

سنتر فیوچر

Subject: فزیا کارڈ

Chapter: سنت حاویں

Mob: 0112 3333 122

0109 3508 204

①

الزترونات "قادون جاوس"

* $\Phi_E = E A \cos \theta$ "الفنين الاهربى خلال سطح ما" ϕ_E

اعجال اخترق السطح \leftarrow
مساحة السطح \leftarrow

زاوياً بين اعمال والعمودي \rightarrow

على السطح \rightarrow

* العودى على السطح \rightarrow لسطح مفتوح "عودى في اى اتجاه"
 " " " معلق " عودى والخارج من السطح

* يستخدم $\phi_E = E A \cos \theta$ في حالات " سطح مفتوح أو سطح واحد من سطح مغلق " وجاء منها مثلاً .

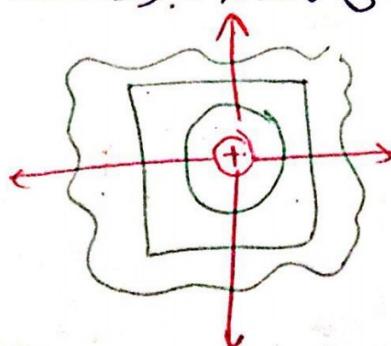
* ϕ_E لسطح مغلق كامل \rightarrow صفر لو السطح مجوهوس سطحه
 $\phi = \frac{E_0}{E_0}$ " " جواه "

* الفنين يعبر عن خطوط اعمال الى يندرى من سطح ما

* وحدة فناسك وبر $Wb = N/C \cdot m^2$

* لو اعمال موازي للسطح صفر ϕ

* لا يندرى على سطح ما لـ ريقه على مكان وجود السطح داخلاً.



$$\phi_E =$$

ناتئ
٤) مل هنا
والشكل هنا

* خطوط اعمال الرملة السطح ما -

" " " اخراج من " " " +

لوداخلى عودى

بنشيل $Coss$
 $+ V_E \rightarrow - V_E$

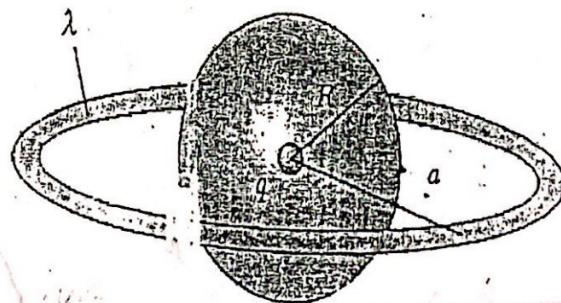
Sheet

اسئلة

- ١- الفيصل لسطح مغلق يساوى صفر .. هل من الضروري أن يكون المجال الكهربى على هذا السطح متساوياً للصفر؟
- ٢- إذا كان المجال الكهربى في منطقة ما متساوياً للصفر فهل نستنتج من ذلك عدم وجود شحنات كهربائية في تلك المنطقة؟ أشرح.
- ٣- إذا كان عدد خطوط المجال الكهربى التي تترك سطح أكبر من عدد خطوط المجال الداخلة للسطح، فماذا نستنتج من ذلك؟
- ٤- ما قيمة الفيصل الكهربى لسطح يحوى مزدوج قطبي (أى القطب)؟
- ٥- لماذا لا نستطيع استخدام سطح جاوس لحساب إمال الناشئ عن (١) ثالث شحنات متقاربة موضوعة عند رؤوس مثلث متساوية الأضلاع (٢). فرق مشحون بشحنة سطحية (٣) مزدوج كهربائياً

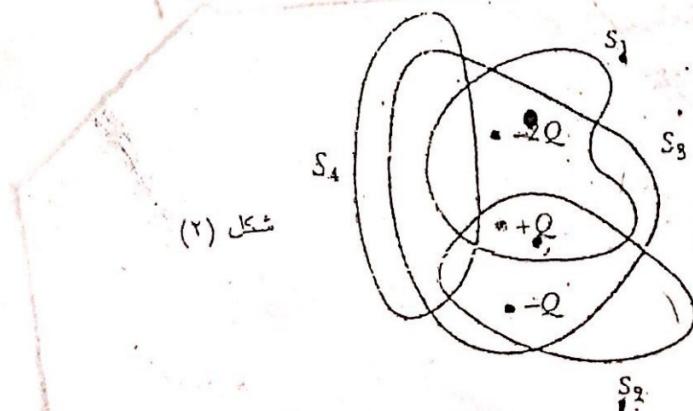
تمارين

- ١- مجال كهربى منتظم $\hat{a}i + \hat{b}j$ يقطع سطح مساحته A ، ما الفيصل الكهربى خلال ذلك السطح إذا كان السطح (١) يقع فى مستوى YZ (٢) يقع فى مستوى XZ (٣) يقع فى مستوى XY ؟
- ٢- شحنة نقطية q موضوعة في مركز حلقة مشحونة بشحنة كثافتها الطولية λ ونصف قطرها a ، أحسب الفيصل الكهربى خلال سطح كرة نصف قطرها R تحيى الشحنة النقطية في مركزها كما في شكل (١)



شكل (١)

-٣-

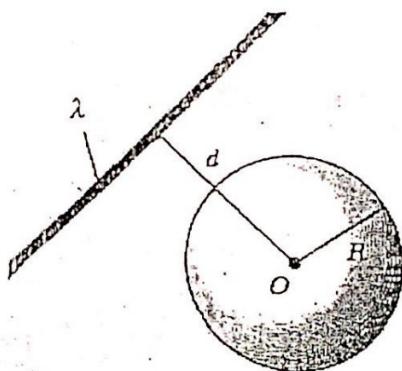


شكل (٢)

- ٣- اربع اسطح مغلقة كما في شكل (٢) أحسب الفيصل الكهربى خلال كل سطح من

٤- إذا كان المجال الكهربائي على سطح قشرة كروية نصف قطرها 0.75 m يساوي 890 N/C واتجاه المجال في اتجاه مركز القشرة الكروية وفي اتجاه أنصاف الأقطار. فما قيمة الشحنة داخل القشرة الكروية؟

٥- سلك لانهائي الطول مشحون بشحنة متن出来的 كثافتها الطولية λ يقع على بعد d من مركز كرة نصف قطرها R أحسب القبض الكهربائي خلال سطح الكرة إذا كان $R < d$ (١) $R > d$ (٢)



٦- أسطوانة طولها نصف قطرها R تحمل شحنة موزعة بانتظام على حجمها كثافتها m ، أحسب المجال الكهربائي عند نقطة (١)

داخل الأسطوانة (٢) خرج الأسطوانة (٣) على سطح الأسطوانة.

٧- كرة مصنوعة من البلاستيك نصف قطرها 10 cm تحمل شحنة موزعة بانتظام على حجمها. فإذا كان المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 5 cm من مركز الكرة يساوى ٨٦

kN/C واتجاه في اتجاه أنصاف الأقطار وللداخل. أحسب قيمة المجال على بعد 15 cm من مركز الكرة.

٨- سلك لا نهائي يُنتج مجالاً كهربائياً $N/C = 6 \times 10^3$ عند مسافة 2.4 m ، أحسب كثافة الشحنة الطولية لهذا السلك.

٩- لوحة معدنية كبيرة متواجدها كثافة شحنة أحدهما السطحية σ والأخر $-\sigma$ وذلك على السطح الداخلي ، فإذا كانت مساحة السطح لكل لوحة 1 m^2 والمسافة بينهما 5 cm وكان المجال بينهما 80 N/C فما شحنة كل لوحة؟

١٠- كرة مصنوعة من النحاس نصف قطرها 15 cm تحمل شحنة $40 \mu\text{C}$ ، أوجد المجال الكهربائي (أ) عند 12 cm (ب) عند 17 cm (ج) عند 75 cm من مركز الكرة.

هل تتغير الإجابة في الحالات السابقة إذا كانت الكرة مجوفة.

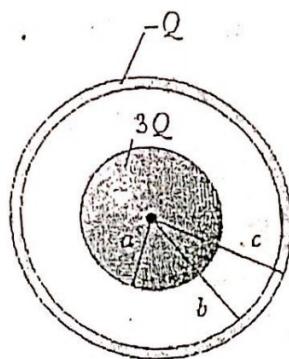
١١- لوحة مربع من النحاس طول ضلعه 50 cm وضع في مجال كهربائي منتظم قيمته 80 kN/C عمودياً على اللوحة. أوجد كثافة الشحنة السطحية لوجهى اللوحة، ما هي الشحنة الكلية للوح؟

١٢- كرة مصنوعة وموصلة نصف قطرها 2 cm تحمل شحنة $8 \mu\text{C}$ ، متعددة المركز مع قشرة كروية موصلة نصف قطرها الداخلي 4 cm والخارجي 5 cm وشحنة القشرة $4 \mu\text{C}$. أوجد المجال الكهربائي (أ) عند 1 cm (ب) عند 3 cm (ج) عند 4.5 cm (د) عند 7 cm من مركز الكرة.

١٣- كرتان موصلتان ومتماثلتان نصف قطر كل منها 0.5 cm تم توصيليهما بسلك خفيف موصل طوله 2 m ، ثم وضعت شحنة قدرها $60 \mu\text{C}$ على إحدى الكرتتين ، أحسب الشد في السلك.

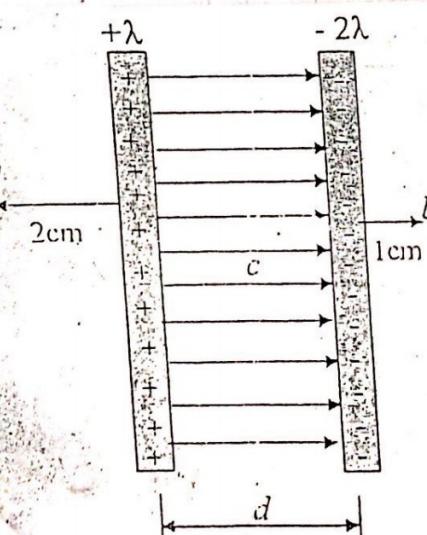
١٤ - سلك طويول موضوع في مركز أسطوانة معدنية مجوفة بحيث يتطابق محور السلك مع محور الأسطوانة. فإذا كانت كثافة الشحنة الطولية للسلك λ والشحنة الطولية للأسطوانة 2λ باستخدام قانون جاوس أحسب المجال الكهربائي خارج الأسطوانة وعلى بعد r من محورها.

١٥ - كرة موصولة ومحفورة نصف قطرها a تحمل شحنة Q . متعددة المركز مع قشرة كروية موصولة نصف قطرها الداخلي b والخارجي c وشحنة القرفة الكروية $3Q$. ارسم قيمة المجال الكهربائي كدالة في المسافة.

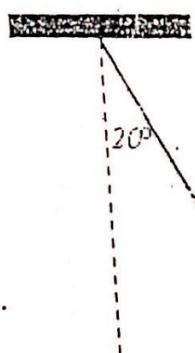


١٦ - كرة غير موصولة ومصنوعة نصف قطرها a وتحمل شحنة $Q+3Q$ موزعة بانتظام على حجمها. فإذا كانت الكرة متعددة المركز مع قشرة كروية موصولة نصف قطرها الداخلي b والخارجي c وشحنة القرفة الكروية $-Q$. ارسم قيمة المجال الكهربائي كدالة في المسافة.

١٧ - قشرة اسطوانية لانهائي الطول غير موصولة نصف قطرها الداخلي a والخارجي b وكثافة شحنتها الخمجية ρ ، ووضع سلك على محور الأسطوانة مشحون بشحنة كثافتها الطولية λ . احسب المجال الكهربائي عند جميع المواقع.



١٨ - سلكان طويلان المسافة بينهما 3cm ويحمل الأول شحنة موجبة كثافتها الطولية λ . والثاني شحنة موجبة كثافتها الطولية 2λ . احسب قيمة واتجاه المجال الكهربائي عند النقاط التالية a, b, c ($\lambda = 6\mu\text{C/m}$) والنقطة c تقع في متنصف المسافة بين السلكين.



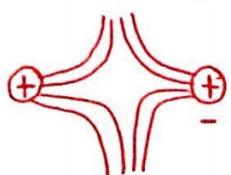
١٩ - الشكل المقابل بين كرة مشحونة بشحنة موجبة q معلقة بخط رفيع. وضعت الشحنة أمام لوح كبير كثافة الشحنة السطحية عليه $\sigma = 2 \times 10^5 \text{ C/m}^2$. فاترنت الكتلة المشحونة عندما كان الخط يصنع زاوية مقدارها 20° مع المحور الرأسي.

احسب الشحنة على الكرة إذا علمت أن كتلة الكرة 20g

الآن سنلقي النظرية

① ليس من المعمول حين يعلم أن يكون هناك سمات خارج السطح ووصلة سمات داخل السطح = صفر يعني أنه هناك مجال يتسبّب بسمات سمات ولكن ليس هناك فرق.

② لا يلي من المعمول حين يعلم أن يكون في صلة المجال الآخر عن سمات ← صفر مثل سماته موجودة.



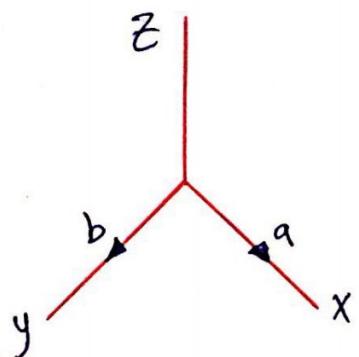
$$\phi_E = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{r} = +V_0 \quad \text{أي الفيصل فيه موجبة}$$

$$\phi_E = \frac{\epsilon_0 q}{r} = \frac{q-q}{r} = 0 \quad \text{صفر} = ③$$

④ - لذا ليس هناك سطح وهم مناسب بحيث يكون المجال ثابت على سطحه.

- لأن حدود المثلث ← المجال غير منتظم.

- لذا المزدوج عبارة عن سمات و المجال غير منتظم.



$$E = a\hat{i} + b\hat{j}, \quad \phi_E = EA \cos \theta \quad \text{المائل}$$

$$\phi_B = EA$$

خط مستوي Z ← العودي على المستوى X

$$\begin{aligned} \phi &= aA \quad wb \quad A = a\hat{i} \\ &= (a_i + b_j) \cdot a\hat{i} \end{aligned} \quad Z \leftarrow \text{العوادي على المستوى } Y_X \quad " \quad "$$

$$\phi_E = 0 = (a_i + b_j) \cdot a\hat{k} \quad A = a\hat{k}$$

$$\phi_E = (a_i + b_j) \cdot \hat{a}\hat{k}$$

$$\phi_E = bA \quad wb$$

$$Y \quad " \quad " \quad " \quad \leftarrow X_Z \quad " \quad " \quad A = a\hat{j}$$

$$\phi_E = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{r} = \frac{q}{\epsilon_0 r}$$

الشكل مختلف

ولكن نفس الميل لـ ϕ خارج الأكرة

$$\phi_E = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

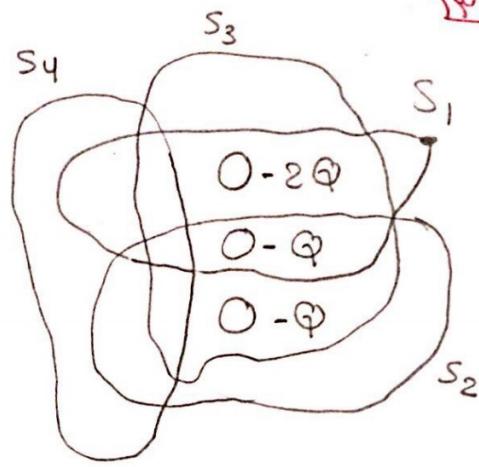
$$S_1 \rightarrow \frac{-2Q + Q}{\epsilon_0} = \frac{-Q}{\epsilon_0}$$

$$S_2 \rightarrow \frac{+Q - Q}{\epsilon_0} = 0$$

$$S_3 \rightarrow \frac{-2Q + Q - Q}{\epsilon_0} = \frac{-2Q}{\epsilon_0}$$

لهما يساوي

$$S_4 \rightarrow zero$$



$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$EA = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0} = Q, \quad E = \frac{KQ}{r^2}$$

$$Q = EA \epsilon_0 = E(4\pi r^2) \epsilon_0 = \epsilon_0 (4\pi \times 0.75^2) \times 890$$

$$Q = -55.7 \text{ nC} \rightarrow \text{جذب ايجاد ايجاد}$$

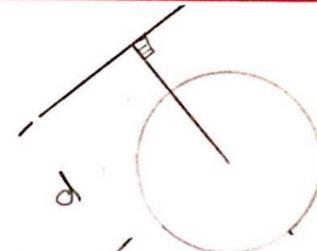
$$E = 890 \text{ N/C جذب ايجاد}$$

If $R < d$ نحو

$$\phi_E = zero$$

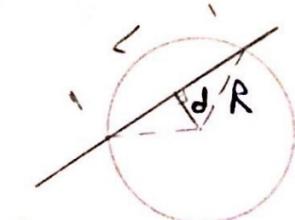
If $R > d$ نحو

نحو ← نحو "لأنه في هذه الحالة يحيط بالقطب"



$$q_{in} = \lambda L = 2\lambda \sqrt{R^2 - d^2} = \lambda \times 2\sqrt{R^2 - d^2}$$

$$\phi_E = \frac{2\lambda \sqrt{R^2 - d^2}}{\epsilon_0}$$



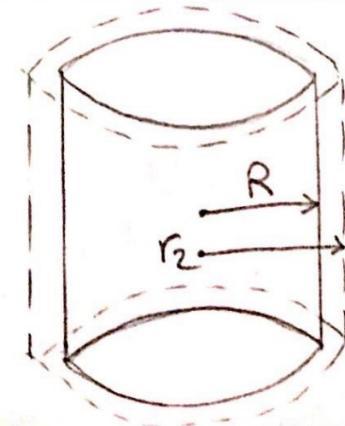
$$L = 2 \sqrt{R^2 - d^2}$$

$r < R \rightarrow r$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$\int_{A_1} E \cdot dA_1 + \int_{A_2} E \cdot dA_2 + \int_{A_3} E \cdot dA_3 = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$EA_2 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad \theta_1 = \theta_3 = 90^\circ \quad \theta_2 = 0$$



$$q_{in} = \rho \pi r_i^2 L \rightarrow \text{كتلة الحرارة المخزنة "الطاقة حارس"}$$

$$E(2\pi r_i L) = \frac{\rho \pi r_i^2 L}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho r_1}{2\epsilon_0} \quad N/C$$

٤٦٢ ملحوظات

$$r > R \rightarrow r_2$$

$$\oint E_2 \cdot dA = \frac{\epsilon_0 \text{in}}{\epsilon_0}$$

$$\int_{A_1} E \cdot dA + \int_{A_2} E \cdot dA_2 + \int_{A_3} E \cdot dA_3 = \frac{\epsilon_{fin}}{\epsilon_0}$$

$$EA_2 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad \theta_1 = \theta_3 = 90^\circ \quad \theta_2 = 0$$

$$\theta_1 = \theta_3 = 90$$

$$\partial_2 = 0$$

$$q_{in} = \rho \pi R^2 L \rightarrow \text{النهاية الموجة طبعاً ومساً}$$

"نهاية الاتصالات في الواقع والنظرية"

$$E(2\pi r_2 L) = \frac{\rho \pi R^2 L}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r_i} \quad N/C$$

$$\textcircled{1} \text{ at } r=5\text{ cm} \rightarrow E = 86 \text{ kN/c}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 \text{in}}{G_0}$$

$$E(4\pi k^2) = \frac{g_4 \epsilon \pi R^3}{6}$$

$$f = E \frac{3E_0}{R} = \frac{86 \times 10^3 \times 3E_0}{0.05} = 4569 \times 10^{-6} \text{ N/m}^3$$

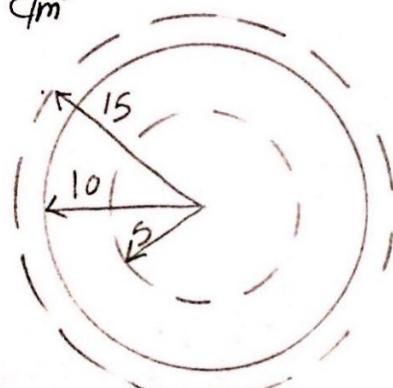
at $r=15$ cm

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_r} I_{in}$$

$$E(4\pi r_2^2) = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi \times 0.15^2) \frac{4569 \times 10^{-6} \times \frac{4}{3}\pi (10 \times 10^{-2})^3}{\epsilon_0}$$

$$E = 764 \times 10^3 \text{ N/C}$$



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

الحالات

8

$$\lambda = E(2\pi r \epsilon_0) = 6 \times 10^3 \times 2\pi \times \epsilon_0 \times 2.4 = 8.01 \times 10^{-7} \text{ C/m}$$

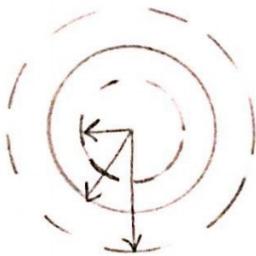
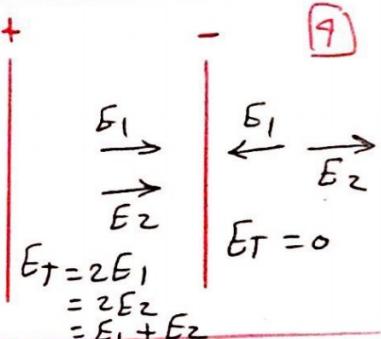
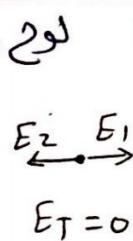
$$E_T = E_1 + E_2 = 2E_1 = 2E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

لهم عذرني

9

$$\sigma = E + \epsilon_0 = 80 \times \epsilon_0 = 7.08 \times 10^{-10} \text{ C/m}^2$$

$$q = \sigma A = 7.08 \times 10^{-10} \times 1 = 7.08 \times 10^{-10} \text{ C}$$



$$r < R$$

$$r_1 = 18 \text{ cm}$$

$$R = 15 \text{ cm}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{\epsilon_0} \quad q_{in} = 0 \quad E = 0$$

$$r > R$$

$$r_2 = 17 \text{ cm}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$EA = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r_2^2) = \frac{Q}{\epsilon_0} \rightarrow E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 40 \times 10^{-9}}{(0.17)^2}$$

$$= 640 \text{ N/C}$$

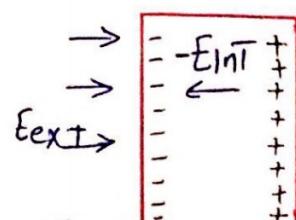
الإجابة على السؤال الرابع في المذكرة

$$E_{ext} = E_{int} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

11

$$80 \times 10^3 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\sigma = 1.42 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$$



$$q = \sigma A = 1.42 \times 10^{-6} \times (0.5 \times 0.5) = -3.542 \times 10^{-7} \text{ C}$$

الإجابة

$$r < a \rightarrow r_1$$

$$r_1 = 1\text{ cm} \quad \text{المنطقة 1}$$

$$E = 0$$

$$b > r > a \rightarrow r_2$$

$$\text{المنطقة 2} \\ r_2 = 3\text{ cm}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r_2) = \frac{8 \times 10^{-6}}{\epsilon_0}$$

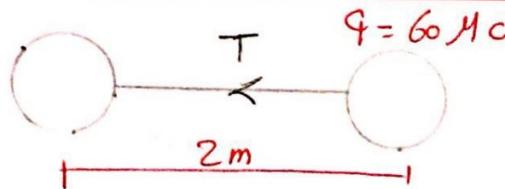
$$E = 80 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$c > r > b \quad r_3 \rightarrow 4.5 \text{ cm}$$

$$E \neq 0$$

الفرزه من ملائمه

$$r > c \quad r = 7\text{ cm} \quad E = \frac{k q_{in}}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(8-4) \times 10^{-6}}{7^2} = 7.5 \times 10^6 \text{ N/C}$$



لما كان بين قطري المقطار 2 m $\ll 0.005\text{ m}$
عند توزيع الشحنة على السطح

$$q_1 = q_2 = 30 \mu C$$

$$F = T = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(30 \times 10^{-6})^2}{2^2} \approx 2 \text{ N}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{A}$$

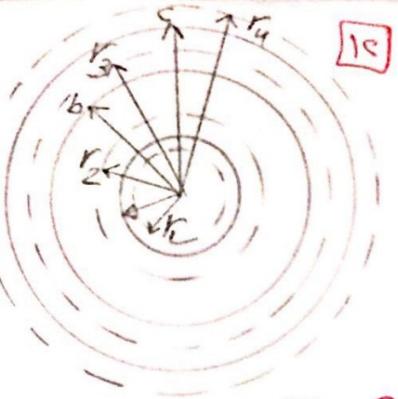
$$EA_2 = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{A}$$

$$q_{in} = \gamma L + 2\gamma L$$

الشكل المثلثي
المنصف

$$A = 2\pi r L$$

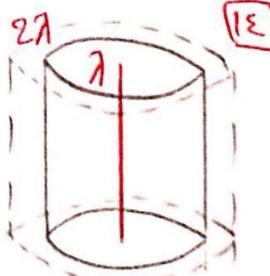
$$E = \frac{3\gamma}{2\pi\epsilon_0 r} \text{ N/C}$$



المنطقة 2 الفرزة

$$q_1 \rightarrow 84\mu C$$

$$q_2 \rightarrow -44\mu C$$



13

$$r < a \rightarrow r_1 \quad E = 0 \quad \text{داخل الكرة}$$

16

$$b > r > a \rightarrow r_2 \quad E \propto \frac{Q}{r^2}$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 i n}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r^2) = \frac{-Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

(-ve) دالة المجال

$$E_a = \frac{kQ}{a^2}, \quad E_b = \frac{kQ}{b^2}$$

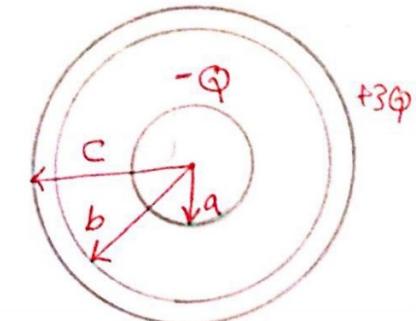
$$c > r > b \rightarrow r_3$$

$$E = 0$$

داخلي القرص

الكرة موصله

// القرص



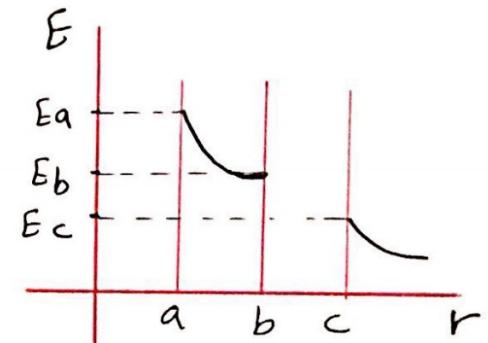
$$r > c \rightarrow r_4$$

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 i n}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r^2) = \frac{-Q + 3Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{2kQ}{r^2}$$

$$E_c = \frac{2kQ}{c^2}$$



$$r < a \rightarrow r_1$$

داخلي الكرة

17

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 i n}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r^2) = \frac{q i n}{\epsilon_0}$$

$$q i n = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$$

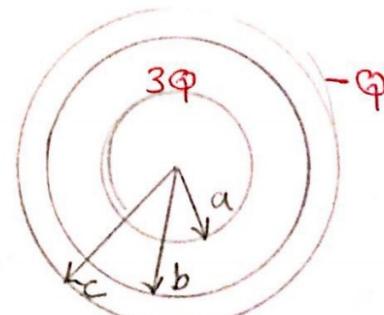
$$E_1 = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}, \quad \rho = \frac{3Q}{4\pi r^3}$$

$$E_1 = \frac{3kQr}{a^3}, \quad E_a = \frac{3kQ}{a^2}$$

$$b > r > a \rightarrow r_2$$

داخلي القرص

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 i n}{\epsilon_0}$$



الكرة غير موصله

داخلي القرص

$$E(4\pi r_2^2) = \frac{3Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{3kQ}{r_2^2} \quad E_b \rightarrow \frac{3kQ}{b^2}$$

$$c > r > b \rightarrow r_3$$

$$E = 0$$

داخلي القرص
غير موصلة

$$r > c \rightarrow r_4$$

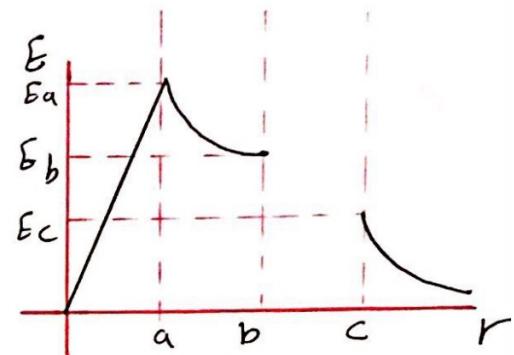
خارجي القرص

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$E(4\pi r_4^2) = \frac{3Q - Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{2kQ}{r_4^2}$$

$$E_c = \frac{2kQ}{c^2}$$



$$a > r > 0 \quad r_1 \quad \text{داخلي القرص موصلة}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \rightarrow \text{حال مكثف}$$

$$b > r > a \rightarrow \text{داخلي القرص}$$

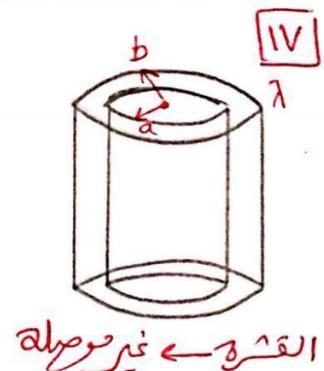
$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$q_{in} \rightarrow \begin{cases} \text{حبيبات} \\ \text{جزيئات} \end{cases}$$

$$q_{in} = \lambda L + q_{2in}$$

$$q_{2in} = \rho L \pi (r_2^2 - a^2) = \rho * \text{مساحة} * \text{ارتفاع}$$

$$E_2 = \frac{\lambda + \rho \pi (r_2^2 - a^2)}{2\pi\epsilon_0 r_2}$$



$$q_{2in} = \rho V \quad a = \text{إرادي طول} \\ = \rho \pi r_2^2 L$$

$b > r \rightarrow r_3$ *اللهم يارب*

$$\oint E \cdot dA = \frac{\epsilon_0 q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$A = 2\pi r_3 L$$

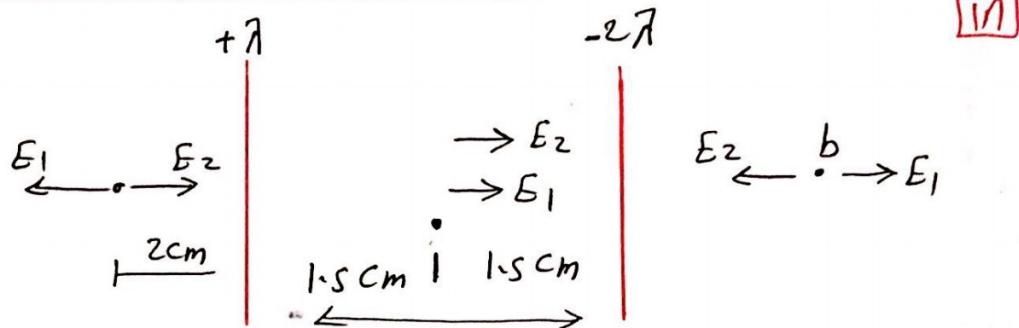
$$q_{in} = \lambda L + \sigma \pi (b^2 - a^2) L$$

$$E = \frac{\lambda + \sigma \pi L (b^2 - a^2)}{2\pi \epsilon_0 r_3}$$

$\sigma \pi L (b^2 - a^2)$ *constant*

جواب مكتوب في المراجعة

$$E_{wire} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r}$$



$$\text{at } A = E_T = E_2 - E_1 = \frac{+2\lambda}{2\pi \epsilon_0 r_2} - \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r_1} = \frac{+2 \times 6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 0.5} - \frac{6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 0.2}$$

$$E = +9.71 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\text{at } b = E_T = E_1 - E_2 = \frac{6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 0.1} - \frac{2 \times 6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 0.4} = 2.4 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\begin{aligned} \text{at } c \quad E_T &= E_1 + E_2 = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r_1} + \frac{2\lambda}{2\pi \epsilon_0 r_2} = \frac{6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 1.5 \times 10^{-2}} + \frac{2 \times 6 \times 10^{-6}}{2\pi \epsilon_0 \times 0.05} \\ &= 7.19 \times 10^6 \text{ N/C} \end{aligned}$$

$$\sum F_x = 0 \quad T \sin 20^\circ = qE$$

$$\sum F_y = 0 \quad T \cos 20^\circ = mg$$

① on ②

$$\tan 20^\circ = \frac{qE}{mg}$$

$$q = \frac{mg}{E} \quad \tan 20^\circ = \frac{\tan(20^\circ) \times 20 \times 10^3 \times 9.8 \times 1}{\frac{g}{2\epsilon_0}} = \frac{20 \times 10^3 \times 9.8 \tan(20^\circ)}{2 \times 10^9}$$

$$q = 6.316 \times 10^{-18} \text{ C}$$

