

شرح وأسئلة المجالات الكهربائية وقانون جاوس



تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

موقع المناهج ← المناهج الإماراتية ← الصف الثاني عشر المتقدم ← فيزياء ← الفصل الأول ← ملفات متنوعة ← الملف

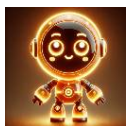
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2026-10-10 12:50:22

ملفات اكتب للمعلم اكتب للطالب | اختبارات الكترونية | اختبارات | حلول | عروض بوربوينت | أوراق عمل
منهج انجليزي | ملخصات وتقارير | مذكرات وبنوك | الامتحان النهائي | للمدرس

المزيد من مادة
فيزياء:

إعداد: عبدالرحمن عصام عيد

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر المتقدم



صفحة المناهج
الإماراتية على
فيسبوك

الرياضيات

اللغة الانجليزية

اللغة العربية

التربية الاسلامية

المواد على تلغرام

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الأول

شرح وأسئلة المجالات الكهربائية وقانون جاوس

1

الموقع والزمن فيزياء تاسع انسباير inspire G9 Physics when and Where

2

امتحان تكويني مع الإجابات نص سردي بعنوان (أحلام صغيرة)

3

شرح الجهاز الغطائي: الأنسجة وطبقات الجلد

4

Chapter 1: Electric Fields الكهرباء: المجالات: الاولى الوحدة

5

تحميل تطبيق المناهج للهواتف الذكية

تطبيق المناهج على Play Google (أندرويد)

تطبيق المناهج على Store App (آبل)



أينشتاين العرب
Einstein of the Arabs

مصدرك الأول

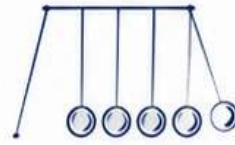
— للعلامة —

الكاملة

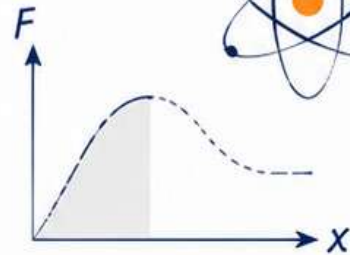
في الفيزياء



أينشتاين
العرب



$$E = mc^2$$



استاذ

عبدالرحمن عصام عيد



معك خطوة بخطوة
نحو التفوق والتميز



0509886279



Einsteinabdo

Einstein_AE



الوحدة الثانية

المجال الكهربائي وقانون جاوس

Electric Fields & Gauss's Law

تعريف المجال الكهربائي	2.1
خطوط المجال الكهربائي	2.2
المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات النقطية	2.3
التوزيعات العامة للشحنة	2.5
حركة الجسيمات المشحونة في مجال كهربائي منتظم	2.6
التدفق الكهربائي	2.7
قانون جاوس	2.8
حالات خاصة في تماثل توزيع الشحنات	2.9

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

Definition of an Electric Field

أولاً: المفاهيم والتعريفات الأساسية

- ✓ **المجال الكهربائي** ($\vec{E}$): خاصية من خصائص **الفراغ** المحيط بجسم مشحون، يبذل من خلالها **قوة كهربائية** على أي أجسام مشحونة أخرى توضع فيه.
- ✓ **شدة المجال الكهربائي** (E): القوة الكهربائية المؤثرة في **شحنة اختبار موجبة** مقسومة على مقدار تلك الشحنة، أي أنها **القوة لكل وحدة شحنة**.

$$E = \frac{F}{q}$$

الرمز	المعنى الفيزيائي	وحدة القياس (SI)
E	شدة المجال الكهربائي	نيوتن لكل كولوم (N/C)
F	القوة الكهربائية المؤثرة	نيوتن (N)
q	مقدار شحنة الاختبار الموجبة	كولوم (C)

ثانياً: تصنيف المجال الكهربائي

يُصنّف المجال الكهربائي إلى نوعين رئيسيين:

1. **مجال كهربائي منتظم** (Uniform Electric Field).
2. **مجال كهربائي غير منتظم** (Non-uniform Electric Field).

ثالثاً: خصائص المجال الكهربائي المنتظم

1. **طريقة الحصول عليه:** باستخدام **صفيحتين فلزيتين متوازيتين** ومتقابلتين، إحداها مشحونة بشحنة **موجبة** والأخرى بشحنة **سالبة**.
2. **التمثيل بالخطوط:** يمثّل بخطوط **مستقيمة، متوازية، موحدة الاتجاه**. وتفصل بينها أبعاد (مسافات) **متساوية**.
3. **الثبات:** له **نفس المقدار ونفس الاتجاه** عند جميع نقاطه في المنطقة الواقعة بين الصفيحتين (بعيداً عن الحواف).
4. **تحديد الاتجاه:** يحدد اتجاه المجال بوضع **شحنة اختبار موجبة وصغيرة**: فيكون اتجاه المجال هو نفس اتجاه القوة المؤثرة عليها، أي أنه ينطلق دائماً **من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة**.



المجال الكهربائي المنتظم بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين.

سؤال: اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة هو اتجاه:

- Ⓐ الشغل المبذول لتحريك شحنة الاختبار Ⓑ فرق الجهد الكهربائي
Ⓒ القوة المؤثرة في شحنة اختبار سالبة Ⓓ القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة

1. القانون الرياضي

لحساب مقدار **القوة الكهربائية** (F_e) المؤثرة في شحنة موضوعة في مجال كهربائي:

$$F_e = |q_0 \cdot E|$$

✓ F_e : القوة الكهربائية (N).

✓ $|q_0|$: **القيمة المطلقة** لمقدار الشحنة الموضوعة في المجال (C).

✓ E : شدة المجال الكهربائي (N/C).

2. الملاحظات والخصائص

✓ **علاقة التناسب**: يتناسب مقدار القوة الكهربائية (F_e) **طردياً** مع مقدار الشحنة الموضوعة ($|q_0|$) عند **ثبوت شدة المجال الكهربائي**.

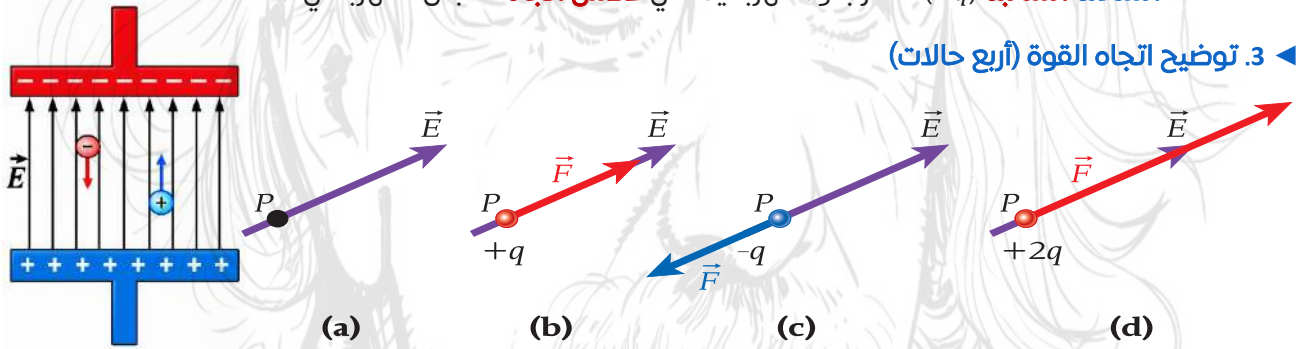
✓ **رسم المتجهات**: عند تمثيل القوة بمتجه، يُراعى أن يتناسب **طول سهم المتجه** طردياً مع **مقدار القوة** (كلما زاد مقدار الشحنة زادت القوة وزاد طول السهم، مثل الحالة $2q$).

✓ **تحديد اتجاه القوة الكهربائية بالنسبة لاتجاه المجال**:

✓ **الشحنة الموجبة** ($+q$): تتأثر بقوة كهربائية في **نفس اتجاه** المجال الكهربائي.

✓ **الشحنة السالبة** ($-q$): تتأثر بقوة كهربائية في **عكس اتجاه** المجال الكهربائي.

3. توضيح اتجاه القوة (أربع حالات)



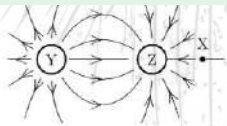
✓ **الحالة (a): النقطة P** (أو جسم متعادل $q = 0$): يوجد مجال كهربائي ($\vec{E}$)، ولكن **لا توجد قوة كهربائية** تؤثر عند هذه النقطة ($F = 0$) لعدم وجود شحنة.

✓ **الحالة (b): شحنة موجبة** ($+q$): تتأثر بقوة كهربائية ($\vec{F}$) اتجاهها في **نفس اتجاه** المجال الكهربائي ($\vec{E}$).

✓ **الحالة (c): شحنة سالبة** ($-q$): تتأثر بقوة كهربائية ($\vec{F}$) اتجاهها في **عكس اتجاه** المجال الكهربائي ($\vec{E}$).

✓ **الحالة (d): شحنة موجبة مضاعفة** ($+2q$): تتأثر بقوة في **نفس اتجاه** المجال، وبمقدار **ضعف** القوة في الحالة (b)، لذا يُرسم سهم القوة ($\vec{F}$) **بطول مضاعف**.

سؤال: يوضح الشكل شحنتين نقطيتين متساويتين Y و Z . ماذا يحدث إذا وضعت شحنة اختبار **سالبة** عند النقطة X ؟



Ⓐ تتحرك نحو اليسار

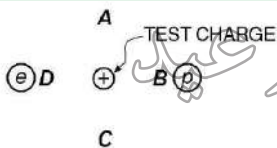
Ⓑ تتحرك نحو اليمين

Ⓒ لا تتحرك

Ⓓ تتحرك إلى أعلى

سؤال: وضعت شحنة اختبار موجبة بين إلكترون (e) وبروتون (p)، كما هو موضح في الشكل أعلاه.

عند تحرير شحنة الاختبار من السكون، فإنها ستتحرك باتجاه



Ⓐ Ⓑ

Ⓒ Ⓓ

Ⓐ Ⓑ

Ⓒ Ⓓ

1. عند حساب المجال المؤثر على شحنة معينة

✓ نقسم القوة على نفس الشحنة المراد حساب المجال عندها:

$$E = \frac{F}{|q_{\text{المؤثرة}}|}$$

✓ تحديد الاتجاه:

✓ إذا كانت الشحنة موجبة ← اتجاه المجال هو نفس اتجاه القوة المؤثرة عليها.

✓ إذا كانت الشحنة سالبة ← اتجاه المجال عكس اتجاه القوة المؤثرة عليها.

2. فح القوة المتبادلة (قانون نيوتن الثالث)

✓ القوة الكهروستاتيكية بين أي شحنتين متساوية المقدار دائماً:

$$|F_{\text{الموجبة}}| = |F_{\text{السالبة}}|$$

⚠ تنبيه: فح شائع في الامتحانات

إذا أُعطيت قيمة المجال عند موضع إحدى الشحنتين، احسب القوة عليها أولاً ($F = |q| \cdot E$)، وتكون القوة المؤثرة على الشحنة الأخرى مساوية لها تماماً في المقدار، ولا يضرب المجال المعطى في الشحنة الثانية؛ لأن شدة المجال تختلف من نقطة لأخرى.

سؤال: يوضح الشكل شحنتين نقطيتين. إذا كانت قوة التجاذب الكهروستاتيكية بينهما $6 \mu\text{N}$ ، فما مقدار واتجاه المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة الموجبة؟

$$Q_2 = -1 \times 10^{-6} \text{ C}$$



$$Q_1 = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$$



Ⓐ 2 N/C إلى اليمين

Ⓒ 6 N/C إلى اليمين

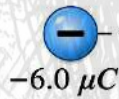
Ⓐ 2 N/C إلى اليسار

Ⓒ 6 N/C إلى اليسار

سؤال: يبين الشكل المجاور شحنتين نقطيتين ($-6.0 \mu\text{C}$) و ($+2.0 \mu\text{C}$).

إذا كان مقدار شدة المجال الكهربائي المؤثر عند موقع الشحنة الموجبة يساوي (2.4 N/C).

فما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة السالبة والشحنة الموجبة على الترتيب؟



$$-6.0 \mu\text{C}$$



$$+2.0 \mu\text{C}$$

Ⓐ $43.2 \mu\text{N}$, $14.4 \mu\text{N}$ Ⓒ $14.4 \mu\text{N}$, $4.8 \mu\text{N}$ Ⓐ $14.4 \mu\text{N}$, $14.4 \mu\text{N}$ Ⓒ $4.8 \mu\text{N}$, $4.8 \mu\text{N}$

سؤال: أي مما يأتي يمثل القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موضوعة في مجال كهربائي؟

Ⓐ qE Ⓒ $q^2 E$ Ⓐ $\frac{E}{q}$ Ⓒ $\frac{q}{E}$

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: وضعت شحنة سالبة مقدارها $C \times 10^{-7} \times -2$ في مجال كهربائي مقدارها 20 N/C يتجه نحو الشرق.

ما القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة؟

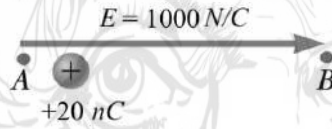
- (a) $4.0 \times 10^{-6} \text{ N}$ نحو الشرق
(b) $1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ نحو الشرق
(c) $4.0 \times 10^{-6} \text{ N}$ نحو الغرب
(d) $1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ نحو الغرب

سؤال: عندما توضع شحنة $5 \mu\text{C}$ في مجال كهربائي تتأثر بقوة مقدارها 2 mN نحو الشمال. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة؟

- (a) -400 N/C جنوباً
(b) 400 N/C شمالاً
(c) 100 N/C جنوباً
(d) $2.5 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ جنوباً

سؤال: مجال كهربائي منتظم مقدارها 1000 N/C يتجه إلى اليمين من النقطة A إلى النقطة B.

ما مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موجبة 20 nC موضوعة بالقرب من النقطة A؟



- (a) $2.0 \times 10^{-5} \text{ N}$ من A إلى B
(b) $2.0 \times 10^{-5} \text{ N}$ من B إلى A
(c) $2.0 \times 10^{-11} \text{ N}$ من A إلى B
(d) $2.0 \times 10^{-11} \text{ N}$ من B إلى A

سؤال: تتأثر شحنة سالبة مقدارها $C \times 10^{-10} \times -2$ بقوة مقدارها $5 \times 10^{-6} \text{ N}$ نحو اليمين في مجال كهربائي. ما مقدار المجال واتجاهه؟

- (a) $4 \times 10^{-5} \text{ N/C}$ إلى اليمين
(b) $2.5 \times 10^4 \text{ N/C}$ إلى اليسار
(c) $2.2 \times 10^4 \text{ N/C}$ إلى اليمين
(d) $1 \times 10^{-15} \text{ N/C}$ إلى اليسار

سؤال: تتأثر شحنة سالبة مقدارها $C \times 10^{-7} \times 1.5$ بقوة مقدارها 0.030 N نحو اليمين في مجال كهربائي. ما مقدار المجال واتجاهه؟

- (a) $4.5 \times 10^{-7} \text{ N/C}$ إلى اليمين
(b) $2.0 \times 10^6 \text{ N/C}$ إلى اليمين
(c) $2.0 \times 10^6 \text{ N/C}$ إلى اليسار
(d) $4.5 \times 10^{-7} \text{ N/C}$ إلى اليسار

سؤال مقالي: وضعت شحنة سالبة مقدارها $C \times 10^{-9} \times 5.0$ عند نقطة يكون فيها المجال الكهربائي 1200 N/C نحو اليمين. ما القوة المؤثرة في الشحنة عند هذه النقطة؟

الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

أولاً: دلالات خطوط المجال الكهربائي

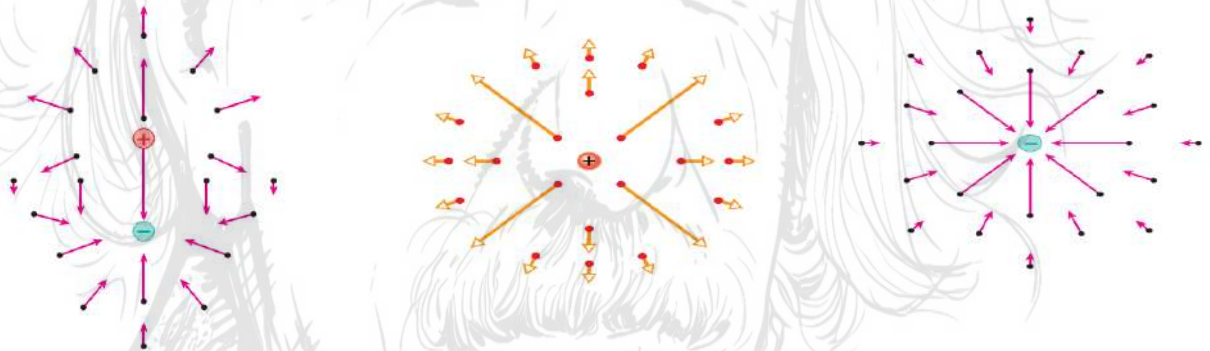
الخاصية	كيف تُحدّد من الرسم؟	التفسير الفيزيائي
اتجاه المجال	المماس المرسوم للمسار عند أي نقطة	يشير اتجاه المماس إلى اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة عند تلك النقطة.
شدة المجال	كثافة الخطوط (المسافات الفاصلة بينها)	خطوط متقاربة: مجال قوي. خطوط متباعدة: مجال ضعيف.

ثانياً: خصائص خطوط المجال الكهربائي

1. البداية والنهاية: تبدأ دائماً من الشحنة الموجبة وتدخل إلى (تنتهي عند) الشحنة السالبة.

✓ شحنة موجبة (+q): خطوط المجال تتجه دائماً إلى الخارج (مبتعدة عن الشحنة).

✓ شحنة سالبة (-q): خطوط المجال تتجه دائماً إلى الداخل (نحو الشحنة).



المجال حول شحنة موجبة وشحنة سالبة منفردتين — المجال حول شحنتين مختلفتين.

2. طبيعتها الفيزيائية: خطوط وهمية لا وجود لها مادياً في الواقع؛ تستخدم كوسيلة هندسية لتوضيح وتصور المجال في الفراغ.

3. عدم التقاطع: خطوط المجال لا تتقاطع مطلقاً.

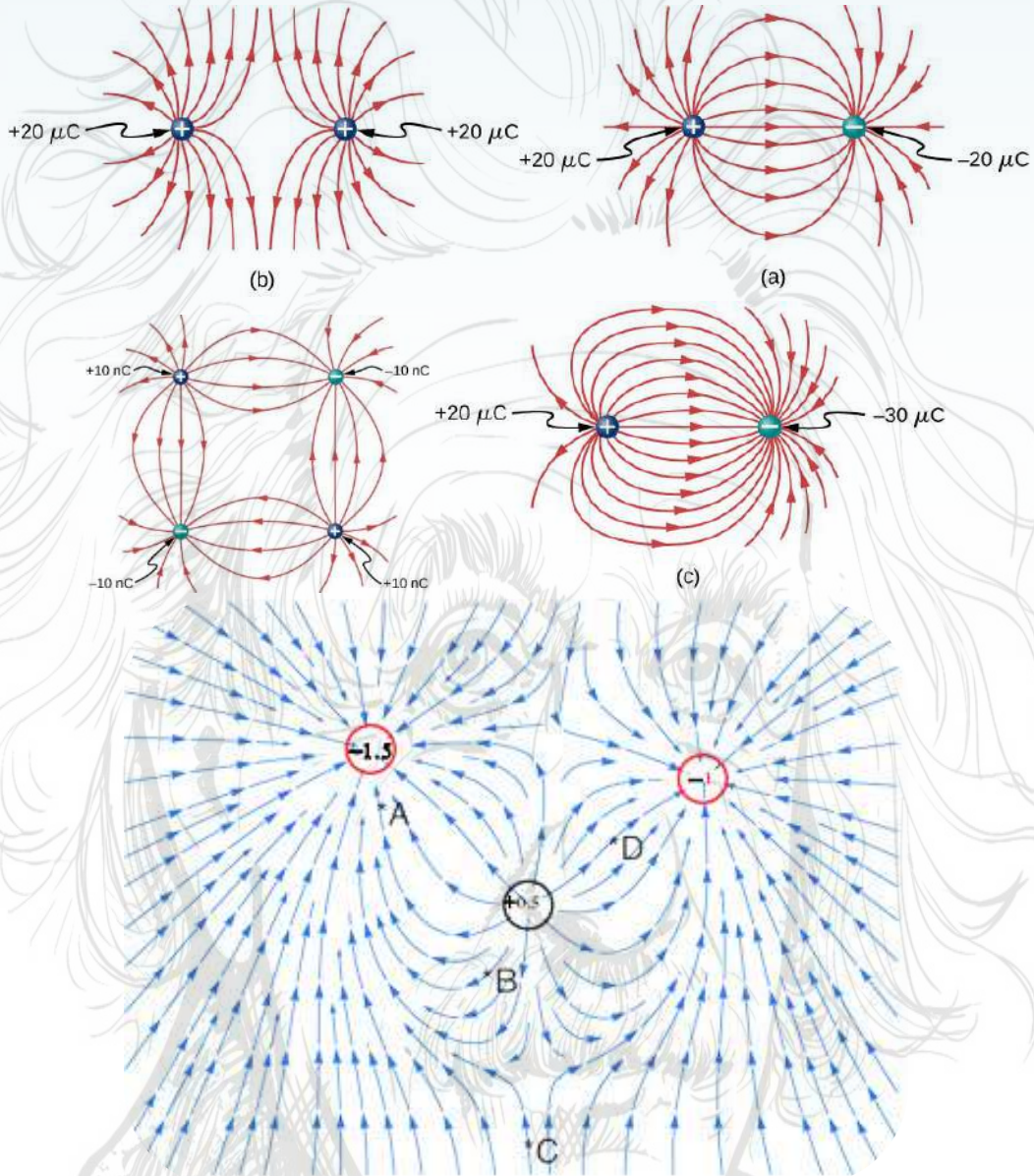


خطوط المجال بين شحنتين مختلفتين: تخرج من الموجبة وتدخل السالبة دون أن تتقاطع.

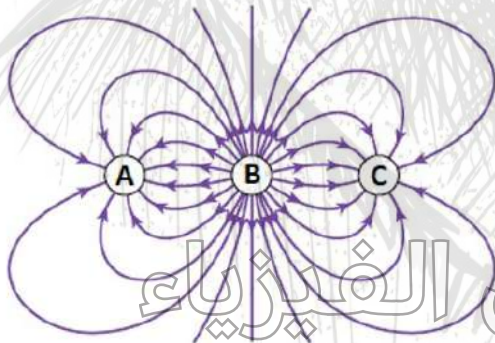
4. الكثافة وتوزيع الشدة: تكون متقاربة في مناطق المجال القوي، ومتباعدة في مناطق المجال الضعيف.

5. الانتشار الفراغي: تنتشر حول الجسم المشحون في الأبعاد الثلاثة (مجال فراغي مجسم وليس مستوياً فقط).

خطوط المجال حول مجموعه من الشحنات



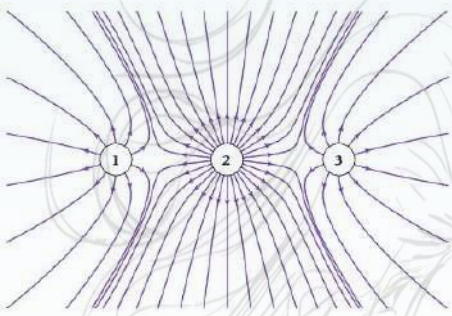
سؤال: يوضح الشكل توزيع خطوط المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات A و B و C. أي مما يأتي صحيح بالنسبة لهذه الشحنات؟



الشحنات الموجبة	الشحنات السالبة	مقادير الشحنات
A, C	B	$A > B > C$
B	A, C	$B > A = C$
B	A, C	$B > A > C$
A, B, C	لا يوجد	$B > A \approx C$

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

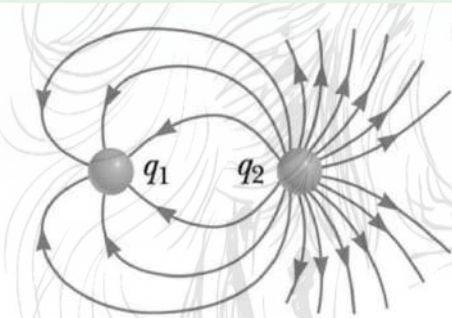
سؤال: يوضح الشكل توزيع خطوط المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات 1 و 2 و 3. أي مما يأتي صحيح بالنسبة لهذه الشحنات؟



الشحنات الموجبة	الشحنات السالبة	مقادير الشحنات	
1, 3	2	$1 > 2 > 3$	(a)
لا يوجد	1, 2, 3	$2 > 3 > 1$	(b)
1, 2, 3	لا يوجد	$2 > 1 > 3$	(c)
1, 2, 3	لا يوجد	$2 > 1 = 3$	(d)

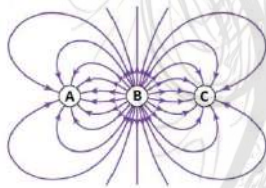
سؤال: يوضح الشكل توزيع خطوط المجال الكهربائي الناتج عن الشحنتين q_1 و q_2 .

أي مما يأتي صحيح بالنسبة للشحنتين؟



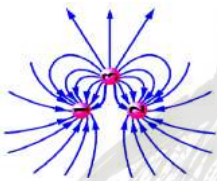
الشحنة q_1	الشحنة q_2	المقدار	
موجبة	سالبة	$q_1 > q_2$	(a)
موجبة	سالبة	$q_2 > q_1$	(b)
سالبة	موجبة	$q_1 > q_2$	(c)
سالبة	موجبة	$q_2 > q_1$	(d)

سؤال: أي الشحنات في الشكل موجبة؟



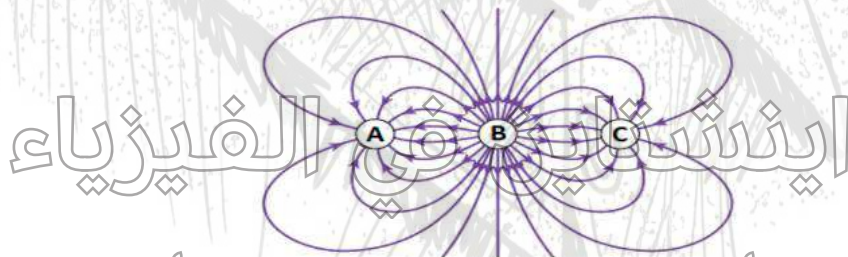
(a) A
(b) B
(c) C
(d) A, C

سؤال: ما نوع الشحنات الموضحة في الشكل؟



- (a) الشحنات 1 و 2 و 3 سالبة
(b) الشحنات 1 و 2 و 3 موجبة
(c) الشحنتان 1 و 2 موجبتان، والشحنة 3 سالبة
(d) الشحنتان 1 و 2 سالبتان، والشحنة 3 موجبة

سؤال: يوضح الشكل ثلاث شحنات موضوعة عند النقاط A و B و C. أي العبارات الآتية غير صحيحة حول الشحنات؟



اينشتاين العرب
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

(a) $q_B > -q_C$
(b) $q_A = -q_C$
(c) $q_B > -q_A$
(d) $q_A = -q_C$

(a) $q_A = q_C$

(c) $q_B > -q_A$

ثالثاً: العلاقة بين عدد خطوط المجال ومقدار الشحنة

1. المفهوم الفيزيائي

يتناسب عدد خطوط المجال (n) الخارجة من شحنة موجبة أو الداخلة إلى شحنة سالبة **طردياً** مع مقدار الشحنة المولدة لها ($|q|$).

2. الصيغة الرياضية (النسبة والتناسب)

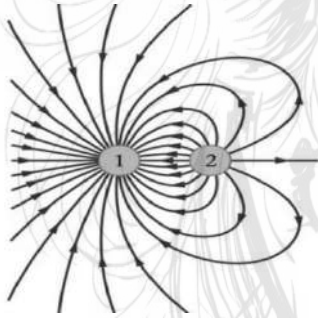
$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{n_1}{n_2}$$

✓ $|q_1|, |q_2|$: مقدار كل من الشحنتين (القيمة المطلقة).

✓ n_1, n_2 : عدد خطوط المجال المتصلة بكل شحنة.

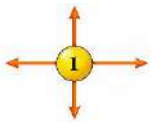
سؤال: يوضح الشكل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين.

أي مما يأتي يمكن أن يمثل الشحنتين 1 و 2؟



الشحنة 2	الشحنة 1	
$-16 \mu\text{C}$	$+32 \mu\text{C}$	(a)
$+16 \mu\text{C}$	$-32 \mu\text{C}$	(b)
$+32 \mu\text{C}$	$-16 \mu\text{C}$	(c)
$-32 \mu\text{C}$	$-32 \mu\text{C}$	(d)

سؤال: ما القيمة المحتملة للشحنتين q_1 و q_2 الموضحتين في الشكل؟



(b) $q_1 = 1 \text{ C}, q_2 = 2 \text{ C}$

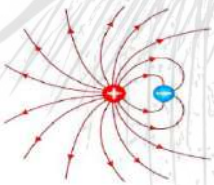
(d) $q_1 = -2 \text{ C}, q_2 = 1 \text{ C}$

(a) $q_1 = 1 \text{ C}, q_2 = -2 \text{ C}$

(c) $q_1 = 2 \text{ C}, q_2 = -1 \text{ C}$

سؤال: بالنظر إلى خطوط المجال الكهربائي الموضحة في الشكل، إذا كانت الشحنة الموجبة تساوي $+24 \mu\text{C}$ ،

فما مقدار الشحنة السالبة؟



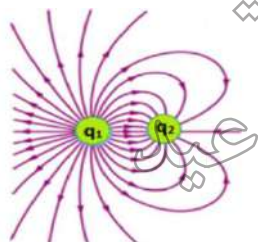
(b) $-12 \mu\text{C}$

(d) $-24 \mu\text{C}$

(a) $-48 \mu\text{C}$

(c) $-6 \mu\text{C}$

سؤال: يظهر الشكل المجال الكهربائي حول شحنتين نقطيتين q_1 و q_2 . أي العبارات الآتية صحيحة؟



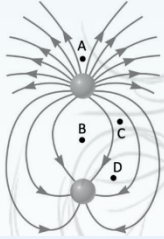
(b) $q_2 = -2q_1$

(d) $q_2 = 2q_1$

(a) $q_1 = -2q_2$

(c) $q_1 = 2q_2$

سؤال: يوضح الشكل المجال الكهربائي في منطقة ما. رتب مقادير المجال الكهربائي عند النقاط A و B و C و D.



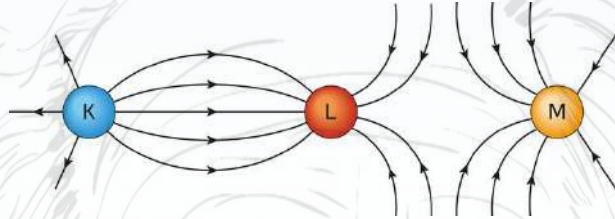
$$B > D > C > A \quad \textcircled{b}$$

$$A > B > C > D \quad \textcircled{a}$$

$$A > C > D > B \quad \textcircled{d}$$

$$D > C > B > A \quad \textcircled{c}$$

سؤال مقالي: استناداً إلى كثافة خطوط المجال الكهربائي المبينة في الشكل:

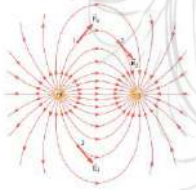


1) ما نوع كل من الشحنة K والشحنة M, L ؟

2) إذا كانت الشحنة L تساوي $6.0 \mu\text{C}$, فما مقدار الشحنة K, M ؟

الحل:

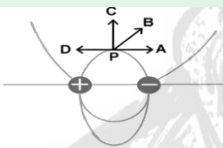
رابعاً: اتجاه المجال الكهربائي ($\vec{E}$)



هو **اتجاه المماس** المرسوم لخط المجال عند تلك النقطة، وهو نفسه **اتجاه القوة الكهربائية** التي تؤثر في شحنة اختبار موجبة موضوعة عند تلك النقطة.

سؤال: يوضح الشكل نمط المجال الكهربائي حول شحنتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الإشارة.

أي الأسهم الموضحة يمثل اتجاه متجه المجال الكهربائي عند النقطة P ؟



$$B \quad \textcircled{b}$$

$$A \quad \textcircled{a}$$

$$D \quad \textcircled{d}$$

$$C \quad \textcircled{c}$$

سؤال: يوضح الشكل خطوط المجال الكهربائي بين شحنتين نقطيتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الإشارة. ما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة عند النقطة P ؟

اينشتاين في الفيزياء

ب) إلى اليمين

أ) إلى اليسار

د) إلى أعلى

ج) إلى أسفل

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

1. الأساس الفيزيائي وشرط الاتزان

لكي يظل الجسم المشحون (كرة، قطرة زيت، جسيم) **معلقاً** في الهواء ومترناً، يجب أن تكون **محصلة القوى** الرأسية المؤثرة عليه مساوية للصفر ($\Sigma F = 0$):

$$F_e = F_g \Rightarrow |q| \cdot E = m \cdot g$$

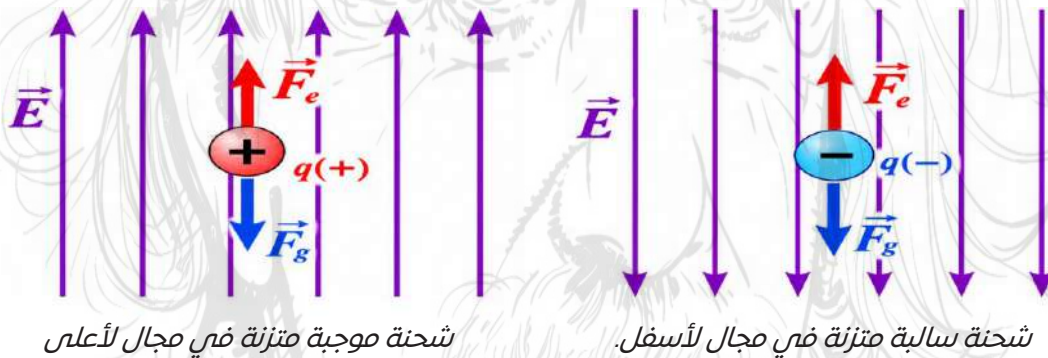
✓ **قوة الوزن** ($F_g = mg$ أو W): تتجه دائماً **رأسياً لأسفل** (↓).

✓ **القوة الكهربائية** ($F_e = |q|E$): لكي تعادل الوزن، يجب أن تتجه دائماً **رأسياً لأعلى** (↑).

2. المخطط الأساسي لتحديد الاتجاهات ونوع الشحنة

بما أن القوة الكهربائية اللازمة للاتزان تكون دائماً **لأعلى** (↑):

اتجاه المجال الكهربائي (E)	نوع الشحنة المطلوبة (q)	السبب الفيزيائي
لأعلى (↑)	موجبة (+)	لأن القوة مع اتجاه المجال ($\vec{F}$ مع $\vec{E}$)
لأسفل (↓)	سالبة (-)	لأن القوة عكس اتجاه المجال ($\vec{F}$ عكس $\vec{E}$)



سؤال: توضع كرة وزنها 0.09 N في مجال كهربائي مقداره 5×10^4 N/C يتجه إلى **أسفل**. ما الشحنة (مقداراً ونوعاً) التي يجب أن تحملها الكرة لكي تكون **متزنة**؟

1.2 × 10⁻⁶ C (b)

-2.3 × 10⁻⁷ C (a)

4500 C (d)

-1.8 × 10⁻⁶ C (c)

سؤال: ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي المنتظم اللازم لموازنة وزن بروتون ($m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg ، $q_p = 1.60 \times 10^{-19}$ C) (بحيث يظل معلقاً في الهواء دون حركة، بفرض أن تسارع الجاذبية $g = 9.8$ m/s²) ؟

9.58 × 10⁷ N/C نحو الأسفل (b)

1.02 × 10⁻⁷ N/C نحو الأعلى (a)

9.58 × 10⁷ N/C نحو الأعلى (d)

1.02 × 10⁻⁷ N/C نحو الأسفل (c)

اينستين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

الدرس 2.3 | المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات النقطية

Electric Field due to Point Charges

أولاً: المفاهيم الأساسية (المجال غير المنتظم)

- ✓ المجال الكهربائي لشحنة نقطية: المنطقة أو الحيز المحيط بالشحنة النقطية، ويظهر فيه أثر القوى الكهروستاتيكية (القوة الكهربائية) على أي شحنة أخرى توضع فيه.
- ✓ المجال الكهربائي ($\vec{E}$) كمية فيزيائية متجهة؛ يحدد بمعرفة المقدار والاتجاه.

ثانياً: حساب المجال الكهربائي لشحنة نقطية

1. مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة الاختبار (q_0)تُحسب القوة المتبادلة بين الشحنة المولدة للمجال (q) وشحنة الاختبار (q_0) باستخدام قانون كولوم:

$$F = \frac{k |q \cdot q_0|}{r^2}$$

2. مقدار شدة المجال الكهربائي عند موضع الشحنة (q_0)بتعويض القوة من قانون كولوم في تعريف شدة المجال الكهربائي ($E = \frac{F}{q_0}$):

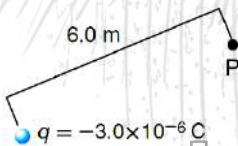
$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{k |q \cdot q_0|}{r^2 q_0}$$

$$E = \frac{k |q|}{r^2}$$

3. دلالات الرموز ووحدات القياس (SI)

الرمز	المدلول الفيزيائي	وحدة القياس
E	شدة المجال الكهربائي عند النقطة	نيوتن كولوم (N/C)
k	ثابت كولوم في الفراغ/الهواء (8.99×10^9)	$N \cdot m^2 / C^2$
$ q $	مقدار الشحنة المولدة للمجال (القيمة المطلقة)	كولوم (C)
r	المسافة بين الشحنة والنقطة المراد الحساب عندها	متر (m)

سؤال: يوضح الشكل النقطة P على بعد 6.0 m من الشحنة النقطية q. ما المجال الكهربائي عند النقطة P؟



750 N/C مبتعداً عن الشحنة (b)

750 N/C نحو الشحنة (a)

4500 N/C مبتعداً عن الشحنة (d)

4500 N/C نحو الشحنة (c)

سؤال: المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 0.25 m عن شحنة نقطية يساوي 9.4×10^5 N/C. ما مقدار الشحنة؟6.5 μ C (b)1.6 μ C (a)5.0 μ C (d)

1.6 C (c)

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: تقع النقطة a على بعد 0.5 m من الشحنة النقطية Q كما في الشكل. إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة a يساوي $9.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، فما الشحنة Q ؟



- (b) $-2.5 \mu\text{C}$
(d) $-5.0 \mu\text{C}$

- (a) $+2.5 \mu\text{C}$
(c) $+5.0 \mu\text{C}$

سؤال مقالي: ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 20 cm عن شحنة نقطية مقدارها -33 nC ؟

الحل:

سؤال مقالي: ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 20.0 cm عن شحنة نقطية مقدارها $8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ؟

الحل:

ثالثاً: تحديد اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة

يُحدّد الاتجاه بافتراض وجود شحنة اختبار موجبة عند النقطة:

- ✓ إذا كانت الشحنة المولدة موجبة ($+q$): يكون اتجاه المجال مبتعداً عن الشحنة (للخارج) نتيجة التنافر مع شحنة الاختبار.
- ✓ إذا كانت الشحنة المولدة سالبة ($-q$): يكون اتجاه المجال نحو الشحنة (لداخل) نتيجة التجاذب مع شحنة الاختبار.

سؤال: يوضح الشكل جسيماً شحنته موجبة $+Q$ وجسيماً شحنته سالبة $-Q$. ما اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطة P الواقعة على المنصف العمودي للخط الواصل بينهما؟



- (b) ↓
(d) →

- (a) ↑
(c) ←

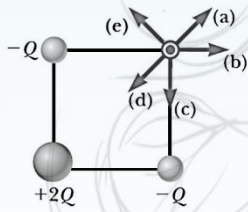
سؤال: يوضح الشكل جسيمين لكل منهما شحنة موجبة $+Q$. ما اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطة P الواقعة على المنصف العمودي للخط الواصل بينهما؟



- (b) ↓
(d) →

- (a) ↑
(c) ←

سؤال: ثلاثة جسيمات مشحونة موضوعة عند ثلاث زوايا من مربع كما في الشكل. ما اتجاه المجال الكهربائي عند الزاوية العليا اليمنى (وهي نقطة خالية من الشحنات)؟



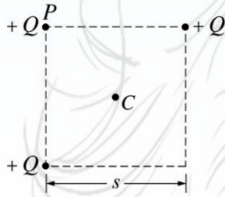
(b) ⓑ

(a) ⓐ

(d) ⓓ

(c) ⓒ

سؤال: وُضعت ثلاثة جسيمات لكل منها شحنة موجبة +Q عند ثلاث زوايا من مربع طول ضلعه s كما في الشكل، وتقع النقطة C في مركز المربع. ما اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة C؟



↘ ⓑ

↖ ⓐ

→ ⓓ

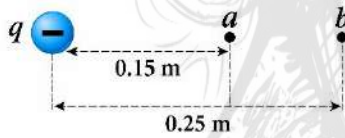
← ⓒ

♦ ملاحظات وتنبيهات هامة

قانون التربيع العكسي: تتناسب شدة المجال الكهربائي **عكسيا** مع **مربع المسافة** ($E \propto \frac{1}{r^2}$)؛ فإذا زادت المسافة للضعف ($2r$) تقل شدة المجال إلى **الربع** ($\frac{1}{4}E$).

إشارة الشحنة في القانون: نضع الشحنة داخل **القيمة المطلقة** |q| لحساب **المقدار** فقط، بينما تُستخدم إشارة الشحنة (موجبة أو سالبة) لتحديد **الاتجاه** فقط.

سؤال: في الشكل، إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة b يساوي 900 N/C، فما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة a؟



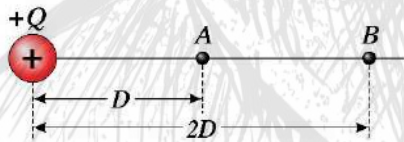
324 N/C ⓑ

2500 N/C ⓐ

540 N/C ⓓ

1500 N/C ⓒ

سؤال: تبعد النقطتان A و B المسافتين D و 2D عن الشحنة +Q كما في الشكل. إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند النقطة A يساوي E، فما مقداره عند النقطة B؟



4E ⓑ

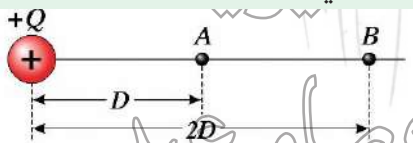
$\frac{E}{4}$ ⓐ

$\frac{E}{2}$ ⓓ

2E ⓒ

سؤال: تبعد النقطتان A و B المسافتين D و 2D عن الشحنة +Q كما في الشكل.

إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة B يساوي 900 N/C، فما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة A؟



225 N/C ⓑ

3600 N/C ⓐ

1800 N/C ⓓ

450 N/C ⓒ

استاذ عبدالرحمن عصام عيّد

بما أن شدة المجال الكهربائي تتناسب **طردياً** مع **مقدار الشحنة** و**عكسياً** مع **مربع المسافة**:

$$E \propto \frac{|q|}{r^2}$$

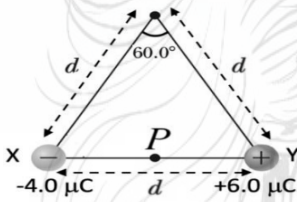
◀ قانون المقارنة والنسب

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

✓ فكرة الحل

عند المقارنة بين مجالين نكتب النسبة بينهما، فيختصر **ثابت كولوم** k من البسط والمقام.

سؤال: الشحنة X مقدارها -4.0 C والشحنة Y مقدارها $+6.0 \text{ C}$ ، وتقعان عند قاعدة مثلث متساوي الأضلاع كما في الشكل. ما النسبة $\frac{E_X}{E_Y}$ بين مقدارَي مجاليهما عند النقطة P؟



(b) $\frac{4}{\sqrt{6}}$

(d) $\frac{2}{3}$

(a) $\frac{3}{2}$

(c) $\frac{\sqrt{6}}{4}$

سؤال: معتمداً على الشكل، إذا كان المجال الكهربائي المحصل عند النقطة b يساوي **صفرًا**، فإن الشحنة q_2 تكون:



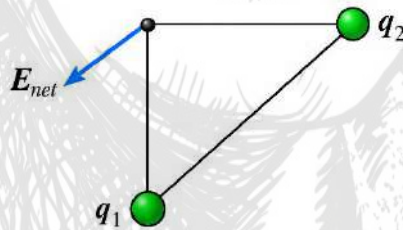
(b) موجبة وأكبر من q_1

(d) موجبة وأقل من q_1

(a) سالبة وأكبر من q_1

(c) سالبة وأقل من q_1

سؤال: معتمداً على الشكل الذي يوضح اتجاه المجال المحصل E_{net} ، ما نوع كل من الشحنتين q_1 و q_2 ؟



(b) q_1 موجبة و q_2 سالبة

(d) q_1 سالبة و q_2 سالبة

(a) q_1 موجبة و q_2 موجبة

(c) q_1 سالبة و q_2 موجبة

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

مبدأ التراكب ونقطة انعدام المجال

مبدأ التراكب

يمكن استخدام **مبدأ التراكب** لحساب شدة **محصلة المجال الكهربائي** عند نقطة ناتجة عن عدة شحنات نقطية؛ إذ نحسب مجال كل شحنة على حدة ثم نجمع المجالات **جمعاً اتجاهياً**:

$$\vec{E}_{\text{net}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

- ◆ **نقطة انعدام المجال (نقطة التعادل):** النقطة التي تكون عندها **محصلة المجال الكهربائي صفراً**؛ أي يتساوى عندها مقدارا المجالين ويتعاكسان في الاتجاه.
- ◆ إذا كانت الشحنتان **متشابهتين** في النوع تقع نقطة التعادل **بينهما** وأقرب إلى الشحنة الأصغر مقداراً.
- ◆ إذا كانت الشحنتان **مختلفتين** في النوع تقع نقطة التعادل **خارجهما** وبالقرب من الشحنة الأصغر مقداراً.

مثال محلول (1): محصلة مجالين على خط واحد

وضعت شحنتان نقطيتان موجبتان في الهواء تفصلهما مسافة 40 cm، حيث $Q_1 = +6 \mu\text{C}$ و $Q_2 = +2 \mu\text{C}$. احسب مقدار المجال الكهربائي المحصل عند نقطة a تقع على الخط الواصل بين الشحنتين وتبعد 10 cm عن الشحنة Q_2 . ثم حدّد اتجاهه.



تحديد المسافات: $r_1 = 40 - 10 = 30 \text{ cm} = 0.30 \text{ m}$, $r_2 = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$

المجال الناشئ عن Q_1 : الشحنة موجبة، فمجالها عند a يتجه مبتعداً عنها (نحو اليسار $-x$):

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2} = \frac{(9 \times 10^9)(6 \times 10^{-6})}{(0.30)^2} = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

المجال الناشئ عن Q_2 : الشحنة موجبة، فمجالها عند a يتجه مبتعداً عنها (نحو اليمين $+x$):

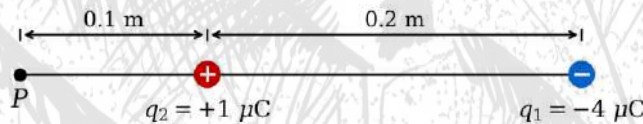
$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})}{(0.10)^2} = 18 \times 10^5 \text{ N/C}$$

المحصلة: المجالان متعاكسان، إذن:

$$E_{\text{net}} = E_2 - E_1 = 18 \times 10^5 - 6 \times 10^5 = 1.2 \times 10^6 \text{ N/C}$$

النتيجة: $1.2 \times 10^6 \text{ N/C}$ نحو اليمين $(+x)$.

سؤال مقالي: معتمداً على الشكل: الشحنة $q_2 = +1 \mu\text{C}$ تبعد 0.1 m عن النقطة P ، والشحنة $q_1 = -4 \mu\text{C}$ تبعد 0.2 m عن الشحنة q_2 . احسب مقدار واتجاه محصلة المجال الكهربائي عند النقطة P .



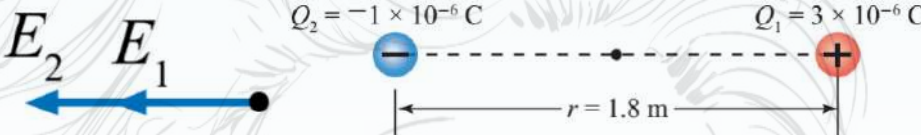
الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

مثال محلول (2): محصلة مجالين في الاتجاه نفسه

وضعت شحنتان نقطيتان في الهواء تفصلهما مسافة 1.8 m: الأولى موجبة $Q_1 = +3 \times 10^{-6} \text{ C}$ وتقع على اليمين، والثانية سالبة $Q_2 = -1 \times 10^{-6} \text{ C}$ وتقع على اليسار. احسب مقدار واتجاه المجال المحصل عند منتصف المسافة بينهما.



المسافة إلى نقطة المنتصف: $r_1 = r_2 = \frac{1.8}{2} = 0.9 \text{ m}$

المجال الناشئ عن Q_1 : موجبة وتقع يميناً، فمجالها يتجه مبتعداً عنها (نحو $-x$):

$$E_1 = \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})}{(0.9)^2} = 3.33 \times 10^4 \text{ N/C}$$

المجال الناشئ عن Q_2 : سالبة وتقع يساراً، فمجالها يتجه نحوها (نحو $-x$):

$$E_2 = \frac{(9 \times 10^9)(1 \times 10^{-6})}{(0.9)^2} = 1.11 \times 10^4 \text{ N/C}$$

المحصلة: المجالان في الاتجاه نفسه:

$$E = E_1 + E_2 \approx 4.44 \times 10^4 \text{ N/C}$$

النتيجة: $4.44 \times 10^4 \text{ N/C}$ نحو اليسار ($-x$).

سؤال: شحنتان نقطيتان $q_1 = +4.0 \mu\text{C}$ و $q_2 = -8.0 \mu\text{C}$ تفصل بينهما مسافة 4.0 m.

ما مقدار المجال الكهربائي (بوحدته N/C) في منتصف المسافة بين الشحنتين؟

72×10^4 (b)

2.7×10^4 (a)

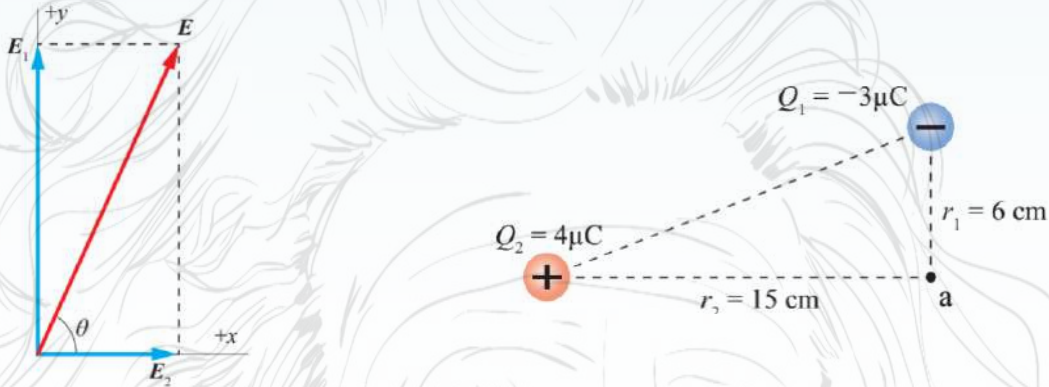
1.8×10^4 (d)

9.0×10^3 (c)

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

مثال محلول (3): محصلة مجالين متعامدين

وُضعت شحنتان نقطيتان في الهواء بالقرب من نقطة a : شحنة سالبة $Q_1 = -3 \mu\text{C}$ على بعد 6 cm رأسياً أعلى النقطة a ، وشحنة موجبة $Q_2 = +4 \mu\text{C}$ على بعد 15 cm أفقياً يسار النقطة a . احسب مقدار المجال المحصل عند a ، وأوجد الزاوية التي يصنعها مع المحور الأفقي الموجب $+x$.



المجال الناشئ عن Q_1 : الشحنة سالبة وتقع بالأعلى، فمجالها يتجه نحوها (نحو $+y$):

$$E_1 = k \frac{|Q_1|}{r_1^2} = \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})}{(0.06)^2} = 7.5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

المجال الناشئ عن Q_2 : الشحنة موجبة وتقع على اليسار، فمجالها يتجه مبتعداً عنها (نحو $+x$):

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})}{(0.15)^2} = 1.6 \times 10^6 \text{ N/C}$$

مقدار المحصلة: المتجهان متعامدان:

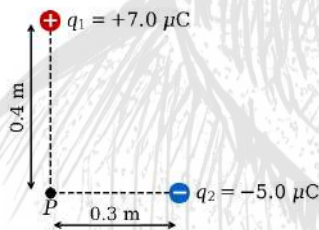
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(7.5 \times 10^6)^2 + (1.6 \times 10^6)^2} = 7.67 \times 10^6 \text{ N/C}$$

الاتجاه:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{7.5 \times 10^6}{1.6 \times 10^6}\right) \approx 78^\circ$$

النتيجة: $7.67 \times 10^6 \text{ N/C}$ بزاوية 78° فوق المحور $+x$.

سؤال مقالي: معتمداً على الشكل: الشحنة $q_1 = +7.0 \mu\text{C}$ تقع على بعد 0.4 m رأسياً أعلى النقطة P ، والشحنة $q_2 = -5.0 \mu\text{C}$ تقع على بعد 0.3 m أفقياً يمين النقطة P .



(1) احسب مقدار محصلة المجال الكهربائي عند النقطة P .

(2) أوجد الزاوية التي يصنعها متجه المحصلة مع المحور $+x$.

الحل:

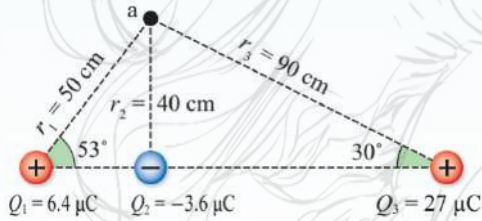
اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

مثال محلول (4): محصلة ثلاثة مجالات بتحليل المتجهات

ثلاث شحنات نقطية موضوعة في الهواء حول نقطة a كما في الشكل: $Q_1 = +6.4 \mu\text{C}$ على بعد 50 cm والخط الواصل بينها وبين a يصنع زاوية 53° مع الأفقي، و $Q_2 = -3.6 \mu\text{C}$ تقع رأسياً أسفل a مباشرة على بعد 40 cm، و $Q_3 = +27 \mu\text{C}$ على بعد 90 cm والخط الواصل يصنع زاوية 30° مع الأفقي. احسب مقدار المجال المحصل عند a وحدد اتجاهه.

(1) حساب مقدار كل مجال:



$$E_1 = \frac{(9 \times 10^9)(6.4 \times 10^{-6})}{(0.50)^2} = 2.3 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_2 = \frac{(9 \times 10^9)(3.6 \times 10^{-6})}{(0.40)^2} = 2.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_3 = \frac{(9 \times 10^9)(27 \times 10^{-6})}{(0.90)^2} = 3.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

(2) تحليل المتجهات: E_1 يتجه مبتعداً عن Q_1 بزاوية 53° فوق الأفقي يميناً، و E_2 يتجه نحو Q_2 رأسياً للأسفل، و E_3 يتجه مبتعداً عن Q_3 بزاوية 30° فوق الأفقي يساراً.

المتجه	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية
E_1	$+2.3 \times 10^5 \times 0.6 = +1.38 \times 10^5$	$+2.3 \times 10^5 \times 0.8 = +1.84 \times 10^5$
E_2	0	-2.00×10^5
E_3	$-3.0 \times 10^5 \times 0.87 = -2.61 \times 10^5$	$+3.0 \times 10^5 \times 0.5 = +1.50 \times 10^5$

(3) جمع المركبات:

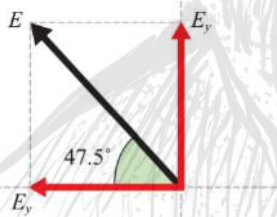
$$E_x = (1.38 + 0 - 2.61) \times 10^5 = -1.23 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_y = (1.84 - 2.00 + 1.50) \times 10^5 = +1.34 \times 10^5 \text{ N/C}$$

(4) مقدار المحصلة واتجاهها:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(1.23 \times 10^5)^2 + (1.34 \times 10^5)^2} \approx 1.82 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1.34}{1.23}\right) \approx 47.5^\circ$$

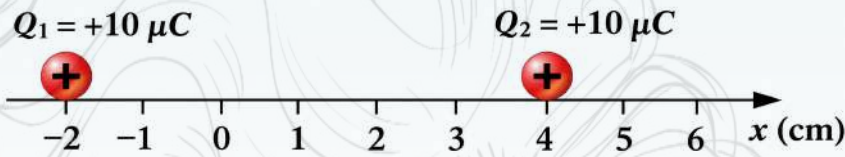


بما أن $E_y > 0$ و $E_x < 0$ فالمحصلة في الربع الثاني، والزاوية مع المحور $+x$ تساوي $180^\circ - 47.5^\circ = 132.5^\circ$.

النتيجة: $1.82 \times 10^5 \text{ N/C}$ بزاوية 132.5° مع المحور $+x$.

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: شحنتان نقطيتان متماثلتان مقدار كل منهما $+10 \mu\text{C}$ تقعان على المحور x عند $x = -2 \text{ cm}$ و $x = 4 \text{ cm}$ كما في الشكل.

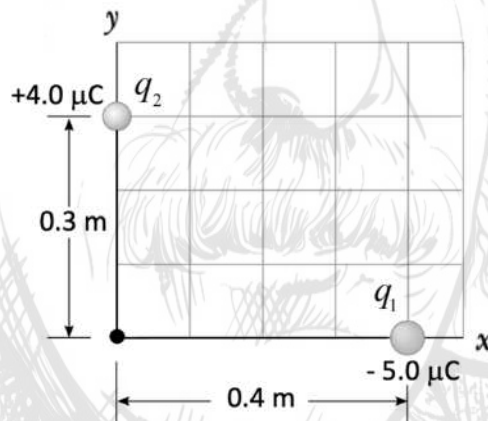


(1) ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي الكلي عند نقطة الأصل (0 cm)؟

(2) عند أي موضع على المحور x يكون المجال الكهربائي صفراً؟

الحل:

سؤال مقالي: تقع الشحنتان $q_1 = -5.0 \mu\text{C}$ و $q_2 = +4.0 \mu\text{C}$ في المستوي xy كما في الشكل. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي الكلي عند نقطة الأصل؟



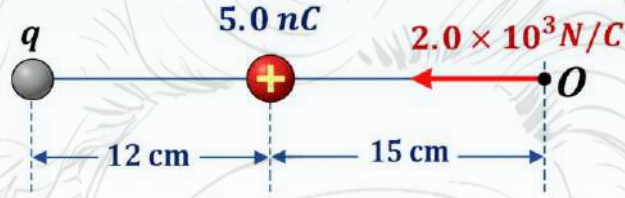
الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال مقالي: يظهر الشكل محصلة المجال الكهربائي عند النقطة O الناتجة عن شحنتين نقطيتين: الأولى موجبة $Q_1 = +5.0 \text{ nC}$ وتبعد 15 cm يسار النقطة O ، والثانية q مجهولة المقدار والنوع وتبعد 12 cm يسار الشحنة الأولى. إذا كانت محصلة المجال عند O مقدارها $E_{\text{net}} = 2.0 \times 10^3 \text{ N/C}$ ومتجهة نحو اليسار $(-x)$ ، فاحسب مقدار الشحنة q وحدد نوعها.

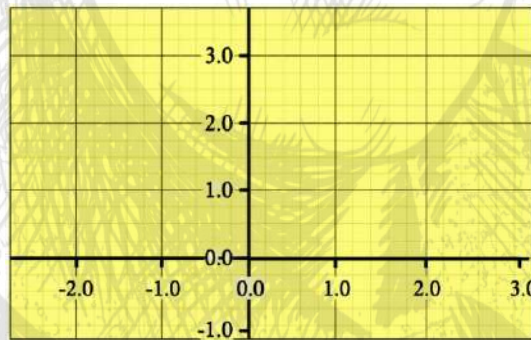


الحل:

سؤال مقالي: في نظام إحداثي ديكارتي، وضعت شحنتان نقطيتان في الهواء: $q_1 = -12 \text{ nC}$ عند النقطة $(0, 0)$ و $q_2 = -36 \text{ nC}$ عند نقطة الأصل $(2 \text{ cm}, 3 \text{ cm})$.

(1) احسب مقدار محصلة المجال الكهربائي عند النقطة $P(0, 3 \text{ cm})$.

(2) احسب الزاوية التي يصنعها متجه المحصلة مع المحور $+x$.

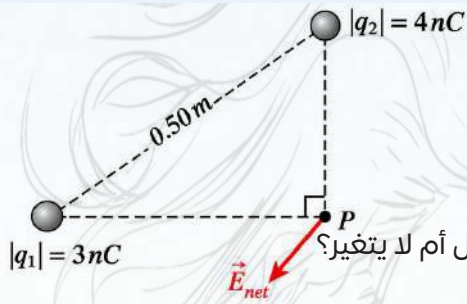


الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: يبين الشكل شحنتين نقطيتين q_1 و q_2 تقعان على رأسي مثلث قائم الزاوية عند النقطة p ، والمسافة بين الشحنتين (الوتر) 0.50 m. حيث $|q_1| = 3 \text{ nC}$ و $|q_2| = 4 \text{ nC}$. متجه محصلة المجال عند p هو E_{net} ويتجه نحو الأسفل واليسار (الربع الثالث) كما في الرسم.



(1) حدد نوع إشارة كل من الشحنتين q_1 و q_2 .

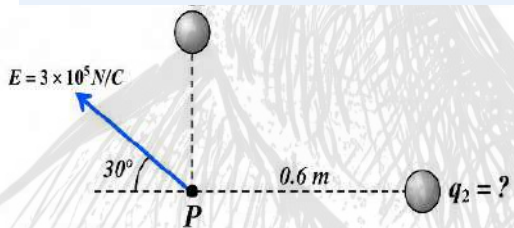
(2) احسب مقدار المجال الكهربائي في موقع الشحنة q_1 وحدد اتجاهه.

(3) احسب القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة q_1 وحدد اتجاهها.

(4) إذا أزيلت الشحنة q_2 ، فهل يزداد المجال الكهربائي عند النقطة p أم يقل أم لا يتغير؟

الحل:

سؤال مقالي: يوضح الشكل شحنتين نقطيتين q_1 و q_2 موضوعتين في الهواء بالقرب من نقطة P : الشحنة q_1 تقع رأسياً أعلى P ، والشحنة q_2 تقع أفقياً على مسافة 0.6 m يمين P . محصلة المجال عند P هي $E = 3 \times 10^5 \text{ N/C}$ وتصنع زاوية 30° فوق المحور الأفقي السالب كما في الرسم.



(1) حدد نوع إشارة كل من الشحنتين q_1 و q_2 مع توضيح السبب.

(2) احسب مقدار الشحنة q_2 .

(3) إذا تم وضع شحنة موجبة مقدارها $(q = +2.5 \mu\text{C})$ عند النقطة (P) ،

جد مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة عليها وحدد اتجاهها.

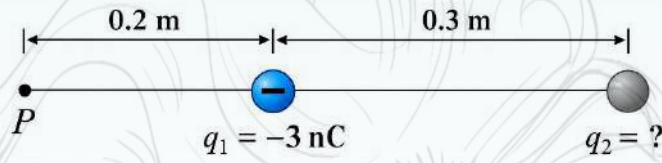
الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال مقالي: في الشكل، إذا كانت الشحنة الأولى $q_1 = -3 \times 10^{-9} \text{ C}$ ، وكانت محصلة المجال الكهربائي عند النقطة P تساوي صفر:



(1) ما نوع الشحنة q_2 ؟

(2) احسب مقدار الشحنة q_2 .

الحل:

سؤال مقالي: في الشكل، النقطة a تمثل نقطة تعادل للشحنتين q_1 و q_2 . فإذا كانت الشحنة $q_1 = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$:



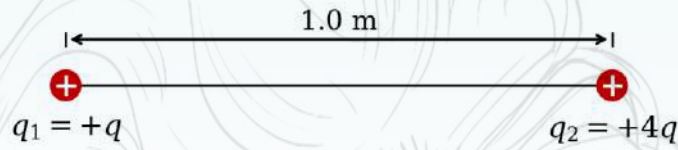
(1) ما نوع الشحنة q_2 ؟

(2) احسب مقدار الشحنة q_2 .

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: يوضح الشكل شحنتين نقطيتين موجبتين $q_1 = +q$ و $q_2 = +4q$ تفصل بينهما مسافة 1.0 m. احسب بُعد نقطة التعادل عن الشحنة q_2 .



الحل:

سؤال مقالي: في الشكل، إذا كانت النقطة S نقطة انعدام للمجال الكهربائي الناتج عن الشحنتين النقطيتين q_1 و q_2 ، فاحسب النسبة $\frac{q_2}{q_1}$ بين مقداريهما.



الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

General Charge Distributions

أولاً: مقدمة وفكرة الدرس

عندما تكون الشحنة الكهربائية **موزعة على جسم** (سلك، صفيحة، أو كرة)، يستحيل حساب المجال الكهربائي بالتعامل مع كل شحنة نقطية على حدة لكثرتها الهائلة؛ لذلك نلجأ إلى **طريقة التكامل** عبر الخطوات التالية:

1. **تقسيم الشحنة الكلية** (q) إلى أجزاء متناهية الصغر تسمى **عناصر الشحنة التفاضلي** (dq).
2. **حساب المجال التفاضلي** (dE) الناتج عن هذا العنصر باعتباره شحنة نقطية: $dE = \frac{k dq}{r^2}$
3. **إجراء التكامل** على كامل الجسم لحساب المجال الكهربائي الكلي: $E = \int dE = \int \frac{k dq}{r^2}$

ثانياً: جدول مقارنة شامل لأنواع كثافات الشحنة

وجه المقارنة	الكثافة الخطية للشحنة	الكثافة السطحية للشحنة	الكثافة الحجمية للشحنة
الرمز اللاتيني	λ (لامدا - Lambda)	σ (سيجما - Sigma)	ρ (رو - Rho)
الأبعاد الهندسية	بعد واحد (1D)	بعدين (2D)	ثلاثة أبعاد (3D)
نوع الجسم	سلك رفيع، قضيب، حلقة	لوحة، صفيحة مستوية، قرص	كرة مصمتة، أسطوانة، مكعب
التعريف	الشحنة لكل وحدة طول	الشحنة لكل وحدة مساحة	الشحنة لكل وحدة حجم
القانون (توزيع منتظم)	$\lambda = \frac{Q}{L}$	$\sigma = \frac{Q}{A}$	$\rho = \frac{Q}{V}$
الصيغة التفاضلية	$\lambda = \frac{dq}{dL}$	$\sigma = \frac{dq}{dA}$	$\rho = \frac{dq}{dV}$
عنصر الشحنة (dq)	$dq = \lambda dL$ (أو λdx)	$dq = \sigma dA$	$dq = \rho dV$
وحدة القياس (SI)	كولوم لكل متر (C/m)	كولوم لكل متر مربع (C/m ²)	كولوم لكل متر مكعب (C/m ³)

الحالات كثافات الشحنة

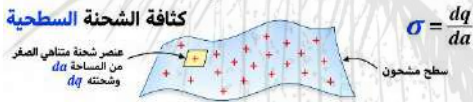
1. كثافة الشحنة الخطية (λ) — بُعد واحد (1D)



- ✓ تستخدم عندما تتوزع الشحنة على طول **سلك أو خيط رفيع** طولها (L).
- ✓ عنصر الطول التفاضلي يُرمز له بـ (dL) أو (dx).
- ✓ صيغة التعويض في التكامل:

$$dq = \lambda dx$$

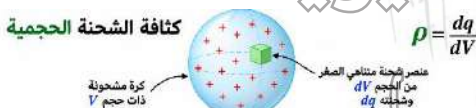
2. كثافة الشحنة السطحية (σ) — بُعدان (2D)



- ✓ تستخدم عندما تتوزع الشحنة على **مساحة سطح** (A) كالألواح والصفائح الفلزية.
- ✓ عنصر المساحة التفاضلي هو (dA).
- ✓ صيغة التعويض في التكامل:

$$dq = \sigma dA$$

3. كثافة الشحنة الحجمية (ρ) — ثلاثة أبعاد (3D)



- ✓ تُستخدم عندما تتوزع الشحنة خلال **حجم مجسم كامل** (V) كالمجسمات العازلة المشحونة.
- ✓ عنصر الحجم التفاضلي هو (dV).
- ✓ صيغة التعويض في التكامل:

$$dq = \rho dV$$

الفيزياء في حياتنا
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال: ما وحدة قياس كثافة الشحنة الخطية؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: ما وحدة قياس كثافة الشحنة السطحية σ على صفيحة فلزية رقيقة؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: ما وحدة قياس كثافة الشحنة الحجمية ρ ؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: إذا كانت الشحنة موزعة على جسم أحادي البعد، فما وحدة قياس كثافة الشحنة لهذا الجسم؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: إذا كانت الشحنة موزعة على جسم ثنائي الأبعاد، فما وحدة قياس كثافة الشحنة لهذا الجسم؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: إذا كانت الشحنة موزعة على جسم ثلاثي الأبعاد، فما وحدة قياس كثافة الشحنة لهذا الجسم؟

- (a) C/s
(b) C/m
(c) C/m²
(d) C/m³

سؤال: ماذا يمثل X في المعادلة $dq = X dV$ لتوزيع الشحنة على جميع أجزاء كرة عازلة؟ وما وحدته؟

- (a) كثافة الشحنة الخطية C/m
(b) كثافة الشحنة اللانهائية C/m⁴
(c) كثافة الشحنة السطحية C/m²
(d) كثافة الشحنة الحجمية C/m³

سؤال: قرص ثنائي الأبعاد نصف قطره R ، توصف الشحنة الموزعة عليه بـ:

- (a) كثافة الشحنة الخطية C/m
(b) كثافة الشحنة اللانهائية C/m⁴
(c) كثافة الشحنة السطحية C/m²
(d) كثافة الشحنة الحجمية C/m³

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: حسب طالب كثافة الشحنة لبعض الأجسام. أي من القيم الآتية يمكن أن تكون كثافة شحنة صحيحة **لقصر ثنائي الأبعاد**؟

- (a) 50 C (b) 50 C/m^2
(c) $50 \text{ C}\cdot\text{m}$ (d) 50 C/m^3

سؤال: سلك طويل يحمل شحنة كثافتها الخطية $12.0 \mu\text{C/m}$. ما الشحنة التي يحملها جزء منه طوله 0.333 m ؟

- (a) $1.2 \mu\text{C}$ (b) $36 \mu\text{C}$
(c) $1.8 \mu\text{C}$ (d) $4.0 \mu\text{C}$

سؤال: الشحنة لكل وحدة طول على سلك طويل مستقيم تساوي $15.0 \mu\text{C/m}$. ما الشحنة الكلية لجزء منه طوله 0.6 m ؟

- (a) $6.0 \mu\text{C}$ (b) $9.0 \mu\text{C}$
(c) $12 \mu\text{C}$ (d) $15 \mu\text{C}$

سؤال: وُزعت شحنة كلية مقدارها 12 mC على طول قضيب رفيع طوله 42 cm . ما كثافة الشحنة الخطية للقضيب؟

- (a) $4.3 \times 10^{-2} \text{ C/m}$ (b) $2.9 \times 10^{-2} \text{ C/m}$
(c) 35 C/m (d) 44 C/m

سؤال: قضبان طويلان مشحونان بانتظام ومتوازيان: الشحنة الكلية للقضيب A تساوي $10 \mu\text{C}$ وطوله 5.0 m ، والشحنة الكلية للقضيب B تساوي $15 \mu\text{C}$ وطوله 3.0 m . ما نسبة كثافة الشحنة الخطية للقضيب A إلى كثافة الشحنة الخطية للقضيب B ؟

- (a) $\frac{3}{4}$ (b) $\frac{1}{4}$
(c) $\frac{4}{5}$ (d) $\frac{2}{5}$

سؤال: إذا كانت كثافة الشحنة الخطية $\lambda = 5.0x^2$ من $x = 0.0 \text{ m}$ إلى $x = 4.0 \text{ m}$ ، فأوجد الشحنة الكهربائية على هذا الجزء.

- (a) 106.6 C (b) 40 C
(c) 0 C (d) 853.3 C

سؤال: كرة موصلة شحنتها 23.5 nC ونصف قطرها 25 cm . ما كثافة الشحنة السطحية عليها؟ (تلميح: مساحة سطح الكرة $A = 4\pi r^2$)

- (a) $3 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$ (b) $6.0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$
(c) $1.2 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$ (d) 4500 C/m^2

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

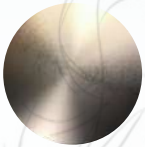
سؤال: صفيحة كبيرة مسطحة أفقية شحنتها لكل وحدة مساحة $25.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$. ما الشحنة الكلية على جزء منها مساحته 0.02 cm^2 ؟

2.6 μC (b)0.5 μC (a)

50 pC (d)

25 pC (c)

سؤال: قرص ثنائي الأبعاد نصف قطره 12 cm وكثافة الشحنة السطحية عليه منتظمة وتساوي $14 \text{ C}/\text{m}^2$. ما مقدار الشحنة الموزعة على سطحه؟ (تلميح: $A = \pi r^2$)



0.49 C (b)

0.63 C (a)

0.35 C (d)

0.12 C (c)

سؤال: قرص بلاستيكي قطره 20 cm مشحون بانتظام بعدد 10^{14} إلكترون. ما كثافة الشحنة السطحية عليه؟ (تلميح: $A = \pi r^2$)

 $1.3 \times 10^{-4} \text{ C}/\text{m}^2$ (b) $5.1 \times 10^{-6} \text{ C}/\text{m}^2$ (a) $5.1 \times 10^{-4} \text{ C}/\text{m}^2$ (d) $2.5 \times 10^{-4} \text{ C}/\text{m}^2$ (c)

سؤال: قرص بلاستيكي كبير نصف قطره r مشحون بانتظام بعدد 4.5×10^{18} إلكترون. إذا كانت كثافة الشحنة السطحية عليه $0.11 \text{ C}/\text{m}^2$ ، فما نصف قطر القرص؟

4.1 m (b)

1.4 m (a)

0.41 m (d)

0.14 m (c)

سؤال: صندوق أبعاده $14 \text{ cm} \times 6.0 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ ، وُضعت داخله ورقة أبعاده $6.0 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ كثافة الشحنة السطحية عليها $1.1 \times 10^{-2} \text{ C}/\text{m}^2$. ما مقدار الشحنة المحصورة داخل الصندوق؟

 $3.7 \times 10^{-5} \text{ C}$ (b) $0.85 \times 10^{-5} \text{ C}$ (a) $2.6 \times 10^{-5} \text{ C}$ (d) $1.7 \times 10^{-5} \text{ C}$ (c)

سؤال: كمية من الشحنة يحملها مكعب طول ضلعه 2.0 cm بحيث تكون كثافة الشحنة الحجمية $6.5 \times 10^{-4} \text{ C}/\text{m}^3$. إذا وُزعت الكمية نفسها بانتظام على كرة نصف قطرها 2.5 cm، فاحسب مقدار الشحنة وكثافة الشحنة الحجمية للكرة. (تلميح: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$)

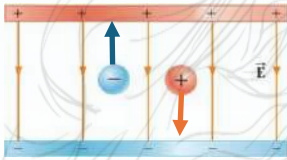


الشحنة	كثافة الشحنة الحجمية للكرة	
$q = 5.2 \text{ nC}$	$\rho = 7.9 \times 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^3$	(a)
$q = 0.33 \text{ nC}$	$\rho = 2.4 \times 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^3$	(b)
$q = 0.58 \text{ nC}$	$\rho = 7.9 \times 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^3$	(c)
$q = 2.6 \text{ nC}$	$\rho = 2.4 \times 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^3$	(d)

أولاً: القوة الكهربائية والتسارع (قانون نيوتن الثاني)

عند وضع جسيم مشحون كتلته (m) وشحنته (q) داخل مجال كهربائي منتظم ($\vec{E}$)، فإنه يتأثر بقوة كهربائية تكسبه تسارعاً:

1. القوة الكهربائية المؤثرة



$$F_e = q \cdot E$$

✓ شحنة موجبة ($+q$): تتسارع في نفس اتجاه خطوط المجال الكهربائي.

✓ شحنة سالبة ($-q$): تتسارع في عكس اتجاه خطوط المجال الكهربائي.

2. حساب تسارع الجسيم (a)

$$a = \frac{F_e}{m} = \frac{q \cdot E}{m} \quad (F_{\text{net}} = m \cdot a)$$

✓ بما أن المجال منتظم ($\vec{E}$ ثابت)، فإن القوة الكهربائية ثابتة، وبالتالي يتحرك الجسيم بعجلة (تسارع) ثابتة المقدار والاتجاه.

ملحوظة هامة: إهمال الجاذبية

✓ تهمل قوة الجاذبية الأرضية ($F_g = mg$) عند دراسة حركة الجسيمات الذرية (مثل الإلكترون والبروتون)؛ لأن القوة الكهربائية تكون أكبر بمليارات المرات من وزنها الصغير جداً ($F_e \gg F_g$).

ثانياً: طبيعة حركة الجسيم وفق محصلة القوى (F_{net})

بيئة المجال	طبيعة الحركة	نوع العجلة (a)	محصلة القوى المؤثرة
خارج المجال انعدام القوى	سرعة ثابتة (أو سکون)	$a = 0$	$F_{\text{net}} = 0$
مجال كهربائي منتظم	سرعة متغيرة بانتظام	عجلة ثابتة	F_{net} مقدار ثابت
مجال كهربائي غير منتظم	سرعة متغيرة بغير انتظام	عجلة متغيرة	F_{net} متغيرة

«وضع جسم صغير موجب الشحنة في وضع السكون في مجال كهربائي منتظم، عندما يتحرر الجسم فإنه...»

سيبدأ في الحركة بعجلة ثابتة؛ لأن القوة الكهربائية المؤثرة عليه ثابتة في المقدار والاتجاه.

سؤال: وُضع بروتون في مجال كهربائي منتظم مقداره $E = 0.25 \text{ N/C}$. أوجد تسارع البروتون بوحدة m/s^2 .
كتلة البروتون $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ وشحنته $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

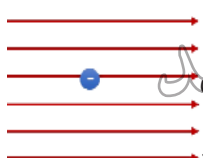
$$5.0 \times 10^8 \text{ (b)}$$

$$2.5 \times 10^7 \text{ (a)}$$

$$9.0 \times 10^{-7} \text{ (d)}$$

$$6.0 \times 10^7 \text{ (c)}$$

سؤال: في الشكل، وُضع جسيم سالب الشحنة في حالة سکون داخل مجال كهربائي منتظم. أيّ العبارات الآتية تصف حركة الجسيم عند تحريره؟ (ياهمال وزنه)



(b) يبدأ الحركة بسرعة ثابتة نحو اليمين

(a) يبدأ الحركة بتسارع متزايد نحو اليمين

(d) يبدأ الحركة بسرعة ثابتة نحو اليسار

(c) يبدأ الحركة بتسارع ثابت نحو اليسار

سؤال: في الشكل، وُضع بروتون في حالة سكون داخل مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين. أتيّ العبارات الآتية تصف حركته عند تحريره؟ (بإهمال وزنه)



- (b) يبدأ الحركة بسرعة ثابتة نحو اليمين
(d) يبدأ الحركة بسرعة ثابتة نحو اليسار

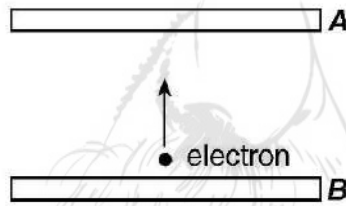
- (a) يبدأ الحركة بتسارع ثابت نحو اليمين
(c) يبدأ الحركة بتسارع متزايد نحو اليسار

سؤال: يمثل الشكل جسماً موجب الشحنة على وشك دخول المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين. ما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم داخل المجال؟



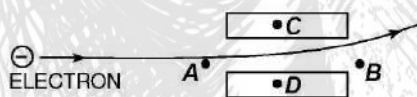
- (a) نحو داخل الصفحة
(b) نحو خارج الصفحة
(c) نحو أعلى الصفحة
(d) نحو أسفل الصفحة

سؤال: وضع إلكترون في الفراغ بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين. (A و B) تحرك الإلكترون نحو اللوح (A) كما هو موضح في الشكل ما نوع شحنة كل من اللوحين؟



- (a) اللوح (A) سالب ، واللوح (B) موجب
(b) اللوح (A) موجب ، واللوح (B) سالب
(c) كلا اللوحين موجب الشحنة
(d) كلا اللوحين سالب الشحنة

سؤال: ينحرف إلكترون متحرك أثناء مروره بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين متضادتين، كما هو موضح في الشكل أعلاه. يتجه المجال الكهربائي بين اللوحين من:



- (a) من A إلى B (A to B)
(b) من D إلى C (D to C)
(c) من B إلى A (B to A)
(d) من C إلى D (C to D)

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

ثالثاً: معادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة ثابتة (1D)

بما أن التسارع ثابت ($a = \frac{qE}{m}$)، تطبق معادلات الحركة الخطية:

$$1) \quad v_f = v_i + at \quad 2) \quad \Delta x = v_i t + \frac{1}{2}at^2 \quad 3) \quad v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

✓ مفاتيح حل المسائل

✓ بدأ من السكون: $v_i = 0$

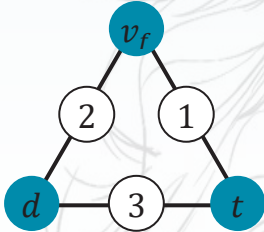
✓ توقف الجسيم: $v_f = 0$

✓ دليل اختيار المعادلة:

✓ لا يوجد زمن (t) ← استخدم المعادلة (3).

✓ لا توجد إزاحة (Δx) ← استخدم المعادلة (1).

✓ لا توجد سرعة نهائية (v_f) ← استخدم المعادلة (2).



رابعاً: الطاقة الحركية (K) ووحدات قياسها

◀ 1. قانون الطاقة الحركية

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

◀ 2. وحدات القياس والتحويلات

✓ الوحدة الدولية (SI): الجول (J).

✓ وحدة الطاقة الذرية: الإلكترون فولت (eV).

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

✓ للتحويل من (eV) إلى (J): نضرب في (1.6×10^{-19}).

✓ للتحويل من (J) إلى (eV): نقسم على (1.6×10^{-19}).

خامساً: حركة الجسيم في بُعدين (الانحراف ومسار المقذوف)

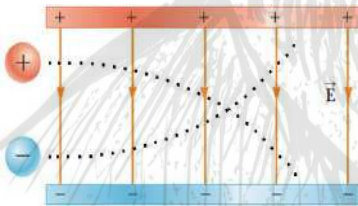
عند دخول جسيم مشحون (مثل إلكترون) عمودياً بسرعة أفقية ($v_0 = v_x$) إلى مجال كهربائي رأسي:

1. المحور الأفقي (x): لا توجد قوة أفقية ($a_x = 0$) ← سرعة أفقية ثابتة:

$$x_f = v_0 \cdot t \Rightarrow t = \frac{x_f}{v_0}$$

2. المحور الرأسي (y): يتحرك بعجلة رأسية منتظمة (a_y):

$$y_f - y_0 = \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{1}{2}a_y \left(\frac{x_f}{v_0}\right)^2$$



◀ اشتقاق هام جداً: انحراف إلكترون بالقرب من صفيحة غير موصلة مشحونة

✓ المجال الناتج عن صفيحة غير موصلة: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

✓ التسارع الرأسي للإلكترون: $a_y = \frac{eE}{m} = \frac{e\sigma}{2m\epsilon_0}$

✓ بالتعويض عن مربع السرعة بدلالة طاقة الحركة ($K = \frac{1}{2}mv_0^2 \Rightarrow v_0^2 = \frac{2K}{m}$): $y_f - y_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{e\sigma}{2m\epsilon_0} \right) \left(\frac{x_f^2}{\frac{2K}{m}} \right)$

استاذ عبد الرحمن عصام عيد $\Delta y = \frac{e\sigma x_f^2}{4\epsilon_0 K}$

سؤال: أطلق إلكترون بسرعة $1.55 \times 10^3 \text{ m/s}$ أفقياً فوق صفيحة موصلة أفقية مشحونة بكثافة شحنة سطحية $+3.0 \times 10^{-15} \text{ C/m}^2$. ما مقدار الانحراف الرأسى للإلكترون؟



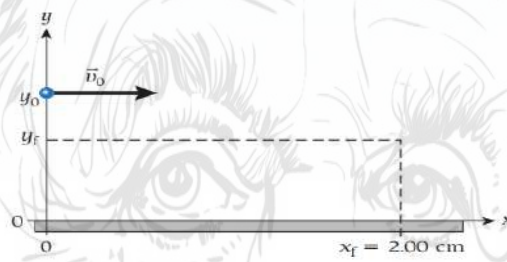
0.5 cm (b)

 $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}$ (a)

2.7 cm (d)

 $2.7 \times 10^{-6} \text{ m}$ (c)

سؤال: أطلق بروتون بسرعة $1.55 \times 10^3 \text{ m/s}$ أفقياً فوق صفيحة موصلة أفقية مشحونة بكثافة شحنة سطحية $+3.0 \times 10^{-15} \text{ C/m}^2$. ما مقدار الانحراف الرأسى للبروتون؟



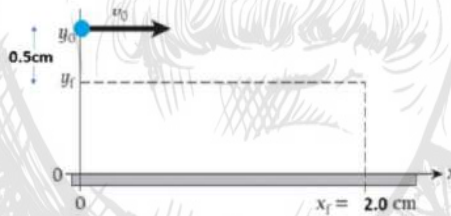
0.5 m (b)

 $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}$ (a)

2.7 cm (d)

 $2.7 \times 10^{-6} \text{ m}$ (c)

سؤال: كما في الشكل، أطلق إلكترون أفقياً في الاتجاه الموجب للمحور x فوق صفيحة موصلة أفقية مشحونة بكثافة شحنة سطحية $+3.0 \times 10^{-15} \text{ C/m}^2$. إذا كان الانحراف الرأسى للإلكترون 0.5 cm بعد أن قطع مسافة أفقية 2.0 cm، فما سرعة الإلكترون لحظة إطلاقه؟ (ياهمال الجاذبية الأرضية)

 $1.6 \times 10^3 \text{ m/s}$ (b) $2.4 \times 10^6 \text{ m/s}$ (a) $1.2 \times 10^3 \text{ m/s}$ (d) $1.3 \times 10^5 \text{ m/s}$ (c)

سؤال: في الموقف السابق نفسه (الانحراف 0.5 cm بعد مسافة أفقية 2.0 cm فوق الصفيحة نفسها)، ما طاقة الحركة للإلكترون لحظة إطلاقه؟ (ياهمال الجاذبية الأرضية)

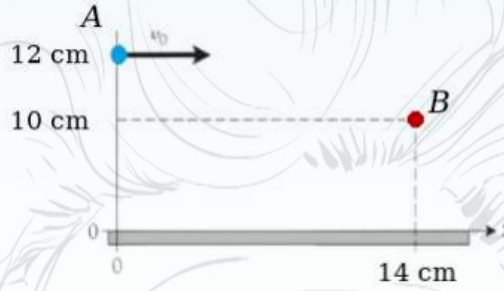
 $5.42 \times 10^{-24} \text{ J}$ (b) $1.08 \times 10^{-24} \text{ J}$ (a) $1.54 \times 10^3 \text{ J}$ (d) $2.38 \times 10^6 \text{ J}$ (c)

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: وفقاً للشكل، أطلق إلكترون بسرعة ابتدائية v_0 من النقطة A فوق صفيحة أفقية مشحونة بكثافة شحنة سطحية $3.2 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ، فوصل الإلكترون إلى الموضع B . ما مقدار v_0 عند النقطة A ؟



$3.5 \times 10^7 \text{ m/s}$ (b)

$3.1 \times 10^{16} \text{ m/s}$ (a)

$1.8 \times 10^8 \text{ m/s}$ (d)

$3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ (c)

سؤال مقالي: يتحرك جسيم شحنته $q = +15.7 \text{ nC}$ أفقياً بسرعة $v_0 = 2.50 \text{ m/s}$ أسفل لوح مشحون بشحنة سالبة كثافتها السطحية $\sigma = -2.50 \times 10^{-6} \text{ C}/\text{m}^2$. إذا كانت كتلة الجسيم $m = 35.0 \text{ mg}$ وكان في البداية على بعد 5.00 cm رأسياً أسفل اللوح: هل سينحرف الجسيم إلى أعلى ويصطدم باللوح، أم سينحرف إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية؟ فسر إجابتك بالحل.

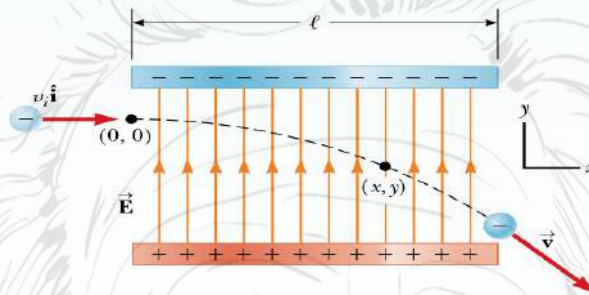


الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: إلكترون يدخل مجال منتظم

يدخل إلكترون منطقة مجال كهربائي منتظم بسرعة أفقية ابتدائية مقدارها $(v_i = 3.00 \times 10^6 \text{ m/s})$ ، وتؤثر فيه شدة مجال كهربائي منتظم مقدارها $(E = 200 \text{ N/C})$ متجهة رأسياً إلى أعلى. إذا كان الطول الأفقي للوحين المشحونين $(l = 0.100 \text{ m})$ ، وإهمال قوة الجاذبية الأرضية:



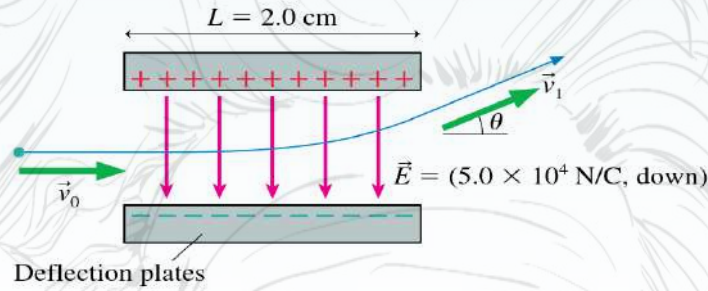
- (1) احسب مقدار واتجاه تسارع الإلكترون أثناء تواجده داخل المجال الكهربائي.
- (2) بافتراض أن الإلكترون دخل المجال عند اللحظة $(t = 0)$ ، احسب الزمن الذي يستغرقه حتى يغادر المجال.
- (3) بافتراض أن الموضع الرأسي الابتدائي للإلكترون عند دخوله هو $(y_i = 0)$ ، احسب موضعه الرأسي لحظة خروجه من المجال.

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: مدفع إلكتروني بين لوحين انحراف

يُنتج مدفع إلكتروني حزمة من الإلكترونات تتحرك أفقياً بسرعة ($v_0 = 3.3 \times 10^7 \text{ m/s}$). تدخل الإلكترونات الفجوة بين لوحين انحراف متوازيين طولهما ($L = 2.0 \text{ cm}$)، حيث يؤثر مجال كهربائي منتظم مقداره ($E = 5.0 \times 10^4 \text{ N/C}$) ويتجه رأسياً إلى أسفل:



- 1) احسب مقدار واتجاه تسارع الإلكترون أثناء حركته داخل المجال الكهربائي.
- 2) بافتراض أن الإلكترون يدخل المجال عند اللحظة ($t = 0$)، احسب الزمن الذي يستغرقه لمغادرة المجال.
- 3) بافتراض أن الموضع الرأسي الابتدائي للإلكترون عند دخوله هو ($y_i = 0$)، احسب موضعه الرأسي لحظة خروجه من المجال.

الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

Electric Flux

أولاً: المفهوم الفيزيائي والتعريف

- ✓ **التدفق الكهربائي** (Φ_E): هو **العدد الكلي لخطوط المجال الكهربائي** التي تخترق سطحاً ما بشكل عمودي. (أو رياضياً: ناتج الضرب القياسي (العددي) لمتجه المجال الكهربائي في متجه المساحة).
- ✓ **طبيعة الكمية**: كمية قياسية (عددية) ليس لها اتجاه، ولكنها تحمل إشارة (+ أو -).
- ✓ **وحدات القياس الدولية (SI)**:

$$N \cdot m^2 / C \quad \text{OR} \quad V \cdot m$$

سؤال: أي مما يأتي ليس وحدة لقياس التدفق الكهربائي؟

$$m^3/s \quad (b)$$

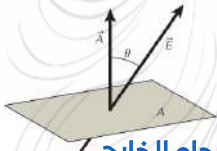
$$N \cdot m^2 / C \quad (a)$$

$$V/m \quad (d)$$

$$V \cdot m \quad (c)$$

ثانياً: القانون الرياضي لحساب التدفق

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = E \cdot A \cdot \cos \theta$$



◀ دلالات الرموز

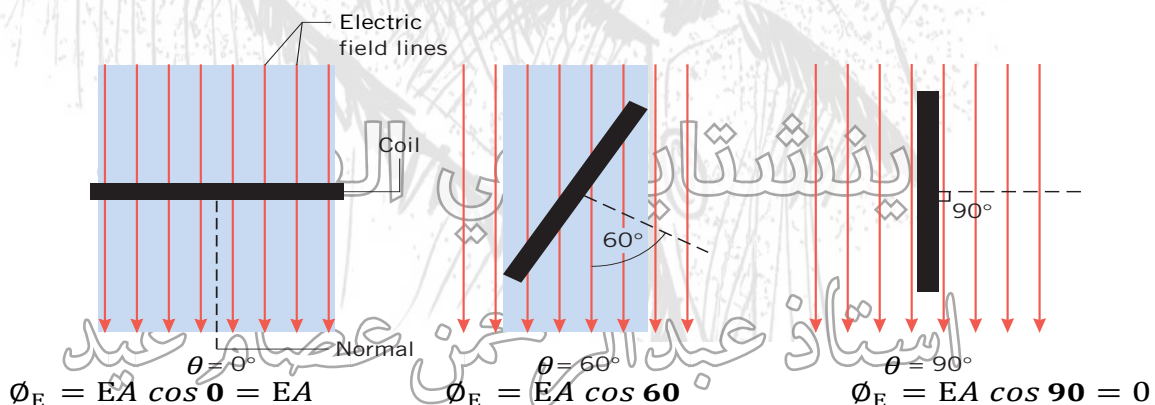
- ✓ E : شدة المجال الكهربائي (N/C أو V/m).
- ✓ A : مساحة السطح بالمتر المربع (m^2).
- ✓ $\vec{A}$ (متجه المساحة): متجه مقداره يساوي مساحة السطح، واتجاهه دائماً عمودياً على السطح باتجاه الخارج.
- ✓ θ (الزاوية الهامة): الزاوية المحصورة بين متجه المجال ($\vec{E}$) ومتجه المساحة (العمودي على السطح $\vec{A}$).

ثالثاً: الحالات الخاصة للزاوية (θ) والتدفق

⚠ تنبيه هام جداً للطلاب

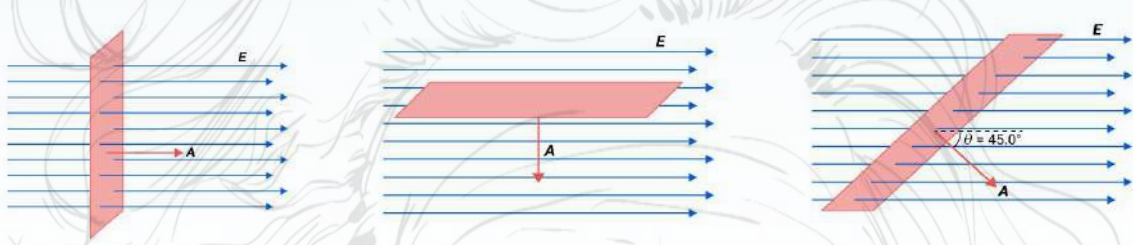
انتبه للفرق بين زاوية السطح وزاوية متجه المساحة (العمودي على السطح)؛ فالزاوية θ في القانون تُقاس دائماً بين المجال والعمودي.

وضع السطح بالنسبة للمجال	الزاوية مع العمودي (θ)	قيمة $\cos \theta$	قيمة التدفق	التفسير الفيزيائي
السطح عمودي على المجال	$\theta = 0^\circ$	$\cos 0^\circ = 1$	$\Phi_{\max} = EA$ (أقصى تدفق)	جميع خطوط المجال تخترق السطح بالكامل.
السطح مائل بزاوية	$0^\circ < \theta < 90^\circ$	قيمة موجبة	$\Phi_E = EA \cos \theta$	جزء من خطوط المجال يخترق السطح.
السطح مواز للمجال	$\theta = 90^\circ$	$\cos 90^\circ = 0$	$\Phi_E = 0$ (انعدام التدفق)	خطوط المجال تماس السطح ولا تخترقه.



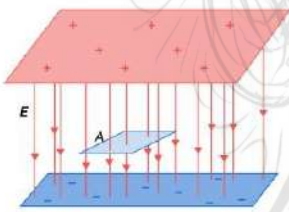
المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

- سؤال مقالي:** في الشكل، يدور سطح مستوي مساحته ($A = 1.10 \text{ m}^2$) داخل مجال كهربائي منتظم شدته ($E = 2.25 \times 10^5 \text{ N/C}$) احسب مقدار التدفق الكهربائي (Φ) الذي يجتاز السطح في الحالات الآتية:
1. عندما يكون المجال الكهربائي عمودياً على السطح.
 2. عندما يكون المجال الكهربائي موازياً للسطح.
 3. عندما يصنع المجال الكهربائي زاوية قياسها (45.0°) مع مستوى السطح.



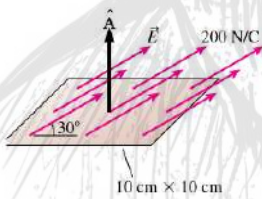
الحل:

رابعاً: إشارة التدفق الكهربائي (قاعدة الإشارات)



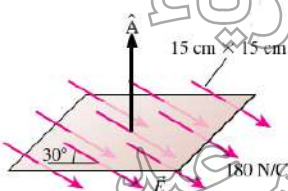
- ✓ تدفق موجب ($\Phi_E > 0$): إذا كانت خطوط المجال تخرج من السطح ($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$).
- ✓ تدفق سالب ($\Phi_E < 0$): إذا كانت خطوط المجال تدخل إلى السطح ($90^\circ < \theta \leq 180^\circ$).
- ✓ تدفق صفري ($\Phi_E = 0$): إذا كانت خطوط المجال موازية للسطح ($\theta = 90^\circ$).

سؤال مقالي: ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح؟



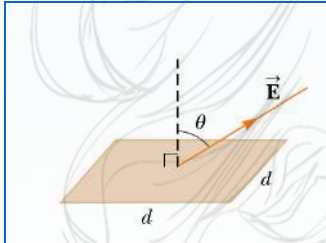
الحل:

سؤال مقالي: ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح؟



الحل:

سؤال مقالي: سطح مستوي مربع الشكل طول ضلعه ($d = 15.0 \text{ cm}$) موضوع داخل مجال كهربائي منتظم، حيث الزاوية بين خطوط المجال والمتجه العمودي على السطح هي ($\theta = 70.0^\circ$). إذا كان التدفق عبر السطح ($6.00 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$)، فما مقدار شدة المجال الكهربائي؟



الحل:

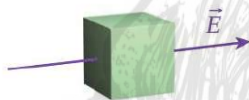
سؤال: سطح مستوي مساحته 3.20 m^2 يدور في مجال كهربائي منتظم مقداره $E = 6.20 \times 10^2 \text{ N/C}$. أوجد التدفق الكهربائي خلال السطح عندما يكون المجال عمودياً على السطح.

- (a) $0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (b) $1.98 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$
(c) $1.40 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (d) $6.19 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

سؤال: للسطح نفسه في المجال نفسه، أوجد التدفق الكهربائي عندما يكون المجال موازياً للسطح.

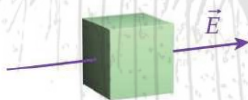
- (a) $0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (b) $1.98 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$
(c) $1.40 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (d) $6.19 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

سؤال: وفقاً للشكل، مكعب طول ضلعه 5.0 cm موضوع في مجال كهربائي منتظم $E = 200 \text{ N/C}$ عمودي على مستوي أحد أوجهه. ما مقدار التدفق الكهربائي المار عبر الوجه الأسود؟



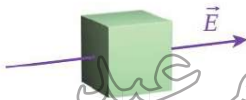
- (a) $0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (b) $1.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$
(c) $1.5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ (d) $0.5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

سؤال: وفقاً للشكل نفسه، مجال كهربائي منتظم $E = 360 \text{ N/C}$ عمودي على مستوي أحد أوجه المكعب. إذا كان التدفق المار عبر الوجه المظلل الأيسر يساوي $-1.2 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ، فما طول ضلع المكعب؟



- (a) 0.058 m (b) $3.3 \times 10^{-3} \text{ m}$
(c) 17.3 m (d) 300 m

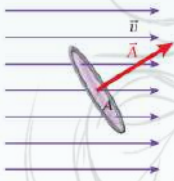
سؤال: وفقاً للشكل نفسه، مجال كهربائي منتظم $E = 28 \text{ N/C}$ عمودي على مستوي أحد أوجه المكعب. إذا كان التدفق المار عبر الوجه المظلل الأيسر يساوي $-7.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ، فما حجم المكعب؟



- (a) 0.125 m^3 (b) 8.000 m^3
(c) 0.250 m^3 (d) 0.500 m^3

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: ما مقدار التدفق الكهربائي خلال سطح دائري نصف قطره 0.30 m موضوع في مجال كهربائي خارجي شدته 1200 N/C يصنع زاوية 60° مع **مستوى** سطح الدائرة؟



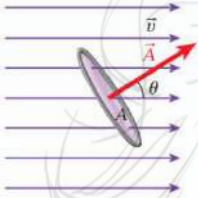
169 N·m²/C (b)

293 N·m²/C (a)

979 N·m²/C (d)

565 N·m²/C (c)

سؤال: اعتماداً على الشكل، عند أي زاوية θ يكون التدفق الكهربائي مساوياً تقريباً $0.5EA$ ؟



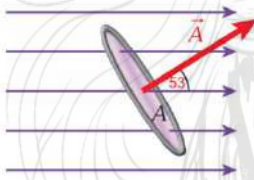
30° (b)

60° (a)

0° (d)

90° (c)

سؤال: اعتماداً على الشكل، أي مما يأتي يتوافق مع التدفق الكهربائي عبر السطح A؟



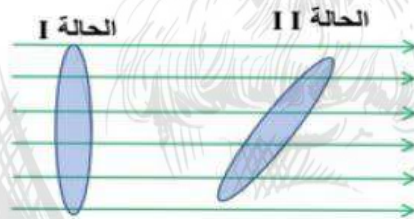
$\frac{\phi_E}{\phi_{\max}} = \frac{4}{5}$ (b)

$\frac{\phi_E}{\phi_{\max}} = \frac{3}{5}$ (a)

$\frac{\phi_E}{\phi_{\max}} = \frac{5}{4}$ (d)

$\frac{\phi_E}{\phi_{\max}} = \frac{5}{3}$ (c)

سؤال: إذا كان التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح في الحالة (I) يساوي 25 N·m²/C، فما مقدار التدفق الذي يجتاز السطح إذا أُمِلَ بزاوية 25° كما في الحالة (II)؟



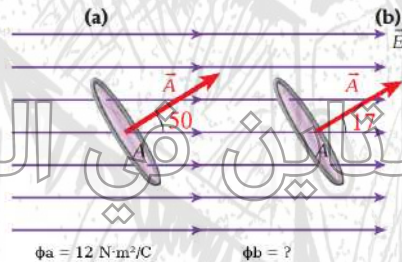
12 N·m²/C (b)

0 (a)

23 N·m²/C (d)

21 N·m²/C (c)

سؤال: يبين الشكل حلقة دائرية في مجال كهربائي منتظم يجتاز سطحها، وتدور الحلقة بحيث تتغير الزاوية التي تصنعها مع المجال كما في الشكل. ما مقدار التدفق الكهربائي ϕ_b في الوضع (b)؟



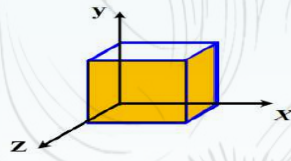
16.8 N·m²/C (b)

9.60 N·m²/C (a)

12.2 N·m²/C (d)

15.7 N·m²/C (c)

سؤال: في الشكل مكعب طول ضلعه 5.0 cm يمر خلاله مجال كهربائي معطى بالمعادلة $E = 2.0\hat{x} + 4.0\hat{y} + 6.0\hat{z}$ ما التدفق الكهربائي خلال الأوجه المظلمة؟



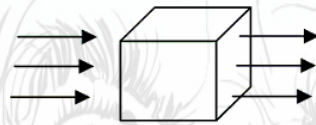
0.020 N·m²/C (b)

0.015 N·m²/C (a)

0.0050 N·m²/C (d)

0.030 N·m²/C (c)

سؤال: وُضع سطح جاوس مكعب طول ضلعه 1.0 m في مجال كهربائي منتظم مقداره 5.0×10^8 N/C يمر عمودياً عبر الوجهين الأيسر والأيمن كما في الشكل. ما التدفق الكهربائي الكلي الذي يمر عبر سطح المكعب؟



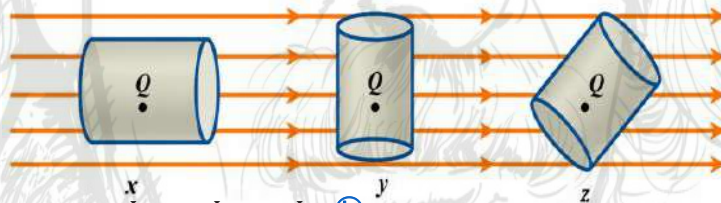
3.0×10^9 N·m²/C (b)

صفر (a)

2.5×10^6 N·m²/C (d)

1.5×10^7 N·m²/C (c)

سؤال: في الشكل، ثلاث أسطوانات متماثلة X و Y و Z موضوعة في مجال كهربائي منتظم E . أي العبارات الآتية تصف الترتيب الصحيح للتدفق الكهربائي الكلي Φ عبرها؟



$\Phi_X = \Phi_Y > \Phi_Z$ (b)

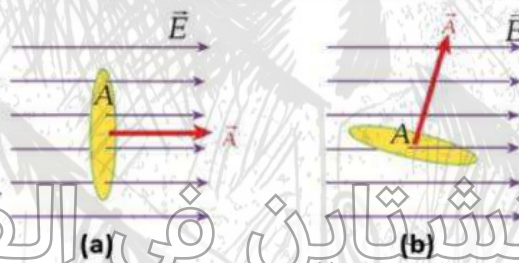
$\Phi_Y < \Phi_X < \Phi_Z$ (a)

$\Phi_X < \Phi_Y < \Phi_Z$ (d)

$\Phi_X = \Phi_Y = \Phi_Z$ (c)

سؤال: حلقة مساحة سطحها A موضوعة في مجال كهربائي منتظم ويجتاها تدفق كهربائي كما في الشكل (a).

إذا دارت الحلقة داخل المجال نفسه فأصبح سطحها كما في الشكل (b):



14.5° (b)

20° (a)

75.5° (d)

30° (c)

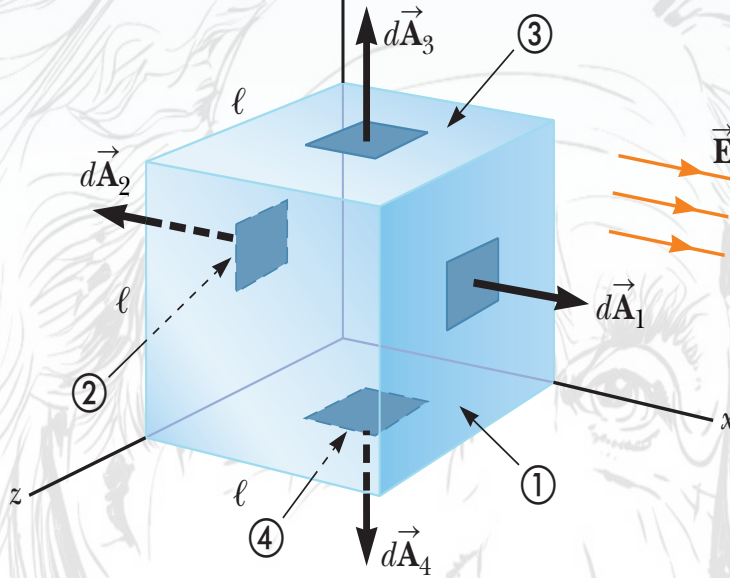
اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

خامساً: التدفق عبر الأسطح المنحنية والمغلقة (الصيغة التكاملية)

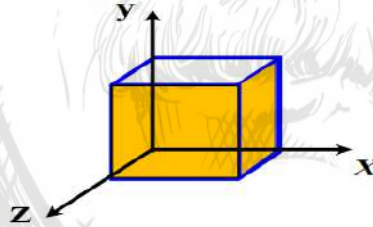
عندما يكون السطح **غير منتظم** أو المجال **غير منتظم**، يقسم السطح إلى عناصر مساحة تفاضلية صغيرة جداً (dA):
✓ المجموع التراكمي:

$$\Phi_{\text{net}} = \sum_i E_i \Delta A_i \cos \theta_i$$

التحليل لأسطح المكعب



سؤال مقالي: في الشكل، مكعب مغلق طول ضلعه $L = 0.4 \text{ m}$ يخترقه مجال كهربائي منتظم شدته $E = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$ باتجاه المحور $+x$.



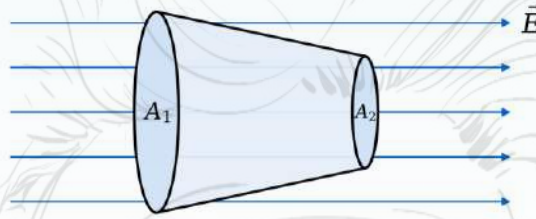
- 1) احسب التدفق الكهربائي الكلي Φ_{total} الذي يجتاز المكعب.
- 2) احسب التدفق الكهربائي عبر كل من: الوجه الأيمن، والوجه الأيسر، وباقي الأوجه (العلوي والسفلي والأمامي والخلفي).

الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: يظهر الشكل شبه مخروط مغلق لا توجد بداخله أي شحنات ($q_{\text{enc}} = 0$)، يجتازه مجال كهربائي منتظم $E = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$ موازي لمحوره الأفقي، ومساحة قاعدته $A_1 = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ، $A_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. احسب مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح الجانبي المنحني.



الحل:

سؤال مقالي: وفقاً للشكل، مكعب حجمه 0.001 m^3 في مجال كهربائي منتظم $E = 3 \times 10^{-2} \text{ N/C}$ عمودي على مستوي أحد أوجهه.



- 1) ما مقدار التدفق الكهربائي المار عبر الوجه الأسود؟
- 2) ما التدفق الكهربائي الكلي خلال سطح المكعب عندما توضع شحنة $q = 3.2 \mu\text{C}$ عند مركزه؟

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

أولاً: المدخل المفاهيمي (الصندوق العازل وشحنة الاختبار)

لنفترض وجود صندوق مغلق مصنوع من مادة عازلة لا تؤثر في المجالات الكهربائية، ونرصد سلوك شحنة اختبار موجبة توضع بالقرب من سطحه الخارجي:

الحالة داخل الصندوق	تأثير القوة على شحنة الاختبار الخارجية	حركة خطوط المجال الكهربائي	إشارة وقيمة التدفق الكلي (Φ)
1. الصندوق فارغ ($q = 0$)	لا تتأثر بأي قوة كهربائية	لا تخرج خطوط مجال من الصندوق	$\Phi = 0$ (انعدام التدفق)
2. وضعت شحنة موجبة ($+q$)	تتأثر بقوة كهربائية تتجه للخارج	تتدفق خطوط المجال خارجة من الصندوق	تدفق موجب ($\Phi > 0$)
3. وضعت شحنة سالبة ($-q$)	تتأثر بقوة كهربائية تتجه للداخل	تتدفق خطوط المجال داخلة إلى الصندوق	تدفق سالب ($\Phi < 0$)
4. مضاعفة الشحنة داخل الصندوق	تتضاعف القوة المؤثرة على شحنة الاختبار	يتضاعف عدد الخطوط المتدفقة	يتضاعف التدفق الكلي (Φ)

✓ الاستنتاج الفيزيائي

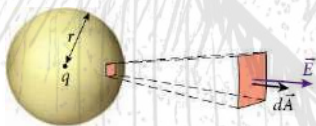
وجود شحنة كهربائية محصورة داخل سطح مغلق هو السبب المباشر لوجود تدفق كهربائي صافي (كلي) عبره. التدفق الكهربائي الكلي يتناسب طردياً مع كمية الشحنة الكهربائية داخل السطح المغلق.

ثانياً: نص قانون جاوس

◆ نص القانون

«يتناسب التدفق الكهربائي الكلي عبر أي سطح مغلق (مهما كان شكله الهندسي) تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة الكلية المحصورة داخل هذا السطح، ويساوي حاصل قسمة هذه الشحنة على السماحية الكهربائية للفرغ».

ثالثاً: الصيغة الرياضية لقانون جاوس



$$\Phi_{\text{net}} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0}$$

◀ دلالات الرموز ووحدات القياس

- ✓ Φ_{net} (أو Φ_T): التدفق الكهربائي الكلي عبر السطح المغلق ($\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$).
- ✓ $\oint$: تكامل سطحي مغلق على سطح جاوس بالكامل.
- ✓ $\vec{E}$: متجه شدة المجال الكهربائي عند أي نقطة على السطح (N/C).
- ✓ q_{enc} (أو q_{in}): الشحنة الكلية المحصورة داخل السطح المغلق فقط (تُعوّض بإشارتها الجبرية الموجبة أو السالبة).
- ✓ ϵ_0 : السماحية الكهربائية للفرغ أو الهواء، وقيمتها الثابتة: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$.

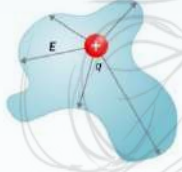
رابعاً: قواعد هامة لحساب التدفق والشحنة المحصورة

1. الجمع الجبري للشحنات المتعددة داخل السطح

إذا وُجد أكثر من شحنة داخل السطح المغلق، نجمع الشحنات **جمعاً جبرياً** مع مراعاة الإشارات:

$$q_{enc} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

$$\Phi_{net} = \frac{\sum q_{enc}}{\epsilon_0}$$

2. السطح الخالي من الشحنات الداخلية ($q_{enc} = 0$)

إذا كان السطح المغلق فارغاً من الشحنات في داخله، فإن التدفق الكلي عبره **يساوي صفرأ دائماً** ($\Phi_{net} = 0$)، حتى لو كان هذا السطح موضوعاً داخل مجال كهربائي خارجي قوي (منتظم أو غير منتظم)؛ لأن **كل خط مجال يدخل إلى السطح لا بد أن يخرج منه**.

ملاحظات مهمة للامتحانات

- ✓ **شكل وحجم السطح:** لا يتوقف التدفق الكلي على **حجم أو شكل** السطح المغلق (مكعب، كرة، متوازي مستطيلات، سطح متعرج)؛ التدفق يعتمد **فقط** على مقدار الشحنة بداخله (q_{enc}).
- ✓ **موقع الشحنة بالداخل:** التدفق **لا يتأثر** بموضع الشحنة سواء كانت في مركز السطح أو بالقرب من حافته.
- الشحنات الخارجية:** الشحنات الموجودة **خارج** السطح المغلق لا تساهم في قيمة التدفق الصافي، وتهمل تماماً عند حساب (q_{enc}).

سؤال: ألي عبارات الآتية تمثل قانون جاوس؟

- Ⓐ السطح الخارجي لأي موصل هو سطح متساوي الجهد
- Ⓑ تتوزع الشحنات بانتظام على أسطح الموصلات المشحونة
- Ⓒ التدفق الكهربائي عبر سطح مغلق يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الموجودة داخل السطح
- Ⓓ شدة المجال الكهربائي داخل أي موصل مشحون تساوي صفرأ

سؤال: ما مقدار التدفق الكهربائي عبر الكرة التي تحتوي على إلكترون وبروتونين؟

- Ⓐ $1.6 \times 10^{-8} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- Ⓑ $5.4 \times 10^{-8} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- Ⓒ $3.6 \times 10^{-8} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- Ⓓ $1.8 \times 10^{-8} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

سؤال: مكعب يحتوي على سبعة إلكترونات وثمانية نيوترونات وعدد من البروتونات. إذا كان التدفق الكهربائي عبر المكعب $3.62 \times 10^{-8} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$ ، فما عدد البروتونات داخله؟

- Ⓐ 7
- Ⓑ 8
- Ⓒ 2
- Ⓓ 9

سؤال: توجد شحنة نقطية عند مركز مكعب، والتدفق الكهربائي خلال أحد أوجهه يساوي $5.0 \times 10^4 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$. ما مقدار الشحنة؟

- Ⓐ $44 \mu\text{C}$
- Ⓑ $2.7 \mu\text{C}$
- Ⓒ $1.6 \mu\text{C}$
- Ⓓ $3.2 \mu\text{C}$

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال: تقع شحنة نقطية q عند مركز مكعب. التدفق الكهربائي عبر كل وجه من أوجه المكعب يساوي:

(b) $\frac{q}{6\epsilon_0}$

(a) $\frac{q}{3\epsilon_0}$

(d) $\frac{q}{\epsilon_0}$

(c) $\frac{q}{24\epsilon_0}$

سؤال: الشحنة Q محاطة بسطح جاوس كروي نصف قطره R . إذا تضاعف نصف القطر، فإن التدفق الكهربائي:

(b) يبقى كما هو

(a) يقل إلى النصف

(d) يتضاعف

(c) يزداد أربع مرات

سؤال: التدفق الكهربائي عبر سطح جاوس كروي نصف قطره R يحيط بشحنة نقطية Q يساوي $1200 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$. ما التدفق عبر سطح جاوس **مكعب** طول ضلعه R يحيط بالشحنة Q نفسها؟

(b) أكبر من $1200 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

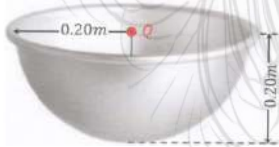
(a) أقل من $1200 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

(d) لا يمكن تحديده من المعلومات المعطاة

(c) يساوي $1200 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

سؤال: نصف كرة وضعت عند مركز قاعدتها شحنة نقطية $Q = -9.0 \times 10^{-10} \text{ C}$.

ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز سطح نصف الكرة؟



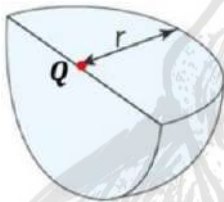
(b) $-101.7 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

(a) $-50.9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

(d) $+101.7 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

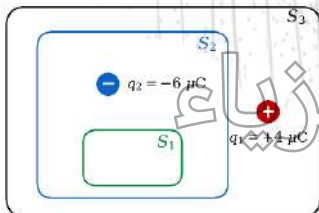
(c) $+50.9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$

سؤال: شحنة نقطية Q وضعت عند مركز ربع كرة نصف قطرها 5.0 cm . فكان التدفق الكهربائي خلال السطح المنحني $250 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$. ما مقدار كل من الشحنة Q والمجال الكهربائي E على السطح المنحني؟



الشحنة Q (C)	المجال E (N/C)	
8.85×10^{-9}	2.28×10^5	(a)
5.53×10^{-10}	3.18×10^4	(b)
8.85×10^{-9}	3.18×10^4	(c)
2.21×10^{-9}	1.27×10^5	(d)

سؤال مقالي: يُظهر الشكل شحنتين نقطيتين في الهواء $q_1 = +4 \mu\text{C}$ و $q_2 = -6 \mu\text{C}$ ، وثلاثة أسطح جاوس مغلقة S_1 و S_2 و S_3 . أوجد التدفق الكهربائي الذي يجتاز كل سطح.



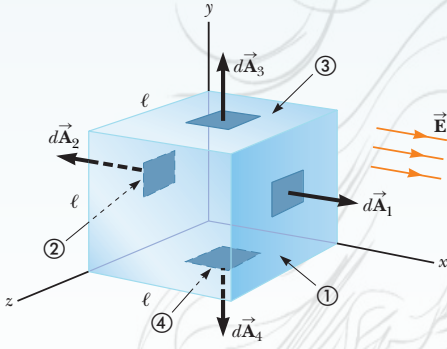
(1) التدفق عبر السطح S_1

(2) التدفق عبر السطح S_2

(3) التدفق عبر السطح S_3

أينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

مكعب في مجال منتظم وبداخله شحنات



يوضح الشكل المجاور مكعباً مغلقاً طول ضلعه (11.0 cm) موضوعاً في منطقة مجال كهربائي منتظم شدته ($E = 5.0 \times 10^7 \text{ N/C}$) عمودي على مستوى أحد أوجه المكعب (موازٍ للمحور الأفقي ومتجهه **نحو اليمين** كما في الشكل). وُضعت عند مركز المكعب **ستة إلكترونات** و**أربعة بروتونات**:

(1) احسب صافي التدفق الكهربائي الكلي (Φ_{net}) الذي يجتاز المكعب.

(2) احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز الوجه الأيمن للمكعب.

الحل

(1) حساب صافي التدفق الكهربائي الكلي عبر المكعب (Φ_{net}):

▲ قاعدة هامة

المجال الكهربائي الخارجي المنتظم لا يسهم بأي صافي تدفق عبر السطح المغلق، لأن عدد الخطوط **الداخلية** يساوي عدد الخطوط **الخارجية** ($\Phi_{\text{ext}} = 0$).

يعتمد التدفق الكلي فقط على صافي الشحنة المحصورة داخل المكعب (q_{enc}).

يحتوي المركز على 4 بروتونات و 6 إلكترونات:

$$q_{\text{enc}} = 4(+e) + 6(-e) = -2e$$

$$q_{\text{enc}} = -2 \times (1.602 \times 10^{-19} \text{ C}) = -3.204 \times 10^{-19} \text{ C}$$

بتطبيق قانون جاوس:

$$\Phi_{\text{net}} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = \frac{-3.204 \times 10^{-19} \text{ C}}{8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2} \approx -3.62 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$$

(2) حساب التدفق الكهربائي المار بالوجه الأيمن للمكعب (Φ_{right}):

يمر عبر الوجه الأيمن تدفق ناتج عن مصدرين:

○ **تدفق الشحنة المركزية:** بسبب التماثل حول مركز المكعب، يتوزع تدفقها بالتساوي على الأوجه الستة:

$$\Phi_{q, \text{right}} = \frac{\Phi_{\text{net}}}{6} = \frac{-3.62 \times 10^{-8}}{6} \approx -6.03 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$$

○ **تدفق المجال الخارجي المنتظم:** مساحة الوجه الواحد:

$$A = l^2 = (0.110 \text{ m})^2 = 0.0121 \text{ m}^2$$

○ خطوط المجال ($\vec{E}$) تتجه نحو اليمين (+x) وتخرج من الوجه الأيمن، ومتجه المساحة ($d\vec{A}_2$) يتجه للخارج نحو اليمين (+x): إذن الزاوية بينهما $\theta = 0^\circ$

$$\Phi_{E, \text{right}} = EA \cos 0^\circ = +EA$$

$$\Phi_{E, \text{right}} = (5.0 \times 10^7) \times (0.0121) = +6.05 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$$

○ **التدفق الكلي عبر الوجه الأيمن:**

$$\Phi_{\text{right}} = \Phi_{E, \text{right}} + \Phi_{q, \text{right}} \approx +6.05 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$$

(تدفق الشحنة متناهي الصغر مقارنة بتدفق المجال الخارجي الكبير).

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

افترض أن مقدار المجال الكهربائي على كل وجه من أوجه مكعب طول ضلعه $(L = 1.00 \text{ m})$ منتظم، واتجاهات المجالات على الأوجه الستة محددة بالأسهم

المطلوب:

(1) احسب صافي التدفق الكهربائي الكلي عبر المكعب (Φ_{net}) .

(2) احسب مقدار الشحنة الكلية المحصورة داخل المكعب (q_{enc}) .

(3) هل يمكن أن تكون الشحنة المحصورة داخل المكعب شحنة نقطية مفردة؟ فسر إجابتك.

الحل

(1) حساب صافي التدفق الكهربائي الكلي (Φ_{net}) :

مساحة كل وجه من أوجه المكعب:

$$A = L^2 = (1.00 \text{ m})^2 = 1.00 \text{ m}^2$$

قاعدة الإشارات

التدفق الخارج موجب (+)، والتدفق الداخل سالب (-).

الوجه العلوي (داخل): $\Phi_{\text{top}} = -25.0 \times 1.00 = -25.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الوجه السفلي (خارج): $\Phi_{\text{bottom}} = +15.0 \times 1.00 = +15.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الوجه الأيمن (داخل): $\Phi_{\text{right}} = -35.0 \times 1.00 = -35.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الوجه الأيسر (خارج): $\Phi_{\text{left}} = +20.0 \times 1.00 = +20.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الوجه الأمامي (خارج): $\Phi_{\text{front}} = +20.0 \times 1.00 = +20.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الوجه الخلفي (خارج): $\Phi_{\text{back}} = +20.0 \times 1.00 = +20.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

الجمع الجبري للتدفق عبر الأوجه الستة:

$$\Phi_{\text{net}} = (-25.0) + (15.0) + (-35.0) + (20.0) + (20.0) + (20.0)$$

$$\Phi_{\text{net}} = +15.0 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$$

(2) حساب الشحنة الكلية المحصورة داخل المكعب (q_{enc}) :

بتطبيق قانون جاوس:

$$q_{\text{enc}} = \Phi_{\text{net}} \times \epsilon_0$$

$$q_{\text{enc}} = (15.0) \times (8.854 \times 10^{-12}) = 1.33 \times 10^{-10} \text{ C}$$

(3) هل يمكن أن تكون الشحنة المحصورة شحنة نقطية مفردة؟

الإجابة: لا، لا يمكن.

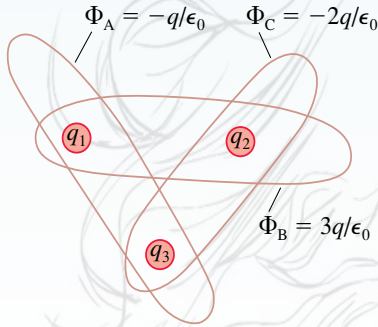
التفسير العلمي: خطوط المجال الناتجة عن شحنة نقطية مفردة تكون شعاعية: متباعدة (إذا كانت موجبة) أو متقاربة (إذا كانت سالبة). فلا يمكن أن تدخل خطوط مجال شحنة واحدة بعض أوجه المكعب وتخرج من أوجه أخرى في الوقت نفسه.

المجال الكهربائي لشحنة نقطية يتغير مقداره واتجاهه من نقطة لأخرى على أي سطح مستوي $(E \propto \frac{1}{r^2})$ ، بينما تنص المسألة على أن المجال منتظم وعمودي على كل وجه، وهذا مستحيل لشحنة نقطية واحدة؛ بل يدل على توزيع شحنات داخل المكعب ومجالات خارجية تؤثر عليه.

أستاذ عبد الرحمن عصام عيد

يوضح الشكل المجاور ثلاثة أسطح جاوسية مغلقة (A, B, C) ومقدار التدفق الكهربائي عبر كل منها:
المطلوب: احسب مقدار ونوع كل من الشحنات الثلاث (q_1) و (q_2) و (q_3) بدلالة (q).

الحل



التدفق عبر السطح (A): $\Phi_A = -\frac{q}{\epsilon_0}$ ويحيط بالشحنتين (q_1) و (q_3).

التدفق عبر السطح (B): $\Phi_B = +\frac{3q}{\epsilon_0}$ ويحيط بالشحنتين (q_1) و (q_2).

التدفق عبر السطح (C): $\Phi_C = -\frac{2q}{\epsilon_0}$ ويحيط بالشحنتين (q_2) و (q_3).

1 كتابة معادلة الشحنة المحصورة لكل سطح بتطبيق قانون جاوس ($\Phi = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$):

$$\text{من السطح (A): } q_1 + q_3 = -q \quad \dots (1)$$

$$\text{من السطح (B): } q_1 + q_2 = +3q \quad \dots (2)$$

$$\text{من السطح (C): } q_2 + q_3 = -2q \quad \dots (3)$$

جمع المعادلات الثلاث معاً:

$$(q_1 + q_3) + (q_1 + q_2) + (q_2 + q_3) = -q + 3q - 2q$$

$$2(q_1 + q_2 + q_3) = 0$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad \dots (4)$$

(3) إيجاد قيمة كل شحنة بالتعويض في المعادلة (4):

لإيجاد (q_1): نعوض المعادلة (3) في (4):

$$q_1 + (q_2 + q_3) = 0 \Rightarrow q_1 + (-2q) = 0 \Rightarrow q_1 = +2q$$

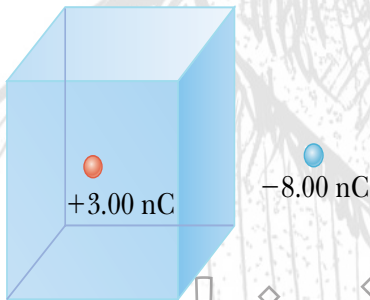
لإيجاد (q_2): نعوض المعادلة (1) في (4):

$$q_2 + (q_1 + q_3) = 0 \Rightarrow q_2 + (-q) = 0 \Rightarrow q_2 = +q$$

لإيجاد (q_3): نعوض المعادلة (2) في (4):

$$q_3 + (q_1 + q_2) = 0 \Rightarrow q_3 + (+3q) = 0 \Rightarrow q_3 = -3q$$

مكعب مغلق وشحنة خارجه



مكعب مغلق يحصر بداخله شحنة نقطية مقدارها (+3.00 nC)، وتوجد شحنة

أخرى مقدارها (-8.00 nC) خارج المكعب:

حسب صافي التدفق الكهربائي الكلي (Φ_{net}) الذي يجتاز المكعب.

هل يمكن استخدام قانون جاوس لحساب شدة المجال الكهربائي على

سطح المكعب؟ فسر إجابتك.

اينشتاين في الفيزياء

الحل:

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

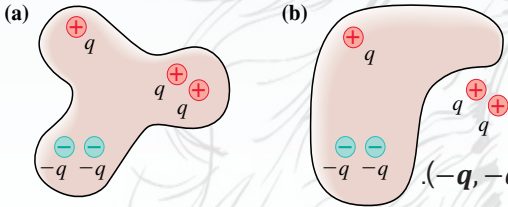
تتوزع مجموعة من الشحنات الكهربائية داخل وخارج ثلاثة أشكال غير منتظمة كما في الشكل المجاور.
المطلوب: احسب صافي التدفق الكهربائي الذي يجتاز سطح كل شكل بدلالة (q) و (ϵ_0) :

▲ قاعدة هامّة

أ لقانون جاوس $(\Phi = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0})$ ، تُسهم فقط الشحنات الواقعة داخل السطح المغلق في التدفق، بينما الشحنات الخارجية لا تُسهم في صافي التدفق.

الحل

(1) الشكل (a):

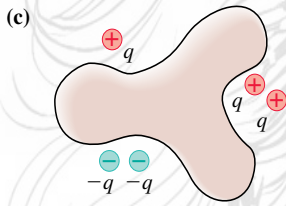


الشحنات المحصورة: ثلاث شحنات موجبة $(+q, +q, +q)$ وشحنتان سالبتان $(-q, -q)$.

$$q_{enc} = (+q + q + q) + (-q - q) = +q$$

$$\Phi_a = +\frac{q}{\epsilon_0}$$

(2) الشكل (b):



الشحنات المحصورة: شحنة موجبة واحدة $(+q)$ وشحنتان سالبتان $(-q, -q)$.

الشحنتان الموجبتان $(+q, +q)$ على اليمين تقعان خارج السطح المغلق فلا تُحسبان.

$$q_{enc} = (+q) + (-q - q) = -q$$

$$\Phi_b = -\frac{q}{\epsilon_0}$$

(3) الشكل (c):

جميع الشحنات تقع خارج السطح المغلق: $q_{enc} = 0$

اينشتاين في الفيزياء

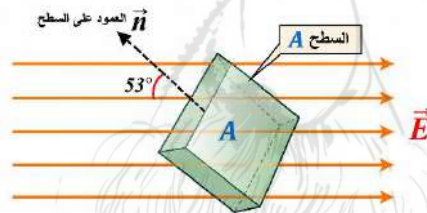
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: صندوق مكعب مساحة كل وجه من أوجهه الستة $20.0 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$ ، رُقمت أوجهه بحيث يكون الوجهان 1 و 6 متقابلين، وكذلك 2 و 5، و 3 و 4. يوضح الجدول التدفق الكهربائي عبر كل وجه. أوجد الشحنة الصافية داخل المكعب.

الوجه	1	2	3	4	5	6
التدفق $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$	-70.0	-300.0	-300.0	+300.0	-400.0	-500.0

الحل:

سؤال مقالي: مجال كهربائي منتظم شدته $E = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$ باتجاه المحور $+x$ ، وُضع فيه مكعب مساحة وجهه العلوي $A = 0.2 \text{ m}^2$ ، ويوجد عند مركزه شحنة نقطية مجهولة. إذا كان التدفق الكلي الذي يجتاز سطح المكعب $678 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$:



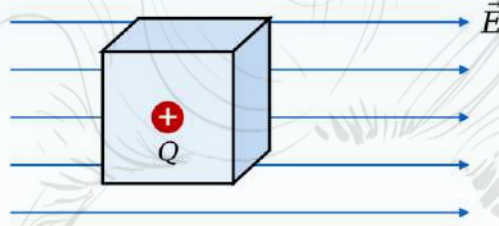
- احسب مقدار الشحنة النقطية الموضوعة عند مركز المكعب.
- احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز الوجه العلوي للمكعب.

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

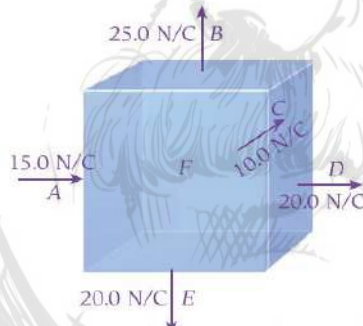
سؤال مقالي: مكعب مساحة كل وجه من أوجهه 0.2 m^2 ، وُضعت عند مركزه شحنة نقطية $Q = 6 \times 10^{-10} \text{ C}$ ، ويؤثر فيه مجال كهربائي خارجي منتظم $E = 150 \text{ N/C}$ نحو اليمين كما في الشكل.



- 1) احسب التدفق الكهربائي الكلي عبر المكعب.
- 2) احسب التدفق الكهربائي عبر كل من: الوجه الأيمن، والوجه الأيسر، والوجه العلوي.

الحل:

سؤال مقالي: تتجه مجالات كهربائية عمودياً إلى الداخل أو إلى الخارج عبر أوجه مكعب كالآتي . احسب مقدار واتجاه المجال على الوجه الأمامي F ، علماً بأن الشحنة المحصورة داخل المكعب تساوي صفراً.



الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

Special Symmetries using Gauss's Law

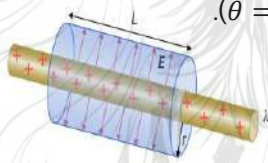
تُستخدم هندسة تماثل الشحنات لاختيار **سطح جاوس المناسب** وحساب المجال الكهربائي بسهولة في ثلاثة أنواع رئيسية من التماثل:

1. **التماثل الأسطواني** (سلك مستقيم طويل جداً).
2. **التماثل المستوي** (ألواح وصفائح مستوية مشحونة).
3. **التماثل الكروي** (كرات عازلة، كرات موصلة، وقشور كروية).

أولاً: التماثل الأسطواني (سلك مستقيم طويل جداً مشحون)

1. طبيعة التماثل وسطح جاوس

- ✓ يُختار سطح جاوس على شكل **أسطوانة دائرية قائمة** طولها (L) ونصف قطرها (r) ، ومحورها منطبق على السلك.
- ✓ خطوط المجال تخرج **شعاعياً وعمودياً** على السلك:



- ✓ التدفق عبر **قاعدتي الأسطوانة** = **صفر** (لأن المجال يوازي القاعدتين $\theta = 90^\circ$).
- ✓ التدفق يتم بالكامل عبر **السطح الجانبي للأسطوانة** فقط.

2. القانون الرياضي

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} = \frac{2k\lambda}{r} = \frac{2kq}{rL}$$

- ✓ λ : **الكثافة الطولية للشحنة** (C/m)، حيث $(\lambda = \frac{q}{L})$.
- ✓ r : **البعد العمودي** عن السلك (m).

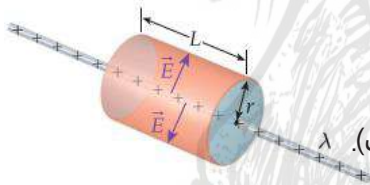
3. العلاقات والتناسب والاتجاه

- ✓ **علاقة طردية**: $E \propto \lambda$ (تزداد شدة المجال بزيادة الكثافة الطولية للشحنة).

- ✓ **علاقة عكسية**: $E \propto \frac{1}{r}$ (تناسب شدة المجال عكسياً مع **المسافة** r وليس مع r^2).

✓ **الاتجاه**:

- ✓ إذا كانت $\lambda > 0$ (**موجبة**) ← يتجه المجال **شعاعياً للخارج** (مبتعداً عن السلك).
- ✓ إذا كانت $\lambda < 0$ (**سالبة**) ← يتجه المجال **شعاعياً للداخل** (نحو السلك).



سؤال: ماذا يمثل X في المعادلة $E_y = \frac{2kX}{y}$ الخاصة بسلك طويل لانتهائي؟ وما وحدته؟

- Ⓐ كثافة الشحنة السطحية C/m^2
- Ⓑ كثافة الشحنة الحجمية C/m^3
- Ⓒ كثافة الشحنة الخطية C/m
- Ⓓ كثافة الشحنة اللانهائية C/m^4

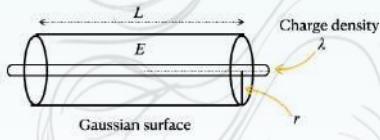
اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال مقالي: ينتج سلك مشحون لانتهائي الطول مجالاً كهربائياً مقداره $E = 1.23 \times 10^3 \text{ N/C}$

عند نقطة تبعد مسافة عمودية $r = 50.0 \text{ cm}$ عن السلك، ويتجه المجال **نحو** السلك.



(1) ما نوع الشحنة على السلك؟ وما مقدار كثافتها الخطية λ ؟

(2) كم عدد الإلكترونات الزائدة لكل وحدة طول على السلك؟

الحل:

سؤال مقالي: سلك أفقي طويل موصل يحمل كثافة شحنة خطية $\lambda = +2.849 \times 10^{-12} \text{ C/m}$ وُضع بروتون كتلته $m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ على مسافة $r = 0.6815 \text{ m}$ رأسياً فوق السلك ثم حرر من السكون.

ما مقدار واتجاه التسارع الابتدائي للبروتون؟

الحل:

سؤال مقالي: سلكان متوازيان لانتهائيان تفصل بينهما مسافة $d = 6.00 \text{ cm}$ ، ويحملان شحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في الإشارة بكثافة خطية $|\lambda| = 1.00 \mu\text{C/m}$. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف المسافة بين السلكين وعلى ارتفاع $y = 40.0 \text{ cm}$ فوق المستوى الذي يحويهما؟

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

ثانياً: التماثل المستوي (مقارنة الألواح المشحونة)

وجه المقارنة	لوح رقيق عازل (غير موصل)	لوح سميك موصل
توزيع الشحنة	تتوزع الشحنة كطبقة مفردة في اللوح	تستقر الشحنة على السطحين الخارجيين (داخل الموصل $E = 0$)
التدفق عبر سطح جاوس	يخرج من كلتا القاعدتين ($2EA$)	يخرج من قاعدة واحدة فقط في الخارج (EA)
قانون شدة المجال (E)	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2A\epsilon_0}$	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{A\epsilon_0}$
المقارنة لنفس الكثافة (σ)	نصف مجال اللوح الموصل ($E_{ins} = \frac{1}{2}E_{cond}$)	ضعف مجال اللوح العازل ($E_{cond} = 2E_{ins}$)
الاعتماد على المسافة (r)	لا يعتمد على المسافة (مجال منتظم وثابت عند أي بُعد)	لا يعتمد على المسافة (مجال منتظم وثابت بالقرب من السطح)

سؤال: مقدار المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانتهائي **غير موصل** ومشحون بانتظام يساوي $1.55 \times 10^4 \text{ N/C}$ ما كثافة الشحنة على سطحه؟

- (a) $3.10 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$ (b) $1.55 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$
(c) $1.37 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$ (d) $2.74 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$

سؤال: مقدار المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانتهائي **موصل** ومشحون بانتظام يساوي $1.55 \times 10^4 \text{ N/C}$ ما كثافة الشحنة على سطحه؟

- (a) $3.10 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$ (b) $1.55 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$
(c) $1.37 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$ (d) $2.74 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$

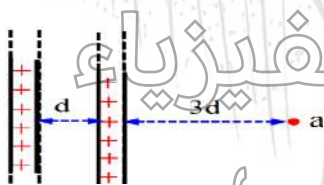
سؤال: يوضح الشكل صفيحتين مشحونتين موضوعتين بالقرب من بعضهما. رتب النقاط 1 و 2 و 3 من الأكبر إلى الأصغر في مقدار المجال الكهربائي.



- (b) $1 = 2 = 3$
(d) $3 > 1 > 2$

- (a) $1 > 2 > 3$
(c) $3 = 2 > 1$

سؤال: في الشكل، وُضع في الهواء لوحان رقيقان متوازيان لانتهائيان غير موصلين تفصل بينهما مسافة d ، ويحمل كل منهما شحنة موجبة منتظمة التوزيع كثافتها $+\sigma$. ما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة a ؟



- (d) 0

- (a) $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
(c) $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

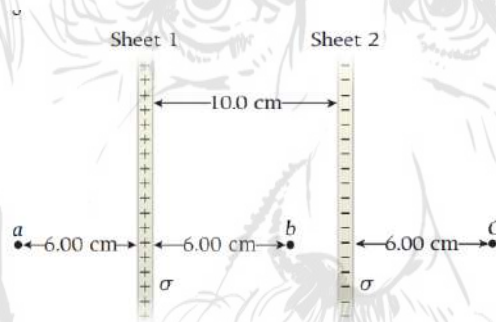
سؤال مقالي: لوحان متوازيان لانهائيان غير موصلين تفصل بينهما مسافة 10.0 cm، ويحملان كثافتين شحنة سطحية متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الإشارة $\sigma = \pm 1.00 \mu\text{C}/\text{m}^2$.

(1) ما القوة المؤثرة في إلكترون موجود في الفراغ بين اللوحين؟

(2) ما القوة المؤثرة في إلكترون يقع خارج اللوحين؟

الحل:

سؤال مقالي: في الشكل، لوحان مشحونان لانهائيان غير موصلين، يبعد اللوحان عن بعضهما مسافة 10.0 cm، وكثافة الشحنة السطحية للوح 1 الأيسر $\sigma_1 = +3.00 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ، وللوح 2 الأيمن $\sigma_2 = -5.00 \mu\text{C}/\text{m}^2$. أوجد المجال الكهربائي الكلي (مقداراً واتجهاً):



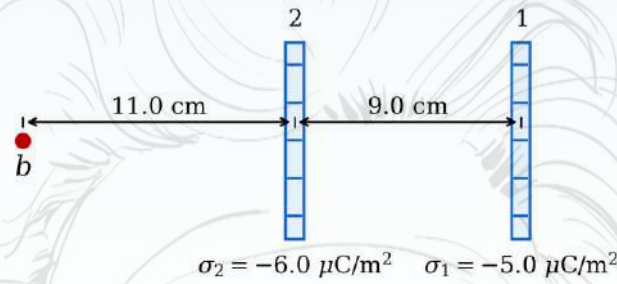
(1) عند النقطة a الواقعة على بعد 6.00 cm يسار اللوح 1.

(2) عند النقطة b الواقعة على بعد 6.00 cm يمين اللوح 1.

الحل:

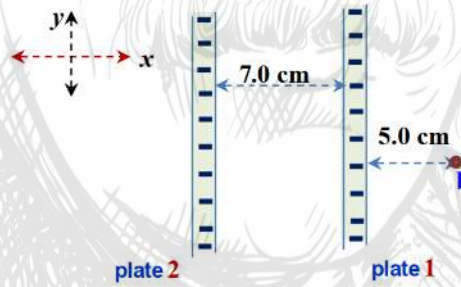
اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال مقالي: لوحان رقيقان لانهائيان غير موصلين في الهواء تفصل بينهما مسافة 9.0 cm. كثافة الشحنة على اللوح 1 الأيمن $\sigma_1 = -5.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ (وعلى اللوح 2 الأيسر $\sigma_2 = -6.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$). احسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي الكلي عند النقطة b الواقعة على بعد 11.0 cm يسار اللوح 2.



الحل:

سؤال مقالي: لوحان رقيقان لانهائيان غير موصلين تفصل بينهما مسافة 7.0 cm. كثافة الشحنة على اللوح 1 الأيمن $\sigma_1 = -8.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ، وعلى اللوح 2 الأيسر $\sigma_2 = -9.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$. احسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي الكلي عند النقطة b الواقعة على بعد 5.0 cm يمين اللوح 1.



الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

سؤال مقالي: جسيم شحنته سالبة مقدارها $4e$ متزن في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين موصلتين A و B كما في الشكل. إذا علمت أن كتلة الجسيم 1.0 mg ، فأجب عما يأتي:



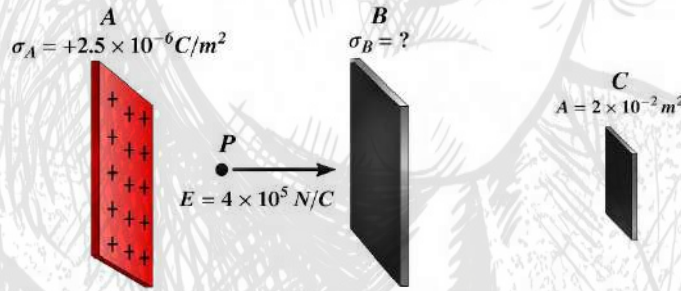
- (1) ما نوع شحنة كل من الصفيحتين الموصلتين A و B ؟
- (2) ما مقدار كثافة الشحنة السطحية على كل صفيحة؟

الحل:

سؤال مقالي: يوضح الشكل المجاور لوحين رقيقين متوازيين لانتهائيين وغير موصلين A و B تفصل بينهما مسافة:

اللوح (A) يحمل شحنة موجبة بكثافة سطحية $\sigma_A = +2.5 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. شدة المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (P) الواقعة بين اللوحين هي $E = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$ وتتجه نحو اليمين باتجاه اللوح B . يقع على يمين اللوح (B) سطح مستو (C) مساحته $(A = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2)$.

- (1) جد كثافة الشحنة السطحية (σ_B) على اللوح (B) مقداراً ونوعاً؟
- (2) جد مقدار التدفق الكهربائي (Φ) المار باللوح (C).



الحل:

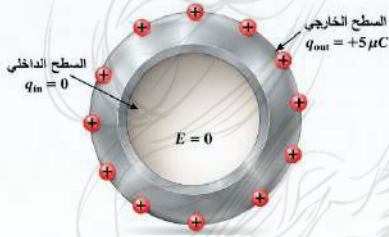
اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

ثالثاً: سلوك الشحنة في الموصلات الكروية والتجاويف

القاعدة الأساسية للموصلات الكهروستاتيكية

عند شحن أي موصل متزن، **تستقر جميع الشحنات الفائضة على السطح الخارجي فقط**، ويكون المجال الكهربائي داخل مادة الموصل دائماً **صفر** ($E_{\text{conductor}} = 0$).

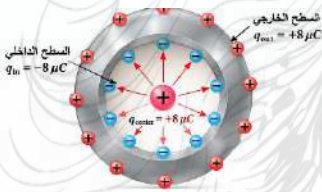
دراسة حالات الموصل الأجوف السميكة (Cavity in a Conductor)



1. **موصل مشحون (التجوييف فارغ):** لو شحن الموصل بشحنة $(q = +5 \mu C)$:

- ✓ السطح الداخلي: خالي تماماً من الشحنة ($q_{\text{in}} = 0$).
- ✓ السطح الخارجي: يستقر عليه **كامل الشحنة** ($q_{\text{out}} = +5 \mu C$).
- ✓ المجال داخل التجوييف وفي جدار الموصل: $E = 0$.

2. **موصل غير مشحون ووضعت شحنة داخل تجوييفه** ($q_{\text{center}} = +8 \mu C$): يحدث **حث كهربائي (فصل للشحنات)**:



- ✓ يكتسب السطح الداخلي شحنة **سالبة** مساوية ومعاكسة: $q_{\text{in}} = -8 \mu C$.
- ✓ يكتسب السطح الخارجي شحنة **موجبة** مساوية: $q_{\text{out}} = +8 \mu C$.
- ✓ الشحنة الكلية للموصل تظل **صفر**: ($q_{\text{net}} = -8 + 8 = 0$).

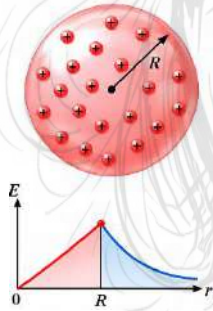
رابعاً: التماثل الكروي (حساب المجال E في المناطق المختلفة)

لدينا كرة نصف قطرها الخارجي (R) وتحمل شحنة كلية (q):

1. **كرة عازلة مصمتة مشحونة بانتظام (Non-conducting Sphere)**

- ✓ الشحنة موزعة بانتظام في كامل الحجم بكثافة حجمية ($\rho = \frac{q}{V}$).
- ✓ **في الداخل** ($r < R$): تزيد الشحنة المحصورة بزيادة البعد r :

$$E_{\text{in}} = \frac{k q r}{R^3} = \frac{\rho r}{3\epsilon_0} \Rightarrow (E \propto r \text{ خطي})$$



✓ عند المركز: ($r = 0 \Rightarrow E = 0$).

✓ **على السطح** ($r = R$):

$$E_{\text{surface}} = \frac{k q}{R^2} \quad (\text{أقصى قيمة للمجال})$$

✓ **في الخارج** ($r > R$): تتصرف الكرة كأنها **شحنة نقطية في المركز**:

$$E_{\text{out}} = \frac{k q}{r^2} \Rightarrow (E \propto \frac{1}{r^2} \text{ عكسي})$$



2. **كرة موصلة (Conducting Sphere) مصمتة أو قشرة**

✓ الشحنة تستقر بالكامل على **السطح الخارجي** ($r = R$).

✓ **في الداخل** ($r < R$):

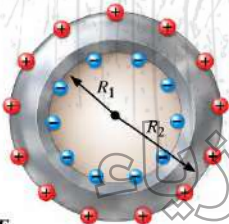
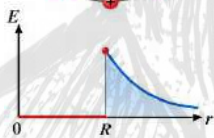
$$E_{\text{in}} = 0 \quad (q_{\text{enc}} = 0 \text{ لانعدام الشحنة في الداخل})$$

✓ **على السطح** ($r = R$):

$$E_{\text{surface}} = \frac{k q}{R^2} \quad (\text{أقصى قيمة})$$

✓ **في الخارج** ($r > R$):

$$E_{\text{out}} = \frac{k q}{r^2} \Rightarrow (E \propto \frac{1}{r^2} \text{ عكسي})$$

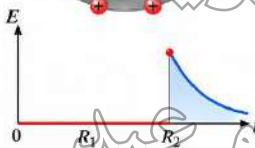


3. **قشرة كروية سميكة (Spherical Shell) نصفاً قطريها (R_1, R_2)**

✓ **داخل التجوييف** ($r < R_1$): ($E = 0$ إذا لم تكن هناك شحنة مركزية).

✓ **داخل مادة الموصل** ($R_1 < r < R_2$): $E = 0$ دائماً.

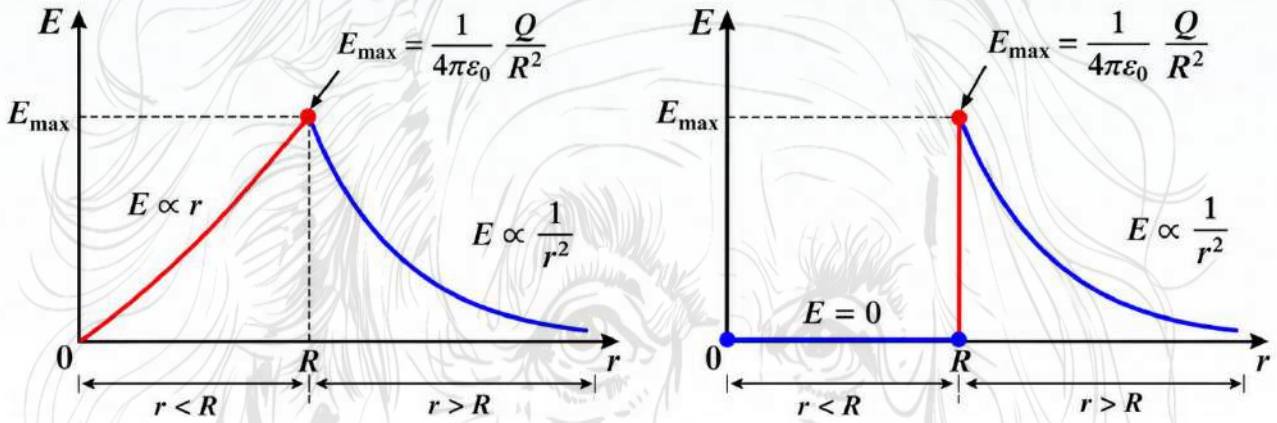
✓ **خارج القشرة كلياً** ($r > R_2$): $E = \frac{k q_{\text{total}}}{r^2}$.



المجالات الكهربائية وقانون جاوس الوحدة الثانية

خامساً: ملخص بياني لسلوك شدة المجال (E) مقابل البعد (r)

نوع الكرة	السلوك في الداخل ($R > r$)	عند السطح ($R = r$)	السلوك في الخارج ($R < r$)
كرة عازلة مصمتة	خط مستقيم يبدأ من الصفر (تناسب طردي $E \propto r$)	قيمة عظمى $\frac{kq}{R^2}$	منحنى هابط وفق قانون التربيع العكسي ($E \propto \frac{1}{r^2}$)
كرة موصلة	ينطبق على المحور الأفقي ($E = 0$)	يقفز فجأة إلى قيمة عظمى $\frac{kq}{R^2}$	منحنى هابط وفق قانون التربيع العكسي ($E \propto \frac{1}{r^2}$)



ملاحظات اينشتاين للموصل الكروي

تذكر قبل الحل

✓ داخل الموصل ($r < R$): الشحنات تستقر على السطح الخارجي فقط، والمجال في الداخل **ينعدم** دائماً:

$$E_{in} = 0$$

على السطح ($r = R$): تُعامل الشحنة كأنها متركزة في المركز: $E_s = k \frac{Q}{R^2}$

خارج الموصل ($r > R$): يُحسب البعد دائماً من مركز الموصل الكروي (r): $E_{out} = k \frac{Q}{r^2}$

⚠ تنبيه

إذا أُعطي البعد عن **السطح** ($d = 4.0 \text{ m}$)، فاحسب البعد عن **المركز** أولاً: $r = R + d$

ملحوظة التدريبات علي الموصل الكروي فقط حيث يوجد بعد الحالات سيتم شرحها اذا ذكرت في الهيكل
أستاذ عبدالرحمن عصام عيد مدرس الفيزياء

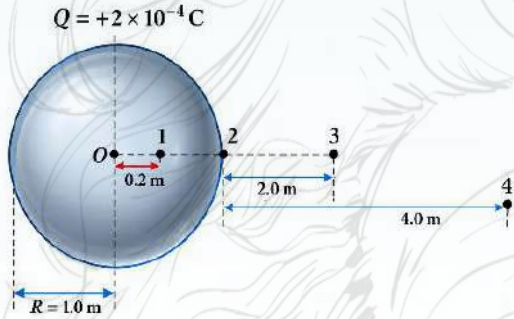
اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

تدريب (1) موصل كروي معزول

موصل كروي معزول نصف قطره $(R = 1.0 \text{ m})$ ، شُحن بشحنة كهربائية مقدارها $(Q = +2 \times 10^{-4} \text{ C})$.

بفرض أن ثابت كولوم $(k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)$

احسب شدة المجال الكهربائي في الحالات الآتية:



(1) عند نقطة تبعد مسافة (0.2 m) عن مركز الموصل.

(2) عند نقطة تقع على سطح الموصل مباشرة.

(3) عند نقطة تبعد مسافة (2.0 m) عن مركز الموصل.

(4) عند نقطة تبعد مسافة (4.0 m) عن سطح الموصل.

◀ الحل

(1) عند نقطة تبعد مسافة $(r = 0.2 \text{ m})$ عن المركز:

✓ النقطة تقع داخل الموصل الكروي $(r < R)$ حيث $(0.2 \text{ m} < 1.0 \text{ m})$ ، إذن: $E_{in} = 0 \text{ N/C}$

✓ التفسير: تستقر الشحنات الكهربائية الزائدة على السطح الخارجي للموصل فقط في حالة الاتزان الكهروستاتيكي، فينعدم المجال الكهربائي في أي نقطة داخله.

(2) عند نقطة تقع على سطح الموصل $(r = R = 1.0 \text{ m})$:

$$E_s = k \frac{Q}{R^2} = \frac{(8.99 \times 10^9) \times (2 \times 10^{-4})}{(1.0)^2} = 1.8 \times 10^6 \text{ N/C}$$

(3) عند نقطة تبعد مسافة $(r = 2.0 \text{ m})$ عن المركز:

✓ النقطة تقع خارج الموصل $(r > R)$:

$$E_{out} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E_{out} = \frac{(8.99 \times 10^9) \times (2 \times 10^{-4})}{(2.0)^2} = \frac{1.798 \times 10^6}{4} \approx 4.5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

(4) عند نقطة تبعد مسافة (4.0 m) عن سطح الموصل:

✓ انتبه: البعد المعطى هو عن السطح $(d = 4.0 \text{ m})$ ، ويجب حساب المسافة الكلية عن المركز (r) :

$$r = R + d = 1.0 \text{ m} + 4.0 \text{ m} = 5.0 \text{ m}$$

✓ تطبيق القانون:

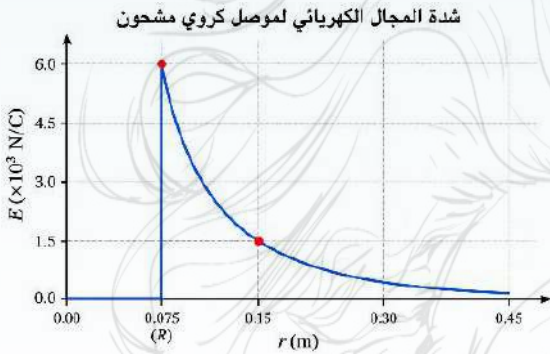
$$E_{out} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E_{out} = \frac{(8.99 \times 10^9) \times (2 \times 10^{-4})}{(5.0)^2} = 7.2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

استاذ عبدالرحمن عصام عيد

تدريب (2) قراءة الرسم البياني لموصل مشحون بشحنة سالبة

يُظهر الرسم البياني المجاور تغيرات شدة المجال الكهربائي (E) لنقطة تقع بالقرب من موصل كروي مشحون بشحنة سالبة كتابع لبعدها عن مركزه (r). مستعيناً بالرسم البياني، أجب عن الآتي:



(1) احسب مقدار شحنة الموصل.

(2) احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد (5 cm) عن مركز الموصل.

(3) احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة نقطية ($q = -5 \times 10^{-9} \text{ C}$) موضوعة عند نقطة تبعد مسافة (0.15 m) عن مركز الموصل، وحدد اتجاهها.

حيث ثابت كولوم: $K = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

المعطيات المستخرجة من الرسم البياني

✓ نصف قطر الموصل الكروي: $R = 0.075 \text{ m}$ (نقطة بداية ظهور المجال الكهربائي)

✓ شدة المجال الكهربائي على السطح: $E_s = 6 \times 10^3 \text{ N/C}$

الحل

(1) حساب مقدار شحنة الموصل (Q):

من قانون شدة المجال على سطح موصل كروي:

$$E_s = K_c \frac{Q}{R^2} \Rightarrow Q = \frac{E_s \cdot R^2}{K_c}$$

بالتعويض بالقيم من الرسم:

$$Q = \frac{(6 \times 10^3) \times (0.075)^2}{8.99 \times 10^9} = \frac{33.75}{8.99 \times 10^9} = 3.75 \times 10^{-9} \text{ C}$$

وبما أن الموصل مشحون بشحنة سالبة: $Q = -3.75 \times 10^{-9} \text{ C}$

(2) شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (5 cm) عن المركز: $E = 0 \text{ N/C}$

السبب العلمي: لأن البعد ($r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$) أصغر من نصف قطر الموصل ($R = 0.075 \text{ m}$). فتكون النقطة واقعة داخل الموصل، وينعدم المجال الكهربائي دائماً في أي نقطة داخل موصل في حالة اتزان كهروستاتيكي ($E_{in} = 0$).

(3) حساب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة ($q_0 = -5 \times 10^{-9} \text{ C}$) عند بعد (0.15 m):

من الرسم البياني عند المسافة ($r = 0.15 \text{ m}$)، نجد أن شدة المجال هي:

$$E = 1.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

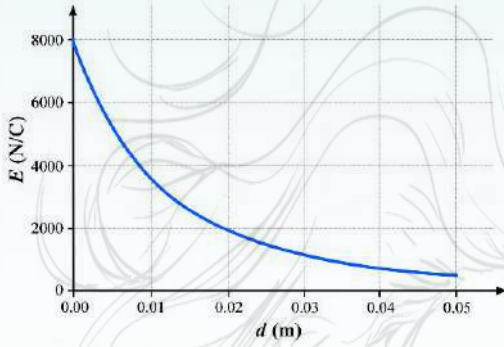
مقدار القوة الكهروستاتيكية من العلاقة:

$$F_e = |q_0| \cdot E$$

$$F_e = (5 \times 10^{-9} \text{ C}) \times (1.5 \times 10^3 \text{ N/C}) = 7.5 \times 10^{-6} \text{ N}$$

الاتجاه: نحو الخارج — قوة تنافر بين الشحنتين السالبتين.

تدريب (3) منحنى يمثل البعد عن سطح الموصل



يوضح الرسم البياني المجاور تغيرات مقدار شدة المجال الكهربائي (E) بتغير بعد النقطة عن **سطح** موصل كروي مشحون ومعزول. بناء على الرسم البياني،

- احسب **نصف قطر** الموصل الكروي (R).
- ما مقدار شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع على بعد (0.01 m) من **مركز** الموصل؟
- احسب مقدار **شحنة** الموصل (Q).

الحل

المسافة (d) على المحور الأفقي تمثل البعد عن **سطح** الموصل الكروي وليس عن **مركزه**.

مبدأ الحل الأساسي:

بما أن المحور الأفقي يمثل البعد عن **السطح** (d)، فإن البعد الحقيقي لأي نقطة عن **مركز** الموصل الكروي يُحسب بالعلاقة:

$$r = R + d$$

حيث (R) هو نصف قطر الموصل.

(1) حساب نصف قطر الموصل (R):

نختار نقطتين من المنحنى البياني:

✓ **النقطة الأولى** (عند سطح الموصل مباشرة $d_1 = 0$):

البعد عن المركز: $r_1 = R + 0 = R$

شدة المجال الكهربائي: $E_1 = 8000 \text{ N/C}$

✓ **النقطة الثانية** (عند البعد $d_2 = 0.02 \text{ m}$ عن السطح):

البعد عن المركز: $r_2 = R + 0.02 \text{ m}$

شدة المجال الكهربائي: $E_2 = 2000 \text{ N/C}$

تناسب شدة المجال الكهربائي خارج الموصل عكسياً مع مربع البعد عن المركز:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$\frac{8000}{2000} = \left(\frac{R + 0.02}{R}\right)^2$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين:

$$2 = \frac{R + 0.02}{R} \Rightarrow 2R = R + 0.02$$

$$R = 0.02 \text{ m}$$

(2) شدة المجال الكهربائي على بعد (0.01 m) من مركز الموصل: $E = 0 \text{ N/C}$

✓ **التفسير الفيزيائي:** البعد المعطى عن المركز ($r = 0.01 \text{ m}$) أصغر من نصف قطر الموصل ($R = 0.02 \text{ m}$)، فالنقطة

تقع داخل الموصل الكروي ($r < R$) والمجال الكهربائي داخل أي موصل مشحون في حالة اتزان كهروستاتيكي

ينعدم تماماً ($E_{in} = 0$).

(3) حساب شحنة الموصل (Q):

تطبيق قانون شدة المجال الكهربائي عند سطح الموصل:

$$E_s = K_c \frac{Q}{R^2} \Rightarrow Q = \frac{E_s \cdot R^2}{K_c}$$

$$Q = \frac{8000 \times (0.02)^2}{8.99 \times 10^9}$$

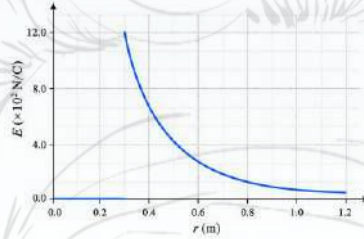
$$Q = \frac{8000 \times 0.0004}{8.99 \times 10^9} \approx 3.6 \times 10^{-10} \text{ C}$$

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبد الرحمن عصام عيد

سؤال (4) اختيار من متعدد

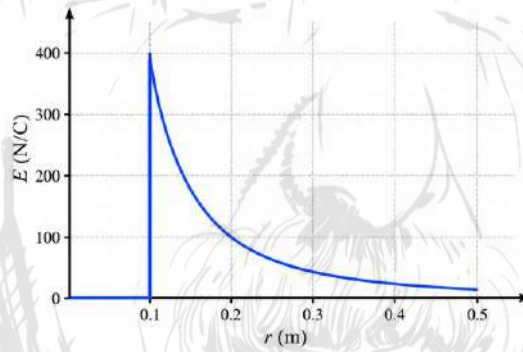
يُظهر الرسم البياني المقابل تغيرات مقدار شدة المجال الكهربائي (E) لنقاط مختلفة حول موصل كروي مشحون تبعاً لبعدها عن مركزه (r). ما مقدار كمية شحنة الموصل (Q)؟



- (a) $4.0 \times 10^{-8} \text{ C}$
(b) $4.3 \times 10^{-9} \text{ C}$
(c) $2.1 \times 10^{-8} \text{ C}$
(d) $1.2 \times 10^{-8} \text{ C}$

سؤال (5) سؤال مقالي

يظهر الرسم البياني المجاور تغيرات شدة المجال الكهربائي (E) لنقاط تقع بالقرب من موصل كروي مشحون بشحنة سالبة تبعاً لبعدها عن مركزه (r).



مستعيناً بالرسم البياني،

- احسب مقدار ونوع شحنة الموصل الكروي (Q).
- احسب مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة نقطية ($q = -2.5 \times 10^{-8} \text{ C}$) عند وضعها عند نقطة تبعد مسافة (0.1 m) عن سطح الموصل.

الحل:

اينشتاين في الفيزياء
استاذ عبدالرحمن عصام عيد

سؤال (6) اختيار من متعدد

يُبين الشكل موصلًا كرويًا مشحونًا ومعزولاً نصف قطره ($R = 0.10 \text{ m}$) موضوعاً في الهواء. إذا كان مقدار شدة المجال الكهربائي عند النقطة (X) يساوي (600 N/C)، ومتجهاً نحو اليسار كما هو موضح بالرسم:



الفرع (1): شحنة الموصل (مقداراً ونوعاً) هي:

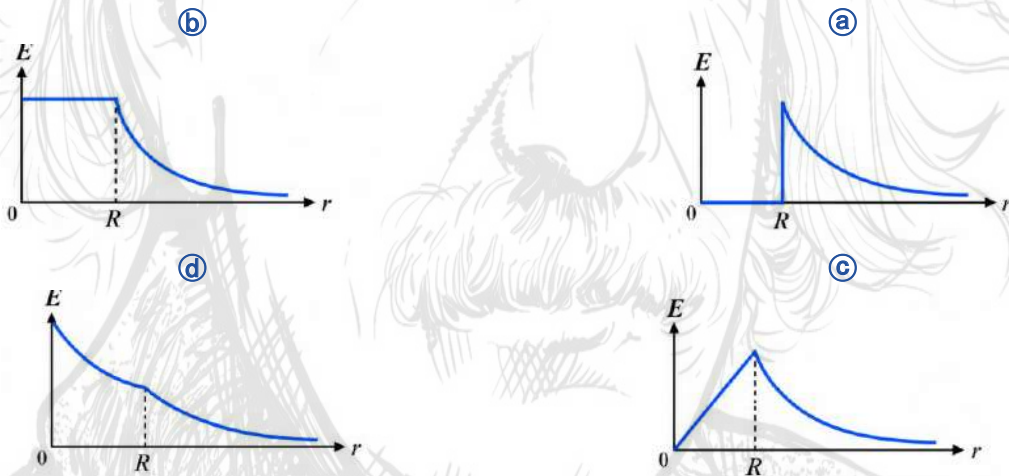
- (a) $+1.07 \times 10^{-8} \text{ C}$ (موجبة)
 (b) $-1.07 \times 10^{-8} \text{ C}$ (سالبة)
 (c) $-2.67 \times 10^{-8} \text{ C}$ (سالبة)
 (d) $+2.67 \times 10^{-8} \text{ C}$ (موجبة)

الفرع (2): إذا وضع موصل آخر مماثل للأول ويحمل الشحنة نفسها بحيث ينطبق مركزه على النقطة (X)، فكم يصبح مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (X)؟

- (a) 0 N/C
 (b) 300 N/C
 (c) 600 N/C
 (d) 1200 N/C

سؤال (7) اختيار من متعدد

أي الأشكال البيانية الآتية تُبين كيفية تغيّر مقدار شدة المجال الكهربائي (E) عند نقطة تبعاً لبعدها (r) عن مركز عازل كروي مشحون بشحنة منتظمة ومعزول نصف قطره (R)؟



سؤال مقالي: قشرة كروية موصلة نصف قطرها الداخلي (5.0 cm) ونصف قطرها الخارجي (7.0 cm). وضعت شحنة (q) عند مركز القشرة، فسببت مجالاً كهربائياً عند السطح الداخلي مقداره (90 N/C) متجهاً نحو مركز الكرة. ما مقدار ونوع الشحنة (q)؟

الحل:

اينشتاين في الفيزياء

استاذ عبدالرحمن عصام عيد