

Chương 26

ĐIỆN DUNG VÀ CHẤT ĐIỆN MÔI

Chương này sẽ giới thiệu về một trong ba thiết bị cơ bản nhất của mạch điện: tụ điện. Mạch điện là cơ sở cho phần lớn các thiết bị sử dụng trong cuộc sống. Chúng ta sẽ thảo luận về tụ điện, một linh kiện nhằm để lưu trữ điện tích. Phần thảo luận này tiếp nối chương 27 về điện trở, và sau này là chương 32 về cuộn dây. Tụ điện được sử dụng trong nhiều thiết bị phục vụ cho cuộc sống như: thu thanh vô tuyến, các bộ lọc trong cung cấp điện, thiết bị để loại bỏ tia lửa trong hệ thống đánh lửa ô tô, các thiết bị lưu trữ năng lượng trong bộ đếm điện tử....

26.1 ĐỊNH NGHĨA ĐIỆN DUNG

26.1.1 Cấu tạo của tụ điện

Một tụ điện (*capacitor*) gồm có 2 vật dẫn như hình vẽ. Các vật dẫn này được gọi là các bản tụ (plate). Khi vật dẫn được tích điện, các bản tụ sẽ mang điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng ngược dấu. Hiệu điện thế tồn tại giữa các bản tụ gây ra bởi các điện tích.

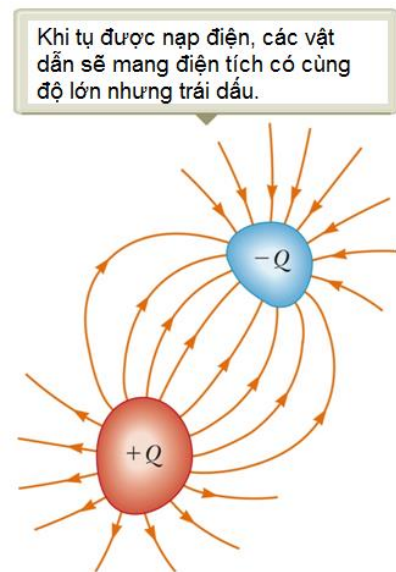
26.1.2 Khái niệm điện dung

Điện dung (*capacitance*), C , của một tụ điện được định nghĩa là tỉ số độ lớn của điện tích trên vật dẫn với hiệu điện thế giữa các vật dẫn.

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V} \quad (26.1)$$

Trong hệ SI, đơn vị của điện dung là **fara** (F). Điện dung 1 Fara là rất lớn, vì vậy, thông thường sử dụng đơn vị microfara (μF) và picofara (pF).

Điện dung luôn là một số dương. Điện dung của một tụ điện nhất định luôn là hằng số. Điện dung là một thước đo khả năng lưu trữ điện tích của tụ điện. Điện dung của một tụ điện là lượng điện tích mà tụ có thể lưu trên một đơn vị hiệu điện thế.

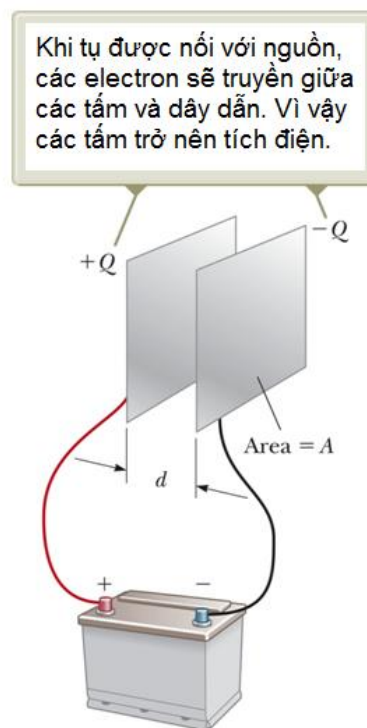


Hình 26.1: Tụ điện

26.1.3 Tụ điện phẳng

Mỗi bản tụ được nối với một cực của nguồn điện. Nguồn điện tạo ra một hiệu điện thế giữa 2 cực. Nếu tụ điện không được tích điện ban đầu, nguồn điện sẽ tạo ra một điện trường trong các dây nối. Điện trường này sẽ tác dụng lực lên các electron trong dây. Lực điện làm các electron chuyển động về bản tụ mang điện âm. Quá trình này tiếp tục cho đến khi đạt trạng thái cân bằng điện, lúc đó, bản tụ, dây dẫn và điện cực, tất cả có cùng điện thế. Tại thời điểm này, không có điện trường hiện diện trong dây và chuyển động của các electron sẽ chấm dứt.

Một quá trình tương tự xảy ra ở bản kia, các electron di chuyển ra khỏi bản tụ và để lại điện tích dương trên nó. Ở trạng thái cuối cùng, hiệu điện thế trên các bản tụ bằng hiệu điện thế giữa các cực của nguồn.



Hình 26.2: Tụ điện phẳng

Câu hỏi 26.1: Một tụ điện đang tích trữ một điện tích Q tại hiệu điện thế V . Hỏi điều gì sẽ xảy ra nếu điện thế giữa 2 bản tụ tăng lên gấp đôi?

- Điện dung giảm một nửa so với ban đầu còn điện tích không đổi.
 - Cả điện dung và điện tích đều giảm bằng nửa giá trị ban đầu.
 - Điện dung và điện tích tăng gấp đôi.
 - Điện dung không đổi còn điện tích tăng gấp đôi.
-

26.2 TÍNH TOÁN ĐIỆN DUNG

26.2.1 Điện dung của một quả cầu cách điện

Xét một vật dẫn hình cầu tích điện có bán kính a . Quả cầu sẽ có cùng điện dung với một quả cầu dẫn điện bán kính vô hạn, đồng tâm với quả cầu đang xét.

Giả sử $V = 0$ đối với vỏ cầu vô cùng lớn.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{k_e Q/a} = \frac{R}{k_e} = 4\pi\epsilon_0 a \quad (26.2)$$

Lưu ý, điều này không phụ thuộc vào điện tích trên mặt cầu và điện thế của nó.

Điện dung tỉ lệ thuận với tiết diện của mỗi bản và tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa chúng.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{Ed} = \frac{Q}{Qd/\epsilon_0 A} = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (26.3)$$

26.2.2 Điện dung của tụ điện trụ

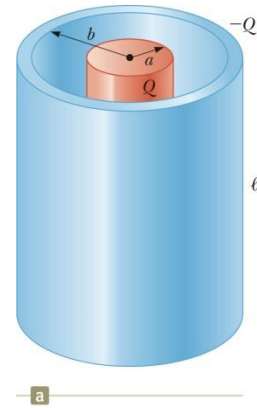
Hiệu điện thế giữa 2 bản tụ:

$$\Delta V = -2k_e \lambda \ln(b/a)$$

với $\lambda = Q/l$

Do đó, điện dung của tụ trụ:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\ell}{2k_e \ln(b/a)} \quad (26.4)$$



Hình 26.3: Tụ điện trụ

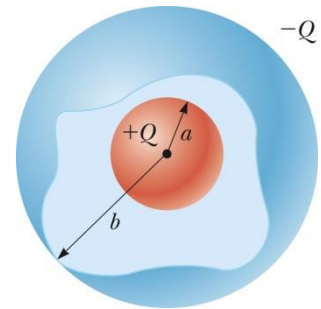
26.2.3 Điện dung của tụ điện cầu

Hiệu điện thế giữa 2 bản tụ:

$$\Delta V = k_e Q \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

Điện dung của tụ cầu:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{ab}{k_e(b-a)} \quad (26.5)$$



Hình 26.4: Tụ điện cầu

26.3 ĐIỆN DUNG CỦA MẠCH ĐIỆN

26.3.1 Ký hiệu mạch điện

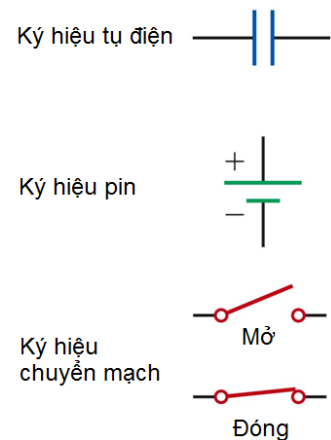
Một sơ đồ mạch là một biểu diễn đơn giản của một mạch điện thực tế. Các ký hiệu mạch được sử dụng để biểu diễn các yếu tố mạch khác nhau.

Đường (đoạn) thẳng được sử dụng để biểu thị dây điện.

Cực dương của nguồn (pin) được ký hiệu bằng gạch dài hơn.

26.3.2 Tụ điện mắc song song (parallel combination)

Khi các tụ điện lần đầu tiên được kết nối trong mạch, các electron sẽ được chuyển từ bản bên trái qua nguồn đến bản bên phải, để lại bản bên trái tích điện dương và bản bên phải tích điện âm (hình 26.6).



Hình 26.5: Ký hiệu mạch điện

Dòng điện tích sẽ ch\am dứt (ngung) khi \u0111i\u00ean th\u00e8 tr\u00ean c\ac b\an t\u01b0 b\ang v\u01d1i \u0111i\u00ean th\u00e8 c\u1ee7a ngu\u00f2n. Do \u0111\u00f3, hi\u00eau \u0111i\u00ean th\u00e8 gi\u1eeba c\ac t\u01b0 th\u00ec b\ang nhau v\ac b\ang hi\u00eau \u0111i\u00ean th\u00e8 c\u1ee7a ngu\u00f2n.

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

ΔV l\ac hi\u00eau \u0111i\u00ean th\u00e8 c\u1ee7a ngu\u00f2n. C\ac t\u01b0 \u0111i\u00ean s\u00e8 t\u00edch \u0111i\u00ean c\u1ee7c \u0111\ac khi \u0111\u00f2ng \u0111i\u00ean ch\am dứt.

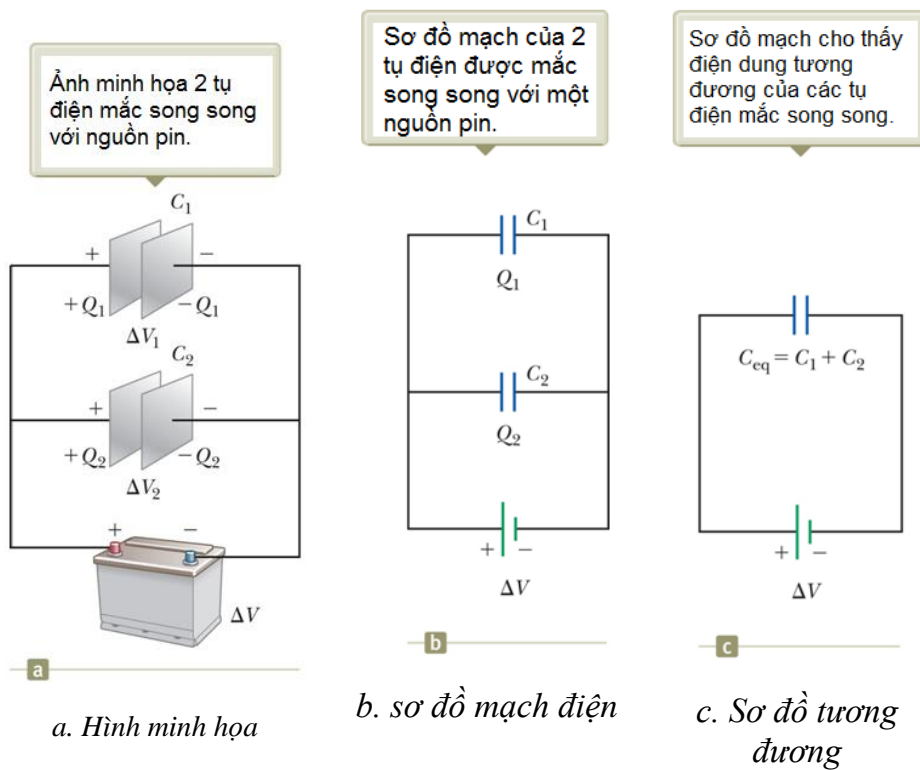
\u0111i\u00ean t\u00edch t\u00f2ng c\u00f2ng b\ang t\u00f2ng \u0111i\u00ean t\u00edch tr\u00ean c\ac t\u01b0.

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 \quad (26.7)$$

C\ac t\u01b0 \u0111i\u00ean c\u00f3 th\u00e8 \u0111\u01b0\u01c7c thay th\u00e8 b\ang m\u01d1t t\u01b0 \u0111i\u00ean v\u01d1i m\u01d1t \u0111i\u00ean dung t\u01b0\u0111\u01b0\u0102ng C_{eq} . T\u01b0 \u0111i\u00ean t\u01b0\u0111\u01b0\u0102ng ph\ac c\u0169ng hi\u00eau \u0111\u01b0\u0102ng b\u00ean ngo\ai l\u00ean m\ac h\u0111i\u00ean nh\u01b0 c\ac t\u01b0 \u0111i\u00ean ban \u0111\ac.

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (26.8)$$

\u0111i\u00ean dung t\u01b0\u0111\u01b0\u0102ng c\u1ee7a m\u01d1t h\u00e8 c\ac t\u01b0 m\ac song song c\u00f3 gi\ac tr\u00ec l\u00f2n h\u00f4n \u0111i\u00ean dung c\u1ee7a c\ac t\u01b0 th\acnh ph\an.

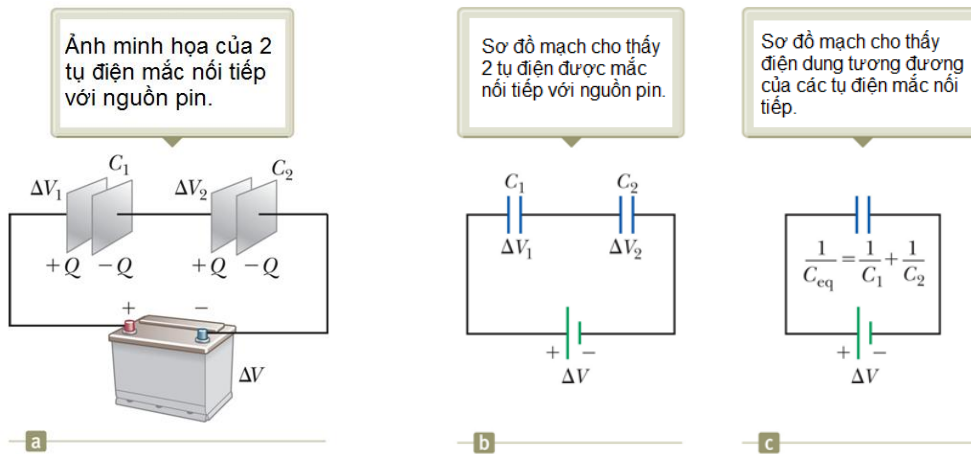


Hình 26.6: 2 tụ mắc song song

26.3.3 Tụ điện mắc nối tiếp (series combination)

Khi m\u01d1t ngu\u00f2n \u0111\u01b0\u01c7c n\u01d1i v\u01d1i m\ac h\u0111i\u00ean, c\ac electron s\u00e8 \u0111\u01b0\u01c7c chuy\u00ean t\u1eeb b\an b\u00ean tr\ac c\u00f3 \u0111i\u00ean dung C_1 sang b\an b\u00ean ph\ac c\u00f3 \u0111i\u00ean dung C_2 (h\u00ecnh 26.7). V\u00ec \u0111i\u00ean t\u00edch \u0111i\u00ean n\ac t\u00edch t\u01b0 tr\u00ean b\an b\u00ean ph\ac C_2 n\u00e8n m\u01d1t l\u01b0\u0102ng t\u01b0\u0111\u01b0\u0102ng c\u1ee7a \u0111i\u00ean t\u00edch \u0111i\u00ean \u0111\u01b0\u01c7c l\acy ra t\u1eeb b\an b\u00ean tr\ac C_2 \u0111\u00e8

lại trên nó các điện tích dương. Tất cả các bản bên phải mang điện tích $-Q$ và các bản bên trái mang điện tích $+Q$.



a. Hình minh họa

b. Sơ đồ mạch điện

c. Sơ đồ tương đương

Hình 26.7: 2 tụ mắc nối tiếp với pin

Một tụ tương đương hoạt động như một hệ các tụ mắc nối tiếp. Các điện tích trên các tụ bằng nhau.

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

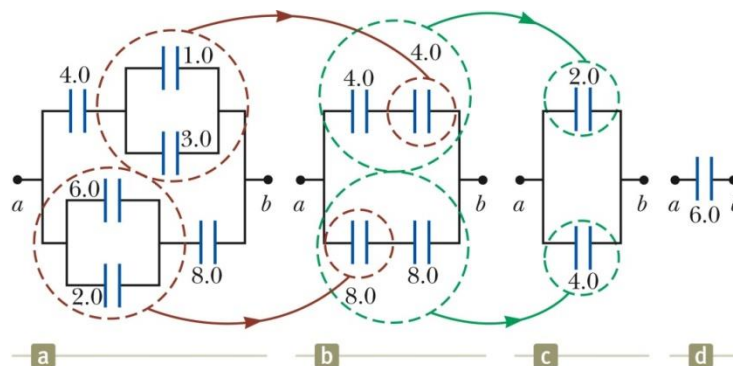
Tổng hiệu điện thế bằng hiệu điện thế của nguồn.

$$\Delta V_{\text{tot}} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots \quad (26.9)$$

Điện dung tương đương là:

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (26.10)$$

Điện dung tương đương của hệ mắc nối tiếp luôn nhỏ hơn điện dung của tụ thành phần.



Hình 26.8: ví dụ điện dung tương đương

Ví dụ điện dung tương đương: Các tụ $1.0\text{-}\mu\text{F}$ và $3.0\text{-}\mu\text{F}$ mắc song song với các tụ $6.0\text{-}\mu\text{F}$ và $2.0\text{-}\mu\text{F}$. Hệ tụ điện mắc song song này nối tiếp với các tụ kế bên chúng.

Các hệ tụ mắc nối tiếp thì song song và điện dung tương đương của hệ có thể tìm được như hình 26.8.

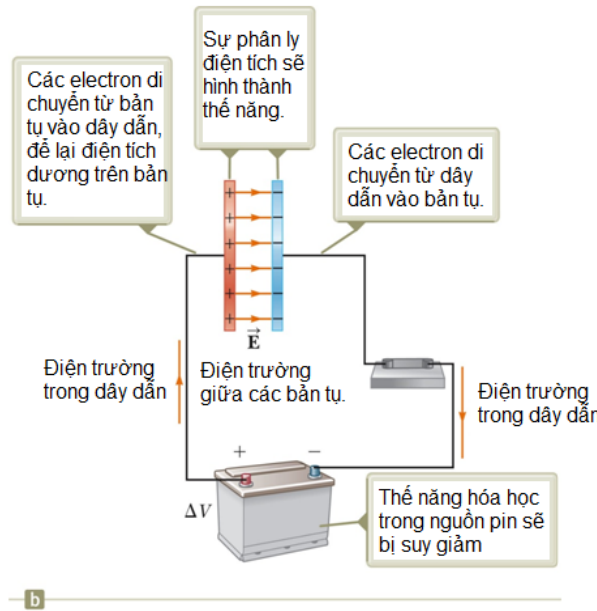
Câu hỏi 26.2: Hai tụ điện giống nhau được nối với nhau hoặc nối tiếp hoặc song song. Nếu muốn nhận được hệ có điện dung nhỏ nhất, hỏi hai tụ điện đó được nối với nhau theo cách nào?

- a. Mắc nối tiếp
- b. Mắc song song
- c. Cách nào cũng được vì cả 2 cách mắc có cùng điện dung.

26.3.4 Năng lượng của tụ điện – Tổng quan

Xét mạch điện trên hình 26.9. Trước khi đóng công tắc, năng lượng được lưu trữ dưới dạng năng lượng hóa học trong nguồn. Khi công tắc đóng, năng lượng được chuyển đổi từ hóa năng sang điện năng. Điện năng liên quan đến việc tách các điện tích dương và âm tích trên các bản tụ.

Một tụ điện có thể được mô tả như một thiết bị lưu trữ năng lượng cũng như tích trữ điện tích.



Hình 26.9: Năng lượng của tụ điện

Câu hỏi 26.3: Bạn có 3 tụ điện và một nguồn điện. Hỏi cách mắc nào để cho 3 tụ điện có năng lượng tích trữ là lớn nhất khi nối chúng với nguồn.

- a. Mắc nối tiếp
- b. Mắc song song
- c. Không có sự khác nhau do cả 2 cách mắc trên đều có cùng năng lượng.

26.3.5 Năng lượng lưu trữ trong một tụ điện

Giả sử tụ điện đang được tích điện q dưới hiệu điện thế V của nguồn. Lúc này, công cần thiết để chuyển một điện tích dq từ bản tụ này đến bản tụ kia cho bởi công thức:

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq \quad (26.11)$$

Công dW ở công thức trên bằng diện tích của hình chữ nhật trên đồ thị 26.10.

Do đó, tổng công để tích điện cho một tụ điện:

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C} \quad (26.12)$$

Công thực hiện trong việc nạp tụ bằng thế năng U :

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \Delta V = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 \quad (26.13)$$

Công thức này áp dụng cho tụ điện có hình dạng bất kỳ.

Năng lượng lưu trữ tăng lên khi điện tích tăng và hiệu điện thế tăng. Trong thực tế, có một điện áp tối đa trước khi tụ xảy ra hiện tượng đánh thủng tụ.

Năng lượng tích trữ trên tụ có thể được xem như đã lưu trữ trong điện trường.

Đối với một tụ phẳng với các bản mắc song song, năng lượng có thể được biểu diễn dưới dạng như sau:

$$U = \frac{1}{2} (\epsilon_0 A d) E^2 \quad (26.14)$$

Do đó, mật độ năng lượng của điện trường (năng lượng trên một đơn vị thể tích):

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (26.15)$$

26.3.6 Một số công dụng của tụ

Máy khử rung tim: Khi rung tim xảy ra, tim sẽ tạo ra một kiểu đập nhanh và không đều. Một sự xả nhanh chóng của điện năng qua tim có thể trả lại nhịp đập bình thường.

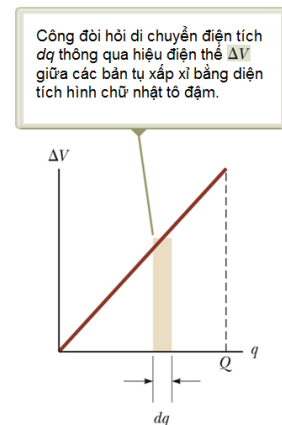
Nói chung, tụ điện hoạt động như bộ dự trữ năng lượng có thể được sạc từ từ và rồi xả một cách nhanh chóng để cung cấp một lượng lớn năng lượng trong một thời gian cực ngắn.

26.4 TỤ ĐIỆN VỚI CHẤT ĐIỆN MÔI

Điện môi là các vật liệu không dẫn điện, khi được đặt giữa hai bản của một tụ điện, sẽ làm tăng điện dung. Các điện môi bao gồm cao su, thủy tinh, và giấy sáp...

Khi có điện môi giữa 2 bản của tụ điện, điện dung của tụ sẽ trở thành:

$$C = \kappa C_0 \quad (26.16)$$



Hình 26.10: Công di chuyển điện tích

với κ là hằng số điện môi của vật liệu. Điện dung tăng bởi thừa số κ khi điện môi hoàn toàn lấp đầy không gian giữa các bản. Nếu tụ vẫn còn kết nối với nguồn, điện áp trên tụ vẫn giữ nguyên. Nếu tụ bị ngắt kết nối với nguồn, tụ là một hệ cô lập và điện tích vẫn giữ nguyên.

Do đó, đối với một tụ điện phẳng, công thức tính điện dung tổng quát là:

$$C = \kappa (\epsilon_0 A) / d \quad (26.17)$$

Về lý thuyết, d có thể rất nhỏ để tạo ra một điện dung rất lớn. Nhưng trong thực tế, d bị giới hạn bởi hiện tượng đánh thủng tụ.

Mặc dù điện môi làm 2 bản tụ tách biệt nhưng với mỗi giá trị nhất định của d có một điện áp tối đa có thể được áp vào một tụ điện mà không gây ra sự phóng điện tùy thuộc vào sức bền điện môi (điện trường tối đa mà điện môi còn chịu được) của vật liệu.

Ưu điểm của điện môi là:

- ❖ Tăng điện dung.
- ❖ Tăng điện áp hoạt động tối đa.
- ❖ Có thể nâng đỡ cơ học giữa các bản. Điều này cho phép các bản gần nhau mà không chạm nhau, làm giảm d và tăng C .

Bảng 26.1: Một số hằng số điện môi và sức bền điện môi

Vật liệu	Hằng số điện môi κ	Sức bền điện môi ^a (10^6 V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	16
Paraffin-impregnated paper	3.5	11
Polystyrene	2.56	24
Polyvinyl chloride	3.4	40
Porcelain	6	12
Pyrex glass	5.6	14
Silicone oil	2.5	15
Strontium titanate	233	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

^a Sức bền điện môi bằng điện trường cực đại mà chất điện môi có thể chịu được. Những giá trị này phụ thuộc mạnh vào sự hiện diện các tạp chất và những khuyết tật của vật liệu.

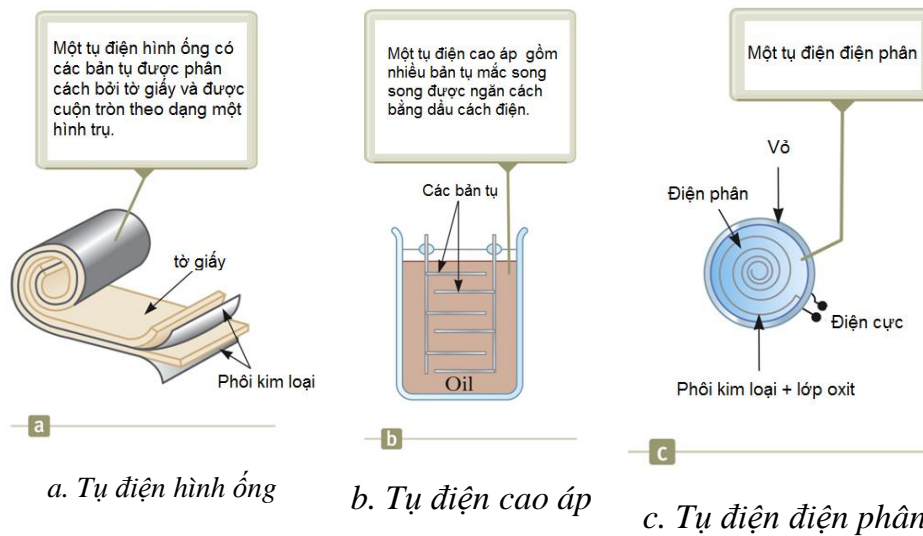
26.5 Các loại tụ điện sử dụng điện môi

26.5.1 Tụ điện hình ống (tubular capacitor)

Lá kim loại có thể được kết hợp (xen kẽ) với tờ giấy mỏng được tẩm parafin hoặc mylar. Các lớp này được cuộn lại thành một hình trụ để tạo thành một cuộn nhỏ tạo thành tụ điện (hình 26.11 a).

26.5.2 Tụ điện dầu (oil capacitor)

Phổ biến cho các tụ điện cao áp. Một số tấm kim loại đan xen được nhúng chìm trong dầu silicon (hình 26.11 b)



Hình 26.11: Các loại tụ điện

26.5.3 Tụ điện điện phân (electrolytic capacitor)

Được sử dụng để lưu trữ một lượng lớn điện tích ở các điện áp tương đối thấp. Chất điện phân là một giải pháp dẫn điện nhờ chuyển động của các ion có trong dung dịch. Khi một điện áp được áp vào giữa lá kim loại và chất điện phân, một lớp mỏng oxit kim loại được hình thành trên lá. Lớp này đóng vai trò như một chất điện môi. Các giá trị lớn của điện dung có thể đạt được do lớp điện môi rất mỏng và khoảng cách giữa các bản tụ rất nhỏ (hình 16.11 c).

26.5.4 Tụ biến dung (Variable capacitors)

Tụ biến dung bao gồm hai bộ đan xen của các bản kim loại chứa không khí như điện môi, một bản cố định và bản khác có thể di chuyển. Những tụ này thường dao động từ 10 đến 500 pF, được sử dụng trong các mạch điều chỉnh radio (phát thanh) (hình 26.12).



Hình 26.12: Tụ biến dung

26.6 LƯỜNG CỰC ĐIỆN TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

Một lưỡng cực điện gồm hai điện tích có độ lớn bằng nhau và ngược dấu (hình 26.13). Các điện tích cách nhau một khoảng $2a$. Moment lưỡng cực điện (*electric dipole moment*) \vec{p} hướng dọc theo đường nối các điện tích từ $-q$ đến $+q$.

Momen lưỡng cực điện có độ lớn bằng $p \equiv 2aq$.

Giả sử lưỡng cực điện được đặt trong một điện trường ngoài đều \vec{E} . \vec{E} ở ngoài lưỡng cực; nó không phải là điện trường tạo ra bởi lưỡng cực. Giả sử lưỡng cực tạo một góc θ so với phương của điện trường \vec{E} (hình 26.14). Mỗi điện tích sẽ chịu một lực $F = Eq$ tác động lên nó. Lực tổng hợp lên lưỡng cực điện bằng 0. Các lực tạo ra một mômen lực (torque) lên lưỡng cực điện.

Độ lớn của mômen lực là:

$$\tau = 2Fa \sin \theta = pE \sin \theta$$

Mômen lực cũng có thể được biểu diễn như tích hữu hướng của mômen lưỡng cực và điện trường:

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad (26.18)$$

Hệ lưỡng cực điện và điện trường ngoài có thể được mô hình hóa như một hệ cô lập về năng lượng. Thế năng có thể được biểu diễn như một hàm của hướng lưỡng cực với điện trường:

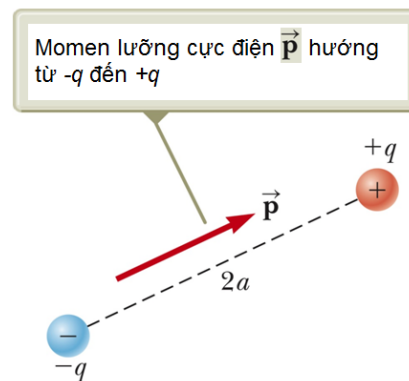
$$U_f - U_i = pE(\cos \theta_i - \cos \theta_f) \rightarrow U = -pE \cos \theta$$

Biểu thức này có thể được viết như một tích hữu hướng dưới dạng:

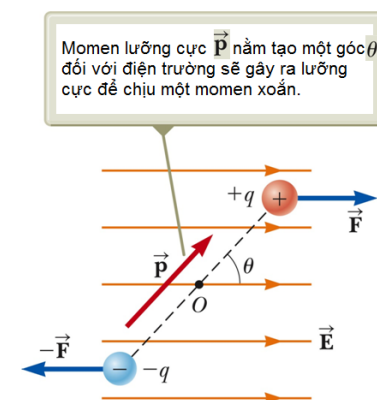
$$U = \vec{p} \cdot \vec{E} \quad (26.19)$$

26.6.1 Phân tử phân cực và phân tử không phân cực

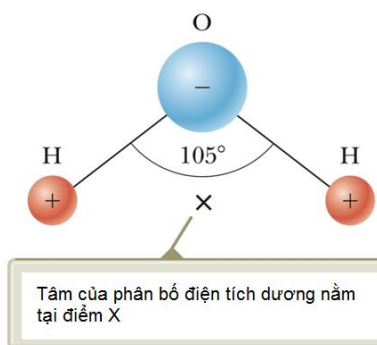
Các phân tử được cho là phân cực (*polarized*) khi tồn tại một khoảng cách giữa vị trí trung bình của các điện tích âm và vị trí trung bình của các điện tích dương. Các phân tử phân cực là những phân tử thỏa mãn điều kiện trên. Các phân tử mà sự phân cực không vĩnh viễn được gọi là các phân tử không phân cực.



Hình 26.13: Lưỡng cực điện



Hình 26.14: Mômen lưỡng cực



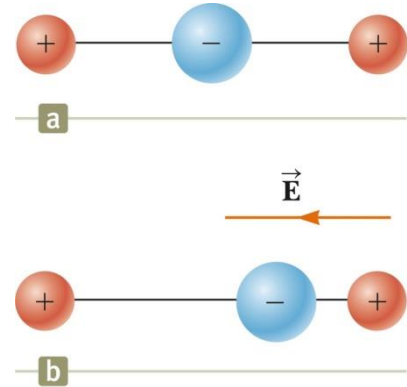
Hình 26.15: Phân tử nước

Phân tử nước là ví dụ của một phân tử phân cực (hình 26.15). Tâm của điện tích âm nằm gần tâm của nguyên tử oxygen. Điểm X là tâm của phân bố điện tích dương. Các vị trí trung bình của các điện tích dương và âm đóng vai trò như các điện tích điểm.

Do đó, các phân tử phân cực có thể được mô hình hóa như các lưỡng cực điện.

26.6.2 Phân cực cảm ứng

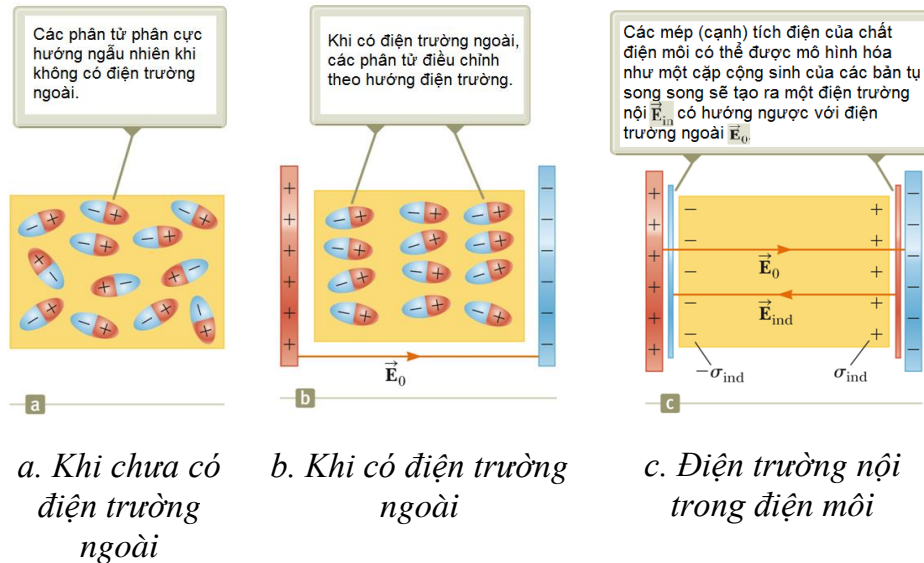
Một phân tử đối xứng không có sự phân cực cố định như hình 26.16a, nhưng phân tử đó có thể phân cực cảm ứng bằng cách đặt phân tử trong một điện trường (hình 26.16b). Phân cực cảm ứng là hiệu ứng chiếm ưu thế trong hầu hết các vật liệu được sử dụng làm chất điện môi trong các tụ điện.



Hình 26.16: Phân tử phân cực cảm ứng

26.7 MÔ TẢ ĐIỆN MÔI DƯỚI GÓC ĐỘ NGUYÊN TỬ

Các phân tử tạo nên điện môi được mô hình hóa như các lưỡng cực điện (hình 26.17a). Các phân tử sẽ hướng ngẫu nhiên khi không có điện trường.



Hình 26.17: Điện môi

Áp lên điện môi một điện trường ngoài. Điều này sẽ tạo ra một mômen lực lên các phân tử (hình 26.17b). Từng phần các phân tử xoay theo hướng điện trường. Mức độ điều chỉnh này tùy thuộc vào nhiệt độ và độ lớn của điện trường. Nói chung, sự điều chỉnh này tăng khi nhiệt độ giảm và điện trường tăng.

Nếu các phân tử của điện môi là các phân tử không phân cực, điện trường sẽ tạo ra một số phân ly điện tích. Điều này sẽ sinh ra một mômen lưỡng cực cảm ứng. Hiệu ứng sẽ giống nhau nếu các phân tử phân cực.

Một điện trường ngoài có thể phân cực điện môi cho dù các phân tử phân cực hay không phân cực. Các mép (tích điện) của điện môi hoạt động như một cặp bản tụ thứ 2 sẽ sản sinh một điện trường cảm ứng theo hướng ngược với điện trường ngoài. Do đó, tổng điện trường trên điện môi có độ lớn:

$$E = E_0 - E_{ind} \quad (26.20)$$

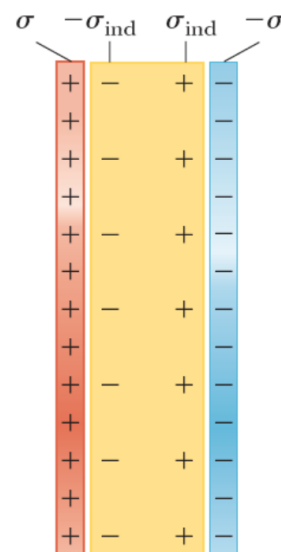
Đối với tụ phẳng như hình 26.18, điện trường ngoài E_0 được tạo ra bởi mật độ điện tích σ trên bản tụ. Còn điện trường cảm ứng E_{ind} tạo ra bởi mật độ điện tích cảm ứng σ_{ind} . Do đó, từ công thức 26.20, ta có:

$$\frac{\sigma}{\kappa\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_{ind}}{\epsilon_0}$$

Suy ra:
$$\sigma_{ind} = \left(\frac{\kappa-1}{\kappa}\right)\sigma \quad (26.21)$$

Vì κ lớn hơn 1, nên σ_{ind} luôn nhỏ hơn σ . Nếu không có chất điện môi, nghĩa là $\kappa=1$, thì mật độ điện tích cảm ứng $\sigma_{ind}=0$.

Điện trường do các bản tụ hướng sang phải và nó làm phân cực điện môi (hình 26.17c). Hiệu ứng tổng hợp lên điện môi là một điện tích bề mặt cảm ứng. Điều này sẽ dẫn đến một điện trường cảm ứng. Nếu điện môi được thay thế bằng một vật dẫn, điện trường tổng hợp giữa các bản sẽ bằng 0.



Hình 26.18: Điện tích cảm ứng trên điện môi giữa 2 bản của tụ phẳng

Tóm tắt chương 26

Điện dung C của tụ điện là tỉ số giữa điện tích trên bản tụ và hiệu điện thế giữa 2 bản tụ :

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V}$$

Điện dung của hệ tụ điện mắc nối tiếp:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Điện dung của hệ tụ điện mắc song song:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$\text{Năng lượng tích trữ giữa 2 bản tụ: } U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \Delta V = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

Điện dung của tụ điện khi chất điện môi có hằng số điện môi κ giữa 2 bản tụ:

$$C = \kappa C_0$$

Mômen lưỡng cực: $p \equiv 2aq$

Mômen lực tác dụng lên một lưỡng cực điện: $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

Thế năng của một lưỡng cực điện trong điện trường: $U = \vec{p} \cdot \vec{E}$

Câu hỏi lý thuyết chương 26:

- Tại sao lại nguy hiểm khi chạm vào một tụ điện cao thế sau khi tụ điện đã được ngắt khỏi nguồn?
 - Làm gì để có thể an toàn khi chạm tay vào một tụ điện cao thế đã ngắt khỏi nguồn?
- Hãy giải thích lý do vì sao điện môi làm tăng hiệu điện thế tối đa của tụ điện khi mà kích thước của tụ không hề thay đổi.
- Nếu bạn muốn chế tạo một tụ điện có kích thước nhỏ mà điện dung lại lớn, thì theo bạn hai yếu tố quan trọng nhất trong thiết kế của bạn là gì ?
- Chúng ta thấy rằng, tổng điện tích trên 2 tụ điện bằng 0. Vậy tụ điện tích trữ cái gì ? Giải thích.

Bài tập chương 26:

- Khi nối một nguồn điện vào một tụ điện phẳng có điện dung 3mF thì tụ điện sẽ tích trữ một điện tích là 27,0 mC. Hãy tính hiệu điện thế của nguồn.
 - Nếu cũng tụ điện ở trên nối vào một nguồn điện khác và điện tích được tích trữ trong tụ lúc này là 36,0 mC. Hãy tính hiệu điện thế của nguồn điện này ?

ĐS: (a) 9,0 V; (b) 12,0 V
- Hỏi điện tích trên mỗi bản tụ bằng bao nhiêu nếu nối một tụ điện có điện dung 4,00 mF vào một nguồn điện có hiệu điện thế 12,0 V.
 - Cũng với tụ điện đó, khi nối với nguồn có hiệu điện thế 1,50 V thì điện tích được tích trên bản tụ là bao nhiêu ?

ĐS: (a) 48 μ C; (b) 6 μ C

3. (a) Giả sử rằng mặt đất và một đám mây cách mặt đất 800m tạo thành một tụ điện “phẳng”, hãy tính điện dung của tụ mặt đất – đám mây này. Biết rằng đám mây có diện tích $1,00 \text{ km}^2$ và giữa mặt đất và đám mây là không khí sạch và khô.

(b) Biết rằng khi điện tích được tích trên đám mây và mặt đất tạo thành một điện trường có độ lớn 3.10^6 N/C thì không khí sẽ bị đánh thủng và tạo thành tia sét. Hỏi điện tích tối đa có thể tích trên đám mây là bao nhiêu ?

ĐS: (a) $11,1 \text{ nF}$; (b) $26,6 \text{ C}$.

4. Một quả cầu làm bằng chất dẫn điện có bán kính $12,0 \text{ cm}$ được tích điện sao cho điện trường do quả cầu tạo ra tại một điểm cách tâm quả cầu $21,0 \text{ cm}$ có độ lớn $4,90.10^4 \text{ N/C}$.

(a) Hỏi mật độ điện tích trên quả cầu bằng bao nhiêu ?

(b) Tính điện dung của quả cầu này?

ĐS: (a) $1,33 \mu\text{C}/\text{m}^2$; (b) $13,33 \text{ pF}$

5. Hãy tính điện dung tương đương của hệ gồm 2 tụ điện có điện dung lần lượt là $4,20 \text{ mF}$ và $8,50 \text{ mF}$ khi hệ 2 tụ điện này mắc:

(a) Mắc nối tiếp.

(b) Mắc song song.

ĐS: (a) $2,81 \text{ mF}$; (b) $12,7 \text{ mF}$

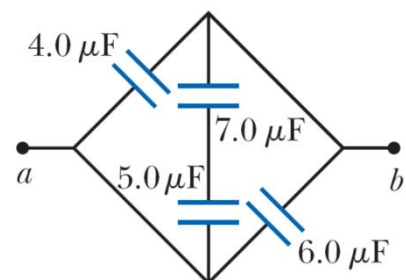
6. Cho một tụ điện có điện dung $2,50 \text{ mF}$, một tụ điện có điện dung $6,25 \text{ mF}$ được mắc vào một nguồn điện có hiệu điện thế $6,00 \text{ V}$. Hãy tính điện tích trên mỗi tụ nếu hai tụ này được mắc:

(a) Mắc nối tiếp.

(b) Mắc song song.

ĐS: (a) $10,7 \mu\text{F}$; (b) $15 \mu\text{F}; 37,5 \mu\text{F}$

7. Hãy tính điện dung tương đương giữa 2 điểm a và b của hệ tụ điện được mắc như hình vẽ bên.

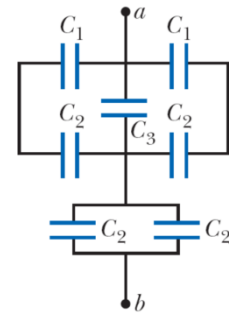


ĐS: $12,9 \mu\text{C}$

8. (a) Hãy tính điện dung tương đương giữa 2 điểm a và b của hệ tụ điện được mắc như hình vẽ bên. Biết rằng $C_1=5,00 \text{ mF}$; $C_2=10,00 \text{ mF}$; và $C_3=2,00 \text{ mF}$.

(b) Hãy tính điện tích của tụ điện C_3 khi mắc vào giữa 2 điểm a và b một hiệu điện thế 60,0V

ĐS: (a) 6,05 μF ; (b) 83,7 μC



9. Một nguồn điện 12,0 V được nối vào một tụ điện làm tụ điện tích trên tụ điện tích điện tích là 54,0 mC. Tính năng lượng được tích trữ trên tụ điện này.

ĐS: $3,24 \cdot 10^{-4}\text{J}$

10. Khi một người di chuyển trong môi trường khô ráo thì người đó sẽ bị tích điện trên cơ thể. Khi tạo được thành hiệu điện thế lớn, hoặc âm hoặc dương, thì cơ thể sẽ giải phóng điện tích bằng cách phóng tia lửa điện hoặc người đó bị giật nhẹ khi truyền điện tích qua các vật khác. Giả sử rằng một người được cách điện với mặt đất và có điện dung trung bình cỡ 150pF.

(a) Tính điện tích được tích trên cơ thể để có thể tạo ra hiệu điện thế 10,0kV.

(b) Các thiết bị điện tử nhạy cảm có thể bị phá hủy bởi điện tích trên cơ thể người. Một thiết bị điện tử có thể bị hỏng khi có một lượng điện tích truyền qua mang năng lượng 250mJ. Tính hiệu điện thế trên cơ thể người trong trường hợp đó.

ĐS: (a) 1,5 μC ; (b) 1,83 kV

11. Hai tụ điện $C_1=25,00\text{mF}$ và $C_2=5,00\text{mF}$ được nối song song và gắn vào một nguồn điện có hiệu điện thế 100V.

(a) Hãy vẽ sơ đồ mạch điện.

(b) Hãy tính tổng năng lượng được tích trữ trên 2 tụ.

(c) Nếu 2 tụ ở trên được mắc nối tiếp thì cần một nguồn điện có hiệu điện thế bằng bao nhiêu để tổng năng lượng trên 2 tụ có cùng giá trị như câu b.

(d) Hãy vẽ sơ đồ mạch điện ở câu c.

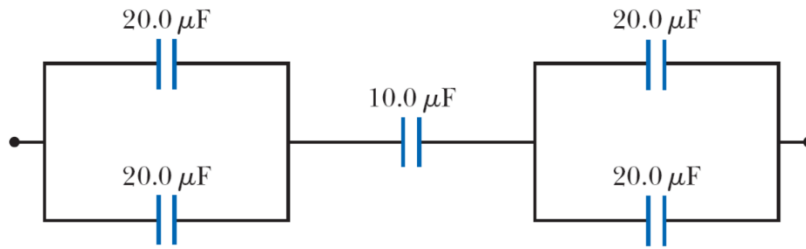
ĐS: (b) 0,150 J; (c) 268 V

12. (a) Hỏi điện tích tối đa có thể tích trữ trên một tụ phẳng có điện môi là không khí để nó chưa bị đánh thủng, nếu diện tích mỗi bản tụ là 5,00 cm^2 .

(b) Nếu thay chất điện môi là polystyrene thì điện tích tối đa của tụ có thể là bao nhiêu ?

ĐS: (a) 13,3 nC; (b) 272 nC.

13. Cho mạch điện gồm các tụ điện như hình vẽ dưới đây. Biết rằng hiệu điện thế đánh thủng của mỗi tụ đều là 15,0V. Tính hiệu điện thế tối đa có thể mắc vào 2 đầu của mạch điện.



ĐS: 22,5 V

14. Một vật rắn nhỏ mang cả điện tích dương và âm với độ lớn là 3,50 nC. Điện tích dương nằm ở tọa độ (21,20mm; 1,10mm), còn điện tích âm ở tọa độ (1,40mm; 21,30mm).
- (a) Hãy tính mômen lưỡng cực của vật này.
- (b) Vật này được đặt vào một điện trường $\vec{E} = (7,80 \cdot 10^3 \hat{i} - 4,90 \cdot 10^3 \hat{j})$ N/C. Hãy tính mômen lực tác dụng vào vật.
- (c) Tính thế năng của hệ vật – điện trường khi vật nằm theo hướng này.
- (d) Giả sử rằng vật có thể đổi hướng, hãy tính sự khác nhau giữa thế năng lớn nhất và nhỏ nhất của hệ.

ĐS: (a) $\vec{p} = (-9,10 \cdot 10^{12} \hat{i} + 8,40 \cdot 10^{12} \hat{j})$ C.m (b) $\vec{\tau} = -2,09 \cdot 10^{-8} \hat{k}$ N.m

(c) $U=112$ nJ

(d) $U_{\max}-U_{\min}=228$ nJ

15. Một tụ điện phẳng có điện dung 2 nF được tích điện nhờ hiệu điện thế 100V, sau đó, được cách điện. Chất điện môi giữa 2 bản tụ của tụ điện trên là mica, có hằng số điện môi là 5,00.

(a) Tính công để có thể lấy khối mica giữa 2 bản tụ ra.

(b) Hỏi sau khi lấy khối mica ra thì hiệu điện thế giữa 2 bản tụ lúc này bằng bao nhiêu ?

ĐS: (a) 40,0 μJ; (b) 500 V.