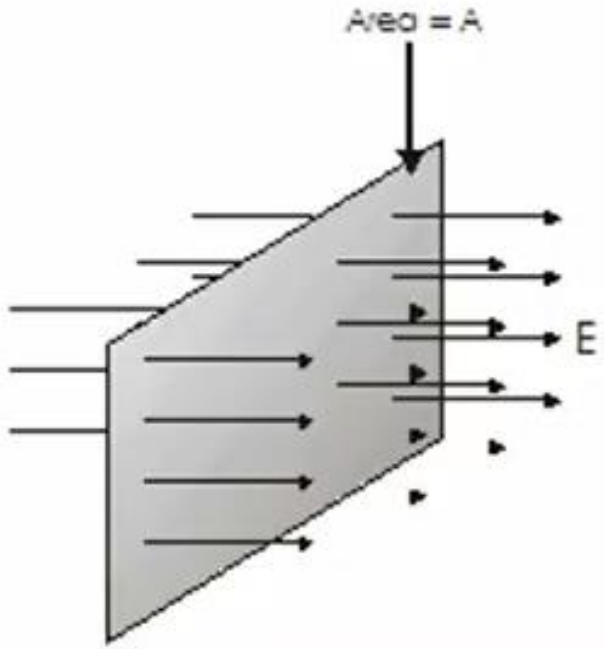
# التدفق الكهربائي وقانون جاوس

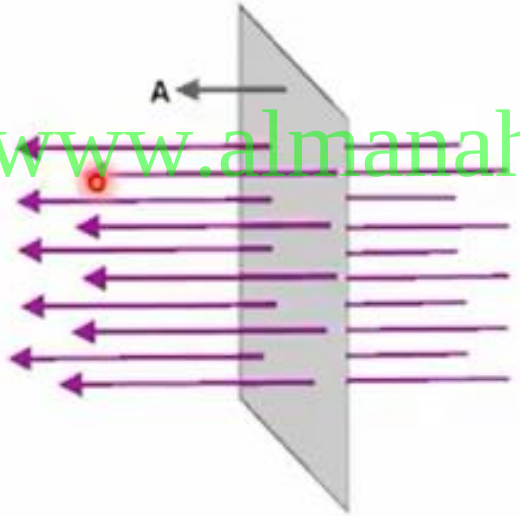
www.almanahj.com

الصف الثاني عشر متقدم

# 2.7 التدفق الكهربائي

تخيل أنك وضعت صفيحة ذات مساحة معينة في مجال كهربائي وأنك استطعت أن تحسب عدد خطوط المجال الكهربائي التي تقطع وحدة المساحة بشكل عمودي عليه فعندئذ نقول أنك استطعت أن تحسب مقدار التدفق الكهربائي .




www.almanahj.com

ما هو المقصود بالتدفق الكهربائي

: هو عدد خطوط المجال الكهربائي التي تقطع وحدة المساحة بشكل عمودي عليه ويعرف رياضياً كما يلي :

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{A} = E.\ A.\cos\theta$$

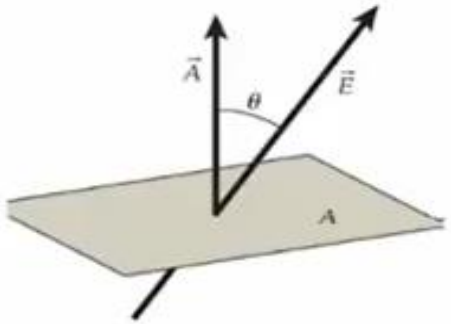
E مقدار المجال الكهربائي

A مقدار مساحة السطح الذي يخترقه المجال الكهربائي

# 2.7 التدفق الكهربائي

2.7 التدفق الكهربائي

المجال الكهربائي الذي يمر عبر مساحة معينة A يُسمى ( التدفق الكهربائي ) وهو عدد خطوط المجال الكهربائي المارة عبر مساحة ..




التدفق الكهربائي رياضياً : ناتج الضرب القياسي لمتجه شدة المجال الكهربائي($\vec{E}$) في متجه مساحة السطح ($\vec{A}$)

$$\Phi = \vec{E}(\vec{r}).\ \vec{A} = E.A.Cos\theta$$

www.almanahj.com

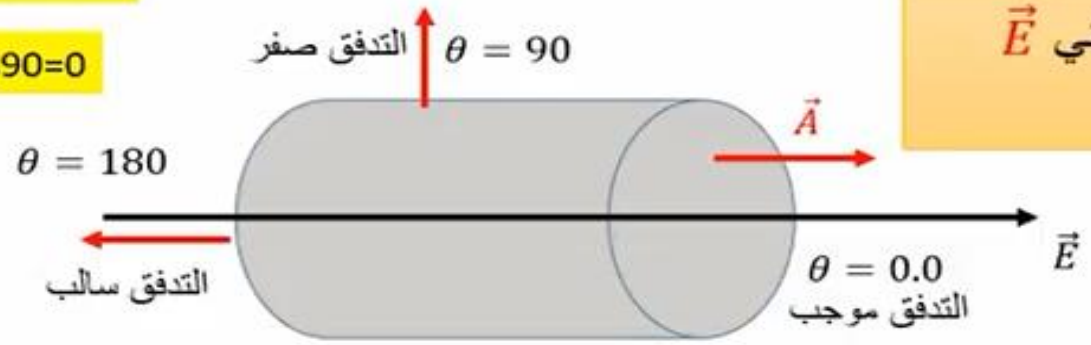
متجه المساحة $\vec{A}$: متجه مقداره يساوي مساحة السطح A واتجاهه عمودي على سطح المساحة ونحو الخارج .

$\theta$: هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال الكهربائي $\vec{E}$ واتجاه متجه المساحة $\vec{A}$

نتيجة : يكون التدفق موجب إذا المجال خارج من السطح وسالب إذا المجال دخل في السطح

Cos0.0=1

Cos90=0

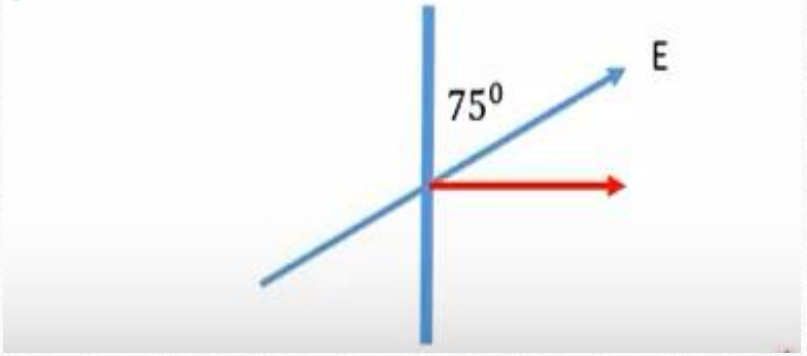



essafebraheem

يتم غمس صفيحة ذات مساحة $8m^2$ في حقل كهربائي منتظم مقداره 2000N/C . إذا كان مستوي الصفيحة يصنع زاوية $75^0$ مع المجال الكهربائي ، فإن التدفق الكهربائي عبر الصفيحة :

(A)1.03 .$10^3$N.m2/C
(B)2.83 .$10^3$N.m2/C
(C)3.46 .$10^3$N. m2/C
(D)4.14 .$10^3$N. m2/C

www.almanahj.com

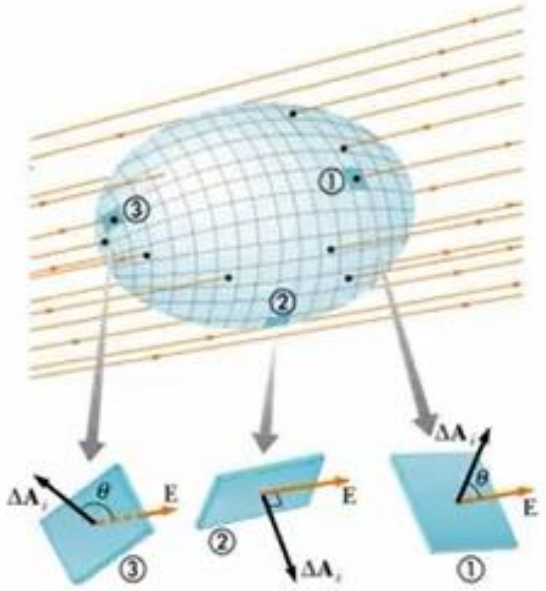


# 2.7 التدفق الكهربائي

$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \vec{dA}$$

نحصل على التدفق الكهربائي الكلي أو محصلته من خلال تكامل المجال الكهربائي على السطح المغلق :

$\vec{E}$ المجال الكهربائي عند كل عنصر مساحة تفاضلي $\vec{dA}$ للسطح المغلق




يكون اتجاه $\vec{dA}$ إلى خارج السطح المغلق .

تعني الحلقة الموجودة على التكاملات أن التكامل يجري على سطح مغلق .

وتشير علامتا التكامل إلى إجراء التكامل على متغيرين ..

يجب وصف عنصر المساحة $\vec{dA}$ بمتغيرين مكانيين مثل Y , x في الاحداثيات الديكارتيه أو $\theta$ و $\phi$ في الاحداثيات الكروية .

www.almanahj.com

2.7 التدفق الكهربائي

essafebraheem

يتم حصر شحنتين في سطح كروي نصف قطر 5cm والتدفّق الكهربائي من خلال هذا السطح $2.0.10^6$ N.m2 / C.فإن مقدار المجال الكهربائي في ذلك السطح:

(A)2.1 .107N/C
(B)4.8 .107N/C
(C)6.4 .107N/C
(D)8.5 .107N/C

E

$\Phi=2.0.10^6=N.m^2/C$

r = 5cm

www.almanahj.com

(A)2.1 .107N/C
(B)4.8 .107N/C
(C)6.4 .107N/C
(D)8.5 .107N/C

E

$\Phi=2.0.10^6=N.m^2/C$

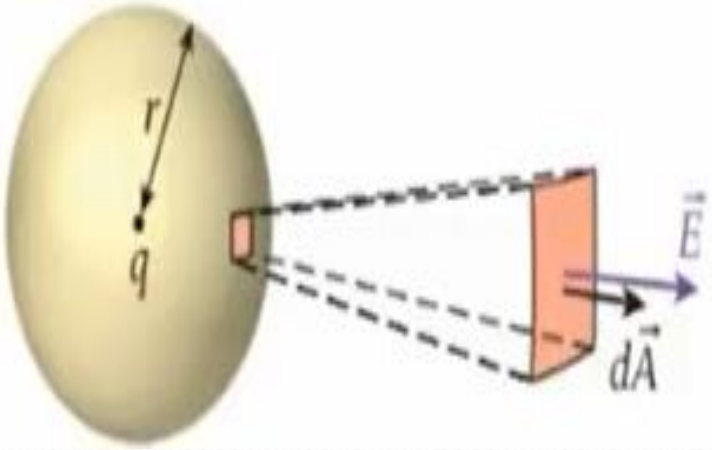
r = 5cm

بما أن السطح كروي فإن متجه المجال منطبق على متجه السطح .والسطح منتظم

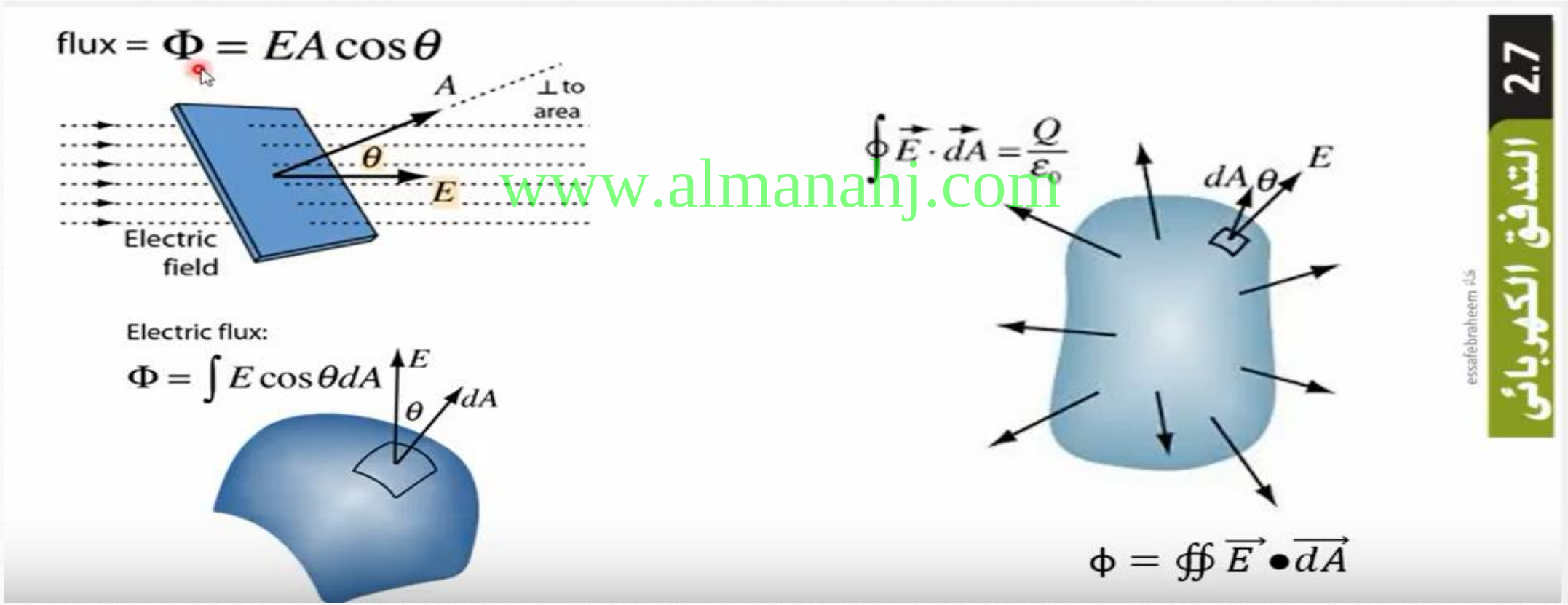
$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \vec{dA} = E.A$$

www.almanahj.com

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{2.0.10^6}{4\pi r^2} = 6.4.10^6 N/C$$



# التدفق الكهربائي لأسطح مختلفة




www.almanahj.com

## مثال 2.5 تدفق كهربائي عبر مكعب

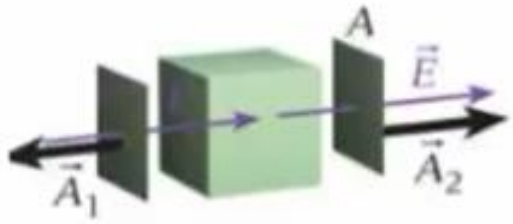
### المسألة

ما محصلة التدفق الكهربائي المار عبر المكعب؟

المجال الكهربائي يخترق الوجهين 1,2 فقط لذلك نحسب التدفق الكهربائي خلالهما :

www.almanahj.com

$$\Phi_{12} = \Phi 1 + \Phi 2$$




$$\Phi_{12} = \vec{E} \bullet \overrightarrow{A_1} + \vec{E} \bullet \overrightarrow{A_2}$$

$$\Phi_{12} = E.A_1 cos180 + E.A_2 cos0.0$$

$$\Phi_{12} = -E.A + E.A = 0.0$$

والتدفق عبر السطوح الأخرى يساوي الصفر لأن متجه المساحة عمودي على متجه المجال .

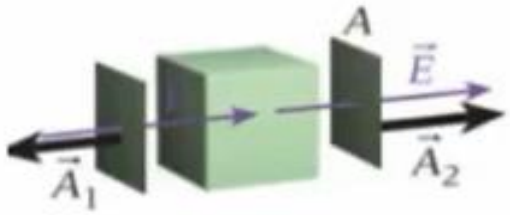
essafebraheem

## 2.7 التدفق الكهربائي

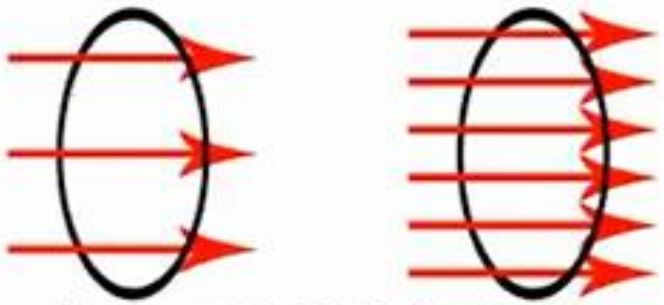
- تذكر : يعتمد مقدار التدفق الكهربائي على الزاوية المحصوره بين إتجاه خطوط المجال والعمودي على المساحة كما يعتمد على مقدار كل من مقدار المجال الكهربي ومساحة السطح.
- تذكر : يكون العمودي على السطح خارجاً منه.
- تذكر : يكون التدفق موجباً إذا كانت الخطوط خارجه من السطح، ويكون التدفق سالباً إذا كانت الخطوط داخله في السطح.

www.almanahj.com

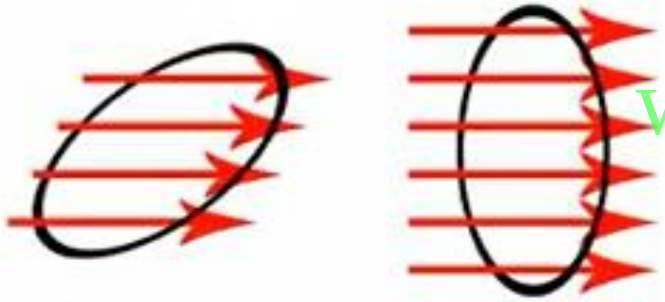
- تذكر : التدفق = عدد خطوط المجال التي تعبر وحدة المساحة من السطح عمودياً عليه في مساحه السطح.
- تذكر :التدفق الكهربائي على أي سطح مغلق مغمور في مجال كهربائي يساوي صفراً لأن عدد خطوط المجال التي تدخل السطح تساوي عدد الخطوط التي تخرج منه .



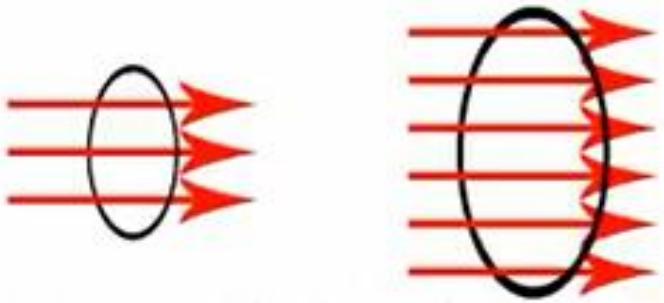

essafebraheem



Flux is proportional to the density of flow.



Flux varies by how the boundary faces the direction of flow.

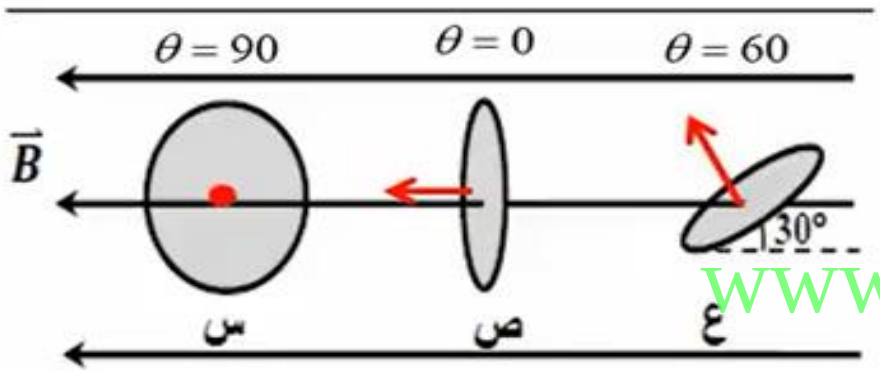


- تذكر :التدفق الكهربائي على أي سطح مغلق مغمور في مجال كهربائي يساوي صفراً لأن عدد خطوط المجال التي تدخل السطح تساوي عدد الخطوط التي تخرج منه .

www.almanahi.com

مثال : يُظهر الشكل المجاور ثلاث حلقات نحاسية متماثلة ( س،ص،ع) في مجال كهربائي منتظم . اعتماداً على الشكل أجب عن التالي :

١- فسر انعدام التدفقالكهربائي الذي يجتاز سطح الحلقة ( س) .




بما أن اتجاه المجال الكهربائي يوازي سطح الحلقة (س) فإن متجه المساحة سيعامد المجال الكهربائي cos90=0.0

$$\Phi = AB\cos(90) = 0.0$$

www.almanahj.com

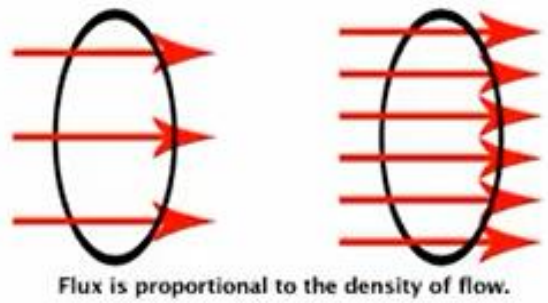
٢- جد نسبة التدفق الكهربائي الذي يجتاز سطح الحلقة (ص) إلى التدفق الكهربائي الذي يجتاز سطح الحلقة ( ع) .

$$\frac{\phi_{ص}}{\phi_{ع}} = \frac{A.E.Cos0.0}{A.E.Cos60} = \frac{1}{0.5} = 2$$

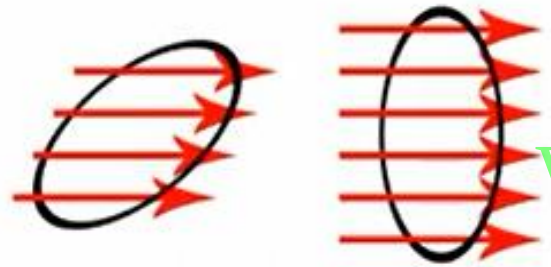
: يعتمد مقدار التدفق الكهربائي على الزاوية المحصوره بين إتجاه خطوط المجال والعمودي على المساحة

# 2.8 قانون جاوس

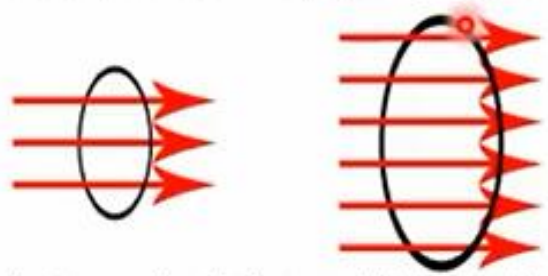
essafebraheem



Flux is proportional to the density of flow.



Flux varies by how the boundary faces the direction of flow.



Flux is proportional to the area within the boundary.

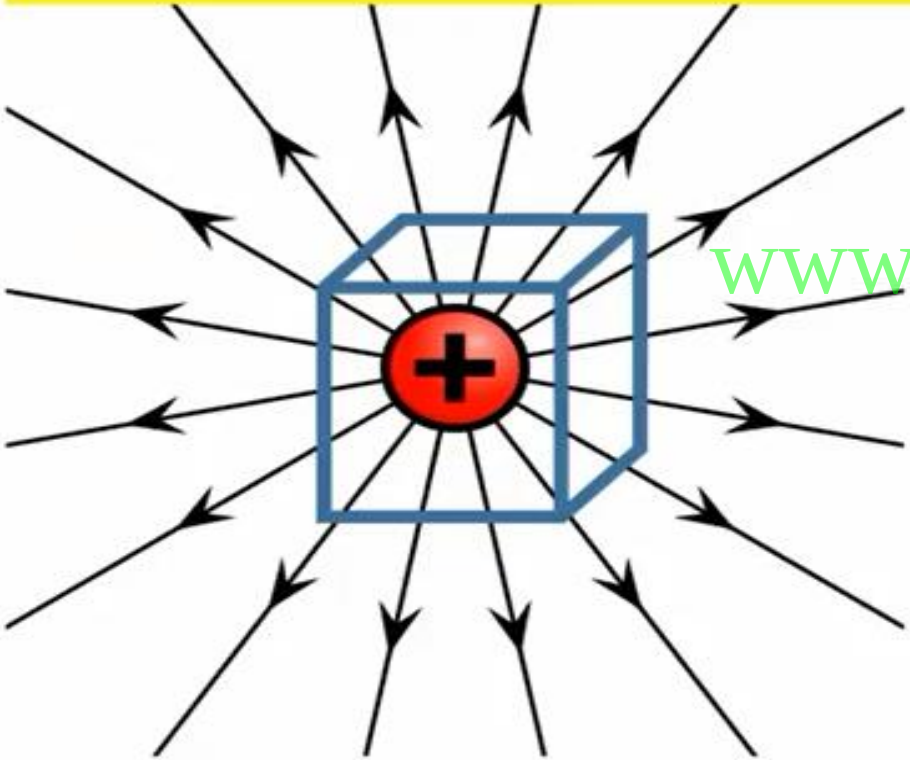
بما أن التدفق الكهربائي هو مقدار خطوط المجال الكهربائي التي تنفذ خلال سطح ما، حيث أن العلاقة بين عدد الخطوط النافذة وقيمة التدفق هي علاقة طردية، ولكن نظرًا لكثرة عدد خطوط **المجال الكهربائي** التي تنفذ خلال سطح ما، فإنه من الصعب حصر عدد هذه الخطوط،

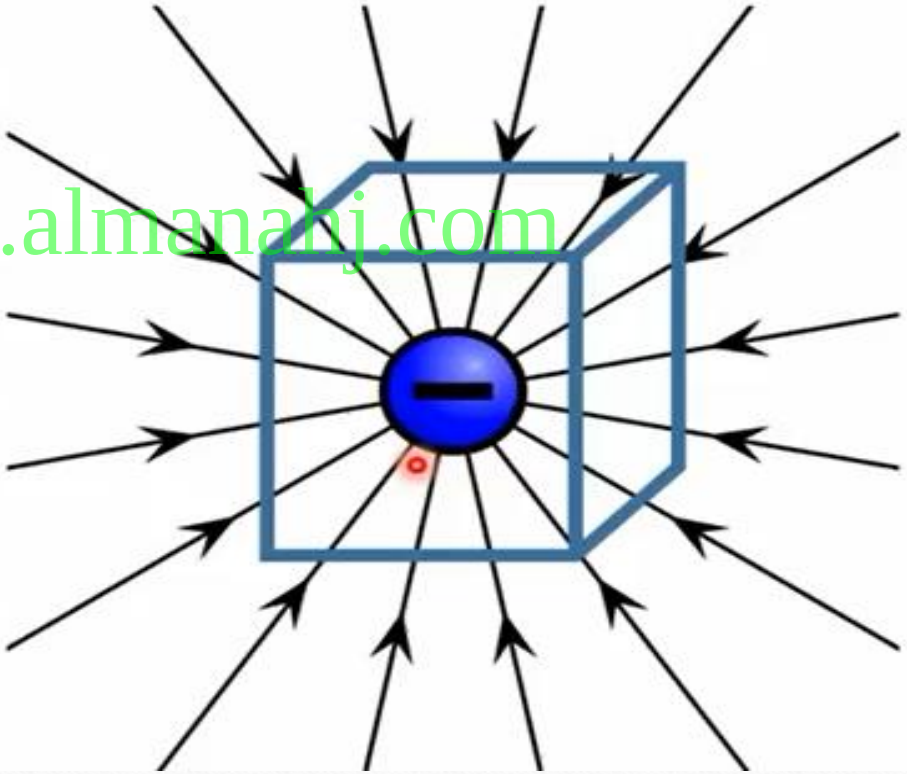
ومن أشهر القوانين التي استطاعت تفسير وحساب قيمة التدفق الكهربائي هو قانون جاوس.

www.almanahj.com

# 2.8 قانون جاوس

تبدو خطوط المجال الكهربائي متدفقة إلى خارج الصندوق العازل المحتوي على شحنة موجبة .
وإلى داخل الصندوق المحتوى على شحنة سالبة .





www.almanahj.com

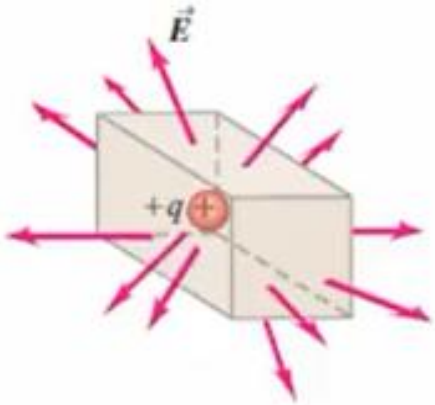
2.8 قانون جاوس

essafebraheem

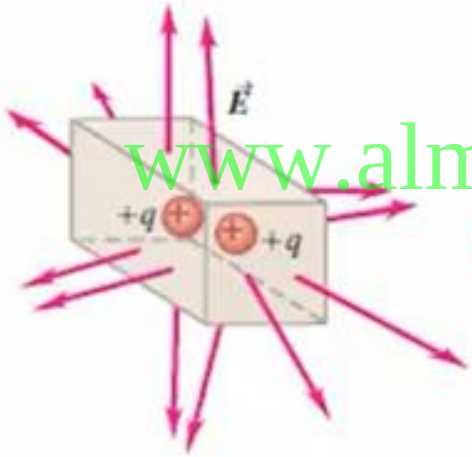
# 2.8 قانون جاوس

تبدو خطوط المجال الكهربائي متدفقة إلى خارج الصندوق العازل المحتوي على شحنة موجبة .
وإلى داخل الصندوق المحتوى على شحنة سالبة .

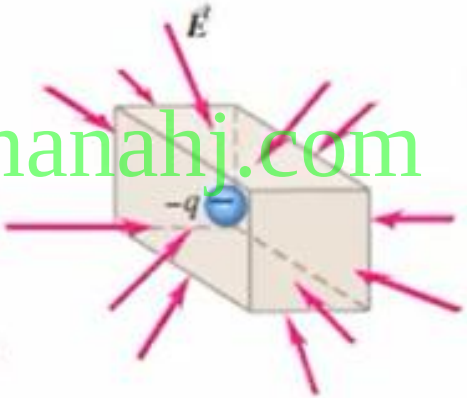
www.almanahj.com



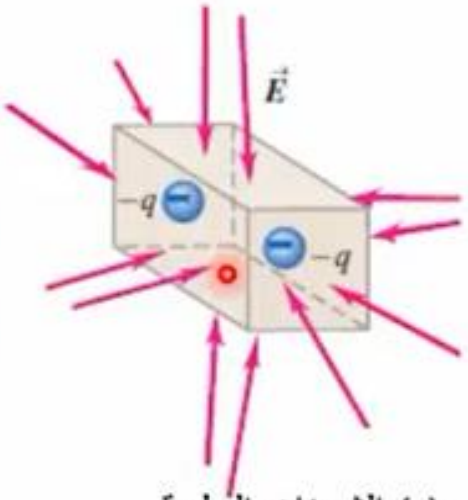

(أ) الشحنة الموجبة داخل الصندوق
تدفق خارجي




(ب) الشحنات الموجبة داخل الصندوق ،
تدفق خارجي




(ج) الشحنة السلبية داخل الصندوق ،
تدفق داخلي




(د) الشحنات السلبية داخل الصندوق ،
تدفق داخلي



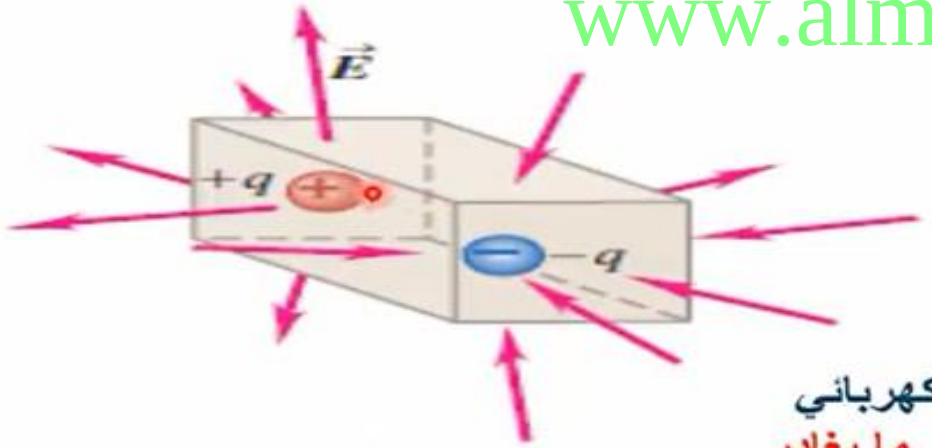
essafebraheem

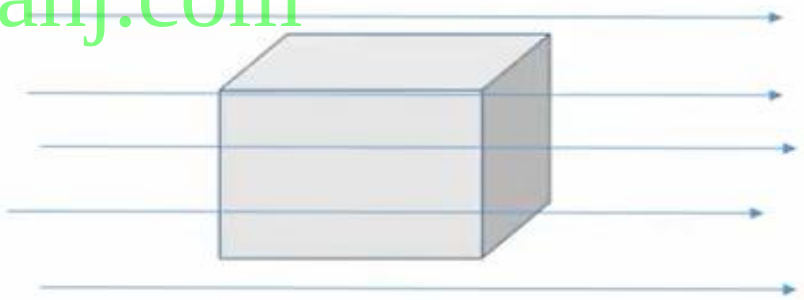
شحنتين احدهما سالبة والأخرى موجبة يكون التدفق في الصندوق يساوي صفرلان عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة ولذلك عدد الخطوط الداخلة يساوي عدد الخطوط الخارجة

# 2.8 قانون جاوس

تبدو خطوط المجال الكهربائي متدفقة إلى خارج الصندوق العازل المحتوي على شحنة موجبة .
وإلى داخل الصندوق المحتوى على شحنة سالبة .

www.almanahj.com



مجموع الشحنات = صفر
التدفق خلال الصندوق = صفر

لا يحتوي السطح على أية شحنة ولذا فإن التدفق الكهربائي الكلي خلال السطح يكون صفراً؛ بمعنى أنه على قدر ما يغادر المنطقة المحصورة من خطوط للمجال ، على قدر ما يدخل إليها.

2.8 قانون جاوس

essafebraheem

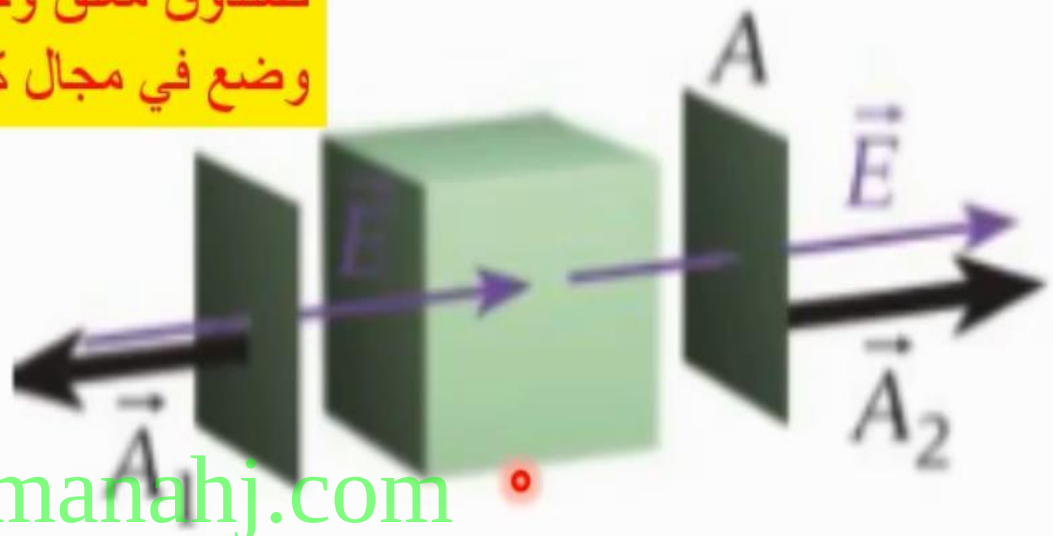
صندوق مغلق وخالي من الشحنات
وضع في مجال كهربائي منتظم

$$\Phi_{12} = \Phi 1 + \Phi 2$$

$$\Phi_{12} = \vec{E} \bullet \overrightarrow{A_1} + \vec{E} \bullet \overrightarrow{A_2}$$

$$\Phi_{12} = E.A_1 cos180 + E.A_2 cos0.0$$

$$\Phi_{12} = -E.A + E.A = 0.0$$




www.almanahj.com

essafebraheem صفاء

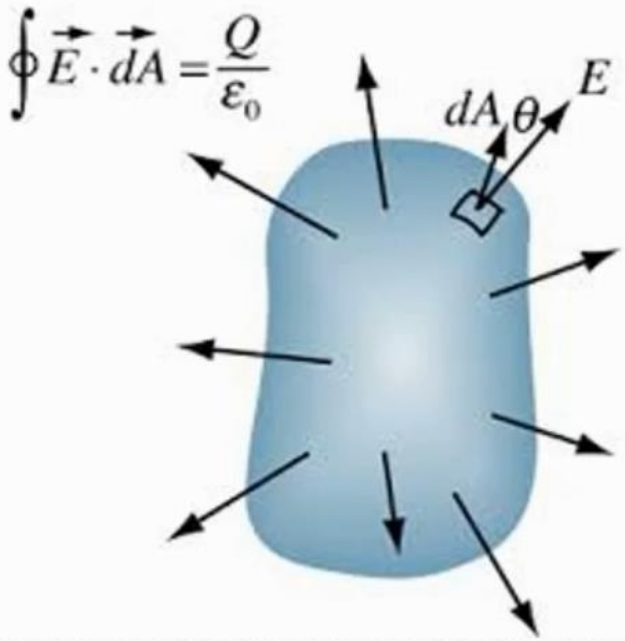
والتدفق عبر السطوح الأخرى يساوي الصفر لأن متجه المساحة عمودي على متجه المجال .

نتيجة : عند وضع صندوق شكله مكعب أو كروي أو شبه مكعب ..... خالي من الشحنات في مجال كهربائي فإن التدفق الكهربائي خلال الصندوق يساوي الصفر .
لأن عدد خطوط المجال التي تدخل الصندوق تساوي عدد خطوط المجال التي تخرج من الصندوق .

# 2.8 قانون جاوس

في الفيزياء، قانون جاوس الكهربي، المعروف أيضاً بإسم مبرهنة جاوس في التدفق الكهربي، والقانون يصف العلاقة بين توزيع الشحنة الكهربائية والمجال الكهربائي الناتج عنها.

نص قانون جاوس : وينص إن التدفق الكهربائي عبر أي سطح مغلق يساوي ناتج قسمة الشحنة q الكلية داخل السطح المغلق على ثابت العازلية الكهربائية للوسط المحيط بالشحنة.




$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

q تمثل الشحنة الكلية داخل سطح مغلق

www.almanahj.com

$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \vec{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

ربط بين قانون التدفق الكهربائي وقانون جاوس

ويمكن استخدام قانون جاوس لإشتقاق قانون كولوم، والعكس صحيح.



essafebraheem

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

الآن نقف عدة وقفات مع القانون لشرحه ومحاولة فهمه :

الوقفة الأولى : في حساباتنا المبينة على القانون نختار سطحاً هندسياً افتراضياً ( وقد يكون حقيقياً ) نسميه سطح جاوس ( Gaussian Surface ) مغلقاً لا فتحات فيه

الوقفة الثانية : إن التدفق الكهروستاتيكي عبر السطح المغلق يعتمد على المسبب للتدفق ، ونعلم أن المسبب له هو الشحنة فلذلك كان التدفق يتناسب طردياً مع الشحنة وهي أصل قانون غاوس .

www.almanahj.com

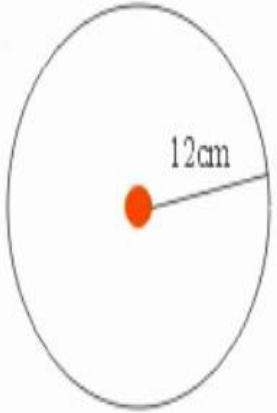
الوقفة الثالثة : نختار السطح الافتراضي بحيث تتوفر به خاصية التماثل بالنسبة إلى توزيع الشحنات داخله .

الوقفة الرابعة : لاحظنا عند حساب التدفق أننا أقمنا عموداً على السطح ، ولأنه يوجد لأي سطح وجهان فإننا في تطبيقات قانون جاوس نختار الوجه الخارجي للسطح لإقامة العمود الموجه عليه.



essafebraheem كلية

٢) يوجد شحنه نقطية مقدارها +5 mC في مركز كرة نصف قطرها 12cm. ما هو التدفق الكهربائي لهذا المجال من خلال هذا سطح ؟




$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

www.almanahj.com

q=+5 mC

r= 12cm

Φ =???

يطبق قانون جاوس لان السطح كروي مغلق

$$\Phi = \frac{5.10^{-3}C}{8.85.\frac{10^{-12}C^2}{N.m^2}} = 564.858.10^6\ N.m^2/C$$

مثال ) (أ) شحنتين مقدارهما (8mC) و (-5mC) داخل مكعب طول ضلعه 0.45m ما هو مجموع التدفق الكهربائي من خلال المكعب؟

(ب) كرر (أ) إذا كان نفس الشحنتين موجودتين داخل غلاف كروي نصف قطر 0.45m

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

www.almanahj.com

$$\Phi = \frac{(+8-5).10^{-3}C}{8.85.\frac{10^{-12}C^2}{N.m^2}} = 338.98.10^6\ \mathrm{N}.m^2/\mathrm{C}$$

لا يختلف التدفق الكهربي إذا كانت الشحنات داخل مكعب او كرة

لأن التدفق الكهربي يعتمد على مقدار الشحنة الكلية داخل السطح وتحسب من العلاقة :

# نص قانون جاوس

مفهوم قانون جاوس : ينص قانون جاوس للمغناطيسية على أن: "عدد خطوط المجال المغناطيسي الخارجة من سطح مغلق (سطح جاوس) يُساوي صفر".

في حين ينص قانون جاوس للكهرباء على أن: "عدد خطوط المجال الكهربائي (التدفق الكهربائي) التي تعبر سطح مغلق (سطح جاوس) يُساوي حاصل قسمة المجموع الكلي للشحنة الموجودة داخل السطح على نفاذية الفراغ" $\varepsilon_0$.

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

www.almanahj.com

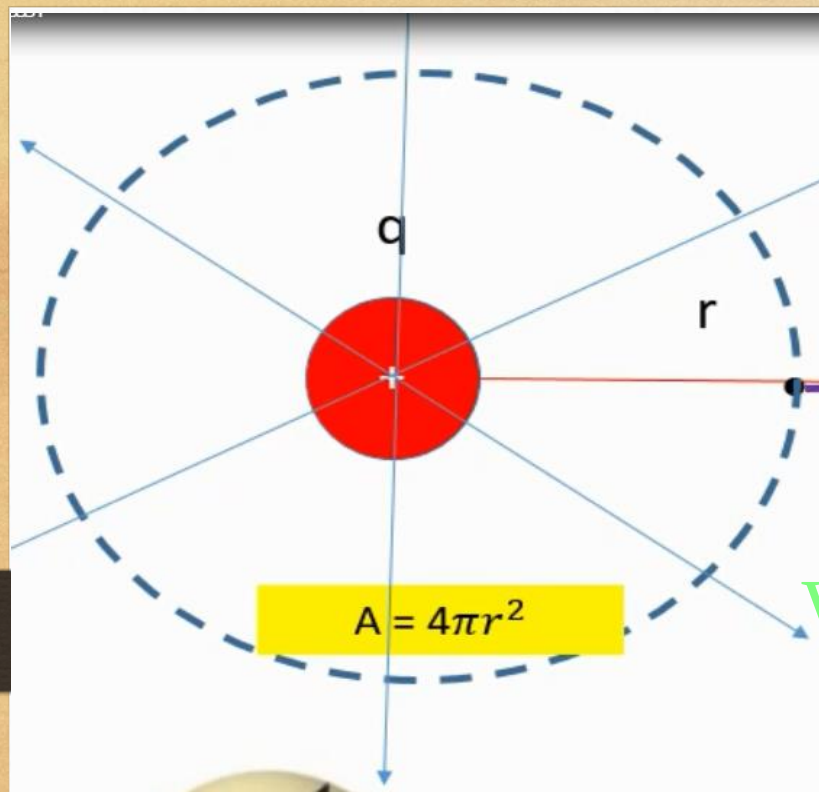
$\Phi$ : مقدار التدفق، ويُقاس بوحدة ($N.m^2/C$)، ويكون ذو قيمة موجبة في حال كانت خطوط المجال خارجة من السطح،
و ذو قيمة سالبة في حال كانت خطوط المجال داخلة إلى السطح.

$$\Phi = \vec{E}(\vec{r}).\ \vec{A} = EACos\theta = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \overrightarrow{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

q: مقدار الشحنة الكهربائية، وتُقاس بوحدة (الكولوم).
ε: نفاذية الفراغ، وتُقاس بوحدة ($C^2/.N.m^2$).
E: مقدار المجال الكهربائي، ويُقاس بوحدة (N/C)
A : مقدار مساحة السطح المُعرّض للمجال الكهربائي، ويُقاس بوحدة( $m^2$).
θ: مقدار زاوية الميلان، وهي الزاوية المحصورة بين خطوط المجال، والخط العمودي المرسوم على السطح، وتُقاس بوحدة (درجة)

# تطبيقات قانون جاوس




$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{q}{r^2}$$

انت تعلم أن المجال الكهربائي الناشيء عن شحنة نقطية يعطى بالمعادلة التالية :

سنثبت أن قانون جاوس يوصلنا إلى ذات النتيجة

نختار سطحاً جاوسياً على شكل كرة نصف قطرها r على أن تكون الشحنة في مركز الكرة .

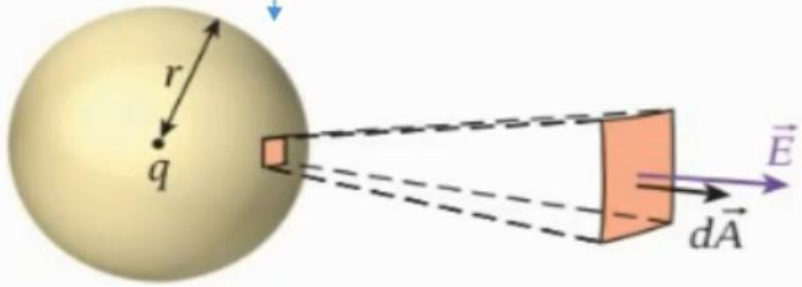
www.almanahj.com

نلاحظ خصائص السطح كما يلي :

أ . العمود المقام عند النقطة موافق في الاتجاه لخط المجال (E) عند النقطة . على ذلك تكون الزاوية $\theta = 0.0$ لهذه النقطة ولجميع نقاط السطح .

ب. شدة المجال ( E ) ثابتة لجميع نقاط السطح لأنها جميعها على أبعاد متساوية من مركز السطح ( م ) حيث توجد الشحنة النقطية .

ج. مساحة السطح ( المغلق ) $4\pi r^2$




$$\Phi = \oiint \vec{E} \bullet \vec{dA} = E.A = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{q}{r^2}$$

اشتقاق قانون جاوس من قانون كولوم

$$\Phi = \oiint \vec{E} \bullet \vec{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

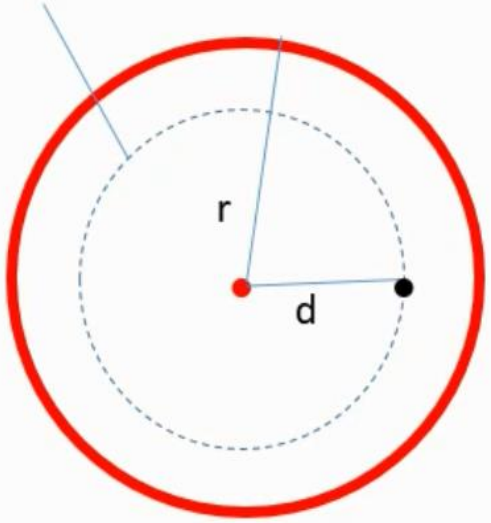
## تطبيقات قانون جاوس :

: موصل كروي نصف قطره r مشحون بشحنة موجبة .استعن بقانون جاوس لإيجاد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة d عن مركز الموصل في الحالتين التاليتين :

أ) النقطة تقع داخل الموصل (d<r)

ب) النقطة تقع خارج الموصل (d>r)

سطح جاوسي




أ. نبني سطح غاوس ونجعله كرة هندسية ينطبق مركزها مع مركز الموصل ( م ) ونختار نصف قطر للسطح يجعله يمر بالنقطة المراد حساب المجال عندها

www.almanahj.com

$$\Phi = E.A.Cos\theta = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

$$E.A.Cos\theta = \frac{0.0}{\varepsilon_o} = 0.0$$

$$A.Cos\theta \neq 0.0$$

$$E=0.0$$

الشحنة ستتوزع على السطح الخارجي للموصل بسبب قوة التنافر التي تحدث بينها .

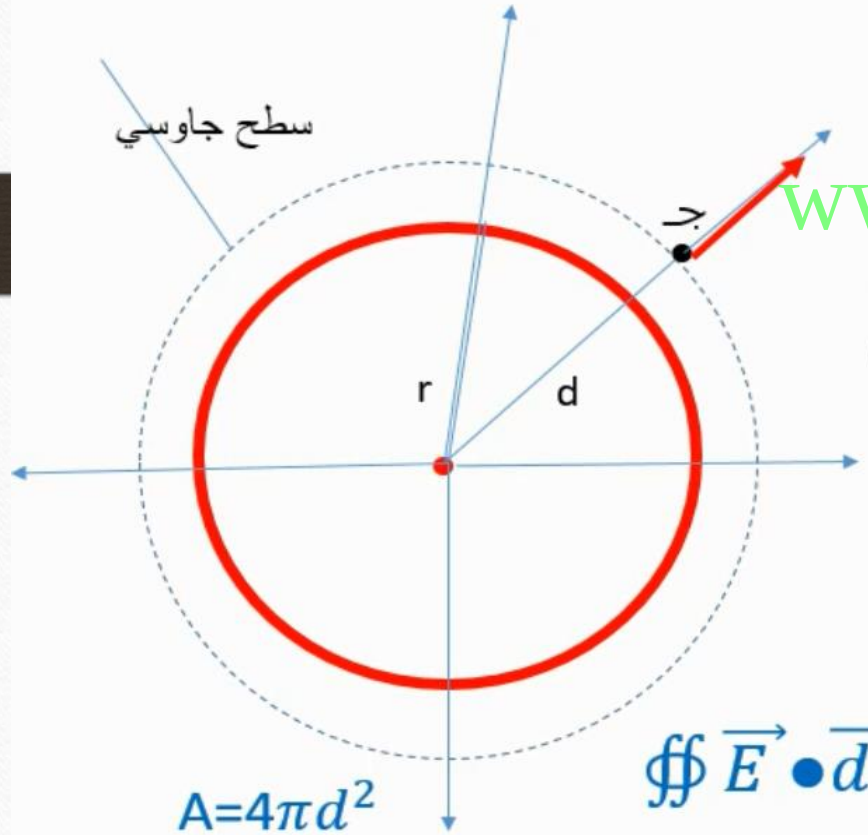
نتيجة المجال الكهربائي داخل موصل كروي مشحون تساوي الصفر .

essafebraheem صفاء

## تطبيقات قانون جاوس :

: موصل كروي نصف قطره r مشحون بشحنة موجبة .استعن بقانون جاوس لإيجاد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة d عن مركز الموصل في الحالتين التاليتين :

أ) النقطة تقع داخل الموصل (d<r)  ب) النقطة تقع خارج الموصل (d>r)




$A=4\pi d^2$

ب. نبني سطح غاوس ونجعله كرة هندسية ينطبق مركزها مع مركز الموصل ( م ) ونختار نصف قطر للسطح يجعله يمر بالنقطة المراد حساب المجال عندها

www.almanahj.com

حقق لنا السطح الخصائص التالية :

1. تماثل السطح بالنسبة إلى الشحنة فمثلاً اتجاه المجال عند ( جـ ) يوافق اتجاه العمود الموجه المقام عند النقطة جـ ، وهذا التوافق يصح لجميع نقاط سطح غاوس . من ذلك ينتج أن الزاوية $\theta = 0.0$ لجميع نقاط السطح
2. المجال ( E ) ثابت عند جميع نقاط السطح أيضاً .
3. مساحة السطح معلومة وتساوي $4\pi\ d^2$
4. – الشحنة داخل السطح ولا يهمنا كيفية توزيعها .

$$\oiint \vec{E} \bullet \overrightarrow{dA} = E.A = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

essafebraheem كناة

مثال ) قشرة كروية موصله نصف قطرها 15cm وشحنة صافية (-6.4mC)موزعة بشكل موحد على سطحها. أوجد المجال الكهربائي في النقاط
(أ) خارج القشرة و (ب) داخل القشرة .

بما أن القشرة الكروية الموصلة تمتلك شحنة كلية سالبة فإنها تتوزع بحيث تستقر كلها على السطح الخارجي للقشرة الكروية

ونتيجة لذلك يكون المجال الكهربي داخل القشرة الكروية مساوياً للصفر بينما يكون المجال الكهربي خارج القشرة بعد تطبيق قانون جاوس كما يلي:

www.almanahj.com

$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \overrightarrow{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

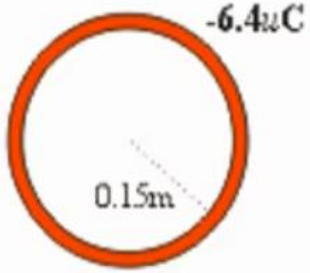
$$\oiint dA = 4\pi r^2$$

$$E.A = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$E\ 4\pi r^2 = q/\varepsilon_o$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$

$$E = 2.55x10^6 N/C$$

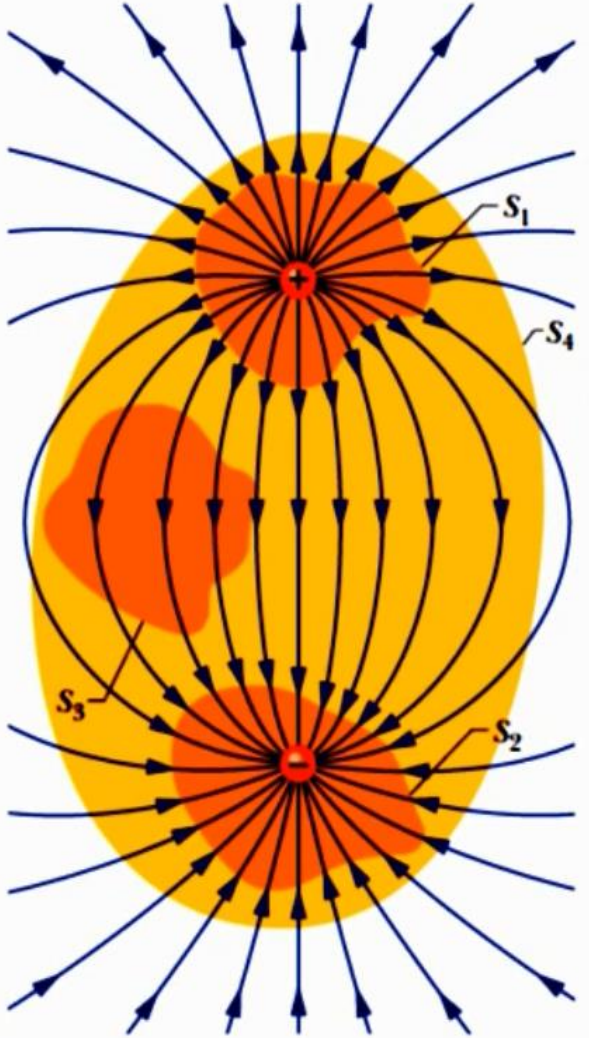


S1 : الحقل الكهربائي إلى الخارج لجميع النقاط على هذا السطح ، وبالتالي التدفق هو إيجابي.

S2: الحقل الكهربائي إلى الداخل لجميع النقاط على هذا السطح ، وبالتالي التدفق هو سلبي.

S3: لا يحوي أي شحنة وعلى ذلك التدفق خلاله صفر .

S4: لا يحوي أي شحنة وعلى ذلك التدفق خلاله صفر .




www.almanahj.com

توضع الشحنتين $(+25.9\mu C)$و$(-8.2\mu C)$على سطح كروي نصف قطرها 5cm. فإن التدفق الكهربائي من ذلك السطح:

(A)2.0 .$10^6$N.m2/C

(B)3.0 .$10^6$N.m2/C

(C)4.0 .$10^6$N.m2/C

(D)5.0 .$10^6$N.m2/C

$$\Phi = EACos\theta = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

www.almanahj.com

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_o} = \frac{(25.9.10^{-6}C)+(-8.2.10^{-6}C)}{8.85.\frac{10^{-12}C^2}{N.m^2}} = 2.0.10^6 N.m^2/C$$

# 2.8 قانون جاوس

$$\phi = \oiint \vec{E} \bullet \overrightarrow{dA} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

## الحماية الكهروستاتيكية :

يتضح من قانون جاوس نتيجتان مهمتان هما :

١- يكون المجال الكهروستاتيكي داخل أي موصل معزول صفراً دائماً .

٢- تكون التجاويف الموجودة داخل الموصلات محمية من المجالات الكهربائية

عند صناعة تجويف في جسم موصل تكون الشحنة الصافية ومن ثم المجال الكهربائي داخل هذا التجويف صفراً دائماً .

بغض النظر عن شحنة الموصل المجوف أوشدة المجال الكهربائي الخارجي المؤثر فيه

www.almanahj.com

essafebraheem كفاء

2.8 قانون جاوس

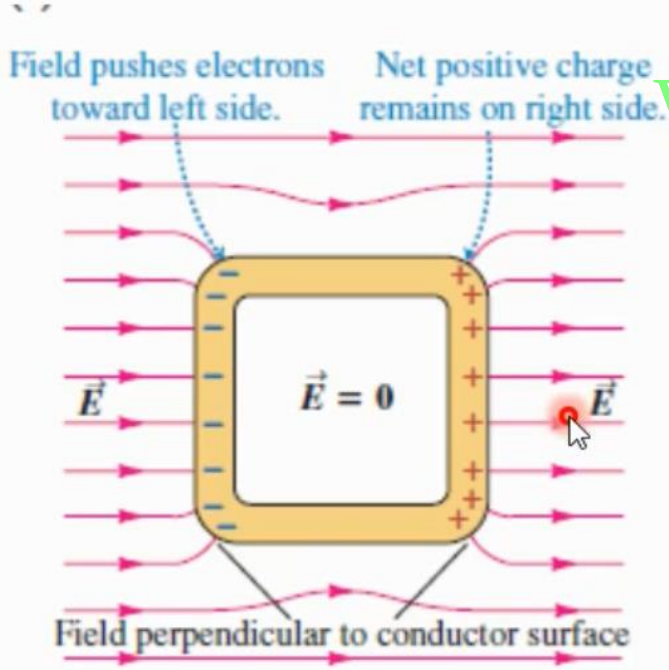
# 2.8 قانون جاوس

## الحماية الكهروستاتيكية :

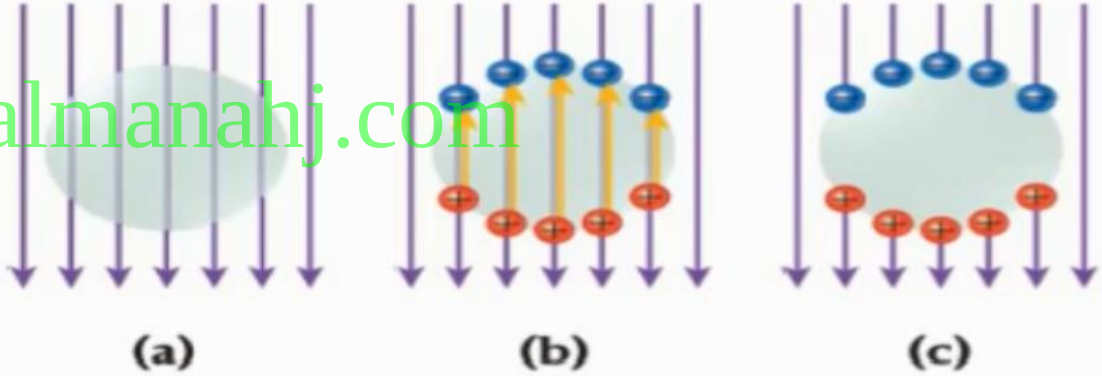
يتضح من قانون جاوس نتيجتان مهمتان هما :

١- يكون المجال الكهروستاتيكي داخل أي موصل معزول صفراً دائماً .

٢- تكون التجاويف الموجودة داخل الموصلات محمية من المجالات الكهربائية




www.almanahj.com




نتيجة : يصبح محصلة المجال الكهربائي صفرا في أي منطقة داخل الموصل .



essafebraheem

# 2.8 قانون جاوس

www.almanahj.com

essafebraheem

وضعت قطع الفلين في وعاء موصل مفتوح وعرضته لمجال كهربائي غير منتظم .فإنها لا تتطاير عند شحن مولد فان دي جراف .لأن الفلز الموصل وفر الحماية لقطع الفلين .ومنع قطع الفلين من اكتساب عزم ثنائي القطب .

وضعت قطع الفلين في وعاء بلاستيكي مفتوح وعرضته لمجال كهربائي غير منتظم .فإنها تتطاير عند شحن مولد ي فان دي جراف .لأن المجال الكهربائي يخترق الوعاء البلاستيكي بسهولة ويصل إلى قطع الفلين الصغيرة وتكتسب كمية صغيرة من عزم ثنائي القطب

essafebraheem

ليس بالضرورة أن يكون الموصل المحيط بالتجويف قطعة معدنية صلبة .

بل تكفي شبكة من السلك لتوفير الحماية ..

السيارة تحميك من صاعقة البرق عندما تكون بداخلها . حيث يوفر اللوح الفلزي والإطار الفولاذي المحيطن بمقصورة الركاب الحماية اللا زمة .

يسمى هذا القفص قفص فاراداي،

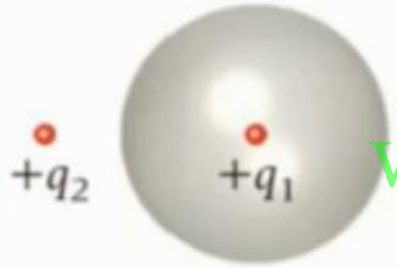
www.almanahj.com

## مراجعة المفاهيم 2.11

كرة مجوفة وموصِّلة غير مشحونة في البداية. فوضعت شحنة موجبة، $q_1+$، داخل الكرة كما هو مبين في الشكل. ثم وضعت شحنة موجبة أخرى، $q_2+$، بالقرب من الكرة لكن من الخارج. أي من العبارات التالية تصف محصلة القوة الكهربائية المؤثرة في كل شحنة؟

a) توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في $q_2+$ لكن لا تؤثر في $q_1+$.

b) توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في $q_1+$ لكن لا تؤثر في $q_2+$.




www.almanahj.com

c) تتأثر كلتا الشحنتين بمحصلة قوة كهربائية متساوية في المقدار والاتجاه.

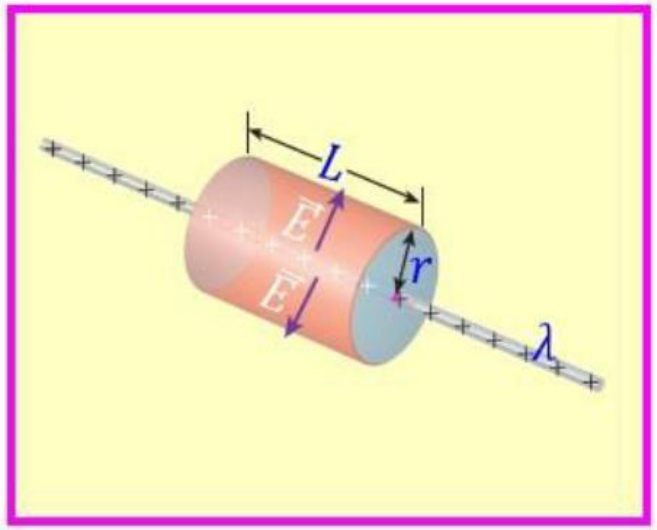
d) تتأثر كلتا الشحنتين بمحصلة قوة كهربائية متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه.

e) لا توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في أي من الشحنتين.

a

تذكر : المجال الكهربائي للشحنة $q_2$ لا يخترق الكرة الفلزية
والمجال الكهربائي للشحنة q1 يظهر على السطح الخارجي للكرة فتتأثر به الشحنة q2

# * التوزيع المتماثل للشحنة.




* **أولاً:- التماثل الاسطواني :** لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن سلك موصل مستقيم وطويل يحمل شحنة بكثافة طولية $(\lambda)$ فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة نصف قطرها $(r)$ وطولها $(L)$ تحيط بالسلك بحيث يكون السلك على طول محورها ثمُ نطبق قانون جاوس على هذا السطح مع الاخذ بالاعتبار ان **التماثل الاسطواني يشمل :**

www.almanahj.com

1- **التماثل الدائري** بمعنى اذا تم تدوير السلك حول محوره ستدور معه بالكيفية نفسها جميع الشحنات وهذا يؤكد عدم اعتماد المجال الناتج عن هذا الجسم على زاوية دوران ذلك الجسم .

2- **التماثل الانتقالي** بمعنى اذا كان السلك لا نهائي الطول ( طويل جداً ) فإن شكله لا يتغير على امتداد طوله اي ان مجاله لايعتمد على احداثي طول السلك وبالتالي لايكون هناك مركبة لمجال السلك بموازاة طوله .

ولان خطوط المجال تكون دوماً موازية لطرفي الأسطوانة ( القاعدتين ) او خطوط المجال **تُعامد متجه المساحة للقاعدتين** او تكون متعامدة على جدار الأسطوانة فاننا نحصل على الآتي :

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E.A = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

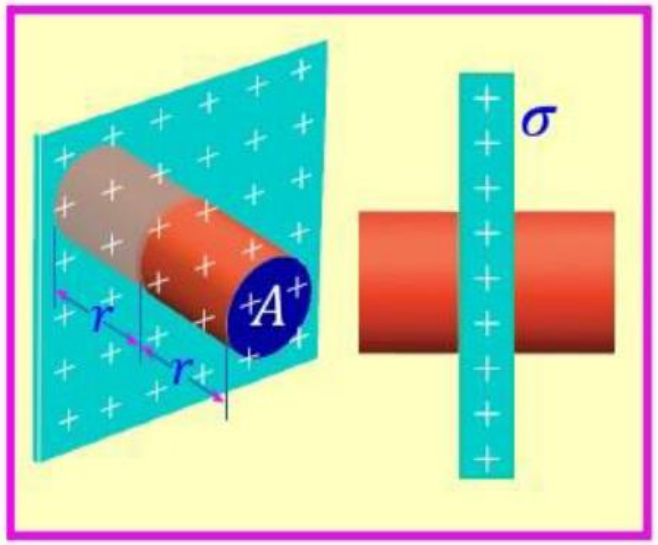
$$E(2\pi rL) = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda L}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

www.almanahj.com

$$\boxed{E = \frac{2k\lambda}{r}}$$

حيث $(r)$ المسافة العمودية عن السلك مع الانتباه الى ان اتجاه المجال يكون نحو الخارج اذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل اذا كانت الشحنة سالبة .




* **ثانياً:- التماثل السطحي :** لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانهائي وغير موصل يحمل شحنة بكثافة سطحية $(\sigma)$ فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة قائمة مغلقة مساحة مقطعها العرضي $(A)$ وطولها $(2r)$ تقطع اللوح المسطح عمودياً لاحظ الشكل المجاور

وهنا تكون خطوط المجال متعامدة مع القاعدتين ( المقطع العرضي ) وموازية للجدارين ( الطول ) وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح الاسطواني المغلق نجد أن :

www.almanahj.com

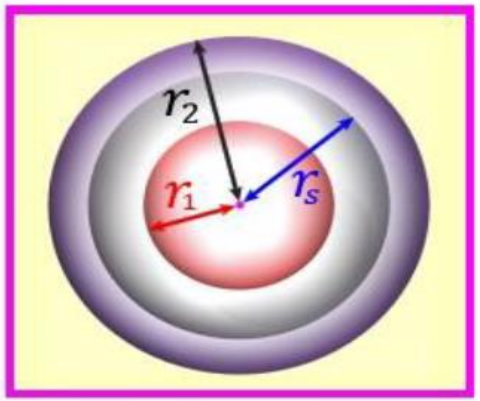
$$\boldsymbol{\Phi} = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = (E.A + E.A)$$

$$\boldsymbol{\Phi} = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\mathrm{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

يجب الانتباه الى ان اتجاه المجال يكون نحو الخارج ( مبتعد عن اللوح ) اذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل ( باتجاه اللوح ) اذا كانت الشحنة سالبة .

* **ثالثاً:- التماثل الكروي :** يختلف الوصف الفيزيائي باختلاف طبيعة الجسم المشحون هل هو مُفرغ ام مصمت .




**1- اذا كان السطح الكروي رقيق ( مُفرغ ) :**

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزع متماثل للشحنة على سطح جسم كروي رقيق (مُفرغ) نصف قطره $(r_s)$ فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه لاحظ الشكل

**وهنا يوجد احتمالين وكالتالي :**

**أ)** اذا طُلب حساب شدة المجال **خارج الجسم المشحون** أي على بُعد أكبر من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره $(r_2)$ حيث $(r_2 > r_s)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح المغلق نجد أن :

www.almanahj.com

$$\boldsymbol{\Phi} = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E.A$$

$$\boldsymbol{\Phi} = E(4\pi r_2^2) = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

$$E = k\,\frac{q}{r_2^2}$$

اذا كان الجسم الكروي يحمل شحنة موجبة فان المجال يتجه مبتعداً عن هذه الاسطح واذا كان يحمل شحنة سالبة فان المجال يكون باتجاه هذه الاسطح

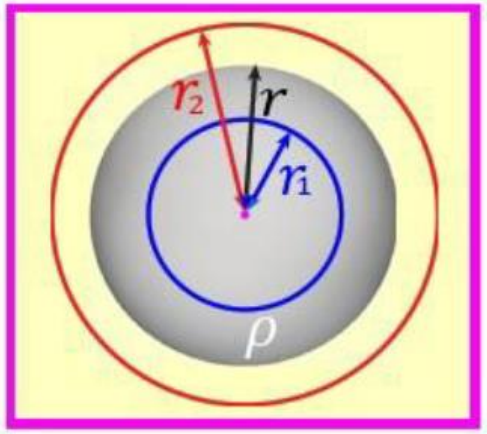
**ب)** اذا طُلب حساب شدة المجال **داخل الجسم المشحون** أي على بُعد أقل من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره $(r_1)$ حيث $(r_1 < r_s)$ أي ان السطح الجاوسي واقعاً داخل السطح الكروي المشحون وبتطبيق قانون جاوس سنجد ان:

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = 0.0$$

www.almanahj.com

أي ان شدة المجال تنعدم داخل الكرة المشحونة

## 2- اذا كان السطح الكروي مُصمت :




لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزع منتظم (متساوٍ) للشحنة على حجم كرة ( مصمتة ) نصف قطرها $(r)$ وبكثافة حجمية $(\rho)$ فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه لاحظ الشكل ، **وهنا يوجد احتمالين وكالتالي :**

**أ)** اذا طُلب حساب شدة المجال **داخل الجسم المشحون** أي على بُعد أقل من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره $(r_1)$ حيث $(r_1 < r)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح المغلق نجد أن :

www.almanahj.com

$$\boldsymbol{\Phi} = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2)$$

$$E(4\pi r_1^2) = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}\left(\frac{4}{3}\pi r_1^3\right)$$

$$\boxed{E = \frac{\rho r_1}{3\varepsilon_0}}$$

## اذا طلب منك حساب المجال الكهربائي لسطح كروي مصمت بمعلومية الشحنة

وبما أن الشحنة التي يحيط بها سطح جاوس تساوي نسبة حجم سطح جاوس الى حجم الكرة المشحونة مضروباً في الشحنة الكلية للكرة فإن :

$$q = \frac{r_1^3}{r^3} q_t$$

www.almanahj.com

وحسب قانون جاوس نجد ان :

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = \frac{q_t}{\varepsilon_0} \frac{r_1^3}{r^3}$$

$$E = \frac{q_t r_1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

$$E = k\frac{q_t r_1}{r^3}$$

**ب)** اذا طُلب حساب شدة المجال **خارج الجسم المشحون** أي على بُعد أكبر من نصف قطر الجسم فاننا نفترض فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره $(r_2)$ حيث $(r_2 > r)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_2^2) = \frac{q_t}{\varepsilon_0}$$

www.elmanhj.com

$$E = k\frac{q_t}{r_2^2}$$