المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الفيزياء

الصف الحادي عشر - كتاب الأنشطة والتجارب العملية

الفصل الدراسي الأول

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

أ.د. محمود إسماعيل الجاغوب

خلدون سليمان المصاروه

موسى محمود جرادات

يحيى أحمد طواهـا

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهج في جلسـته رقم (2021/3)، تاريـخ 2021/6/10 م، وقرار مجلـس التربية والتعليم رقـم (2021/116) تاريـخ 2021/6/30 م بـدءًا من العام الـدراسي 2021 / 2022 م.

© Harper Collins Publishers Limited 2021.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 171 - 1

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/6/3305)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

فيزياء:الصـف الحـادي عشـر الفـرع العلمـي: كتاب الانشـطة والتجـارب العلميـة الفصـل الأول/ المركز الوطنـي لتطوير المناهـج.– عمـان: المركز، 2021

(56) ص.

ر.إ.: 2021/6/3305

الواصفات: / الفيزياء / / المناهج/ / التعليم الثانوي/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) **1442هـ / 2021 م**

قائمة المتحويات

الموضوع	رقم الصفحة
الوحدة الأولى: الشغل والطاقة	
تجربة استهلالية: حساب الشغل	4
التجربة 1 : مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية)	7
تجربة إثرائية: بناء أُفعوانية	12
أسئلة تفكير	22
الوحدة الثانية: المجال الكهربائي	
تجربة استهلالية : قياس قوة التنافر الكهربائية بين شحنتين بطريقة عملية	25
التجربة 1 : استقصاء العلاقة بين القوة الكهربائية والبعد بين الشحنتين في قانون كولوم	28
التجربة 2 : تخطيط المجال الكهربائي المنتظم بطريقة عملية	32
تجربة إثرائية : اكتشاف الإلكترون	35
أسئلة تفكير	39
الوحدة الثالثة: الجهد الكهربائي والمواسعة	
تجربة استهلالية : العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي	40
التجربة 1 : رسم خطوط تساوي الجهد عمليًّا	43
التجربة 2 : قياس مواسعة مواسع عمليًّا	46
التجربة 3 : المواسعة المكافئة لعدّة مواسعات تتّصل على التوالي، أو التوازي	49
تجربة إثرائية : استقصاء العوامل المؤثّرة في مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين	53
أسئلة تفكير	55

حساب الشغل

الخلفية العلمية: لرفع جسم رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ثابتة؛ لا بدّ من التأثير فيه بقوّة خارجية (F_{ext}) مقدارها مساوٍ لمقدار وزن الجسم واتجاهها بعكس اتجاه الوزن، وعندها تكون القوة المحصّلة المؤثّرة فيه صفرًا، وحسب القانون الأول لنيوتن، يتحرّك الجسم بسرعة متّجهة ثابتة.

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

$$F_{ext} = F_g$$

وتبذل القوّة المؤثّرة (F_{ext}) في الجسم شغلًا (W_F) عليه عند تحريكه إزاحة ($d = \Delta x$) يُعطى مقداره بالعلاقة:

$$W_F = F_{ext}\, d \cos\theta$$

حيث (θ) الزاوية المحصورة بين اتّجاهي القوّة المؤثّرة والإزاحة. وعند رفع الجسم رأسيًّا إلى أعلى يكون مقدار هذه الزاوية صفرًا، ويُحسب الشغل المبذول لتحريك الجسم إزاحة رأسية مقدارها (d) بسرعة متّجهة ثابتة كما يأتي:

$$W_F = F_{ext}\, d \cos\theta = F_g\, d = mgd$$

الهدف:

- تعرّف مفهوم الشغل.
- حساب الشغل الذي تبذله قوّة ثابتة مقدارًا واتّجاهًا.
- استنتاج العلاقة بين وزن جسم، ومقدار الشغل المبذول لرفعه بسرعة ثابتة.

الموادّ والأدوات:

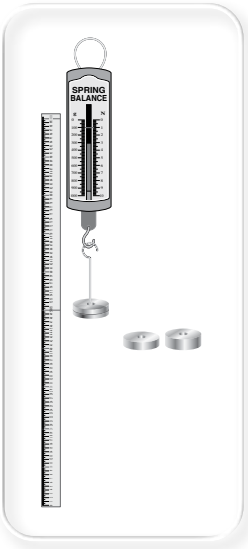
ميزان نابضي، (3) أثقال مختلفة (100 g, 200 g, 300 g)، مسطرة مترية، شريط لاصق، حامل أثقال.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف، واستعمال النظّارات الواقية للعينين، والحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات العمل:



بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. **أضبطُ المتغيّرات**: أُحدّد علامتين على المسطرة المترية باستعمال الشريط اللاصق، المسافة بينهما (50 cm)، وأُدوّنها في جدول البيانات للمحاولات الثلاث. ثم يُثبّت أحد أفراد مجموعتي المسطرة المترية رأسيًّا على سطح الطاولة.
2. **أقيس**: أُمسك الميزان النابضيّ رأسيًّا في الهواء موازيًا للمسطرة المترية، وأُعلّق حامل الأثقال في خطّافه، ثم أضع الثقل (100 g) على الحامل، بحيث يكون بجانب العلامة السفلية على المسطرة. أُدوّن قراءة الميزان في المكان المخصّص في جدول البيانات للمحاولة (1).
3. **أُلاحظ**: أرفع الثقل رأسيًّا إلى أعلى إزاحة مقدارها (50 cm) بسرعة ثابتة تقريبًا، ويُلاحظ أحد أفراد مجموعتي قراءة الميزان في أثناء ذلك. أُدوّن قراءة الميزان تحت عمود القوّة اللازمة في جدول البيانات للمحاولة (1).
4. أُكرّر الخطوتين (3 – 2) بتعليق الثقلين (200 g) و(300 g) كلّ على حدة في حامل الأثقال، وأُدوّن نتائجي في جدول البيانات.

البيانات والملاحظات:

رقم المحاولة	المسافة (d) (m)	وزن الحامل وثقل التعليق (N)	القوة اللازمة (N)	الشغل (J)
1	0.5			
2	0.5			
3	0.5			

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسبُ** الشغل المبذول لرفع كلّ ثقل؛ بضرب مقدار القوّة اللازمة لرفعه في مقدار الإزاحة التي تحرّكها، وأُدوّنه في جدول البيانات.

.....

.....

2. **أُقارن**: أيّ الأثقال لزم لرفعه بذل شغل أكبر؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

3. **أستنتجُ** العلاقة بين وزن الثقل ومقدار الشغل المبذول لرفعه بسرعة ثابتة.

.....

.....

.....

4. **أُحلّل البيانات وأُفسّرها**: لماذا رفعتُ الثقل بسرعة ثابتة؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

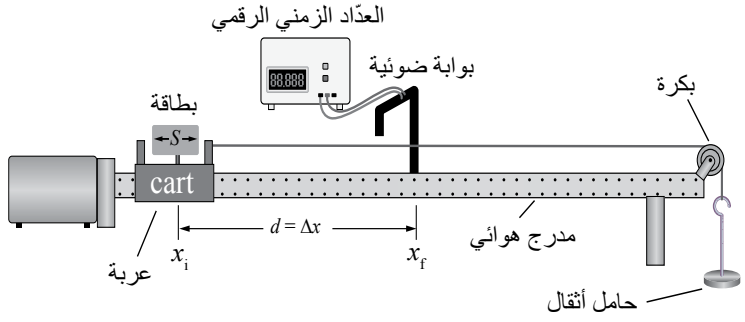
الخلفية العلمية:

عندما تبذل قوّة محصّلة خارجية شغلًا على جسم، تتغيّر طاقته الحركية، ويكون مقدار التغيّر في طاقته الحركية مساويًا لشغل القوة المحصّلة الخارجية المؤثّرة فيه. ويُعبّر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

$$W_F = \Delta KE = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2 \quad \ldots\ldots 1$$

تُسمّى هذه المعادلة مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية).

في هذه التجربة، سأستقصي صحّة هذه المبرهنة؛ إذ يوضّح الشكل أدناه كيفية ترتيب الموادّ والأدوات لتنفيذ هذه التجربة. أُلاحظ أنّ المدرج الهوائي في وضع أُفقي تمامًا، وكتلة العربة (m_{cart})، وكتلة ثقل التعليق (الحامل والأثقال التي عليه) (m_{hang}) تؤثّر بقوّة الشد في الخيط الذي يبذل شغلًا على العربة. لحساب شغل القوّة المحصّلة الخارجية المبذول على العربة، أُلاحظ أنّه لا توجد قوّة احتكاك بين العربة والمدرج. والخيط الواصل بين البكرة والعربة خفيف مهمل الكتلة، كما أنّه أُفقي تمامًا؛ لضمان أن تكون القوّة المحصّلة الخارجية المؤثّرة في العربة في اتّجاه الإزاحة نفسه. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على العربة وثقل التعليق كلّ على حدة، أحصلُ على المعادلتين الآتيتين:



$$F_T = m_{cart}\, a \quad \ldots\ldots 2$$

$$m_{hang}\, g - F_T = m_{hang}\, a \quad \ldots\ldots 3$$

وبجمع المعادلتين (2) و(3)، أحصلُ على معادلة حساب تسارع العربة وثقل التعليق:

$$a = \frac{m_{hang}\, g}{m_{hang} + m_{cart}} \quad \ldots\ldots 4$$

حسب القانون الثاني لنيوتن، تكون القوّة المحصّلة المؤثّرة في العربة ($\sum F = F_T = m_{cart}\, a$)، حيث القوة المحصلة مساوية لقوّة الشد في الخيط، وأحسبُ شغلها الذي تبذله في تحريك العربة إزاحة مقدارها (d) في اتّجاهها بالعلاقة: $W_F = \sum Fd = F_T d = m_{cart}\, a\, d$

وبتعويض التسارع من المعادلة (4) في معادلة حساب الشغل، أحصلُ على المعادلة الآتية:

$$W_F = \left(\frac{m_{cart}\, m_{hang}}{m_{hang} + m_{cart}}\right) gd \quad \ldots\ldots 5$$

تُعطي المعادلة السابقة الشغل الذي تبذله قوّة محصّلة خارجية عند تحريكها العربة إزاحة (d) في اتّجاهها. وبحساب التغيّر في الطاقة الحركية للعربة؛ أستطيع الحُكم على صحّة مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية). ويُمكنني استعمال بوّابات ضوئية لقياس سرعة العربة عند مواقع مختلفة في أثناء حركتها؛ إذ أُثبِّت بطاقة خاصة فوق العربة طولها (S)، وتقيس كل بوابة الفترة الزمنية (Δt) التي تستغرقها هذه البطاقة في عبورها. ومن ثم، يُمكنني حساب سرعة العربة عند تلك اللحظة بالعلاقة: ($v_f = \frac{S}{\Delta t}$).

وبافتراض الطاقة الحركية الابتدائية للعربة صفرًا ($KE_i = 0$)؛ لأنّها انطلقت من السكون، يكون التغيّر في الطاقة الحركية للعربة مساويًا طاقتها الحركية النهائية بعد قطعها إزاحة مقدارها (d) من موقعها الابتدائي. وأحسبُ التغيّر في طاقتها الحركية: ($\Delta KE = KE_f - KE_i = KE_f$).

الهدف:

- **استقصاء** العلاقة بين الشغل الذي تبذله قوّة محصّلة خارجية ثابتة على جسم، والتغيّر في طاقته الحركية.
- **إصدار حكم** على صحّة مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية).
- **اكتساب مهارة** تصميم التجارب، وتنفيذها.

الموادّ والأدوات:

مدرج هوائي وملحقاته، مسطرة مترية، بكرة، خيط، حامل أثقال، 10 أثقال كتلة كلّ منها (10 g)، ميزان.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظّارات الواقية للعينين، والحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّت المدرج الهوائي أفقيًّا على سطح الطاولة، ثمّ أُثبّت البكرة في نهايته كما في الشكل، ثم أُثبّت المسطرة المترية على سطح الطاولة، بحيث يكون صفرها عند بداية المدرج.
2. **أقيس** طول البطاقة (S) الخاصّة بالعربة ثم أُثبّتها عليها، وأدوّن طولها للمحاولات جميعها في الجدول (1).
3. **أقيس** كتلة العربة المنزلقة (m_{cart}) وأُدوّنها أعلى الجدول، ثمّ أضع العربة عند بداية المدرج عند الموقع ($x_i = 0$ m).
4. **أقيس**: أضع أثقالًا مناسبة (50 g مثلًا) على حامل الأثقال، ثمّ أقيس كتلة الحامل وأثقاله (m_{hang}) وأُدوّنها أعلى الجدول.
5. أربطُ أحد طرفَي الخيط بمقدّمة العربة، ثمّ أربط طرفه الآخر بحامل الأثقال مرورًا بالبكرة، مراعيًا وصول العربة إلى نهاية المسار على المدرج قبل ملامسة حامل الأثقال أرضية الغرفة. أُثبّت حاجز الاصطدام في نهاية المسار؛ لمنع اصطدام العربة بالبكرة.
6. أُثبّت البوّابة الضوئية عند الموقع ($x_f = 40$ cm)، ثم أصلها بالعدّاد الزمني الرقمي، ثم أصله بمصدر الطاقة الكهربائية ثمَّ أُشغّله. أُدوّن بُعد البوابة الضوئية عن مقدّمة العربة ($d = x_f - x_i$) للمحاولة (1) في الجدول.
7. **أُجرّب**: أُشغّل مضخّة الهواء، ثمّ أُفلت العربة لتتحرّك من السكون، وأُلاحظ قراءة العداد الزمني الرقمي (Δt) الذي يُمثّل الزمن الذي تستغرقه البطاقة التي على العربة في عبور البوابة الضوئية. أُدوّن هذا الزمن في الجدول للمحاولة (1).
8. أُكرّر الخطوتين (6 - 7) مرّتين مع تغيير موقع البوابة الضوئية في كل مرّة، وأُدوّن في الجدول القياسات الجديدة لكلّ من: (d)، و(Δt).
9. أُكرّر التجربة مرّة أُخرى بزيادة الأثقال على الحامل.

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

البيانات والملاحظات:

m_{hang} = kg $\qquad$ m_{cart} = kg

v_{i} = m/s $\qquad$ KE_{i} = J

الجدول (1)					
$v_{\text{f}}^{\,2}$ $(\text{m/s})^2$	v_{f} (m/s)	Δt (s)	$d = x_{\text{f}} - x_{\text{i}}$ (m)	S (m)	رقم المحاولة
				0.1	1
				0.1	2
				0.1	3

الجدول (2)			
$W_F - \Delta KE$ (J)	ΔKE (J)	W_F (J)	رقم المحاولة
			1
			2
			3

التحليل والاستنتاج:

1. أحسبُ مقدار السرعة النهائية للعربة لكل محاولة، باستعمال العلاقة:
($v_{\text{f}} = \dfrac{S}{\Delta t}$) ، ثمّ أجد مربّع هذه السرعة، وأُدوّن الحسابات في الجدول (1).

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2. **أحسبُ** مقدار شغل القوّة المحصّلة الخارجية المؤثّرة في العربة لكل محاولة، باستعمال العلاقة: $W_F = \left(\frac{m_{cart}\ m_{hang}}{m_{hang} + m_{cart}}\right) gd$)، ثمّ أُدوّنه في الجدول (2).

.....

.....

3. **أحسبُ** مقدار التغيّر في الطاقة الحركية للعربة لكل محاولة باستعمال العلاقة:
($\Delta KE = KE_f - KE_i$)، ثمّ أُدوّنه في الجدول (2).

.....

.....

4. **أُقارن** بين (W_F)، و(ΔKE) لكلّ محاولة. ما العلاقة بينهما؟ هل يوجد أي اختلاف بينهما؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

5. **أُحلّل**: هل دعّمت نتائجي التجريبية التي حصلت عليها مبرهنة (الشغل –الطاقة الحركية)؟ أُوضّح سبب وجود أي اختلاف بينهما.

.....

.....

6. **أُحلّل وأستنتجُ**: هل يُبذَل شغل على العربة عند ملامسة حامل الأثقال لأرضية الغرفة؟ أُوضّح إجابتي.

.....

.....

.....

7. **أتوقّع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

.....

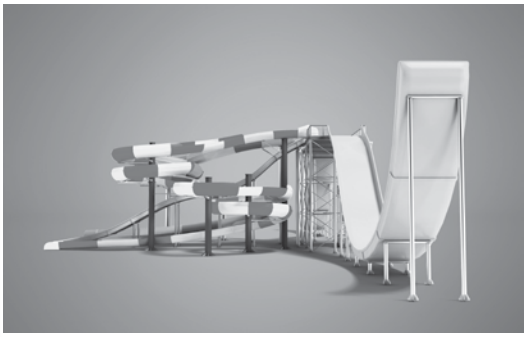
.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الخلفية العلمية:



الطاقة الميكانيكية لأيّ نظام محفوظة عندما تكون القوى التي تبذل شغلًا فيه محافظة، وبذلك تبقى الطاقة الميكانيكية للنظام ثابتة. وجرت الاستفادة من حفظ الطاقة الميكانيكية في تصميم كثير من الأجهزة والأنظمة الميكانيكية والألعاب، ومنها: لعبة الأُفعوانية.

تعتمد عربات الأُفعوانية في عملها على طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية؛ إذ تُعدّ قوّة الجاذبية هي القوّة المحرّكة للعربات في أغلب الأُفعوانيات. بدايةً، تُجرّ عربات الأُفعوانية إلى التلّ الأول الذي يكون أعلى تلّ (منحدر) في مسار حركتها، وعندها تكون الطاقة الميكانيكية للعربات طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية، وتكون قيمتها عظمى؛ إذ الطاقة الحركية صفر.

وعندما تبدأ عربات الأُفعوانية هبوطها إلى أسفل التلّ الأول، تتحوّل طاقة الوضع المختزنة فيها إلى طاقة حركية. وعندما تعاود العربات الصعود إلى أعلى تلّ آخر ارتفاعه أقلّ فإنّها تتباطأ، ويتحوّل جزء كبير من طاقتها الحركية إلى طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية. ولا يُمكن للعربات أن تصعد تلًّا له الارتفاع نفسه للتلّ الأول؛ لأنّها تفقد جزءًا من طاقتها الميكانيكية نتيجة تأثير قوى الاحتكاك من الهواء ومسار الحركة في الأُفعوانية، وهو ما يتسبّب في التباطؤ التدريجي لحركة العربات. تتوالى عملية تحوّل الطاقة بين طاقة الوضع وطاقة الحركة في أثناء حركة العربات صعودًا ونزولًا، عبر التلال والمنعطفات في مسار حركتها، حتى تعود إلى نقطة البداية.

يكون مجموع طاقتَي الوضع والحركة والطاقة المفقودة نتيجة الاحتكاك لنظام (العربة والمسار والأرض) دائمًا مساويًا الطاقة الميكانيكية الابتدائية (طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية الابتدائية عندما تبدأ العربات حركتها من السكون)، ولا يُمكن أن يكون المجموع أكبر منها؛ لذا، يُراعي مصمّمو الأُفعوانيات أن يكون للعربات ما يكفي من طاقة الوضع الابتدائية؛ كي تتمكّن من قطع مسار الحركة المخصّص لها كاملًا. وهذا بدوره يضع بعض القيود والمحدّدات على التصميم؛ فمثلًا، لا يُمكن لعربات الأُفعوانية أن تتحرّك عبر مسار حلقي رأسي أو تصعد تلًّا يزيد ارتفاعهما عن ارتفاع التل الأول الذي انطلقت منه؛ لأنّ ذلك يتطلّب طاقةً تفوق الطاقة التي تمتلكها العربات. أيضًا، إذا كان

مسار حركة العربات طويلًا للغاية؛ فإنّ قوّة الاحتكاك المؤثّرة فيها قد تؤدي إلى توقُّفها قبل بلوغها نقطة النهاية. في هذا الاستقصاء، تؤخذ هذه القيود والمحدّدات في الحسبان في أثناء تصميم نموذج لعبة الأُفعوانية، وسيواجه الطلبة عدّة مشكلات وتحديات وقيود، هي نفسها التي يواجهها مهندسو الأُفعوانيات ويعالجونها عند تصميمهم أُفعوانية وبنائها. ولتصميم أفعوانية تعمل جيدًا وبنائها؛ يجب بدايةً التعرّف إلى: القيود والمحدّدات المفروضة على التصاميم، وتصميم نموذج أُفعوانية وفقًا للقوانين الأساسية في الفيزياء. ويتعلّم الطلبة أنّ قدرتهم على فهم هذه القيود والعمل ضمنها أمر بالغ الأهمية لنجاح نموذج الأُفعوانية.

يهدف هذا الاستقصاء إلى تصميم ناجح ومبتكر لنماذج أُفعوانيات تُحرّكها قوّة الجاذبية وبنائها. ويُقوّم الطلبة فاعلية هذه التصاميم محاكاةً لما يفعله المهندسون الميكانيكيون عند تطبيقهم علوم الهندسة والفيزياء والموادّ، في أثناء تصميم الأنظمة الميكانيكية وتحليلها وتصنيعها وصيانتها.

المعرفة المسبقة:

معرفة أساسية عن القوى، وخاصّة قوّة الجاذبية وقوّة الاحتكاك، وإلمام بالطاقة الحركية وطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية والتحوّلات بينهما، وحفظ الطاقة الميكانيكية، وتوافر معرفة وفهم للقانون الثاني لنيوتن في الحركة، والمفاهيم الأساسية اللازمة لوصف الحركة، مثل: الموقع والسرعة والتسارع.

الهدف:

- استنتاج أهمّية فهم المهندسين لآلية عمل الأُفعوانيات.
- استقصاء القيود والمحدّدات التي لها علاقة بعمل الأُفعوانية.
- تصميم ناجح ومبتكر لنماذج أُفعوانيات تُحرّكها قوّة الجاذبية، ضمن معايير وشروط مُعيّنة.
- مناقشة تأثيرات قوى الجاذبية والاحتكاك في حركة عربات الأُفعوانية في سياق تصاميمهم.
- استعمال حفظ الطاقة الميكانيكية لشرح تصاميم أُفعوانياتهم.
- بناء نموذج أُفعوانية ناجح ومبتكر، يتضمّن الإثارة ويُراعي اشتراطات الأمان والسلامة.
- جمع البيانات المتعلّقة بحركة الكرات في نموذج الأفعوانية، وتنظيمها.
- توضيح كيفية عمل نماذج الأُفعوانيات الخاصة بهم؛ مستخدمين مصطلحات فيزيائية.
- تقويم التصميم بناءً على نتائج التجربة.

الموادّ والأدوات:

مجرى بلاستيكي مرن طوله (2 m) فيه تجويف على شكل حرف (U)، كرة خشبية، كرة زجاجية، كرة فولاذية، كوب ورقي أو بلاستيكي، شريط لاصق، مجموعة من أقلام التخطيط أو الطباشير الملون أو أقلام الرصاص، ساعة إيقاف، مسطرة مترية، حوامل فلزية أو دعامات لتثبيت نموذج الأُفعوانية.

إرشادات السلامة:

- لبس النظّارة الواقية، وارتداء القفّازين ومريول المختبر.
- الحذر عند استعمال الكرات، وجمع أيّ كرات تسقط على الأرض؛ لأنّ الانزلاق عليها خطير.
- التأكيد على الطلبة بعدم اللعب بالكرات برميها أو بلعها.

خطوات العمل:

الجزء الأول:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أُحدّد بعض القيود والمحدّدات التي يجب على المهندسين أخذها في الحسبان عند تصميمهم نموذج الأُفعوانية.

.....

.....

.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2. أُحدّد المفاهيم الفيزيائية التي تعلّمتها، التي ستكون مفيدة ومهمة جدًّا لتطبيقها عند تصميم نموذج الأُفعوانية.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. كيف أُوظّف هذه المفاهيم وأُترجمها؛ للتغلّب على التحديات التي تواجهني عند تصميم نموذج أُفعوانية يوفّر تجربة مثيرة وآمنة للركاب؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الجزء ا لثاني:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية: :

1. قبل البدء بتصميم نموذج الأُفعوانية، أنظرُ إلى معايير تقييم نموذج الأُفعوانية الموضّحة في الجدولين (1) و(2)، والتي تُحدّد أكثر نماذج الأُفعوانيات نجاحًا وابتكارًا.
2. في نموذج الأفعوانية، تُمثّل الكرة الخشبية عربة فارغة من الركّاب، وتُمثّل الكرة الزجاجية عربة غير ممتلئة بالركّاب، وتُمثّل الكرة الفولاذية عربة ممتلئة بالركّاب.
3. **أُناقش:** تبدأ كل مجموعة في تصميم نموذج أُفعوانيتها بعد عمل جلسة عصف ذهني داخل المجموعة

وتبادل الأفكار والمناقشة من أجل الاتفاق على التصميم. يُمكن الرجوع إلى شبكة الإنترنت للاطّلاع على بعض تصاميم الأُفعوانيات.

4. **أُصمّم**: أرسم نموذج الأفعوانية في الفراغ أدناه، ثم أعرض التصميم المقترح على المعلِّم؛ للتأكّد من أنّه صحيح وممكن فيزيائيًّا، وإذا لم يكن كذلك فأتلقى تغذية راجعة من المعلّم عن طريق الإشارة إلى جوانب تصميم الأُفعوانية التي تحتاج إلى تحسين أو تعديل. ثم أُعيد رسم التصميم أو أُعدّله حسب توجيهات المعلّم.

5. **أُناقش** أفراد مجموعتي في كيفية تحويل التصميم إلى واقع، وبناء نموذج أُفعوانية قابل للعمل والتطبيق.
6. أبني نموذج الأُفعوانية، وأُدوّن مواصفات أُفعوانيتي في الجدول (3).
7. تضع كلّ مجموعة نموذج أُفعوانيتها في المنطقة المُخصّصة لعمل الاختبارات في المختبر.
8. تختبر كلّ مجموعة نموذج أُفعوانيتها أمام بقية المجموعات؛ بوضعِ الكرات كلّ على حدة عند بداية مسار حركة الأفعوانية، ثم إفلاتها وملاحظة حركتها. أستعملُ الكوب عند نهاية مسار حركة الأفعوانية لالتقاط الكرات.
9. عمل تقييم لتعرّف فاعلية نموذج الأُفعوانية لكلّ مجموعة، بناءً على معايير تقييم نموذج الأُفعوانية الموضّحة في الجدولين (1) و(2).

البيانات والملاحظات:

الجدول (1): قائمة نقاط الإبداع وعلاماتها.			
نقاط الإبداع	عددها	العلامة لكل نقطة إبداع	العلامة المستحقة
كلّ ارتفاع (0.5 m)		1	
انعطاف بمقدار (90°)		1	
انعطاف بمقدار (180°)		2	
انعطاف بمقدار (270°)		3	
حلقة رأسية		3	
مسار لولبي		4	

الجدول (2): قائمة نقاط الأداء وعلاماتها.		
نقاط الأداء	العلامة	العلامة المستحقة
أكملت الكرة الخشبية مسارها بنجاح	3	
أكملت الكرة الزجاجية مسارها بنجاح	3	
أكملت الكرة الفولاذية مسارها بنجاح	3	

الجدول (3): مواصفات الأُفعوانية.	
نقاط الأداء	العلامة
ارتفاع الأفعوانية (m)	
عدد الحلقات	
عدد المنعطفات	
عدد المسارات اللولبية	

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التحليل والاستنتاج:

الجزء الثاني:

1. **أحسبُ** طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية، لكلّ كرة في نموذجي عند بداية مسارها.

.....

.....

.....

2. **أحسبُ** سرعة حركة كلّ كرة عند أدنى موقع في مسارها في نموذجي بإهمال قوة الاحتكاك. ماذا أستنتجُ؟

.....

.....

.....

3. **أُقارن** بين مقدار طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لكلّ كرة في نموذجي عند بداية مسار حركتها، وطاقتها الحركية عند أخفض موقع في مسار حركتها. ماذا أستنتجُ؟

.....

.....

4. **أُبيّن**: لماذا اندفع الكوب بعد اصطدام الكرات به؟

.....

.....

5. **أستنتجُ**: أيُّ الكرات سرعتها أكبر عند نهاية مسار الأُفعوانية؟

.....

.....

6. **أُناقش**: إذا لم تعمل الأُفعوانية جيدًا، بحيث لم تصل الكرات إلى نهاية مسار الأفعوانية، أو سقطت عن مسارها عند المسار الحلقي الرأسي أو المسار اللولبي، فأُحدّد المشكلة أو المشكلات في التصميم. أُناقش أفراد مجموعتي عن رأيهم بها.

.....

.....

.....

.....

7. **أُصدر حكمًا** على تصميمي للأُفعوانية؛ استنادًا إلى المعايير الواردة في الجدولين (1) و(2).

.....

.....

.....

8. **أُناقش**: بناءً على نتائج التجربة، إذا كنتُ مهندسًا فكيف أُعدّل تصميم أُفعوانية بحيث أزيد سرعة عرباتها عند أخفض مواقع مسارها؟

.....

.....

.....

9. أيّ نماذج الأفعوانيات أكثر إثارة؟ وأيّها أكثر أمانًا؟

.....

.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

10. أيّ نماذج الأُفعوانيات فازت نتيجة الإبداع في تصميمها؟ وأيّها فازت نتيجة أدائها ومراعاتها شروط الأمان والسلامة؟

.....

.....

.....

.....

11. أي نماذج الأفعوانيات واجه التحديات بأفضل طريقة لكل من التصميم المثير ومراعاة شروط الأمان والسلامة؟

.....

.....

.....

12. ماذا تعلّمتُ من اختبار نموذجي؟

.....

.....

.....

.....

13. إذا أُتيحت لي الفرصة لإعادة تصميم نموذج الأُفعوانية، فما التحسينات والتعديلات التي سأُدخلها عليه؟ لماذا؟

.....

.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

14. **أُناقش**: ماذا سيحدث إذا تجاهل المهندسون القوانين الأساسية في الفيزياء في تصميماتهم؟

.....

.....

.....

.....

15. **تفكير ناقد**: ما مدى ارتباط عملي في هذا الاستقصاء بعمل المهندسينَ الميكانيكيينَ؟

.....

.....

.....

.....

16. **تفكير ناقد**: أُحدّد خطوات التصميم الهندسي وتقنياته، التي استخدمتها في هذا الاستقصاء؟

.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أسئلة تفكير

أينما يلزم أفترض تسارع السقوط الحر ($g = 10\ m/s^2$) ، ما لم يُذكر غير ذلك.

1 – **أُفسّر**: الشغل الذي تبذله قوة مركزية لتحريك كرة حركة دائرية منتظمة دورة واحدة، يساوي الشغل الذي تبذله القوة نفسها لتحريك الكرة 10 دورات. أُفسّر إجابتي.

.....

.....

2 – **أستعملُ المتغيّرات**: زلّاجة كتلتها (3 kg) تنزلق على سطح جليدي أُفقي نحو اليمين، بسرعة مقدارها (2 m/s). إذا أثّرت فيها قوّة محصّلة أُفقية مقدارها (20 N) في اتجاه حركتها نفسه، إزاحة مقدارها (5 m)، فأحسبُ مقدار:

أ – الشغل الذي بذلته القوّة المحصّلة الخارجية على الزلّاجة.

ب – الطاقة الحركية الابتدائية للزلّاجة.

جـ – التغيّر في الطاقة الحركية للزلّاجة.

د – السرعة النهائية للزلّاجة.

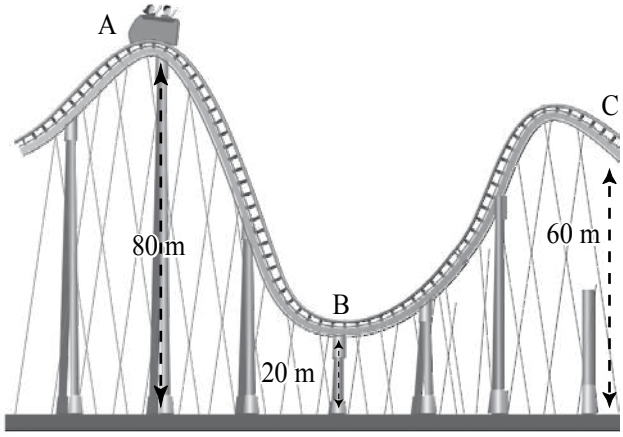
هـ – شغل القوة العمودية خلال هذه الإزاحة.

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

3- يوضّح الشكل أدناه أُفعوانية الكتلة الكلية لعربتها (2×10^2 kg) تتحرّك من السكون من تلّ ارتفاعه (80 m) (الموقع A) إلى أسفل التلّ مرورًا بالموقع (B)، وتُكمل مسارها مارّة بالموقع (C)، على مسار مهمل الاحتكاك. أستعينُ بالشكل المجاور لأحسبَ مقدار ما يأتي:



أ - سرعة عربة الأُفعوانية عند الموقع (B).

ب - الطاقة الميكانيكية للعربة عند الموقع (C).

جـ - الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على عربة الأُفعوانية في أثناء حركتها من الموقع (A) إلى الموقع (C).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

4- **التفكير الناقد:** تتسارع سيّارة كتلتها (1.5×10^3 kg) على طريق أُفقي من السكون إلى سرعة (25 m/s) خلال إزاحة مقدارها (2.25×10^2 m)، إذا كانت قوة الاحتكاك الحركي المؤثّرة في السيارة (2×10^3 N)، فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ - شغل قوّة الاحتكاك الحركي.

ب - الشغل الذي يبذله محرّك السيارة عليها.

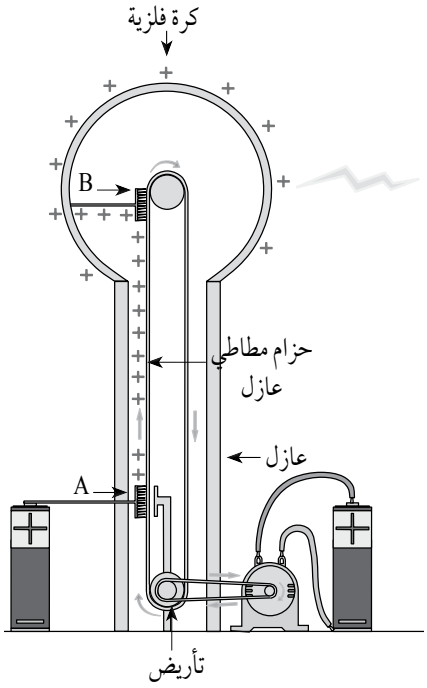
جـ - القدرة المتوسّطة لمحرّك السيارة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تجربة استهلالية

قياس قوّة التنافر الكهربائية بين شحنتين بطريقة عملية

الخلفية العلمية:



تنشأ قوّة كهربائية بين الأجسام المشحونة، وتكون على شكل تنافر إن كانت شحنتا الجسمين متشابهتين، وعلى شكل تجاذب إن كانت شحنتا الجسمين مختلفتين. ويتناسب مقدار القوّة طرديًّا مع مقدار كلّ من الشحنتين، وعكسيًّا مع مربّع البعد بين مركزَي الجسمين المشحونين.

في هذه التجربة، نستعمل كرتين خفيفتين من البولسترين، كي يكون أثر القوّة واضحًا عند قياسها مقارنة بوزن الكرة. مع مراعاة التدريج المبيّن على الميزان الحسّاس إن كان يقيس كتلة أو قوّة. وستُغلف الكرتان بورق الالمنيوم لتُصبح الكرة موصلة ويُمكن شحنها.

مولد فان دي غراف: **The Van de Graff Generator**

جهاز كهربائي يُستعمل في الأبحاث والتجارب العلمية، إضافة إلى استعماله لتوضيح بعض تطبيقات وظواهر الكهرباء الساكنة. والنسخة الأولى من هذا الجهاز صُنعت في عام 1931 على يد عالم الفيزياء الأمريكي روبرت فان دي غراف، من أجل استعماله في أبحاث الفيزياء النووية؛ عن طريق توليد كمّية كبيرة من الكهرباء الساكنة ذات الجهد المرتفع.

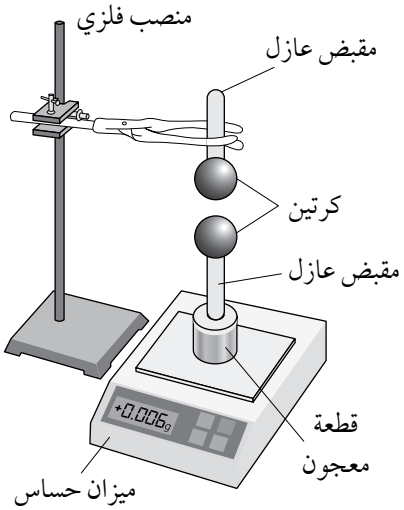
يتكوّن الجهاز من مصدر للشحنات، وفرشاة فلزية ذات رؤوس مدبّبة (A)، تنقل الشحنة الموجبة إلى حزام عازل يحملها إلى أعلى الجهاز؛ إذ توجد فرشاة فلزّية ثانية (B)، تلتقط الشحنات الموجبة من الحزام وتنقلها إلى موصل فلزّي كروي الشكل ومعزول، حتّى تتجمع على هذا الموصل كمّية كبيرة من الشحنة الكهربائية الموجبة، تعمل على رفع جهده إلى مقدار كبير. وبما أنّ الفرشاة (B) تلامس الموصل الكروي من الداخل؛ فإنّ الشحنات لا تستقر على الفرشاة ولا على السطح الداخلي للموصل، بل تنتشر على سطحه الخارجي.

نستعمل كرات من البولسترين، أو أيّة مادّة خفيفة أخرى، كي تتحرّك بسهولة بتأثير القوة الكهربائية. ونُغلّفهما بالألمنيوم كي تُصبح موصلة، وعند شحنها نستعمل أداة مرافقة للمولّد، هي موصل كروي صغير له مقبض عازل، تجري ملامسته لكرة مولّد فان دير غراف ثم ملامسته للكرة المراد شحنها.

الهدف:

- الحصول على أجسام مشحونة باستعمال مولّد فان دي غراف.
- قياس قوة التنافر بين شحنتين متماثلتين.

الموادّ والأدوات:



ميزان رقمي حسّاس، (3) كرات بولسترين (أقطارها: 5, 5, 10 cm تقريبًا)، ورق ألمنيوم، منصب فلزي، معجون، مقبض عازل عدد (3)، مولّد فان دي غراف.

إرشادات السلامة:

تحذير جهد عالٍ – عدم لمس كرة مولّد فان دي غراف وهو يعمل.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أغرزُ مقبضًا عازلًا في كلّ كرة بولسترين، ثمّ أُغلّف الكرة جيدًا بورق الألمنيوم (لماذا؟).
2. أُشغّل الميزان وأُثبّت إحدى الكرتين الصغيرتين ومقبضها العازل فوق الميزان باستعمال قطعة معجون، أو بأيّة طريقة مناسبة، وأُلاحظ قراءته بوحدة kg، ثم أضرِبُ القراءة في تسارع السقوط الحر؛ لحساب وزن الكرة والمقبض معًا (W_1)، وأُدوّنه.
3. أُثبّت الكرة الصغيرة الثانية ومقبضها العازل في المنصب الفلزي، كما في الشكل.
4. أُشغّل مولّد فان دير غراف بمساعدة المعلّم، وأشحن به كلًّا من الكرتين، بملامسة كرة المولّد للكرتين معًا في اللحظة نفسها.
5. أُقرّب المنصب الفلزي من الميزان الحسّاس لتُصبح كرة المنصب فوق كرة الميزان، من دون أن تتلامسا.
6. **أُلاحظ** قراءة الميزان بوحدة kg وأُدوّنها، وأضرِبُ القراءة في تسارع السقوط الحر لحساب الوزن (W_2)، علمًا بأنّ: القوّة الكهربائية = فرق الوزنين ($W_2 - W_1$).
7. أُغيّر إحدى الكرتين بالكرة الكبيرة ثمّ أُعيد شحنهما، وأُكرّر الخطوات السابقة جميعها.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتجُ** أهمّية المقبض العازل الذي تُثبّت به كلّ كرة.

.....

.....

2. **أُفسّر** كيف حصلتُ على شحنتين متماثلتين على الكرتين الصغيرتين، وكيف حصلتُ على شحنتين غير متساويتين؛ عند استعمال كرة كبيرة وأُخرى صغيرة.

.....

.....

3. بناءً على قراءات الميزان، أُحدّد اتّجاه القوّة الكهربائية المؤثّرة في الشحنة السفلى في كل محاولة ومقدارها.

.....

.....

4. **أتوقّع**: كيف سيكون تأثير زيادة المسافة الرأسية بين الكرتين، أو إنقاصها؟

.....

.....

5. أُعلّل لماذا تُصنّف القوّة الكهربائية بأنّها قوة تأثير عن بُعد.

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

استقصاء العلاقة بين القوة الكهربائية والبعد بين الشحنتين في قانون كولوم

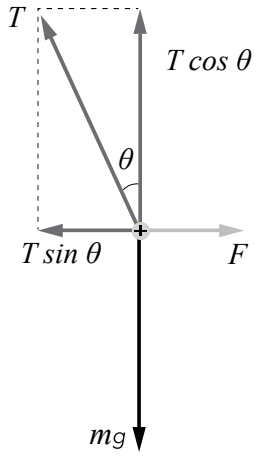
الخلفية العلمية:

يصف قانون كولوم العلاقة الرياضية بين مقدار القوّة الكهربائية الناشئة بين جسمين مشحونين، وكتلة كلّ منهما، والمسافة بين مركزَي الجسمين المشحونين. وفي هذه التجربة، سيكون التركيز على أثر التغيّر في المسافة على مقدار القوة، إذ تتناسب القوة الكهربائية عكسيًّا مع مربع المسافة؛ لذا، توصف العلاقة الرياضية لقانون كولوم بالتربيع العكسي.

تجدر الإشارة إلى أنّ التجربة تتضمّن مسافتين مختلفتين؛ الأولى هي البعد بين مركزَي الكرتين المشحونتين (r)، وهذه المسافة تُعوّض في قانون كولوم، حسب العلاقة:

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

أمّا المسافة الثانية الممثّلة على الشكل بالرمز (d) فهي البعد بين الموقع النهائي للكرة المتحرّكة (B) عند تأثّرها بالقوة الكهربائية، والموقع الابتدائي لها وهي معلّقة رأسيًّا عندما لا تتأثّر بقوة كهربائية، وهذه المسافة تُشكّل الضلع المقابل للزاوية (θ) في مثلث قائم الزاوية، وتفيد في معرفة قياس هذه الزاوية.



عند حدوث التنافر، تستقرّ الكرة (B) لحظيًّا؛ فتتزن سكونيًّا تحت تأثير 3 قوى؛ هي وزن الكرة (mg) والذي يمكن قياسه باستعمال ميزان حساس، وقوّة الشد في الخيط (T)، وقوّة التنافر الكهربائي (F)، التي نسعى لمعرفتها.

يؤثّر وزن الكرة رأسيًّا نحو الأسفل، باتّجاه محور ($-y$)، في حين تؤثّر القوة الكهربائية أُفقيًّا باتّجاه محور ($+x$)، أمّا الشدّ (T) في الخيط فيلزم تحليله إلى مُركّبتين (كما في الشكل)، هما:

$$T\cos\theta, \qquad T\sin\theta$$

ونتيجة الاتزان السكوني؛ فإنّ:

$$T\sin\theta = F$$

$$T\cos\theta = mg$$

بقسمة المعادلة الأولى على المعادلة الثانية، نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{F}{mg}$$

$$F = mg\tan\theta$$

من الشكل نلاحظ أنّ:

$$\sin\theta = \frac{d}{L}$$

وبما أنّ الزاوية θ صغيرة؛ فيُمكننا كتابة:

$$\tan\theta = \sin\theta = \frac{d}{L}$$

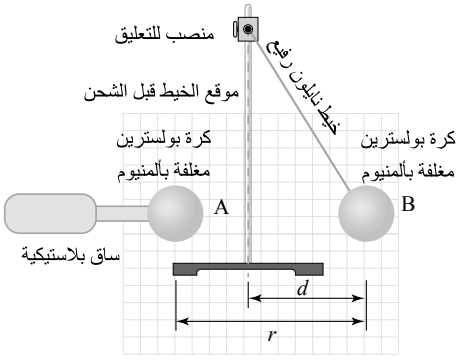
أي إنّ:

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

وبما أنّ كلًّا من (m, g, L) مقادير ثابتة؛ فإنّ قياس المسافة (d) في كل خطوة، يؤدّي إلى معرفة مقدار القوة الكهربائية (F).

الهدف:

قياس المسافة بين مركزَي الكرتين المشحونتين، وحساب القوة الكهربائية، ثم التوصّل إلى علاقة التربيع العكسي بينهما.



الموادّ والأدوات:

كرتان من البولستيرين، ورق ألمنيوم، ساق بلاستيكية، خيط نايلون رفيع طوله (50 cm)، مولّد فان دي غراف، منصب فلزي، طبق كرتون مدرّج بوحدة (cm).

إرشادات السلامة:

تحذير جهد عالٍ – عدم لمس كرة مولّد فان دي غراف وهو يعمل.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُغلّف كرتَي البولستيرين بورق الألمنيوم، ثم أقيس كتلة الكرة (B) وأُعلّقها على المنصب باستعمال خيط النايلون، وأُثبّت الثانية في الساق البلاستيكية كما في الشكل، وأُثبّت طبق الكرتون المدرّج خلف الكرتين بشكل رأسي.
2. بمساعدة المعلّم، أُشغّل مولّد فان دي غراف وأستعمله لشحن الكرتين بشحنتين متشابهتين.

3. أُقرّب الكرة (A) المتّصلة بالساق بشكل تدريجي من الكرة المعلّقة (B) وأُلاحظ ما يحدث للكرة (B).
4. أُحافظ على إبقاء مركز كلّ كرة على الخط الأفقي الواصل بينهما.
5. **أقيس** كلًّا من طول الخيط (L) والإزاحة الأُفقية التي حدثت للكرة المعلّقة (d) والمسافة الفاصلة بين مركزي الكرتين (r)، وأُدوّن النتائج في جدول خاصّ.
6. أُحرّك الكرة (A) والساق الأُفقية باتّجاه الكرة (B) المعلّقة، ثمّ أُكرّر القياسات في الخطوة السابقة.
7. **أُلاحظ** التغيّر في كلّ من (r, d)، وأُدوّن ملاحظاتي.
8. أُكرّر التجربة (3) مرّات أُخرى مع تغيير موقع الكرة (A) في كلّ مرة، ثمّ أُدوّن القياسات.

البيانات والملاحظات:

أحسبُ مقدار القوّة الكهربائية بمعرفة وزن الكرة وكلّ من القياسات السابقة؛ باستعمال قوانين المتّجهات والاتّزان السكوني.

رقم المحاولة	الكتلة (m) (kg)	طول الخيط (L) (m)	المسافة (d) (m)	المسافة (r) (m)	القوة (F) (N)
1					
2					
3					
4					
5					

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التحليل والاستنتاج:

1. **أرسمُ** مخطّط الجسم الحر للكرة (B).

2. **أحسبُ**: بمعرفة زاوية الميل (θ) ووزن الكرة، واعتماد العلاقة $\sin\theta = \tan\theta$ (لأنّ الزاوية صغيرة القياس)؛ أحسبُ القوّة الكهربائية.

.....

.....

3. **أرسمُ** العلاقة البيانية بين القوّة الكهربائية والمسافة الفاصلة بين مركزَي الكرتين (r).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الخلفية العلمية:

للمجال الكهربائي المنتظم استعمالات كثيرة في تطبيقات تكنولوجية وحياتية، وفي الأبحاث العلمية. وللحصول على المجال الكهربائي المنتظم يُستعمل قطبان كهربائيان متقابلان، على شكل صفيحتين متوازيتين تحملان شحنتين مختلفتين. في هذه التجربة تُستعمل بذور نباتات خفيفة الوزن في تخطيط المجال الكهربائي، يُغمر القطبان بزيت نباتي خفيف، وتوضع البذور بين القطبين المشحونين فتطفو على سطح الزيت، وتتأثّر البذور بالمجال الكهربائي القوي فيحدث استقطاب لكل بذرة، بحيث يصبح لها طرفان أحدهما موجب والثاني سالب، ثم تُعيد البذور ترتيب نفسها بحيث يتّجه الطرف الموجب نحو القطب السالب، وبالعكس. وعند اصطفاف البذور جميعها بهذه الطريقة، فإنّها تُشكّل خطوط المجال الكهربائي.

يُمكن استعمال أقطاب مختلفة لتخطيط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين متشابهتين أو مختلفتين. لشحن القطبين يُمكن استعمال مولّد فان دي غراف في شحن أحدهما بشحنة موجبة، وتوصيل القطب الثاني بالأرض لتُصبح شحنته سالبة. ويُمكن استعمال مصدر طاقة عالي الجهد لشحنهما، علمًا بأنّ كلا الطريقتين تنطوي على خطورة كبيرة في التعرّض لصعقة كهربائية عند لمس بعض الأجزاء التي تحمل الجهد المرتفع.

الهدف:

- استعمال البذور في تكوين خطوط المجال الكهربائي المنتظم.

الموادّ والأدوات:

مصدر كهربائي عالي القدرة (0–3 kV) أو مولّد فان دي غراف، طبق بتري زجاجي، قطبان كهربائيان من الألمنيوم، قِطَع بلاستيكية عازلة لتثبيت القطبين، زيت الخروع أو أيّ زيت نباتي قليل اللزوجة، بذور أعشاب صغيرة الحجم (مثل بذور البقدونس).

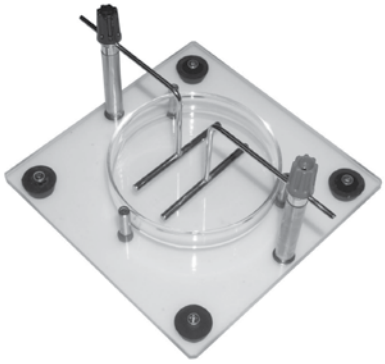
إرشادات السلامة:

الحذر عند استعمال مولّد فان دي غراف، وعدم لمس التوصيلات الكهربائية ومصدر الجهد.

- **تحذير**: جهد كهربائي عالٍ جدًّا يُسبّب صعقة كهربائية

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفّذ الخطوات الآتية:



1. أضع كمّية من الزيت في الطبق الزجاجي حتى ارتفاع (0.5 cm) تقريبًا، ثمّ أنثرُ فوقها كمّية قليلة من بذور الأعشاب، وأُحرّك الزيت بقضيب زجاجي رفيع كي تنتشر جيدًا فوق الزيت.
2. أُثبّت القطبين الكهربائيين في العازل بحيث ينغمس طرفاهما في الزيت كما في الشكل، ثم أوصلهما بمصدر الطاقة الكهربائية أو بمولّد فان دي غراف (عند استعماله بدلًا عن مصدر الطاقة عالي الجهد).
3. بمساعدة معلمي أضبطُ مصدر الطاقة على جهد يقع بين (2,000 to 3,000 volts)، أو أُشغّل مولّد فان دي غراف (عند استعماله بدلًا عن مصدر الطاقة عالي الجهد).
4. **أُلاحظ** اصطفاف البذور بترتيب يُشبه خطوط المجال الكهربائي المنتظم.
5. بمساعدة معلّمي أُطفئ مصدر الطاقة، أو أوقف مولّد فان دي غراف وأُفرّغ شحنته، ثمّ أُغيّر المسافة بين القطبين داخل الزيت، وأُكرّر خطوات التجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسّر** سبب استعمال زيت نباتي، وعدم استعمال الماء في الطبق الزجاجي.

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2. **أرسمُ**: أصف شكل البذور عند توصيل الجهد، ثم أرسمُ الشكل الناتج وأكتبُ عليه ملاحظاتي.

.....

.....

3. **أُفسّر** سبب تأثّر بذور الأعشاب بقوى كهربائية؛ على الرغم من أنّه لم تُشحن قبل التجربة.

.....

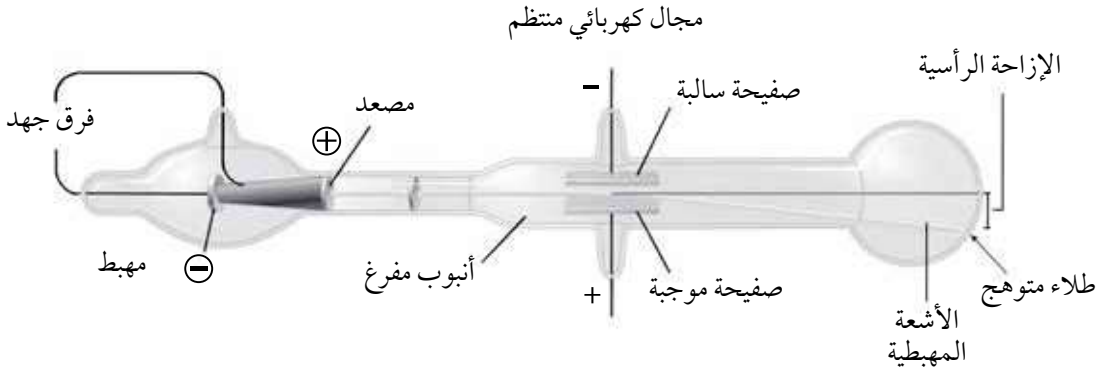
.....

ملحوظة: عند تعذّر تنفيذ التجربة، يُمكنني الرجوع إلى مواقع الإنترنت لمشاهدة عرض فيديو للتجربة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الخلفية العلمية:

أثبت عالم الفيزياء البريطاني ثومسون في عام 1897 أنّ الذرّة ليست هي المكوّن الأساس للمادّة، عندما لاحظ أنّ الأشعّة المهبطية تنحرف عن مسارها المستقيم داخل أنبوب زجاجي منخفض الضغط، عندما تتأثر بأيّ من المجالين الكهربائي أو المغناطيسي، وبذلك يكون قد أثبت أنّ الاشعّة المهبطية تتكوّن من دقائق مادية مشحونة بشحنات كهربائية، كما يُبيّن الشكل أدناه. وهذه الدقائق تنبعث من القطب السالب (المهبط) وتتجه نحو القطب الموجب (المصعد)، فهي تحمل شحنة كهربائية سالبة، وهذه الدقائق التي اكتشفها ثومسون تسمى الآن (إلكترونات).



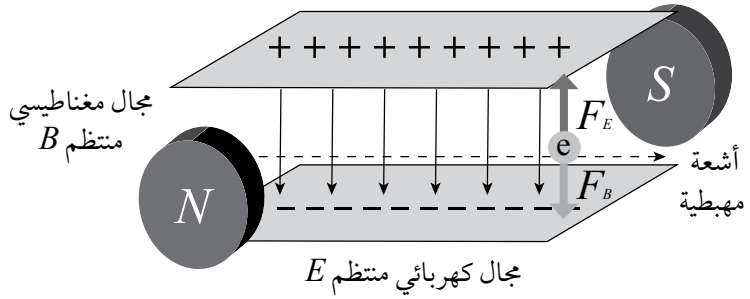
تمكّن ثومسون من قياس مقدار انحراف الأشعّة المهبطية تحت تأثير كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي، ثم حساب نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته. وبتكرار هذه التجربة، واستعمال فلزّات مختلفة لمادّة المهبط، وغازات مختلفة في الأنبوب، تبيّن أنّ الإلكترون لا يختلف من مادّة إلى أخرى؛ فهو مكوّن أساس لذرّات الموادّ جميعها.

مكوّنات أنبوب الأشعّة المهبطية:

1. أنبوب زجاجي شفّاف في داخله غاز منخفض الضغط، متسع من إحدى نهايتيه ومطلي بمادّة متوهجة، تُضيء عند سقوط الأشعة المهبطية عليها.
2. القطب السالب (المهبط)، الذي يوصل مع القطب السالب لمصدر الطاقة الكهربائية، وتنبعث منه الأشعّة المهبطية.
3. القطب الموجب (المصعد)، الذي يوصل مع القطب الموجب لمصدر الطاقة الكهربائية، فيعمل على تسريع دقائق الأشعّة المهبطية وإكسابها طاقة حركية.

4. وحدة توجيه الأشعّة المهبطية، وتتكوّن من مجال كهربائي ومجال مغناطيسي خارجيّين يتحكّمان بانحراف الأشعّة المهبطية، عن طريق التغيير في مقدار أي منهما.

أنشأ ثومسون مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين، يؤثّران في الحيّز الذي يعبر خلاله مسار الأشعّة المهبطية، بحيث يعمل المجال الكهربائي على انحرافها نحو الأعلى، ثم يعمل المجال المغناطيسي على إعادتها لمسارها الأُفقي المستقيم، وبذلك تكون القوّة الكهربائية المؤثّرة في الإلكترون نحو الأعلى مساوية في مقدارها للقوّة المغناطيسية المؤثّرة فيه نحو الأسفل، كما هو موضّح في الشكل أدناه.



في المرحلة الأولى، طبّق ثومسون المجال الكهربائي وحده فانحرف مسار الجُسيمات إلى الأعلى، فقاس مقدار الانحراف وزاويته (θ)، ثم طبّق المجالين معًا، ثم استعمل العلاقة الرياضية الآتية لحساب نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته:

$$\frac{m}{e} = \frac{B^2\, l}{E\theta}$$

إذ تُمثّل الرموز: (m) كتلة الإلكترون، (e) شحنة الإلكترون، (B) مقدار المجال المغناطيسي، (E) مقدار المجال الكهربائي، (l) طول أحد اللوحين الفلزين للمجال الكهربائي، (θ) زاوية الانحراف في حالة تأثير المجال الكهربائي وحده.

الهدف:

- استقصاء خصائص الأشعّة المهبطية (حزمة الإلكترونات)، وهي: لها كتلة وتمتلك طاقة حركية، تسير في خطوط مستقيمة، مشحونة بشحنة سالبة.
- استعمال أنابيب الأشعّة المهبطية للتحكّم في مسار الإلكترونات خلال المجال الكهربائي المنتظم، لاستقصاء العلاقة بين شدّة المجال والإزاحة الرأسية للجسيمات.

الموادّ والأدوات :

مجموعة أنابيب الأشعّة المهبطية (أنبوب لكلّ خاصّية)، ملف حثّي (رومكورف) لتوليد الجهد المرتفع أو مصدر جهد مستمر مرتفع، أسلاك توصيل.

إرشادات السلامة:

- الحذر عند التعامل مع مصدر الطاقة الكهربائية عالي الجهد وما يتّصل به من أسلاك وأدوات؛ إذ إنّ الجهد المرتفع يُحدث تفريغًا كهربائيًّا وصعقة، من دون حدوث لمس للأجزاء.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أصل قطبَي أنبوب الأشعّة المهبطية الذي يحتوي على صفيحة فلزّية بشكل صليب، مع قطبَي الملف الحثّي.
2. أصل الملف الحثّي مع جهد منخفض، ثم أُشغّله وأراقب مسار الأشعّة المهبطية والظلّ المتكوّن على طرف الأنبوب للقطعة الفلزية، ثم أُدوّن ملاحظاتي واستنتاجاتي.
3. أُقرّب قطب مغناطيس قوي من مسار الأشعّة المهبطية، وأُلاحظ ما يحدث وأُدوّنه.
4. أفصل الطاقة عن الملف الحثّي، ثم أُبدّل أنبوب الأشعّة المهبطية بآخر يحتوي في داخله على دولاب قابل للدوران، ثم أُشغّل الملف وأُدوّن ملاحظاتي.
5. أُكرّر الخطوة الرابعة باستعمال أنبوب يحتوي على صفيحتين فلزّيتين متقابلتين، وأصلهما بمصدر جهد مستمر مناسب (500 V)، وأُكرّر فصل الصفيحتين ووصلهما بوجود حزمة الأشعّة المهبطية، وأُلاحظ ما يحدث وأُدوّن ملاحظاتي.

البيانات والملاحظات:

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

.....

.....

عند تقريب أحد قطبَي المغناطيس من مسار الأشعّة المهبطية، لاحظتُ:

.....

.....

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على دولاب قابل للدوران، لاحظتُ:

.....

.....

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

.....

.....

التحليل والاستنتاج:

1. ما الذي أستنتجه من تكوّن ظلّ مشابه للجسم في الخطوة الثانية؟

.....

.....

2. ما الذي أستنتجه من انحراف مسار الأشعّة المهبطية، عند تقريب قطب المغناطيس منها؟

.....

.....

3. ما الذي أستنتجه من دوران الدولاب، عند اصطدام الأشعّة المهبطية فيه؟

.....

.....

4. ما الذي أستنتجه من انحراف مسار الأشعّة المهبطية، عند تطبيق مجال كهربائي منتظم؟

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أسئلة تفكير

1. تتجمّع دقائق الغبار بصورة مستمرّة على شاشات أجهزة التلفاز والحواسيب، ويحدث ذلك بسبب الكهرباء الساكنة وفق الآلية الآتية:

أ - تكون دقائق الغبار مشحونة بشحنة سالبة؛ فتتجاذب مع الشحنة الموجبة على الشاشة وتترسّب عليها.

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

ج- يتسبّب الضوء الصادر عن الشاشة في شحن دقائق الغبار عن طريق تأيينها وفقدها للإلكترونات؛ فتنجذب نحو الشاشة.

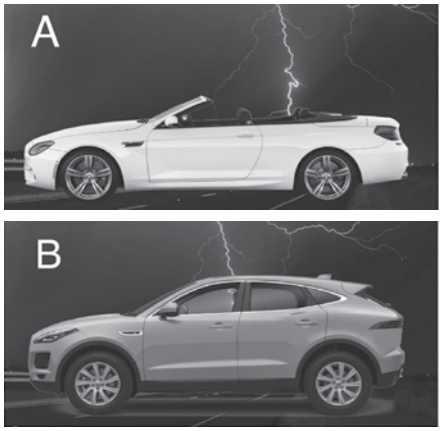
د- يحتوي الهواء على إلكترونات حرة تلتصق بدقائق الغبار وتحوّلها إلى أيونات سالبة تنجذب نحو الشاشة الموجبة.

2. بينما كان أحمد يقود سيارته (A) وصديقه حسن يقود سيارته (B)، تعرّضا لتغيّر مفاجئ في حالة الجو وخطر متوقّع لحدوث صاعقة؛ فتذكّرا ما درساه في مبحث الفيزياء عن المجالات الكهربائية، فقرّر كلّ منها أن يبقى داخل سيّارته لتحميه من خطر الصاعقة. هل كان قرارهما صائبًا؟

أ - القرار غير صائب؛ فكلا السيّارتين مصنوعتان من الحديد وهو موصل للكهرباء، فلا تستطيع السيّارتان حماية السائقَين من الخطر.

ب- القرار صائب بالنسبة لكلا السائقَين، فسيّارتاهما لا تلامسان الأرض بسبب العجلات العازلة، ولا يمكن أن يحدث تفريغ للشحنات، فكلا السائقين في وضع آمن.

ج- سائق السيارة (A) سيكون في مأمن؛ لعدم وجود سقف لسيّارته، ما يجعل الشحنات الكهربائية تتّجه إلى مقدّمة السيارة ومؤخّرتها من دون أن تصل إليه، أمّا السائق الآخر فقد يكون معرّضًا للخطر.



د- سائق السيارة (B) سيكون في مأمن؛ لأنّ هيكل سيارته موصل للكهرباء، فيحدث تفريغ الشحنات من الصاعقة إلى جسم السيّارة الفلّزي، ثم إلى الأرض من دون أن يتأثّر سائقها، بينما قد يحدث تفريغ في جسم السائق الآخر؛ فالعجلات العازلة لا تمنع تفريغ الشحنة.

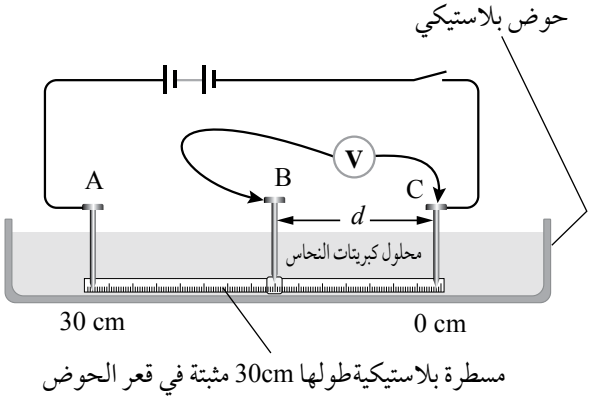
العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي

الخلفية العلمية:

يرتبط المجال الكهربائي المنتظم E بفرق الجهد الكهربائي بين نقطتين موضوعتين في ذلك المجال ΔV بالعلاقة مقدار الآتية:

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

حيث d المسافة بين النقطتين، فكلّما ازدادت المسافة بين النقطتين زاد فرق الجهد بينهما بافتراض المجال ثابت بالمقدار والاتجاه (منتظم)، وإذا مثّلت تلك العلاقة بيانيًّا؛ فإنّ ميل المنحنى الناتج يُمثّل المجال الكهربائي بين النقطتين.



الهدف:

- استقصاء العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي عمليًّا

الموادّ والأدوات:

مصدر طاقة (تيار مستمر DC)، فولتميتر، أسلاك توصيل، (3) لواقط فلزية، مسطرة بلاستيكية (30 cm)، حوض بلاستيكي، محلول كهرلي قليل التركيز(محلول كبريتات النحاس)، (3) مسامير.

إرشادات السلامة:

- الحذر في التعامل مع محلول كبريتات النحاس.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّت كلًّا من المسطرة البلاستيكية أسفل الحوض، ومسمارًا عند كل طرف من طرفَي المسطرة في النقطتين (A و C)، ثمّ أسكب محلول كبريتات النحاس بحذر في الحوض بحيث تبقى قاعدة المسمارين بارزة فوق المحلول كما في الشكل.
2. أصل أجزاء الدارة الكهربائية؛ بحيث أُثبّت طرف السلك المتّصل بالقطب الموجب للفولتميتر بقاعدة مسمار عند النقطة B قابل للحركة بين النقطتين (A و C).
3. **أتوقّع** كيف تتغيّر قراءة الفولتميتر كلّما تحرّك المسمار B نحو النقطة A بعد إغلاق الدارة.
4. **ألاحظ**: أُغلقُ الدارة وأُحرّك رأس المسمار B أفقيًّا بخطّ مستقيم إلى نقطة تبعد (3 cm) عن النقطة C (*d* = 3 cm) وأُدوّن كلًّا من قراءة الفولتميتر والإزاحة *d* في الجدول.
5. أُكرّر الخطوة (4) عدّة مرات؛ بزيادة الإزاحة *d* مقدار (3 cm) في كل مرة، (*d*= 6,9,...27 cm) وأُدوّن نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

الإزاحة (*d*) (m)	فرق الجهد (قراءة الفولتميتر) (V)
0.03	
0.06	
0.09	
0.12	
0.15	
0.18	
0.21	
0.24	
0.27	

التحليل والاستنتاج:

1. **أرسمُ** بيانيًّا العلاقة بين الجهد الكهربائي (قراءة الفولتميتر) على محور y والإزاحة d على محور x؛ بحيث يكون الجهد بوحدة V (Volt) والإزاحة بوحدة m (meter).

2. **أحسبُ** ميل الخط ($\frac{\Delta V}{\Delta d}$) بين النقطتين ($d = 9$ cm) و($d = 21$ cm)؛ إذ يُمكن افتراض المجال بينهما منتظمًا، والعلاقة بين الجهد والإزاحة خطّية تقريبًا.

.....

.....

3. **أتنبّأ**: ما العلاقة بين ميل الخط ومقدار المجال الكهربائي؟

.....

4. **أتوقّع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.

.....

5. **أُفسّر** اختيار مسطرة بلاستيكية وليس فلزّية.

.....

6. **أُحلّل**: ما سبب استبعاد بداية الخط في الرسم البياني ونهايته؟

.....

التجربة 1 رسم خطوط تساوي الجهد عمليًّا

الخلفية العلمية:

خطوط تساوي الجهد الناشئة عن شحنة نقطية أو موصل كروي مشحون، هي خطوط على شكل دوائر متّحدة المركز مع الشحنة النقطية أو مركز الموصل الكروي، أمّا خطوط تساوي الجهد بين صفيحتين مشحونتين متوازيتين فتكون مستقيمة ومتوازية، ويكون الجهد عند النقاط جميعها على أيّ من تلك الخطوط متساويًا، وتُشكّل خطوط تساوي الجهد في أبعادها الثلاثة سطوح تساوي الجهد، وتكون هذه السطوح متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي.

الهدف:

- رسم خطوط تساوي الجهد الكهربائي (في بُعدين) والناشئة عن أشكال مختلفة من الموصلات عمليًّا.
- رسم خطوط المجال الكهربائي بناءً على خطوط تساوي الجهد.

الموادّ والأدوات:

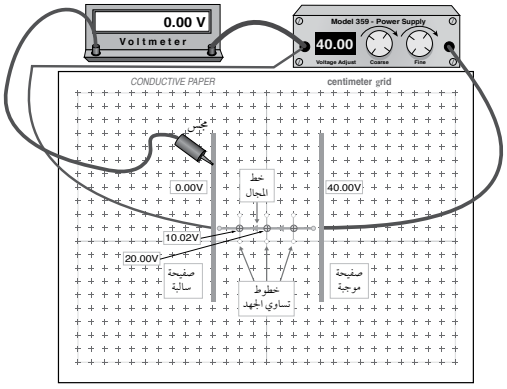
لوح رسم خرائط المجال الكهربائي، ورق رسم بياني، قلم رصاص، فولتميتر رقمي، مصدر طاقة (تيّار مستمرّ DC) رقمي، كرتان فلزّيتان صغيرتان، صفيحتان فلزّيتان، أسلاك توصيل.

إرشادات السلامة:

الحذر في التعامل مع التوصيلات الكهربائية أو تطبيق جهد كبير.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

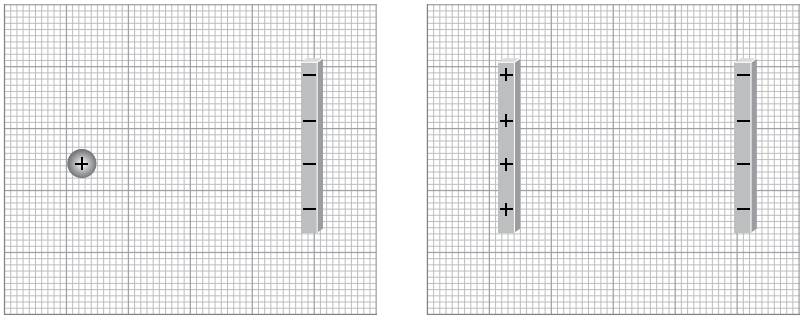
خطوات العمل:



بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أصل الأدوات كما في الشكل من دون غلق الدارة الكهربائية إلّا بعد التأكّد منها من قِبَل المعلّم.
2. **أقيس**: أُثبّت مصدر الجهد على جهد معين (40 V)، وأتأكّد من أنّ قراءة الفولتميتر تساوي صفرًا عند اتصال المجسّ بقطبه الموجب كما في الشكل، ثمّ أُحرّك المجسّ المتّصل بالقطب الموجب للفولتميتر مبتعدًا عن الصفيحة السالبة حتى يقرأ الفولتميتر جهدًا محدّدًا (10 V مثلًا)، وأُحدّد موقع تلك النقطة باستعمال ورقة الرسم البياني.
3. **أرسمُ**: أُحدّد مواقع (4) نقاط أخرى مساوية لجهد النقطة السابقة، ثم أرسمُ الخط المارّ بالنقاط الخمس والتي يُمثّل خطًّا من خطوط تساوي الجهد.
4. أُكرّر الخطوتين (3 - 2)عدّة مرّات؛ باستعمال قراءات أخرى للفولتميتر (20 V,30 V).
5. أُكرّر الخطوات (4 - 2)؛ باستعمال كرة فلزّية بدلًا من إحدى الصفيحتين.

البيانات والملاحظات



.....

.....

التحليل والاستنتاج:

1. **أتوقّع** قراءة الفولتميتر عند وضع المجسّ على الصفيحة السالبة، ثم أتأكّد من ذلك عمليًّا.

.....

2. **أُفسّر**: أصف خطوط تساوي الجهد التي رسمتها، مفسّرًا إجابتي.

.....

.....

3. **أرسمُ** خطوط المجال الكهربائي بناءً على خطوط تساوي الجهد.

.....

.....

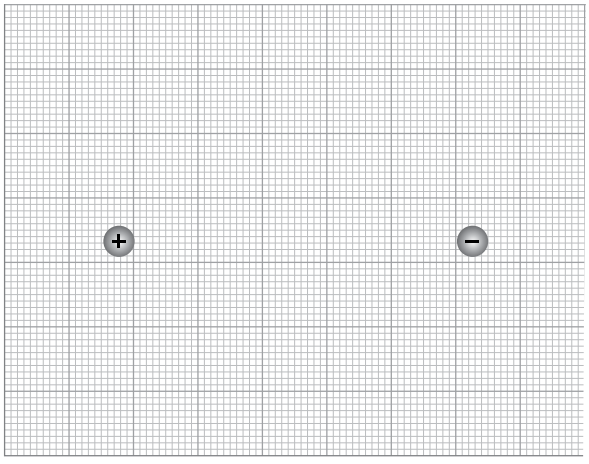
4. **أحسبُ** مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين؛ باستعمال فرق الجهد والمسافة بينهما.

.....

.....

.....

5. **أتنبّأ** بشكل خطوط تساوي الجهد؛ عند استعمال كرتين فلزّيتين صغيرتين بدلًا من الصفيحتين.



.....

.....

التجربة 2 قياس مواسعة مواسع عمليًّا

الخلفية العلمية:

المواسع جهاز يُستعمل لتخزين الطاقة الكهربائية، وتوجد عدّة أشكال من المواسعات، ولكنّ المواسع الأكثر شيوعًا هو المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين، وعند وصل طرفَي مصدر طاقة DC مع صفيحتَي مواسع؛ فإنّ المصدر يبذل شغلًا لنقل الشحنات من إحدى الصفيحتين إلى الأخرى؛ إذ يزداد جهد المواسع بزيادة الشحنات عليه. وعند تمثيل العلاقة بين جهد المواسع (قراءة الفولتميتر) على محور $x+$ وشحنته Q على محور $y+$ بيانيًّا، ينتج خط مستقيم ميله يساوي مواسعة المواسع على النحو الآتي:

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

ويُستعمل لقياس شحنة المواسع جهاز يُسمّى مقياس الشحنة (coulomb meter).

الهدف:

- استعمال مقياس الشحنة لقياس شحنة المواسع.
- إيجاد مواسعة مواسع بطريقة عملية عن طريق قياس كل من شحنته وجهده.

الموادّ والأدوات:

مصدر طاقة (تيّار مستمرّ DC)، فولتميتر، مجزّئ جهد، مواسع، مقياس الشحنة(coulomb meter) يقيس لغاية (2000 nC)، أسلاك توصيل.

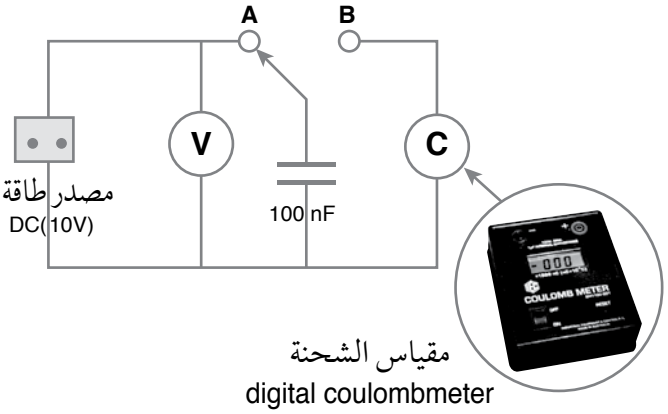
إرشادات السلامة:

الحذر من تطبيق جهد أعلى من الجهد المكتوب على المواسع، ومن لمس طرفَي المواسع بعد شحنه.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

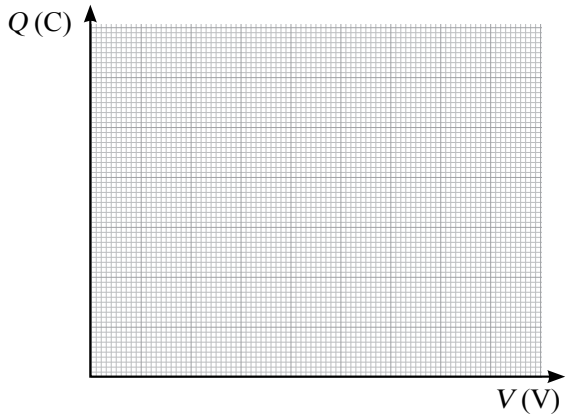


1. أُعاير كلًّا من الفولتميتر ومقياس الشحنة، ثم أصل أجزاء الدارة الكهربائية كما في الشكل؛ باستعمال جهد محدّد (مثلًا 0.5 V) مع إبقاء الطرف الحر للمواسع غير متّصل بأيّ طرف.
2. **أقيس**: أصل الطرف الحر للمواسع مع الطرف A حتى يُشحن المواسع، ثم أُدوّن قراءة الفولتميتر في الجدول، والتي تُمثّل فرق الجهد بين طرفَي المواسع.
3. **أقيس**: أفصل الطرف الحر للمواسع مع الطرف A، ثم أصله مع الطرف B لمدّة زمنية كافية لتفريغ شحنة المواسع خلال مقياس الشحنة، ثمّ أُدوّن قراءته في الجدول والتي تُمثّل مقدار الشحنة المختزنة في المواسع.
4. أستعملُ مصدر الطاقة لتغيير قراءة الفولتميتر لعدّة قِيَم (1V,1.5V,2V,2.5V,3V)، وأُكرّر الخطوتين الثانية والثالثة عند كل قراءة، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

جهد المواسع (قراءة الفولتميتر) (V)	شحنة المواسع (قراءة مقياس الشحنة) (C)
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	

التحليل والاستنتاج:



1. **أرسمُ** بيانيًّا العلاقة بين جهد المواسع (قراءة الفولتميتر) بوحدة (V) على محور x + وشحنته (مقياس الشحنة) بوحدة (C) على محور y + ، ثمّ أرسمُ أفضل خطّ مستقيم يمرّ بمعظم النقاط.

.....

.....

.....

2. **أحسبُ** ميل الخطّ المستقيم ($\frac{\Delta Q}{\Delta V}$). ما الكمّية الفيزيائية التي يُمثّلها الميل؟

.....

.....

.....

3. **أُقارن** النتيجة التي حصلت عليها للمواسعة مع مقدار المواسعة المكتوب على المواسع. ما سبب الاختلاف إن وُجد؟

.....

.....

.....

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التجربة 3: المواسعة المكافئة لعدّة مواسعات تتّصل على التوالي، أو التوازي

الخلفية العلمية:

من الطرائق الشائعة والبسيطة لتوصيل المواسعات معًا في الدارات الكهربائية، طريقة التوصيل على التوازي والتوصيل على التوالي أو الجمع بينهما، والمواسعة الكلية لمجموع تلك المواسعات تُسمّى المواسعة المكافئة.

لحساب المواسعة المكافئة لمجموعة مواسعات تتصل معًا على التوازي؛ نُطبّق العلاقة:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + ..$$

ولحساب المواسعة المكافئة لمجموعة مواسعات تتصل معًا على التوالي؛ نُطبّق العلاقة:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots$$

الهدف:

- إيجاد المواسعة المكافئة لعدّة مواسعات تتّصل معًا على التوازي عمليًّا.
- إيجاد المواسعة المكافئة لعدّة مواسعات تتّصل معًا على التوالي عمليًّا.

الموادّ والأدوات:

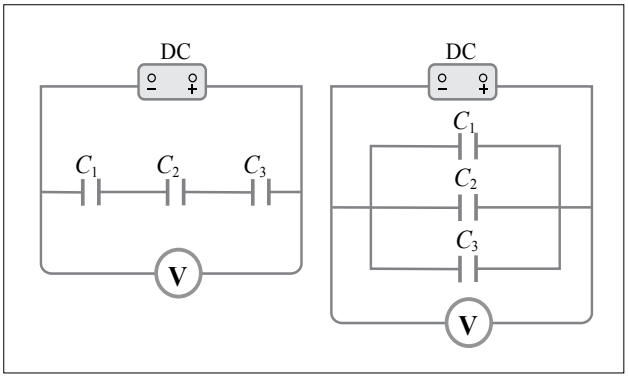
(3) مواسعات متماثلة وجهدها صغير (مثلًا: $3\mu F, 10V$)، مصدر طاقة (تيّار مستمرّ DC)، فولتميتر، أسلاك توصيل، لواقط فلزّية.

إرشادات السلامة:

الحذر من رفع جهد المصدر إلى جهد عالٍ، ما يؤدّي إلى تلف المواسعات إضافة إلى خطورته.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات العمل:



بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أتأكّد من أنّ المواسعات غير مشحونة (V=0)؛ عن طريق توصيل سلك سميك بين طرفَي المواسع.
2. أصل المواسعات الثلاثة على التوازي كما في الدارة المبيّنة في الشكل، ثم أُغلق الدارة.
3. **أقيس**: أرفع جهد مصدر الطاقة حتى تُصبح قراءة الفولتميتر (جهد البطارية) أقل من الجهد المكتوب على المواسع (10 V مثلًا)، ثم أفصل الفولتميتر وأستعملُه لقياس جهد كلّ مواسع من المواسعات الثلاثة، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
4. أفصل الدارة وأُفرّغ المواسعات من شحنتها، ثم أُعيد توصيلها على التوالي كما في الشكل وأُغلق الدارة.
5. أُكرّر الخطوة (3)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

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

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

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسبُ** شحنة كلّ مواسع باستعمال العلاقة: $C = \frac{Q}{V}$

.....

.....

2. **أُقارن** – عن طريق النتائج العملية – بين المواسعات في حالة التوصيل على التوازي والتوصيل على التوالي من حيث الشحنة والجهد. هل تتّفق النتائج العملية مع ما تعلّمتُه نظريًّا؟

.....

.....

3. **أحسبُ** المواسعة المكافئة المقيسة والمواسعة المكافئة المتوقّعة، وأُقارن بينهما.

.....

.....

4. **أتوقّع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة. كيف يُمكنني تجنّبها؟

.....

.....

.....

تجربة إثرائية 1 استقصاء العوامل المؤثّرة في مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين.

الخلفية العلمية:

تعتمد مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين على أبعاده الهندسية، وسماحية الوسط الفاصل بين صفيحتَيه، وتُعطى بالعلاقة:

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

إذ تتناسب مواسعة المواسع طرديًّا مع كلّ من مساحة الصفيحتين A والسماحية الكهربائية للوسط الفاصل بينهما ε_0، وعكسيًّا مع المسافة بين الصفيحتين d. أمّا شحنة المواسع أو جهده فلا يؤثّر في مواسعته؛ إذ يزداد جهده بزيادة شحنته بحيث تبقى النسبة بينهما ($\frac{Q}{V}$) ثابته وهي تُمثّل مواسعة المواسع.

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين مواسعة المواسع والمسافة بين صفيحتيه عمليًّا، بثبوت مساحة كل من صفيحتيه وسماحية الوسط بينهما.
- أُصمّم تجربة لدراسة أثر تغيير كلّ من مساحة صفيحتّي المواسع ونوع المادة العازلة بينهما على مواسعة المواسع.

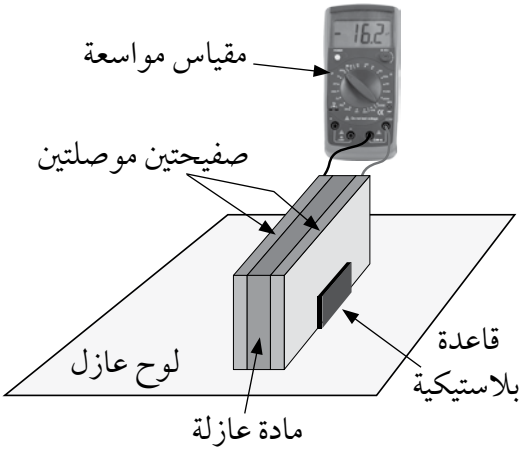
الموادّ والأدوات:

صفيحتين موصلتين متوازيتين ومتساويتين في المساحة، مقياس مواسعة (capacitance meter) رقمي، ورنية (caliper)، ألواح عازلة، قاعدة بلاستيكية، أسلاك توصيل.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُعاير كلًّا من الورنية ومقياس المواسعة قبل استعمالهما.
2. **أُركّب** أدوات التجربة كما في الشكل، ويُمكنني استعمال مادة عازلة بين اللوحين بدلًا من الهواء على شكل ألواح، تُضاف كلّما ازدادت المسافة بين الصفيحتين.



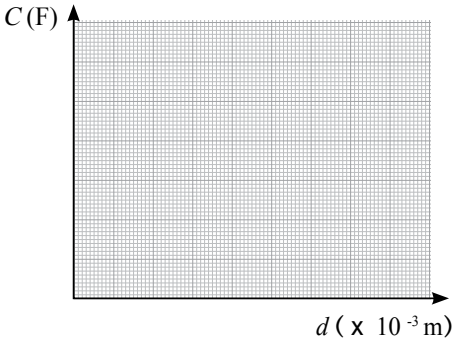
3. **أقيس**: أُحرّك إحدى الصفيحتين بحيث تُصبح المسافة بينهما (2 mm) باستعمال الورنية، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

4. أُكرّر الخطوة الثالثة لمسافات أخرى مختلفة (4, 6, 8, 10 mm)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

5. أُصمّم تجربة لدراسة أثر تغيير كلّ من مساحة صفيحتَي المواسع ونوع المادة العازلة بينهما على مواسعة المواسع، بحيث أُثبّت عاملين في كلّ تجربة وأدرس تأثير العامل الثالث، وأُدوّن نتائجي في جدول خاص لكل تجربة. يُمكنني الاستعانة ببرمجية (إكسل) في الحاسوب لعمل الرسومات البيانية.

البيانات والملاحظات:

المسافة بين الصفيحتين d ($\times 10^{-3}$ m)	مواسعة المواسع C ($\times 10^{-11}$ F)
2.0	
4.0	
6.0	
8.0	
10.0	



التحليل والاستنتاج:

1. التحليل. أرسمُ بيانيًّا العلاقة بين مواسعة المواسع والمسافة بين صفيحتيه.

.....

2. أصف العلاقة بين مواسعة المواسع والمسافة بين صفيحتيه؛ عن طريق المنحنى الناتج في الرسم البياني.

.....

3. أوضّح تأثير تغيير كلّ من مساحة صفيحتَي المواسع ونوع المادة العازلة بينهما على مواسعة المواسع.

.....

4. ما مقدار الخطأ في قراءة كلّ من الورنية ومقياس المواسعة؟

.....

أسئلة تفكير

1. أراد يمان الحصول على مواسعة $3\ \mu F$ باستعمال (3) مواسعات متماثلة، جرّب توصيلها على التوازي فكانت مواسعتها المكافئة $6\ \mu F$، طريقة توصيل المواسعات التي تُمكّنه من الحصول على المواسعة المطلوبة، هي:

أ. المواسعات الثلاثة على التوالي.

ب. مواسعان على التوالي والمواسع الثالث على التوازي مع المواسع المكافئ للمواسعين الأوليّين.

جـ. مواسعان على التوازي والمواسع الثالث على التوالي مع المواسع المكافئ للمواسعين الأوليّين.

د. لا يُمكنه ذلك.

2. شحنتان مختلفتان (q_1, q_2) وضعتا عند نقطتين مختلفتين؛ كلّ شحنة عند نقطة في مجال كهربائي، فإذا كان الجهد الكهربائي متساويًا عند كلّ من النقطتين؛ فهل طاقة الوضع الكهربائية متساوية للشحنتين؟

أ. نعم؛ فإذا كان الجهد الكهربائي متساويًا عند نقطتين؛ فإنّ طاقة الوضع الكهربائية تكون متساوية كذلك بغض النظر عن مقدار ونوع الشحنات، عند تلك النقاط.

ب. نعم؛ لأنّ الجهد الكهربائي وطاقة الوضع الكهربائية أسماء مختلفة للمفهوم نفسه.

جـ. لا؛ لأنّ الجهد الكهربائي عند نقطة ما، يعتمد على الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة، بينما طاقة الوضع الكهربائية ليست كذلك.

د. لا؛ لأنّ طاقة الوضع الكهربائية عند نقطة ما، تعتمد على الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة، بينما الجهد الكهربائي ليس كذلك.

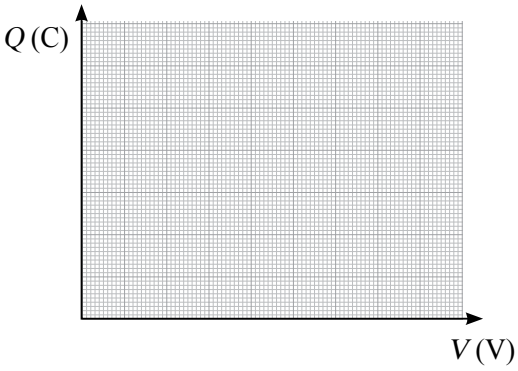
3. في تجربة قامت بها رقيّة لقياس مواسعة مواسع ذي صفيحتين متوازيتين عن طريق تغيير جهده، حصلت على النتائج المبينة في الجدول الآتي:

جهد المواسع (V)	5	10	15	20	25
شحنة المواسع (μC)	2	4	6	8	10

مستعينًا بالبيانات في الجدول، أُجيب عمّا يأتي:

أ. ما مقدار مواسعة المواسع؟

ب. أرسمُ العلاقة بين جهد المواسع وشحنته، ثم أحسبُ مواسعة المواسع عن طريق ميل المنحنى الناتج.



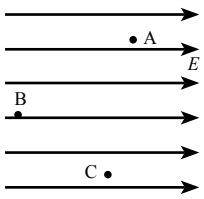
أسئلة تفكير

جـ. ما مقدار جهد المواسع؛ كي يختزن طاقة كهربائية مقدارها 10^{-5} J ؟

د. لتقليل مواسعة المواسع، أعمل على:

1. تقليل شحنة المواسع.
2. زيادة شحنة المواسع.
3. تقليل المسافة بين صفيحتَي المواسع.
4. زيادة المسافة بين صفيحتَي المواسع.

4. (3) نقاط (A,B,C) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، ما النقطتان التي يكون فرق الجهد الكهربائي بينهما أكبر:

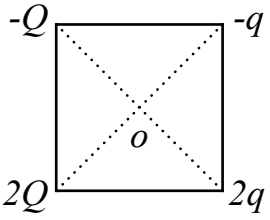


أ. V_{AC} ب. V_{CB}.

جـ. V_{AB}. د. فرق الجهد بين أي نقطتين متساوٍ.

5. يُحذّر من نزع غطاء التلفاز ولمس مكوّناته الداخلية، حتّى بعد فصل مصدر الطاقة بمدّة زمنية قصيرة. أُفسّر ذلك.

6. (4) شحنات ($-q,-Q,2q,2Q$) وُضعت كلّ شحنة على رأس مربّع كما في الشكل، العلاقة بين Q و q بحيث يكون الجهد عند مركز المربّع (o) يساوي صفرًا هي:



أ. $Q=-q$ ب. $Q=-\frac{1}{q}$

جـ. $Q=\frac{1}{q}$ د. $Q=q$

كرة من النحاس نصف قطرها R، شُحنت بحيث أصبح الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد 3R عن مركزها V. الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة q من سطح الكرة إلى تلك النقطة يساوي:

أ. qV ب. $2qV$ جـ. $3qV$ د. $-2qV$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

منهاجي

متعة التعليم الهادف