= C \\ &= \frac{1}{2} \times (12 - 8) \times -3 \\ &= -6 \text{ J}\end{aligned}$$

د. الشغل الكلي الذي بذلته القوة المحصلة الخارجية المتغيرة على الجسم يساوي عددياً مجموع المساحات A و B و C.

$$\begin{aligned}W_{\text{Total}} &= A + B + C \\&= W_{0-4} + W_{4-8} + W_{8-12} \\&= W_{0-8} + W_{8-12} \\&= 12 + (-6) \\&= 6 \text{ J}\end{aligned}$$

الصفحة 20

أتحقق

القدرة هي المعدل الزمني للشغل المبذول، أي إنها تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول (W) على الزمن المستغرق لبذله (Δt). وحدة قياس القدرة هي (J/s)، وتسمى واط (W) حسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 21

أتحقق

أحسب قدرة محرك سيارة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة بحساب ناتج ضرب مقدار سرعة السيارة الثابتة في مقدار مُركبة القوة في اتجاه السرعة نفسه.

الصفحة 22

تمرين:

1.

أ. السيارة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة، فتكون القوة المحصلة المؤثرة فيها في اتجاه الحركة صفراً. فتكون قوة المحرك مساوية مجموع قوى الاحتكاك.

$$\Sigma F = F - f = 0$$

$$F = f = 2000 \text{ N}$$

ثم أحسب قدرة محرك السيارة كما يأتي:

$$P = Fv \cos \theta = 2000 \times 25 \times \cos 0^\circ$$

$$= 50000 \text{ J} = 5 \times 10^4 \text{ W}$$

$$= \frac{50000}{746}$$

$$= 67 \text{ hp}$$

ب. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$a = \frac{\Sigma F}{m}$$

$$= \frac{2280 - 2000}{1400} = \frac{280}{1400} = 0.2 \text{ m/s}^2$$

.2

أ. الشغل المبذول يساوي ناتج ضرب القدرة التي يولدها المحرك لرفع الثقل في الزمن المستغرق لرفعه.

$$W = P \Delta t = 1200 \times (5 \times 60 \text{ s})$$

$$= 3.6 \times 10^5 \text{ J}$$

ب. لكي أحسب سرعة الثقل، يلزمني بداية حساب مقدار القوة التي تؤثر بها الرافعة في الثقل، وألاحظ

أن الثقل يتحرك رأسياً إلى أعلى بسرعة ثابتة في نفس اتجاه القوة المؤثرة، لذا أُطبّق القانون الثاني

لنيوتن في اتجاه المحور y:

$$\Sigma F_y = F - F_g = 0$$

$$F = F_g = mg = 400 \times 10 = 4000 \text{ N} = 4 \times 10^3 \text{ N}$$

ثم احسب سرعة الثقل باستخدام علاقة القدرة، وبتعويض $\theta = 0^\circ$ ، حيث $\cos 0^\circ = 1$.

$$P = Fv \cos \theta$$

$$v = \frac{P}{F} = \frac{1200}{4000} = 0.3 \text{ m/s}^2$$

ج. تؤثر قوة الجاذبية في الثقل بقوة إلى أسفل بعكس اتجاه إزاحته؛ $\theta = 180^\circ$.

$$W_g = F_g d \cos \theta = 4 \times 10^3 \times 90 \times \cos 180^\circ \\ = -3.6 \times 10^5 \text{ J}$$

الصفحة 22

أفكر

أطلب من أفراد مجموعتي السير بشكل متعرج (Zig - Zag) على الطريق نفسها، مع أخذ احتياطات السلامة والتأكد من خلو الطريق من السيارات في أثناء السير بشكل متعرج؛ لتجنب التعرض للدهس.

أبحث:

تصميم الطريق الصاعدة إلى قمة جبل بشكل متعرج وملتبس يُقلل من مقدار قوة الدفع التي يؤثر بها المحرك مقارنة بالقوة اللازمة في حال الصعود إلى القمة بالحركة في خط مستقيم. وإذا كانت السرعة متساوية في الحالتين وثابتة فإن الشغل الذي يبذله محرك السيارة في الحالتين متساوي، لكن زمن الصعود على الطريق المتعرج أطول منه على الطريق المستقيم. وبما أن القدرة تساوي الشغل المبذول مقسوماً على الزمن فإن قدرة محرك السيارة في أثناء صعود الطريق المتعرج تكون أقل. من الجدير بالذكر أن المسافة المقطوعة في المسار المتعرج أطول منها في الطريق المستقيم، بالمقابل قوة المحرك في أثناء صعود الطريق المتعرج أصغر. من المهم ملاحظة أن مقدار قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (تسبب تحريك السيارة) تساوي مقدار قوة المحرك.

الصفحة 24

مراجعة الدرس

1. الشغل: كمية فيزيائية قياسية ناتجة عن حاصل الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم في متجه إزاحة الجسم ورمزه (W)، ويُقاس بوحدة الجول (J) حسب النظام الدولي للوحدات. يعتمد الشغل على مقدار القوة المؤثرة (F) ومقدار الإزاحة (d)، وجيب تمام الزاوية المحصورة بين

اتجاهي القوة والإزاحة $(\cos \theta)$. والقدرة: هي المعدل الزمني للشغل المبذول، أي إنها تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول (W) على الزمن المستغرق لبذله (Δt) . وحدة قياس القدرة هي (J/s) ، وتُسمى **واط (W)** حسب النظام الدولي للوحدات.

2. مقداراً الشغل الذي بذلاه على الصندوق متساويان؛ لأن الصندوق نفسه (القوة المؤثرة تساوي وزن الصندوق) والإزاحة نفسها. وقدرة ريان أكبر من قدرة نصر؛ لأن ريان أنجز الشغل نفسه خلال زمن أقل. لاحظ أن حركة الصندوق تبدأ من السكون في الطابق الأرضي وتنتهي إلى السكون في الطابق الأول وبذلك لا يوجد تغير في الطاقة الحركية.

3.

أ.

$$\begin{aligned} W_F &= F d \cos \theta \\ &= 40 \times 200 \times \cos 53^\circ \\ &= 4800 \text{ J} = 4.8 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. الحقيبة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة، فتكون القوة المحصلة المؤثرة فيها في اتجاه حركتها صفراً.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= F \cos \theta - f_k = 0 \\ f_k &= F \cos 53^\circ = 40 \times \cos 53^\circ = 24 \text{ N} \end{aligned}$$

ويكون شغل قوة الاحتكاك الحركي:

$$\begin{aligned} W_f &= f_k d \cos \theta \\ &= 24 \times 200 \times \cos 180^\circ \\ &= -4800 \text{ J} = -4.8 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

جـ.

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{W}{\Delta t} \\ &= \frac{4800}{3 \times 60} \\ &= 26.67 \text{ watt} \end{aligned}$$

4.

أ. يتحرك المصعد بسرعة متجهة ثابتة، فتكون القوة المحصلة المؤثرة فيه في الاتجاه الرأسي صفراً، ولحساب قوة المحرك F أطبق القانون الثاني لنيوتن في الاتجاه الرأسي.

$$\Sigma F_y = F - (F_g + f_k) = 0$$

$$F = F_g + f_k = mg + f_k$$

$$F = 1800 \times 10 + 3000 = 21000 \text{ N} = 2.1 \times 10^4 \text{ N}$$

ثم أحسب شغل المحرك.

$$W_F = F d \cos \theta$$

$$= 2.1 \times 10^4 \times 80 \times \cos 0^\circ$$

$$= 1.68 \times 10^6 \text{ J}$$

ب.

$$W_f = f_k d \cos \theta$$

$$= 3000 \times 80 \times \cos 180^\circ$$

$$= -2.4 \times 10^5 \text{ J}$$

ج. بما أن المصعد يُرفع بسرعة ثابتة فتكون القدرة المتوسطة مساوية للقدرة اللحظية.

$$P = Fv \cos \theta$$

$$= 2.1 \times 10^4 \times 1 \times \cos 0^\circ = 2.1 \times 10^4 \text{ watt}$$

5. القمر الصناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة، فتكون القوة المركزية (قوة الجاذبية) المؤثرة في القمر

عمودية دائماً على اتجاه إزاحته عند كل موقع في مساره الدائري؛ أي أن:

$\theta = 90^\circ$ ، و $\cos 90^\circ = 0$ ، فيكون شغل قوة الجاذبية الذي تبذله على القمر الصناعي صفراً.

6.

أ. مقداراً الشغل المبذول في الشكلين متساويان؛ لأن الارتفاع الرأسي النهائي في الحالتين نفسه، وزيادة

طول المستوى المائل (الإزاحة) كان على حساب نقصان مقدار قوة الدفع اللازم تأثيرها في

الثلاجة، فلا يتغير مقدار الشغل.

ب. بما أن زاوية ميلان المستوى المائل في الشكل (2) أقل فيكون مقدار القوة اللازم تأثيرها في الثلاجة

لدفعها إلى أعلى المستوى بسرعة ثابتة في هذه الحالة أقل منها في الشكل (1). مقدار القوة اللازم

تأثيرها في الثلاجة لدفعها بسرعة ثابتة إلى أعلى المستوى المائل يُعطى بالعلاقة: $F = F_g \sin \theta$ ،

فكلما قلّ ميلان المستوى قلّ مقدار القوة اللازم تأثيرها في الثلاجة.

الصفحة 25

أتحقق

الطاقة الحركية، والطاقة الكامنة (طاقة الوضع).

أتحقق:

الطاقة الحركية هي الطاقة المرتبطة بحركة جسم، رمزها KE ، وتعتمد على كلٍ من: كتلة الجسم (m) ومقدار سرعته (v)، ويُعبّر عنها بالمعادلة الآتية: $KE = \frac{1}{2}mv^2$.

التجربة 1: مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب مقدار الثقل المعلق في حامل الأتقال، وبُعد مقدمة العربة عن البوابة الضوئية.
2. ستختلف الإجابات بحسب مقدار الثقل المعلق في حامل الأتقال، وبُعد مقدمة العربة عن البوابة الضوئية.
3. ستختلف الإجابات بحسب النتائج التي يحصل عليها الطالب في الفرع 1.
4. تكونان متساويتين، وإن وُجد أي اختلاف بينهما فقد يرجع سببه إلى التقريب عند إجراء الحسابات المتعلقة بالسرعة وتربيعها، ودقة قياس المسافات وكتل الأتقال.
5. ستختلف الإجابات، إجابة محتملة: نعم، لقد دعمت النتائج التجريبية التي حصلت عليها مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية). وإذا كان هنالك أي اختلافات فيعود سبب ذلك إلى وجود أخطاء في القياسات وعدم دقتها.
6. لا يُبدل شغل على العربة عند ملامسة حامل الأتقال لأرضية الغرفة؛ لأنه عندئذٍ تنعدم قوة الشد في الخيط؛ أي تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة في العربة صفراً.
7. **مصادر الخطأ المحتملة:** قياس كتلة العربة وكتلة حامل الأتقال والأتقال التي عليه، قياس بُعد البوابة الضوئية عن مقدمة العربة، خطأ في إجراء الحسابات، وخطأ ناتج عن التقريب، التقريب عند إجراء الحسابات المتعلقة بالسرعة وتربيعها،

الطاقة الحركية النهائية للسيارة تساوي صفرًا. أحسب مقدار الإزاحة التي تتحركها السيارة عندما يكون مقدار سرعتها (v) كما يأتي:

$$W_{\text{Total}} = \sum F_{\text{ext}} \Delta x = -f_s d = KE_f - KE_i = -KE_i$$

$$f_s d_1 = \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\dots\dots\dots 1 f_s d_1 = \frac{1}{2} m v^2$$

أحسب مقدار الإزاحة التي تتحركها السيارة عندما يكون مقدار سرعتها ($2v$) بالطريقة نفسها:

$$W_{\text{Total}} = \sum F_{\text{ext}} \Delta x = -f_s d = KE_f - KE_i = -KE_i$$

$$f_s d_2 = \frac{1}{2} m (2v)^2$$

$$f_s d_2 = 2 m v^2 \dots\dots\dots 2$$

بقسمة المعادلة 2 على المعادلة 1، أحصل على ما يأتي:

$$\frac{f_s d_2}{f_s d_1} = \frac{2 m v^2}{\frac{1}{2} m v^2}$$

$$\frac{f_s d_2}{f_s d_1} = \frac{2 m v^2}{\frac{1}{2} m v^2}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 4$$

$$d_2 = 4 d_1$$

يتضاعف مقدار الإزاحة 4 مرّات.

أتحقّ

تنص على أن: "الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية". ويزداد مقدار سرعة جسم عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه موجباً.

أبحث

مسافة الأمان هي المسافة القانونية التي يجب أن تكون بين سيارة والسيارة التي أمامها، والتي تمنح السائق الوقت الكافي للتوقف بأمان عند التوقف المفاجئ للسيارة التي أمامه أو حدوث أي طارئ على الطريق.

أسباب وجوب ترك مسافة الأمان بين السيارات: لأنه يوجد زمن رد فعل لكل شخص وهو الزمن المستغرق بين مشاهدة حدث والاستجابة له وخلال هذا الزمن تقطع السيارة مسافة تسمى مسافة رد الفعل، يترتب على المحافظة عليها تجنب العديد من الحوادث الخطيرة والمميتة، تمنح السائق الزمن الكافي للتوقف بأمان عند التوقف المفاجئ للسيارة التي أمامه أو عند حدوث أي طارئ على الطريق، عدم الالتزام بترك مسافة أمان يشكل خطراً يداهم جميع مستخدمي الطريق، الالتزام بها يؤدي إلى المحافظة على أرواحهم وأرواح مستخدمي الطريق الآخرين من الحوادث المرورية الجسيمة، وما ينتج عنها من خسائر بشرية ومادية.

العوامل التي يعتمد عليها مقدار مسافة الأمان: يختلف مقدار مسافة الأمان حسب ظروف القيادة وسرعة السيارة (طاقتها الحركية)، وحالة سطح الطريق، وحالة السيارة الميكانيكية، وكتلة السيارة، والظروف الجوية (مطر، ضباب، غبار،)، والحالة النفسية للسائق، وإرهاقه، وتوتره، وحالته الصحية، وعمره، وخبرته في القيادة، وتناوله بعض أنواع العلاجات،
وعموماً، تزداد المسافة الأمانة بزيادة السرعة التي يتم القيادة بها على الطريق.

تمرين:

أ. لحساب الطاقة الحركية النهائية للسيارة يلزم معرفة سرعتها النهائية.

$$\begin{aligned}v_2 &= v_1 + at \\&= 28 + (-1.6) \times 5 \\&= 28 + (-1.6) \times 5 \\&= 20 \text{ m/s}\end{aligned}$$

ثم احسب الطاقة الحركية النهائية:

$$\begin{aligned}KE_f &= \frac{1}{2}mv_f^2 \\&= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 \times (20)^2 \\&= 1.2 \times 10^5 \text{ J}\end{aligned}$$

ب.

$$\begin{aligned}\Delta KE &= KE_f - KE_i = 1.2 \times 10^5 - \frac{1}{2}mv_i^2 \\ \Delta KE &= 1.2 \times 10^5 - \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 \times (28)^2 \\ &= 1.2 \times 10^5 - 2.352 \times 10^5 \\ &= -1.152 \times 10^5 \text{ J}\end{aligned}$$

ج. شغل القوة المحصلة الخارجية المبذول على السيارة خلال فترة تباطؤها يساوي التغير في طاقتها الحركية خلال الفترة نفسها.

$$\begin{aligned}W_{\text{Total}} &= \Delta KE \\ &= -1.152 \times 10^5 \text{ J}\end{aligned}$$

الصفحة 32

إجابة سؤال الشكل:

يكون مقدار طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية سالبًا؛ لأن موقع الجسم أسفل موقع الإسناد، فتكون y سالبة؛ $(PE = mg(-y) = -mgy)$.

أتحقق

طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية هي الطاقة المخزنة في نظام (جسم - الأرض) نتيجة موقع الجسم في مجال الجاذبية، رمزها PE ، يُعبّر عنها بالعلاقة: $PE = mgy$.

ويلزم مستوى إسناد لحسابها؛ لأنه يلزم تحديد ارتفاع الجسم الرأسي (y) عن مستوى الإسناد، الذي تُعد طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لأي جسم عنده تساوي صفرًا.

الصفحة 33

أتحقق

شغل قوة الجاذبية المبذول على جسم يساوي دائمًا سالب التغير في طاقة وضع الجسم الناشئة عن الجاذبية.

الصفحة 35

تمرين:

أ. أختار سطح الأرض مستوى إسناد لطاقة الوضع، وأحسب طاقة وضع الإصيص الابتدائية باستخدام معادلة طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية، كما يأتي:

$$\begin{aligned} PE_i &= mgy_i \\ &= 0.8 \times 10 \times 2.5 \\ &= 20 \text{ J} \end{aligned}$$

ب.

$$\begin{aligned}\Delta PE &= PE_f - PE_i \\ &= mg (y_f - y_i) \\ &= 0.8 \times 10 \times (0 - 2.5) \\ &= -20 \text{ J}\end{aligned}$$

ج. شغل قوة الجاذبية المبذول على الإصيص يساوي سالب التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية.

$$W_g = -\Delta PE = -(-20) = 20 \text{ J}$$

أبحاث:

الآثار الإيجابية: تعتبر المنظم للغلاف الجوي وبسببها يحدث الكثير من الظواهر الجوية؛ فهي تعمل على موازنة درجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي بين مكان وآخر. نقل حبوب اللقاح بين الأزهار والنباتات المختلفة، ونقل البذور ولا سيما البذور ذات الأهداب والشعيرات التي تساعد الرياح على حملها ونقلها من مكان إلى آخر. استخدام الرياح في عملية التذرية لفصل البذور عن سيقانها كما هو الحال بالنسبة للقمح والشعير. وسيلة غير مكلفة لرفع المياه من المستويات المنخفضة والآبار عن طريق المراوح الهوائية، الاستفادة من الرياح في توليد الطاقة الكهربائية،

الآثار السلبية: دورها في التلوث البيئي سواء أكان بالعوامل الطبيعية (العواصف الترابية مثلاً)، أو تلوث كيميائي (نقلها للغازات والأدخنة الناتجة عن عمليات الاحتراق المختلفة إلى مناطق مختلفة تبعاً لاتجاه هبوبها). لها تأثير كبير على المحاصيل الزراعية في المناطق الجبلية والسهول المفتوحة التي تتعرض باستمرار للرياح الشديدة، فتؤثر في براعم الأشجار، والأوراق، وتؤدي إلى تساقط الأزهار والثمار أو تكسر الفروع الحاملة للثمار، واقتلاع الأشجار أو التدمير الكامل للمزارع عندما تصل سرعتها إلى أكثر من 160 km/h. وتسبب الدمار للكثير من المحاصيل الحقلية أثناء مراحل نموها، إذ تعمل على ضمور بعض المحاصيل وتكسيروها واضطجاع بعضها الآخر، ولا سيما محاصيل الحبوب كالقمح والشعير والرز إذ تنكسر سنابلها أو تصاب ببعض الأمراض الناتجة عن اضطجاعها في الماء بعد ريبها الخاطئ. وقد

يُصاحب الرياح الأتربة التي تعمل على تلف ثمار الأشجار والنباتات وتغطية أوراقها بالأتربة مما يؤثر في عملية البناء الضوئي. وتؤثر في عمل الحشرات الملقحة. وصعوبة رش المبيدات والمواد الكيماوية لمكافحة الآفات والأمراض عندما تشتد سرعتها. تؤثر في عملية التبخر/ النتح. وتعمل الرياح الشديدة السرعة ولا سيما في المناطق الجافة على تعرية التربة وتكوين الكثبان الرملية وتؤدي إلى تصحر. وتؤثر في درجة حرارة الهواء التي تؤثر بدورها في درجة حرارة الجسم؛ إذ يؤثر ارتفاعها أو انخفاضها الشديدين في التوازن الحراري لجسم الإنسان، فتؤثر بالنتيجة في مزاجه ومدى نشاطه وقدرته على العمل.

الصفحة 36

أتحقق

الطاقة الميكانيكية لجسم هي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع، يُعبر عنها بالمعادلة الآتية:

$$ME = KE + PE$$

الصفحة 37

إجابة سؤال الشكل:

الطاقة الميكانيكية للكرة عند الموقع y_f تساوي:

$$ME_f = KE_f + PE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

الطاقة الميكانيكية للكرة مباشرة قبل ملامستها سطح الأرض تساوي:

$$\begin{aligned} ME_{\text{Reference level}} &= KE_{\text{Reference level}} + PE_{\text{Reference level}} = \frac{1}{2}mv^2 + 0 \\ &= \frac{1}{2}mv^2 \end{aligned}$$

أتحقق

القوة غير المحافظة	القوة المحافظة
الشغل المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.	الشغل المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين لا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.
الشغل المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق لا يساوي صفرًا.	الشغل المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق يساوي صفرًا.

تكون الطاقة الميكانيكية لنظام محفوظة في ظل وجود قوى محافظة فقط تبذل شغلًا.

تمرين:

أ. أختار سطح الأرض مستوى إسناد لطاقة الوضع، فتكون $v_i = 0$ ، وأحسب الطاقة الحركية

الابتدائية للكرة كما يأتي:

$$\begin{aligned}
 KE_i &= ME_i \\
 &= \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (15)^2 \\
 &= 33.75 \text{ J}
 \end{aligned}$$

ب. الطاقة الميكانيكية للكرة عند أقصى ارتفاع طاقة وضع فقط، وتكون عظمى، وهي تساوي الطاقة

الميكانيكية الابتدائية؛ حيث الطاقة الميكانيكية محفوظة:

$$ME_f = KE_f + PE_f = PE_f = 33.75 \text{ J}$$

ج. بما أن الطاقة الميكانيكية محفوظة، والطاقة الميكانيكية للكرة لحظة قذفها طاقة حركية، فيكون مقدار

سرعة الكرة لحظة قذفها مساويًا لمقدار سرعتها لحظة عودتها إلى المستوى الذي قُذفت منه؛

ويساوي 15 m/s.

أبحث:

من مصادر الطاقة المتجددة:

الطاقة الكهرومائية (Hydro power)، والطاقة الشمسية (Solar energy)، و الطاقة الحيوية (الوقود المشتق من الكتلة الحيوية (Biomass)، وطاقة الرياح (Wind energy)، والطاقة الحرارية الأرضية (Geothermal energy)، طاقة المد ()،

قد يتضمن العرض التقديمي المصادر الآتية الأكثر استخدامًا في المملكة:

طاقة الرياح: طاقة مجانية، تستخدم في المناطق المرتفعة ذات المناطق المفتوحة التي لا يوجد فيها حواجز طبيعية أو بنايات مرتفعة. الرياح متوفرة على مدار العام بسرعات مناسبة،

الطاقة الشمسية: طاقة مجانية، تستخدم في المناطق الغنية بالإشعاع الشمسي، ومتوسط الإشعاع الشمسي المباشر مناسب، في المناطق البعيدة عن خطوط الشبكة الكهربائية،

الطاقة الكهرومائية: مناطق فيها أنهار تجري فيها المياه بشكل مستمر وبمعدلات تدفق مناسبة، ترتبط ارتباطاً وثيقاً بحقوق المياه السطحية والحصة الدولية المخصصة للدولة،

الصفحة 41

أتحقق

للمحافظة على حركته؛ إذ تعمل قوة الاحتكاك الحركي بين سطحي الجسم والمسار على تحويل جزء كبير من الطاقة الحركية للجسم إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة السطحين المتلامسين؛ لذا يلزم بذل شغل لتعويض الطاقة المبدولة في التغلب على قوة الاحتكاك.

أفكر

أن النظام يتضمن قوى غير محافظة تبذل شغلاً سالباً على الجسم. الشغل الموجب المبدول زوّد الجسم بطاقة استخدمها لتعويض الطاقة المبدّدة بواسطة القوى غير المحافظة التي تعمل على تقليل طاقة الجسم، وتحوّلها إلى شكل آخر من أشكال الطاقة (طاقة حرارية مثلاً نتيجة قوة الاحتكاك الحركي).

تمرين

أ.

$$ME_A = ME_B$$

$$mgy_A + 0 = mgy_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_B^2 = 2g(y_A - y_B) = 2 \times 10 \times (5 - 3.2) = 36$$

$$v_B = 6 \text{ m/s}$$

ب.

$$ME_C = ME_A$$

$$mgy_C + KE_C = mgy_A + 0$$

$$KE_C = mg(y_A - y_C) = 25 \times 10 \times (5 - 2) \\ = 750 \text{ J}$$

ج. الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على الطفل في أثناء انزلاقه من A إلى C يساوي التغير في طاقته الحركية، ويساوي سالب التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية.

$$W_{g(A-C)} = \Delta KE = -\Delta PE \\ = KE_C - KE_A = 750 - 0 \\ = 750 \text{ J}$$

مراجعة الدرس

1. الطاقة الميكانيكية هي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع، ويُعبّر عنها بالمعادلة الآتية:

$$ME = KE + PE$$

تنص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية) على أنّ: "الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية".

2.

أ. كرة التنس خفيفة ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء في حركتها، لذا لا أُنطبق حفظ الطاقة الميكانيكية.

ب. لأن كتلة كرة السلة كبيرة فإن تأثير مقاومة الهواء في حركتها يكون مهملاً، وبالتالي أُنطبق حفظ الطاقة الميكانيكية.

ج. لا يُمكن إهمال تأثير الرمل في إعاقة حركة السيارة، لذا لا أُنطبق حفظ الطاقة الميكانيكية.

د. السطح الجليدي أملس، لذا أطبق حفظ الطاقة الميكانيكية.

3. لا، لأن أي تغيير في السرعة يعني بالضرورة تغييرًا في طاقة الحركة، وهذا لا يتم من دون شغل كلي مبذول على الجسم.

4.

$$\begin{aligned}\frac{KE_2}{KE_1} &= \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \\ &= \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{(9)^2}{(3)^2} = \frac{81}{9} \\ &= \frac{9}{1}\end{aligned}$$

5.

أ.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times (3)^2 = 225 \text{ J}$$

ب.

$$PE = mgy = 50 \times 10 \times 8 = 4000 \text{ J} = 4 \text{ kJ}$$

6. الإزاحات الرأسية للكرات الثلاث متساوية لحظة وصولها إلى سطح الأرض؛ لذا للكرات الثلاث التغير نفسه في طاقة الوضع. والطاقات الحركية الابتدائية للكرات الثلاث متساوية؛ لأنها رُميت بمقدار السرعة الابتدائية نفسه. وبما أنه لا يوجد قوى غير محافظة تبذل شغلًا على الكرات فتكون طاقاتها الميكانيكية متساوية، وبذلك فإن طاقاتها الحركية لحظة وصولها إلى سطح الأرض متساوية، فتكون سرعاتها أيضًا متساوية.

الصفحة 46

أبحث:

تعتمد مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها في دولة ما على جغرافية هذه الدولة ومناخها، فما يناسب دولة معينة قد لا يناسب أخرى. ومن مصادر الطاقة المتجددة المناسبة لأغلب الدول: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية من الأنهار، طاقة المد والجزر من المحيطات، وغيرها.

إيجابيات (مزايا) مزارع الرياح: طاقة الرياح طاقة متجدّدة، مجانية، منخفضة التكلفة، ولا تحتاج إلى الحفر والتنقيب لاستخراجها، وغير ملوثة للبيئة، وتُساهم في خفض معدلات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون عند الاعتماد على طاقة الرياح وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري،

سلبيات مزارع الرياح: الرياح لا تهب على مدار العام بالسرعة المناسبة، الضوضاء الناتجة من دوران التوربينات، الطاقة الناتجة تحتاج إلى النقل إلى شبكة الكهرباء لأنها عادة ما يتم تركيبها بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان، المساهمة في التلوث البصري، تعريض الحياة البرية للخطر (شفرات التوربينات تشكل خطراً على الطيور)، مناسبة لمناطق معينة التي تهب فيها الرياح على مدار العام،

سأبني حساباتي على توربينات رياح الطفيلة ذات شفرات طولها (55 m)، وهذا يساوي نصف طول ملعب كرة القدم. بداية أحسب مساحة المنطقة التي تمسحها شفرات التوربين كما يأتي:

$$A = \pi l^2 = \pi \times (55)^2 = 9.503 \times 10^3 \text{ m}^2$$

ثم أحسب مقدار الطاقة الحركية التي تمر عبر أحد التوربينات كل ثانية:

$$\begin{aligned} KE &= \frac{1}{2} \rho A v^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.2 \times 9.503 \times 10^3 \times (20)^3 \\ &= 4.56144 \times 10^7 \text{ J/s} = 4.56144 \times 10^7 \text{ W} \\ &= 45.6144 \text{ MW} \end{aligned}$$

لحساب الطاقة الكهربائية الناتجة من توربين واحد، أضرب الطاقة الحركية الناتجة منه في كفاءته، كما

يأتي:

$$\begin{aligned} \text{Output energy of one turbine} &= 50\% \times 45.6336 \text{ MW} \\ &= 22.8072 \text{ MW} \end{aligned}$$

مراجعة الوحدة

1.

1. ب.
2. أ.
3. د.
4. ج.
5. ب.
6. د.
7. د.
8. ج.
9. ج.
10. ب.
11. ج.
12. أ.
13. ب.
14. أ.
15. أ.

2.

أ. تبذل هند شغلاً موجباً على الحقيبة من خلال تأثيرها بقوة إلى أعلى في الحقيبة بعكس وزنها، كما تبذل هند شغلاً موجباً ضد قوة الجاذبية المؤثرة فيها. بينما تبذل قوة الجاذبية شغلاً سالباً على كلٍ من: هند والحقيبة.

ب. يبذل ياسر شغلاً موجباً على الحقيبة من خلال تأثيره بقوة إلى أعلى في الحقيبة بعكس وزنها، بينما تبذل قوة الجاذبية شغلاً سالباً على الحقيبة.

ج. لا يُبدل شغل على الحقيبة؛ لأن اتجاه قوة سارة (إلى أعلى) واتجاه قوة الجاذبية (إلى أسفل) المؤثرتين في الحقيبة متعامدتان مع اتجاه الإزاحة. تبذل كل من سارة وقوة الجاذبية شغلاً عند رفع سارة لرجلها عن سطح الأرض وعند إنزالها لها، بينما لا يُبدل شغل خلال الحركة الأفقية.

د. لا تبذل ليلي شغلاً على الأريكة؛ لأنه لا يوجد إزاحة في اتجاه قوة دفع ليلي.

3. نعم؛ لأن طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية تعتمد على اختيارنا لمستوى الإسناد، فعندما يكون الجسم أسفل مستوى الإسناد فإن طاقة الوضع بالنسبة لمستوى الإسناد تكون سالبة.

4. لا يكون الشغل الكلي المبذول على جسم مساوياً لطاقته الحركية النهائية دائماً، بل يساوي التغير في طاقته الحركية. والشغل الكلي المبذول على جسم يساوي طاقته الحركية النهائية فقط عندما يبدأ الجسم حركته من السكون.

5. أفترض أن هذا الارتفاع هو (y) ، والطاقة الميكانيكية عند هذا الارتفاع (ME_y) تساوي الطاقة الميكانيكية الابتدائية (ME_i) وتساوي الطاقة الميكانيكية عند أقصى ارتفاع (ME_f) . وأقصى ارتفاع تصله الكرة (h) .

$$KE_y = \frac{1}{2} mv_y^2 = \frac{1}{2} m\left(\frac{1}{2} v_i\right)^2 = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} mv_i^2\right) = \frac{1}{4} KE_i = \frac{1}{4} PE_f$$

$$ME_y = ME_i = ME_f$$

$$PE_y + KE_y = PE_f$$

$$PE_y + \frac{1}{4} PE_f = PE_f$$

$$PE_y = \frac{3}{4} PE_f$$

$$mgy = \frac{3}{4} (mgh)$$

$$y = \frac{3}{4} h$$

أ. الشغل الذي بذلته القوة خلال (5 m) الأولى من بداية حركة الجسم يساوي المساحة A عددياً، ويساوي مساحة مثلث طول قاعدته (5 m)، وارتفاعه (3 N).

$$\begin{aligned} W_{0-5} &= A \\ &= \frac{1}{2} \times (5 - 0) \times 3 \\ &= 7.5 \text{ J} \end{aligned}$$

ب. الشغل الكلي الذي بذلته القوة المحصلة خلال (10 m) الأولى من بداية حركة الجسم يساوي مجموع المساحتين (A) و(B) عددياً، ويساوي مساحة شبه المنحرف الذي يشكّلانه. وبحسب مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية)، فإن الشغل الكلي المبذول على الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية. وأفترض أن سرعة الجسم في نهاية الإزاحة (10 m) رمزها (v_B).

$$\begin{aligned} W_{\text{Total } (0-10)} &= \Delta KE \\ A + B &= \frac{1}{2} m v_B^2 \\ 7.5 + (10 - 5) \times 3 &= \frac{1}{2} \times 10 \times v_B^2 \\ v_B^2 &= 4.5 \\ v_B &= 2.12 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ج. الشغل الكلي الذي بذلته القوة المحصلة الخارجية المتغيرة على الجسم يساوي عددياً مجموع المساحات A وB وC، أو يمكن حساب مساحة شبه المنحرف كاملاً الذي تُكوّنه هذه المساحات. مساحة شبه المنحرف تساوي نصف مجموع القاعدتين مضروباً في البعد العمودي بينهما.

$$\begin{aligned} W_{0-15} &= \frac{1}{2} \times [(15 - 0) + (10 - 5)] \times 3 \\ &= \frac{1}{2} \times (15 + 5) \times 3 \\ &= 30 \text{ J} \end{aligned}$$

.7

أ. رمز قوة محرك السيارة (F).

$$\Sigma F_{ext} = 0$$

$$F - F_g \sin \theta - f_k = 0$$

$$F = mg \sin \theta + f_k$$

$$= 8 \times 10^2 \times 10 \times \sin 15^\circ + 5 \times 10^2$$

$$= 2.57 \times 10^3 \text{ N}$$

ب.

$$P = Fv \cos \theta = 2.57 \times 10^3 \times 25 \times \cos 0^\circ = 6.425 \times 10^4 \text{ W}$$

.8

أ.

$$W_T = F_T d \cos \theta = 2 \times 10^3 \times 2 \times 10^2 \times \cos 25^\circ = 3.64 \times 10^5 \text{ J}$$

ب. باستخدام مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE = 0$$

$$W_T + W_f = 0$$

$$W_f = -W_T = -3.64 \times 10^5 \text{ J}$$

.9

أ.

$$W_f = f_k \times d \times \cos 180^\circ$$

$$= 100 \times 2 \times (-1) = -200 \text{ J}$$

ب. يوجد قوى غير محافظة مؤثرة في الصندوق تبذل شغلاً عليه، إذن الطاقة الميكانيكية غير محفوظة.
وُدفع الصندوق بقوة (F) موازية للمستوى المائل بسرعة ثابتة (لا يوجد تغير في الطاقة الحركية).

$$\begin{aligned}W_{nc} &= \Delta ME \\W_F + W_f &= \Delta ME \\W_F &= \Delta KE + \Delta PE - W_f \\W_F &= 0 + mg\Delta y - (-200) \\&= 100 \times 10 \times 1 + 200 \\&= 1.2 \times 10^3 \text{ J}\end{aligned}$$

ج.

$$\begin{aligned}W_g &= -\Delta PE \\&= -(mg\Delta y) \\&= -100 \times 10 \times 1 \\&= -1 \times 10^3 \text{ J}\end{aligned}$$

.10

أ. الشغل الذي بذلته ناديا على الصندوق.

$$\begin{aligned}W_F &= F_T \Delta x \cos 45^\circ \\&= 2 \times 10^2 \times 15 \times 0.71 \\&= 2.13 \times 10^3 \text{ J}\end{aligned}$$

ب. أحسب سرعة الصندوق في نهاية الإزاحة.

$$\begin{aligned}v_f^2 &= v_i^2 + 2a\Delta x \\v_f^2 &= (0)^2 + 2 \times 0.3 \times 15 \\v_f &= 3 \text{ m/s}\end{aligned}$$

ثم أحسب التغير في طاقته الحركية.

$$\begin{aligned}\Delta KE &= KE_f - KE_i \\&= \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} \times 50 \times (9 - 0) \\
&= 225 \text{ J}
\end{aligned}$$

ج. أستخدم مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

$$\begin{aligned}
W_{\text{Total}} &= \Delta KE \\
W_F + W_f &= \Delta KE \\
W_f &= \Delta KE - W_F \\
W_f &= 225 - 2.13 \times 10^3 \\
&= -1.905 \times 10^3 \text{ J}
\end{aligned}$$

د.

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE = 225 \text{ J}$$

.11

أ.

$$\begin{aligned}
\Sigma F &= 0 \\
F_T - F_g - f_k &= 0 \\
F_T = F_g + f_k &= mg + f_k = 2 \times 10^3 \times 10 + 2 \times 10^3 = 2.2 \times 10^4 \text{ N} \\
W_F = F_T d \cos 0^\circ \\
&= 2.2 \times 10^4 \times 60 \\
&= 1.32 \times 10^6 \text{ J}
\end{aligned}$$

ب.

$$\begin{aligned}
W_f &= f_k d \cos 180^\circ \\
W_f &= -f_k d \\
&= -2 \times 10^3 \times 60 \\
&= -1.2 \times 10^5 \text{ J}
\end{aligned}$$

ج.

$$P = F_T v \sin \theta = 2.2 \times 10^4 \times 1 \times \sin 90^\circ = 2.2 \times 10^4 \text{ W}$$

د.

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE$$

$$\begin{aligned}
&= 0 + mg\Delta y \\
&= 2 \times 10^3 \times 10 \times 60 \\
&= 1.2 \times 10^5 \text{ J}
\end{aligned}$$

.12

أ. الطاقة الميكانيكية للعربة محفوظة لعدم وجود قوى غير محافظة تبذل شغلاً عليها. لذا فإن:

$$ME_A = ME_B$$

$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgy_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgy_B$$

$$0 + \cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 60 = \frac{1}{2} \times \cancel{2 \times 10^2} \times v_B^2 + 0$$

$$v_B^2 = 1200$$

$$v_B = 34.6 \text{ m/s}$$

ب.

$$ME_A = ME_B = ME_C$$

$$KE_A + PE_A = KE_C + PE_C$$

$$2 \times 10^2 \times 10 \times 60 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgy_C$$

$$\cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 60 = \frac{1}{2} \times \cancel{2 \times 10^2} \times v_C^2 + \cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 40$$

$$v_C^2 = 400$$

$$v_C = 20 \text{ m/s}$$

ج. القوة الوحيدة المؤثرة في العربة التي تبذل شغلاً عليها هي قوة الجاذبية، وهي قوة محافظة. ويكون شغلها المبذول على العربة مساوياً سالب التغير في طاقة وضع العربة الناشئ عن الجاذبية، ويساوي أيضاً التغير في طاقتها الحركية.

$$W_g = -\Delta PE = -(PE_C - PE_B) = -mg(y_C - y_B)$$

$$= -2 \times 10^2 \times 10 \times (40 - 0) = -8 \times 10^4 \text{ J}$$

د. الطاقة الميكانيكية للعربة محفوظة لعدم وجود قوى غير محافظة تبذل شغلاً عليها، لذا فإن:

$$ME_A = ME_D$$

$$= KE_A + PE_A$$

$$= \frac{1}{2}mv_A^2 + mgy_A = 0 + 2 \times 10^2 \times 10 \times 60 = 1.4 \times 10^5 \text{ J}$$

.13

أ. بالرمز إلى قمة المنزلق بالرمز (A). والطاقة الحركية للطفل تساوي صفرًا؛ لأنه انزلق من السكون، واختيار سطح الأرض مستوى إسناد.

$$ME_A = PE_A + KE_A$$

$$= mgy_A + 0 = 40 \times 10 \times 30$$

$$= 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. بالرمز إلى نهاية المنزلق بالرمز (B). وطاقة الوضع للطفل عندها تساوي صفرًا؛ لأنه عند مستوى الإسناد. ولا يوجد قوة احتكاك؛ فتكون الطاقة الميكانيكية محفوظة.

$$ME_A = ME_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J} = PE_B + KE_B$$

$$0 + KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

$$KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

→

$$KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = 1.2 \times 10^4$$

$$v_f^2 = \frac{2 \times 1.2 \times 10^4}{40} = 600$$

$$v_f = 24.495 \text{ m/s} \approx 24.5 \text{ m/s}$$

د.

$$W_g = -\Delta PE = -(PE_B - PE_A) = -(0 - mgy_A)$$

$$= 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

هـ. لا يؤثر طول المنزلق في سرعة الطفل عند نهايته؛ لأنه لا يوجد قوى غير محافظة تبذل شغلاً عليه، فتكون الطاقة الميكانيكية محفوظة، ولا تتغير طاقته الحركية عند وصوله نهاية المنزلق بتغيير طول المنزلق.

.14

أختار سطح الأرض مستوى إسناد لطاقة الوضع.

- نظام (السيارة - سطح الطريق) تؤثر فيه قوى غير محافظة تبذل شغلاً عليه، لذا الطاقة الميكانيكية غير محفوظة.
- في هذا النظام السيارة متحركة.

أ. تؤثر قوة الاحتكاك الحركي بعكس اتجاه حركة السيارة، وأحسب شغلها كما يأتي:

$$\begin{aligned} W_f &= f_k d \cos 180^\circ \\ &= -f_k d = -6 \times 10^2 \times 5 \times 10^2 \\ &= -3 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

ب.

$$\begin{aligned} W_F &= F_T d \cos 37^\circ \\ &= 2 \times 10^3 \times 5 \times 10^2 \times 0.8 \\ &= 8 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

ج. أستخدم مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= \Delta KE \\ W_F + W_f &= \Delta KE \\ \Delta KE &= W_F + W_f = 8 \times 10^5 + (-3 \times 10^5) = 5 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

د. ألاحظ أن التغيير في الطاقة الميكانيكية هو نتيجة تغيير الطاقة الحركية فقط؛ لأن طاقة الوضع

الناشئة عن الجاذبية للسيارة لم تتغير؛ لأن الحركة على مسار أفقي؛ $(\Delta PE = 0)$.

$$\begin{aligned} W_{nc} &= \Delta ME \\ \Delta ME &= W_T + W_f = 5 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

الوحدة الثانية: المجال الكهربائي/ الإجابات

• (صفحة 51) سؤال مقدمة الوحدة (أتمل):

الإجابة: طاقة وضع كهربائية مخزونة في الشحنات الكهربائية تحررت عند تفريغ الشحنة خلال الهواء.

(صفحة 53) أسئلة التجربة الاستهلالية:

1. حتى تحافظ الكرة على شحنتها ولا يحدث لها تفريغ في اليد.
2. عند ملامسة كرة مشحونة إلى كرتين متماثلتين فإنهما تحصلان على مقدار من الشحنة يقسم بينهما بالتساوي لأن الشحنة تتوزع على سطحي الكرتين بانتظام، لأن مساحة السطحين متساوية. أما عندما تكون إحدى الكرتين كبيرة فإن مساحة سطحها تكون كبيرة، وتأخذ كمية من الشحنة أكبر من كمية الشحنة التي تأخذها الكرة الصغيرة.
3. بما أن قراءة الميزان تزداد عند تأثير القوة الكهربائية، فإن اتجاه هذه القوة يكون نحو الأسفل.
4. عند زيادة المسافة الرأسية بين الكرتين، سوف تقل قوة التنافر الكهربائية بينهما، والعكس.
5. لأن تأثير القوة الكهربائية ينتقل إلى الأجسام دون حدوث تلامس أو اتصال مباشر بينها.

الدرس الأول: قانون كولوم

طرائق الشحن الكهربائي:

(صفحة 56)

أتحقق:

- طريقة الشحن بالدلك، طريقة الشحن بالتوصيل، طريقة الشحن بالحث.
- أقل كمية شحنة توجد على انفراد ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)، ويحمل هذا المقدار كل من الإلكترون والبروتون.

قانون كولوم:

(صفحة 57) أفكر:

عندما أستخدم مادة عازلة سماحيثها ($\epsilon = 3\epsilon_0$)، فإن القوة (F') تصبح ثلث القوة في حالة الهواء:

$$F' = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi 3\epsilon_0 r^2} = \frac{1}{3} F$$

(صفحة 60) تمرين:

سأستعمل الرمز F_{21} لتمثيل القوة التي تؤثر بها الشحنة Q_2 في الشحنة Q_1 ، وأستعمل الرمز F_{31} لتمثيل القوة التي تؤثر بها الشحنة Q_3 في الشحنة Q_1 .

$$F_{21} = k \frac{Q_1 Q_2}{r_1^2}$$

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.3)^2}$$

$$F_{12} = 3 \times 10^{-1} \text{ N}$$

بما أن الشحنتين (Q_1, Q_2) مختلفتان في النوع؛ فإن القوة الناشئة بينهما تكون تجاذبًا، أي إن القوة F_{21} تكون باتجاه محور (x) السالب.

$$F_{31} = k \frac{Q_3 Q_1}{r_2^2}$$

$$F_{31} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(0.9)^2}$$

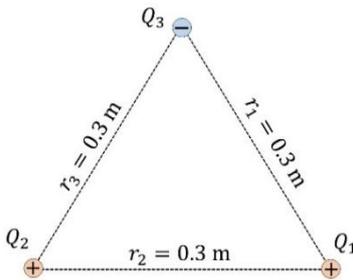
$$F_{31} = 0.5 \times 10^{-1} \text{ N}$$

وبما أن الشحنتين Q_3, Q_1 مختلفتان في النوع؛ فإن القوة الناشئة بينهما تكون تجاذبًا، أي إن القوة F_{31} تكون باتجاه محور (x) السالب.

$$F_1 = F_{21} + F_{31}$$

$$F_2 = 3 \times 10^{-1} + 0.5 \times 10^{-1} = 3.5 \times 10^{-1} \text{ N}$$

وتكون القوة المحصلة التي تؤثر في الشحنة الأولى نحو اليسار؛ أي باتجاه محور (x) السالب.



(صفحة 62) تمرين:

لمعرفة القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة (Q_1)، توجد قوتان (F_{21}, F_{31})

$$F_{21} = k \frac{Q_2 Q_1}{r_2^2}$$

$$F_{21} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.3)^2}$$

$$F_{31} = 1 \times 10^{-1} \text{ N}$$

$$F_{31} = k \frac{Q_3 Q_1}{r_1^2}$$

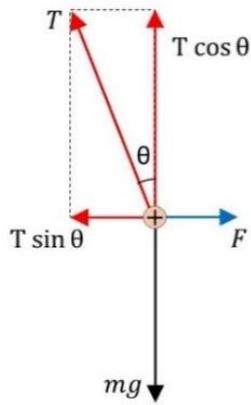
$$F_{31} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.3)^2}$$

$$F_{31} = 1 \times 10^{-1} \text{ N}$$

مقدار القوة المحصلة:

$$F = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2 + 2F_{21}F_{31}\cos\theta}$$

$$F = \sqrt{0.01 + 0.01 + 2 \times 0.1 \times 0.1 \times \cos 120} = 1 \times 10^{-1} \text{ N}$$

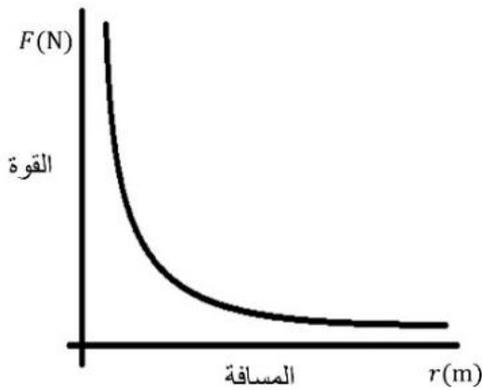


(صفحة 63) إجابات تجربة (1):

1. الرسم

2. الحساب:

$$F = mg \frac{d}{L}$$



3. الرسم العلاقة البيانية بين القوة

الكهربائية والمسافة الفاصلة بين

الكرتين (r).

(صفحة 65) أتتحقّق: الموصلات المشحونة:

يلزم استخدام قانون كولوم، لأن الكرة المشحونة يكون تأثيرها كما لو كانت الشحنة نقطية، والكميات اللازمة مقدار الشحنة على كل كرة، والمسافة بين مركزي الكرتين، ولا يلزم معرفة نصفي قطري الكرتين.

(صفحة 66) مراجعة الدرس (1)

1. الفكرة الرئيسية:

ينصّ قانون كولوم على أنّ القوّة الناشئة بين شحنتين نقطيتين في الفراغ تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب الشحنتين، وعكسيًا مع مربع البعد بينهما.

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

2. الشحن بالدلك: ذلك جسم مع آخر، ينتج عنه انتقال الإلكترونات من سطح أحد الجسمين إلى سطح الجسم الآخر؛ فيُصبح الجسم الفاقد للإلكترونات موجب الشحنة، ويُصبح الجسم المكتسب للإلكترونات سالب الشحنة.

الشحن بالتوصيل: ملامسة جسم مشحون مع آخر متعادل؛ فيحدث انتقال للشحنات الكهربائية بين الجسمين. فإذا كان الجسم المشحون سالب الشحنة، انتقلت بعض الإلكترونات منه إلى الجسم المتعادل؛ فأصبح الجسمان ساليين. وإذا كان الجسم المشحون موجب الشحنة، انتقلت إليه بعض الإلكترونات من الجسم المتعادل؛ فأصبح الجسمان موجبين.

الشحن بالحث: تقريب جسم مشحون (موصل أو عازل) من جسم متعادل من دون ملامسته، فيُعاد توزيع الشحنات على طرفي الجسم الموصل المتعادل، بحيث تنحاز الشحنات السالبة إلى جهة محدّدة من الجسم لتُشكّل طرفًا سالبًا، تاركة الطرف الآخر موجب الشحنة، ويكون هذا التوزيع مؤقتًا طالما بقي المؤثر قريبًا.

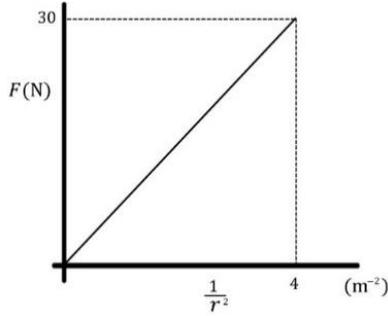
3. تؤثر الشحنة السالبة على المسطرة في الورقة فيحدث استقطاب لذرات الورقة ينتج عنه إعادة توزيع طفيف لشحنات تلك الذرات، وهذا يؤدي إلى شحن سطح الورقة القريب من المسطرة بشحنة كهربائية موجبة، تتجاذب مع الشحنات السالبة على المسطرة البلاستيكية.

3. القوّة الكهربائية

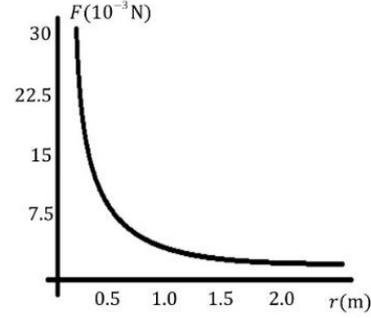
$$F = k \frac{Q_2 Q_1}{r_2^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(0.5)^2} = 1.44 \times 10^{-1} \text{ N}$$

4. التحليل البياني:



العلاقة بين مقلوب مربع المسافة والقوة



العلاقة بين المسافة والقوة

أستنتج أن ميل هذه العلاقة يساوي المقدار

$$\frac{F}{\frac{1}{r^2}} = Fr^2 = \text{slope}$$

$$F = k \frac{Q_2 Q_1}{r^2}$$

$$\text{slope} = kQ_2 Q_1$$

تخضع النتائج لقانون كولوم، لكن تنحرف بعض القياسات عن القيم الحقيقية لها، بسبب أخطاء في التجربة.

5. التفكير الناقد: أن تساوي القوة المحصلة صفراً، فهذا يعني أن القوتين المؤثرتين في الشحنة الثالثة

$$Q_1 = Q_2 = Q \text{ (متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهًا، علماً أن: } Q_1 = Q_2 = Q \text{)}$$

$$F_1 = F_2$$

$$k \frac{Qq}{r^2} = k \frac{Qq}{(1-r)^2}$$

$$r^2 = (1-r)^2 = 1 - 2r + r^2$$

$$r = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}$$

أستنتج أن نقطة التعادل تقع في منتصف المسافة بين الشحنتين المتساويتين والمتشابهتين.

الدرس الثاني: المجال الكهربائي للشحنات النقطية

المجال الكهربائي لشحنة نقطية:

(صفحة 68) أفكر:

جميعها قوى مجالات تؤثر في الأجسام عن بعد دون الحاجة للاتصال أو التلامس المباشر.

(صفحة 68) أتحقق:

○ المجال الكهربائي: خاصية للحيز المحيط بالجسم المشحون، ويظهر في هذا الحيز تأثير المجال

على شكل قوى كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى

○ المجال الكهربائي عند نقطة: هو القوة الكهربائية التي تؤثر في وحدة الشحنة الموجبة الموضوعة

في تلك النقطة.

(صفحة 69) تمرين:

$$F_a = E_a q$$

$$F_a = 3.47 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-9}$$

$$F_a = 1.04 \times 10^{-3} \text{ N}$$

اتجاه هذه القوة يكون بنفس اتجاه المجال عند هذه النقطة، لأن شحنة الاختبار دائماً موجبة.

المجال الكهربائي لعدة شحنات نقطية:

(صفحة 71) تمرين:

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{81 \times 10^{-2}}$$

$$E_1 = 3.3 \times 10^4 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليسار، لأن الشحنة موجبة والمجال خارج منها})$$

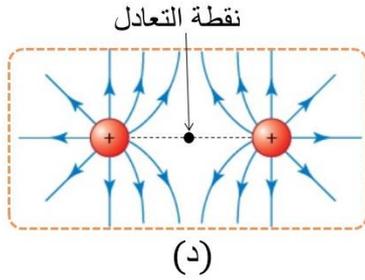
$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{81 \times 10^{-2}}$$

$$E_2 = 1.1 \times 10^4 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليسار لأن الشحنة سالبة والمجال يتجه نحوها})$$

$$E = E_1 + E_2 = 3.3 \times 10^4 + 1.1 \times 10^4 = 4.4 \times 10^4 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليسار})$$

خطوط المجال الكهربائي:

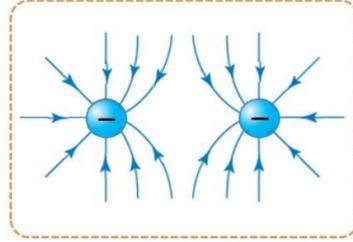
(صفحة 72) سؤال الشكل:



الشكل (د) يحتوي على نقطة تعادل تقع على الخط الواصل بين الشحنتين وفي منتصف المسافة بينهما، حيث يكون المجالان الناتجان عن كلا الشحنتين متساويين مقدارًا ومتعاكسين اتجاهًا، ومحصلتها صفرًا.

(صفحة 72) أتحمق:

الإجابة: الشكل.



التدفق الكهربائي:

(صفحة 74) أفكر:

ستكون خطوط المجال خارجة من الشحنة الموجبة، وتعبر السطح الأفقي من الأعلى إلى الأسفل بزوايا مختلفة، وعند وضع شحنة سالبة أسفل السطح ستكون خطوط مجالها نحو الأسفل أيضًا وتعبر السطح، أي أن التدفق سوف يزداد.

(صفحة 76) تمرين:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = EA_1 \cos \theta_1 + EA_2 \cos \theta_2$$

$$\phi = E(l \times l) \cos 180 + E(l \times l) \cos 0$$

$$\phi = -El^2 + El^2 = 0$$

صفحة 76 مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسية:

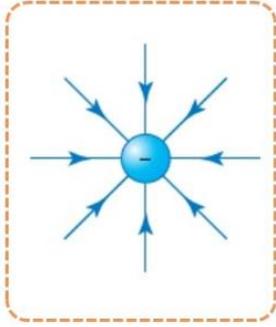
مفهوم المجال الكهربائي: خاصية للحيّز المحيط بالجسم المشحون، ويظهر في هذا الحيّز تأثير المجال على شكل قوى كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى

المجال الكهربائي عند نقطة: هو القوة الكهربائية التي تؤثر في وحدة الشحنة الموجبة الموضوعة في تلك النقطة.

شدة المجال الكهربائي: كمية تُعبّر عن مقدار المجال عند نقطة، وتتناسب عكسيًا مع مربع بُعد هذه النقطة عن الشحنة.

خط المجال الكهربائي: مسار شحنة اختبار موجبة تتحرك تحت تأثير المجال الكهربائي فقط.

2. الرسم



3. لو تقاطع خطان لأصبح للمجال أكثر من اتجاه عند نقطة التقاطع، وهذا يتعارض مع مفهوم المجال عند نقطة.

4. أجد المجال الكهربائي المحصل

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}}$$

$$E_1 = 7.5 \times 10^6 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليمين، لأن الشحنة سالبة والمجال يتجه نحوها})$$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{81 \times 10^{-4}}$$

$$E_2 = 4.4 \times 10^6 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليمين، لأن الشحنة موجبة والمجال خارج منها})$$

$$E = E_1 + E_2 = 3.5 \times 10^6 + 4.4 \times 10^6 = 7.9 \times 10^6 \text{ N/C} \quad (\text{باتجاه اليسار})$$

5. التفكير الناقد:

$$E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 2.7 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$A = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times 4 \times 10^{-2} = 0.5 \text{ m}^2$$

$$\theta = 0^\circ, \cos \theta = 1$$

$$\Phi = E A \cos \theta = 2.7 \times 10^5 \times 0.5 \times 1 = 1.35 \times 10^5 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

عندما يتغير نصف قطر السطح الكروي، فإن المجال يتغير ومساحة السطح تتغير، لكن التدفق الكلي يبقى ثابتاً، يمكن إثبات ذلك بتعويض نصف قطر جديد وإعادة الحل، وكذلك عدد الخطوط الكلي الذي يعبر السطح لا يتغير.

الدرس الثالث: المجال الكهربائي لتوزيع متصل من الشحنات الكهربائية

قانون غاوس:

(صفحة 78) أفكر:

(أ) تدل خطوط المجال غير المتوازية على أن اتجاه المجال يتغير داخله من نقطة إلى أخرى، أي أنه مجال غير منتظم.

(ب) الخطوط المتوازية تدل أن اتجاه المجال ثابت، والمسافات بين الخطوط متساوية تدل أن مقدار المجال ثابت، ما يعني أن المجال منتظم.

(صفحة 78) أتحقق:

يقل المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية كلما ابتعدنا عنها، لأن المجال يتناسب عكسياً مع مربع المسافة، أما بالنسبة للتدفق:

$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0} \dots\dots \text{(بتطبيق العلاقة الرياضية لقانون غاوس)}$$

أستنتج أن التدفق الكهربائي خلال سطح مغلق يُحيط بشحنة نقطية، يساوي ناتج قسمة الشحنة على السماحية الكهربائية للفراغ؛ فهو يعتمد على الشحنة المحتواة داخل السطح وعلى نوع الوسط فقط، ولا يتغير بزيادة البعد عن الشحنة.

المجال الكهربائي لكرة موصلة مشحونة:

(صفحة 80) أتَحَقِّق:

عند شحن الأجسام الموصلة للكهرباء بشحنة كهربائية؛ فإنَّ الشحنات تتباعد عن بعضها بسبب تنافرها، فتنوِّع على السطح الخارجي للجسم الموصل.

(صفحة 80) تمرين:

التدفق الكهربائي خلال سطح مغلق يساوي ناتج قسمة المجموع الجبري للشحنات المحتواة على السطحية الكهربائية للهواء، حسب قانون غاوس.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = -2 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{8 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^5 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

مجال شحنة موزعة على قشرة مستوية لا نهائية:

(صفحة 81) أفكر:

للمكعب ستة أوجه، مساحة كل منها (A)، وخطوط المجال الناتجة عن جزء من القشرة مساحته (A) تنفذ عمودياً من وجهين فقط، في حين تكون خطوط المجال موازية لمتجه المساحة في أوجه المكعب الأربعة المتبقية، وبذلك يكون تطبيق قانون غاوس كما هو الحال في الأسطوانة.

(صفحة 82) أتَحَقِّق:

الزاوية بين متجهي المجال الكهربائي والمساحة لكل من قاعدتي الأسطوانة تساوي صفر، والزاوية بين متجهي المجال والمساحة للسطح الجانبي للأسطوانة تساوي (90°).

المجال الكهربائي المنتظم:

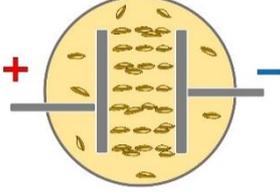
(صفحة 83) أتَحَقِّق:

هو المجال الكهربائي الذي يكون ثابتاً في مقداره واتجاهه عند نقاطه جميعها. ويؤثر بالأجسام المشحونة الموجودة داخله بقوة ثابتة المقدار والاتجاه ويكسبها تسارعاً ثابتاً.

(صفحة 84) التجربة 2:

التحليل والاستنتاج

1. جزيئات الماء مستقطبة وسوف تكون موصلة للكهرباء عندما يكون الجهد كبيراً، وهذا سيحدث تفريغ للمجال.



2. في حالة القطبين المتوازيين سوف تترتب البذور في خطوط

متوازية، ممثلة مجالاً كهربائياً منتظماً.

3. نتيجة تعرض البذور للمجال الكهربائي يحدث استقطاب

لها فيصبح لكل بذرة طرف موجب وآخر سالب.

حركة جسيم في مجال كهربائي منتظم:

(صفحة 85) أتحقق:

يؤثر المجال الكهربائي بالجسم الساكن داخله والمشحون بشحنة كهربائية سالبة بقوة كهربائية ثابتة بعكس

اتجاه المجال فيكتسب تسارعاً ثابتاً بعكس المجال.

(صفحة 85) تمرين:

$$F = EQ = 5.4 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}$$

$$F = 2.16 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2.16 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-4}} = 108 \text{ m/s}^2$$

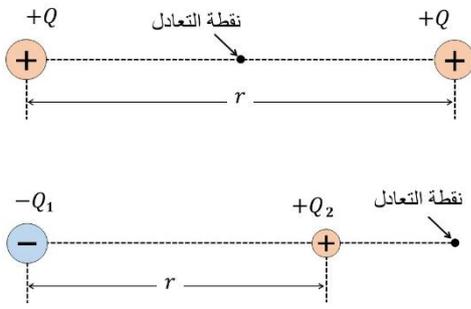
$$d = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 108 \times 0.02 \times 0.02 = 2.16 \times 10^{-2} \text{ m}$$

(صفحة 89): مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسية:

هو المجال الكهربائي الذي يكون ثابتاً في مقداره واتجاهه عند نقاطه جميعها. ويؤثر بالأجسام المشحونة الموجودة داخله بقوة ثابتة المقدار والاتجاه ويكسبها تسارعاً ثابتاً. ويمكن الحصول عليه من صفيحتين موصلتين متقابلتين، تشحن الأولى بشحنة موجبة، والثانية بشحنة سالبة مساوية في المقدار للأولى.

2. الحالتان:



الحالة الأولى: شحنتان متماثلتان ومتساويتان. بتطبيق قانون كولوم نجد أن نقطة التعادل تقع على الخط الواصل بين الشحنتين، وفي منتصف المسافة بينهما.

الحالة الأولى: شحنتان مختلفتان وغير متساويتين. بتطبيق قانون كولوم نجد أن نقطة التعادل تقع على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين وخارجهما من جهة الشحنة الصغيرة.

3. الخطوط المتوازية تعبر عن الثبات في اتجاه المجال، وعندما تفصل بين الخطوط مسافات متساوية فهذا يعبر عن الثبات في المقدار.

4. من قانون كولوم نجد أن:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

والتدقق الكهربائي خلال سطح غاوس الكروي يُعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Phi = EA \cos \theta$$

ومساحة سطح الكرة تُعطى بالعلاقة: $(A = 4\pi r^2)$. والزاوية θ تساوي صفر، $\cos \theta = 1$

$$\Phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} 4\pi r^2 \cos \theta = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

5. أقرن:

إن حركة الجسم المشحون أفقيًا في المجال الكهربائي المنتظم المتجه للأسفل، تشبه تمامًا حركة الكرة المقذوفة أفقيًا في مجال جاذبية الأرض، فكلاهما يمتلك سرعة أفقية ثابتة، ويكتسب تسارعًا رأسيًا نحو الأسفل، علمًا أن السرعة الرأسية الابتدائية لكليهما تساوي صفر.

6. الحل:

(أ) مقدار المجال بين الصفيحتين:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{7.1 \times 10^{-7}}{8.85 \times 10^{-12}} = 8 \times 10^4 \text{ N/C}$$

(ب) تسارع الجسم داخل المجال:

$$F = EQ = 8 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-7}$$

$$F = 1.6 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-5}} = 3.2 \text{ m/s}^2$$

7. أحلّ الشكل:

يؤثر المجال الكهربائي للشحنة النقطية في الشحنات السالبة للكرة فتتحرك إلى السطح الداخلي للكرة، تاركة السطح الخارجي للكرة موجب الشحنة، فينشأ مجال معاكس داخل الجزء الفلزي من الكرة يجعل المجال الكلي صفرًا، في حين ينشأ عن الشحنة الموجبة على السطح الخارجي للكرة مجال كهربائي خارج جسم الكرة يشبه مجال الشحنة النقطية.

(صفحة 91): مراجعة الوحدة

(1) أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة

(1) (ب). تُصبح شحنة المسطرة سالبة نتيجة انتقال الإلكترونات إليها من القماش.

(2) (ج). طريقتا الحث والتوصيل مناسبتان لشحن الأجسام الموصلة، وطريقة الدلك لشحن الأجسام العازلة.

(3) (أ). زيادة المجال الكهربائي.

$$E_2 = E_1 \text{ (د) (4)}$$

(5) (ج). ينحرف البروتون نحو الأعلى والإلكترون نحو الأسفل.

... (2)

أ) الكثافة السطحية للشحنة على سطح الكرة الأرضية:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\sigma = E\epsilon_0 = 150 \times 8.85 \times 10^{-12} = 1.33 \times 10^{-9} \text{ C/m}^2$$

ب) الشحنة الكلية التي تحملها الكرة الأرضية:

$$A = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (6.367 \times 10^6)^2 = 5.1 \times 10^{11} \text{ m}^2$$

$$Q = \sigma A = 1.33 \times 10^{-9} \times 5.1 \times 10^{11} = 678 \text{ C}$$

... (3)

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8.5 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-9}}{(0.07 + 0.08 + 0.03)^2}$$
$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{8.5 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-9}}{(0.18)^2} = 2.1 \times 10^{-2} \text{ N}$$

... (4)

أ) التدفق عندما تكون الزاوية صفر:

$$\Phi = EA \cos \theta$$

$$\phi = 3 \times 10^3 \times 0.01 \cos 0 = 3 \times 10^3 \times 0.01 \times 1 = 30 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

(ب) التدفق عندما تكون الزاوية (60°)

$$\phi = EA \cos \theta$$

$$\phi = 3 \times 10^3 \times 0.01 \cos 60 = 3 \times 10^3 \times 0.01 \times 0.5 = 15 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

.... (5)

$$F = Eq_e = 2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-16} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{3.2 \times 10^{-16}}{9.11 \times 10^{-31}} = 3.5 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

$$d = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 3.5 \times 10^{14} \times (2 \times 10^{-8})^2 = 0.07 \text{ m}$$

..... (6)

الفرع (أ):

$$\phi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$q = \phi \epsilon_0 = 1 \times 10^3 \times 8.85 \times 10^{-12} = 8.85 \times 10^{-9} \text{ C}$$

التدفق سالب، ومتجه مساحة السطح الكروي للخارج، أي أن الزاوية بين المجال ومتجه المساحة ($\theta = 180^\circ$)، ما يعني أن اتجاه المجال نحو مركز السطح الكروي، أي أن الشحنة سالبة.

الفرع (ب): نلاحظ من العلاقة الرياضية لقانون غاوس أن التدفق عبر سطح كروي لا يعتمد على نصف قطره، ما يعني أن التدفق لا يتغير عندما يتضاعف نص القطر.

.... (7)

$$F = Eq_\alpha = 3 \times 10^3 \times 3.2 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-16} \text{ N}$$

$$a_\alpha = \frac{F}{m_\alpha} = \frac{9.6 \times 10^{-16}}{6.6 \times 10^{-27}} = 1.45 \times 10^{11} \text{ m/s}^2$$

$$t = \frac{x}{v_x} = \frac{0.1}{2 \times 10^7} = 4 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$$

$$y = v_{y1} + \frac{1}{2} a_\alpha t^2$$

$$y = 0 + \frac{1}{2} \times 1.45 \times 10^{11} \times (4 \times 10^{-8})^2 = 1.16 \times 10^{-3} \text{ m}$$

.... (8)

وزن الكرة:

$$W = mg = 0.005 \times 10 = 0.05 \text{ N}$$

نتيجة الاتزان السكوني للكرة، فإن:

$$T \cos \theta = mg, \quad T \sin \theta = F$$

بقسمة إحدى المعادلتين على الأخرى، نحصل على العلاقة الآتية:

$$\tan \theta = \frac{F}{mg}$$

$$F = mg \tan \theta = 0.05 \times 0.14 = 7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{7 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 7 \times 10^3 \text{ N/C}$$

..... (9)

الفرع (أ): الشحنة الكلية:

$$Q = \sigma A = \sigma \times 4\pi r^2$$

$$Q = 80 \times 10^{-6} \times 4 \times 3.14 \times (2.4)^2 = 5.8 \times 10^{-3} \text{ C}$$

الفرع (ب): التدفق الكلي خلال سطح الكرة.

$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{5.8 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}} = 6.55 \times 10^8 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

الوحدة 3

إجابات أسئلة كتاب الطالب

ص 93

أتأمل الصورة

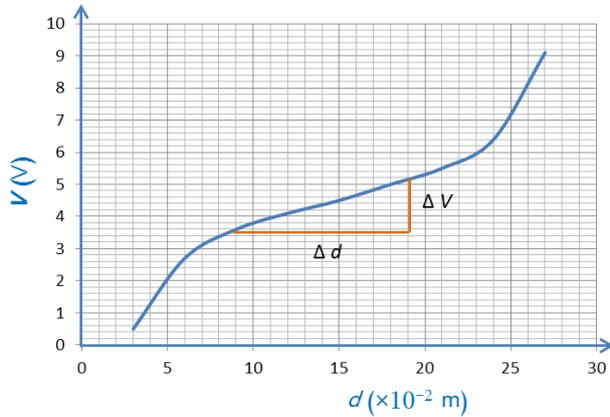
تعتمد الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع على كل من مواسعة المواسع وشحنته وجهده.

ص 95

تجربة استهلالية: التحليل والاستنتاج

1. العلاقة بين الجهد الكهربائي (قراءة الفولتميتر) والإزاحة d عبارة عن خط يبدأ منحنيًا ثم مستقيمًا

ليعود منحنيًا كما في الشكل.



2. ميل الخط المستقيم ما بين النقطتين ($d = 9 \text{ cm} - d = 21 \text{ cm}$) يساوي:

$$\frac{\Delta V}{\Delta d} = \left(\frac{V_2 - V_1}{d_2 - d_1} \right) =$$

3. ميل الخط المستقيم يساوي المجال الكهربائي بين النقطتين.

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta d} =$$

4. مصادر الخطأ: - قراءة الفولتميتر (نتيجة عدم معايرته أو خطأ في طريقة القراءة).

- قياس الإزاحة d .

5. لأن المسطرة البلاستيكية عازلة للكهرباء بعكس المسطرة الفلزية.

6. بداية الخط ونهايته تكون خطوط المجال منحنية أكثر حيث المجال غير منتظم، أما في منطقة

الوسط فتكون مستقيمة تقريبًا لذا يمكن اعتبار المجال فيها منتظمًا.

ص 97

أفكر

لا؛ لأنه إذا نقلت شحنة الاختبار بتسارع ثابت فإن محصلة القوتين الخارجية والكهربائية لا يساوي صفرًا، مما يؤدي إلى تغير في الطاقة الحركية للشحنة وعليه فإن شغل القوة الخارجية لا يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة.

ص 98

أتحقق

العوامل التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي عند نقطة ما والناشئ عن شحنة نقطية هي:

- Q : مقدار الشحنة المولدة للمجال الكهربائي.
- r : بعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال.
- ϵ : سماحية الوسط الكهربائي.

ص 99

تمرين

الحل:

أ. نوع الشحنة سالبة؛ لأن الجهد الكهربائي الناشئ عنها سالب ($-4.5 \times 10^3 \text{ V}$).

ب.

$$V_b = k \frac{Q}{r_b}$$
$$-4.5 \times 10^3 = 9 \times 10^9 \frac{Q}{8 \times 10^{-2}}$$
$$Q = -4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

* كلما بعدت النقطة b عن الشحنة يقل جهدها حسب العلاقة:

$$V_b = k \frac{Q}{r_b}$$

ص 100

تمرين

أ. نحسب الشحنة Q من خلال الجهد الناشئ عنها عند b :

$$V_b = k \frac{Q}{r_b}$$
$$360 = 9 \times 10^9 \frac{Q}{10 \times 10^{-2}}$$
$$Q = 4 \times 10^{-9} \text{ C} = 4 \text{ nC}$$

$$2Q = 2 \times (4 \times 10^{-9}) = 8 \text{ nC}$$

ب. الجهد عند النقطة b يساوي مجموع الجهود الناشئة عن الشحنات الثلاث:

$$V_b = V_Q + V_{2Q} + V_{-Q}$$

$$V_b = 360 + 9 \times 10^9 \frac{8 \times 10^{-9}}{8 \times 10^{-2}} + 9 \times 10^9 \frac{-4 \times 10^{-9}}{10 \times 10^{-2}}$$

$$V_b = 360 + 900 - 360 = 900 \text{ V}$$

ص 101

سؤال الشكل (7)

لا؛ تزداد لأن القوة الخارجية تبذل شغلاً يخترن على شكل طاقة وضع كهربائية في الشحنة.

ص 102

أفكر

الجهد الكهربائي عند نقطة في مجال كهربائي لا يعتمد على الشحنة q الموضوعه عند تلك النقطة، وإنما يعتمد على المجال الكهربائي الموضوعه فيه تلك الشحنة، بينما طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموضوعه عند تلك النقطة تعتمد على كلا من الشحنة وللجهد الكهربائي عند تلك النقطة، والعلاقة التي تربط بينهم هي:

$$V = \frac{PE}{q}$$

ص 102

أتحقق

الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل بروتون من نقطة i إلى أخرى f بعكس اتجاه المجال يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية للبروتون (حيث تزداد طاقة وضع البروتون)؛ ومقدار الجهد عند النقطة التي انتقل إليها البروتون أكبر منه عند النقطة التي انتقل منها؛ حيث يزداد الجهد ($V_f > V_i$). ويعطى شغل القوة الخارجية بالعلاقة:

$$W_{i \rightarrow f} = \Delta PE = (PE_f - PE_i) = qV_{if} = q(V_f - V_i)$$

ص 105

سؤال الشكل (10)

إشارة مقدار فرق الجهد V_{ab} سالبة؛ حسب العلاقة :

$$V_{ab} = -Ed_{a \rightarrow b} \cos \theta = -Ed_{a \rightarrow b} \cos 0^\circ = -Ed_{a \rightarrow b}$$

ص 105

أفكر

الشغل في الحالتين يساوي صفرًا؛ لأن الزاوية ما بين اتجاه المجال الكهربائي والإزاحة تساوي 90° وبالتالي $W = qEd \cos 90^\circ = 0$. كذلك الحال بالنسبة للزاوية بين اتجاه قوة الجاذبية (mg) العمودية والإزاحة الأفقية التي يتحركها الثقل تساوي 90° وبالتالي $W = (mg)d \cos 90^\circ = 0$

ص 106

أتحقق

العوامل التي يعتمد عليها فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم هي:

E : مقدار المجال الكهربائي المنتظم.

d : مقدار الإزاحة بين النقطتين .

θ : الزاوية بين اتجاه المجال واتجاه الإزاحة.

ص 109

مراجعة الدرس 1

1. - جهد نقطة في مجال كهربائي:

الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل وحدة الشحنة الموجبة بسرعة ثابتة، من اللانهاية إلى تلك النقطة في المجال الكهربائي.

- فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي:

التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة q ؛ عند انتقالها من نقطة إلى أخرى في المجال الكهربائي مقسومًا على الشحنة q .

2. الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل وحدة الشحنة الموجبة بسرعة ثابتة، من اللانهاية إلى تلك النقطة يساوي 5 .

3. بما أن النقطتان متساويتان في الجهد فإن فرق الجهد بينهما يساوي صفرًا ($\Delta V = 0$)، وبتطبيق العلاقة $W = q\Delta V = 0$ فإن الشغل يساوي صفرًا؛ أي لا أحتاج لبذل شغل.

4. أ.

$$\begin{aligned} V_m - V_n &= k \left(\frac{Q}{r_m} - \frac{Q}{r_n} \right) \\ V_m - V_n &= 9 \times 10^9 \left(\frac{-4 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-2}} - \frac{-4 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-2}} \right) \\ &= 9 \times 10^9 \{ (-8 \times 10^{-8}) + (13 \times 10^{-8}) \} = 450 \text{ V} \end{aligned}$$

ب.

$$W_{m \rightarrow n} = -q(V_n - V_m) = -1.6 \times 10^{-19} \times (-450) = 7.2 \times 10^{-16} \text{ J}$$

5. أ. المسافة بين الشحنة $2Q$ والنقطة b (r_{2Q}) : $r_{2Q} = \sqrt{5^2 + 5^2} = \sqrt{50} \text{ cm}$

$$V_b = V_Q + V_{2Q} + V_{-Q}$$

$$400 = 9 \times 10^9 \left(\frac{Q}{5 \times 10^{-2}} + \frac{2Q}{\sqrt{50} \times 10^{-2}} + \frac{-Q}{5 \times 10^{-2}} \right)$$

$$= 9 \times 10^9 \left(\frac{2Q}{\sqrt{50} \times 10^{-2}} \right)$$

$$Q = 3.1 \times 10^{-9} \text{ C}$$

ب.

$$\Delta PE = q(V_b - V_\infty) = -1.6 \times 10^{-19}(400 - 0) = -6.4 \times 10^{-17} \text{ J}$$

6.

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$2 \times 10^4 = \frac{\Delta V}{3 \times 10^{-2}} \Rightarrow \Delta V = 600 \text{ V}$$

$$\Delta PE = q\Delta V$$

$$1.6 \times 10^{-16} = q \times 600 \Rightarrow q = 2.7 \times 10^{-19} \text{ C}$$

7. أ.

$$V_{cd} = V_d - V_c = -Ed_{c \rightarrow d} \cos \theta = -(3 \times 10^3)(3 \times 10^{-2}) \cos 37^\circ = -72 \text{ V}$$

ب.

$$V_{dc} = -V_{cd} = 72 \text{ V}$$

$$W_{d \rightarrow c} = qV_{dc} = 1.6 \times 10^{-19}(72) = 1.15 \times 10^{-17} \text{ J}$$

ص 111
سؤال الشكل (16)

$$V_B = V_D > V_A$$

ص 111
أفكر:

سطح الموصل هو سطح تساوي جهد؛ لذلك فإن فرق الجهد (ΔV) بين أي نقطتين على سطحه يساوي صفراً. وباستخدام العلاقة $\Delta PE = q \Delta V$ نجد أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة يساوي صفراً.

ص 112
أتحقق

يبقى الجهد ثابتاً من مركز الموصل حتى سطحه، ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً مع زيادة المسافة حتى يؤول إلى الصفر في اللانهاية.

ص 112
سؤال الشكل (17)

أوجه التشابه: أن كلاً من المجال الكهربائي والجهد الكهربائي يقل بالتدرج كلما ابتعدنا عن سطح الموصل ولكن بنسب مختلفة قليلاً، إلى أن يصبح مقدار مقدار كل منهما صفراً في اللانهاية. أوجه الاختلاف:

- المجال الكهربائي داخل الموصل يساوي صفراً، أما الجهد الكهربائي عند أي نقطة داخل الموصل يساوي الجهد عند سطحه ويساوي مقدار ثابت: $V = k \frac{Q}{R}$.
- يتناسب الجهد خارج الموصل عكسياً مع المسافة (r)، بينما يتناسب مقدار المجال الكهربائي عكسياً مع مربع المسافة.

ص 114
تمرين

جهد الكرة V :

$$V = k \frac{Q}{R}$$

الجهد عند مسافة تبعد $4R$ عن مركز الكرة V' :

$$V' = k \frac{Q}{4R} = \frac{1}{4} \left(k \frac{Q}{R} \right) = \frac{1}{4} V$$

ص 115

سؤال الشكل (21)

الجهد الكهربائي عند النقاط:

$$V_A = 10 \text{ V}$$
$$V_B = V_C = 20 \text{ V}$$

ص 115

أتحقق

سطح تساوي الجهد: السطح الذي يكون الجهد الكهربائي عند نقاطه جميعها متساويًا.

العلاقة بين سطوح تساوي الجهد وخطوط المجال الكهربائي :

- تتعامد سطوح تساوي الجهد مع خطوط المجال الكهربائي.

- تتقارب سطوح تساوي الجهد التي يكون الفرق في الجهد بينها متساويًا في

المنطقة التي تتقارب فيها خطوط المجال الكهربائي.

ص 116

التجربة 1 : التحليل والاستنتاج

1. عند وضع المجس على الصفيحة السالبة فإن قراءة الفولتميتر تساوي صفرًا؛ لأن قراءة

الفولتميتر تمثل فرق الجهد بين نقطتين على الصفيحة نفسها.

2. خطوط تساوي الجهد بين الصفيحتين هي خطوط مستقيمة ومتوازية والمسافات بينهما

متساوية كما في الشكل؛ لأن المجال بينهما منتظم. بينما يختلف شكل خطوط تساوي

الجهد بين الكرة والصفيحة حيث المجال غير منتظم وخطوط تساوي الجهد منحنية

وتتقارب عند الكرة لتصبح أقل

انحناءً كلما اقتربنا من

الصفيحة.

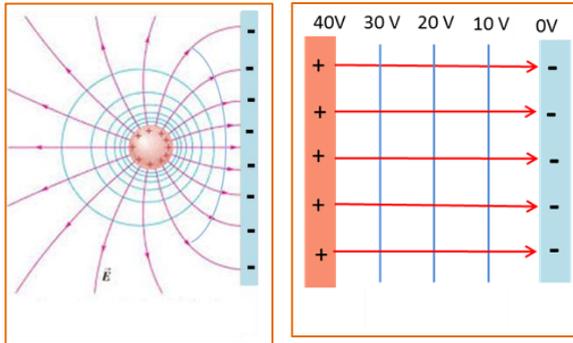
3. خطوط المجال الكهربائي

تكون متعامدة مع خطوط

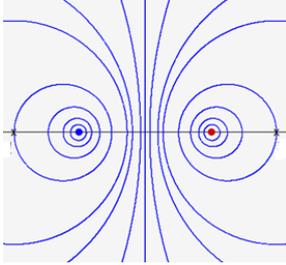
تساوي الجهد؛ أي أنها

مستقيمة ومتوازية بين الصفيحتين أما بين الكرة والصفيحة فتكون منحنية كما في

الشكل.



4. أستخدم العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{\Delta d}$ لحساب المجال الكهربائي بين الصفيحتين حيث ΔV قراءة الفولتميتر بين الصفيحتين (أو أي خطي تساوي جهد) و Δd المسافة بين الصفيحتين (أو بين خطي تساوي الجهد اللذين تم اختيارهما).

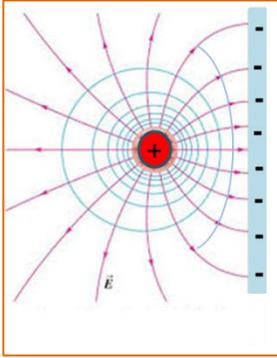


5. خطوط تساوي الجهد عند استخدام كرتين فلزيّتين صغيرتين تكون خطوط منحنية كما في الشكل تقريبًا.

ص 118 مراجعة الدرس 2

1. العوامل التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون ومعزول موضوع في الهواء:

- شحنة الموصل الكروي.
- نصف قطر الموصل.
- سماحية الهواء.



2. سطوح تساوي الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي كما في الشكل؟

3. أ. سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع: لأنها لو تقاطعت عند نقطة ما لوجدنا أكثر من قيمة للجهد الكهربائي عند تلك النقطة وهذا غير ممكن.

ب. الشغل المبذول لنقل شحنة اختبار من نقطة إلى أخرى على سطح الموصل يساوي صفرًا: خطوط المجال الكهربائي خارج سطح الموصل مباشرة تكون عمودية على سطح الموصل؛ لذلك يكون اتجاه المجال عموديا على اتجاه الازاحة خلال نقل الشحنة في مسار يقع على سطح الموصل؛ وعليه فإن الشغل المبذول يساوي صفرًا حسب العلاقة:

$$W = qEd \cos 90^\circ = 0$$

4. أ. جهد النقطة p يساوي صفرًا ($V_p = 0$)؛ وجهد أي نقطة على الخط العمودي المبين في الرسم يساوي صفرًا فهو سطح تساوي جهد.

ب. $V_{ac} = V_c - V_a = 2 - 4 = -2 \text{ V}$

$V_{bd} = V_d - V_b = -4 - (-6) = 2 \text{ V}$

ج. $W_{d \rightarrow a} = qV_{da} = 5 \times 10^{-9}(4 - (-4)) = 4 \times 10^{-8} \text{ J}$

5. أ.

$$V = k \frac{Q}{R}$$
$$6 \times 10^2 = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-9}}{R} \Rightarrow R = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

ب.

$$V_p = k \frac{Q}{r_p} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} = 400 \text{ V}$$

6. أ. الجهد الكهربائي عن نقطة تبعد 4 cm عن مركز الكرة يساوي 50 V ويساوي جهد الكرة.
ب. شحنة الكرة:

$$V = k \frac{Q}{R}$$
$$50 = 9 \times 10^9 \frac{Q}{5 \times 10^{-2}} \Rightarrow Q = 2.8 \times 10^{-10} \text{ C}$$

ج. الشغل المبذول لنقل الشحنة من مركز الكرة إلى سطحها يساوي صفرًا، والشغل المبذول لنقل الشحنة من سطح الموصل إلى تلك النقطة :

$$W_{\text{surf} \rightarrow \text{point}} = -q(V_{\text{point}} - V_{\text{surf}})$$

$$W_{\text{surf} \rightarrow \text{point}} = -6 \times 10^{-6} \times (9 \times 10^9 \times 2.8 \times 10^{-10} \left(\frac{1}{0.08} - \frac{1}{0.05} \right))$$
$$= 1.13 \times 10^{-4} \text{ J}$$

ص 120

أتحقق

تستمر عملية الشحن حتى يُصبح فرق الجهد بين صفيحتي المواسع مساويًا لجهد البطارية، وتختزن في المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية.

ص 121

سؤال الشكل (30)

- المواسعات من اليمين إلى اليسار بالترتيب: $1000 \mu\text{F}$ ، $470 \mu\text{F}$ ، $0.1 \mu\text{F}$
- أكبر جهد يمكن تطبيقه بأمان لكل من المواسعات الثلاثة: 10 V لكل مواسع.

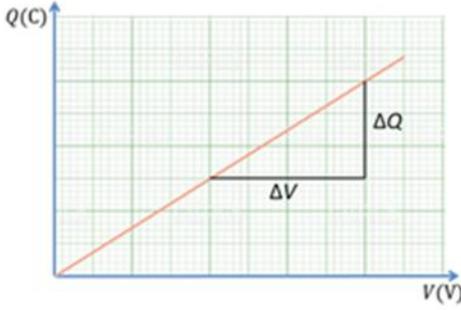
ص 121

أتحقق

- المواسعة الكهربائية: هي الشحنة الكهربائية المخزنة لوحدة فرق الجهد الكهربائي.
- كلما ازداد فرق الجهد بين طرفي المواسع تزداد شحنته بحيث تبقى مواسعته ثابتة.

ص 122

التجربة 2: التحليل والاستنتاج



1.

العلاقة بين جهد المواسع وشحنته كما في الشكل.

2. ميل الخط المستقيم = مواسعة المواسع (C):

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{(Q_2 - Q_1)}{V_2 - V_1}$$

3. يفترض أن تكون النتائج متقاربة، وإن حصل اختلاف في النتائج فإن مصدر الخطأ غالباً ما

يعود إلى عدم معايرة كل من جهاز الفولتميتر وجهاز مقياس الشحنة بشكل صحيح أو إلى

عدم الدقة في أخذ قراءات تلك الأجهزة.

ص 123

تمرين

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{10 \times 10^{-6}}{1.2 \times 10^{-6}} = 8.3 \text{ V}$$

ص 124

أفكر

زيادة جهد المواسع أو شحنته لا تؤدي إلى زيادة مواسعته؛ لأنه كلما ازداد جهد المواسع تزداد شحنته

بحيث تبقى مواسعته ثابتة.

ص 124

أتحقق

الطرائق التي يُمكنني بواسطتها زيادة مساحة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين:

- زيادة مساحة كلٍّ من صفيحتي المواسع .

- تقليل المسافة بين الصفيحتين.

- زيادة قيمة السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين صفيحتي المواسع.

ص 126

تمرين

أ.

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$0.04 \times 10^{-9} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times A}{2.5 \times 10^{-3}} \Rightarrow A = 0.011 \text{ m}^2$$

ب.

$$Q = CV = (0.04 \times 10^{-9})(100) = 4 \text{ nC}$$

ص 128

أفكر

عند وصل طرفي مواسع مشحون ومعزول بمصباح فإن:

مواسعته: تبقى ثابتة.

جهده: يقل بالتدرج حتى ينعدم.

شحنته: تقل بالتدرج حتى تنعدم.

الطاقة الكهربائية المخزنة فيه: تقل بالتدرج حتى تنعدم (تتحول إلى طاقة ضوئية وحرارية)

ص 129

أتحقق

العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع :

- شحنة المواسع.

- مواسعة المواسع.

- جهد المواسع،

ص 131

أتحقق

أ. مواسعاً جهده يساوي جهد البطارية: C_3 ، C_4

ج. مواسعين شحنتيهما متساويتين: C_1 ، C_2

ص 132

التجربة 3: التحليل والاستنتاج

1. حساب شحنة كل مواسع:

- في حالة التوازي: أحسب شحنة كل مواسع باستخدام العلاقة $C = \frac{Q}{V}$ ، ثم أحسب مجموع تلك الشحنات Q_{tot} والتي تمثل الشحنة المكافئة، وأدون نتائجي في الجدول.

C (F)	$V_{measured}$ (V)	$Q(C) = CV$
$C_1 =$		
$C_2 =$		
$C_3 =$		
$C_{measured} = \frac{Q_{tot}}{V_{bat}}$	$V_{bat} =$	$Q_{tot} =$
$1/C_{predicted} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 =$		

- في حالة التوالي: أحسب شحنة كل مواسع باستخدام العلاقة $C = \frac{Q}{V}$ ، ثم أحسب الشحنة المتوسطة Q_{av} والتي تمثل الشحنة المكافئة وأدون نتائجي في الجدول.

C (F)	V_{measured} (V)	Q (C) = $C V$
$C_1 =$		
$C_2 =$		
$C_3 =$		
$C_{\text{measured}} = \frac{Q_{\text{av}}}{V_{\text{bat}}}$	$V_{\text{bat}} =$	$Q_{\text{av}} =$
$\frac{1}{C_{\text{predicted}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} =$		

2. أستخدم النتائج في جداول البيانات السابقة لإجراء المقارنة ومن المتوقع ملاحظة ما يلي:
- حالة التوازي: تتوزع الشحنات على المواسعات بحسب مواسعة كل منهم؛ أما الجهد فيكون متساوٍ لجميع المواسعات ويساوي جهد البطارية بغض النظر عن مواسعة كل منهم.
 - حالة التوالي: الشحنات تكون متساوية لجميع المواسعات بغض النظر عن مواسعة كل منهم، أما الجهد فيتوزع على المواسعات بحسب مواسعة كل منهم.
3. من خلال النتائج في جداول البيانات السابقة من المتوقع أن تكون المواسعة المكافئة المقاسة عملياً تساوي تقريباً المواسعة المكافئة المحسوبة نظرياً سواء في حالة التوصيل على التوازي أو التوالي.

4. مصادر الخطأ:

- عدم معايرة جهاز الفولتميتر - لذا يجب معايرة الجهاز بدقة قبل استخدامه.
- دقة جهاز الفولتميتر وطريقة أخذ القراءات - لذا يفضل استخدام فولتميتر رقمي نو دقة عالية.

ص 134

تمرين

أ.

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{12} = \frac{3}{12} \Rightarrow C_{1,2} = 4 \mu\text{F}$$

$$C_{1,2,3} = C_{1,2} + C_3 = 4 + 2 = 6 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{1,2,3}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{2+3}{12} \Rightarrow C = 2.4 \mu\text{F}$$

ب. الشحنة المكافئة Q تساوي شحنة المواسع المكافئ للمواسعات (1,2,3) $Q_{1,2,3}$ وتساوي شحنة

المواسع الرابع Q_4 كونهم يتصلان معًا على التوالي :

$$Q_4 = Q = CV = (2.4 \times 10^{-6})(10) = 2.4 \times 10^{-5} \text{ C} = Q_{1,2,3}$$

ج. جهد المواسع $C_{1,2,3}$ يساوي قراءة الفولتميتر :

$$V_{1,2,3} = \frac{Q_{1,2,3}}{C_{1,2,3}} = \frac{2.4 \times 10^{-5}}{6 \times 10^{-6}} = 4 \text{ V} = V_3$$

د.

$$PE_3 = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times 4^2 = 1.6 \times 10^{-5} \text{ J}$$

ص 135

مراجعة الدرس 3

1. **المواسع الكهربائي:** جهاز يُستعمل لتخزين الطاقة الكهربائية.
- المواسعة الكهربائية:** الشحنة الكهربائية المخزنة لوحدة فرق الجهد الكهربائي.
- المواسعة المكافئة:** المواسعة الكلية لمجموعة مواسعات تتصل معًا في دارة كهربائية.
2. يمكن زيادة مواسعة مواسع إلى (4) أضعاف بإحدى الطرق الآتية:
 - زيادة مساحة كل من صفيحتيه إلى (4) أضعاف.
 - زيادة المساحة الكهربائية للوسط بين صفيحتيه إلى (4) أضعاف.
 - تقليل المسافة بين صفيحتيه إلى $\left(\frac{1}{4}\right)$ ما ما كانت عليه.
3. مواسعة مواسع يختزن شحنة (C 5) عند تطبيق فرق جهد (V 1) بين صفيحتيه.

4.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 30 + 30 + 30 = 90 \mu\text{F}$$

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 90 \times 10^{-6} \times (12)^2 = 6.48 \times 10^{-3} \text{ J}$$

5. التوصيل على التوالي:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} \Rightarrow C = 5 \mu F$$

6. أ.

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$C = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \times (2 \times 10^{-3})}{1 \times 10^{-3}} = 1.77 \times 10^{-11} F$$

ب.

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{6 \times 10^{-9}}{1.77 \times 10^{-11}} = 339 V$$

ج. مواصلة المواسع: نقل إلى النصف.

جهد المواسع: يزداد إلى الضعف (بافتراض أن المواسع مشحون و مفصول عن البطارية).

الطاقة المخزنة: نزداد إلى الضعف (بافتراض أن المواسع مشحون و مفصول عن البطارية).

7. أ.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} = \frac{10}{24} \Rightarrow C = 2.4 \mu F$$

$$Q_3 = 3 \times 10^{-5} C = Q_2 = Q_1 = Q \quad \text{ب. توالي} \dots$$

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{3 \times 10^{-5}}{2.4 \times 10^{-6}} = 12.5 V$$

قراءة الفولتميتر : 12.5 V

8.

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} \quad \text{أ.}$$

$$20 = V_{ab} + 12 \Rightarrow V_{ab} = 8 V = V_1$$

$$Q_1 = C_1 V_1 = (6 \times 10^{-6})(8) = 48 \mu C$$

$$Q_{2,3} = Q_1 = 48 \mu C \quad \text{ب. توالي} \dots$$

$$V_{2,3} = V_{bc} = 12 \text{ V}$$

$$C_{2,3} = \frac{Q_{2,3}}{V_{2,3}} = \frac{4.8 \times 10^{-5}}{12} = 4 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$Q = Q_1 = 4.8 \times 10^{-5} \text{ C} \quad \text{ج. توالي ...}$$

$$V = V_{ac} = 20 \text{ V}$$

$$PE = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \times (4.8 \times 10^{-5}) \times 20 = 4.8 \times 10^{-4} \text{ J}$$

ص 137

مراجعة الوحدة 3

1.

1. د. كولوم / فولت.

2. ب. b

3. د. من النقطة c إلى النقطة a.

4. ج. $V_a = V_b > V_c$

5. ب. 400 V

6. ب. (2:1)

7. ج. $V = k \frac{+Q}{r}$

8. ب. (b,c)

9. ج. 2 C (الفرع العلوي الموسع على التوالي وكذلك الفرع السفلي. كل من الفرعين على

التوازي مع المكثف C في الفرع الاوسط).

10. ج. تزداد إلى (4) أضعاف.

11. د. $Q_2 = Q_1$

12. ج. 4 C

13. ج. (مقلوب موسعة الموسع، الطاقة المخزنة في الموسع).

2. أ.

$$V_c = k \frac{Q}{r_c} = 9 \times 10^9 \frac{-2 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-2}} = -1.8 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_d = k \frac{Q}{r_d} = 9 \times 10^9 \frac{-2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = -4.5 \times 10^5 \text{ V}$$

ب.

$$W_{d \rightarrow c} = -q(V_c - V_d)$$

$$= -(-1.6 \times 10^{-19}) \times (-1.8 \times 10^5 - (-4.5 \times 10^5)) = 4.32 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$V_{ab} = -Ed_{a \rightarrow b} \cos \theta = -(3 \times 10^4)(5 \times 10^{-2}) \cos 150^\circ = 1305 \text{ V} \quad \text{أ. 3.}$$

$$\Delta PE = qV_{ab} = (-6 \times 10^{-12})(1305) = -7.83 \times 10^{-9} \text{ J} \quad \text{ب.}$$

4. أ. الشحنة Q_2 سالبة ومقدارها:

$$V_1 + V_2 = 0 \Rightarrow V_1 = -V_2$$

$$k \frac{Q_1}{r_1} = -k \frac{Q_2}{r_2}$$

$$\frac{4}{8} = -\frac{Q_2}{2} \Rightarrow Q_2 = -1.0 \text{ nC} = -10^{-9} \text{ C}$$

ب.

$$r_c = \sqrt{3^2 + 10^2} = 10.4 \text{ cm}$$

$$V_c = V_1 + V_2$$

$$V_c = 9 \times 10^9 \left(\frac{4 \times 10^{-9}}{10.4 \times 10^{-2}} + \frac{-10^{-9}}{3 \times 10^{-2}} \right) = 99 \text{ V}$$

5. أ. بما أن الخط الواصل بين a و c عمودي على خطوط المجال؛ فهذا يعني أنه سطح

$$V_{ac} = 0 \quad \text{تساوي جهد، وبالتالي:}$$

$$\Delta PE = qV_{ac} = 0$$

ب.

$$W_{a \rightarrow b} = -qV_{ab}$$

$$W_{c \rightarrow b} = -qV_{cb} = qV_{bc}$$

وبما أن :

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc}$$

$$0 = V_{ab} + V_{bc} \Rightarrow V_{bc} = -V_{ab}$$

$$W_{c \rightarrow b} = qV_{bc} = q(-V_{ab}) = -qV_{ab} = W_{a \rightarrow b} = 100 \text{ J} \quad \text{فإن:}$$

طريقة أخرى:

$$W_{a \rightarrow b} + W_{b \rightarrow c} = W_{a \rightarrow c}$$

$$100 + W_{b \rightarrow c} = 0 \Rightarrow W_{b \rightarrow c} = -100$$

$$W_{c \rightarrow b} = -W_{b \rightarrow c} = -(-100) = 100 \text{ J}$$

6.

$$V_{\text{sph}} = -100 \text{ V} \quad \text{أ. جهد الموصل:}$$

$$R = 1 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \text{: نصف قطره}$$

ب.

$$W_{4 \rightarrow 2} = -q(V_2 - V_4) = -(6 \times 10^{-9})(-50 - (-25)) = 1.5 \times 10^{-7} \text{ J}$$

.7

$$V_{\text{sph}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

لكن :

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2} \Rightarrow Q = 4\pi R^2 \sigma$$

وبتعويض Q في المعادلة السابقة:

$$V_{\text{sph}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4\pi R^2 \sigma}{R} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0}$$

.8 أ.

$$Q = CV = (180 \times 10^{-6})(200) = 3.6 \times 10^{-2} \text{ C}$$

ب.

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 180 \times 10^{-6} \times (200)^2 = 3.6 \text{ J}$$

9. المواسع C يليه المواسع B ثم المواسع A؛ لأن ميل الخط $\frac{\Delta Q}{\Delta V}$ يساوي $\frac{1}{C}$ وبما ميل الخط C هو الأقل فإن مواسعته هي الأكبر.

.10 أ.

$$Q = CV = (150 \times 10^{-6})(250) = 3.75 \times 10^{-2} \text{ C}$$

$$V' = 150 \text{ V} \quad \text{ب.}$$

$$PE = \frac{1}{2} C(V')^2 = \frac{1}{2} \times (150 \times 10^{-6}) \times (150)^2 = 1.69 \text{ J}$$

.11 .أ

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} \Rightarrow C = 2.00 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_{3,4}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow C = 1.33 \mu\text{F}$$

$$C = C_{1,2} + C_{3,4} = 2 + 1.33 = 3.33 \mu\text{F}$$

.ب

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (3.33 \times 10^{-6}) \times (12)^2 = 239.7 \times 10^{-6} \text{ J}$$

.12

$$V_{ab} = \frac{Q}{C}$$

$$Q = Q_4 = Q_{1,2,3} = 30 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\frac{1}{C_{(1,2)}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{15} + \frac{1}{3} = \frac{6}{15} \Rightarrow C_{(1,2)} = 2.5 \mu\text{F}$$

$$C_{(1,2),3} = C_{(1,2)} + C_3 = 2.5 + 6 = 8.5 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{(1,2),3}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{8.5} + \frac{1}{20} \Rightarrow C = 5.96 \mu\text{F} = 5.96 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V_{ab} = \frac{Q}{C} = \frac{30 \times 10^{-6}}{5.96 \times 10^{-6}} = 5 \text{ V}$$

إجابات أسئلة كتاب الأنشطة والتجارب العملية

تجربة إثرائية: بناء أفعوانية.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. تختلف الإجابات بحسب ارتفاع التل الأول لكل نموذج.
2. تختلف الإجابات بحسب ارتفاع التل الأول لكل نموذج. تكون سرعات الكرات الثلاث متساوية؛ لأنها تعتمد على ارتفاع الجسم الراسي عن سطح الأرض ولا تعتمد على كتلة الجسم في غياب قوة الاحتكاك.
3. تكونان متساويتين عند إهمال قوة الاحتكاك؛ حيث الطاقة الميكانيكية عند أقصى ارتفاع هي طاقة وضع وتكون عظمى، والطاقة الميكانيكية عند أخفض موقع هي طاقة حركية وتكون عظمى.
4. لأن للكرات طاقة حركية تُمكنها من بذل شغل على الكوب وتحريكه، وتزداد المسافة التي يتحركها الكوب بزيادة الارتفاع الذي يتم إفلات الكرات منه (زيادة ارتفاع التل الأول).
5. بإهمال قوى الاحتكاك تكون سرعات الكرات متساوية عند نهاية مسارها الأفقي؛ لأن السرعة عند أخفض موقع تعتمد على الارتفاع الراسي عن مستوى الإسناد.
6. إجابة محتملة: يعتمد النقاش على ما إذا كان بإمكانهم تحديد القيود والمحددات الفيزيائية وشرح مشكلات بعبارات فيزيائية، مثل: ليس للكرات طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية كافية لأن ارتفاع التل الأول ليس كبيراً بما يكفي، أو أن قوة الاحتكاك بين الكرات والمسار كبيرة جداً، أو أن الأفعوانية غير مستقرّة وغير مثبتة جيداً.
7. تختلف الإجابات بحسب البيانات التي تم رصدها الخاصة بكل أفعوانية.
8. إجابة محتملة: من خلال زيادة الارتفاع الراسي للتل الأول الذي تنطلق منه عربات الأفعوانية (نقطة بداية مسار الحركة) بالنسبة لمستوى الإسناد؛ فكلما زاد الارتفاع زادت سرعة العربات في نهاية مسارها الأفقي، مع مراعاة شروط الأمان والسلامة بالنسبة لحدود السرعة التي يتحملها الركاب.
9. إجابة محتملة: أكثرها إثارة التي تراعي وجود منعطفات متنوعة، وتحولات مفاجئة بين طاقة الوضع والطاقة الحركية، وارتفاع التل الأول فيها كبير لتزويد العربات بسرعات كبيرة. أما الأمان فهو مراعاة عدم

سقوط الكرات عن مسارها، كما يجب أن تراعي ألا تكون القوة المؤثرة في الراكب عند المنعطفات أكبر بكثير من وزنه؛ لكيلا يفقد الراكب وعيه.

10. ستختلف الإجابات بحسب النماذج التي عملها الطلبة؛ ويرتبط الإبداع في التصميم بشكل نموذج الأفعوانية، وجمال التصميم، واحتوائه على منعطفات مختلفة، ومسارات حلقيه وأخرى لولبية، وغيرها. ويرتبط الأداء بإكمال العربات (الكرات) مسار حركتها كاملاً، أما شروط السلامة والأمان فترتبط بعدم سقوط العربات عن مسار حركتها، أو توقفها قبل وصولها نهاية المسار، أو عدم تثبيت الركاب جيداً بالعربات، وتراعي في تصميمها الأطوال المختلفة للركاب.

11. ستختلف الإجابات بحسب النماذج، ولكن يجب ألا تُركز على وجود الإثارة في التصميم على حساب شروط الأمان والسلامة، كذلك ألا تطغى شروط الأمان والسلامة على الإثارة، فيفقد النموذج عنصر الإثارة للركاب، وهو عنصر مهم. أي يجب الموازنة بين الإثارة في التصميم وشروط الأمان والسلامة.

12. إجابة محتملة: الدقة في العمل، العمل الجماعي، اختبار نموذج أي تصميم يُساعد في تعرّف أي مشكلة تواجه التطبيق العملي له واكتشافها، وبالتالي يُمكن إعادة تصميم النموذج أو إدخال تعديلات عليه في ضوء التغذية الراجعة وقبل طرح المنتج أو إنشائه وتعرّيض حياة الأشخاص للخطر،

13. تختلف الإجابات بحسب مواصفات نموذج الأفعوانية. إجابة محتملة: زيادة ارتفاع التل الأول في المسار؛ للحصول على سرعة أكبر للعربات (الكرات)، أو تقليل ارتفاع التل الأول لتقليل سرعة حركة العربات، زيادة عدد المنعطفات المختلفة أو تقليلها، عمل مسارات لولبية، عمل حلقات رأسية؛ للحصول على الإثارة، تقليل قوة الاحتكاك في المسار؛ لتقليل الطاقة الضائعة للتغلب على قوة الاحتكاك،

14. إجابة محتملة: سوف يفشل النموذج، تعرّيض حياة الأشخاص مستخدمي المنتج للخطر، الحصول على نتائج غير مخطط لها ولا يُمكن التعامل معها،

15. لقد تمكّنت في هذا الاستقصاء من محاكاة عمل المهندسين الميكانيكيين، وذلك بتصميم نموذج أفعوانية، ثم بنائه، ثم اختباره وفق معايير مُحدّدة، ثم تقييم التصميم، وتعديله بحسب نتائج الاستقصاء.

16. إجابة محتملة: العصف الذهني، النمذجة، المحاكاة، الاختبار، التحليل، إعادة التصميم، التحسين.

1. الشغل يساوي صفرًا بصرف النظر عن عدد الدورات؛ لأن اتجاه القوة المركزية المؤثرة في الكرة (قوة الشد) عمودي على اتجاه إزاحة الكرة.

2.

أ. أحسب شغل القوة المحصلة كما يلي:

$$\begin{aligned}W_F &= Fd \cos \theta \\ &= 20 \times 5 \times \cos 0^\circ \\ &= 100 \text{ J}\end{aligned}$$

ب.

$$KE_i = \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times (2)^2 = 6 \text{ J}$$

ج. بما أن القوة المحصلة المؤثرة في الزلاجة تساوي (20 N) فإن التغير في طاقتها الحركية يساوي شغل هذه القوة بحسب مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

$$W_F = \Delta KE = 100 \text{ J}$$

د.

$$\begin{aligned}\Delta KE &= KE_f - KE_i \\ KE_f &= \Delta KE + KE_i \\ \frac{1}{2} m v_f^2 &= 100 + 6 = 106 \\ v_f^2 &= \frac{2 \times 106}{3} = 70.67 \\ v_f &= 8.4 \text{ m/s}\end{aligned}$$

وتكون السرعة النهائية للزلاجة في اتجاه اليمين في نفس اتجاه القوة المحصلة المؤثرة، وفي نفس اتجاه الحركة الابتدائي.

هـ. شغل القوة العمودية وشغل الوزن يساويان صفرًا؛ لأن القوتين متعامدتان مع اتجاه الحركة.

3.

أ. الطاقة الميكانيكية للكرة محفوظة لعدم وجود قوى غير محافظة تبذل شغلا. لذا فإن:

$$ME_A = ME_B$$

$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B$$

$$0 + mgy_A = \frac{1}{2}m v_B^2 + mgy_B$$

$$0 + 2 \times 10^2 \times 10 \times 80 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times v_B^2 + 2 \times 10^2 \times 10 \times 20$$

$$1.6 \times 10^5 = 1 \times 10^2 \times v_B^2 + 4 \times 10^4$$

$$v_B^2 = \frac{1.6 \times 10^5 - 4 \times 10^4}{1 \times 10^2} = 1.2 \times 10^3$$

$$v_B = 34.6 \text{ m/s}$$

ب.

$$ME_A = ME_B = ME_C$$

$$= KE_A + PE_A$$

$$= 0 + mgy_A = 2 \times 10^2 \times 10 \times 80$$

$$= 1.6 \times 10^5 \text{ J}$$

ج. الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الأفعوانية يساوي سالب التغير في طاقة وضعها الناشئة عن

الجاذبية.

$$W_{g(A-C)} = -\Delta PE = -(PE_C - PE_A) = PE_A - PE_C$$

$$= mgy_A - mgy_C = mg(y_A - y_C)$$

$$= 2 \times 10^2 \times 10 \times (80 - 60)$$

$$= 4 \times 10^4 \text{ J}$$

4.

أ.

$$W_f = f_k d \cos 180^\circ$$

$$= -2 \times 10^3 \times 2.25 \times 10^2$$

$$= -4.5 \times 10^5 \text{ J}$$

ب. يوجد قوى غير محافظة مؤثرة في السيارة، والطريق أفقي (لا يوجد تغير في طاقة الوضع). استخدم

الرمز (F) لقوة محرك السيارة.

$$W_{nc} = \Delta ME$$

$$W_F + W_f = \Delta ME$$

$$W_F = \Delta KE + \Delta PE - W_f$$

$$\begin{aligned} W_F &= \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) + 0 - (-4.5 \times 10^5) \\ &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 10^3 \times (225 - 0) + 4.5 \times 10^5 \\ &= 6.1875 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

أو

أحسب التسارع باستخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

$$(15)^2 = (0)^2 + 2a \times 2.25 \times 10^2$$

$$a = 0.5 \text{ m/s}^2$$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في الحركة؛ لحساب مقدار القوة التي يؤثر بها المحرك (F_T).

$$\Sigma F = ma$$

$$F - f_k = ma$$

$$F = f_k + ma = 2 \times 10^3 + 1.5 \times 10^3 \times 0.5 = 2.75 \times 10^3 \text{ N}$$

ثم أحسب شغل قوة المحرك.

$$W_F = F \Delta x \cos 0^\circ$$

$$= 2.75 \times 10^3 \times 2.25 \times 10^2 \times 1$$

$$= 6.1875 \times 10^5 \text{ J}$$

ج. نحسب الزمن المستغرق:

$$v_f = v_i + at$$

$$15 = 0 + 0.5 \times t$$

$$\Delta t = t = 30 \text{ s}$$

ثم أحسب القدرة المتوسطة للمحرك.

$$\bar{P} = \frac{W_F}{\Delta t}$$

$$= \frac{6.1875 \times 10^5}{30}$$
$$= 2.0625 \times 10^4 \text{ watts} \approx 27.7 \text{ hp}$$

كراسة التجارب / الوحدة الثانية: المجال الكهربائي الإجابات

التجربة الإثرائية: (ص 37)

البيانات والملاحظات:

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على قطعة فلزية على شكل صليب، لاحظتُ:

يتكون ظل على نهاية الأنبوب شكله يشبه شكل القطعة الفلزية (صليب).

عند تقريب أحد قطبي المغناطيس من مسار الأشعة المهبطية، لاحظتُ:

تتحرف الأشعة المهبطية عن مسارها المستقيم وتتخذ اتجاهًا مختلفًا.

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على دولا ب قابل للدوران، لاحظتُ:

يبدأ الدولا ب بالدوران عند سقوط الأشعة المهبطية عليه.

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على صفيحتين تُشكّلان مجالًا كهربائيًا منتظمًا، لاحظتُ:

أن الأشعة المهبطية تتحرف عن مسارها المستقيم وتغير اتجاهها.

التحليل والاستنتاج

1. تكون الظل على نهاية الانبوب يشبه في شكله شكل القطعة الفلزية، يثبت أن الأشعة المهبطية تسير في خطوط مستقيمة.
2. انحراف الأشعة المهبطية عن مسارها المستقيم واتخاذها اتجاهًا مختلفًا، يثبت أن الأشعة المهبطية تحمل شحنات كهربائية تتأثر بالمجال المغناطيسي عندما تكون متحركة.
3. دوران الدولاب عند سقوط الأشعة المهبطية عليه، يثبت أن دقائق الأشعة المهبطية تمتلك طاقة حركية ولها كتلة.
4. انحراف الأشعة المهبطية عن مسارها المستقيم وتغيير اتجاهها، يثبت أنها تحمل شحنة كهربائية سالبة، تنحرف بعكس اتجاه خطوط المجال الكهربائي المنتظم.

إجابات أسئلة التفكير: (ص 39)

السؤال الأول:

- (ب): ينشأ أمام الشاشة مجال كهربائي يعمل على إحداث استقطاب لدقائق الغبار العالقة في الهواء؛ فينجذب طرفها المخالف في شحنته نحو الشاشة.

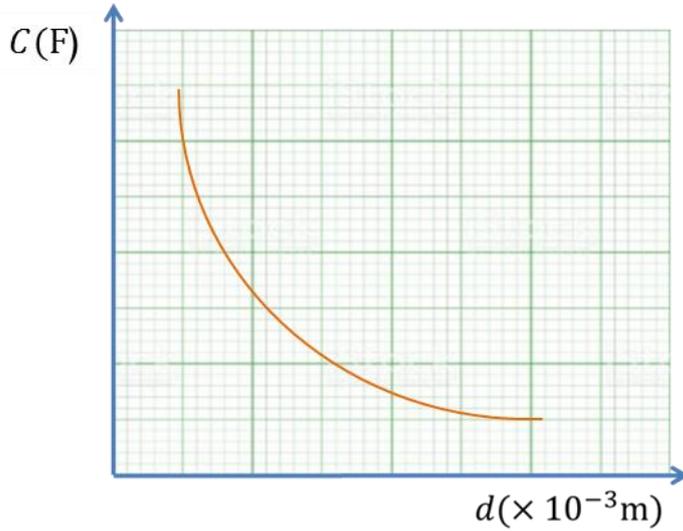
السؤال الثاني:

- (د): سائق السيارة B سيكون في مأمن؛ لأن هيكـل سيارته موصل للكهرباء، فيحدث تفريغ الشحنات من الصاعقة إلى جسم السيارة الفلزي، ثم إلى الأرض من دون أن يتأثر سائقها، بينما قد يحدث تفريغ في جسم السائق الآخر؛ فالعجلات العازلة لا تمنع تفريغ الشحنة.

الوحدة 3

إجابات أسئلة كتاب الأنشطة والتجارب

تجربة إثرائية 1: التحليل والاستنتاج



1. العلاقة بين مواسعة المواسع والمسافة بين صفيحتيه ممثلة بيانياً في الشكل.

2. يبين المنحنى أن مواسعة المواسع تتناقص كلما ازدادت المسافة بين لوحية ولكن ليس بشكل خطي وإنما على شكل منحنى كما في الشكل.

3.

- كلما ازدادت مساحة كل من صفيحتي المواسع نزداد مواسعته.
 - كلما زادت سماحية المادة العازلة تزداد مواسعة المواسع. وأي مادة عازلة غير الهواء سماحيته أكبر من سماحية الهواء.
- ويمكنك إثبات ذلك عملياً في المختبر باستخدام الأدوات نفسها.

4.

مقدار الخطأ في قراءة كل من الورنية ومقياس المواسعة يعتمد ذلك على دقة الجهاز

الأداة

المستخدمة، فمثلاً دقة الورنية غالباً ما تكون 0.02 mm أو 0.05 mm حسب التدريجات.

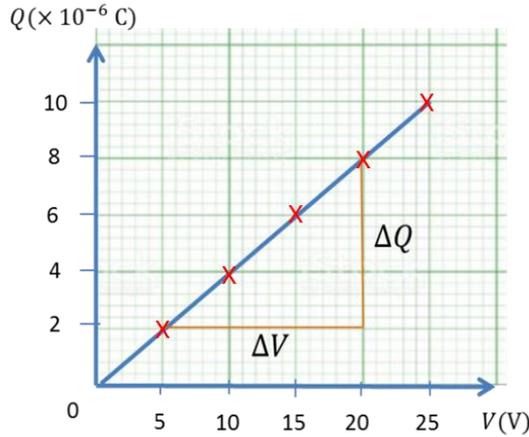
1. ب. مواسعان على التوالي والمواسع الثالث على التوازي مع المواسع المكافئ للمواسعين الأوليين.
2. د. لا؛ لأن طاقة الوضع الكهربائية عند نقطة ما، تعتمد على الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة، بينما الجهد الكهربائي ليس كذلك.

3.

أ. بما أن مواسعة المواسعة ثابتة؛ فإن استخدام أي زوج من قيم الشحنة والجهد في الجدول مثل (15 V, 6 C) يفترض الحصول على قيمة المواسعة نفسها؛ حيث نقطة البداية (0,0) :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{6 \times 10^{-6}}{15} = 4 \times 10^{-7} \text{ F}$$

* أحياناً قد لا تكون النتائج العملية صحيحة بشكل كامل لظروف معينة أو أخطاء في القياس، وفي هذه الحالة يفضل رسم العلاقة بين جهد المواسع وشحنته، وميل الخط المستقيم يساوي مواسعة المواسع كما في الفرع ب.



ب. العلاقة بين جهد المواسع وشحنته ممثلة بيانياً كما في الشكل. ميل الخط المستقيم يساوي:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{(8 - 2) \times 10^{-6}}{20 - 5} = 4 \times 10^{-7} \text{ F}$$

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{ج.}$$

$$10^{-5} = \frac{1}{2} (4 \times 10^{-7}) V^2 \Rightarrow V = \sqrt{50} = 7.1 \text{ V}$$

د. 4. زيادة المسافة بين صفيحتي المواسع.

4. ج. V_{AB}

5. لأنه يحتوي على مواسعات بداخله وعند إطفاء الجهاز أو فصله عن مصدر الطاقة تبقى الشحنات الكهربائية (الطاقة الكهربائية) مخزنة فيها، فإذا لامستها مباشرة بعد إطفاء الجهاز تتفرغ شحناتها عن طريق جسمك مما يشكل خطورة عليك.

6. أ. $Q = -q$

7. ب. $2qV$