

Chương 24: Định luật Gauss

Trong chương 23, chúng ta đã chỉ ra cách thức để xác định cường độ điện trường gây ra bởi một phân bố điện tích cho trước bằng cách lấy tích phân trên toàn bộ phân bố này. Trong chương này chúng ta sẽ xem xét định luật Gauss và một cách thức khác để xác định cường độ điện trường nhờ định luật này. Mặc dù định luật Gauss là hệ quả của định luật Coulomb, nhưng định luật này rất thuận tiện để xác định cường độ điện trường gây ra bởi các phân bố điện tích có tính đối xứng cao. Định luật Gauss cũng giúp chúng ta hiểu và kiểm tra các tính chất của vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện.

24.1 Thông lượng điện trường

Trong một điện trường đều, các đường sức điện trường là những đường thẳng song song nhau. Trong điện trường này lấy một mặt là hình chữ nhật sao cho các đường sức điện trường vuông góc với diện tích này (hình 24.1). Vì số đường sức qua một đơn vị diện tích tỷ lệ thuận với độ lớn của cường độ điện trường nên tổng số đường sức xuyên qua mặt này tỷ lệ thuận với tích số EA . Tích số EA được gọi là thông lượng điện trường qua mặt đang xét. Thông lượng điện trường tỷ lệ thuận với số đường sức xuyên qua mặt khảo sát.

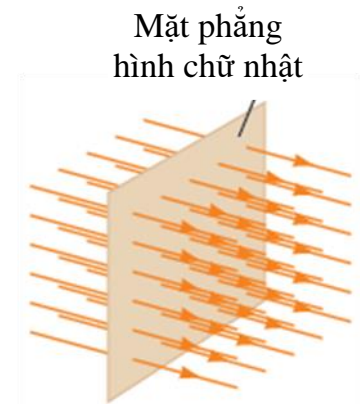
$$\Phi_E = EA \quad (24.1)$$

Trong hệ SI Φ_E có đơn vị là $N \cdot m^2/C$.

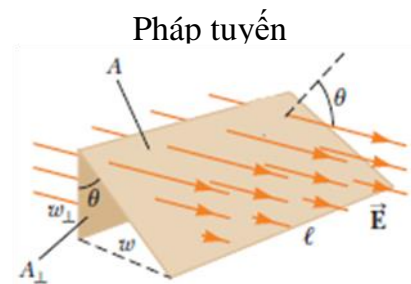
Nếu mặt khảo sát không vuông góc với các đường sức, thông lượng điện trường có giá trị nhỏ hơn EA . Trong hình 24.2 pháp tuyến của mặt có diện tích A hợp với đường sức một góc θ . Gọi A_{\perp} là hình chiếu của diện tích A lên mặt phẳng vuông góc với các đường sức và ta có $A_{\perp} = A \cdot \cos\theta$. Có thể nhận thấy rằng số đường sức xuyên qua diện tích A bằng với số đường sức xuyên qua diện tích A_{\perp} . Do đó thông lượng điện trường qua A bằng:

$$\Phi_E = EA_{\perp} = EA \cdot \cos\theta \quad (24.2)$$

Trong trường hợp tổng quát, điện trường là không đều thì các công thức trên chỉ đúng cho những mặt rất nhỏ với diện tích dA . Nghĩa là để tính thông lượng điện trường qua một mặt, cần chia mặt này thành những phần rất nhỏ có diện tích dA . Vectơ diện tích $d\vec{A}$ tương ứng với một phần nhỏ dA được định nghĩa là vectơ có độ dài bằng dA và có phương vuông góc với diện tích dA . Thông lượng điện trường qua mỗi phần dA bằng



Hình 24.1

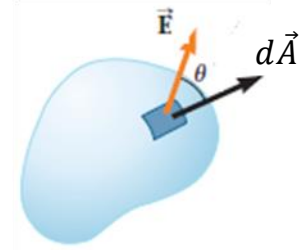


Hình 24.2

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

Thông lượng điện trường qua cả mặt khảo sát có diện tích A bằng

$$\Phi_E = \int_{(\text{Mặt khảo sát})} \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (24.3)$$



Hình 24.3

Giá trị của Φ_E theo công thức trên phụ thuộc vào cả mặt khảo sát và cả tính chất của điện trường.

Trong trường hợp cần tính thông lượng điện trường qua một mặt kín thì hướng của vectơ diện tích $d\vec{A}$ được chọn hướng ra phía ngoài của mặt kín. Thông lượng điện trường qua mặt kín lúc này tỷ lệ với hiệu số của số đường sức đi ra mặt kín và số đường sức đi vào mặt kín. Thông lượng điện trường qua một mặt kín được ký hiệu là:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (24.4)$$

Câu hỏi 24.1: Giả sử có một điện tích điểm đặt ở tâm của một mặt cầu có bán kính xác định. Độ lớn của cường độ điện trường ở mặt cầu và thông lượng điện trường qua mặt cầu sẽ thay đổi như thế nào khi bán kính mặt cầu giảm còn một nửa? (a) cả thông lượng và cường độ điện trường đều tăng. (b) cả thông lượng và cường độ điện trường đều giảm. (c) Thông lượng tăng còn cường độ điện trường giảm. (d) Thông lượng giảm còn cường độ điện trường tăng. (e) Thông lượng giảm còn cường độ điện trường giữ nguyên.

24.2 Định luật Gauss

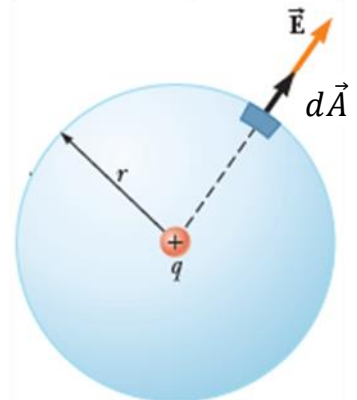
Trong nội dung này, chúng ta sẽ thiết lập mối liên hệ tổng quát giữa thông lượng điện trường qua mặt kín (thường gọi là mặt Gauss) và điện tích chứa bên trong mặt kín này. Định luật xác định mối liên hệ này là định luật Gauss.

Xét một điện tích điểm dương đặt tại tâm của một mặt cầu bán kính r . Độ lớn của cường độ điện trường ở mọi vị trí của mặt cầu bằng nhau và bằng $E = k_e q / r^2$. Các đường sức điện trường vuông góc với mặt cầu tại mọi điểm và hướng ra tâm mặt cầu. Vì vậy thông lượng điện trường qua mặt cầu bằng

$$\begin{aligned} \Phi_E &= \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E dA = E \oint dA = k_e \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 \\ &= 4\pi k_e \cdot q \end{aligned}$$

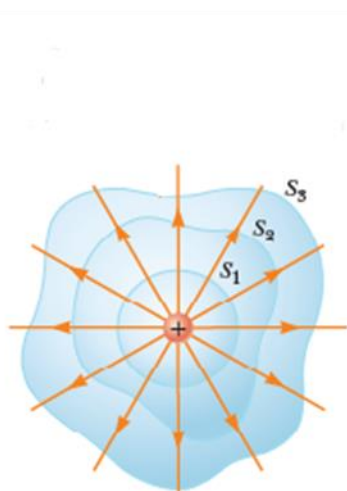
Hay

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (24.5)$$

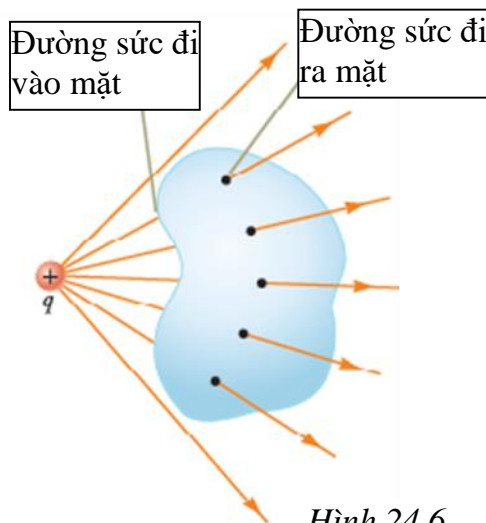


Hình 24.4

Khi có nhiều mặt kín bao quanh điện tích q như hình bên thì thông lượng điện trường qua các mặt S_1 , S_2 và S_3 đều bằng nhau. Do đó thông lượng điện trường qua một mặt kín bất kỳ bao quanh điện tích điểm q đều bằng q/ϵ_0 và không phụ thuộc hình dáng của mặt này.



Hình 24.5



Hình 24.6

Khi điện tích điểm q ở bên ngoài mặt kín với hình dạng tùy ý thì số đường sức đi vào mặt kín cũng bằng số đường sức đi ra. Do đó thông lượng điện trường qua một mặt kín không chứa điện tích bên trong sẽ bằng không.

Trong trường hợp có nhiều điện tích điểm thì chúng ta sử dụng nguyên lý chồng chất điện trường để khai triển thông lượng điện trường qua mặt kín bất kỳ như sau:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint (\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots) \cdot d\vec{A}$$

Kết quả thu được là:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad (24.6)$$

trong đó q_{in} là tổng điện tích chứa trong mặt kín.

Phương trình 24.6 cũng đúng cho trường hợp điện tích phân bố liên tục.

Phương trình 24.6 là phương trình toán của định luật Gauss cho một mặt kín bất kỳ, trong đó \vec{E} là điện trường tại các điểm khác nhau trên mặt kín và q_{in} là tổng điện tích chứa trong mặt kín này.

Câu hỏi 24.2: Nếu thông lượng điện trường qua một mặt Gauss bằng không thì bốn phát biểu sau đây có thể đúng. Những phát biểu nào luôn luôn đúng? (a) Không có điện tích trong mặt Gauss. (b) Tổng điện tích trong mặt Gauss bằng không. (c) Cường độ điện trường bằng không ở mọi điểm trên mặt Gauss bằng không. (d) Số đường sức đi vào mặt Gauss bằng số đường sức đi ra mặt Gauss.

24.3 Áp dụng của định luật Gauss đối với các phân bố điện tích khác nhau.

Định luật Gauss được áp dụng để xác định cường độ điện trường gây ra bởi các phân bố điện tích có tính đối xứng cao qua những tính toán khá đơn giản. Hình dạng của mặt kín được chọn phụ thuộc vào tính đối xứng của phân bố điện tích sao cho E có thể mang ra ngoài tích phân. Mặt kín nên được chọn sao cho mỗi phần của mặt thỏa ít nhất một trong các điều kiện sau:

1. Giá trị của cường độ điện trường được phán đoán dựa vào tính đối xứng của phân bố điện tích là không đổi trên một phần của mặt.
2. Tích vô hướng $\vec{E} \cdot d\vec{A}$ bằng $E \cdot dA$ hoặc $-E \cdot dA$ do hai vectơ \vec{E} và $d\vec{A}$ song song nhau.
3. Tích vô hướng $\vec{E} \cdot d\vec{A}$ bằng không do hai vectơ \vec{E} và $d\vec{A}$ vuông góc.
4. Giá trị của cường độ điện trường bằng không trên một phần của mặt.

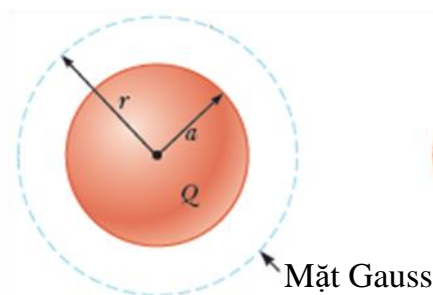
Các phân bố khác nhau của mặt Gauss có thể thỏa mãn các điều kiện khác. Với một phân bố điện tích không đủ tính đối xứng thì định luật Gauss không thuận tiện để xác định cường độ điện trường gây ra bởi các phân bố điện tích này.

Bài tập mẫu 24.1: Phân bố điện tích có tính đối xứng cầu.

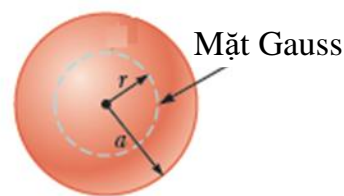
Một quả cầu đặc bán kính a có tổng điện tích Q dương phân bố đều trong thể tích với mật độ điện khối ρ .

(A) Xác định cường độ điện trường ở một điểm bên ngoài quả cầu có khoảng cách tới tâm là r .

Giải:



Hình 24.7a



Hình 24.7b

Chọn mặt Gauss là mặt cầu bán kính r , có tâm là tâm của quả cầu (hình 24.7a). Do tính đối xứng của phân bố điện tích, cường độ điện trường do quả cầu gây ra có độ lớn như nhau tại mọi điểm trên mặt Gauss và có chiều hướng từ tâm ra (nghĩa là hai vectơ \vec{E} và $d\vec{A}$ cùng chiều).

Thông lượng điện trường qua mặt Gauss:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \cdot \oint dA = E \cdot 4\pi r^2$$

Theo định luật Gauss:

$$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Suy ra:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k_e \frac{Q}{r^2} \quad (r > a)$$

(B) Xác định cường độ điện trường ở một điểm bên trong quả cầu có khoảng cách tới tâm là r .

Giải:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu bán kính r , có tâm là tâm của quả cầu (hình 24.7b).

Thông lượng điện trường qua mặt Gauss:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cdot dA = E \cdot \oint dA = E \cdot 4\pi r^2$$

Lượng điện tích chứa bên trong mặt Gauss có thể tích V' :

$$q_{in} = \rho V' = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

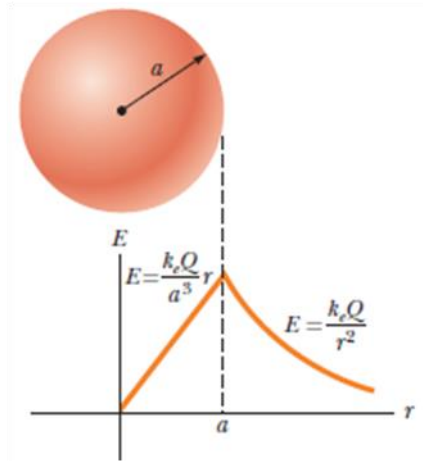
Theo định luật Gauss:

$$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Suy ra:

$$E = \frac{\rho}{3\epsilon_0} r = k_e \frac{Q}{a^3} r \quad (r < a)$$

Hình 24.8 là đồ thị của E đối với r .



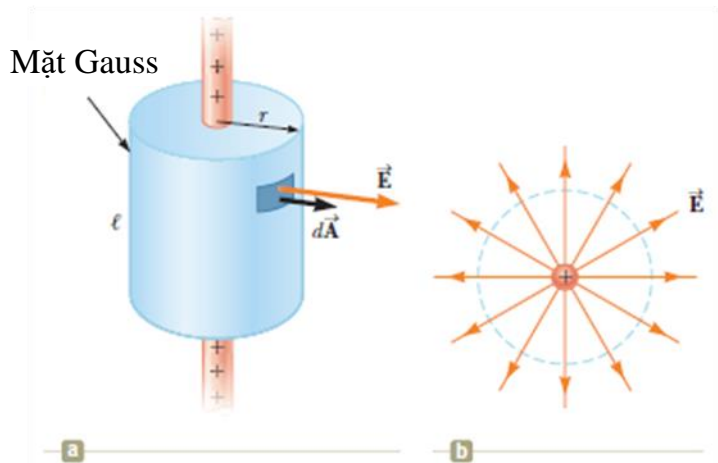
Hình 24.8

Bài tập mẫu 24.2: Phân bố điện tích có tính đối xứng trụ.

Xác định cường độ điện trường tại điểm có khoảng cách r tới một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều với mật độ điện dài λ (với $\lambda > 0$).

Giải:

Do tính đối xứng của phân bố điện tích, cường độ điện trường do dây gây ra vuông góc với dây và có chiều hướng từ dây ra. Chọn mặt Gauss là mặt trụ bán kính r và chiều cao ℓ (hình



Hình 24.9

24.9). Trên mặt xung quanh của mặt Gauss \vec{E} có độ lớn như nhau và vuông góc với mặt này tại mọi điểm (nghĩa là hai vectơ \vec{E} và $d\vec{A}$ cùng chiều). Ngoài ra \vec{E} song song với hai mặt đáy của mặt Gauss nên thông lượng điện trường qua hai mặt này bằng không.

Thông lượng điện trường qua mặt Gauss:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_{(\text{Mặt xung quanh})} E \cdot dA = E \cdot \int dA = E \cdot 2\pi r \cdot \ell$$

Tổng điện tích chứa trong mặt Gauss: $q_{in} = \lambda \ell$.

Theo định luật Gauss:

$$\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Suy ra:

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

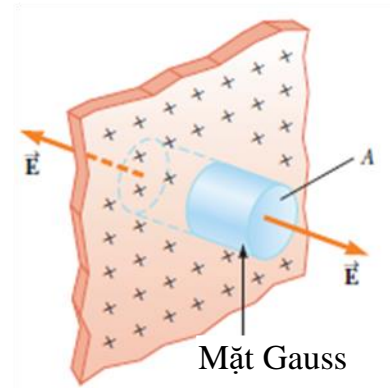
Nếu dây tích điện không dài vô hạn thì kết quả trên là gần đúng đối với các điểm khá gần dây và ở xa hai đầu của dây.

Bài tập mẫu 24.3: Mặt phẳng tích điện.

Tìm cường độ điện trường gây ra bởi một mặt phẳng rộng vô hạn tích đều với mật độ điện mặt σ ($\sigma > 0$).

Giải:

Do tính đối xứng, \vec{E} vuông góc với mặt phẳng tại mọi điểm và có chiều hướng ra khỏi mặt phẳng. Chọn mặt Gauss là mặt trụ có trục vuông góc với mặt phẳng và hai đáy với diện tích A cách đều mặt phẳng (hình 24.10).



Hình 24.10

Thông lượng điện trường qua mặt Gauss bằng $\Phi_E = 2EA$.

Lượng điện tích chứa bên trong mặt Gauss bằng:
 $q_{in} = \sigma A$

Theo định luật Gauss, cường độ điện trường có độ lớn bằng:

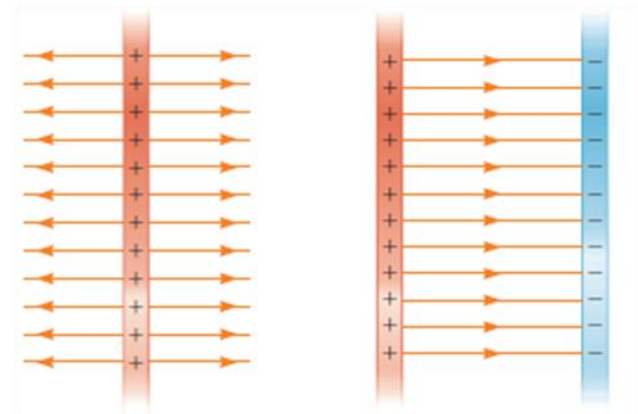
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Kết quả trên cho thấy E không phụ thuộc khoảng từ mỗi đáy của mặt Gauss tới mặt phẳng nên điện trường gây ra bởi một mặt phẳng tích điện đều rộng vô hạn là một điện trường đều.

Dựa vào kết quả này chúng ta cũng suy ra được điện trường gây ra bởi hai mặt phẳng tích điện trái dấu và đặt song song nhau với mật độ điện mặt của hai mặt phẳng này có cùng độ lớn là σ ($\sigma > 0$) là:

- Ở ngoài hai mặt phẳng, cường độ điện trường bằng không.

- Trong khoảng giữa hai mặt phẳng, điện trường là đều với độ lớn $E = \sigma/\epsilon_0$.



Hình 24.11

Hình 24.11 là hình ảnh đường sức điện trường gây bởi một mặt phẳng và hai mặt phẳng.

24.4 Vật dẫn điện ở trạng thái cân bằng tĩnh điện.

Một vật dẫn điện chứa trong nó các điện tích có thể chuyển động tự do toàn khối chất. Khi các điện tích này không thực hiện chuyển động theo một hướng xác định trong khối chất thì vật dẫn điện ở trạng thái cân bằng tĩnh điện. Một vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện có các tính chất sau:

1. Trong toàn bộ khối vật dẫn, cường độ điện trường bằng không, cho dù vật dẫn là đặc hay rỗng.

2. Nếu vật dẫn được cô lập và được tích điện thì điện tích của vật chỉ phân bố ở bề mặt ngoài của vật.

3. Cường độ điện trường ở một điểm bên ngoài sát bề mặt của vật dẫn tích điện thì vuông góc với mặt vật dẫn và có độ lớn σ/ϵ_0 , trong đó σ là mật độ điện mặt tại điểm đó.

4. Với một vật dẫn có hình dạng không đối xứng, mật độ điện mặt là lớn nhất ở những vị trí có bán kính cong của bề mặt là nhỏ nhất.

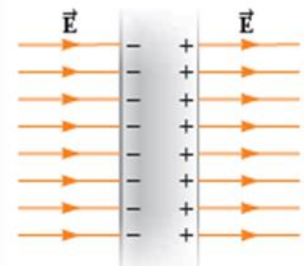
Tính chất đầu tiên có thể chứng minh bằng cách đặt một tấm vật dẫn trong một điện trường ngoài. Khi trạng thái cân bằng tĩnh điện được thiết lập thì điện trường trong vật dẫn phải bằng không.

Vì nếu điện trường này không bằng không thì các điện tích tự do

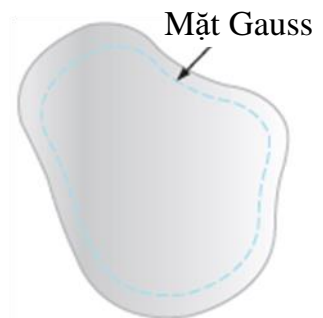
trong vật sẽ chịu tác dụng của lực điện ($\vec{F} = q\vec{E}$) và sẽ bị gia tốc bởi lực này, nghĩa là vật dẫn không ở trạng thái cân bằng tĩnh điện. Trước khi có điện trường ngoài, các điện tích tự do phân bố đều khắp trong vật dẫn. Khi có điện trường ngoài, các điện tích tự do được gia tốc về phía hai mặt vật dẫn. Các điện tích này gây ra một điện trường riêng bên trong vật dẫn ngược chiều với điện trường ngoài. Các điện tích tự do tiếp tục chuyển động về hai mặt vật dẫn cho đến khi cường độ điện trường gây bởi các điện tích này bằng về độ lớn với điện trường ngoài thì điện trường bên trong vật dẫn bằng không. Với chất dẫn điện tốt, quá trình này chỉ diễn ra trong thời gian khoảng 10^{-16} s.

Tính chất thứ hai có thể chứng minh nhờ định luật Gauss. Mặt Gauss được vẽ trong vật dẫn sao cho rất sát với mặt của vật (hình 24.13). Vì không có điện trường trong vật dẫn nên thông lượng điện trường qua mặt Gauss bằng không. Định lý Gauss cho phép kết luận tổng điện tích trong mặt Gauss phải bằng không, nghĩa là điện tích của vật dẫn nếu có chỉ phân bố ở bề mặt của vật dẫn.

Với tính chất thứ ba, nếu vectơ \vec{E} có thành phần song song với mặt vật dẫn thì lực điện gây bởi thành phần này sẽ làm các điện tích tự do chuyển động trên mặt của vật, nghĩa là vật dẫn không ở trạng thái cân bằng tĩnh điện.



Hình 24.12



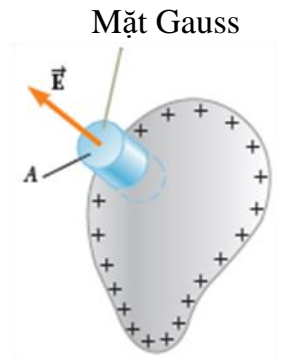
Hình 24.13

Để xác định cường độ điện trường ở sát bề mặt của vật, chúng ta chọn mặt Gauss là mặt trụ nhỏ có hai đáy với diện tích A ở sát và song song với mặt vật dẫn (hình 24.14). Thông lượng điện trường qua mặt Gauss chỉ là thông lượng qua mặt đáy ở ngoài vật dẫn và thông lượng này bằng $\Phi_e = EA$. Áp dụng định luật Gauss:

$$\Phi_e = \oint E dA = EA = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

Suy ra:

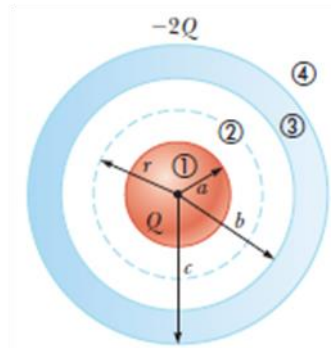
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$



Hình 24.14

Bài tập mẫu 24.4:

Một quả cầu đặc bằng chất cách điện với bán kính a mang điện tích dương là Q phân bố đều trong thể tích của quả cầu. Một vỏ cầu làm bằng chất dẫn điện, với bán kính trong là b và bán kính ngoài là c , mang một lượng điện tích là $-2Q$. Vỏ cầu có tâm trùng với tâm của quả cầu. Hãy dùng định luật Gauss để tìm cường độ điện trường ở các vùng 1, 2, 3 và 4 trong hình vẽ 24.15 và sự phân bố điện tích trên vỏ cầu khi toàn bộ hệ thống ở trạng thái cân bằng tĩnh điện.



Hình 24.15

Giải:

Vỏ cầu là vật dẫn nên điện tích của vỏ cầu phân bố đều ở các bề mặt của nó. Do đó hệ có tính đối xứng cầu.

Ở vùng 1, chúng ta chọn mặt Gauss là mặt cầu bán kính r với $r < a$. Ta thu được kết quả:

$$\Phi_e = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{\epsilon_0} \Rightarrow E = k_e \frac{Q}{a^3} r \quad (r < a)$$

Ở vùng 2, mặt Gauss là mặt cầu bán kính r với $a < r < b$ và ta thu được kết quả:

$$\Phi_e = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = k_e \frac{Q}{r^2} \quad (a < r < b)$$

Ở vùng 4, mặt Gauss là mặt cầu bán kính r với $r > c$ và ta thu được kết quả:

$$\Phi_e = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{[Q + (-2Q)]}{\epsilon_0} \Rightarrow E = -k_e \frac{Q}{r^2} \quad (r > c)$$

Ở vùng 3, nghĩa là trong vật dẫn, nên $E = 0$.

Vẽ trong vùng 3 mặt Gauss là mặt cầu bán kính r với $b < r < c$ và thì tổng điện tích trong mặt Gauss phải bằng không, nên:

$$Q + q_1 = 0 \quad \Rightarrow q_1 = -Q$$

trong đó q_1 là điện tích ở mặt trong của vỏ cầu.

Gọi q_2 là điện tích ở mặt ngoài của vỏ cầu thì

$$q_1 + q_2 = -2Q \quad \Rightarrow q_2 = -Q$$

Tóm tắt chương 24

Thông lượng điện trường qua một mặt tỷ lệ thuận với số đường sức xuyên qua mặt đó. Nếu điện trường là đều và mặt là phẳng diện tích A thì thông lượng điện trường qua mặt này bằng

$$\Phi_e = EA \cdot \cos\theta$$

trong đó θ là góc hợp bởi \vec{E} và pháp tuyến của mặt.

Trong trường hợp tổng quát, thông lượng điện trường qua một mặt bằng

$$\Phi_e = \int_{\text{Mặt}} \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

Định luật Gauss được phát biểu như sau: thông lượng điện trường qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng điện tích chứa trong mặt kín đó chia cho ϵ_0 :

$$\Phi_e = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

Sử dụng định luật Gauss chúng ta có thể tính được cường độ điện trường gây bởi các phân bố điện tích có tính đối xứng.

Một vật dẫn ở trạng thái cân bằng tĩnh điện có các tính chất sau:

1. Trong toàn bộ khối vật dẫn cường độ điện trường bằng không, cho dù vật dẫn là đặc hay rỗng.
2. Nếu vật dẫn được cô lập và được tích điện thì điện tích của vật chỉ phân bố ở bề mặt ngoài của vật.
3. Cường độ điện trường ở một điểm sát bề mặt của vật dẫn tích điện thì vuông góc với mặt vật dẫn và có độ lớn σ/ϵ_0 , trong đó σ là mật độ điện mặt tại điểm đó.
4. Với một vật dẫn có hình dạng không đối xứng, mật độ điện mặt là lớn nhất ở những vị trí có bán kính cong của bề mặt là nhỏ nhất.

Câu hỏi lý thuyết chương 24

1. Một người ở trong một quả cầu rỗng rất lớn bằng kim loại được cách điện với mặt đất.
 - (a) Nếu một lượng điện tích lớn được truyền cho quả cầu thì người có bị nguy hiểm không khi chạm tay vào mặt bên trong của quả cầu?

- (b) Điều gì sẽ xảy ra khi ban đầu người có một lượng điện tích trái dấu với điện tích của quả cầu.
2. Nếu số đường sức đi ra khỏi mặt Gauss nhiều hơn số đường sức đi vào mặt Gauss thì có thể kết luận gì về tổng điện tích chứa bên trong mặt Gauss?

Bài tập chương 24

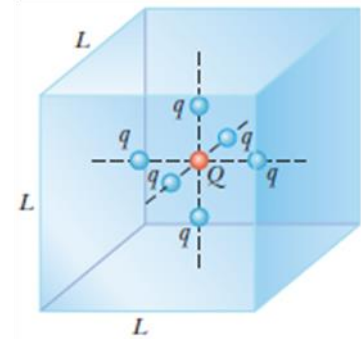
1. Một điện trường không đều có cường độ điện trường cho bởi biểu thức

$$\vec{E} = ay\vec{i} + bz\vec{j} + cx\vec{k}$$

trong đó a , b , và c là các hằng số. Xác định thông lượng điện trường qua một mặt hình chữ nhật trong mặt phẳng xy được giới hạn bởi phạm vi từ $x = 0$ đến $x = w$ và từ $y = 0$ đến $y = h$.

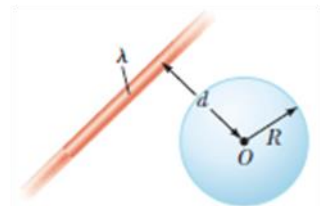
ĐS: $\Phi_e = \frac{1}{2}chw^2$

2. Một điện tích điểm $Q = 5,00 \mu\text{C}$ được đặt ở tâm của một hình lập phương có cạnh $L = 0,100 \text{ m}$. Ngoài ra trong hình lập phương còn có sáu điện tích điểm $q = -1,00 \mu\text{C}$ được đặt tại các vị trí đối xứng nhau quanh điện tích Q như hình vẽ. Hãy xác định thông lượng điện trường qua một mặt của hình lập phương.



ĐS: $-18,8 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{C}$

3. Một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều với mật độ điện dài λ . O là điểm cách dây một đoạn d . Xác định thông lượng điện trường qua mặt cầu tâm O, bán kính R trong hai trường hợp: $R < d$ và $R > d$.



ĐS: $\Phi = 0$ và $\Phi = 2\lambda\sqrt{R^2 - d^2}/\epsilon_0$

4. Một tấm plastic phẳng rất rộng nằm ngang được tích điện đều trên bề mặt. Một miếng Styrofoam nặng $10,0 \text{ g}$ mang một điện tích $-0,700 \mu\text{C}$ lơ lửng ở ngay phía trên tâm của tấm plastic. Tìm mật độ điện mặt của tấm plastic.

ĐS: $\sigma = 2,48 \mu\text{C}/\text{m}^2$

5. Một vật hình trụ rỗng có bán kính $7,00 \text{ cm}$ và chiều dài $2,40 \text{ m}$ tích điện đều trên bề mặt. Cường độ điện trường ở vị trí cách trục của hình trụ $19,0 \text{ cm}$ (đo từ trung điểm của hình trụ) có chiều hướng ra khỏi trục và có độ lớn $36,0 \text{ kN/C}$. Tìm

(a) tổng điện tích của hình trụ

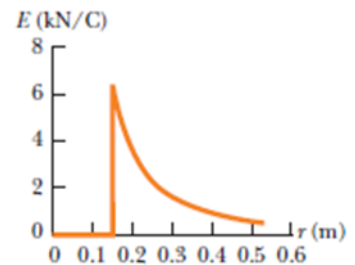
(b) cường độ điện trường ở vị trí cách trục của hình trụ $4,0 \text{ cm}$ (đo từ trung điểm của hình trụ).

ĐS: (a) $Q = 913 \text{ nC}$; (b) $E = 0$

6. Một khối trụ dài bằng kim loại có bán kính 5,00 cm được tích điện đều sao cho điện tích ứng với một đơn vị chiều dài bằng 30,0 nC/m. Tìm cường độ điện trường ở các vị trí cách trục của khối trụ 3,00 cm và 10,0 cm.

ĐS: $\vec{E} = 0$ và $E = 5400 \text{ N/C}$ và hướng ra ngoài.

7. Một quả cầu bằng đồng có bán kính 15,0 cm mang điện tích 40,0 nC đang ở trạng thái cân bằng tĩnh điện. Đồ thị của độ lớn cường độ điện trường theo khoảng cách r tính từ tâm quả cầu cho bởi hình bên có phù hợp với cường độ điện trường gây bởi quả cầu này không?



ĐS: Không vì ở khoảng cách 15,0 cm quả cầu gây ra một cường độ điện trường bằng 16,0 kN/C chứ không bằng khoảng 6,5 kN/C như đồ thị.

8. Người ta tạo ra trong một vùng không gian một điện trường đều với cường độ điện trường có độ lớn bằng 80,0 kN/C. Một tấm đồng phẳng hình vuông có cạnh bằng 50,0 cm không tích điện được đặt trong điện trường này sao cho đường sức điện trường vuông góc với tấm đồng.

(a) Tìm mật độ điện mặt ở mỗi mặt của tấm đồng

(b) tổng điện tích trên mỗi mặt của tấm.

ĐS: $\sigma = 708 \text{ nC/m}^2$ và $Q = 177 \text{ nC}$.

9. Một sợi dây thẳng, dài, được đặt trùng với trục của một vỏ hình trụ kim loại. Mật độ điện dài trên dây và trên vỏ trụ lần lượt là λ ($\lambda > 0$) và 2λ . Hãy dùng định luật Gauss để tìm

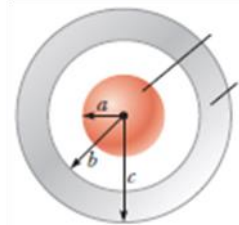
(a) mật độ điện dài ở mặt trong của vỏ trụ,

(b) mật độ điện dài ở mặt ngoài của vỏ trụ

(c) cường độ điện trường ở một điểm bên trong vỏ trụ và có khoảng cách tới trục là r .

ĐS: (a) $-\lambda$; (b) 3λ và (c) $E = 6k\lambda/r$, chiều hướng ra ngoài.

10. Một quả cầu đặc bằng chất cách điện có bán kính $a = 5,00 \text{ cm}$ tích điện đều trong thể tích. Một vỏ cầu bằng chất dẫn điện đồng tâm với quả cầu có các bán kính $b = 20,00 \text{ cm}$ và $c = 25,00 \text{ cm}$ như ở hình vẽ. Cho biết cường độ điện trường tại điểm A cách tâm chung 10,00 cm có độ lớn $3,60 \times 10^3 \text{ N/C}$ và chiều hướng từ về tâm; tại điểm B cách tâm chung 50,00 cm có độ lớn 200 N/C và chiều hướng từ tâm ra. Hãy xác định



(a) điện tích của quả cầu đặc;

(b) tổng điện tích của vỏ cầu;

(c) điện tích ở mặt trong và điện tích ở mặt ngoài của vỏ cầu.

ĐS: (a) $-4,00 \text{ nC}$; (b) $9,56 \text{ nC}$; (c) $4,00 \text{ nC}$ và $5,56 \text{ nC}$