

Điện trường tĩnh

Lê Quang Nguyên

www4.hcmut.edu.vn/~leqnguyen

nguyenquangle59@yahoo.com

Nội dung

1. Điện tích

- a) Tính chất
- b) Định luật Coulomb

2. Điện trường

- a) Cường độ điện trường
- b) Điện trường của điện tích điểm
- c) Nguyên lý chồng chất điện trường
- d) Đường sức điện trường

3. Bài tập áp dụng

4. Điện trường quanh ta

cuuduongthancong.com

1a. Tính chất của điện tích

- Hệ kín: Q bảo toàn.
- Lượng tử hóa: $Q = \pm ne$
- $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Vật được tích điện thông qua:
 - cọ xát với một vật khác,
 - tiếp xúc với vật tích điện,
 - hiện tượng cảm ứng điện.



Mặt đất tích điện thông qua cảm ứng.

1b. Định luật Coulomb

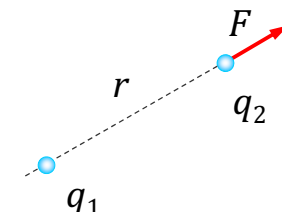
- Lực tĩnh điện giữa hai điện tích điểm trong chân không:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

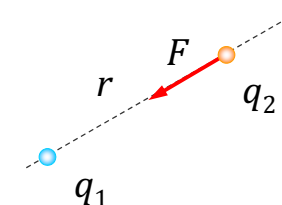
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

Hằng số điện

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$$



điện tích cùng dấu: đẩy



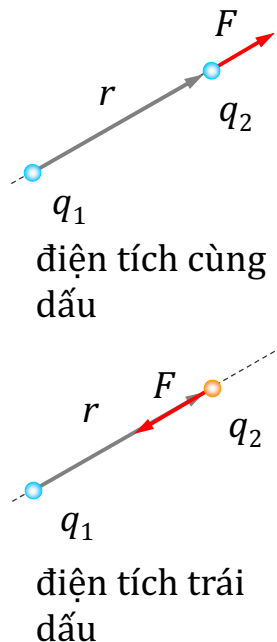
điện tích trái dấu: hút

1b. Định luật Coulomb (tt)

Lực do q_1 tác động lên q_2 :

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$$

\vec{r} hướng từ q_1 tới q_2

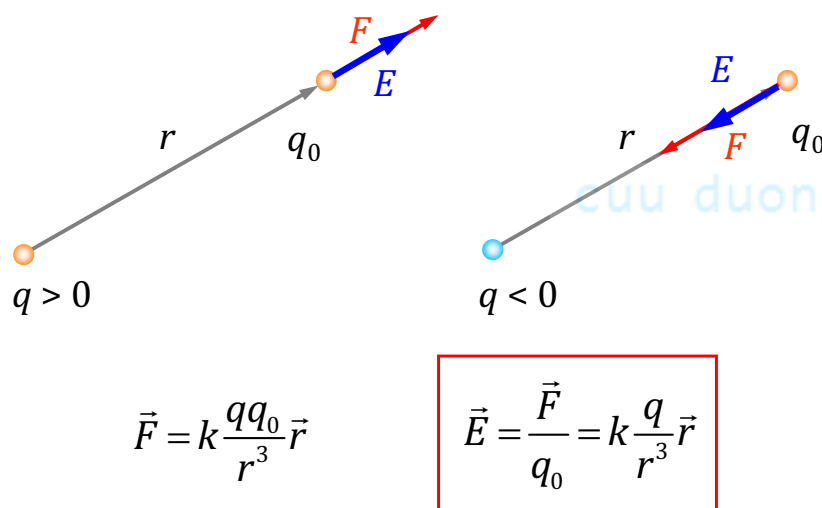


2a. Cường độ điện trường

- Mỗi hệ điện tích đều tạo ra quanh mình một **điện trường**.
- Mỗi điểm trong điện trường có một **vector cường độ điện trường** E xác định.
- Đặt một **điện tích thử** q_0 tại vị trí M trong điện trường, và đo lực tĩnh điện F lên q_0 .
- Điện trường ở M là:

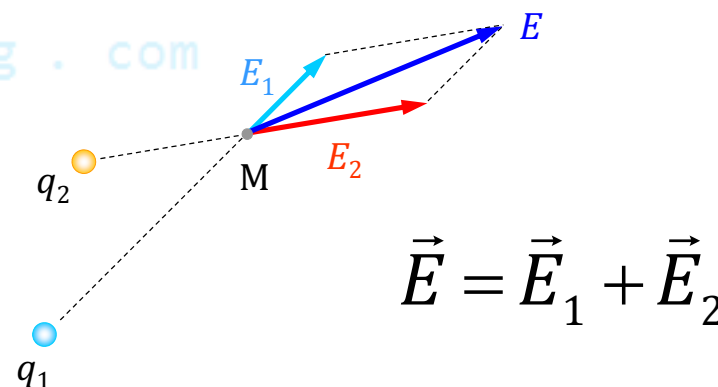
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (\text{N/C hay V/m})$$

2b. Điện trường của một điện tích điểm



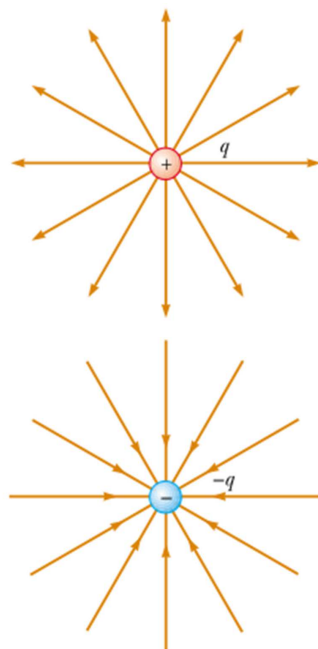
2c. Nguyên lý chồng chất điện trường

- Điện trường của hệ điện tích điểm = tổng các **vector** điện trường của các điện tích điểm.



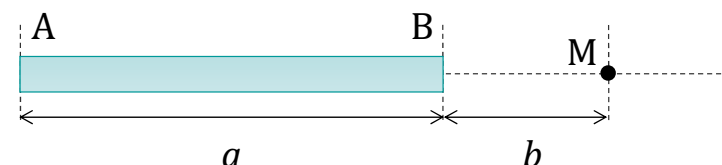
2d. Đường sức điện trường

- Nhận E làm tiếp tuyến.
- Theo chiều của E .
- Minh họa.
- Đường sức không bao giờ cắt nhau.
- Quy ước: Mật độ đường sức trên một mặt phẳng nhỏ \perp với điện trường thì tỷ lệ với độ lớn điện trường đi qua mặt đó.



Bài tập 1

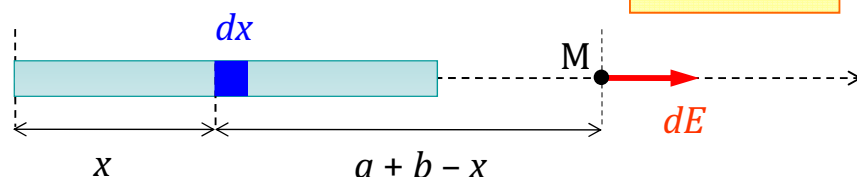
Một thanh thẳng AB có chiều dài a được tích điện đều với mật độ $\lambda > 0$. Tìm độ lớn điện trường tại một điểm M nằm trên đường nối dài của thanh, cách đầu B một đoạn b .



Trả lời BT 1

- Chia thanh làm nhiều đoạn vi phân, mỗi đoạn có chiều dài dx , điện tích $dq = \lambda dx$.
- Coi dq là một điện tích điểm, nó tạo ra ở M một điện trường:

$$dE = k \frac{|dq|}{r^2} = k \frac{|\lambda| dx}{(a+b-x)^2}$$



Trả lời BT 1 (tt)

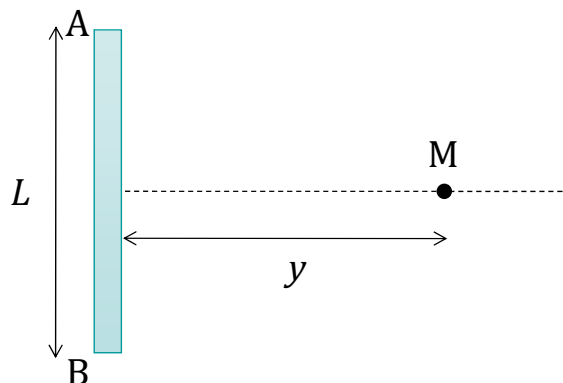
- Điện trường toàn phần tại M: $\vec{E} = \int d\vec{E}$
 $\Leftrightarrow E_x = \int dE_x \quad E_y = \int dE_y \quad E_z = \int dE_z$
- Điện trường do mọi điện tích dq tạo ra đều cùng phương (trục x), do đó: $E_y = E_z = 0$

$$E_x = \int dE_x = k\lambda \int_0^a \frac{dx}{(a+b-x)^2}$$

$$E_x = k\lambda \left[-\frac{1}{a+b-x} \right]_0^a = k\lambda \left(-\frac{1}{b} + \frac{1}{a+b} \right)$$

Bài tập 2

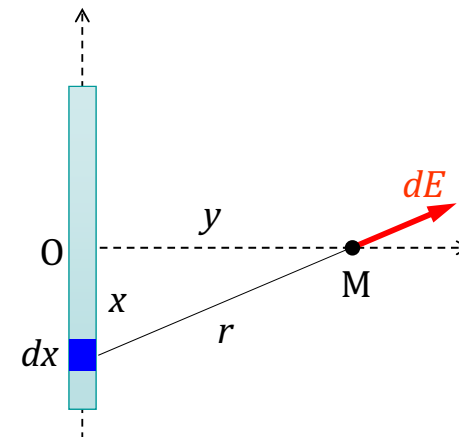
Một thanh AB chiều dài L được tích điện đều với mật độ $\lambda > 0$. Tìm điện trường tại điểm M trên đường vuông góc thanh tại trung điểm, cách thanh một khoảng y .



Trả lời BT 2 - 1

- Chia thanh làm nhiều đoạn nhỏ dx , mỗi đoạn có điện tích $dq = \lambda dx$.
- dq tạo ra ở M điện trường có độ lớn:

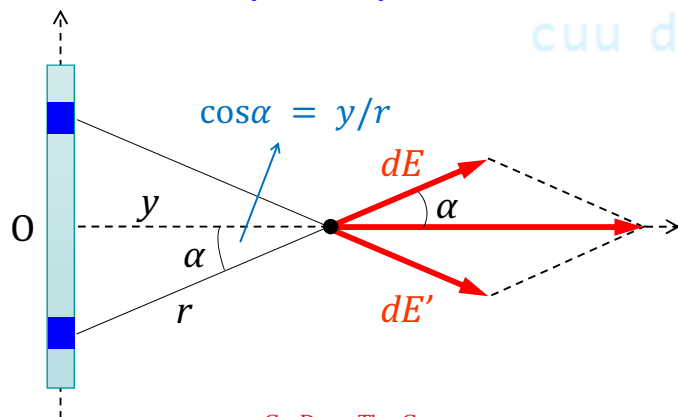
$$dE = k \frac{|dq|}{r^2} = k \frac{\lambda dx}{r^2}$$



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 2 - 2

- Điện trường toàn phần tại M: $\vec{E} = \int d\vec{E}$
- Do đối xứng, E có phương trên trục y .
- Do đó: $E = E_y = \int dE_y = \int dE \cos \alpha$

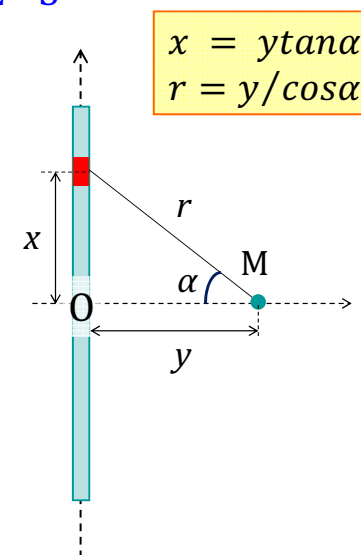


Trả lời BT 2 - 3

$$E = k\lambda \int \frac{dx}{r^2} \cos \alpha$$

$$dx = \frac{y}{\cos^2 \alpha} d\alpha$$

$$\begin{aligned} \frac{dx \cos \alpha}{r^2} &= \frac{y d\alpha}{\cos \alpha (y/\cos \alpha)^2} \\ &= \frac{\cos \alpha d\alpha}{y} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} x &= y \tan \alpha \\ r &= y / \cos \alpha \end{aligned}$$

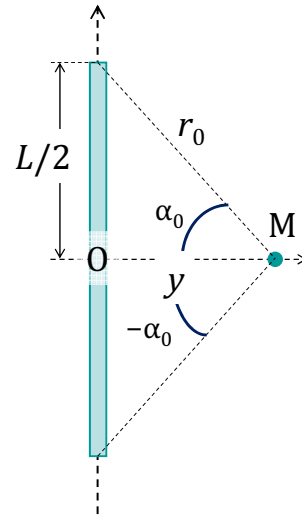
Trả lời BT 2 - 4

$$E = \frac{k\lambda}{y} \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} \cos \alpha d\alpha = \frac{2k\lambda}{y} \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha_0 = \frac{L}{2r_0} = \frac{L/2}{\sqrt{y^2 + (L/2)^2}}$$

$$E = \frac{2k\lambda}{y} \cdot \frac{L}{\sqrt{4y^2 + L^2}}$$

Câu trả lời đúng là (c)



BT 2 - mở rộng

Tìm điện trường tại M khi thanh AB dài vô hạn về cả hai phía.

cuu duong than cong . com

Bài tập 3

Một đoạn dây tích điện đều với mật độ $\lambda > 0$ được uốn thành ba cạnh của một hình vuông ABCD có cạnh a . Cường độ điện trường tại tâm hình vuông là:

$$(a) E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a}$$

$$(b) E = \frac{\lambda\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0 a}$$

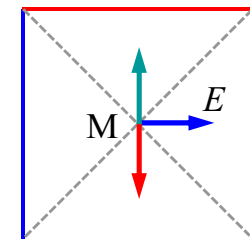
$$(c) E = \frac{\lambda\sqrt{2}}{2\pi\epsilon_0 a}$$

$$(d) E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a}$$

cuu duong than cong . com

Trả lời BT 3 - 1

- Do đối xứng, điện trường do mỗi đoạn dây tạo ra ở M có phương vuông góc với đoạn dây đó.
- Hai đoạn dây ở hai bên tâm M tạo hai điện trường bù trừ lẫn nhau.
- Điện trường toàn phần chỉ do đoạn dây còn lại đóng góp.



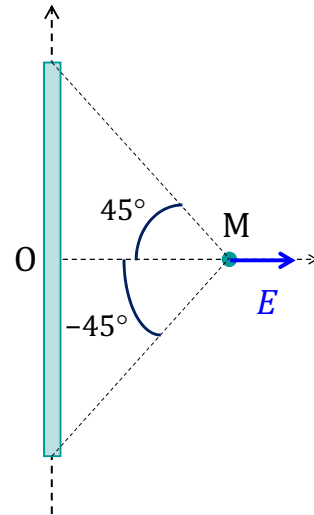
Trả lời BT 3 - 2

$$E = \frac{2k\lambda}{y} \sin 45^\circ = \frac{k\lambda\sqrt{2}}{y}$$

$$y = OM = a/2$$

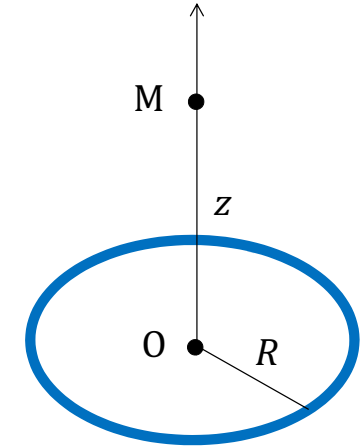
$$E = \frac{\lambda\sqrt{2}}{2\pi\epsilon_0 a}$$

Câu trả lời đúng là (c)



Bài tập 4

Một vành tròn nằm trong mặt phẳng xy bán kính R được tích điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda > 0$. Tìm điện trường tại điểm M nằm trên trục đối xứng, ở vị trí tọa độ z .



cuu duong than cong . com

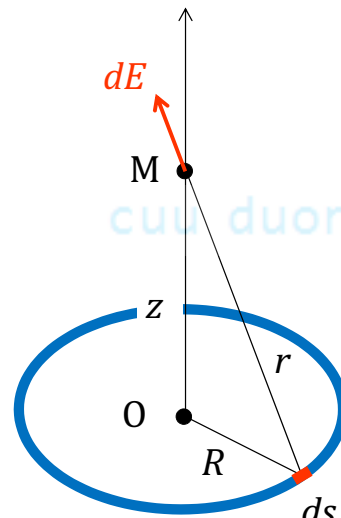
Trả lời BT 4 - 1

- Chia vành tròn làm nhiều phần nhỏ ds , điện tích $dq = \lambda ds$.
- Điện trường do dq tạo ra ở M:

$$dE = k \frac{dq}{r^2} = k \frac{\lambda ds}{r^2}$$

$$r^2 = z^2 + R^2$$

Không đổi với mọi ds



Trả lời BT 4 - 2

- Điện trường tại M:

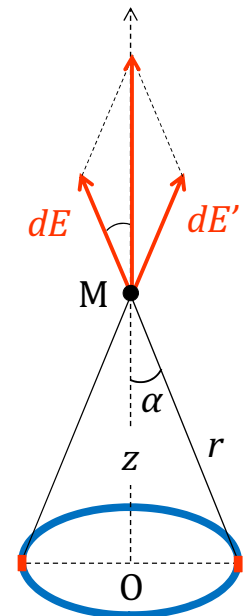
$$\vec{E} = \int d\vec{E}$$

- Do đối xứng, E có phương trên trục z :

$$E = E_z = \int dE_z = \int dE \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{z}{r}$$

Không đổi với mọi ds



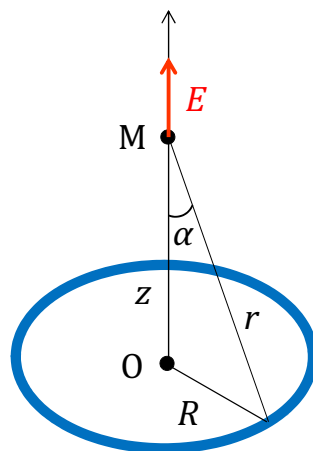
Trả lời BT 4 – 3

$$E_z = \int k \frac{\lambda ds}{r^2} \cos \alpha = k \frac{\lambda \cos \alpha}{r^2} \int ds$$

$$E_z = k \frac{\lambda \cos \alpha}{r^2} 2\pi R$$

$$\cos \alpha = \frac{z}{r} \quad r^2 = R^2 + z^2$$

$$E_z = 2\pi k \lambda \frac{zR}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$



cuu duong than cong . com

Bài tập 5

Một đoạn dây AB tích điện đều với mật độ $\lambda > 0$ được uốn thành một cung tròn tâm O, bán kính R, góc ở tâm 60° . Cường độ điện trường tại tâm O là:

$$(a) E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R}$$

$$(b) E = 9 \times 10^9 \frac{\lambda}{R}$$

$$(c) E = \frac{\lambda\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0 R}$$

(d) Kết quả khác.

Trả lời BT 5

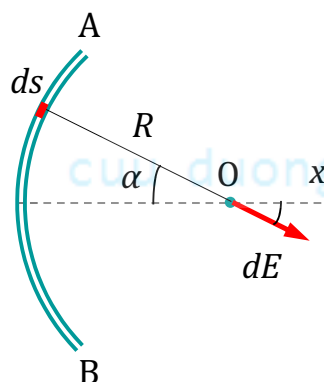
- Điện trường do phần nhỏ ds tạo ra ở O:

$$dE = k \frac{\lambda ds}{R^2}$$

- Điện trường toàn phần có phương ở trên Ox:

$$E = \int dE_x = \int dE \cos \alpha$$

$$E = \int k \frac{\lambda ds}{R^2} \cos \alpha$$



cuu duong than cong . com

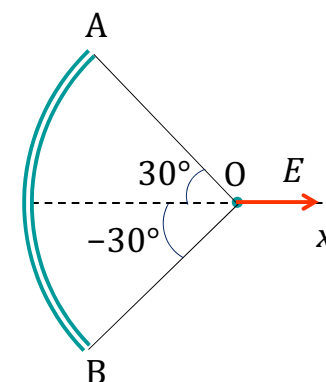
Trả lời BT 5 (tt)

- $ds = R d\alpha$ và góc α thay đổi từ -30° đến 30° :

$$E = \frac{k\lambda R}{R^2} \int_{-30^\circ}^{30^\circ} \cos \alpha d\alpha$$

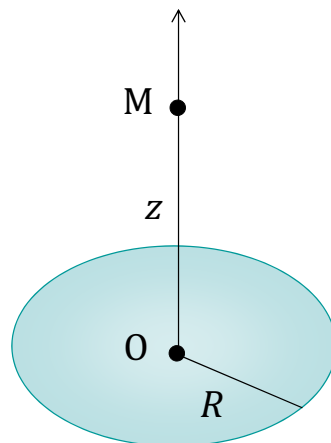
$$E = \frac{2k\lambda}{R} \sin 30^\circ = k \frac{\lambda}{R}$$

- Câu trả lời đúng là (b).



Bài tập 6

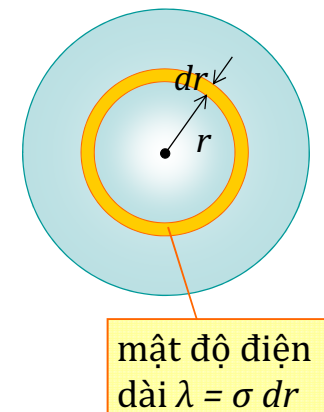
Một đĩa tròn bán kính R tích điện đều với mật độ điện tích $\sigma > 0$. Tìm điện trường tại điểm M nằm trên trục đối xứng, ở vị trí có tọa độ z .



Trả lời BT 6

- Chia đĩa tròn làm nhiều vành, mỗi vành có bán kính r và bề dày dr .
- Mỗi vành có diện tích $2\pi r dr$,
- do đó có điện tích $\sigma 2\pi r dr$
- và mật độ điện dài:

$$\lambda = \frac{\sigma 2\pi r dr}{2\pi r} = \sigma dr$$



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 6 (tt)

- Mỗi vành *bán kính* r tạo một điện trường:

$$dE_z = 2\pi k \lambda \frac{zr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} = 2\pi k (\sigma dr) \frac{zr}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$

- E toàn phần do tất cả các vành: $E_z = \int dE_z$

$$E_z = 2\pi k \sigma z \int_0^R \frac{r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} = -2\pi k \sigma z \left[\frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right]_0^R$$

$$E_z = 2\pi k \sigma \left(1 - \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right)$$

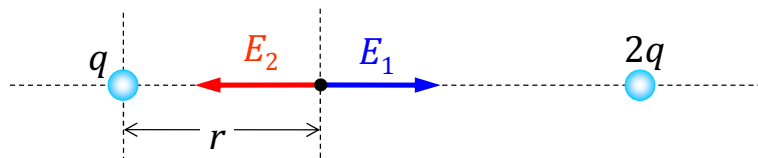
BT 6 - mở rộng

Tìm điện trường tại M khi đĩa tròn có bán kính tiến tới vô cùng (trở thành bản phẳng vô hạn tích điện đều).

cuu duong than cong . com

Bài tập 7

Hai điện tích điểm q và $2q$ đặt cách nhau 10 cm. M là một điểm nằm trên đường nối dài hai điện tích và cách q một đoạn r . Tìm r để điện trường tổng hợp tại M triệt tiêu.



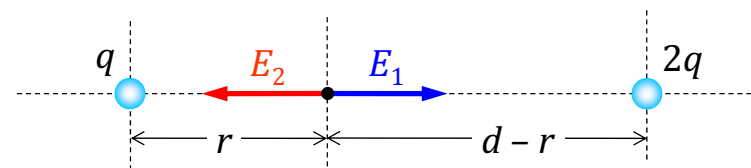
Trả lời BT 7

- Độ lớn điện trường ở M do từng điện tích:

$$E_1 = k \frac{|q|}{r^2} \quad E_2 = k \frac{2|q|}{(d-r)^2}$$

- Độ lớn của điện trường toàn phần tại M:

$$E = |E_1 - E_2| = k|q| \left(\frac{1}{r^2} - \frac{2}{(d-r)^2} \right)$$



cuu duong than cong . com

Trả lời BT 7 (tt)

- Đặt $E = 0$ ta có:

$$2r^2 - (d-r)^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow (r\sqrt{2} + r - d)(r\sqrt{2} - r + d) = 0$$

- Do đó:

$$r = d / (1 + \sqrt{2}) = 4,1 \text{ cm}$$

cuu duong than cong . com