@grade12ua_e

الوحدة الثالثة 3

الجهد الكهربائي

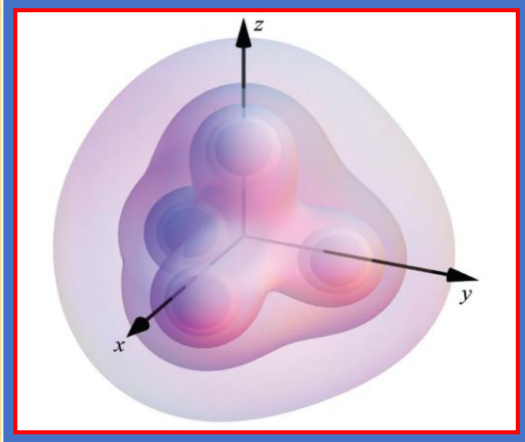
12

United Arab Emirates
Ministry of Education

الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

I ♥ PHYSICS

الجهد الكهربائي



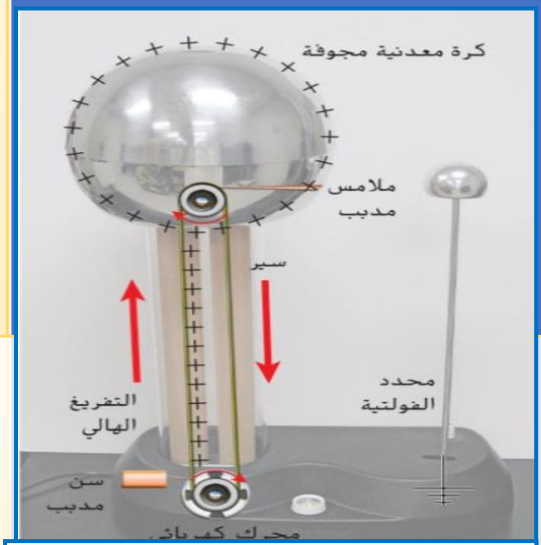
الفيزياء

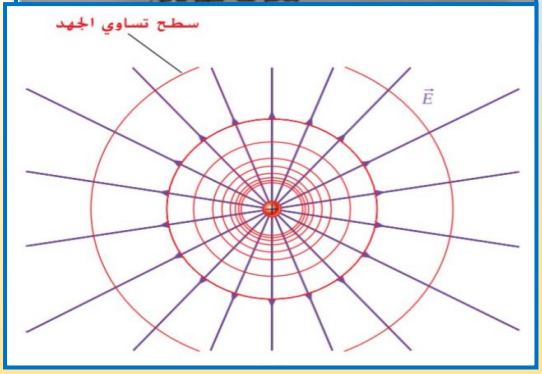
3

الثاني عشر – متقدم

الفصل الدراسي الأول

الاسم : .....





وزارة التربية والتعليم

دائـرة التعـليم والمعـرفة

إعداد الأستاذ
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

العام الدراسي 2018 -2019

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

الفيزياء
3 الجهد الكهربائي

1

الفصل الدراسي الأول
الثاني عشر – متقدم

3.1 طاقة الوضع الكهربائية

درسنا في الوحدات السابقة أوجه الشبة بين قوة الجاذبية والقوة الكهروستاتيكية

$$F_e = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \qquad F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

طاقة الوضع الكهربائية ΔU : **الشغل المبذول في تحريك وحدة الشحنات الكهربائية من اللانهاية إلى تلك النقطة دون إحداث أي تغيير في الطاقة الحركية لها**

$$\Delta U = U_f - U_i = -W_e$$

هي الطاقة التي تكسبها الشحنة بسبب وضعها في المجال الكهربائي لشحنات أخرى .

في المالانهاية تكون ($U_i = 0$) لذلك تعتبر المالانهاية مرجعاً لحساب طاقة الوضع الكهربائية .

تصبح المعادلة بالشكل التالي : $U = -W_{e,\infty}$

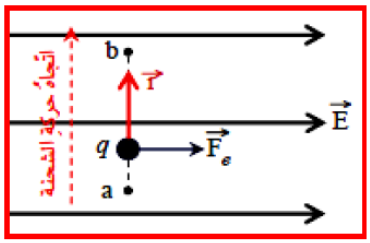
أما في **المجال الكهربائي** المنتظم **فلا يمكن** اعتبار طاقة الوضع عند اللانهاية = صفر

حالة خاصة (1) : الشحنة في مجال كهربائي منتظم

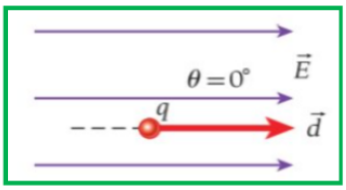
الشغل المبذول لتحريك شحنة نقطية q ازاحة مقدارها $\vec{d}$ في مجال كهربائي منتظم $\vec{E}$ تعطى بالعلاقة

$$W = \vec{F}\bullet\vec{d}$$

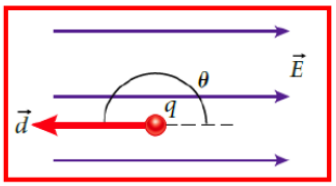
$$W = qE\bullet d = qEd\cos\theta$$



$W = qEd\cos\theta$



$W = qEd$

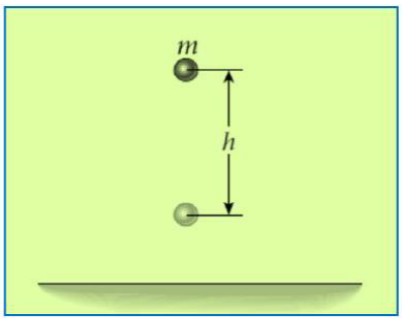


$W = -qEd$

إذا تحركت الشحنة بنفس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلا **موجبا** فتقل (U) .

إذا تحركت الشحنة عكس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلا **سالبا** فتزيد (U).

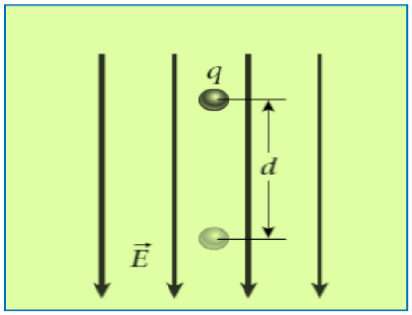
إذا تحركت الشحنة عموديا على اتجاه المجال (F_e) فإن المجال **لا يبذل** شغلا وتبقى (U) ثابتة .



تحرك كتلة باتجاه سطح الأرض مسافة h

فإن التغير في طاقة الوضع الجذبية للكتلة هو

$$\Delta U = -W = -\vec{F}_g \bullet \vec{d} = -mgh.$$



تتحرك شحنة موجبة q لمسافة d في نفس اتجاه المجال

الكهربائي فإن التغير في طاقة الوضع الكهربائية هو

$$\Delta U = -W = -q\vec{E} \bullet \vec{d} = -qEd.$$

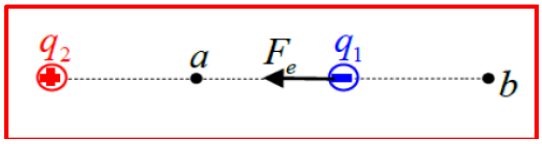
ملاحظات مهمة جداً :

* إذا تحركت الشحنة بنفس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلاً موجباً فتقل U وتكون ΔU سالبة .

مثال : عند حركة الشحنة (q_1) من مكانها إلى النقطة (a) كما في الشكل .

* إذا تحركت الشحنة عكس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلاً سالباً فتزيد (U) وتكون ΔU موجبة .

مثال : عند حركة الشحنة (q_1) من مكانها إلى النقطة (b) كما في الشكل .



حالة خاصة (2) : ثنائي القطب في مجال كهربائي منتظم

إن محصلة شحنة ثنائي القطب تساوي صفر . وبما أن الشغل المبذول لتحريك جسم ما عبر مجال كهربائي يعطى بالعلاقة $W = q\vec{E} \bullet \vec{d} = qEd\cos\theta$ فإن محصلة الشغل المبذول لتحريك ثنائي القطب عبر مجال كهربائي = صفر .

الشغل المبذول من عزم الدوران يتحدد بالعلاقة $W = \int \vec{\tau}(\theta')\, d\vec{\theta}'$

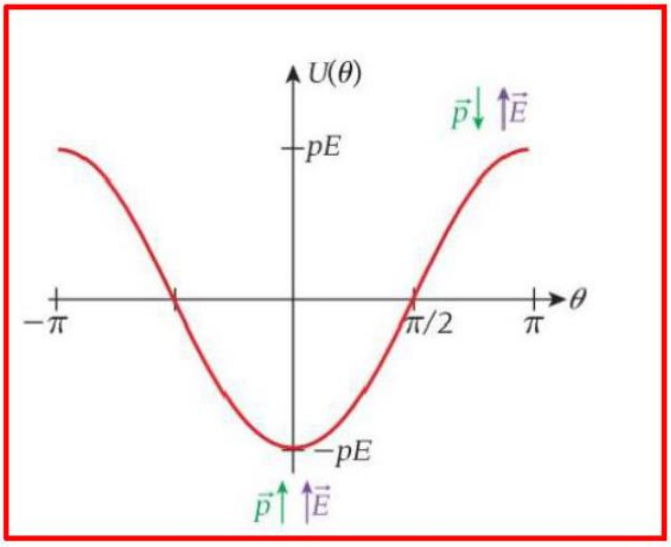
أما إذا بذلنا عزم دوران خارجي مضاد لعزم الدوران لثنائي القطب فإنه يمكن حساب الشغل المبذول

$$W = \int_{\theta_0}^{\theta} \vec{\tau}(\theta')\, d\vec{\theta}' = \int_{\theta_0}^{\theta} -pE\sin\theta'\, d\theta' = -pE\int_{\theta_0}^{\theta} \sin\theta'\, d\theta' = pE(\cos\theta - \cos\theta_0)$$

ومنها نحصل على طاقة الوضع الكهربائي في المجال المنتظم

$$U = -pE\cos\theta = -\vec{p}.\vec{E}$$

طاقة الوضع كدالة للزاوية بين ثنائي القطب (P) والمجال الكهربائي المنتظم (E) .



3.2 تعريف الجهد الكهربائي

طاقة الوضع الكهربائية لجسيم مشحون بشحنة موجبة q موضوعة في النقطة مقسومة على مقدار كمية شحنة q

$$V=\frac{U}{q}.$$

يمكن التعبير عن الفرق في الجهد الكهربائي، ΔV

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}$$

لماذا يكون الجهد الكهربائي أكثر فائدة لمعظم الحسابات من طاقة الوضع الكهربائية .

لأن طاقة الوضع تعتمد على الشحنة الموجودة في النقطة أما الجهد فلا .

ويمكن ربط فرق الجهد والشغل المبذول من المجال الكهربائي على الشحنة .

$$\Delta V=-\frac{W_e}{q}$$

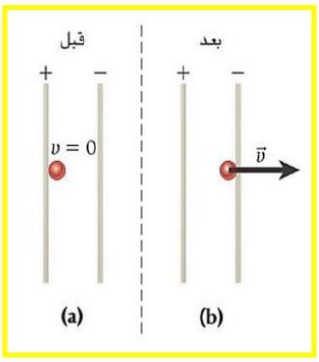
الجهد الكهربائي كمية قياسية لها مقدار (قد يكون موجب أو سالب أو صفر) لكن ليس له اتجاه .

وحدة القياس للجهد الكهربائي هي $\frac{J}{C}$ وتكافئ (1 V)

ويعبر عن المجال الكهربائي بوحدة جديدة هي $\frac{V}{m}$

$$\Delta V=Ed$$

مثال 3.1 اكتساب البروتون لطاقة



تم وضع بروتون بين لوحين موصلين متوازيين في الفراغ (الشكل 3.6). وكان فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين 450 V. وتم تحرير البروتون من السكون بالقرب من اللوح الموجب.

المسألة

ما الطاقة الحركية للبروتون عندما يصل إلى اللوح السالب؟

مراجعة المفاهيم 3.1

تم وضع إلكترون على المحور x ثم إطلاقه ليتحرك عليه، وكانت قيمة الجهد الكهربائي $-20\ V$. أي العبارات التالية يصف الحركة التالية للإلكترون؟

a) سيتحرك الإلكترون تجاه اليسار (اتجاه x السالب) لأنه ذو شحنة سالبة.

b) سيتحرك الإلكترون تجاه اليمين (اتجاه x الموجب) لأنه ذو شحنة سالبة.

c) سيتحرك الإلكترون تجاه اليسار (اتجاه x السالب) لأن الجهد الكهربائي سالب.

d) سيتحرك الإلكترون تجاه اليمين (اتجاه x الموجب) لأن الجهد الكهربائي سالب.

e) لا توجد معلومات كافية لتوقع حركة الإلكترون.

3.26 الكترون يتسارع من السكون عبر فرق جهد 370 V فما سرعته النهائية .

3.27 مامقدار الشغل الذي سيبذله مجال كهربائي لتحريك بروتون من نقطة جهدها +180 V الى نقطة جهدها -60V .؟

3.29 يتسارع بروتون . يبدأ من موضع السكون عبر فرق جهد يبلغ 500 V فما سرعته المتجهه النهائية .؟

3.1 تحررت شحنة موجبة وتحركت على طول خط مجال كهربائي. ستتحرك هذه الشحنة إلى موقع

a) أقل في الجهد وأقل في طاقة الوضع.

b) أقل في الجهد وأعلى في طاقة الوضع.

c) أعلى في الجهد وأقل في طاقة الوضع.

d) أعلى في الجهد وأعلى في طاقة الوضع.

3.2 يوجد بروتون في منتصف المسافة بين نقطتين A وB. فإذا كان الجهد عند النقطة A يساوي $-20\ V$، وعند النقطة B يساوي $+20\ V$، وعند نقطة المنتصف يساوي $0\ V$، فإن البروتون سوف

a) يظل ساكنًا.

b) يتحرك تجاه النقطة B بسرعة متجهة ثابتة.

c) يتسارع تجاه النقطة A.

d) يتسارع تجاه النقطة B.

e) يتحرك تجاه النقطة A بسرعة متجهة ثابتة.

3.3 ما نتيجة مساواة الجهد بقيمة $+100\ V$ في اللانهاية، بدلًا من مساواته بالصفر؟

a) لا شيء؛ ستبقى قيم المجال والجهد ثابتة عند أي نقطة محددة.

b) سيصبح الجهد الكهربائي غير محدود عند كل نقطة محددة، ولن يمكن تحديد المجال الكهربائي.

c) سيصبح الجهد الكهربائي أعلى بقيمة $100\ V$ في كل مكان، بينما يبقى المجال الكهربائي كما هو.

d) سيعتمد الأمر على الموقف. على سبيل المثال، سينخفض الجهد الناتج عن شحنة نقطية موجبة ببطء أكثر مع زيادة المسافة، ومن ثَم سينخفض مقدار المجال الكهربائي.

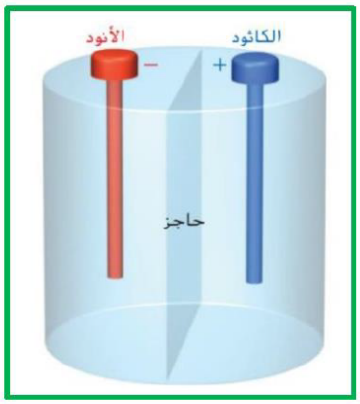
3.28 ما فرق الجهد اللازم لتزويد جسيم ألفا (يتكون من بروتونين ونيترونين) بطاقة حركية مقدارها $200.\ keV$؟

3.24 في جزيئات كلوريد الصوديوم الغازي، يحتوي أيوم الكلوريد على إلكترون واحد أكثر من عدد البروتونات، ويحتوي أيون الصوديوم على بروتون واحد أكثر من عدد الإلكترونات. ويفصل بين هذه الأيونات مسافة $0.236\ nm$ تقريبًا. ما مقدار الشغل اللازم بذله لزيادة المسافة بين الأيونين إلى $1.00\ cm$؟

3.25 كرة معدنية كتلتها 3.00×10^{-6} kg وشحنتها +5.00 mC وطاقتها الحركية 6.00×10^{8} J. وتتحرك مباشرةٍ في مستوى لانهائي من الشحنات وتوزيع الشحنة $+4.00\ C/m^2$. فإذا كانت حاليًا على بعد 1.00 m عن مستوى الشحنة، فإلى أي حد ستقترب من المستوى قبل أن تتوقف؟

البطاريات

- أداة لتوليد الجهد الكهربائي بتحويل الطاقة الكيميائية الى كهربائية .
- تتكون من نصفي خلية مملوءين بمادة الكتروليتية موصلة مقسومة الى قسمين متساويين بواسطة حاجز يسمح بمرور الأيونات المشحونة ويمنع مرور الالكتروليت عبره
- تتحرك الأيونات السالبة (الأنيونات) باتجاه الأنود .والأيونات الموجبة باتجاه الكاثود مما يولد فرقاً في الجهد بين طرفي البطارية .
- من أشهر أنواع البطاريات حديثا بطارية خلية الليثيوم أيون .



مميزاتها:

1. كثافة طاقتها أكبر من البطاريات التقليدية .
2. يمكن إعادة شحنها عدة مرات
3. ليس لها تأثير " ذاكرة " لا تحتاج الى تعديل لتحتفظ بشحنتها .
4. تبلغ كفائتها 90% مقارنة مع البنزين الذي تبلغ كفائته 20%

1. إذا تم تفريغها بالكامل لا يمكن اعادة شحنها مرة أخرى .

عيوبها :

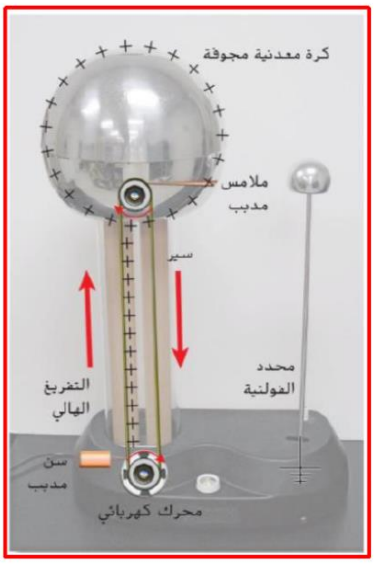
2. تعمل بافضل شكل اذا كانت شحنها بين 80% - 20%.

3. تضعف الحرارة من كفاءتها . واذا تم تفريغها بسرعة قد تشتعل مكوناتها . لذلك تحتوي دارة الكترونية تمنع من شحن البطارية أو تفريغها بشكل سريع . وإذا ارتفعت الحرارة بدرجة كبيرة فستفصل البطارية .

تصل سعة سيارات تسلا الرياضية الى 53kWh وتحمل السيارة التي تعمل بالبنزين عادة 50L من البنزين ومحتوى طاقة البنزين 34.8MJ/L

قارن بين الطاقة المتوفرة في بطارية الليثيوم أيون بسيارة تعمل بالبنزين ؟

مولد فان دي غراف



يستخدم مولد فان دي غراف التفريغ الهالي (الكورونا)لوضع شحنة موجبة على السير المطاطي المتحرك العازل الى كرة معدنية مجوفة وبذلك ينتج جهد كهربائي مرتفع للغاية .

المجال الكهربائي على السن المدبب أقوى بكثير من السطح المستوي للموصل مما يؤدي الى تأين الهواء حول السن المدبب بشحنات موجبة وترسبها على السير المطاطي الذي يحملها باتجاه الكرة المعدنية المجوفة فتتوزع بانتظام على سطحها

يستخدم محدد الفولتية لمنع اصدار شرارات أكبر من المرغوب فيها .

1. ما أعلى طاقة حركية يمكن أن تكتسبها أنوية الكربون في المعجل الترادفي

كتلة نواة الكربون = 1.99×10^{-26} Kg

2. ما أعلى سرعة يمكن أن تكتسبها أنوية الكربون في المعجل الترادفي

مراجعة المفاهيم 3.2

يستخدم أنبوب أشعة الكاثود فرق جهد مقداره 5.0kV لتتسارع الالكترونات وإنتاج شعاع الكترونات يكون صوراً على شاشة فوسفورية . ما سرعة هذة الالكترونات كنسبة من سرعة الضوء ؟

a) 0.025% b) 0.22% c) 1.3% d) 4.5% e) 14%

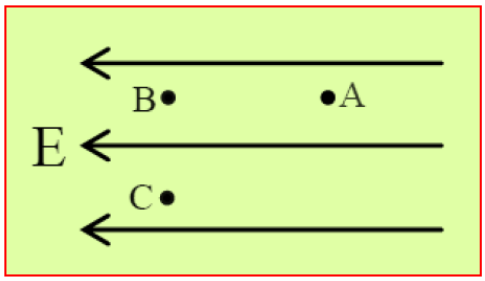
3.3 أسطح وخطوط تساوي الجهد

مجموعةمن النقاط التي لها الجهد الكهربائي نفسه . أي أن فرق الجهد بينها يساوي صفر

وبالتالي يكون الشغل المبذول لنقل أي شحنة على خط تساوي الجهد يساوي صفر

حسب العلاقة التالية .

$$\Delta V = -\frac{W_e}{q}$$



ملاحظات مهمة في المجال المنتظم :

1. إذا كانت النقطتان على خط يعامد خطوط المجال يكون جهدهما متساوي $(V_B = V_C)$ و $(\Delta V_{BC} = 0)$
2. سطح الموصل هو سطح تساوي جهد (وإلا ستتسارع الالكترونات الحرة على سطح الموصل) .
3. (E) متساوية عند كل النقاط . $E_A = E_B = E_C$.

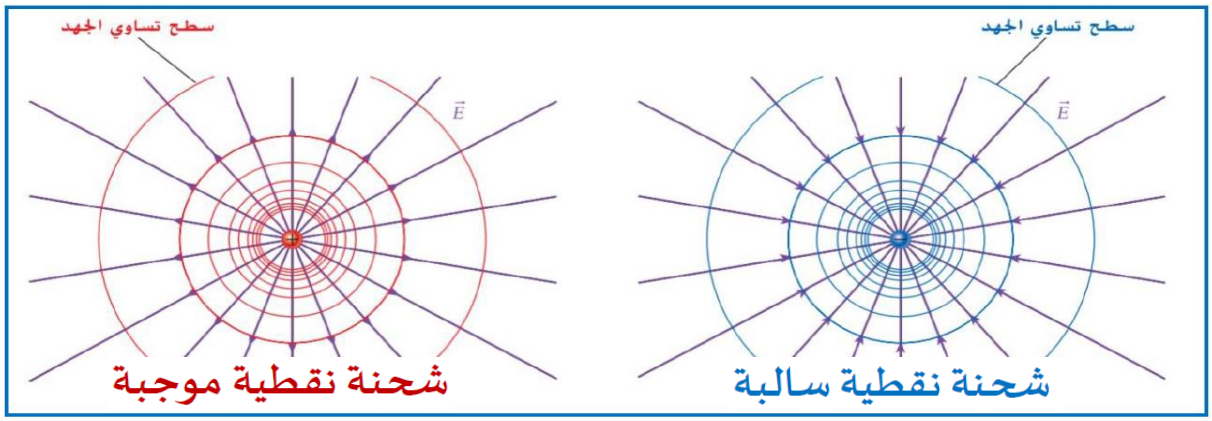
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

الفيزياء

3 الجهد الكهربائي

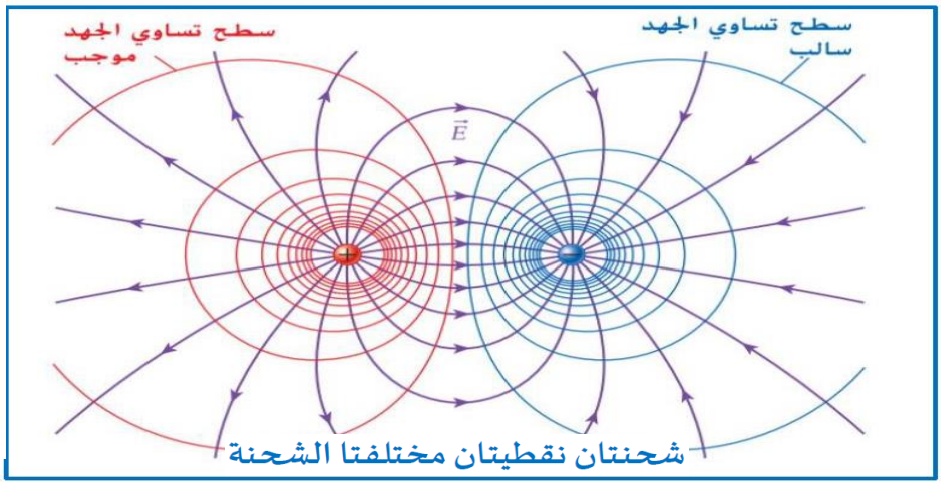
9

الفصل الدراسي الأول
الثاني عشر – متقدم



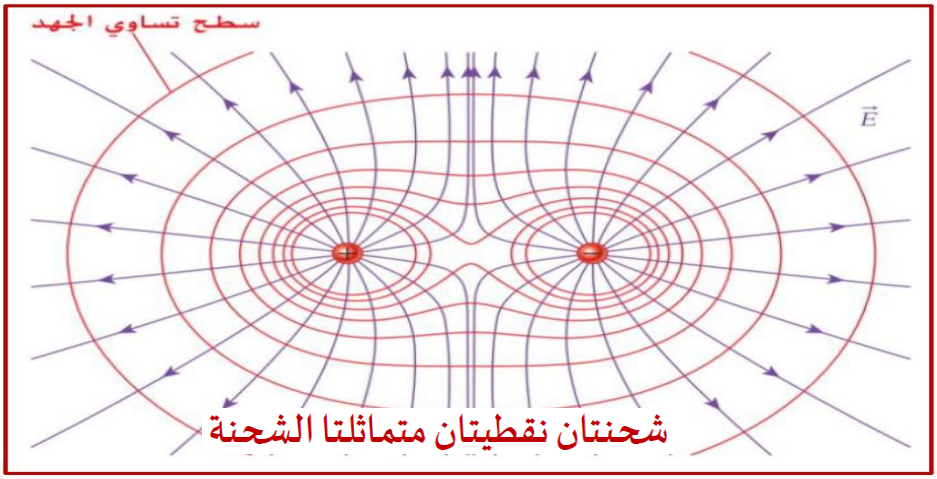
سؤال الاختبار الذاتي 3.1

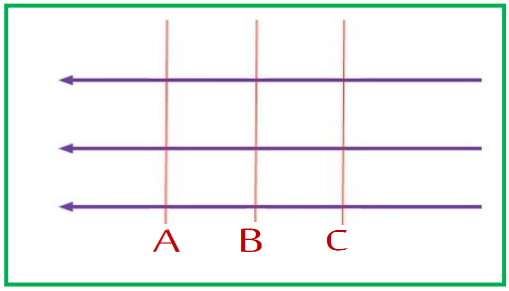
افترض أن الشحنتين في الشكل 3.18 موجودتان عند $(x,y) = (-10\ \text{cm},0)$ و $(x,y) = (+10\ \text{cm},0)$. ماذا سيكون الجهد الكهربائي على طول المحور x $(x = 0)$؟



سؤال الاختبار الذاتي 3.2

افترض أن الشحنتين في الشكل 3.19 موجودتان عند $(x,y) = (-10\ \text{cm},0)$ و $(x,y) = (+10\ \text{cm},0)$. هل ستطابق النقطة $(x,y) = (0,0)$ نقطة القيمة العظمى أم الصغرى أم نقطة سرجية للجهد الكهربائي؟





س 1) رتب سطوح تساوي الجهد التالية (A – B -C) تنازليا حسب قيمة جهد كل منها .

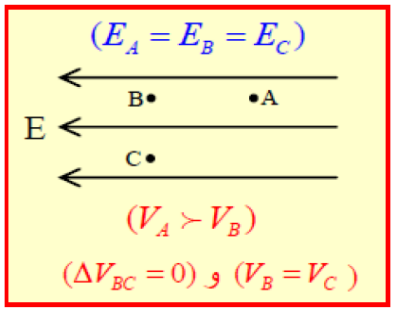
الكتاب هو المرجع الأساسي ومحتويات هذا الملف لا يغني عن الكتاب المدرسي

ملاحظات هامة

① يشكل سطح أي موصل سطحا لتساوي الجهد .
② تختلف سطوح تساوي الجهد بحسب المجال الكهربائي (مجال منتظم أم مجال غير منتظم)
③ السطوح متساوية الجهد لا تتقاطع مع بعضها البعض لأنها تعطي اتجاهين للمجال عند نقطة التقاطع وهذا مستحيل .
④ السطوح متساوية الجهد هي فراغ مغلق في منطقة يكون المجال فيها أكبر.
⑤ المجال الكهربائي يكون دائما متعامد على السطح متساوي الجهد عند كل نقطة منه ويتجه من سطح متساوي الجهد ذو الجهد الأعلى إلى السطح متساوي الجهد ذو الجهد الأقل .
⑥ الشغل المبذول لتحريك شحنة اختبار من نقطة على سطح متساوي الجهد إلى آخرى يساوي صفرا

من خلال الرسم التوضيحي في الشكل المجاور ينبغي معرفة الآتي :

① شدة المجال (E) متساوية عند جميع النقاط .
② دائما المجال يتجه من النقطة الأعلى جهد (اللوح الموجب) إلى النقطة الأقل جهدا (اللوح السالب)
③ النقاط العمودية على المجال متساوية في الجهد (سطح تساوي الجهد).
④ فرق الجهد في المجال المنتظم يحسب من العلاقة :

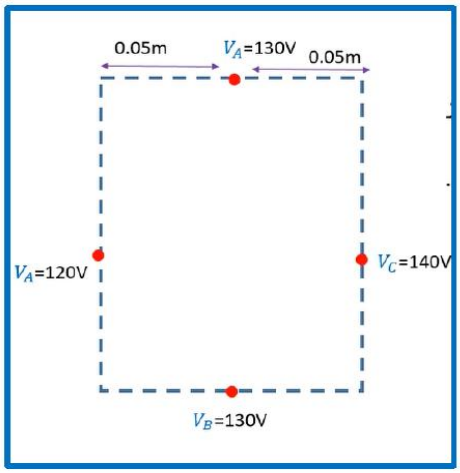


$$\Delta V_{12} = E d_{1\to2}$$
$$V_2 - V_1 = E d_{1\to2}$$

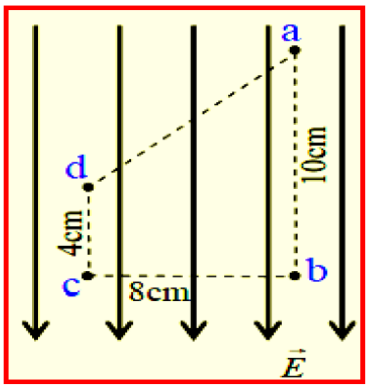
$d_{1\to2}$: الإزاحة من النقطة الأولى إلى النقطة الثانية

باتجاه المجال d سالبة , عكس المجال d موجبة , عمودي على المجال d صفر , مائل على المجال نأخذ المركبة الموازية للمجال .

س2) معتمداً على القيم المثبتة في الشكل ل 4 نقاط تقع في مجال كهربائي منتظم . أجب عما يلي :



1. ما المقصود بسطح تساوي الجهد .
2. ارسم واحداً من سطوح تساوي الجهد وثلاثة من خطوط المجال موضحا إتجاه المجال .
3. احسب مقدار المجال الكهربائي المنتظم .



س3) في الشكل المجاور إذا كان مقدار المجال الكهربائي (20 N /C). **اجب عما يلي :**

1) أي النقاط يكون الجهد الكهربائي أكبر من الجهد عند باقي النقاط . **فسر إجابتك ؟**

2) سم نقطتين الجهد عندهما متساوي . **فسر إجابتك ؟**

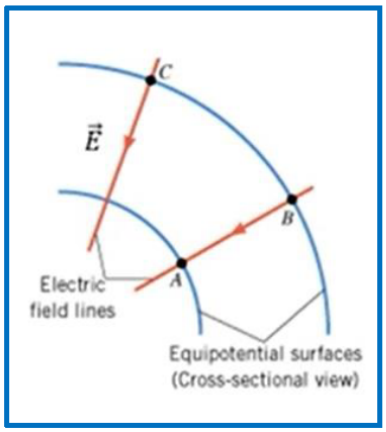
3) قارن بين شدة المجال الكهربائي عند النقطتين (a) ، (b) مع التعليل

4) قارن بين جهد النقطتين (c) ، (d) ؟

5) احسب فروق الجهد الكهربائية التالية : (ΔV_{ab}) ، (ΔV_{cb}) ، (ΔV_{cd})

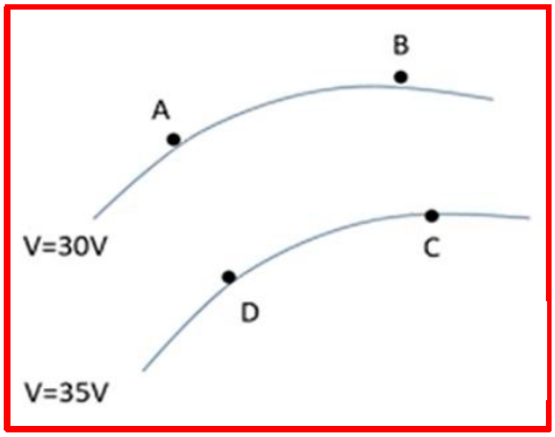
6) احسب الشغل اللازم لنقل بروتون من النقطة (d) إلى النقطة (a)

س 4) بالاعتماد على الشكل التالي والذي يمثل سطحين كرويين يمثلان سطوح تساوي الجهد وخطين كهربائيين متعامدين على هذة الاسطح . عندما ينتقل الالكترون من النقطة A الى النقطة B (اتجاه معاكس لخطوط المجال) فإن شغل القوة الكهربائية 2.3x10-19 J اوجد ما يلي



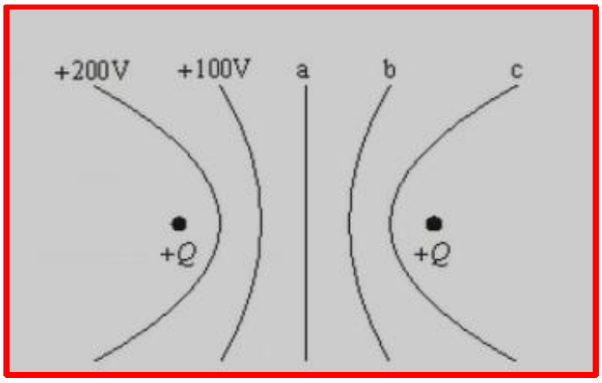
1. $(V_B - V_A)$ 2. $(V_C - V_B)$ 3. $(V_C - V_A)$

س 5) بالاعتماد على الشكل المرفق .



1. اوجد الجهد الكهربائي للنقاط (A-B-C-D)
2. أرسم خطوط المجال الكهربائي .
3. الشغل المبذول لنقل شحنة 0.2μc من A الى B ومن B الى C .

س 6) يتم وضع شحنتين موجبتين متساويتين (+Q و -Q) والخطوط تمثل خطوط تساوي الجهد حيث الجهد تقريباً 100V.



1. جهد الخط C هو :

a(-100 b) +100 c (-200

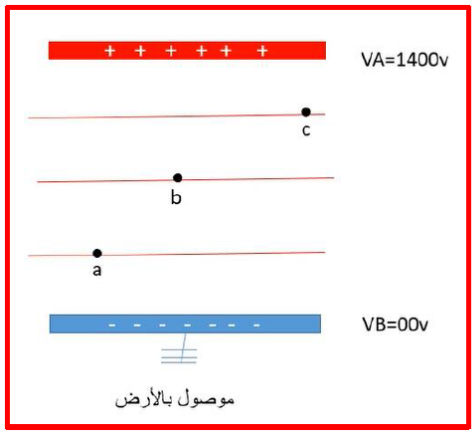
d(+200 e(zero

2. الشغل المطلوب لتحريك شحنة ثالثة q = -e من الخط +100 الى الخط b

a(-100 eV b) +100 eV c (-200 eV

d(+200 eV e(zero

س 7) صفيحتان فلزيتان متوازيتان شحنت الصفيحة A بشحنة موجبة ووصلت الصفيحة B بالأرض فشحنت بالحث بشحنة سالبة . والشكل يبين سطوح تساوي الجهد فإذا كانت المسافة بين الصفيحتين 20 mm اوجد :



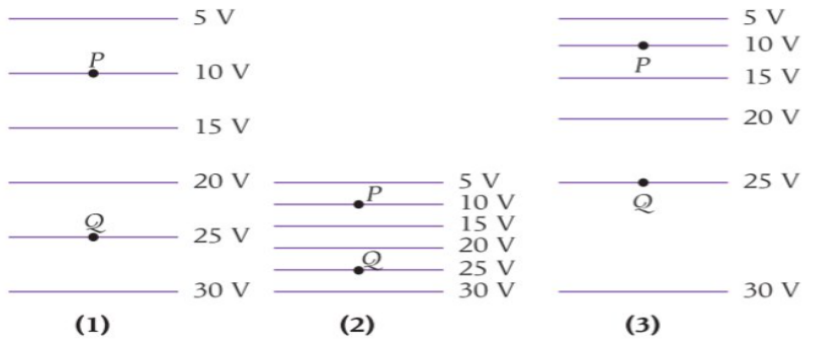
1. المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقداراً واتجاهاً.
2. الجهد الكهربائي عند النقاط a – b – c

3.4 الجهد الكهربائي للتوزيعات المختلفة للشحنة

$$V(\vec{r}) - V(\infty) \equiv V(\vec{r}) = -\int_{\infty}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

مراجعة المفاهيم 3.3

في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطًا متساوية الجهد. تحرّك جسم مشحون من النقطة P إلى النقطة Q. قارن بين مقدار الشغل المبذول على الجسم في الحالات الثلاث.



a) تتضمن جميع الحالات الثلاث مقدار الشغل نفسه.

b) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 1.

c) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 2.

d) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 3.

e) الحالتان 1 و3 بهما مقدار الشغل نفسه، وهو أكبر من الشغل في الحالة 2.

الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة النقطية

يتم تحديد الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية على مسافة r من الشحنة من العلاقة

$$V = \frac{kq}{r}.$$

يمكننا حساب الجهد الكهربائي الناتج عن مجموعة من الشحنات النقطية عددها n عن طريق **جمع الجهود جبرياً** الناتج من كل الشحنات (تراكب الجهود الكهربائية)

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{kq_i}{r_i}.$$

مراجعة المفاهيم 3.4

ما قيمة الجهد الكهربائي على بُعد 45.5 cm من شحنة نقطية مقدارها 12.5 pC؟

a) 0.247 V
b) 1.45 V
c) 4.22 V
d) 10.2 V
e) 25.7 V

تولد الشحنة الموجبة جهداً موجباً والسالبة جهداً سالباً.

مراجعة المفاهيم 3.5

يوجد بروتونان في الفضاء بالطرق الثلاث الموضحة في الشكل. رتّب الحالات الثلاث من الأعلى إلى الأقل حسب صافي الجهد الكهربائي، V، الناتج عند النقطة P.

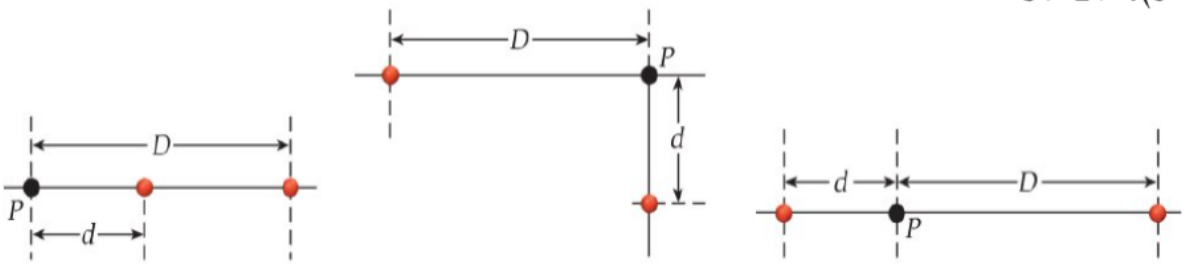
a) $2 > 3 > 1$

b) الجهود الثلاثة كلها متساوية.

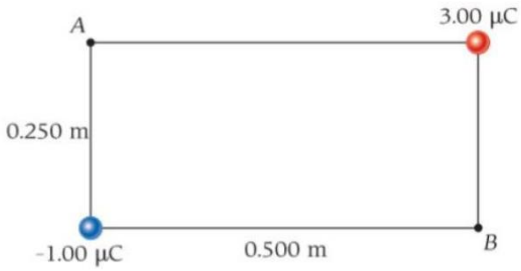
c) $3 > 2 > 1$

d) الجهود متساوية في الحالتين 1 و3، لكن الجهد في الحالة 2 أقل.

e) $1 > 2 > 3$



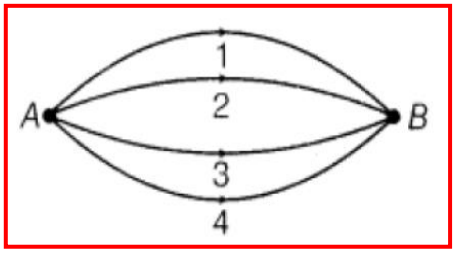
3.33 توجد شحنتان نقطيتان في زاويتي مستطيل كما في الشكل .



a) ما مقدار الجهد الكهربائي عند النقطة A

b) ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين A و B

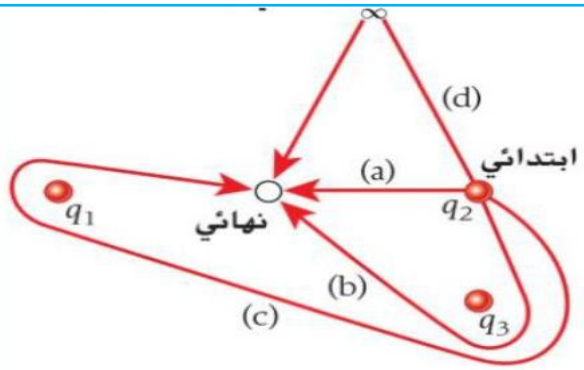
3.34 تم وضع أربع شحنات نقطية متطابقة (+1.61 nC) في زوايا مستطيل، أبعاده 3.00 m و5.00 m. إذا كان قياس الجهد الكهربائي صفرًا عند مالانهاية، فما مقدار الجهد في المركز الهندسي لهذا المستطيل؟



الشغل المبذول على شحنة اختبار بمجال كهروستاتيكي نتيجة لشحنة ما **لا يعتمد** على المسار ومنها فرق الجهد يكون نفسه لأي مسار فمثلا في **الشكل** فرق الجهد بين النقطتين (A,B) سيكون نفسه لأي مسار .

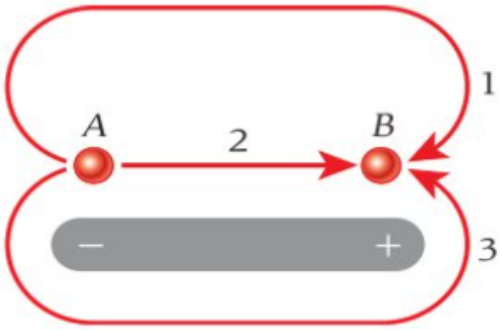
مراجعة المفاهيم 3.6

وضعت ثلاث شحنات نقطية موجبة متماثلة تماما عند نقاط ثابتة في الفضاء. ثم تحركت الشحنة q_2 من موقعها الابتدائي إلى موقع نهائي كما هو موضح في الشكل. وموضح أربعة مسارات مختلفة مميزة بالترقيم (a) إلى (d). يتبع المسار (a) أقصر خط؛ وينقل المسار (b) الشحنة q_2 مرورًا بالشحنة q_3؛ وينقل المسار (c) الشحنة q_2 مرورًا بالشحنة q_3 وq_1؛ وينقل المسار (d) الشحنة q_2 إلى مالانهاية ثم إلى الموقع النهائي. ما المسار الذي يتطلب أقل شغل؟



a) المسار (a)
b) المسار (b)
c) المسار (c)
d) المسار (d)
e) الشغل واحد في المسارات كلها.

3.8 شحنة نقطية موجبة يراد تحريكها من النقطة *A* إلى النقطة *B* بالقرب من ثنائي قطب كهربائي. أي من المسارات الثلاثة المبينة في الشكل سيؤدي إلى بذل المجال الكهربائي لثنائي القطب أكبر شغل على الشحنة النقطية؟



a) المسار 1
b) المسار 2
c) المسار 3
d) الشغل واحد في المسارات الثلاثة.

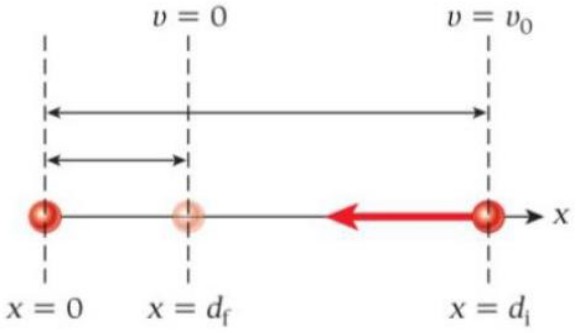
3.13 أي العبارات التالية غير صحيحة؟

a) خطوط تساوي الجهد موازية لخطوط المجال الكهربائي.
b) خطوط تساوي الجهد لشحنة نقطية تكون دائرية.
c) توجد أسطح تساوي الجهد لأي توزيع للشحنات.
d) عندما تتحرك شحنة على أحد أسطح تساوي الجهد، تكون قيمة الشغل المبذول على الشحنة صفرًا.

مسألة محلولة 3.2 الشحنات الموجبة الثابتة والمتحركة

المسألة

شحنة موجبة مقدارها 4.50 μC ثابتة في مكانها. وأُطلق جسيم كتلته 6.00 g وشحنته +3.00 μC بسرعة ابتدائية مقدارها 66.0 m/s مباشرةً باتجاه الشحنة الثابتة من مسافة تبعد 4.20 cm. إلى أي مدى تقترب الشحنة المتحركة من الشحنة الثابتة قبل أن تصل إلى وضع السكون وتبدأ في الابتعاد عن الشحنة الثابتة؟

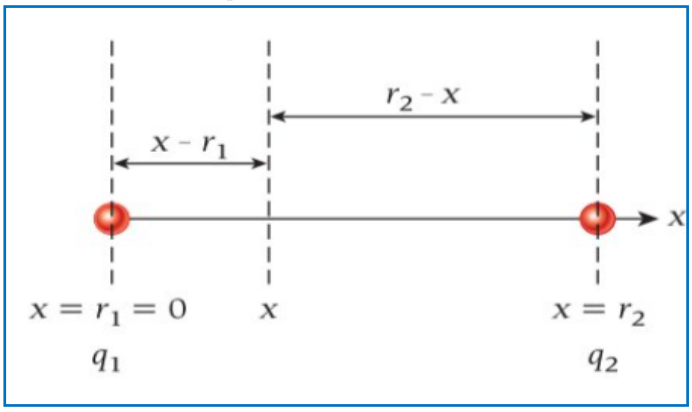


$$\frac{1}{d_f} = \frac{1}{d_i} + \frac{mv_0^2}{2kq_{\text{moving}}q_{\text{fixed}}}$$

مسألة محلولة 3.3 الحد الأدنى للجهد

المسألة

توجد شحنة $q_1 = 0.829\ \text{nC}$ عند $r_1 = 0$ على المحور x. وتوجد شحنة أخرى $q_2 = 0.275\ \text{nC}$ عند $r_2 = 11.9\ \text{cm}$ على المحور x. عند أي نقطة على طول المحور x بين الشحنتين، يكون الجهد الكهربائي الناتج منهما أدنى ما يمكن؟



$$X = \frac{r_2}{1 + \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}$$

- تتسارع أيونات الأكسجين (^{16}O) المجردة تماما (**المنزوع منها جميع الإلكترونات**)من السكون في معجل جسيمات باستخدام فرق جهد مقداره (**10.0MV**) وتحتوي نواة الأكسجين على (^{16}O)على(**8** بروتون ,**8** نيوترون) ، ينتج المعجل حزمة تتكون من (3.3×10^{12}) أيونات في الثانية. **وتتوقف** الحزمة تماما في ممتص الحزمة .

- **ما اجمالي القدرة التي يجب أن يمتصها ممتص الحزمة ؟**

طاقة الوضع الكهربائية التي اكتسبها كل أيون أثناء عملية العجلة تتحدد من العلاقة :

$$U_{ion} = q\Delta V = ZeV$$

لحساب القدرة التي تتبدد في ممتص الحزمة نستخدم العلاقة :

$$P = NZeV$$

حيث (N) تمثل عدد الأيونات التي توقفت في ممتص الحزمة كل ثانية

$$P = (3.13 \times 10^{12})\ (8)(1.6 \times 10^{-19})\ (10.0 \times 10^{6}) = 40.1\ W$$

3.32) تتسارع ايونات كبريت مجردة تماما (^{32}S) من حالة السكون في معجل يستخدم إجمالي فولتية (**1.0×10^{3}MV**)

ويحتوي (^{32}S) على (**16**بروتون ،**16** نيوترون) ينتج المعجل حزمة تتكون من (6.61×10^{12})أيون في الثانية ، تتوقف الحزمة تماما في ممتص الحزمة .**اجب عما يلي :**

① **احسب طاقة الوضع الكهربائية التي اكتسبها كل أيون أثناء عملية العجلة ؟**

② **ما اجمالي القدرة التي يجب أن يمتصها ممتص الحزمة ؟**

③ **احسب السرعة المتجهة لكل أيون ؟ (علما بأن $m_p = 1.67 \times 10^{-27}kg$ ، $m_n = 1.67 \times 10^{-27}kg$)**

3.35) إذا كان الجهد الكهربائي لمولد فان دي جراف يساوي (1.0×10^5 V) وقطره (20.0cm) .

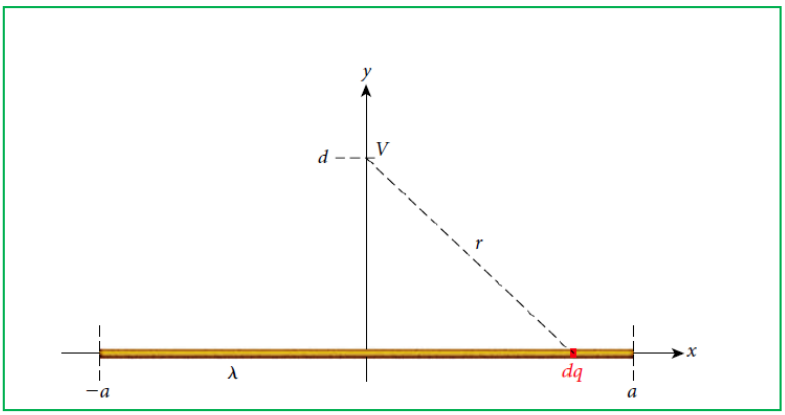
- كم يزيد عدد البروتونات عن الإلكترونات على سطحه ؟

3.36) من المشاكل التي ظهرت أثناء استكشاف المريخ هي تراكم الشحنات الساكنة على مركبات التجول على الأرض ، مما أدى إلى وصول الجهد إلى (100 V) . احسب مقدار الشحنة التي يجب وضعها على سطح جسم كروي نصف قطره (100.0 cm) لكي يصل الجهد الكهربائي أعلى السطح مباشرة إلى (100 V) افترض أن الشحنة موزعة بانتظام .

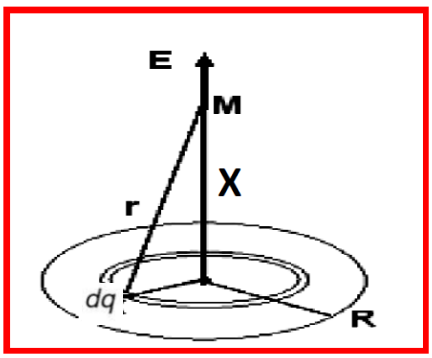
التوزيع المتصل للشحنة

ما الجهد الكهربائي عند المسافة d على المنصّف العمودي لسلك رفيع طوله $2a$ وتوزيع شحنة خطي λ

$$V = k\lambda \ln\left(\frac{\sqrt{a^2+d^2}+a}{\sqrt{a^2+d^2}-a}\right).$$



حساب الجهد الكهربائي في نقطة من محور قرص مشحون :



بفرض أن لدينا قرص دائري نصف قطره (R) مشحون بكثافة منتظمة (σ) ، ولتكن (M) نقطة من محور القرص ، تبعد عن مركزه بقدر (X) . لإيجاد الجهد الكهربائي في النقطة(M)

$$V = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{R^2 + x^2} - x\right)$$

أو من العلاقة التالية بدلالة الشحنة q

$$\frac{2kq}{R^2}\left(\sqrt{x^2 + R^2} - x\right)$$

حيث :

R : نصف قطر القرص المشحون .

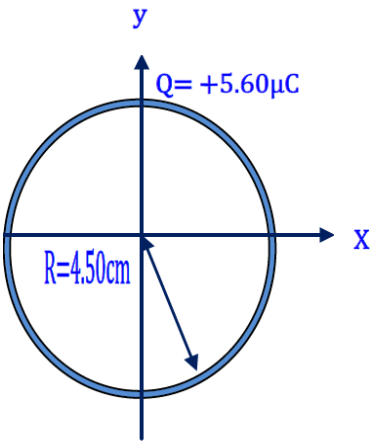
X : بعد النقطة عن القرص على طول محور التماثل

حالة خاصة : حساب الجهد الكهربائي في مركز القرص حيث (X=0) نجد أن علاقة الجهد هي :

$$V = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} R$$

تذكر ($\sigma = \frac{q}{A}$) ، ($A = \pi R^2$)

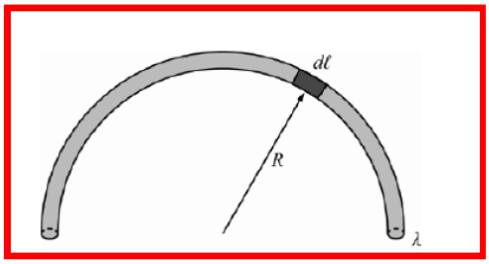
شحنة مقدارها (3.50nC) موزعة بانتظام على قرص صلب نصف قطره (0.01m). ما الجهد الكهربائي عند مسافة (4.50 mm)من القرص على طول محور تماثله ، بافتراض أن الجهد يساوي صفرا عند مسافة لا نهائية ؟



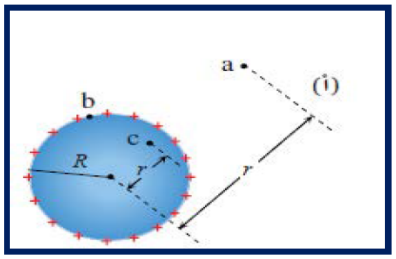
س 8) تم توزيع شحنة (Q=5.60μC) بانتظام على هيكل أسطواني رقيق يبلغ نصف قطره (R= 4.50 cm) احسب الجهد الكهربائي عند نقطة الأصل للنظام الإحداثي (X , y)

س 9) أوجد قيمة الجهد عند مركز انحناء السلك (الرفيع) المبين في الشكل إذا كانت الشحنة (موزعة بانتظام)لكل وحدة طول هي ($\lambda = 3.0 \times 10^{-8}\ C/m$) ونصف قطر الانحناء ($R = 8.0\ Cm$)

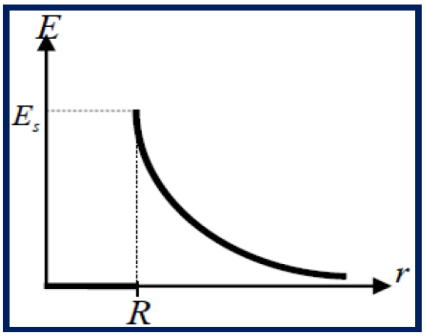
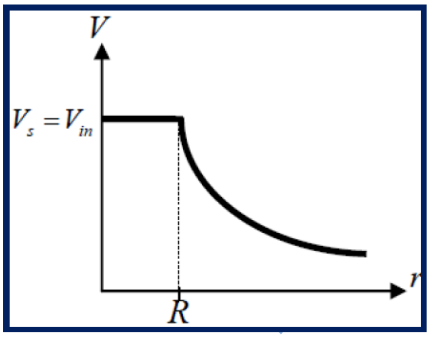
علما بأن : $\lambda = q/L$ $\quad L = R\,\theta$



الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون ومعزول



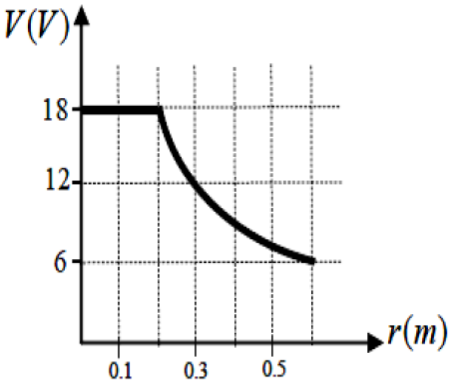
① هو الموصل الذي لا يؤثر عليه أي مجال كهربائي خارجي .
② الجهد داخل الموصل متساوي ويساوي جهد السطح.
③فرق الجهد بين أي نقطتين على السطح أو داخل الموصل يساوي صفر.

وجه المقارنة	المجـــــــال الكهربائي	الجهـــــــد الكهربائي
خـارج الموصـل (r>R)	$E = k\frac{\lvert q\rvert}{r^2}$ r البعد عن المركز	$V = k\frac{q}{r}$ r : البعد عن المركز
على سطـح الموصـل (r=R)	$E = k\frac{\lvert q\rvert}{R^2}$ R: نصف قطر الموصل	$V_s = k\frac{q}{R}$ R: نصف قطر الموصل
داخـل الموصـل (r<R)	$E_{in} = 0$	$V_{in} = V_s = k\frac{q}{R}$
التمثيل البيـاني		

● **علل** : الجهد داخل الموصل متساوي ويساوي جهد السطح ؟

لأن $(E_{in}=0)$ فتكون $(F_e=0)$ وبالتالي لا يبذل المجال شغلاً على شحنة عند نقلها من الداخل إلى السطح فيكون $(\Delta V=0)$ وتكون $(V_{in}=V_s)$.

س10)الشكل المجاور يمثل تغيرات الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة موصل كروي مشحون بتغير البعد عن مركزه .



① احسب شدة المجال والجهد عند مركز الموصل

② احسب شحنة الموصل .

س11) كرة موصلة نصف قطرها 10 cm مشحونة بشحنة قدرها **5μC** ومقدار **الجهد** على بعد **7cm** من مركزها :

a)4.5.105V b) 6.4.105V c)5.105V d)7 V

3-38 موصل كروي مجوف نصف قطره 5.00cm وشحنة سطحه 8.00nC

a) ما قيمة الجهد على بُعد 8.00cm من مركز الكرة ؟

b) ما قيمة الجهد على بُعد 3.00cm من مركز الكرة ؟

c) ما قيمة الجهد في مركز الكرة ؟

3.5 إيجاد المجال الكهربائي من الجهد الكهربائي

تكون مركبات شدة المجال بإتجاه محاور الاحداثيات x,y,z كالتالي

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \qquad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \qquad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

حيث $\vec{\nabla}$ تسمى مؤثر التدرج

وشدة المجال الكهربائي تساوي

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V = -(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{z})$$

تدل الاشارة **السالبة** على أن **اتجاه المجال** من الجهد **الأعلى** إلى الجهد **الأقل** أي في اتجاه انخفاض الجهد قيمة الجهد تعطى بالتغير في قيمة الجهد لكل وحدة إزاحة عمودية على السطح متساوي الجهد عند نقطة .

س12) اذا كان الجهد الكهربائي يُعطى بالعلاقة : $V(x,y,z) = -(5x^2 + y + z)$

اجب عن الاسئلة التالية

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور x

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور y

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور z

شدة المجال الكهربائي تساوي $\vec{E}$

س13) اذا كان الجهد الكهربائي يعطى بالعلاقة التالية

$$V(x,y,z) = 2x^2y - xz^3 + 8$$

اجب عن الاسئلة التالية

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور x

(a $-4xy + z^3$
(b $-2x^2y + z^3$
(c $-4xy + z^3 + 8$
(d $-4xy + xz^3$

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور y

(a $-2x^2 + xz^3$
(b $-2x^2y + xz^3 - 8$
(c $-2x^2$
(d $-2x^2y - 3xz^2 + 8$

مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور z

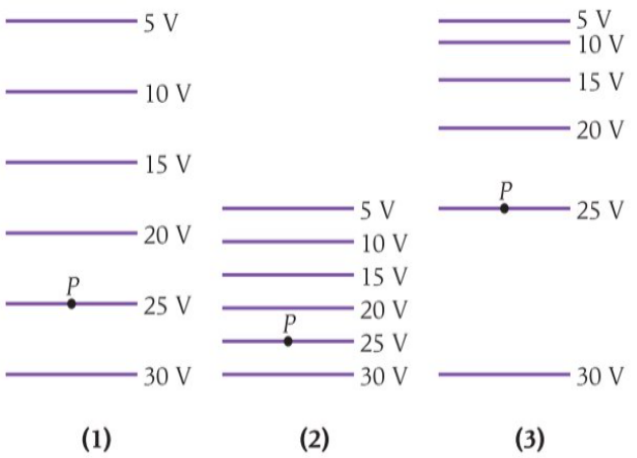
(a $-xz^3 + 8$
(b $2xz^2$
(c $2x^2y + xz^3$
(d $-2x^2y + 8$

شدة المجال الكهربائي تساوي $\vec{E}$

(a $2x^2y - xz^3 + 8$
(b $-4xy\hat{x} + xz\hat{y} + 8\hat{z}$
(c $(-4xy + z^3)\hat{x} - 2x^2\hat{y} + 3xz^2\hat{z}$
(d $-2x^2\hat{y} + 3xz^2\hat{z}$
(e $(-4xy + z^3)\hat{x} + 3xz^2\hat{z}$

مراجعة المفاهيم 3.8

في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطًا متساوية الجهد. قارن بين مقدار المجال الكهربائي، E، عند النقطة P في الحالات الثلاث.



a) $E_1 = E_2 = E_3$

b) $E_1 > E_2 > E_3$

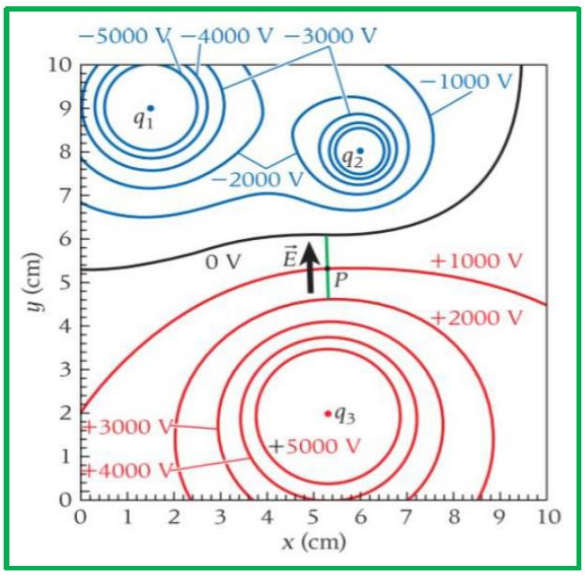
c) $E_1 < E_2 < E_3$

d) $E_3 > E_1 > E_2$

e) $E_3 < E_1 < E_2$

س14) الشكل البياني التالي يمثل خطوط **تساوي الجهد** للجهد الكهربائي الناتج عن ثلاث شحنات نقطية .

أوجد المجال الكهربائي **عند النقطة p** باستخدام العلاقة $|E_s| = \left|-\frac{\Delta V}{\Delta s}\right|$.



3.6 طاقة الوضع الكهربائية لنظام من الشحنات النُقطية

هي الشغل اللازم بذله لنقل الشحنات من اللانهاية ووضعها في مجال بعضها البعض .

يمكن حساب طاقة الوضع لشحنتين فقط من خلال العلاقة $U = k\frac{q_1 q_2}{r}$

ملاحظات مهمة يجب الانتباه اليها أثناء الحل :

1. يكون الشغل وطاقة الوضع **موجبة** اذا كانت الشحنتان من **نفس النوع** . $(W = U > 0.0)$

(لاننا نحتاج الى بذل شغل خارجي **موجب** لجلبهما من اللانهاية وتقريبهما وابقائها

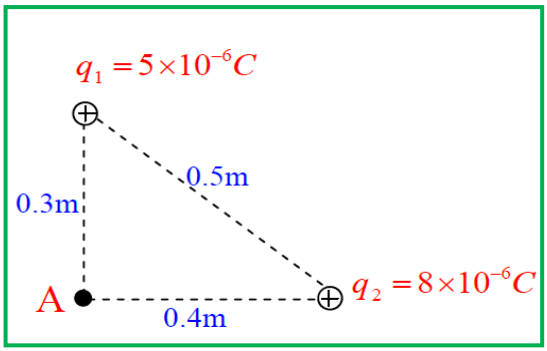
دون حركة **فتزيد طاقة الوضع**))

2. يكون الشغل وطاقة الوضع **سالبة** اذا كانت الشحنتان **مختلفتان في النوع** . $(W_e = U < 0.0)$

((لاننا نحتاج الى بذل شغل خارجي **سالب** على النظام **فتقل طاقة الوضع**))

3. إذا كان عدد الشحنات **أكثر من اثنتين** فإننا نُجمع الشحنات من اللانهاية واحدة تلو الأخرى **بغض النظر عن الترتيب** . وفق المعادلة التالية $U = k\sum_{ij}\frac{q_i q_j}{r_{ij}}$

س15) وضعت شحنتان نقطيتان موجبتان في الهواء كما في الشكل المجاور، أجب عن الآتي



1) احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة $(q2)$ وحدد اتجاهها .

2) إذا نقلت الشحنة $(q2)$ من مكانها الحالي إلى النقطة (A) فهل تزداد طاقة وضعها الكهربائية أم تقل ولماذا .

س16) شحنتان نقطيتان متساويتان في المقدار بينهما مسافة $(8cm)$ إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية لأحدهما بتأثير الأخرى تساوي $(-0.018J)$

1) هل الشحنتان من النوع نفسه أم مختلفتان في النوع .

2) احسب مقدار كل من الشحنتين .

ما طاقة الوضع الكهربائية لهذا النظام المكون من أربع شحنات نقطية .