دليل تقويم مناهج العلوم

مادّة الفيزياء – المستوى الثاني عشر

الفصل الدراسيّ الثاني

الوحدة 3: المجال الكهربائيّ والجهد الكهربائيّ

فهرس المحتويات

أوّلًا: الاختبارات 3

الاختبار التشخيصي 4

تطبيق الدرس الأوّل: قانون كولوم 7

تطبيق الدرس الثاني: المجال الكهربائيّ والجهد الكهربائي 10

تطبيق الدرس الثالث: المجال الكهربائيّ المنتظم 13

اختبار المهارات العمليّة 16

اختبار الوحدة الثالثة 22

ثانيًا: الإجابات 29

إجابات الاختبار التشخيصي 30

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: قانون كولوم 32

إجابات تطبيق الدرس الثاني: المجال الكهربائيّ والجهد الكهربائيّ 35

إجابات تطبيق الدرس الثالث: المجال الكهربائيّ المنتظم 39

إجابات اختبار المهارات العمليّة 42

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي 44

إجابات اختبار الوحدة الثالثة 46

أوّلًا: الاختبارات

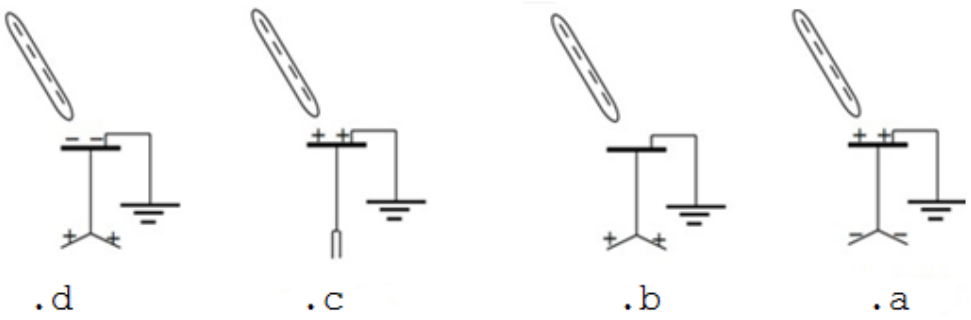
الاختبار التشخيصي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة	\ 10

اختر الاجابة الصحيحة في الأسئلة من 1-9:

1. أحد الأشكال الآتية يوضح تأثير تقريب ساق مشحونة بشحنة سالبة من قرص كشاف كهربائي يتصل بالأرض. ما الشكل الذي يوضح هذا التأثير؟



2. ماذا يحدث لجسمين عند الشحن بالدلك؟

a. لا تظهر على الجسمين أية شُحنة كهربائية.

b. تظهر على كل من الجسمين شُحنة كهربائية سالبة.

c. تظهر على كل من الجسمين شُحنة كهربائية موجبة.

d. تظهر على أحد الجسمين شُحنة كهربائية موجبة وعلى الجسم الأخر شُحنة كهربائية سالبة.

3. يعتمد فرق الجهد الكهربائيّ ΔV بين نقطتين في دائرة كهربائيّة على مقدار الشغل المبذول لنقل شُحنة مقدارها q، أيَ المعادلات الآتية صحيحة؟

a. $\Delta V = \frac{W}{q}$

b. $\Delta V = qW$

c. $\Delta V = \frac{q}{W}$

d. $W = \frac{1}{2}q(\Delta V)^2$

4. ما اسم المنطقة حول شُحنة كهربائيّة؟

a. مجال كهربائيّ.

b. مجال الجاذبيّة.

c. مجال مغناطيسي.

d. مجال كهرومغناطيسي.

5. ما وحدة فرق الجهد الكهربائيّ؟

a. الفولت.

b. النيوتن.

c. الأمبير.

d. الكولوم.

6. أيّ العبارات الآتية يصف الفرق بين المادّة الموصلة والمادّة العازلة كهربائيّا؟

a. المادّة العازلة لا تسمح بنقل الشُحنة الكهربائيّة بينما الموصلة تسمح بذلك.

b. المادّة الموصلة يمكن تحويلها إلى مادّة شبه موصلة بينما المادّة العازلة لا تسمح بذلك.

c. المادّة العازلة يمكن تحويلها إلى مادّة موصلة من خلال إضافة شوائب فلا فارق بينهما.

d. المادّة العازلة تسمح بنقل التيار الكهربائيّ باتجاه واحد بينما المادّة الموصلة تنقل التيار الكهربائيّ بالاتجاهين.

7. ما اسم الجهاز الذي يُستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائيّة؟

a. التلسكوب.

b. الميكروسكوب.

c. السبكتروسكوب.

d. الإلكتروسكوب.

8. أيّ العبارات الآتية صحيحة بالنسبة لشدة مجال الجاذبيّة الأرضيّة؟

a. منتظم.

b. ثابت مهما كان الارتفاع.

c. يزداد كلّما ابتعدنا عن سطح الأرض.

d. يقلّ كلّما ابتعدنا عن سطح الأرض.

9. إذا تحرّك نيوترون بين لوحَين مشحونين: أحدهما بشُحنة موجبة والآخر بشُحنة سالبة. في أيّ اتّجاه ينحرف النيوترون؟

a. ينحرف باتّجاه اللوح الموجب.

b. ينحرف باتّجاه اللوح السالب.

c. يبقى ثابتًا ويتوقّف عن الحركة.

d. يستمرّ في مساره ولا يتأثّر باللوحين المشحونين.

10. ارسم القوى المتبادلة بين الشحنتين q_1 و q_2.

تطبيق الدرس الأوّل: قانون كولوم

الاسم: الصف التاريخ:

الدرجة	\ 10

ثابت كولوم $9 \times 10^9 \ Nm^2/C^2$

اختر الإجابة الصحيحة في الأسئلة من 1–4

1. ما وحدة قياس الشُحنة الكهربائيّة في النظام العالميّ للوحدات SI؟

a. نيوتن.

b. فولت.

c. كولوم.

d. أمبير.

2. لماذا تُعدّ معظم المواد متعادلة كهربائيّا؟

a. لأنّ عدد الإلكترونات أكبر من عدد البروتونات.

b. لأنّ عدد النيوترونات يساوي عدد البروتونات.

c. لأنّ الشُحنة السالبة تتنافر مع الشُحنة الموجبة.

d. لأنّ عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات.

3. في أيّ الحالات الآتية تحدث قوّة التنافر الكهروستاتيكيّة؟

a. نيوترون نيوترون.

b. إلكترون نيوترون.

c. إلكترون بروتون.

d. إلكترون إلكترون.

4. إذا ضاعفنا المسافة بين شحنتين، فما أثر ذلك في القوّة الكهربائيّة بينهما؟

a. تنخفض إلى ربع قيمتها.

b. تزداد إلى ضعف قيمتها.

c. تنخفض إلى ضعف قيمتها.

d. تزداد إلى أربعة أمثال قيمتها.

5. إذا كانت سماحيّة الوسط الحرّ في الفراغ $8.85 \times 10^{-12}\ F/m = \varepsilon_0$ والسماحيّة النسبيّة للماء 80. أحسب سماحيّة الماء.

.....

.....

.....

.....

6. مقدار القوّة الكهربائيّة في الفراغ بين شحنتين كهربائيّتين 10 N. علمًا بأنّ سماحيّة التفلون تساوي 2، كم ستصبح هذه القوّة إذا وُضعت الشحنتان في مادّة التفلون وتضاعفت المسافة بينهما؟

.....

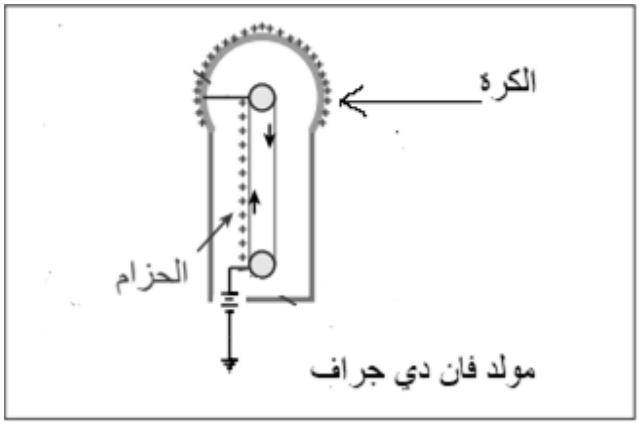
.....

.....

.....

7. يُستخدم مولد فان دي جراف لتوليد شُحنة كهربائيّة ساكنة كبيرة على كرته (الشكل المجاور).

إذا كانت شحنة كلا من الحزام والسطح الخارجي للكرة موجبا فما شحنة السطح الداخلي للكرة ؟



.....

.....

8. تفصل بين شحنتين موجبتين متساويتين مقدار كلّ منهما $3\ \mu C+$، مسافة $3\ cm$. وضعت شحنة موجبة ثالثة قيمتها $2\ \mu C+$ بينهما وعلى مسافة $1\ cm$ من إحداهما، أحسب محصلة القوة المؤثرة على الشحنة الثالثة.

.....

.....

.....

.....

9. تفصل بين شحنتين كهربائيّتين $2\ \mu C$ + و$2\mu C-$ مسافة $4\ cm$ في الفراغ.

أحسب مقدار القوّة الكهربائيّة بينهما.

.....

.....

.....

.....

10. كرتان مشحونتان بينهما مسافة r في الفراغ وتتأثر كلتاهما بقوّة تنافر مقدارها $64\ N$. كم يجب أن تكون المسافة بينهما كي تنخفض قوّة التنافر بينهما إلى $16\ N$؟

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثاني: المجال الكهربائيّ والجهد الكهربائي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

ثابت كولوم $9 \text{ x } 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ، تسارع الجاذبية $\mathbf{g = 10}\ \text{m}/s^2$

اختر الإجابة الصحيحة في الأسئلة من 1-4.

1. ما اتّجاه خطوط المجال الكهربائيّ لشُحنة كهربائيّة؟

a. نحو الشُحنة السالبة دائما.

b. نحو الشُحنة الموجبة دائما.

c. نحو الشُحنة السالبة وبعيدا عن الشحنة الموجبة.

d. نحو الشُحنة الموجبة وبعيدا عن الشحنة السالبة.

2. ما التغير الذي يحدث في الجهد الكهربائيّ الناتج عن الشُحنة $-q$ عند النقطة P إذا تمّ مضاعفة المسافة بين الشُحنة والنقطة؟

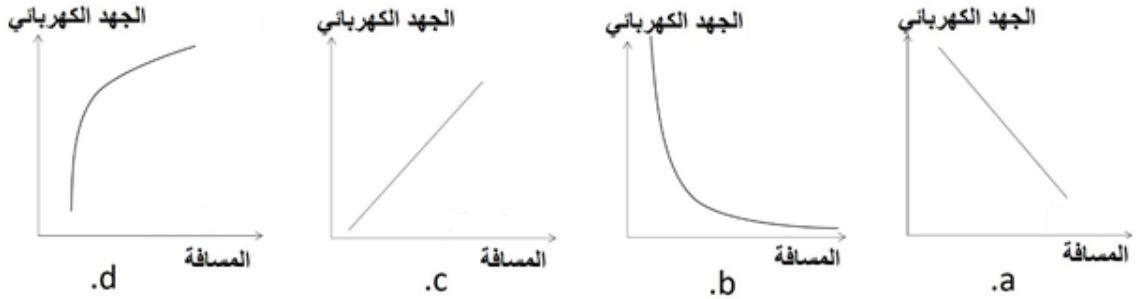
a. يقل بمقدار الربع.

b. يقل بمقدار النصف.

c. يزداد إلى الضعف.

d. يزداد أربعة أضعاف.

3. أيّ من الأشكال الآتية يمثل العلاقة بين الجهد الكهربائي لشحنة نقطيّة موجبة والمسافة ؟



4. ما مقدار الجهد الكهربائيّ المؤثّر في نقطة تبعد 10^{-10} m x 0.25 عن بروتون شحنته $+1.6 \times 10^{-19}$ C؟

a. 0.576 V
b. 5.76 V
c. 57.6 V
d. 576 V

5. تتحرك شحنة كهربائية $q = +3.2 \times 10^{-19}$ C بين نقطتين فرق الجهد بينهما 10 V. أحسب التغير في طاقة الوضع الكهربائية لهذه الشحنة.

.....

.....

6. كرة موصلة موضوعة في الهواء، مشحونة بشُحنة كهربائيّة 4 μC، ونصف قطرها 0.25 m. أحسب شدّة المجال الكهربائيّ عند نقطة خارج الكرة تبعد 5 cm عن سطحها.

.....

.....

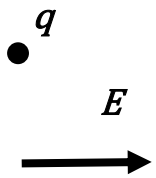
.....

.....

7. إرسم مخططاً للمجال الكهربائي لشحنتين موجبتين مبينا اتجاه خطوط المجال على الرسم الآتي :

8. شُحنة كهربائيّة 0. 05 µC - تقع في مجال كهربائيّ منتظم شدّته 5.5×10^5 N/C.

a. ارسم القوّة الكهربائيّة الناتجة من المجال الكهربائيّ على الشُحنة؟



b. أحسب مقدار هذه القوّة الكهربائيّة.

.....

.....

.....

.....

9. قطرة ماء كتلتها 32.66×10^{-12} kg. شدّة مجال الجاذبيّة $9.8\ m/s^2$. ما عدد الالكترونات الإضافيّة التي يجب أن تحملها قطرة الماء لكي تكون في حالة اتزان سكوني في الهواء إذا كانت شدة المجال الكهربائيّ للأرض 100 N/C نحو الأسفل؟

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثالث: المجال الكهربائيّ المنتظم

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

ثابت كولوم: $9 \text{ x } 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$، **تسارع الجاذبية** $\mathbf{g = 10\ m/s^2}$

اختر الإجابة الصحيحة في الأسئلة من 1–4.

1. في أيّ حالة من الحالات الآتية يكون المجال الكهربائيّ منتظمًا؟

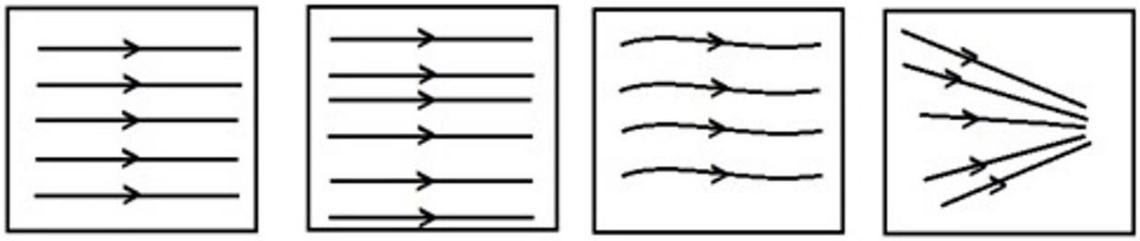
a. مجال كهربائيّ ناتج عن شُحنة نقطيّة.

b. مجال كهربائيّ ناتج عن لوح مشحون.

c. مجال كهربائيّ بين لوحين متوازيين مشحونين واحد موجب والثاني سالب.

d. مجال كهربائيّ بين لوحين غير متوازيين مشحونين واحد موجب والثاني سالب.

2. أيا من المجالات الكهربائية في الأشكال الآتية يعتبر مجالا منتظما؟



.d .c .b .a

3. عند حركة جُسَيم مشحون في مجال كهربائيّ منتظم فإن سرعته النهائيّة تتغيّر عند الخروج. ما المعادلة الصحيحة لهذه السرعة؟

a. $v = \sqrt{\frac{qV}{m}}$

b. $v = \sqrt{\frac{m}{2qV}}$

c. $v = \sqrt{\frac{2V}{qm}}$

d. $v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$

4. أيّ العبارات المتعلّقة بمجال الجاذبيّة والمجال الكهربائيّ صحيحة؟

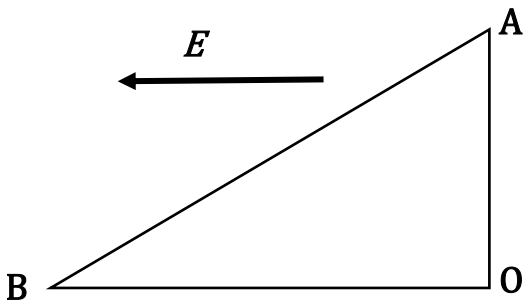
a. كل من المجالين يؤثّر في شُحنة الجسم.

b. ثابت التناسب في مقادير المجالين لا يتغيّر من وسط إلى آخر.

c. جهد الجاذبيّة دائمًا سالب بينما الجهد الكهربائيّ يكون موجبًا أو سالبًا بحسب الشُحنة.

d. القوّة التي يؤثّر فيها كلّ من مجال الجاذبيّة على الكتلة والمجال الكهربائيّ على الشُحنة هي دائمًا قوّة تجاذب.

5. شُحنة كهربائيّة مقدارها 2 nC فقدت 4.2×10^{-8} J من طاقة وضعها الكهربائيّة عند نقلها في مجال كهربائيّ منتظم من النقطة A إلى النقطة B الموضّحتين في الشكل المجاور.



a. أحسب الشغل المبذول على الشُحنة من A إلى B.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب فرق الجهد الكهربائيّ بين النقطتين A وB.

.....

.....

.....

.....

c. ما مقدار الشغل المبذول على الشُحنة من النقطة A إلى النقطة O؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

6. أحسب شدّة المجال الكهربائيّ بين لوحين موصلين بدائرة كهربائية ومتوازيين، تفصل بينهما مسافة 2 cm وفرق الجهد بينهما 3×10^4 V.

.....

.....

.....

.....

7. تتحرك شُحنة كهربائيّة مقدارها $+6\ \mu C$ مسافة 20 cm في اتّجاه مجال كهربائيّ منتظم، ثمّ مسافة 30 cm باتّجاه عموديّ على خطوط المجال. إذا كانت شدّة المجال 500 V/m، أحسب:

a. التغيّر في طاقة الوضع الكهربائيّة للشُحنة.

.....

.....

.....

.....

b. التغيّر في الجهد الكهربائيّ بين النقطتين.

.....

.....

اختبار المهارات العمليّة

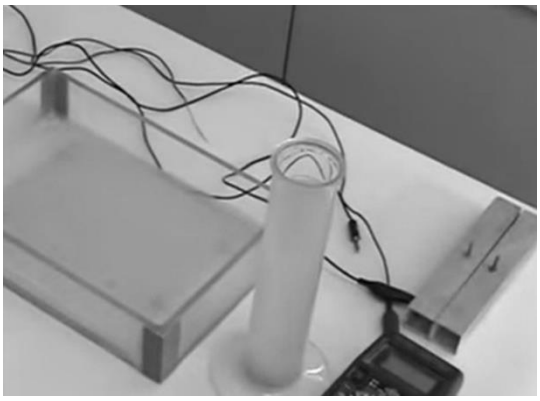
الاسم: الصف: التاريخ:

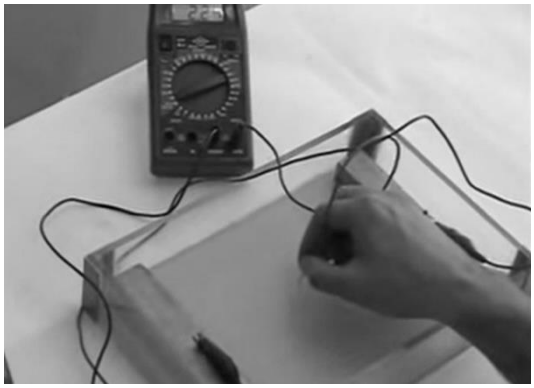
الدرجة: \ 5

الدرس الثالث	المجال الكهربائي المنتظم
النشاط 3-1	الكهرباء الساكنة
سؤال الاستقصاء	كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي بين نقطتين بتغير المسافة؟

المواد المطلوبة:

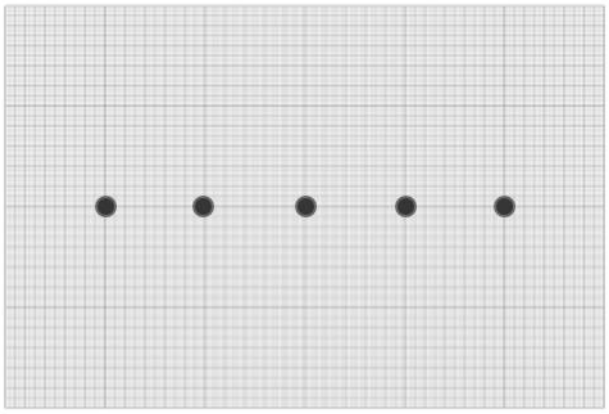
حوض زجاجي في قاعه ورقة رســـم بياني، لوحان متماثلان من الألمنيوم، محلول متأين من كبريتات النحاس، أسلاك توصيل، مصدر جهد مستمر، جهاز لقياس فرق الجهد المستمر.





الخطوات:

a. ثبت في أسفل الحوض الزجاجي ورقة رسم بياني محدد عليها إحداثيات أفقية لبعض النقاط .



b. ثبت اللوحين المعدنيين في الحوض بحيث يكونان متوازيان وعلى حدود طرفي ورقة الرسم البياني.

c. أسكب محلول كبريتات النحاس في الحوض .

d. قم بتوصيل أحد اللوحين بالقطب السالب لمصدر الجهد.

e. قم بتوصيل اللوح الثاني بالقطب الموجب لمصدر الجهد.

f. الآن قم بتوصيل القطب السالب لجهاز قياس فرق الجهد باللوح المتصل بالقطب السالب واترك الطرف الموجب بيدك لتحريكه على النقاط ذات الإحداثيات الموجودة في الجدول أدناه.

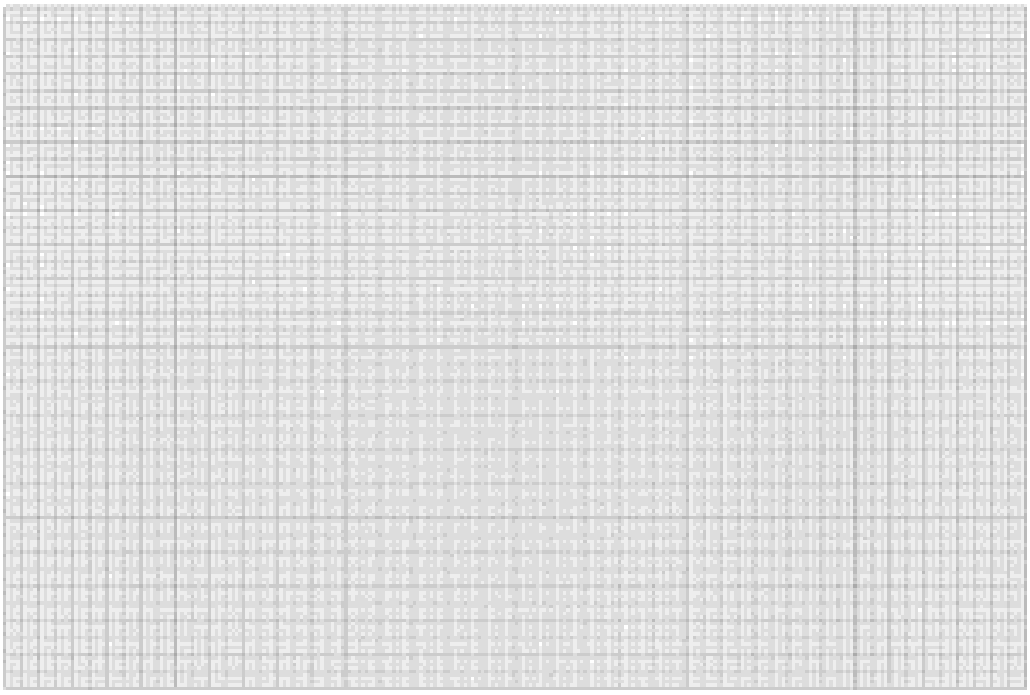
الأسئلة

1. شغل مصدر الجهد المستمر ثم قم بتحريك القطب الموجب لجهاز قياس فرق الجهد على النقاط المحددة على ورقة الرسم البياني كما هو في الجدول، عند كل نقطة خذ قراءة فرق الجهد ودونها في الجدول الآتي:

إحداثيات النقطة x (المسافة) cm	1	2	3	4	5
قراءة جهاز قياس فرق الجهد ΔV (الفولت)	.....	.....	.....	.....	.....

حيث يشير x إلى المسافة في الإتجاه الأفقي الموازي لإتجاه المجال الكهربائي ماذا تستنتج بشأن أنواع الشحنات الكهربائيّة.

2.إرسم الخط البياني الذي يمثل العلاقة بين فرق الجهد ΔV والمسافة x



3.استنتج العلاقة بين فرق الجهد والمسافة؟

.....

.....

.....

4.ماذا يمثل ميل المنحنى؟ أحسب قيمة هذا الميل.

.....

.....

.....

5.ما خصائص المجال الكهربائي وفرق الجهد بين اللوحين؟

.....

.....

اختبار مهارات استقصاء العلمي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: 5\

الدرس الأوّل	قانون كولوم
النشاط	السماحيّة الكهربائيّة
سؤال الاستقصاء	كيف تتغيّر السماحيّة النسبيّة للمواد بحسب درجة الحرارة؟

تتغيّر السماحيّة النسبيّة بحسب المواد، فلكل مادّة ثابت يمثّل مقدار السماحيّة النسبيّة لهذه المادّة. ولكن السؤال الذي يُطرح: هل تتغيّر السماحيّة النسبيّة للمادّة نفسها بحسب درجة حرارة هذه المادّة؟ وإذا كانت تتغيّر، فهل تتغيّر بنفس النمط (زيادة أو نقصانًا) لكلّ المواد أم لكل مادّة قانون نمطها الخاصّ بها؟

للتحقّق من هذه الفرضيّات، قامت مجموعة من الطلّاب بقياس السماحيّة النسبيّة لبعض المواد وعند درجات حرارة مختلفة، وحصلوا على مجموعة من النتائج سوف نقوم بدرسها.

يتضمّن الموضوع عدد من المتغيّرات: نوعيّة المادّة، درجة حرارة المادّة، سماحيّة الفراغ، سماحيّة المادّة، السماحيّة النسبيّة للمادّة.

أمّا النتائج التي حصل عليها الطلّاب فتتمثّل بالجداول الآتية:

جدول رقم 1: الماء

ε_r	90	80	70	62	55	50	43	37	35	30	27	22	18
t °C	0	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300

جدول رقم 2: أمونيوم

ε_r	26	22	20	17
t °C	− 80	− 40	0	20

جدول رقم 3: حامض هيدروفليوريك

ε_r	175	134	111	83.6
t °C	− 73	− 42	− 27	0

1. صنّف المتغيّرات الواردة أعلاه إلى: متغيّر ثابت، متغيّر مستقل، متغيّر تابع.

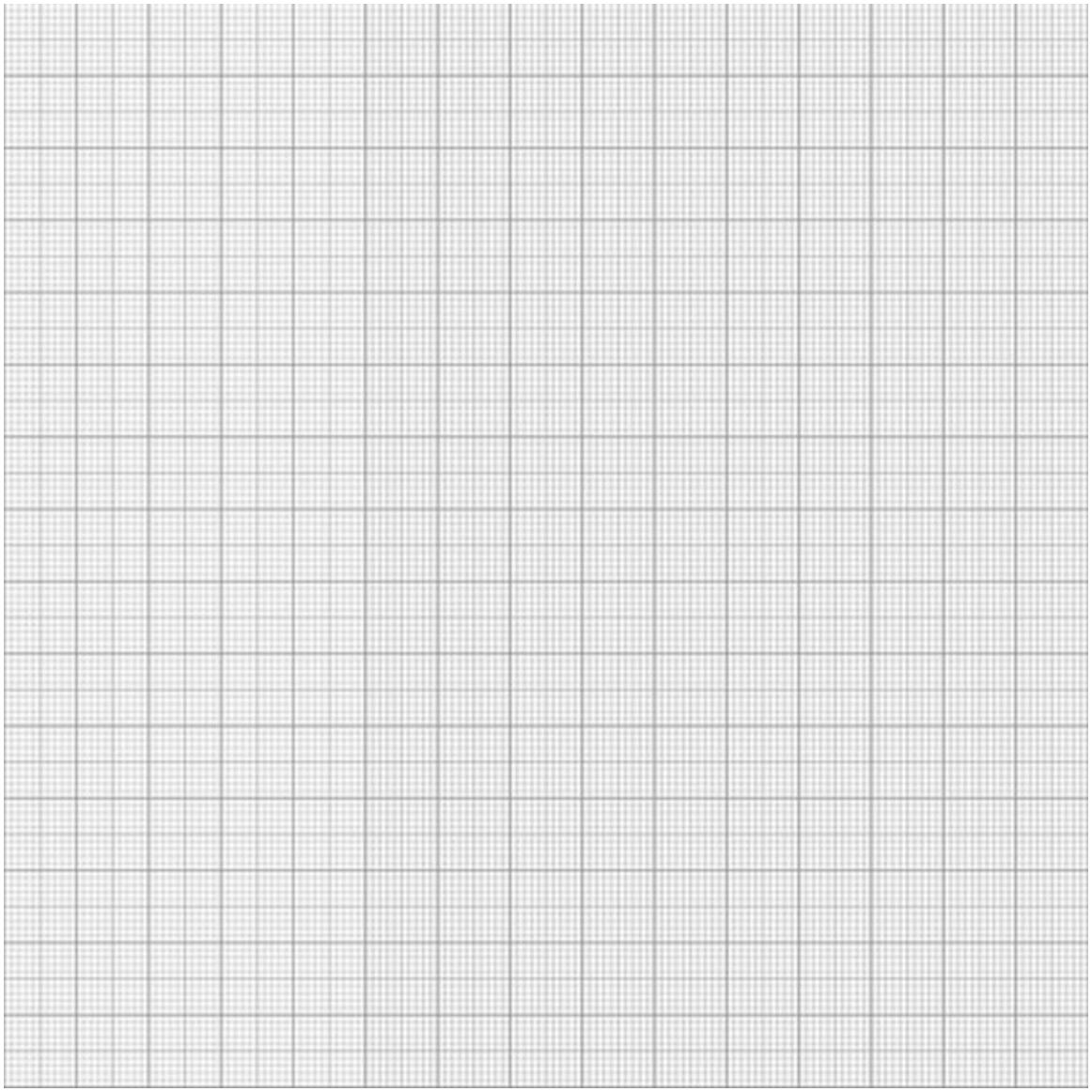
.....

.....

.....

.....

2. ارسم المنحنى البياني للعلاقة بين السماحيّة النسبيّة للماء و درجة الحرارة.



3. ماذا تستنتج من المنحنى البياني؟

.....

.....

.....

.....

4. بمقارنة الجدولين 2 و 3 مع الجدول 1، كيف تتغير السماحيّة النسبيّة لمادتي الأمونيوم وحامض الهيدروفليوريك بتغيُّر درجة حرارتها؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

5. هل تتغيّر سماحيّة المادّة مع درجة الحرارة بنفس نمط تغيّر سماحيّتها النسبيّة؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

اختبار الوحدة الثالثة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	21 \

ثابت كولوم $9 \times 10^9 \ Nm^2/C^2$،

تسارع الجاذبية $g = 10 \ m/s^2$.

اختر الاجابة الصحيحة في الأسئلة من 1 – 7

1. ما العامل الذي قد يغير من مقدار ثابت كولوم؟

a. يكون ثابت كولوم موجبًا أو سالبًا بحسب الشُحنة.

b. يتناسب ثابت كولوم طرديًا مع السماحيّة الكهربائيّة للفراغ.

c. يتناسب ثابت كولوم طرديًا مع السماحيّة الكهربائيّة للوسط.

d. يتناسب ثابت كولوم عكسيًا مع السماحيّة الكهربائيّة للوسط.

2. في قانون كولوم، إذا تضاعفت كلٌّ من الشحنتين فما تأثير ذلك في القوّة المتبادلة بينهما؟

a. تزداد القوّة مرتين.

b. تزداد القوّة 4 مرات.

c. تقلّ القوّة الى ربع مقدارها.

d. تقلّ القوّة إلى نصف مقدارها.

3. وضعت شُحنة كهربائيّة $-6 \ \mu C$ في مجال كهربائيّ شدّته $2x10^6 \ N/C$. ما مقدار القوّة المؤثّرة في هذه الشُحنة؟

a. $+3 \ N$ في اتجاه المجال.

b. $-3 \ N$ عكس اتجاه المجال.

c. $+12 \ N$ في اتجاه المجال.

d. $-12 \ N$ عكس اتجاه المجال.

4. تتحرّك شُحنة 3+ µC بين نقطتين A وB، فرق الجهد الكهربائيّ بينهما 500 V. ما مقدار طاقة الوضع الكهربائيّ بينهما؟

a. 1.5×10^{-5} J
b. 1.5×10^{-4} J
c. 1.5×10^{-3} J
d. 1.5×10^{-2} J

5. ما مقدار الجهد الكهربائيّ عند نقطة تبعد 0.5 m عن شُحنة 100 µC؟

a. 1.8×10^{4} V
b. 1.8×10^{5} V
c. 1.8×10^{6} V
d. 1.8×10^{7} V

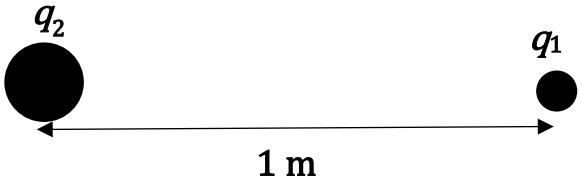
6. يتحرّك إلكترون جنوبًا في مجال كهربائيّ منتظم، فكيف يكون اتّجاه المجال الكهربائيّ؟

a. إلى الغرب.
b. إلى الشرق.
c. إلى الشمال.
d. إلى الجنوب.

7. ما سبب تغليف أسلاك الحاسوب بمادّة فلزيّة موصلة؟

a. زيادة سرعة إشارات شبكات الحاسوب.
b. منع احتكاك الأسلاك بعضها ببعضها الآخر.
c. حماية الحاسوب من أي ارتفاع مفاجئ في الجهد الكهربائيّ.
d. حماية إشارات شبكات الحاسوب من أي مجال كهربائيّ خارجي.

8. شحنتان كهربائيّتان $q_1 = +4\ \mu C$ و $q_2 = -9\ \mu C$ تفصل بينهما مسافة 1 m. أين يجب وضع شُحنة نقطيّة سالبة q بحيث تكون محصّلة القوى الناتجة عن الشحنتين على الشُحنة النقطيّة صفرًا؟ فسّر إجابتك.



.....

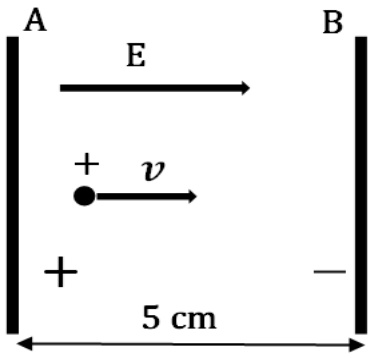
.....

.....

.....

.....

9. تحرّكت كرة بلاستيكيّة، كتلتها 1.5×10^{-5} kg وتحمل شُحنة موجبة مقدارها $3\ \mu C$ +، من السكون من اللوحة A إلى اللوحة B حيث يؤثر مجال كهربائيّ منتظم 2700 N/C أفقيًّا نحو اليمين. المسافة بين اللوحين 5 cm.



a. أحسب طاقة الوضع الكهربائيّة للكرة عند الانطلاق.

.....

.....

.....

b. أحسب سرعة الكرة لحظة وصولها إلى اللوحة B.

.....

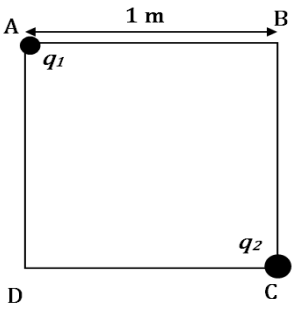
.....

.....

.....

10. وُضـــعت شُـــحنة نقطيّة مقدارها $q_1 = +1.6\ \text{nC}$ على الزاويّة A لمربّع طول ضـلعه $1.00\ \text{m}$ (الشـكل المجاور)، كما وُضـعت شُـحنة أخرى مقدارها $q_2 = -2.4\ \text{nC}$ على الزاويّة C.

ما مقدار المجال الكهربائيّ على الزاويّة B؟



.....

.....

.....

.....

.....

11. تمّ تغيير المسافة بين شحنتين كهربائيّتين متساويتين في المقدار $q-$ و$q+$ من r إلى $4r$. ما التغيّر في مقدار كل من الشحنتين بحيث تبقى القوة الكهروستاتيكية بينهما دون تغيير؟

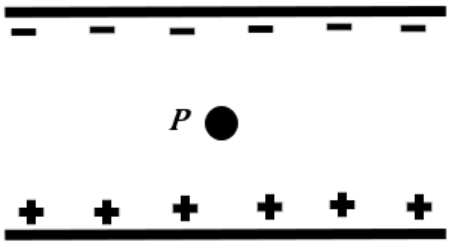
.....

.....

.....

.....

12. تمّ وضع بروتون شحنته $+1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ وكتلته $1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg}$ في مجال كهربائيّ منتظم كما هو مبيَّن في الشكل المجاور.



أحسب شدّة المجال الكهربائيّ الذي سيجعل البروتون في حالة اتّزان بين اللوحين.

.....

.....

.....

.....

.....

13. تحتوي نواة ذرّة الكربون 6 بروتونات. إذا كانت شُحنة البروتون $+1.6 \times 10^{-19}$ C:

a. ما مقدار الجهد الكهربائيّ في نقطة تبعد 10^{-10} m عن نواة الكربون؟

.....

.....

.....

.....

b. أحسب، بوحدة الالكترون–فولت (eV)، طاقة الوضع الكهربائيّة لإلكترون موجود على مسافة 10^{-10} m من نواة الكربون.

.....

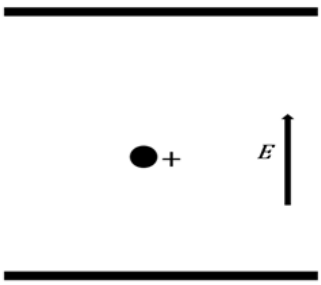
.....

.....

.....

14. تم وضع كرة بلاستيكيّة، كتلتها 3.3×10^{-5} kg تحمل شُحنة موجبة مقدارها $+3 \times 10^{-7}$ C في مجال كهربائيّ منتظم 1420 N/C نحو الأعلى.

أحسب سرعة الكرة بعد مضي 0.12 s من تحركها من السكون.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

15. يحتاج مصباح كهربائيّ ليعمل بانتظام إلى 110 W وإلى فرق جهد 220 V.

a. أحسب طاقة الوضع الكهربائية لهذا المصباح في الثانية الواحدة؟

.....

.....

.....

.....

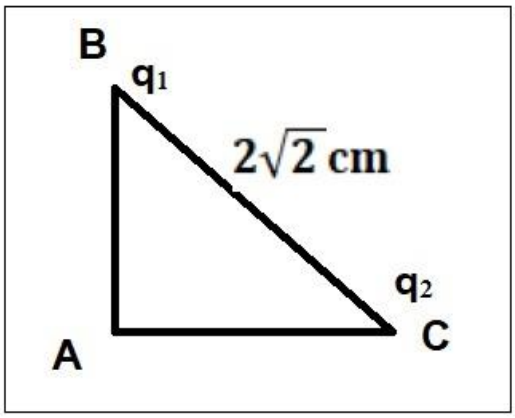
b. أحسب عدد الإلكترونات التي تمرّ في المصباح في كلّ ثانيّة.

.....

.....

.....

16. أحسب الجهد الكهربائي عند النقطة A الناتج عن الشحنتين $q_1 = +9\ \mu C$ و $q_2 = -6\ \mu C$ والموضحتين في الشكل المجاور، علما أن المثلث ABC قائم الزاوية ومتساوي الساقين.



.....

.....

.....

.....

.....

17. عند وجود شحنتين q_1 و q_2 في الهواء تفصلهما مسافة r ،فإنه توجد نقطة محددة ينعدم فيها المجال الكهربائي. حدد موقع هذه النقطة بالنسبة إلى الشحنتين في الحالتين الآتيتين:

a. الشحنتان متماثلتان ومتساويتان في المقدار.

.....

.....

.....

b. الشحنتان مختلفتان وإحداهما أكبر من الأخرى ($q_2 > q_1$)

.....

.....

.....

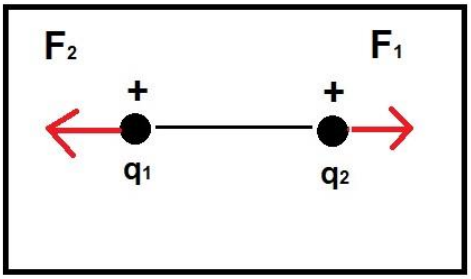
ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P0705.2	1	1
2	P0705.1	1	1
3	P1011.2	1	1
4	P1013.1	1	1
5	P1011.4	1	1
6	P1110.1	1	1
7	P0705.3	1	1
8	P1103.2	1	1
9	C0901.2	1	1
10	P1202.1	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	a. في الشحن بالتأثير يكتسب الطرف القريب شحنة مخالفة للمؤثر بينما الطرف البعيد يكتسب شحنة مماثلة.
2	d. تظهر على أحد الجسمين شُحنة كهربائية موجبة وعلى الجسم الأخر شُحنة كهربائية سالبة.
3	a. $\Delta V = \frac{W}{Q}$
4	a. مجال كهربائيّ.
5	a. الفولت.
6	a. المادّة العازلة لا تسمح بنقل الشُحنة الكهربائيّة بينما الموصلة تسمح بذلك.
7	d. الإلكتروسكوب.
8	d. يقلّ كلّما ابتعدنا عن سطح الأرض.
9	d. يستمرّ في مساره ولا يتأثر باللوحين المشحونين.
10	 $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

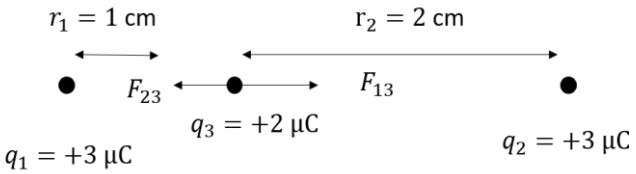
إجابات تطبيق الدرس الأوّل: قانون كولوم

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1206. 1	1	1
2	P1206. 1	1	1
3	P1206. 1	1	1
4	P1206. 1	1	1
5	P1206. 1	1	1
6	P1206. 1	1	2
7	P1206. 1	1	2
8	P1206. 1	1	1
9	P1206. 1	1	1
10	P1206. 1	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	c. كولوم.
2	d. لأن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات. لأن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات ومقدار الشُحنة الكهربائيّة لكل منهما نفسه لكن متعاكستان، واحدة موجبة وأخرى سالبة بما يعني أن المجموع صفر.
3	d. إلكترون إلكترون. لأنّ الشحنات المتشابهة تتنافر.
4	a. تنخفض إلى ربع قيمتها. بحسب قانون كولوم: $F_1 = \frac{kq_1q_2}{{r_1}^2}$ إذا ضاعفنا المسافة بين الشحنتين، تصبح القوّة الكهربائيّة: $F_2 = \frac{kq_1q_2}{{r_2}^2}$ $F_2 = \frac{kq_1q_2}{(2r_1)^2}$ $F_2 = \frac{F_1}{4}$
5	$\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0$ $\varepsilon = 80 \times 8.85 \times \frac{10^{-12}\,\mathrm{F}}{\mathrm{m}}$ $= 7.08 \times 10^{-10}\,\mathrm{F/m}$
6	$\varepsilon_{\text{تفلون}} = 2\varepsilon_0 \qquad r_2 = 2r_1$ $F_{\text{فراغ}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\,q_2}{r^2} \qquad F_{\text{تفلون}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{\text{تفلون}}}\frac{q_1\,q_2}{{r_2}^2}$ $F_{\text{تفلون}} = \frac{1}{4\pi 2\varepsilon_{\text{فراغ}}}\frac{q_1\,q_2}{(2r_1)^2} = \frac{1}{8}F_1$ $= \frac{10}{8} = 1.25\ N$

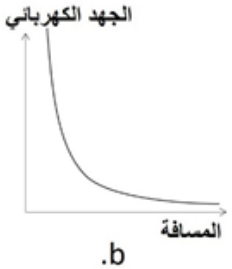
بما أن الشحنة المحمولة على الحزام موجبة فإن السطح الداخلي للكرة والقريب من الحزام يكتسب بالتأثير شحنة سالبة مخالفة لشحنة الحزام الموجبة بينما السطح الخارجي البعيد للكرة اكتسب كما في الشكل شحنة موجبة مماثلة لشحنة الحزام.	**7**
المسافة بين كلا من الشحنتين (r_1, r_2) والشحنة الثالثة مبينة على الرسم التالي وكذلك القوى  $F_{13} = \frac{kq_1q_3}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-4}} = 540$ N $F_{23} = \frac{kq_2q_3}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} = 135$ N فتكون محصلة القوى في اتجاه اليمين ويساوي: $F = 540 - 135 = 405$ N	**8**
بحسب قانون كولوم، قوة الجذب بينهما: $F = k\frac{q_1\, q_2}{r^2}$ $F = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{16 \times 10^{-4}}$ $F = 22.5$ N	**9**
$F_1 = 64$ N $\quad F_2 = 16$ N $F\ \alpha\ \frac{1}{r^2}$ $F_2 = 16$ N $\alpha\ \frac{1}{r_2^2}$ $\qquad$ $F_1 = 64$ N $\alpha\ \frac{1}{r_1^2}$ $\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{64}{16} = 4$ $\frac{r_1}{r_2} = 2$ $r_2 = 2r_1$ $r_2 = 2 \times 10$ $r_2 = 20$ cm يجب أن تتضاعف المسافة بين الشحنتين حتّى تنخفض القوّة إلى الربع.	**10**

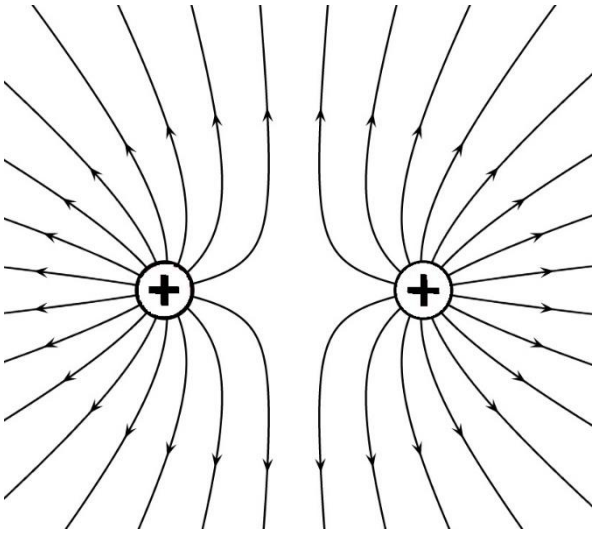
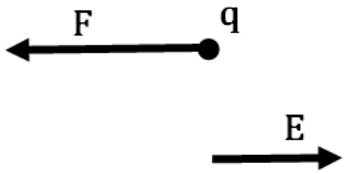
إجابات تطبيق الدرس الثاني: المجال الكهربائيّ والجهد الكهربائيّ

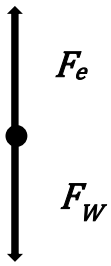
- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1206. 2	1	1
2	P1206. 3	1	1
3	P1206. 3	1	2
4	P1206. 3	1	1
5	P1205. 3	1	1
6	P1206. 2	1	2
7	P1205. 1-3	1	1
8a	P1206. 2	1	1
8b	P1206. 2	1	1
9	P1206. 2	1	3
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	c. نحو الشُحنة السالبة وبعيدًا عن الشُحنة الموجبة.
2	b. يقل بمقدار النصف. قبل مضاعفة المسافة بين الشُحنة والنقطة P: $V_1 = \frac{kq}{r}$ بعد مضاعفة المسافة: $V_2 = \frac{kq}{2r}$ $V_2 = \frac{V1}{2}$
3	.b لأن المنحني البياني يحقق العلاقة الآتية $V = \frac{kq}{r}$  .b
4	57. 6 V .c $V = \frac{kq}{r}$ $V = \frac{9 \times 10^{9} \times 1.6 \times 10^{-19}}{0.25 \times 10^{-10}}$ $V = 57.6\ \text{V}$
5	التغير في طاقة الوضع الكهربائية هو: $E = q\Delta V$ $E = +3.2 \times 10^{-19} \times 10$ $= 3.2 \times 10^{-18}\ \text{J}$
6	تتمثّل الكرة المشحونة كأنّها شُحنة نقطيّة متمركزة في مركز الكرة فتكون المسافة عندئذ: $r = 0.25 + 0.05 = 0.3\ \text{m}$ $E = k\frac{q}{r^2}$ $E = \frac{9 \times 10^{9} \times 4 \times 10^{-6}}{0.3^2}\ \text{N/C}$ $E = 4 \times 10^{5}\ \text{N/C}$

المجال الكهربائي لشحنتين 	**7**
$q = -0.05\ \mu\text{C}$ $E = 5.5 \times 10^5\ \text{N/m}$  بما أنّ الشُحنة سالبة فإنّ اتجاه القوّة يكون عكس اتّجاه المجال.	**8a**
$F = qE$ $F = 0.05 \times 10^{-6} \times 5.5 \times 10^5\ \text{N}$ $F = 2.75 \times 10^{-2}\ \text{N}$	**8b**

9	لكي تبقى قطرة الماء في حالة اتزان سكوني، يجب أن تكون محصّلة القوى التي تؤثّر فيها، وزنها والقوّة الكهربائيّة، صفرًا. بما أن المجال الكهربائيّ للأرض نحو الأسفل، فهو يؤثّر في الالكترونات المطلوب إضافتها بقوّة نحو الأعلى لتعاكس وزن قطرة الماء نحو الأسفل.  $F_W = mg = 32.66 \text{ x } 10^{-12} \times 9.8$ $= 32 \times 10^{-11}$ N $F_e = qE = F_W$ كميّة الشحنات التي يجب إضافتها إلى قطرة الماء: $q = \frac{F_W}{E}$ $q = \frac{32 \times 10^{-11}}{100}$ $= 32 \times 10^{-13}$ C عدد الالكترونات المطلوبة: $n = \frac{q}{e} = \frac{32 \times 10^{-13}}{1.6 \times 10^{-19}}$ $n = 2 \times 10^{7}$

إجابات تطبيق الدرس الثالث: المجال الكهربائيّ المنتظم

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1205. 1	1	1
2	P1205. 1	1	1
3	P1205. 1	1	1
4	P1206. 4	1	1
5a	P1205. 1	1	2
5b	P1205. 1	1	1
5c	P1205. 1	1	1
6	P1205. 1	1	1
7a	P1205. 3	1	2
7b	P1205. 3	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	c. مجال كهربائيّ بين لوحين متوازيين مشحونين واحد موجب والثاني سالب.
2	d. خطوط المجال الكهربائي المنتظم عبارة عن خطوط مستقيمة متوازية وبينها مسافات متساوية.
3	d. $v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$
4	c. جهد الجاذبيّة دائمًا سالب، بينما الجهد الكهربائيّ يكون موجبًا أو سالبًا بحسب الشُحنة. معادلة جهد الجاذبيّة: $V = -G\frac{M}{r}$ كل المقادير: ثابت الجذب العام والكتلة والمسافة مقادير موجبة، إذن إشارة الناقص $(-)$ تعني أن جهد الجاذبيّة هو دائمًا سالب. $V = \frac{kQ}{r}$ ثابت كولوم والمسافة مقدارين موجبين، إنما الشُحنة يمكن أن تكون موجبة أو سالبة، ما يؤدي إلى أن يكون الجهد الكهربائيّ موجبًا أو سالبًا بحسب الشُحنة.
5a	$\Delta E_p = 4.2 \times 10^{-8}\ \text{J}$ $q = 2\ \text{nC}$ الشغل المبذول من A إلى B: $W = -\Delta E_p$ $W = -4.2 \times 10^{-8}\ \text{J}$
5b	فرق الجهد بين النقطتين A وB: $\Delta E_p = qV_{ab}$ $V_{ab} = \frac{\Delta E_p}{q}$ $V_{ab} = \frac{4.2 \times 10^{-8}}{2 \times 10^{-9}}\ \text{V}$ $V_{ab} = 21\ \text{V}$
5c	الشغل المبذول من A إلى O يساوي صفرًا لأنّ المسافة عموديّة على اتّجاه المجال.

$\Delta V = 3 \times 10^4$ V $\quad d = 0.02$ m شدّة المجال الكهربائيّ: $E = \frac{\Delta V}{d}$ $E = \frac{3 \times 10^4}{0.02}$ V/m $E = 1.5 \times 10^6$ V/m	**6**
$q = 6$ µC $V = 500$ V/m $r_1 = 20$ cm $r_2 = 30$ cm عموديّ على المجال التغيّر في الجهد الكهربائيّ يعتمد على المسافة المقطوعة في اتّجاه المجال، المسافة المقطوعة بشكلّ عمودي مع الاتّجاه تأثيرها صفر. وعليه يكون التغيّر في طاقة الوضع ΔE_p: $W = F\ r$ $F = q\ E$ $\Delta E_p = -W = -q\ E\ r$ $\Delta E_p = -500 \times 6 \times 10^{-6} \times 0.2$ J $\Delta E_p = -6 \times 10^{-4}$J	**7a**
$\Delta\ V = \frac{\Delta E_p}{q}$ $\Delta\ V = \frac{-6 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-6}}$ V $\Delta\ V = -100$ V	**7b**

إجابات اختبار المهارات العملية

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

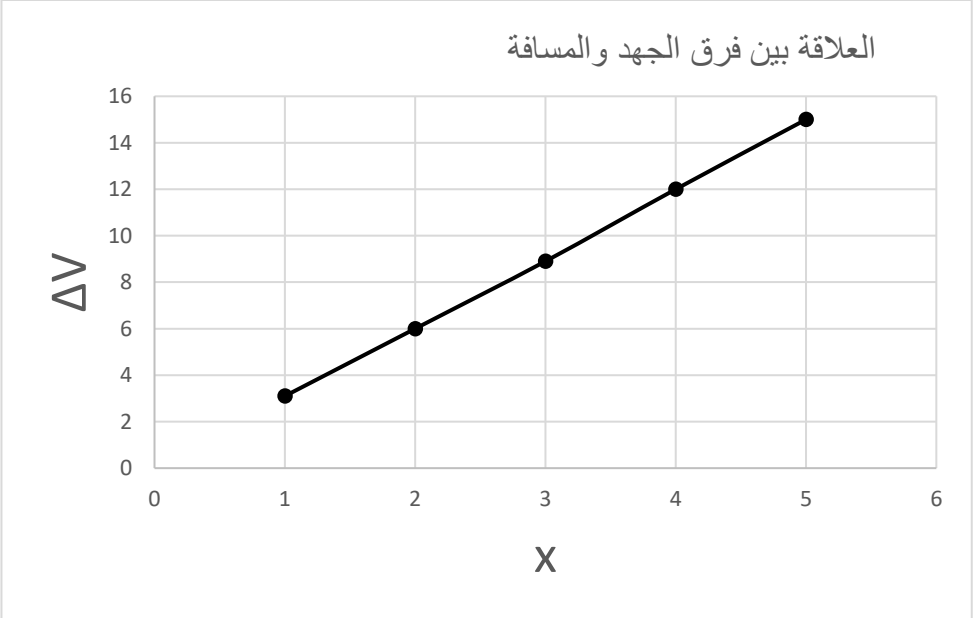
السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1205. 1	1	1
2	P1205. 1	1	1
3	P1205. 1	1	2
4	P1205. 1	1	2
5	P1205. 1	1	1
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1

إحداثيات النقطة x (المسافة cm)	1	2	3	4	5
قراءة جهاز قياس فرق الجهد ΔV (الفولت)	3.1	6	8.9	12	15

2



3

العلاقة بين ΔV و x: العلاقة خطية والمنحنى مستقيم

$\Delta V = (\text{ثابت})\ x$

4

يمثل ميل المستقيم مقدار المجال الكهربائي E المنتظم بين اللوحين،

فتصبح العلاقة : $\Delta V = E\ x$

$$E = \frac{\Delta V_2 - \Delta V_1}{x_2 - x_1} = \frac{15 - 3.1}{(5-1) \times 10^{-2}} = 297.5\ \text{V / m}$$

5

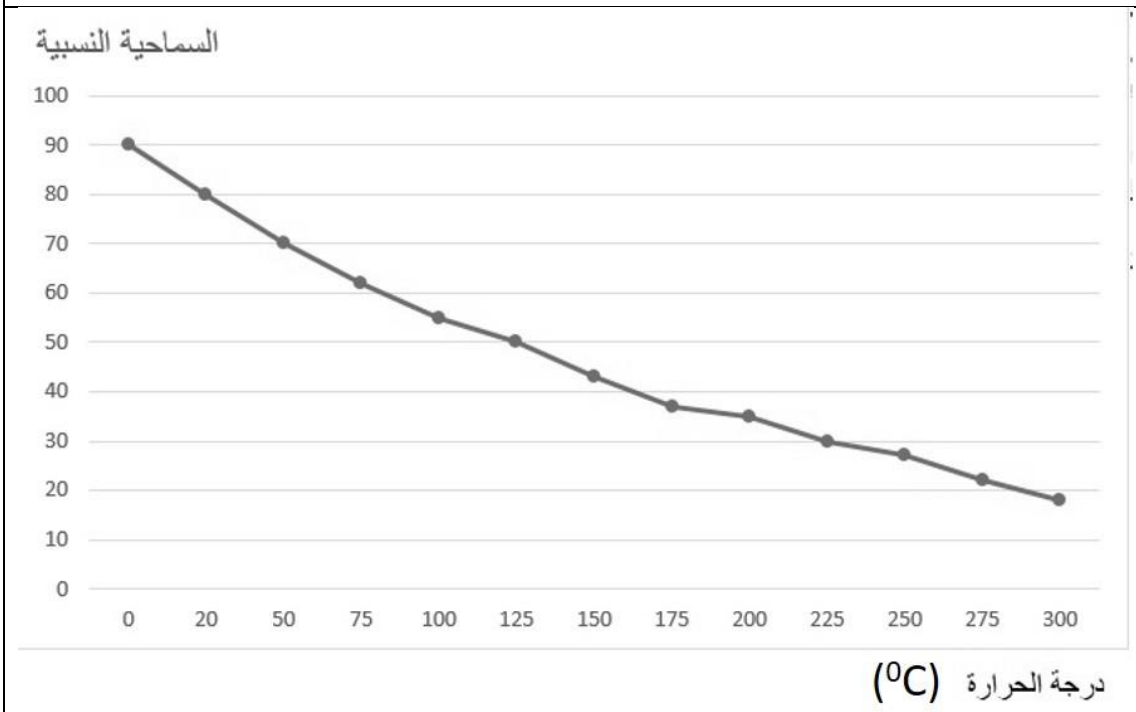
المجال الكهربائي منتظم لأن اللوحان متوازيان والتغير في الجهد الكهربائي يعتمد فقط على المسافة المقطوعة بشكل موازي للمجال الكهربائي.

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1206. 1	1	1
2	P1206. 1	1	2
3	P1206. 1	1	1
4	P1206. 1	1	1
5	P1206. 1	1	2
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1	متغيّر ثابت: نوعيّة المادّة، سماحيّة الفراغ. متغيّر مستقّل: درجة حرارة المادّة. متغيّر تابع: السماحيّة النسبيّة للمادّة، سماحيّة المادّة.
2	
3	نستنتج من المنحنى البياني أن السماحيّة النسبيّة للماء تتناسب عكسيا مع درجة الحرارة.
4	تقل السماحيّة النسبيّة للوسط (الأمونيوم وحامض الهيدروفليوريك) مع ازدياد درجة حرارتها تماما كما في حالة الماء.
5	تتغيّر سماحيّة الوسط مع درجة الحرارة بنفس شكل تغيّر سماحيّتها النسبيّة، لأن سماحيّة الوسط حاصل ضرب السماحيّة النسبيّة بسماحيّة الفراغ التي تمثّل مقدارًا ثابتًا. $\varepsilon = \varepsilon_r \ \varepsilon_0$

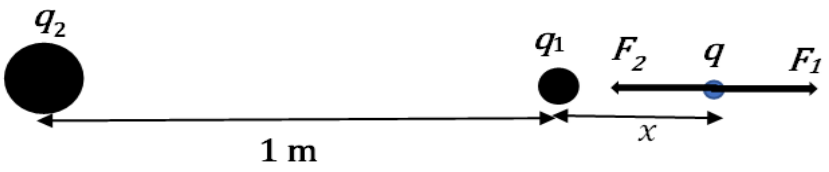
إجابات اختبار الوحدة الثالثة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

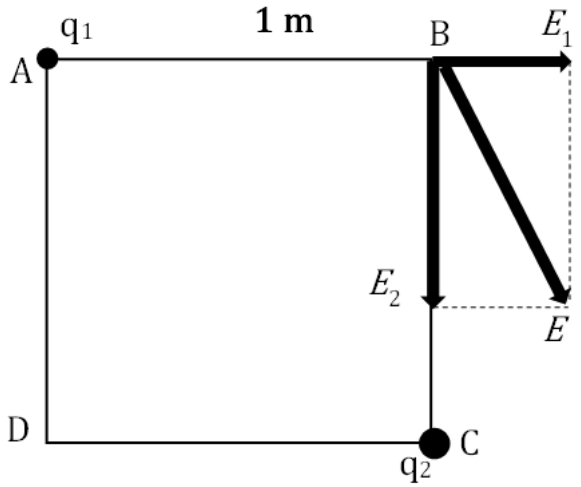
السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1206. 1	1	1
2	P1206. 1	1	1
3	P1205. 1	1	1
4	P1205. 3	1	1
5	P1206. 3	1	1
6	P1206. 1	1	1
7	P1206.2	1	1
8	P1206. 1	1	2
9a	P1205. 1	1	1
9b	P1205. 3	1	2
10	P1206. 2	1	2
11	P1206. 1	1	1
12	P1205. 1	1	2
13a	P1206. 3	1	1
13b	P1205. 3	1	1
14	P1205.3	1	3
15a	P1205.3	1	1
15b	P1205.1	1	2
16	P1206. 3	1	2
17 a	P1206. 2	1	2
17 b	P1206. 2	1	2
المجموع		**21**	

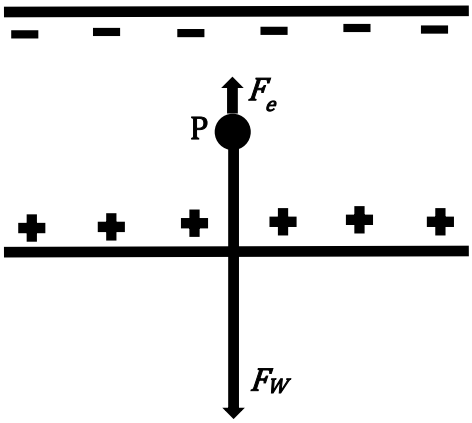
- **الإجابات**

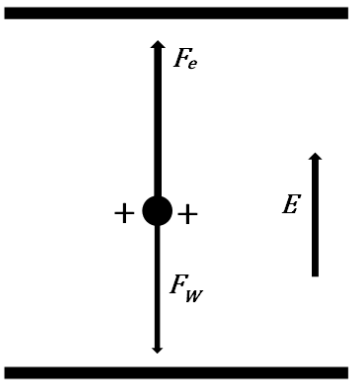
1	d. يتناسب ثابت كولوم عكسيًا مع السماحيّة الكهربائيّة للوسط بحسب المعادلة: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0}$
2	a. تزداد القوّة أربع مرات. بحسب قانون كولوم: $F_1 = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ إذا ضاعفنا كل من الشحنتين، تصبح القوّة: $F_2 = k\frac{(2q_1)(2q_2)}{r^2}$ $F_2 = 4F_1$
3	d. -12 N عكس اتّجاه المجال، لأنّ الشُحنة سالبة. $F = qE$ $F = -6 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{6}$ $= -12$ N إشارة الناقص تدل على أنّ اتجاه القوّة عكس اتجاه المجال.
4	b. 1.5×10^{-3} J $E_p = \mathrm{q}V$ $E_p = 500 \times 3 \times 10^{-6}$ $= 1.5 \times 10^{-3}$ J
5	c. 1.8×10^{6} V $V = k\frac{q}{r}$ $V = \frac{9 \times 10^{9} \times 100 \times 10^{-6}}{0.5}$ $V = 1.8 \times 10^{6}$ V

6	c. إلى الشمال. بما أنّ شُحنة الالكترون سالبة، يكون اتجّاه القوّة بعكس اتجاه المجال أي نحو الشمال، لأن المجال نحو الجنوب.
7	d. حماية إشارات شبكات الحاسوب من أي مجال كهربائيّ خارجي. تمثّل المادّة الفلزيّة حاجزًا يقوم بدور درع فلزي يسمى قفص فارادي، حيث تُنشئ شحناتها مجالاً كهربائيّا يعاكس المجال الكهربائيّ الخارجي، الذي قد يسبّب تلف المادّة في غياب قفص فارادي.
8	بما أن الشّحنتين مختلفتين، فإنّ النقطة التي تكون محصّلة القوى فيها صفرًا تكون خارج المسافة بين الشحنتين وأقرب إلى الشُحنة الأصغر مقدارًا. لنفترض أنّ الشُحنة q على مسافة x من q_1 ، فتكون على مسافة $(1 + x)$ من q_2  بحسب قانون كولوم، تؤثّر الشُحنة q_1 على الشُحنة النقطيّة q بقوّة F_1 نحو اليمين: $F_1 = k\ \frac{q_1\, q}{r_1^2} = k\ \frac{4 \times\ 10^{-6}\, q}{x^2}$ كما تؤثّر الشُحنة q_2 على الشُحنة النقطيّة q بقوّة F_2 نحو اليسار $F_2 = k\ \frac{q_2\, q}{r_2^2} = k \frac{9 \times\ 10^{-6}\, q}{(1 + x)^2}$ $F_1 = F_2$ $k \frac{4 \times\ 10^{-6}\, q}{x^2} = k\ \frac{9 \times\ 10^{-6}\, q}{(1 + x)^2}$ $\frac{4}{x^2} = \frac{9}{(1 + x)^2}$ $\frac{2}{x} = \frac{3}{1 + x}$ $3x = 2 + 2x$ $x = 2\text{m}$ يجب وضع الشُحنة النقطة السالبة على مسافة 2m من الشُحنة q_1 أو 3m من الشُحنة q_2 .

9a	طاقة الوضع الكهربائيّة: $F_p = qV$ $E = \frac{V}{d} \rightarrow V = Ed$ $F_p = qEd$ $E_p = 3 \times 10^{-6} \times 2700 \times 5 \times 10^{-2}$ $= 405 \times 10^{-6}$ J
9b	سرعة الكرة لحظة وصولها إلى اللوحة B: بما أنّ الكرة تتحرّك أفقيًّا، فإن شغل وزنها يساوي صفرًا، ويمكن بالتالي تطبيق مبدأ حفظ الطاقة، بمعنى أنّ كل طاقة الوضع الكهربائيّة للكرة سوف تتحوّل إلى طاقة حركيّة عند الوصول. $E_p = E_k = ½\ m v^2$ $v^2 = 2\frac{E_p}{m}$ $v = \sqrt{\frac{2E_p}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{2\times405\times10^{-6}}{1.5\times10^{-5}}}$ $v = 7.35$ m/s

 $E_1 = k\frac{q_1}{r^2} = \frac{9\times10^9\ \times1.6\times\ 10^{-9}}{1^2}$ $= 14.4\ \mathrm{N/C}$ $E_2 = k\frac{q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9\ \times(-2.4)\times\ 10^{-9}}{1^2}$ $= -21.6\ \mathrm{N/C}$ المجال الكلّي عند النقطة B: باستخدام نظريّة فيثاغورس: $E = \sqrt{14.4^2 + (-20.36)^2}$ $E = 24.9\ \mathrm{N/C}$	**10**
$r_1 = r \qquad r_2 = 4r$ $q_1 = q_2 = q$ $q_1' = q_2' = q'$ $F_1 = k.\frac{q_1\, q_2}{r_1^2} = k.\frac{q^2}{r^2}$ $F_2 = k.\frac{q'^2}{r_2^2} = k.\frac{q'^2}{16r^2}$ $F_1 = F_2$ $k.\frac{q^2}{r^2} = k.\frac{q'^2}{16r^2}$ $q'^2 = 16q^2$ $q' = 4q$ يجب مضاعفة كلٍّ من الشحنتين 4 مرات.	**11**

12	القوى المؤثّرة في البروتون وزن الجسم عموديًّا إلى الأسفل $Fw = mg$ القوّة الناتجة عن المجال الكهربائيّ عموديًّا إلى الأعلى $F = qE$  عند نقطة الاتّزان تكون القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتِّجاه. $F = Fw$ $qE = mg$ $E = \frac{mg}{q}$ $E = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 10}{1.6 \times 10^{-19}}$ $E = 1.04 \times 10^{-8}\text{N/C}$
13a	مقدار شُحنة النواة: $\text{q} = 6 \times q_{proton} = 6\ \text{e}$ $= 6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ $= 9.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ الجهد الكهربائيّ: $V = k\frac{q}{r}$ $V = \frac{9 \times 10^{9} \times 9.6 \times 10^{-19}}{10^{-10}}$ $V = 86.4\ \text{V}$
13b	طاقة الوضع الكهربائيّة بوحدة eV. $E_P = QV$ $E_P = 6 \times 86.4 = 518.4\ \text{eV}$

14	سرعة الكرة بعد مضي 0.12 s:  تؤثّر في الكرة خلال تحرّكها قوّتان ثابتتان: • وزنها F_W عموديًا نحو الأسفل، • القوة الكهربائيّة F_e عموديًا نحو الأعلى. بحسب قانون نيوتن الثاني، تسارع الكرة: $F_e + F_W = ma$ $qE - mg = ma$ $3 \times 10^{-7} \times 1420 - 3.3 \times 10^{-5} \times 9.8 = 3.3 \times 10^{-5} \times a$ $426 \times 10^{-6} - 323.4 \times 10^{-6} = 3.3 \times 10^{-5} \times a$ $102.6 \times 10^{-6} = 3.3 \times 10^{-5} \times a$ $a = 3.1\ \mathrm{m/s^2}$ سرعة الكرة بعد مضي 0.12 s: $v = at + v_0$ with $v_0 = 0$ $v = at = 3.1 \times 0.12 = 0.37\ \mathrm{m/s}$
15a	طاقة الوضع الكهربائية للمصباح كل ثانيّة: $t = 1\ \mathrm{s}$ $p = 110\ \mathrm{W}$ $V = 220\ \mathrm{V}$ $W = pt = 110 \times 1 = 110\ \mathrm{J}$ $\Delta E_p = qV = -W = -110\mathrm{J}$
15b	عدد الإلكترونات في الثانية الواحدة: $q = \frac{\Delta E_p}{V} = \frac{110\ \mathrm{J}}{220\mathrm{V}} = 0.5\ \mathrm{C}$ $n = \frac{q}{e} = \frac{0.5}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{18}$

16	حيث أن المثلث ABC قائم الزاوية ومتساوي الساقين وباستخدام قاعدة فيثاغورث : $AB = AC = r = 2\text{cm}$ الجهد الكهربائي الناتج عند النقطة A عن الشحنة q_1 $V_1 = k\frac{q_1}{r}$ $= \frac{9 \times 10^9 \times (+9) \times 10^{-6}}{0.02}$ $= +4 \times 5x10^6 \text{ V}$ الجهد الكهربائي الناتج عند النقطة A عن الشحنة q_2 $V_2 = k\frac{q_2}{r}$ $= \frac{9 \times 10^9 \times (-6) \times 10^{-6}}{0.02}$ $= -2.70 \times 10^6 \text{ V}$ بما أن الجهد الكهربائي كمية قياسية فإن الجهد الكلي الكهربائي الناتج عند النقطة A $V_{\text{الكلي}} = V_1 + V_2$ $= +4.05 \times 10^6 + (-2.70 \times 10^6)$ $= +1.35 \times 10^6 \text{ V}$
17a	بما أن الشحنتان متماثلتان ومتساويتان فإن المجال الكهربائي يكون صفرا في نقطة الوسط للخط الواصل بينهما نظرا لتساوي المسافة وتساوي قيمة الشحنتين.
17b	في حالة الشحنتان المختلفتان ($\boldsymbol{q_2 > q_1}$) فإن المجال الكهربائي يكون صفرا في نقطة خارج الخط الواصل بينهما وأقرب للشحنة الأصغر q_1