

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH
KHOA KHOA HỌC CƠ BẢN



TÀI LIỆU GIẢNG DẠY MÔN VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG A2

GV biên soạn: Nguyễn Văn Sáu

**Trà Vinh, ngày 20 tháng 6 năm 2014
Lưu hành nội bộ**

Chương 1

TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

BÀI HƯỚNG DẪN 1: ĐIỆN TÍCH, VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm cơ bản về điện tích, vật dẫn, điện môi; phân biệt được vật dẫn với điện môi.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích tổng hợp lực.

Thái độ: Ý thức được trong tự nhiên tồn tại hai loại điện tích, từ đó có nhận xét sự vật hiện tượng về điện toàn diện hơn.

1. Điện tích

Tương tác điện

Các hiện tượng tự nhiên thể hiện dưới rất nhiều dạng khác nhau, nhưng vật lý học hiện đại cho rằng chúng đều thuộc vào trong bốn dạng tương tác sau: tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ, tương tác mạnh, tương tác yếu; trong đó tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ là rất phổ biến. Đối với các vật thể có kích thước thông thường thì tương tác hấp dẫn là rất yếu và có thể bỏ qua. Nhưng tương tác điện từ nói chung là đáng kể, thậm chí nhiều khi rất đáng kể. Trong tương tác hấp dẫn giữa hai vật chỉ có một loại, đó là lực hút giữa hai vật đó. Còn tương tác điện từ thì có cả lực hút lẫn lực đẩy. Tương tác hấp dẫn phụ thuộc khối lượng của các vật thể. Còn tương tác điện từ thì phụ thuộc điện tích của chúng.

Trong quá trình hình thành, tồn tại và phát triển, con người đã tìm hiểu tự nhiên, chinh phục và cải tạo nó. Các hiện tượng tự nhiên như sự nhiễm điện do ma sát của một số vật đã được con người phát hiện từ xa xưa và nghiên cứu chúng. Khi vật bị nhiễm điện thì chúng mang điện dương hoặc âm và chúng ta bảo rằng chúng chứa các điện tích ^[1].

Thực nghiệm chứng tỏ các điện tích luôn luôn tương tác với nhau: các điện tích cùng dấu đẩy nhau, trái dấu hút nhau. *Tương tác giữa các điện tích đứng yên gọi là tương tác tĩnh điện* (hay tương tác Coulomb). Điện tích trên một vật bất kỳ có cấu tạo gián đoạn, độ lớn của nó luôn bằng một số nguyên lần điện tích nguyên tố. Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất được biết trong tự nhiên, có độ lớn $e = 1,6 \cdot 10^{-19}(\text{C})$.

Proton là hạt mang điện tích nguyên tố dương $+e$, Electron là hạt mang điện tích nguyên tố âm $-e$. Proton và electron đều có trong thành phần cấu tạo nguyên tử của mọi chất. Proton nằm trong hạt nhân nguyên tử, electron chuyển động xung quanh hạt nhân đó.

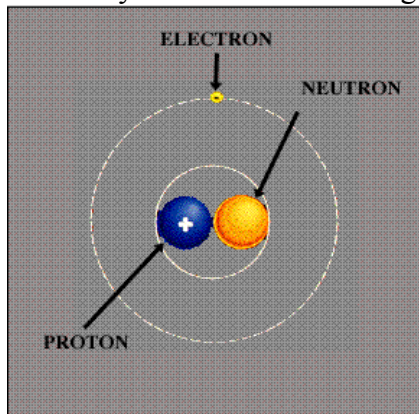
Nguyên tử mất đi một hoặc nhiều electron, nó sẽ trở thành phần tử mang điện dương, khi đó nguyên tử được gọi là ion dương. Nếu nguyên tử nhận thêm electron, nó sẽ trở thành phần tử mang điện âm, khi đó nguyên tử được gọi là ion âm.

Như vậy, vật mang điện tích dương hay âm là do vật đó mất đi hoặc nhận thêm electron so với lúc vật không mang điện.

Thuyết dựa vào sự chuyển dời của electron để giải thích các hiện tượng điện được gọi là *thuyết điện tử*. Theo thuyết này, quá trình nhiễm điện của thủy tinh khi cọ xát vào lụa chính là quá trình chuyển dời của electron từ thủy tinh sang lụa: thủy tinh mất electron, do đó mang điện tích dương; ngược lại lụa nhận thêm electron từ thủy tinh nên lụa mang điện âm.

Đơn vị đo điện tích là Coulomb, ký hiệu là C. Trị tuyệt đối của điện tích được gọi là điện lượng.

Định luật bảo toàn điện tích: “ Các điện tích không tự sinh ra mà cũng không tự mất đi, chúng chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc dịch chuyển bên trong một vật mà thôi ” hay nói cách khác: “Tổng đại số các điện tích trong hệ cô lập về điện là không đổi”.



Các điện tích nguyên tố	Khối lượng (gam)	Điện tích (Coulomb)
Electron (e^-)	$9,1091.10^{-28}$	$-1,6021.10^{-19}$
Pronton (p)	$1,67252.10^{-24}$	$+1,6021.10^{-19}$

Hình 1.1. Cấu trúc nguyên tử

2. Vật dẫn và chất điện môi

Vật dẫn điện (vật dẫn) là vật trong đó có các điện tích chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích của vật, do đó trạng thái nhiễm điện được truyền đi trong vật (Ví dụ: kim loại, dd axid. bazơ...).

Điện môi (chất cách điện) là những chất trong đó không có các điện tích chuyển động tự do, mà điện tích xuất hiện ở đâu sẽ định xứ ở đấy (thuỷ tinh, cao su, dầu, nước, nguyên chất...).

Vật dẫn và chất điện môi chỉ mang tính tương đối. Thật vậy, trong những điều kiện nhất định, vật nào cũng có thể dẫn điện được, chúng chỉ khác nhau ở chỗ dẫn điện nhiều hay ít.

Thí dụ: Thuỷ tinh ở nhiệt độ bình thường thì không dẫn điện, nhưng ở nhiệt độ cao trở thành chất dẫn điện.

Ngoài ra còn có một nhóm chất có tính chất dẫn điện trung gian. Người ta gọi chất này là chất bán dẫn.

BÀI HƯỚNG DẪN 2

ĐỊNH LUẬT COULOMB & VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được định luật Coulomb, cường độ điện trường và các tính chất của điện trường.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích, tổng hợp vấn đề, thông qua phân tích, tổng hợp lực.

Thái độ: Ý thức được sự tồn tại dạng vật chất “ điện trường” và các tính chất của nó. Từ đó, có sự nhìn nhận, phân tích các hiện tượng về điện đầy đủ hơn.

1. Định luật Coulomb

Thực nghiệm chứng tỏ các điện tích luôn luôn tương tác với nhau: các điện tích cùng dấu đẩy nhau, trái dấu hút nhau. *Tương tác giữa các điện tích đứng yên gọi là tương tác tĩnh điện* (hay tương tác Coulomb). Năm 1785, Coulomb đã xác định được lực tương tác giữa hai điện tích điểm.

Điện tích điểm là một vật mang điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách từ điện tích đó tới những điểm hoặc những vật mang điện khác mà ta đang xét.

Định luật Coulomb: Lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích điểm q_1, q_2 đứng yên trong một môi trường có:

- phương nằm trên đường thẳng nối liền hai điện tích điểm.
- chiều phụ thuộc vào dấu hai điện tích (hai điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau)

- độ lớn
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

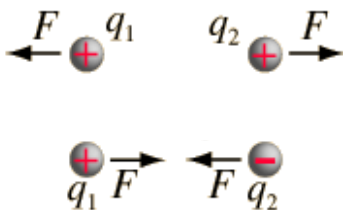
Trong đó, ϵ phụ thuộc vào tính chất của môi trường (gọi là hằng số điện môi), ϵ không có thứ nguyên. Đối với chân không $\epsilon = 1$.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

với $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$ gọi là hằng số điện, r là khoảng cách giữa hai điện tích.

Biểu thức vector của định luật Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} |q_1||q_2| \frac{\vec{r}_i}{r^3} \quad (1.2)$$



Hình 1.2 Lực tương tác giữa hai điện tích

Nếu có nhiều hơn hai điện tích thì phương trình trên cho mỗi cặp điện tích. Lực tổng hợp tác dụng lên mỗi điện tích khi đó sẽ được tìm bằng nguyên lý chồng chất: Tức là bằng tổng vector của các lực tác dụng lên điện tích từ mỗi điện tích khác trong hệ.

2. Điện trường

Như ta đã biết, các điện tích tương tác với nhau ngay cả khi chúng cách nhau một khoảng r nào đó. Ở đây ta có thể đặt ra nhiều câu hỏi: lực tương tác giữa các điện tích được truyền đi như thế nào? Có sự tham gia của môi trường xung quanh không? Khi chỉ có một điện tích thì không gian bao quanh điện tích đó có gì thay đổi?

2.1. Khái niệm điện trường

Thực nghiệm cho rằng: trong không gian bao quanh mỗi điện tích có xuất hiện một dạng vật chất đặc biệt gọi là điện trường. Chính nhờ điện trường làm nhân tố trung gian lực tương tác tĩnh điện được truyền từ điện tích này tới điện tích kia.

Tính chất cơ bản của điện trường là mọi điện tích đặt trong điện trường đều bị điện trường đó tác dụng lực.

2.2. Vectơ cường độ điện trường

Định nghĩa: Đặt một điện tích dương q_0 tại điểm M nào đó trong điện trường (điện tích này đủ nhỏ để nó không làm thay đổi điện trường mà ta đang xét - gọi là điện tích thử), thì q_0 sẽ bị điện trường tác dụng một lực $\vec{F}$. Thực nghiệm chứng tỏ $\frac{\vec{F}}{q_0}$ không phụ thuộc vào điện tích q_0 mà chỉ phụ thuộc vị trí của điểm M , nghĩa là tại mỗi điểm xác định trong điện trường thì tỷ số $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ là hằng số.

Như vậy, $\vec{E}$ đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực tại điểm đang xét. $\vec{E}$ được gọi là **vector cường độ điện trường**, độ lớn của $\vec{E}$ được gọi là cường độ điện trường. Trong hệ SI, đơn vị của điện trường là V/m.

Vector cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm

Giả sử có một điện tích q tạo ra không gian xung quanh nó một điện trường. Vector cường độ điện trường do q gây ra tại M cách q một khoảng r là

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1.3)$$

$\vec{E}$ hướng ra xa q nếu $q > 0$

$\vec{E}$ hướng vào q nếu $q < 0$.

Vậy, để tìm được vectơ cường độ điện trường trong không gian do một điện tích điểm gây ra bằng cách di chuyển điện tích thử quanh không gian đó.

Nguyên lý chồng chất điện trường:

Bài toán cơ bản của tĩnh điện học là: biết sự phân bố điện tích (nguồn sinh ra điện trường) trong không gian, xác định vectơ cường độ điện trường tại mỗi điểm trong điện trường.

Để giải quyết bài toán trên người ta đưa vào nguyên lý gọi là nguyên lý chồng chất điện trường.

Cụ thể, ta xét một hệ điện tích điểm $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ được phân bố không liên tục trong không gian. Ta đi xác định vector cường độ điện trường tại mỗi điểm trong điện trường.

Đặt một điện tích thử q_0 vào điện trường của hệ điện tích nói trên, lực tổng hợp tác dụng lên q_0 bằng:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad \vec{F}_i: \text{lực tác dụng của điện trường lên điện tích thứ } i.$$

Theo định nghĩa:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (1.4)$$

Vậy: Vectơ cường độ điện trường gây bởi một hệ điện tích điểm bằng tổng các vector cường độ điện trường gây bởi từng điện tích điểm của hệ. Đây chính là nguyên lý chồng chất điện trường.

Trường hợp vật mang điện (Xem như hệ điện tích được phân bố liên tục):

$$\vec{E} = \int d\vec{E} \quad (1.5)$$

Khi khảo sát các hệ điện tích phân bố liên tục thuận lợi nhất ta dùng khái niệm mật độ điện tích.

Trường hợp điện tích phân bố liên tục trong toàn bộ thể tích vật, để mô tả điện tích trên một đơn vị thể tích người ta dùng khái niệm mật độ điện khối ρ :

$$\rho = \frac{dq}{dv} = \frac{q}{v} (C/m^3)$$

Trường hợp điện tích phân bố liên tục trên toàn bộ bề mặt của vật, để mô tả điện tích trên một đơn vị diện tích người ta dùng khái niệm “mật độ điện mặt”:

$$\sigma = \frac{dq}{ds} = \frac{q}{s} (C/m^2)$$

Trường hợp điện tích phân bố liên tục theo chiều dài, để mô tả điện tích trên một đơn vị thể tích người ta dùng khái niệm “mật độ điện dài”:

$$\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{\ell} (C/m)$$

Câu hỏi & Bài tập

1. Phân biệt các thông số về các hạt proton, electron.
2. Cho thí dụ cụ thể vật dẫn điện, vật cách điện.
3. Điện trường là gì ? Nêu tính chất cơ bản nó.
4. Đại lượng đặc cho điện trường về Phương diện tác dụng lực là đại lượng nào ?
5. Hai quả cầu giống nhau được treo ở đầu hai sợi dây có chiều dài $l = 10 \text{ Cm}$ đặt trong chân không. Hai sợi dây cùng buộc vào một điểm O ở đầu trên. Mỗi quả cầu mang một điện tích q bằng nhau và có khối lượng $m = 0,1 \text{ g}$. Do lực đẩy giữa hai quả cầu, hai sợi dây treo tạo nên một góc $2\alpha = 10^\circ$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tìm độ lớn của q ?

6. Cho hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}C$ và $q_2 = - 3.10^{-8}C$, $q_3 = 8.10^{-8}C$ đặt trong không khí tại 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh $d = 10^{-1}m$. Tìm vectơ cường độ điện trường tại trung điểm của BC.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: TÌM VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được cách tìm vectơ cường độ điện trường do vật mang điện gây ra.

Kỹ năng: Tư duy, phân tích, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ cường độ điện trường.

Thái độ: Ý thức được việc vận dụng lý thuyết sang bài toán thực tế về điện trường do vật mang điện gây ra; liên hệ phương pháp tìm điện trường do vật mang điện gây ra với việc giải quyết một vấn đề trong cuộc sống.

Bây giờ chúng ta xét các hệ điện tích gồm rất nhiều điện tích điểm ở gần nhau, trải dài trên một đường, trên một mặt hoặc trong một thể tích. Các hệ này được coi là liên tục. Ta đi tìm vectơ cường độ điện trường do các hệ điện tích này gây ra.

Ta không thể áp dụng ngay phương trình:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2}$$

Vì vòng dây mang điện, mặt cầu mang điện, mặt phẳng mang điện,... không phải là điện tích điểm.

Để tìm vectơ cường độ điện trường trong trường hợp này, ta thực hiện các bước sau:

Bước 1: Chia vật mang điện thành những điện tích điểm.

Bước 2: Xác định vectơ cường độ điện trường do các điện tích điểm (vừa chia ở bước 1) gây ra tại điểm đang xét.

Bước 3: Vẽ hình

Bước 4: Dùng nguyên lý chồng chất điện trường, tìm vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại điểm đang xét.

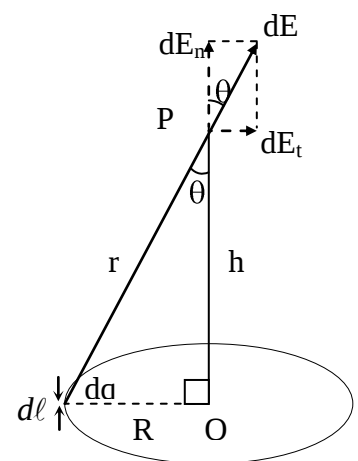
Bước 5: Biến đổi toán học và lấy tích phân

Bài 1. Vectơ cường độ điện trường tạo bởi một vòng dây tích điện đều

Cho một vòng dây mảnh bán kính R , tích điện đều với mật độ điện dài λ . Ta tìm vectơ cường độ điện trường do vòng dây gây ra tại điểm P cách mặt phẳng chứa vòng dây một khoảng h và nằm trên trục đi qua tâm của nó.

Bước 1: chia vòng dây thành nhiều đoạn $d\ell$ khá bé, mỗi đoạn $d\ell$ mang điện tích rất nhỏ dq .

Bước 2&3: mỗi dq gây ra điện trường tại P là $d\vec{E}$. Ta có:



Hình 1.3

$$\lambda = \frac{dq}{d\ell} \Rightarrow dq = \lambda \cdot d\ell$$

Điện tích dq tạo ra tại P một điện trường $d\vec{E}$ có:

Phương: đường nối liền giữa dl và P

Chiều như Hình 1.1

Độ lớn:

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{r^2}$$

$$\text{Mà: } r^2 = R^2 + h^2$$

$$\Rightarrow dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{(R^2 + h^2)} \quad (1.6)$$

Véc tơ $d\vec{E}$ hợp với trục của đường dây một góc θ , có các thành phần vuông góc $d\vec{E}_t$ và thành phần song song với trục $d\vec{E}_n$.

Mỗi yếu tố điện tích trên vòng dây đều tạo ra một điện trường $d\vec{E}$ ở điểm P có độ lớn như ở biểu thức (1.6) và các thành phần song song và vuông góc với trục vòng dây.

Bước 4: Do tính chất đối xứng nên các thành phần $d\vec{E}_t$ triệt tiêu nhau.

Bước 5: Cường độ điện trường tại P, do cả vòng dây tạo ra:

$$\vec{E} = \int d\vec{E}_n \Rightarrow E = \int dE \cdot \cos\theta$$

$$\text{Ta có: } \cos\theta = \frac{h}{r} = \frac{h}{(R^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\Rightarrow E = \int_{\text{cavongday}} dE \cdot \cos\theta = \int_{\text{cavongday}} \frac{h}{(R^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{(R^2 + h^2)}$$

$$E = \int_{\text{cavongday}} \frac{h \cdot \lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{1}{(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot dl$$

$$E = \frac{h\lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{1}{(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \int_0^{2\pi R} d\ell = \frac{h\lambda(2\pi R)}{4\pi\epsilon_0\epsilon(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\text{Mà: } \lambda = \frac{dq}{d\ell} = \frac{q}{\ell} = \frac{q}{2\pi R} \Rightarrow \lambda \cdot 2\pi R = q$$

$$\Rightarrow E = \frac{q \cdot h}{4\pi\epsilon_0\epsilon(h^2 + R^2)^{3/2}}$$

(Nếu trên vòng dây tích điện âm thì $\vec{E}$ hướng vào vòng dây)

Trường hợp $h \gg R$:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{h^2}$$

Trường hợp $h = 0$ (ở tâm của vòng dây).

$$\vec{E} = 0$$

$$E = 0$$

Bài 2. Điện trường gây ra bởi một đĩa tròn mang điện:

Cho một đĩa tròn mang điện, bán kính R . Giả sử trên đĩa điện tích được phân bố liên tục với mật độ điện mặt σ . Tìm Vector cường độ điện trường do đĩa tròn mang điện gây ra tại điểm nằm trên trục của đĩa và cách mặt phẳng đĩa một khoảng h .

Thực hiện 5 bước nêu ở bài 1, ta được $\vec{E}$ có:

Phương nằm trên trục của đĩa.

Chiều hướng ra xa đĩa (vì $\sigma > 0$).

Độ lớn:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{R^2/h^2 + 1}} \right)$$

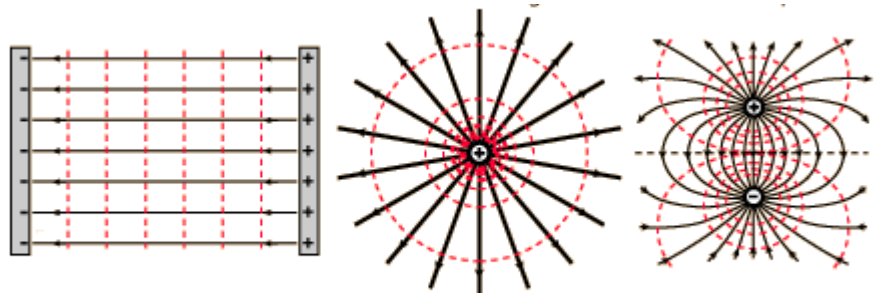
Nếu $R \rightarrow \infty$ (đĩa trên mang điện trở thành mặt phẳng vô hạn mang điện đều) ta có:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad (1.7)$$

Nhận xét:

- Cường độ điện trường do một mặt phẳng mang điện đều gây ra tại điểm M trong điện trường không phụ thuộc vào vị trí điểm M đó.
($E = \text{const}$)

- Tại mọi điểm trong điện trường, vector $\vec{E}$ (do mặt phẳng vô hạn mang điện



Hình 1.5 Mô tả điện trường của tụ điện, điện tích điểm, hệ 2 điện tích điểm trái dấu

đều gây ra) có phương vuông góc với mặt phẳng, hướng ra phía ngoài mặt phẳng nếu mặt phẳng mang điện dương, hướng về phía mặt phẳng nếu mặt phẳng mang điện âm.

Bài tập

Cho dây mảnh hình vòng cung, bán kính R , góc mở 2α , tích điện đều, mật độ điện dài λ . Tìm độ lớn cường độ điện trường E tại tâm O .

Cho hai mặt phẳng song song rộng vô hạn mang điện đều với mật độ điện mặt bằng nhau nhưng trái dấu ($+\sigma, -\sigma$). Hãy xác định điện trường do hai mặt phẳng gây ra tại điểm ở bên trong và bên ngoài 2 mặt phẳng đó.

BÀI HƯỚNG DẪN 4

ĐIỆN THÔNG . ĐỊNH LÝ OSTROGRADKI-GAUSS (O-G)

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm đường sức điện trường, điện thông, định lý O-G về điện trường.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ cường độ điện trường do vật mang điện có tính đối xứng gây ra.

Thái độ: Ý thức được việc vận dụng các bước giải quyết bài toán về điện trường do vật mang điện gây ra theo định lý O – G để liên hệ giải quyết các bài toán thực tế xảy ra hàng ngày trong cuộc sống.

1. Đường sức điện trường

Đường sức điện trường là đường cong vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến tại mọi điểm của nó có phương tiếp tuyến với phương của cường độ điện trường tại điểm đó và có chiều là chiều của vectơ điện trường tại điểm đó.

Qui ước:

Các đường sức được vẽ sao cho số đường sức trên một đơn vị diện tích trong mặt phẳng thẳng góc với các đường sức tỉ lệ với độ lớn của $\vec{E}$. Điều này có nghĩa là ở nơi các đường sức sát nhau thì E lớn, ở nơi các đường sức thưa thì E nhỏ.

Tập hợp các đường sức điện trường gọi là phổ đường sức điện trường hay điện phổ.

Tính chất:

Đường sức điện trường là những đường không khép kín, xuất phát từ điện tích dương (+) và kết thúc ở điện tích âm (-). Các đường sức không cắt nhau.

2. Vectơ điện cảm

Các nghiên cứu trong bài hướng dẫn số 3 (Kết quả học tập 1) cho ta thấy cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm, lưỡng cực điện, đĩa tròn mang điện,.. phụ thuộc vào tính chất của môi trường (E tỷ lệ nghịch với ϵ). Khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường, cường độ điện trường biến đổi đột ngột; vì vậy phổ các đường sức điện trường bị gián đoạn ở mặt phân cách của hai môi trường.

Để mô tả điện trường, người ta còn dùng đại lượng vật lý khác, không phụ thuộc vào tính chất của môi trường gọi là vectơ cảm ứng điện $\vec{D}$.

Trong trường hợp môi trường đồng nhất, người ta định nghĩa: $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}$

3. Thông lượng điện (ĐIỆN THÔNG)

Giả sử ta đặt một diện tích (S) trong một điện trường bất kì $\vec{E}$. Ta chia diện tích S thành những diện tích vô cùng nhỏ ds sao cho vector $\vec{E}$ tại mọi điểm trên diện tích ấy có thể bằng nhau.

Người ta định nghĩa thông lượng gọi qua diện tích ds bằng:

$$d\Phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad (1.8),$$

trong đó $d\vec{S}$ vector diện tích hướng theo pháp tuyến $\vec{n}$ của dS và có độ lớn bằng dS , ta có:

$$d\phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S} = EdS \cdot \cos \alpha \quad (1.9), \quad \alpha = (\vec{n}, \vec{E})$$

$$d\phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

$$d\phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S}_n$$

(E_n là hình chiếu của $\vec{E}$ lên $\vec{n}$, dS_n là hình chiếu của dS lên phương vuông góc với $\vec{E}$)

Vậy: Thông lượng $\vec{E}$ gọi qua mặt (S) là: $\phi_e = \int_{(S)} E_n dS = \int_{(S)} E dS_n$

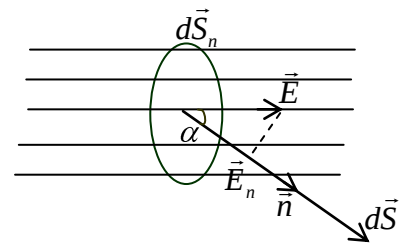
Từ biểu thức (1.9), cho ta thấy dấu của $d\phi_e$ phụ thuộc vào góc α

Người ta qui ước: đối với mặt kín ta luôn chọn chiều dương của $\vec{n}$ là chiều hướng ra xa mặt đó.

Với qui ước trên ta có:

$$d\phi_e < 0 \quad \text{khi } \alpha > \frac{\pi}{2}$$

$$d\phi_e > 0 \quad \text{khi } \alpha < \frac{\pi}{2}$$



Hình 1.6

Theo hình vẽ 1.6 ta thấy số đường sức gọi qua ds cũng bằng số đường sức gọi qua ds_n

Vậy: Thông lượng điện trường $\vec{E}$ gọi qua diện tích (S) là một đại lượng có độ lớn bằng số đường sức điện trường vẽ qua diện tích đó.

Trong hệ SI, đơn vị của điện thông là vôn.mét (V.m)

4. Định lý O-G (OSTROGRASKI-GAUSS)

Để tìm khối tâm của một củ khoai, bạn có thể thực hiện bằng thực nghiệm hoặc bằng cách tính toán một số tích phân ba lớp. Tuy nhiên nếu một củ khoai có dạng của một elipsôit đều thì sự đối xứng của nó giúp bạn biết chính xác khối tâm của nó mà không cần tính toán.

Sự đối xứng có trong mọi lĩnh vực vật lý, nó sẽ có ý nghĩa nếu thể hiện các định luật vật lý dưới dạng tận dụng đầy đủ tính đối xứng ấy.

Định luật coulomb là một định luật chủ chốt trong tĩnh điện học nhưng nó không thể hiện dưới dạng dễ có thể làm cho việc tính toán được đặc biệt đơn giản trong các trường hợp có sự đối xứng. Định lý O-G dễ dàng tận dụng các trường hợp đặc biệt như vậy.

Trọng tâm của định lý O-G là một mặt được giả thuyết là một mặt kín (còn gọi là mặt Gauss). Mặt kín này có thể có dạng bất kỳ mà bạn muốn. Nhưng mặt kín có ít nhất là mặt thể hiện được tính đối xứng (Thường là mặt cầu, mặt trụ hoặc có dạng đối xứng nào đó).

Xét một hệ điện tích điểm $q_1, q_2, \dots, q_n$ (Phân bố gián đoạn trong không gian), hệ tích điện này gây ra xung quanh một điện trường. Định lý O-G cho phép ta tính thông lượng điện trường qua một mặt kín (S) bất kỳ đặt trong điện trường.

Phát biểu:

“ Thông lượng điện trường gởi qua mặt kín (S) bất kỳ trong môi trường đồng chất bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho tích số $\epsilon\epsilon_0$ ”:

$$\phi_e = \int_{(S)} \vec{E} d\vec{s} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (1.9)$$

Chú ý: Vế phải của phương trình trên và dấu của điện tích tổng cộng chứa trong mặt (S). Nhưng $\vec{E}$ ở vế trái là điện trường do tất cả các điện tích cả trong lẫn ngoài mặt kín tạo ra.

Bài tập Áp dụng định lý O-G

Bài 1: Cho các điện tích được phân bố như hình 1.5. Tính thông lượng điện trường gởi qua mặt kín (S). Cho: $q_1 = 10^{-9} C, q_2 = -\frac{2}{3} 10^{-9} C, q_3 = 3 \cdot 10^{-9} C, q_4 = q_5 = 2 \cdot 10^{-9} C$

Giải

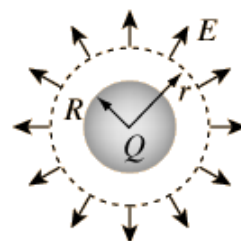
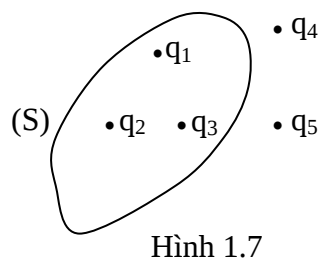
Nhận xét trong mặt kín (S) có tất cả là mấy điện tích ? (có 3: q_1, q_2, q_3)

Định lý O-G:

$$\begin{aligned} \phi_e &= \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0 \epsilon} \\ \phi_e &= \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{(1 - \frac{2}{3} + 3) \cdot 10^{-9}}{\epsilon_0 \epsilon} \\ \phi_e &= \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \epsilon_0 \epsilon} \end{aligned}$$

Đối với không khí: $\epsilon = 1$. Khi đó :

$$\phi_e = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \epsilon_0 \cdot 1} = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3,885 \cdot 10^{-12}} (V.m)$$



Bài 2: Xác định điện trường của một mặt cầu mang điện đều: Cho mặt cầu mang điện đều có bán kính R tích điện một điện lượng là q ($q > 0$).

Hãy tính điện trường $\vec{E}$ do mặt cầu gây ra tại điểm M cách tâm mặt cầu một đoạn $r > R$.

Hình 1.8 Điện trường của mặt cầu

Để xác định $\vec{E}$ do mặt cầu rỗng ra tại điểm M ta thực hiện các bước sau:

Bước 1: Xác định loại đối xứng của vật mang điện.

Bước 2: Qua điểm khảo sát (M), ta vẽ một mặt kín (S) (Trường hợp này là đối xứng cầu nên ta vẽ mặt cầu cùng tâm với mặt cầu mang điện)

Bước 3: Ta tính thông lượng điện trường qua mặt kín (S).

$$\Rightarrow \phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_S E \cdot dS \cos \alpha$$

$$\phi = E \oint_S dS = E \cdot 4\pi \cdot r^2$$

(Do tính chất đối xứng, E có phương luôn luôn đi qua tâm mặt cầu nên $\cos \alpha = 1$)

Bước 4: Áp dụng Định lí O-G:

$$\Rightarrow \phi_e = E \cdot 4\pi \cdot r^2 = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2}$$

Dễ dàng thấy rằng $\vec{E}$ hướng từ tâm mặt cầu ra phía ngoài nếu mặt cầu mang điện dương và ngược lại.

Nếu điểm M nằm trong mặt cầu ($r < R$) thì bằng phép tính tương tự ta được:

$$\phi_e = E \cdot 4\pi \cdot r^2 = \frac{0}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (\text{vì trong trường hợp này điện tích trong mặt kín (S) bằng 0})$$

$$\Rightarrow E = 0$$

Vậy: ở bên trong mặt cầu mang điện đều, điện trường bằng 0. Ở ngoài mặt cầu, điện trường giống điện trường gây bởi một điện tích điểm có cùng độ lớn đặt ở tâm của mặt cầu mang điện đó.

Nếu người ta không cho điện tích trên mặt cầu mà người ta cho mật độ điện tích trên mặt cầu thì ta tính:

$$q = \sigma \cdot 4\pi R^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2} = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 \epsilon \cdot r^2}$$

Bài 3: Điện trường của quả cầu tích điện đều: Cho một quả cầu tích điện đều với mật độ điện khối ς không đổi có bán kính R. Tìm $\vec{E}$ từ điểm M nằm trong và ngoài mặt cầu.

Thực hiện các 5 bước như bài tập số 2, ta được:

Trường hợp M nằm ngoài quả cầu ($r > R$), vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ có:

- Phương đi qua tâm mặt cầu
- Chiều hướng ra xa tâm mặt cầu (vì mặt cầu mang điện dương)

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon.r^2} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3\rho}{4\pi\epsilon_0\epsilon.r^2}$$

(q: điện tích của quả cầu bán kính R, s: điện tích của quả cầu bán kính r)

Trường hợp M nằm trong quả cầu ($r < R$), vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ có:

- Phương đi qua tâm mặt cầu
- Chiều hướng ra xa tâm mặt cầu (vì mặt cầu mang điện dương)

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon.r^2} = \frac{\rho.r}{3\epsilon_0\epsilon}$$

Bài 4: Điện trường của mặt phẳng vô hạn mang điện đều:

Cho mặt phẳng rộng vô hạn mang điện đều, với mật độ điện mặt $\sigma > 0$. Xác định điện trường do mặt phẳng vô hạn mang điện gây ra tại điểm M ở ngoài mặt phẳng mang điện.

Thực hiện các 5 bước như bài tập áp dụng số 2, ta được véc tơ $\vec{E}$ có:

- Phương đi vuông góc với mặt phẳng mang điện.
- Chiều hướng ra xa mặt phẳng mang điện (vì $\sigma > 0$).

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$$

Từ biểu thức trên chứng tỏ $\vec{E}$ không phụ thuộc vào vị trí của điểm M trong điện trường. Tức là tại mọi điểm trong điện trường $\vec{E} = \text{const}$. **Vậy, điện trường do mặt phẳng vô hạn mang điện đều là một điện trường đều.**

Mặt phẳng mang điện dương thì $\vec{E}$ hướng ra phía ngoài mặt phẳng mang điện và ngược lại.

BÀI HƯỚNG DẪN 5: LƯỜNG CỰC ĐIỆN

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm lưỡng cực điện, tác điện trường lên lưỡng cực điện.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ lực tác dụng của điện trường lên lưỡng cực điện.

Thái độ: Trung thực khách quan khi phân tích, nhận xét vấn đề.

1. Định nghĩa

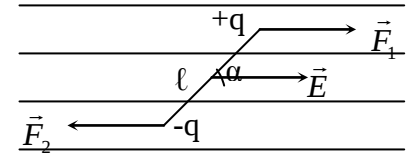
Lưỡng cực điện là một hệ hai điện tích điểm có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu cách nhau một khoảng l rất nhỏ.

2. Tính chất

Được đặt trưng bởi momen lưỡng cực Pe (còn gọi là momen điện).

Momen điện là một véctor $\vec{P}_e = q\vec{l}$ có:

- Phương nối liền hai điện tích điểm
- Chiều $-q \rightarrow +q$,
- Độ lớn bằng ql



Hình 1.9

3. Lưỡng cực điện đặt trong điện trường đều

Giả sử $\vec{P}_e$ hợp với đường sức điện trường một góc α .

Ở hai đầu của lưỡng cực tĩnh điện, chịu tác dụng các lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2$. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, ($F_1 = F_2 = (qE)$) tạo thành một ngẫu lực, có cánh tay đòn bằng $l \cdot \sin \alpha$. Do đó momen $\vec{M}$ của ngẫu lực được xác định:

$$\vec{M} = \vec{l} \wedge \vec{F}_1 = \vec{l} \wedge (q\vec{E}) = \underbrace{q\vec{l}}_{\vec{P}_e} \wedge \vec{E}$$

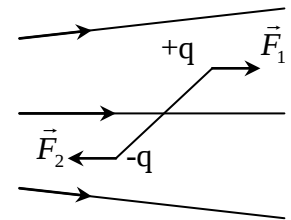
$$\vec{M} = \vec{P}_e \wedge \vec{E}$$

Momen ngẫu lực là một vector có phương vuông góc $(\vec{P}_e, \vec{E})$ với và có chiều sao cho $\vec{P}_e, \vec{E}$ và $\vec{M}$ tạo thành một tam diện thuận có độ lớn:

$$M = P_e \cdot E \cdot \sin \alpha, (\alpha = (\vec{P}_e, \vec{E}))$$

Dưới tác dụng của momen ngẫu lực $\vec{M}$, lưỡng cực điện bị quay theo chiều sao cho $\vec{P}_e$ tới trùng với hướng của điện trường $\vec{E}_0$.

Ở vị trí này các lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ trực đối nhau: Nếu lưỡng cực là cứng (l không thay đổi) lưỡng cực sẽ cân bằng; nếu lưỡng cực là đàn hồi thì nó bị biến dạng



Hình 1.10

4. Lưỡng cực điện đặt trong điện trường không đều

Trong trường hợp này lưỡng cực chịu 2 tác dụng:

Momen lực làm cho lưỡng cực quay đến khi $\vec{P}_e$ trùng hướng $\vec{E}$

Lực tác dụng sẽ kéo lưỡng cực về phía điện trường mạnh.

BÀI HƯỚNG DẪN 6: ĐIỆN THẾ

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm điện thế, hiệu điện thế, liên hệ giữa điện trường và điện thế, ý nghĩa của điện thế.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích, tổng hợp vấn đề, thông qua phân tích, tổng hợp vectơ lực tác dụng của điện trường lên điện tích; tính công của lực điện trường.

Thái độ: Trung thực khách quan khi phân tích, nhận xét vấn đề.

1. Công của lực tĩnh điện

Ta khảo sát sự chuyển dời của điện tích $q_0 > 0$ từ A đến B trên đường cong bất kì (L) trong điện trường gây bởi điện tích $q > 0$.

Công dịch của lực điện trên dịch chuyển $d\ell$ là dA :

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = F \cdot d\ell \cdot \cos \alpha \quad (1.10)$$

$d\vec{\ell}$ là vectơ có phương tiếp tuyến với đường cong tại điểm đang xét, có chiều là chiều chuyển dời và có độ lớn là $d\ell$

Ta có: $dr = d\ell \cdot \cos \alpha \quad (1.11)$

(dr là hình chiếu của $d\ell$ lên phương $\vec{r}$)

Từ biểu thức (1.10) và (1.11) ta có:

$$dA = F \cdot dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r^2} \cdot dr$$

Suy ra công của lực tĩnh điện trong chuyển dời điện tích q_0 từ A đến B là:

$$A_{AB} = \int_{AB} dA = \int_{r_A}^{r_B} \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r^2} dr$$

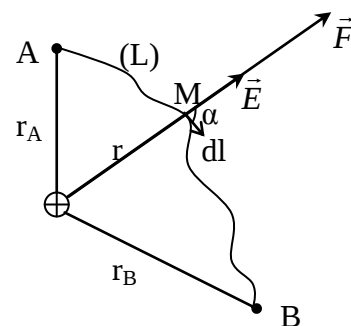
$$A_{AB} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r_B} \quad (1.12)$$

Biểu thức (1.12) cho ta thấy **công của lực tĩnh điện không phụ thuộc vào dạng đường cong (L) mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối** của đoạn đường dịch chuyển điện tích q_0 trong điện trường.

Nếu điện tích q_0 dịch chuyển theo một đường cong kín thì:

$$A = \oint_{(L)} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = \oint_{(L)} \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = 0$$

$$A = \oint_{(L)} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0$$



Hình 1.11

$$\Rightarrow \oint_{(L)} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0 \quad (1.13)$$

Biểu thức (1.13) chứng tỏ **điện trường là trường thế**

2. Thế năng của điện tích điểm trong điện trường

Trường hợp điện trường gây bởi một điện tích điểm

Điện trường là một trường thế nên công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển của một điện tích điểm q_0 trong điện trường bằng độ giảm thế năng.

Trong một chuyển dời nguyên tố $d\ell$:

$$dA = -dW, \quad \text{với } dA = q_0 \vec{E} d\vec{\ell} = \vec{F} d\vec{\ell}$$

Và trong dịch chuyển hữu hạn từ điểm A đến điểm B trong điện trường ta được:

$$\int_A^B dA = \int_A^B -dW \quad \text{hay} \quad A_{AB} = \int_A^B q_0 \vec{E} d\vec{\ell} = W_A - W_B \quad (1.14)$$

$W_A - W_B$ là độ giảm thế năng của điện tích điểm q_0 trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm A đến điểm B trong điện trường.

Để cụ thể, trước hết ta xét trường hợp điện tích q_0 dịch chuyển trong điện trường của một điện tích điểm q , ta biết công của lực điện trường:

$$A_{AB} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_B} \quad (1.15)$$

$$\Rightarrow W_A - W_B = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_B} \quad (1.16)$$

Từ đó, ta suy ra biểu thức thế năng của điện tích điểm q_0 đặt trong điện trường của điện tích điểm q và cách điện tích này một đoạn r bằng:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r} + C \quad (1.17)$$

C: hằng số tùy ý

W: thế năng tương tác của hệ tích điểm q_0 và q

Biểu thức (1.17) chứng tỏ thế năng của điện tích điểm q_0 trong điện trường được xác định sai khác một hằng số C. Tuy nhiên, giá trị C không ảnh hưởng gì tới những phép tính trong thực tế, vì trong thực tế các phép tính đó ta chỉ gặp các hiệu thế năng. Vì vậy người ta qui ước chọn thế năng của điện tích điểm ở vô cùng thì bằng 0:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_\infty} + C = 0$$

$$\Rightarrow C = 0 = W_\infty$$

Với qui ước trên (1.17) trở thành:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r} \quad (1.18)$$

Nếu q, q_0 cùng dấu (lực tương tác là lực đẩy), thế năng tương tác của chúng là dương.

Nếu q, q_0 trái dấu (lực tương tác là lực hút), thế năng tương tác của chúng là âm.

Nếu q, q_0 cách xa nhau vô cùng (Khi $r \rightarrow \infty$) thì $W=0$

3. Thế năng của hệ điện tích điểm:

Hệ điện tích điểm phân bố không liên tục, thế năng của hệ điện tích q_0 được xác định:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r_i} \quad (1.19)$$

Hệ điện tích phân bố liên tục (điện trường của vật mang điện), thế năng của hệ điện tích q_0 được xác định: $W_M = \int_M q_0 \vec{E} d\vec{\ell}$ (1.20)

Vậy: Thế năng của điện tích điểm q_0 tại một điểm trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang xét ra xa vô cùng.

4. Điện thế và hiệu điện thế

Từ công thức: $W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r}$, ta nhận thấy tỉ số $\frac{W}{q_0}$ không phụ thuộc vào độ lớn của điện tích q mà chỉ phụ thuộc vào các điện tích gây ra điện trường và phụ thuộc vào vị trí của điểm đang xét. Vì vậy, ta có thể dùng tỉ số đó để đặc trưng cho điện trường về mặt trữ năng lượng tại điểm đang xét.

Người ta định nghĩa tỉ số $V = \frac{W}{q_0}$ là điện thế của điện trường tại điểm đang xét.

Trường hợp điện trường gây bởi điện tích điểm thì điện thế:

$$V = \frac{W}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r}$$

Trường hợp điện trường gây bởi hệ điện tích điểm $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ thì khi đó điện thế tại điểm đang xét:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r_i}, \quad r_i \text{ khoảng cách từ điểm đang xét tới điện tích } q_i$$

Trường hợp điện trường bất kì (điện trường của vật mang điện):

$$V = \frac{W_M}{q_0} = \int_M \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (1.21)$$

Chia hai vế phương trình (1.14) cho q_0 ta được :

$$\frac{A_{AB}}{q_0} = \frac{W_A}{q_0} - \frac{W_B}{q_0} = V_A - V_B \quad (1.22)$$

$$\frac{A_{AB}}{q_0} = V_A - V_B \text{ được gọi là hiệu điện thế giữa hai điểm A và B}$$

Trong hệ SI, đơn vị của hiệu điện thế là vôn (V)

$$\text{Từ biểu thức (1.22) suy ra: } A_{AB} = q_0(V_A - V_B) \quad (1.23).$$

Vậy, công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích điểm q_0 từ điểm A đến điểm B trong điện trường bằng tích số của điện tích q_0 với hiệu điện thế giữa hai điểm đó.

■ **Ý nghĩa của điện thế, hiệu điện thế:** Từ biểu thức cho thấy: nếu lấy $q = 1C$ thì $A_{AB} = (V_A - V_B)$. Vậy, hiệu điện thế giữa hai điểm nào đó trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển một đơn vị điện tích dương giữa hai điểm đó.

Và nếu ta dịch chuyển q_0 đi từ M đến vô cùng thì $A_{A\infty} = V_A$ ($V_\infty = 0$). Vậy, điện thế tại một điểm trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự chuyển dời một đơn vị điện tích từ điểm A_A đến vô cùng.

5. Mặt đẳng thế

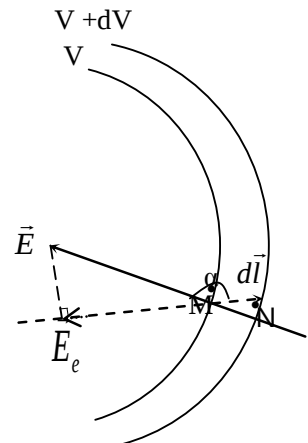
Định nghĩa: *Mặt đẳng thế* là quỹ tích của những điểm trong không gian có cùng một điện thế.

Phương trình của mặt đẳng thế: $V = C = \text{const}$

Với mọi giá trị của hằng số C, ta được một mặt đẳng thế.

Tính chất:

- Các mặt đẳng thế không cắt nhau, vì tại mọi điểm của điện trường chỉ có một giá trị xác định của điện thế
- Công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển một điện tích q_0 trên mặt đẳng thế bằng không.
- Vectơ cường độ điện trường tại một điểm trên mặt đẳng thế vuông góc với mặt đẳng thế tại điểm đó.



Hình 1.12

6. Liên hệ giữa vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ và điện thế.

Xét hai điểm M và N rất gần nhau trong điện trường $\vec{E}$

Giả sử điện thế tại các điểm M và N lần lượt là V và $(V + dv)$ với $dv > 0$ (nghĩa là điện thế tại N lớn hơn điện thế tại M).

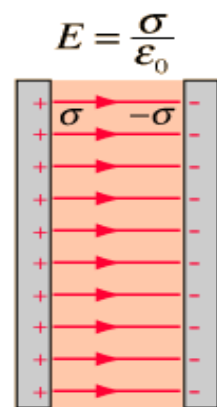
Để tìm biểu thức liên hệ giữa $\vec{E}$ và V, ta tính công lực tĩnh điện khi dịch chuyển điện tích q_0 từ M đến N. Ta có:

$$dA = \vec{F}d\vec{\ell} = q_0\vec{E}d\vec{\ell}$$

$$dA = q_0 E d\ell \cos \alpha = q_0 E_e d\ell$$

Với $E_e = E \cos \alpha$ là hình chiếu của $\vec{E}$ trên phương $\vec{\ell}$

$$\text{Mặt khác: } dA = q_0 \int_V^{V+dv} -dV = -q_0 dv$$



Hình 1.13 Điện trường của 2 mặt phẳng mang điện

$$q_0 E_\ell d\ell = -q_0 dV$$

$$E_\ell = -\frac{dV}{d\ell} \quad (1.24)$$

Vậy: Hình chiếu của $\vec{E}$ lên một phương nào đó có giá trị bằng độ giảm thế trên một đơn vị chiều dài theo phương đó.

Bài tập áp dụng

Bài 1. Xác định hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song vô hạn mang điện đều nhưng trái dấu được đặt song song với nhau.

Bước 1: Xác định điện trường trong vùng không gian ta đang xét

(Điện trường của mặt phẳng mang điện đều, được xác định BÀI HƯỚNG DẪN 4-mục 3.2-bài tập áp dụng số 4)

Bước 2: Thay vectơ điện vừa tìm ở bước 1 vào biểu thức liên hệ $\vec{E}$ và V

Bước 3: Gọi: V_1, V_2 lần lượt là điện thế ở hai điểm ta cần tính hiệu điện thế giữa chúng.

Bước 4: Tính tích phân: $-dV = E_\ell d\ell \Rightarrow V_1 - V_2 = -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_0^d E_\ell d\ell$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = E \cdot d, \quad \text{mà } E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \Rightarrow V_1 - V_2 = \frac{\sigma \cdot d}{\epsilon_0 \epsilon}$$

Bài 2. Xác định hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của mặt cầu mang điện đều.

Giả sử ta muốn xác định hiệu điện thế giữa hai điểm nằm cách tâm mặt cầu mang điện những đoạn R_1 và R_2 (với $R_1 > R_2 > R$. R là bán kính của mặt cầu mang điện).

Thực hiện 4 bước như bài tập 1, ta được hiệu điện thế giữa hai điểm nằm trong điện trường:

$$\Leftrightarrow V_1 - V_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Trường hợp $R_1 = R$ và $R_2 = \infty$ (ở $R_2 = \infty$ thì $V_2 = V_\infty = 0$) ta sẽ tìm được biểu thức điện thế V của một mặt cầu mang điện đều:

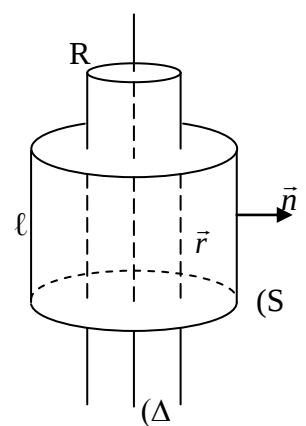
$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot R}$$

Bài 3. Xác định hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của một mặt trụ thẳng dài vô hạn mang điện đều:

Tương tự thực hiện các bước trên ta được

Hiệu điện thế giữa hai điểm nằm cách trục của mặt trụ mang điện đều giữa đoạn R_1 và R_2 được tính bởi công thức:

$$V_1 - V_2 = \int_{V_1}^{V_2} -dv = \int_{R_1}^{R_2} E \cdot dr$$



Hình 1.14