## Chương 6: TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

6.1. Điện tích. Định luật bảo toàn điện tích

6.1.1. Điện tích

Nếu như bạn đi trên một tấm thảm trong thời tiết khô, bạn có thể tạo ra tia lửa điện khi đưa ngón tay đến gần núm vặn cửa bằng kim loại, hay khi thời tiết khô ta thấy các mẩu giấy nhỏ có thể dính vào nhau và vào một cái lược bằng chất dẻo, hoặc vào mùa đông thì quần áo hay bị dính vào người đặc biệt các ban có thể thấy rất rõ khi thời tiết hanh khô tóc chúng ta một số phần như “dựng lên”.



Hình 8-1

Tất cả những hiện tượng đó chỉ là biểu hiện đơn giản nhất của một lượng lớn  *điện tích* được chứa trong các vật bao quanh chúng ta và trong chính cơ thể chúng ta. Khi đó ta nói rằng *các vật này bị nhiễm điện hay trên vật đó đã xuất hiện điện tích*. Điện tích là một thuộc tính của đa số các vật. Mọi vật trong thế giới quanh ta mà ta nhìn thấy được và sờ mó được chứa một lượng rất lớn điện tích, tuy nhiên điều đó thường được che dấu vì vật chứa một lượng như nhau của *hai loại điện tích: điện tích dương (kí hiệu bằng dấu +) và điện tích âm (kí hiệu bằng dấu -)*. Vì sự bằng nhau đó (hay cân bằng) của điện tích mà vật được gọi là *trung hòa điện;*  Nghĩa là tổng điện tích của vật bằng không và vật không tương tác điện với vật khác. Nếu hai loại điện tích không cân bằng nhau thì vật có tổng điện tích khác không và nó tương tác điện với các vật khác và ta có thể nhận biết sự tồn tại của điện tích tổng của vật, ta gọi vật là *nhiễm điện*. Các vật nhiễm điện tương tác bằng cách tác dụng lên nhau những lực đẩy hoặc lực hút: nếu hai điện tích giống nhau (cùng dương hoặc cùng âm) thì chúng đẩy nhau, hai điện tích khác nhau (một điện tích dương và một điện tích âm) thì hút nhau.

6.1.2. Thuyết điện tử

Thuyết dựa trên sự tồn tại và chuyển dời của êlêctron để giải thích các hiện tượng điện và các tính chất điện được gọi là thuyết êlêctron hay thuyết điện tử. Nhà bác học Anh Tomson đưa ra học thuyết điện tử gồm 4 ý sau đây:

- Vật chất được cấu tạo từ những hạt rất nhỏ gọi là hạt sơ cấp

+ Điện tích của mỗi hạt sơ cấp là điện tích nhỏ nhất tồn tại trong tự nhiên: Điện tích nguyên tố e = 1,6.10-19C. Có hai loại điện tích nguyên tố là elêctron và prôtôn

+ Elêctron (điện tử) là hạt sơ cấp mang điện tích nguyên tố âm: - e = -1,6.10-19C

Khối lượng nghỉ của elêctron me = 9,1.10-31kg

+ Prôtôn mang điện tích nguyên tố dương +e; có khối lượng mP = 1,67.10-27kg

- Prôtôn và elêctron đều có trong thành phần cấu tạo nguyên tử của mọi chất. Prôtôn nằm trong hạt nhân nguyên tử còn các elêctron chuyển động quay xung quanh hạt nhân.

- Ở trạng thái bình thường nguyên tử trung hoà về điện (số các điện tích dương bằng số các điện tích âm)

+ Nguyên tử mất elêctron: trở thành ion dương

+ Nguyên tử nhận thêm elêctron: trở thành ion âm

Như vậy electron là hạt rất linh động, nó có thể di chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác, từ vật này sang vật khác và gây ra các hiện tượng về điện.

**6.1.3. Điện tích bị lượng tử hóa (gián đoạn)**

Vào thời của Benjamin Franklin (thế kỉ 18), điện tích được xem như một chất liên tục – một ý tưởng hữu ích cho nhiều mục đich. Tuy nhiên ngày nay ta biết bản thân các chất lưu như không khí, nước,… không phải là liên tục mà được cấu thành từ các phân tử, nguyên tử => vật chất bị gián đoạn. Thí nghiệm của cho thấy “chất lưu điện” cũng không liên tục mà được hợp thành bởi một bội của điện tích nguyên tố nào đó. Nghĩa là bất kì điện tích dương hoặc âm nào đó ta gặp đều có thể viết dưới dạng:

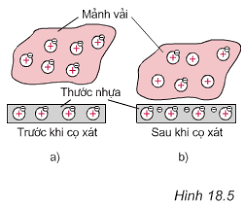
Q = n.e với n = ±1, ±2, ±3,… (8.1)

Trong đó e là điện tích nguyên tố, có giá trị e = 1,6.10-19(C)

Như vậy theo (8.1) thì điện tích của vật không liên tục mà chỉ có giá trị gián đoạn. Theo định nghĩa tổng quát thì đại lượng vật lí nào chỉ có giá trị gián đoạn mà không phải bất kì giá trị nào thì ta nói đại lượng đó bị lượng tử hóa. Như vậy ta đã thấy ngoài vật chất, năng lượng, mô men spin riêng thì điện tích cũng là đại lượng bị lượng tử hóa. Chẳng hạn ta có thể tìm thấy những hạn có điện tích +2e (hạt nhân nguyên tử Heli); -e (electron) nhưng ta không thể tìm thấy hạt có điện tích +2,76e tồn tại.

Lượng tử của điện tích là nhỏ. Chẳng hạn trong một bóng đèn 100W thì trong vòng 1 giây có khoảng 1019 điện tích nguyên tố đi vào và đi ra. Tuy nhiên tính “hạt” của điện tích không thấy được trong một hiện tượng có quy mô lớn như vậy. cũng giống như chúng ta không thể cảm nhận được các phân tử riêng lẻ của nước khi bạn nhúng tay vào nước

6.1.4. Giải thích sự nhiễm điện của các vật



Hình 8-2

***6.1.4.1.Nhiễm điện do ma sát***

Ta lấy một thanh nhựa cọ sát vào mảnh vải dạ. Việc cọ xát (va đập) thanh nhựa vào mảnh vải làm cho các điện tử từ vải chuyển sang nhựa làm cho thanh nhựa nhiễm điện  âm, ngược lại lúc đó các nguyên tử vải nhận thêm điện tử trở thành ion âm, mảnh vải nhiễm điện âm do ma sát

***6.1.4.2. Sự nhiễm điện do tiếp xúc***

Nếu cho một vật chưa nhiễm điện tiếp xúc với một vật nhiễm điện thì nó sẽ nhiễm điện cùng dấu với vật đó. Đó là sự nhiễm điện do tiếp xúc.

Giả sử quả cầu A nhiễm điện âm (A thừa electron) và một quả cầu B không nhiễm điện tiếp xúc với nhau. Khi đó các electron thừa ở trên A sẽ chuyển sang B làm B cũng thừa electron => B cũng nhiệm điện cùng dấu với A

***6.1.4.3. Sự nhiễm điện do hưởng ứng.***

Đưa một quả cầu Q nhiễm điện dương lại gần đầu M của thanh kim loại MN trung hòa về điện. Ta thấy đầu M nhiễm điện âm, còn đầu N nhiễm điện dương. Sự nhiễm điện của thanh kim loại MN là sự nhiễm điện do hưởng ứng (hay hiện tượng cảm ứng tĩnh điện).

Giải thích: Khi thanh MN đặt ở gần vật nhiễm điện Q, các điện tích dương ở vật Q sẽ hút các electron tự do trong thanh MN về phía đầu M làm cho đầu M thừa electron nên nhiễm điện âm (trái dấu với Q) đầu N thiếu electron nên nhiễm điện dương (cùng dấu với Q)

6.1.5. Định luật bảo toàn điện tích

Nếu bạn có sát một thanh nhựa vào miếng vải thì điện tích âm xuất hiện trên thanh nhựa. Các phép đo đạc thực nghiệm cho thấy lượng điện tích dương xuất hiện trên miếng vải có giá trị số học bằng điện tích âm của thanh nhựa. Điều đó cho thấy sự nhiệm điện không làm sinh ra thêm electron trên thanh nhựa mà chỉ chuyển Eelectron từ miếng vải sang mà thôi và quá trình đó làm mất đi sự trung hòa về điện của mỗi vật, nhưng tổng đại số điện tích của thanh nhựa và miếng vải trước và sau khi cọ sát là đều bằng không. Giả thuyết về *sự bảo toàn điện tích* đó được đưa ra lần đầu tiên bởi Benjamin Franklin, và đã được kiểm định chặt chẽ bởi các vật lớn tích điện cho đến cách nguyên tử, hạt nhân, hạt cơ bản và chưa thấy một ngoại lệ nào.

*Ví dụ 1*: Trong sự phân rã của hạt nhân uran 238 ta thu được Thôri Th 234 và tia anpha:



Hạt nhân Uran có 92 proton; hạt Thô ri có 90 proton và hạt He có 2 proton. Như vật lượng điện tích 92e trước phân rã bằng tổng lượng điện tích 90e+2e sau phân rã. Điện tích được bảo toàn

*Ví dụ 2*: Sự bảo toàn điện tích cũng được thể nghiệm trong phóng xạ gamma sự hủy cặp của electron và phản hạt của nó pôditrôn e+ tạo thành các tia gamma (những hạt ánh sáng khoogn có điện tích mang năng lượng cao)



Như vậy từ những nhận xét và thực nghiệm, người ta đi đến kết luận:

***Tổng đại số điện tích của một hệ cô lập là không đổi( hay được bảo toàn).*** Đó chính là nội dung định luật bảo toàn điện tích, một trong những định luật tổng quát nhất của tự nhiên.

6.1.6. Chất dẫn điện và chất cách điện

Dựa trên tính “tự do” của electron trong vật chất mà người ta chia vật chất thành chất dẫn điện và chất cách điện:

- Chất dẫn điện hay vật dẫn là những vật cho phép các hạt mang điện có thể di chuyển tự do trong vùng không gian của vật dẫn. Ví dụ: các kim loại, nước không tinh khiết, cơ thể người,…

- Chất cách điện hay điện môi là những vật không cho phép các hạt mang điện có thể di chuyển tự do trong vùng không gian của vật dẫn – các hạt mang điện xuất hiện ở đâu thì định xứ ở đó. Ví dụ: thủy tinh, nước tinh khiết, nhựa, sứ,…

Thực ra sự phân chia như vậy chỉ có tính chất tương đối, nói chung bất cứ chất nào trong những điều kiện nhất định đều có khả năng dẫn điện,cái khác nhau ở chỗ đó là mức độ dẫn điện tốt hay không tốt mà thôi.

Ngoài ra chúng ta còn có *chất bán dẫn* là chất trung gian giữa chất dẫn điện và điện môi. Đó là những ở điều kiện bình thường thì không dẫn điện, và trở thành vật dẫn điện trong những điều kiện nhất định (thường liên quan đến nhiệt độ hoặc bức xạ điện từ). Đại diện cho nhóm chất này là các nguyên tố như Silic, Gecmany…

Cuối cùng là *chất siêu dẫn*. Khi có dòng chuyển dời có hướng của các điện tích tự do qua một chất nào đó ta có dòng điện. Các vật dẫn điện thông thường đều gây ra sự cản trở dòng điện tích đi qua chúng, tức là chúng tồn tại một điện trở nhất định. Chất siêu dẫn là chất dẫn điện mà không cản trở dòng điện đi qua chúng hay điện trở của chất siêu dẫn là bằng không => năng lượng của dòng điện không bị hao tổn. Nếu bạn thiết lập một dòng điện trong một vòng siêu dẫn nó sẽ tồn tại mãi mãi không thay đổi mà không cần nguồn điện hay nguồn năng lượng nào để duy trì nó. Các chất siêu dẫn đã được phát hiện năm 1911 bởi nhà vật lí người Hà Lan Kammerlingh Onnes, người đã phát hiện ra thủy ngân rắn mất hoàn toàn điện trở ở nhiệt độ dưới 4,2K. Cho đến năm 1986 các chất siêu dẫn vẫn chưa thực sự được ứng dụng vì các vật liệu siêu dẫn đã biết cần làm lạnh xuống dưới chừng 20K thì mới có tính siêu dẫn. Tuy nhiên trong những năm gần đây, đã chế tạo được vật liêu siêu dẫn ở nhiệt độ cao hơn rất nhiều (139K) nhờ đó kỉ nguyên mới áp dụng hữu ích các chất siêu dẫn hình như đã nằm trong tầm tay chúng ta. Siêu dẫn nhiệt độ thường đã không còn là điều không tưởng

Trong chương này chúng ta chỉ nghiên cứu tương tác và tính chất của các điện tích đứng yên so với hệ qui chiếu đã chọn nào đó.

6.2. Định luật Coulomb

Charles Augustin Coulomb (1738 – 1806) nhà vật lí Pháp là người đã khám phá ra mô tả sự phụ thụôc của lực tuơng tác giữa các điện tích điểm vào khoảng cách giữa chúng, về sau qui luật này được đặt theo tên ông là định luật Coulomb. C.A.Coulomb đã nổi tiếng trong nền khoa học cơ khí, điện năng và từ trường. Ông phát hành một quyển sách quan trọng nói về qui luật ma sát vào năm 1779 với đề tựa là "*Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages*". Và 20 năm sau những ghi chép về tính kết dính đã được viết dựa trên những qui luật này.

Giữa 1785 và 1787, Charles Augustin Coulomb thực hiện một loạt những sự thí nghiệm liên quan đến những điện tích, và dần dần thiết lập Định luật Coulomb. Năm 1785, ông viết một bài báo mô tả cân xoắn. Bài báo này mở đầu cho một chuỗi 7 bài báo ông viết về đề tài điện và từ học. Cân xoắn giúp ông đưa ra những tính toán chính xác hơn về lực tuơng tác so với những nguời đi truớc ông. Một vài nhà nghiên cứu khác cũng có những nghiên cứu tuơng tự về điện tích như Henry Cavendish, Joseph Priestly và Charles Stanhope. Thực ra Henry Cavendish bằng thực nghiệm cũng đã tìm ra rằng lực tuơng tác điện là khoảng trong cùng thời gian đó. Tuy nhiên Cavendish chưa bao giờ công bố những kết quả hay thí nghiệm của ông, vì thế mãi đến năm 1879 James Maxwell mới tìm ra điều này. Trong khi đó những nghiên cứu của Priestly về lực đẩy của điện là tiền đề cho những nghiên cứu của Coulomb.

6.2.1. Định luật Culông trong chân không

Giả sử có 2 điện tích điểm q1 và q2 dặt trong chân không và cách nhau một khoảng r.

**\* Định luật Coulomb phát biểu rằng**: *lực tương tác giữa hai điện tích điểm có phương nằm trên một đường thẳng nối hai điện tích điểm, có chiều là chiều của lực hút nếu hai điện tích điểm cùng dấu và đẩy nếu hai điện tích điểm khác dấu, có độ lớn tỉ lệ thuận với*[*tích*](http://vi.wikipedia.org/w/index.php?title=Ph%C3%A9p_nh%C3%A2n&action=edit)*độ lớn của các*[*điện tích*](http://vi.wikipedia.org/wiki/%C4%90i%E1%BB%87n_t%C3%ADch)*và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.*

+

+









r

-

-













+

\_





Hình 8-3

Độ lớn:  (8.2)

Trong đó:

- F là độ lớn của lực Coulomb, đo bằng [N](http://vi.wikipedia.org/wiki/Newton) trong [SI](http://vi.wikipedia.org/wiki/SI)

- q1 là [điện tích](http://vi.wikipedia.org/wiki/%C4%90i%E1%BB%87n_t%C3%ADch) của điện tích điểm thứ nhất, đo bằng [C](http://vi.wikipedia.org/wiki/Coulomb) trong [SI](http://vi.wikipedia.org/wiki/SI)

- q2 là [điện tích](http://vi.wikipedia.org/wiki/%C4%90i%E1%BB%87n_t%C3%ADch) của điện tích điểm thứ hai, đo bằng [C](http://vi.wikipedia.org/wiki/Coulomb) trong [SI](http://vi.wikipedia.org/wiki/SI)

- r là [khoảng cách](http://vi.wikipedia.org/wiki/Kho%E1%BA%A3ng_c%C3%A1ch) giữa hai điện tích điểm, đo bằng [m](http://vi.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9t) trong [SI](http://vi.wikipedia.org/wiki/SI)

- k là [hằng số vật lí](http://vi.wikipedia.org/wiki/H%E1%BA%B1ng_s%E1%BB%91_v%E1%BA%ADt_l%C3%BD) (còn gọi là hằng số lực Coulomb) phụ thuộc vào đơn vị đo:

Trong hệ SI: với hằng số điện: 

Công thức trên cũng có thể được viết ở dạng [véc-tơ](http://vi.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9c-t%C6%A1)

Biểu thức vectơ:  (8.3)

 là bán kính véc tơ hướng từ *điện tích tác dụng* đến *điện tích chịu tác dụng*.

6.2.2. Định luật Coulomb trong môi trường

Thực nghiêm chứng tỏ rằng lực tương tác tĩnh điện giữa các điện tích điểm đặt trong môi trường không thay đổi về phương chiều nhưng độ lớn giảm đi ε lần so với lực tương tác tĩnh điện của các điện tích điểm đặt trong chân không. (trong đó ε là hằng số điện môi của môi trường)

Biểu thức:  (8.4)

6.2.3. Lực điện tổng hợp tác dụng lên điện tích q0

***6.2.3.1. Lực điện tổng hợp tác dụng lên điện tích q0 do hệ điện tích điểm q1, q2, …qn.***



 (8.5)

Trong đó:  là lực điện tác dụng lên q0 do điện tích qi cách q0 khoảng ri0 sinh ra

***6.2.3.2. Lực điện tác dụng lên điện tích q0 do 1 vật mang điện Q sinh ra.***

- chia vật mang điện Q thành vô số phần rất nhỏ mang điện tích dq coi như điện tích điểm. gọi là lực điện tác dụng lên q0 do điện tích 1 phần tử dq cách q0 khoảng r sinh ra. 

- Lực điện tác dụng lên q0:

 (8.6)

**\* Chú ý**: Định luật Coulomb chỉ đúng khi lực Coulomb được quan sát trong [hệ quy chiếu](http://vi.wikipedia.org/wiki/H%E1%BB%87_quy_chi%E1%BA%BFu) trong đó các điện tích điểm đứng yên. Khi các điện tích chuyển động, các điện tích gây ra [dòng điện](http://vi.wikipedia.org/wiki/D%C3%B2ng_%C4%91i%E1%BB%87n), tạo nên [từ trường](http://vi.wikipedia.org/wiki/T%E1%BB%AB_tr%C6%B0%E1%BB%9Dng) theo [định luật Ampere](http://vi.wikipedia.org/wiki/%C4%90%E1%BB%8Bnh_lu%E1%BA%ADt_Ampere), và tương tác với nhau theo[lực Lorentz](http://vi.wikipedia.org/wiki/L%E1%BB%B1c_Lorentz). Tương tác lúc này có thể coi là tương tác trong [điện trường tương đối tính](http://vi.wikipedia.org/w/index.php?title=%C4%90i%E1%BB%87n_tr%C6%B0%E1%BB%9Dng_t%C6%B0%C6%A1ng_%C4%91%E1%BB%91i_t%C3%ADnh&action=edit) như miêu tả bởi [thuyết tương đối](http://vi.wikipedia.org/wiki/Thuy%E1%BA%BFt_t%C6%B0%C6%A1ng_%C4%91%E1%BB%91i) của[Albert Einstein](http://vi.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein).

**6.2.4. Bài toán mẫu**

***Bài toán mẫu 8-1:*** Một đồng xu trung hòa về điện có khối lượng 3,11g chứa một lượng điện tích dương và âm như nhau. Giả sử đồng xu được chế tạo hoàn toàn bằng đồng.

1. Tổng điện tích âm, điện tích dương chứa trong đồng xu?
2. Giả sử ta có thể tách được riêng các điện tích dương và các điện tích âm của đồng xu và chứa chúng riêng biệt vào hai túi khác nhau và đặt hai túi này cách xa nhau 100m. Tính lực điện tác dụng lên mỗi túi đó?

***Bài giải***

1. Một nguyên tử đồng trung hòa thì có 29 proton ở hạt nhân và tương ứng là 29 electron ở vỏ nguyên tử.

* Số nguyên tử đồng có trong m =3,11g đồng là:

(nguyên tử)

* Độ lớn của tổng điện tích âm bằng tổng điện tích dương khi đồng xu trung hòa điện:

|Qâm | = Qdương = N.Z.e = 2,95.1022.29.1,6.10-19 = 137000 (C)

(*Đây là một lượng điện tích khổng lồ, để so sánh bạn có thể tưởng tượng nếu bạn cọ xát một thanh nhựa vào lông thú bạn sẽ gặp may nếu tạo ta được quá 10-9C trên thanh*)

1. Theo định luật Coulomb là có độ lớn lực điện tác dụng lên mỗi túi điện tích âm hoặc điện tích dương là :



(*Lực này tương đương với trọng lượng của 2.1012 tấn- thật khủng! nếu bạn để lượng điện tích này cách ra nhau khoảng bằng đường kính Trái đất thì lực tương tác điện giữa chúng cũng còn tương đương với trọng lượng của 120 tấn. Tất nhiên ta đã nêu giả thiết là các điện tích cùng dấu được đặt vào một cái túi có kích thước nhỏ, nhưng thực tế là nếu ta cho các điện tích cùng dấu vào một không gian giới hạn có kích thước nhỏ thì chúng đã đẩy nhau và phá vỡ cái “túi”mà ta chứa chúng rồi. Bài học rút ra ở đây là bạn khổng thể làm lệch quá nhiều khỏi sự trung hòa điện của các vật thông thường. Nếu bạn cố di chuyển đi một phần đáng kể một loại điện tích từ một vật thì lực tĩnh điện sẽ tự động xuất hiện và có xu hướng kéo lại phần điện tích mà bạn muốn chuyển đi*).

***Bài toán mẫu 8-2:*** Khoảng cách trung bình giữa electron và proton ở tâm nguyên tử Hiđrô là 5,3.10-11m. Tính độ lớn của lực tĩnh điện trung bình tác dụng lên hai hạt đó và so sánh với lực hấp dẫn giữa chúng?

***Bài giải***

**-** độ lớn của lực tĩnh điện trung bình tác dụng lên electron và proton:



- Độ lớnlực hấp dẫn giữa chúng **:**



- (lần)

*Ta thấy rằng lực hấp dẫn giữa các hạt mang điện yếu hơn rất rất nhiều lần so với lực tĩnh điện giữa chúng. Tuy nhiên vì lực hấp dẫn là lực hút, nó có thể tác dụng để tập hợp nhiều vật nhỏ thành các khối lớn, như trong sự hình thành các hành tinh và ngôi sao, nhờ đó có thể xuất hiện lực hấp dẫn lớn. Lực tĩnh điện, mặt khác là lực đẩy giữa các điện tích cùng dấu nên không thể tích lũy được một nồng độ lớn của các điện tích dương hoặc điện tích âm.*

***Bài toán mẫu 8-3:*** Tại các đỉnh A, B, C của một hình tam giác người ta lần lượt đặt các điện tích điểm: q1 = 3.10-8C; q2 = 5.10-8C; q3 = -10.10-8C. Xác định lực tác dụng tổng hợp lên điện tích đặt tại A. Cho biết AC = 3cm, AB = 4cm, BC = 5cm. Các điện tích đều đặt trong không khí.

***Bài giải***

Ta có:

A

B

C







ỏ

+ Lực  của q2 tác dụng lên q1:



+ Lực  của q3 tác dụng lên q1:



+ Dễ dàng nhận thấy: 

Vậy, tam giác ABC vuông tại A. Khi đó:

- Lực  có phương hợp với cạnh AC một góc α xác định bởi:



- Chiều của  như hình vẽ.

- Độ lớn của lực được tính bằng:



***Bài toán mẫu 8-4:*** Tìm lực tác dụng lên một điện tích điểm q = (5/3).10-9C đặt ở tâm nửa vòng xuyến bán kính r0 = 5cm. tích điện đều với điện tích Q = 3.10-7C (đặt trong chân không).

***Bài giải***

Ta chia nửa vòng xuyến thành những phần tử dl mang điện tích dQ. Chúng tác dụng lên điện tích q lực dF. áp dụng nguyên lí chồng chất lực, ta có:

x

α

y

q

dFx

dF

ro

dl

 (nửa vòng xuyến) (nửa vòng xuyến)

Ta có:  với 



Do tính đối xứng, ta thấy ngay Fy = 0, nên



Thay số: 

6.3. Điện trường. Vectơ cường độ điện trường

6.3.1. Khái niệm về điện trường

Giả sử ta thử cố định một hạt tích điện dương q1 và đặt một hạt tích điện dương q2 gần nó. Từ định luật Coulomb ta biết có lực đẩy tĩnh điện do q1 tác dụng lên q2 và nếu cho đủ dữ kiện ta xác định được chính xác độ lớn và hướng của lực đó. Vậy có một câu hỏi cần xét là “ *làm sao q1 biết đến sự có mặt của q2? Nghĩa là các điện tích không tiếp xúc nhau thì làm sao q1 tác dụng lên q2 được?*”

Câu hỏi về  *tác dụng từ xa* đó có thể được trả lời bằng cách nói q1 đã thiết lập một môi trường đặc biệt nào đó xung quanh nó – sau này ta gọi là điện trường. Ở điểm M nào đó trong môi trường đặc biệt này, điện trường có hướng và độ lớn xác định phụ thuộc vào q1 và vị trí điểm M. Như vậy khi ta đặt q2 pử M thì q1 tác dụng lên q2 thông qua điện trường tại điểm M. Độ lớn và hướng của điện trường tại M xác định độ lớn và hướng của lực điện tác dụng lên q2.

Ta có vấn đề tiếp theo là nếu ta dịch chuyển q1 lại gần q2 thì khi đó định luật Coulomb cho ta biết độ lớn lực điện sẽ tăng lên và thực nghiệm chứng tỏ đúng như vậy. Nhưng ở đây câu hỏi đặt ra là *điện trưởng tại điểm M đặt q2 và như vậy lực điện tác dụng lên q2 có thay đổi ngay lập tứ theo sự dịch chuyển của q1 không?* Câu trả lời là không: thông tin về sự chuyển động của q1 được truyền từ q1 theo mọi hướng như một sóng điện từ với vận tốc ánh sáng c. Nếu q2 cách q1 khoảng r thì sự thay đổi của điện trường tại M (đặt q2) và sự thay đổi của lực điện tác dụng lên q2 xuất hiện sau chuyển động của q1 khoảng thời gian là r/c.

Sau đây là một ví dụ thực tế hơn: trong chuyến bay của tàu vũ trụ Voyager 2 năm 1986 tới sao Uranus, một tín hiệu điều khiển gửi từ Trái Đất đến tàu vũ trụ. Tín hiệu được gửi bằng sóng radio tạo ra bằng cách cho các electron dao động trong một anten phát trên mặt đất. Tín hiệu được chuyển động qua không gian và tàu vũ trụ chỉ nhận được khoảng 2, 3 giờ sau khi được phát đi. Như vậy sự thay đổi của điện trường do sự chuyển động của các electron trên Trái Đất tác động đến các electron tàu vũ trụ không phải một cách tức thời mà truyền đi với vận tốc ánh sáng.

Dựa trên các ý tưởng đó, các nhà khoa học đã đưa ra khái niệm hoàn chỉnh: *Điện trường là một dạng vật chất đặc biệt tồn tại xung quanh các điện tích, giữ vai trò truyền lực tương tác tĩnh điện từ điện tích này sang điện tích khác.*

Tính chất cơ bản của điện trường: Tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt trong nó; điện trường được truyền đi từ nơi này đến nơi khác với vận tốc bằng vận tốc truyền ánh sáng; điện trường mang năng lượng gọi là năng lượng điện trường.

Ý tưởng về điện trường đã cho phép giải thích rất nhiều hiện tượng về điện học và cũng cho phép phát triển rất nhiều ứng dụng vào cuộc sống như: radio, rada, vô tuyến truyền hình,…Trong chương này chúng ta sẽ khảo sát điện trường của các điện tích đứng yên – gọi là điện trường tĩnh hay trường tĩnh điện.

6.3.2. Véctơ cường độ điện trường

***6.3.2.1. Định nghĩa***

Giả sử tại điểm M trong điện trường ta đặt một điện tích thử q0 (đủ nhỏ để điện trường do nó gây ra không làm ảnh hưởng đến điện trường ban đầu). Theo tính chất của điện trường thì q0sẽ chịu tác dụng của lực điện trường: 

Tương tự ta đặt q0’, q0’’,... thì lực điện trường: ,,...

Thực nghiệm chứng tỏ tỉ số: .

Vậy tỉ số này chỉ phụ thuộc vào giá trị điện tích q và khoảng cách r từ điểm đặt điện tích đến điểm gây ra điện trường ta đang xét.

- Tỉ số  có thể đặc trưng cho điện trường về mặt tác dụng lực tại điểm cần xét, gọi là vectơ cường độ điện trường:  (8.7)

- Đặc điểm: vectơ cường độ điện trường tại điểm M

+ đặt tại điểm M

+ cùng phương với lực điện tác dụng lên điện tích q0 đặt tại M

+ Cùng chiều với lực điện tác dụng lên điện tích q0 đặt tại M nếu q0 >0; ngược chiều với  nếu q0 <0

+ Độ lớn gọi là cường độ điện trường: E = F/|q0|

+ Đơn vị: (trong hệ SI) V/m

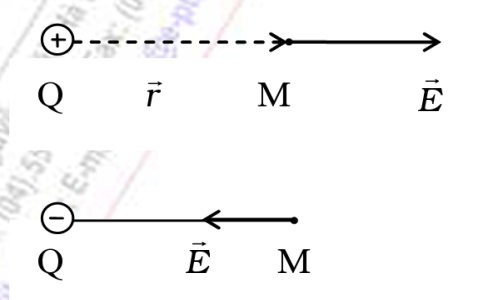
**\* Chú ý**: - Vecto cường độ điện trường là đại lượng đơn giá

- Nếu ta đặt một điện tích q tại một điểm trong điện trường có véctơ cường độ điện trường  thì lực điện trường tác dụng lên điện tích là:  (8.8)

Độ lớn:  (8.9)

***6.3.2.2 Vectơ cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm***

Biểu thức của vectơ cường độ điện trường do một điện tích điểm gây ra tại một điểm cách nó một khoảng r là:



Hình 8-4

 (8.10)

Trong đó là bán kính véc tơ hướng từ điện tích  tới điểm khảo sát.

- Phương : nằm trên đường thẳng nối giữa điện tích và điểm khảo sát

- Chiều: Nếu  thì  hướng ra xa ; Nếu  thì  hướng lại gần 

- Độ lớn:  (8.11)

***6.3.2.3 Véctơ cường độ điện trường gây bởi hệ điện tích điểm (Nguyên lí chồng chất điện trường)***

- Xét một hệ điện tích điểm: q1, q2,..., qn thì véctơ cường độ điện trường tại một điểm trong điện trường:

 (8.12)

Trong đó là vecto cường độ điện trường tại điểm khảo sát do điện tích qi sinh ra

* Hệ điện tích phân bố liên tục (vật mang điện): Ta chia nhỏ vật thành vô số các điện tích điểm dq gây ra tại M véctơ cường độ điện trường 

 (8.13)

6.3.3. Điện trường của một số vật mang điện đặc biệt

***Xác định vectơ cường độ điện trường gây bởi một lưỡng cực điện tại một điểm nằm trên đường trung trực của lưỡng cực và cách trung điểm một khoảng R***

- Lưỡng cực điện: Là hệ 2 điện tích điểm có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu (- q và +q ) cách nhau một khoảng *l* rất nhỏ so với R.

- Đại lượng đặc trưng cho tính chất điện của lưỡng cực:

-q

q





M

-q

q









R

r

- Tính véctơ cường độ điện trường:

Theo nguyên lí chồng chất: 

Phương chiều xác định như hình vẽ, độ lớn





*\* Ý nghĩa của việc sử dụng vectơ mômen lưỡng cực điện*: khi biết vectơ mômen lưỡng cực điện ta có thể xác định được véctơ cường độ điện trường do lưỡng cực điện gây ra (vectơ mômen lưỡng cực điện đặc trưng cho tính chất điện của lưỡng cực).

\* *Tác dụng của điện trường lên lưỡng cực điện:*

-q

q









d



Hình 8-6

Giả sử có lưỡng cực điện  đặt trong điện trường đều và nghiêng với đường sức điện trường một góc .

Lực điện trường tác dụng lên các điện tích:  và  tạo thành ngẫu lực.

Mômen ngẫu lực có độ lớn:

μ = F2.d = F2.l.sin = q.E0.l.sin = Pe.E0.sin (8.16)

⇒ Vectơ mômen ngẫu lực:  (8.17)

Dưới tác dụng của mômen ngẫu lực, lưỡng cực điện quay trong điện trường đến vị trí //

***Xác định cường độ điện trường tại một điểm M cách đều hai đầu dây và cách dây thẳng tích điện đều Q một khoảng MH = R. Dây tích điện có chiều dài L***

Giả sử Q>0, mật độ điện dài là λ (λ>0, λ= Q/L), một đoạn dài vi phân dx của dây cách chân H của đường thẳng góc MH một khoảng x, mang điện tích là: dq = λdx

dq

M





α

α0

H

x

Hình 8-7

Điện tích dq có thể coi là một điện tích điểm và gây ra tại M vécto cường độ điện trường  có phương chiều như hình vẽ, và có độ lớn



Theo nguyên lí chông chất điện trường thì Cường độ điện trường tổng hợp tại M là:

 (\*)

Vì luôn lấy được hai điện tích dq đối xứng với nhau qua H nên luôn tồn tại những cặp  đối xứng với nhau qua đường thẳng HM vì vậy ** *có phương đường thẳng HM, chiều  hướng ra xa dây nếu dây mang điện tích dương, hướng lại gần dây nếu dây mang điện tích âm.***

Chiếu (\*) lên phương MH ta có 

Trong đó 

Vậy 

Trong đó thay dq = λdx và x = Rtanα và lấy vi phân 

Ta được



=> 

**\* Chú ý**: Trong trường hợp đặc biệt dây tích điện dài vô hạn thì α tiến tới góc 900

Nên 

***6.3.3.3. Tính cường độ điện trường sinh ra bởi một đĩa tròn bán kính a tích điện đều với mật độ điện mặt σ tại một điểm trên trục của đĩa và cách tâm đĩa một đoạn b.***

- Chia đĩa thành từng dải vành khăn có bề rộng dr. Xét dải vành khăn có bán kính r (r < a). Vành khăn có điện tích tổng cộng:



Chia vành khăn thành các điện tích điểm dq. Chúng gây ra điện trường  tại A. Theo nguyên lí chồng chất điện trường, điện trường tại A bằng tổng tất cả các giá trị  đó.

r

b

dE1

dE2

dE

dq

A

O

Hình 8-8

Điện trường có thể phân thành hai thành phần và . Do tính đối xứng nên tổng các thành phần  bằng không. Vậy:

, với α là góc giữa và OA



Điện trường do cả đĩa gây ra tại A là:



**6.3.4. Bài toán mẫu**

***Bài toán mẫu 8-5:*** Một đĩa tròn có bán kính a = 2,5cm, tích điện đều với mặt độ điện tích mặt σ = 5,3.10-6 C/m2. Đĩa đặt trong không khí.

a.Tính cường độ điện trường do đĩa sinh ra tại điểm M nằm trên trục của đĩa cách tâm đĩa khoảng b = 12cm.

b.Tính cường độ điện trường trên mặt đĩa?

***Bài giải***

a.Ta có cường độ điện trường do đĩa sinh ra tại điểm M nằm trên trục của đĩa cách tâm đĩa khoảng b là:





b.Cường độ điện trường trên mặt đĩa: b = 0

=>= 3,0.105 (V/m)

**\* Chú ý:** Khi điện trường trong một vật liệu đủ lớn, vật liệu sẽ bị đánh thủng điện, khi đó sẽ xuất hiện đột ngột những đường dẫn điện trong vật liệu. Sự đánh thủng điện đó xuất hiện trong không khí ở áp suất khí quyển khi điện trường vượt quá 3.106 V/m. Khi bị đánh thủng, các electron chạy dọc theo một hoặc nhiều đường dẫn tạo nên các tia lửa điện. trong bài toán trên điện trường tính được chỉ bằng 3.105V/m nên đĩa tích điện trên không gây ra các tia lửa điện trong không khí bao quanh.

***Bài toán mẫu 8-6*:**  Hình vẽ bên cho thấy các bản lái tia của một máy in phun mực cùng với các trục tọa độ. 1 giọt mực khối lượng m = 1,3.10-10 kg và có điện tích âm q = -1,5.10-13C đi vào miền giữa hai bản, theo phương dọc theo trục 0x với vận tốcv0  =18m/s. chiều dài L của bản là 1,6cm. Các bản được tích điện đều và giả sử điện trường hướng từ trên xuống dưới là đều có độ lớn 1,4.106 V/m. Hỏi độ lệch theo phương thẳng đứng của giọt mực ở mép ra của các bản? Coi trọng lượng của giọt là nhỏ so với lực tĩnh điện tác dụng lên giọt mực và có thể bỏ qua.



O

x

y

m,q

***Bài giải***

- Sự cần thiết của việc in chất lượng cao, tốc độ lớn và tránh hao phí mực thì người ta tìm kiếm cách in khác thay cho cách in dập trong một máy đánh chữ thông thường. Một trong những công nghệ được lựa chọn hàng đầu là công nghệ in phun. Trong máy in phun những giọt mực tích điện chuyển động giữa hai bản dẫn điện lái tia là hai bản cực tích điện trái dấu => giữa chúng có điện trường đều E, dưới tác dụng của điện trường thì giọt mực mang điện sẽ bị “lái” đập vào giấy ở vị trí xác định tùy theo giá trị của E và điện tích q của giọt mực.

- Vì giọt mực tích điện âm, điện trường hướng xuống dưới do đó lực điện  hướng lên trên. Như vậy khi giọt mực chuyển động song song với trục Ox với vận tốc v0 thì nó được gia tốc lên trên với gia tốc không đổi là:

 (1)

- Gọi t là thời gian cần cho giọt mực đi qua miền giữa các bản. Trong thời gian t độ dịch chuyển theo trục Oy và Ox là:

 và L = v0.t (2)

Khử t trong (2) : (3)

* Thay (1) vào (3) ta được



***Bài toán mẫu 8-7*:** Cho hai điện tích q và 2q đặt cách nhau 10 cm. Hỏi tại điểm nào trên đường nối hai điện tích ấy điện trường triệt tiêu.

***Bài giải***

Trên đường nối hai điện tích, điện trường do chúng gây ra luôn cùng phương ngược chiều nên ta có:



Giả sử tại điểm M cách điện tích q một khoảng r, điện trường triệt tiêu. Điểm M cách điện tích 2q một khoảng là (l-r) với l là khoảng cách giữa q và 2q.









Vậy, điện trường giữa hai điện tích q và 2q triệt tiêu tại điểm M nằm trên đường nối hai điện tích tại vị trí cách điện tích q là 4,14 (cm).

***Bài toán mẫu 8-.8*:**  Một vũ khí phòng thủ được xét đến trong chương trình sáng kiến phòng thủ chiến lược dùng một chùm hạt. Chẳng hạn chùm proton khi đập vào 1 tên lửa của đối phương có thể làm vô hiệu hóa nó. Những chùm như vậy có thể tạo ra trong các “súng” dùng điện trường để gia tốc các hạt tích điện.

a. Tính gia tốc mà 1 proton thu được nếu điện trường của súng là 2,0.104V/m . Biết khối lượng proton là 1,67.10-27kg.

b. Hỏi vận tốc proton đạt được khi rời khỏi súng nếu điện trường gia tốc proton trải trên một khoảng 1,00cm. Coi vận tốc ban đầu của proton là không đáng kể.

***Bài giải***

a. Lực điện tác dụng vào proton:

F = qE = ma

=> Gia tốc của proton: 

b. vận tốc proton đạt được khi rời khỏi súng:



=> 

(So sánh với súng AK 74M của Nga có tốc độ bắn 650 viên đạn/ phút, độ sát thương là 1000m – một trong những súng được coi là hiện đại nhất thì tốc độ rời nòng súng của đạn là 900m/s tức là nhỏ hơn 218 lần vận tốc của chùm proton được bắn ra bởi súng bắn hạt ta vừa tính).

6.3. Thông lượng cảm ứng điện. Định lí Ôxtrôgratxki – Gaox (Ô - G) đối với điện trường

6.3.1. Đường sức điện trường

***6.3.1.1 Định nghĩa***

Michael Faraday, người đã đưa ra khái niệm điện trường ở thế kỉ 19, đã cho rằng không gian xung quanh một vật tích điện được lấp đầy bởi các *đường sức*. Mặc dù ngày nay chúng ta không coi đường sức là một thực thể nữa, những đường sức vẫn còn được coi là một cách rất hay để mô tả trực quan điện trường. Theo cách mô tả này thì *đường sức điện trường là những đường cong vẽ trong điện trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm trùng với phương của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó. Chiều của đường sức điện trường là chiều của vectơ cường độ điện trường.*





***8.3.1.2 Qui ước***

- Vẽ số đường sức điện trường qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức điện trường bằng độ lớn của vectơ cường độ điện trường tại nơi đặt diện tích đó.

⇒ Đường sức mau thì điện trường mạnh, đường sức thưa thì điện trường yếu.

- Điện trường đều là điện trường có véc tơ cường độ như nhau tại mọi điểm, do đó đường sức của nó là những đường thẳng song song và cách đều nhau.

- Tập hợp các đường sức điện trường tạo thành phổ các đường sức điện trường.

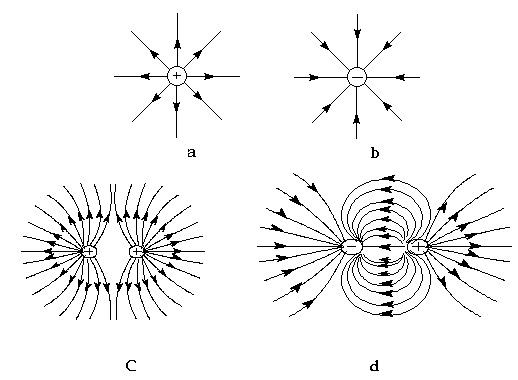
***6.3.1.3 Tính chất***

- Các đường sức điện trường không cắt nhau vì tại mỗi điểm chỉ có một giá trị xác định của đường sức điện trường.

- Đường sức điện trường là đường cong hở tại các điện tích, xuất phát từ điện tích dương, kết thúc trên điện tích âm.

6.3.2. Véctơ cảm ứng điện

*Cường độ điện trường phụ thuộc vào tính chất của môi trường ( ). Khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường có tính chất điện khác nhau thì hằng số điện môi  và do đó cường độ điện trường E bị biến đổi đột ngột, vì vậy phổ các đường sức điện trường bị gián đoạn tại mặt phân cách. Điều đó không thuận tiện cho việc khảo sát điện trường. Để khắc phục khó khăn đó, ngoài véc tơ cường độ điện trường người ta còn dùng một đại lượng vật lí khác, không phụ thuộc vào tính chất của môi trường đó là véc tơ cảm ứng điện ( hay véc tơ điện cảm) *.



*Đường sức của điện tích điểm dương*

*Đường sức của điện tích điểm âm*

*Đường sức của 2 điện tích điểm dương bằng nhau*

*Đường sức của 2 điện tích điểm trái dấu bằng nhau*

*Hình 8-9. Đường sức của một số điện trường*

- Véctơ cảm ứng điện: 

+ Độ lớn: Cảm ứng điện 

+ Đơn vị (SI): C/m2

- Véctơ cảm ứng điện do một điện tích điểm gây ra tại một điểm cách điện tích một khoảng r: 

+ Độ lớn:  

Khi đó để mô tả điện trường người dùng hình ảnh đường cảm ứng điện: *Đường cảm ứng điện của điện trường là đường cong mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cảm ứng điện tại điểm đó, chiều của đường cảm ứng điện là chiều của véc tơ cảm ứng điện.*

Tập hợp các đường cảm ứng điện của một điện trường gọi là phổ các đường cảm ứng điện của điện trường đó. Phổ các đường cảm ứng điện là liên tục khi đi qua mặt phân cách hai môi trường khác nhau.

**\*Qui ước** : Vẽ số đường cảm ứng điện qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường cảm ứng điện tỉ lệ với cảm ứng điện tại nơi đặt diện tích đó.

6.3.3. Thông lượng cảm ứng điện (điện thông)

***6.3.3.1. Thông lượng là gì?***

Giả sử bạn hướng một luồng khí có vận tốc đều  vào một khung hình vuông nhỏ có tiết diện là S và gọi Φ là lưu lượng thể tích của khí chạy qua khung. Lưu lượng đó phụ thuộc vào góc β giữa  và mặt phẳng của khung. Nếu vuông góc với mặt phẳng khung (β = 900) thì lưu lượng thể tích của khí qua khung là lớn nhất và bằng v.S; Nếu song song với mặt phẳng khung (β = 00) thì dòng khí không đi qua khung => lưu lượng thể tích của khí qua khung bằng 0; Với các góc trung gian khác thì lưu lượng thể tích của khí qua khung bằng v.cos(900 - β).S = v.cosα.S

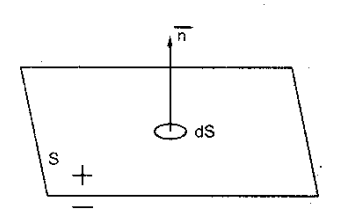
Lưu lượng qua một diệt tích là một ví dụ của thông lượng, trong trường hợp này là thông lượng thể tích. Trước khi xem xét thông lượng cho điện trường ta viết lại biểu thức tính thông lượng ở trên bằng các vecto.

*Nếu đặt là vecto diện tích của khung thì  có phương vuông góc với diện tích S và độ lớn bằng đúng diện tích của khung: với là vecto pháp tuyến đơn vị của diện tích S; thì khi đó lưu lượng thể tích khí qua khung được tính bởi:*

= v.S.cosα với α = () (\*)

Thuật ngữ “thông lượng- flux” có nguồn gốc từ tiếng Latinh có nghĩa là “chảy”. Nghĩa đó có nghĩa khi ta nói về sự chảy của một khối khí qua khung. Tuy nhiên nếu ta có thể gán một vecto vận tốc cho mỗi điểm trong luồng khí đi qua khung thì tập hợp tất cả các vecto đó là một trường vận tốc. Khi đó ta có thể giải thích (\*) như thông lượng của trường vận tốc qua diện tích S. Với sự giải thích đó thì thông lượng không chỉ còn nghĩa là dòng chảy của một chất nào đó qua tiết diện. Nó có nghĩa là lượng của một trường bị cắt bởi một tiết diện. Cách giải thích đó của thông lượng có thể được dùng cho mọi trường vecto, trong đó có điện trường. Vậy thông lượng của điện trường được tính như thế nào?

***6.3.3.2. Mặt có định hướng***



Hình 8-10

Trong phần trên ta đã thấy thông lượng của thể tích khi qua diện tích S phụ thuộc vào góc giữa vecto  và vecto pháp tuyến . Như vậy hướng của vecto pháp tuyến  được xác định như thế nào?

Xét phần S của một mặt trên đó ta có thể phân biệt mặt trên (mặt phải –thường qui ước là +) và mặt dưới (mặt trái –thường qui ước là -). Vecto pháp tuyến đơn vị của S tại điểm khảo sát được qui ước có chiều hước từ mặt âm sang mặt dương (gọi là pháp tuyến dương). Nếu S là một mặt kín thì qui ước pháp tuyến dương là hướng từ trong ra ngoài diện tích

Một phần tử diện tích dS thuộc S được đặc trưng bởi vecto: gọi là vecto vi phân diện tích.

***6.3.3.3. Định nghĩa thông lượng điện trường(Điện thông)***

Để định nghĩa thông lượng của điện trường, ta hình dung có một mặt S bất kì không đối xứng đặt trong một điện trường không đồng đều. Ta chia mặt S ra thành vô số những diện tích nhỏ dS sao cho điện trường qua dS có thể coi là đều có véctơ cảm ứng điện , vẽ cho dS một pháp tuyến , gọi  là góc hợp bởi . Khi đó diện tích dS sẽ cắt các vecto cảm ứng điện tương tự như diện tích S của khung đã cắt trường các vecto vận tốc trong mục 8.3.3.1. Như vậy ta có thể định nghĩa thông lượng của điện trường qua diện tích S hoàn toàn tương tự bởi công thức (\*)





dS

S



dS

dSn









- Thông lượng cảm ứng điện qua diện tích dS:

 (8.20)

- Thông lượng cảm ứng điện qua diện tích S:

 (8.21)

- Thông lượng cảm ứng điện là đại lượng đại số, dấu của nó phụ thuộc vào góc  (hay phụ thuộc vào cách chọn chiều pháp tuyến).

***6.3.3.4. Ý nghĩa vật lí***

- Điện thông là đại lượng đại số, dấu của nó phụ thuộc vào góc α. Đối với mặt kín thì chiều dương của pháp tuyến là chiều hướng ra ngoài do đó điện thông nhận giá trị dương ở phần diện tích các đường cảm ứng điện đi vào, nhận giá trị âm ở phần diện tích các đường cảm ứng điện đi ra.

- Gọi dSn =dS.cos là hình chiếu của  lên phương ⊥



mà D.dSn tỉ lệ với dN là số đường cảm ứng điện vẽ qua dS

 tỉ lệ với dN

**Vậy:** *Thông lượng cảm ứng điện qua một diện tích nằm trong điện trường có độ lớn tỉ lệ với số đường cảm ứng điện qua diện tích đó.*

- Đơn vị: Trong hệ SI: (C)

6.3.4. Định lí Ôxtrôgratxki – Gaox (Ô - G)

Nếu bạn muốn tìm khối tâm của một củ khoai tây, bạn có thể tiến hành bằng thực nghiệm hoặc bằng cách tính toán cẩn thận một số tích phân 3 lớp. Tuy nhiên, nếu củ khoai tây có dạng của một khối elipsoit đều thì từ đối xứng của nó bạn biết chính xác khối tâm của nó mà không cần phải tính toán gì. Đó là những thuận lợi của sự đối xứng. Sự đối xứng có trong mọi lĩnh vực của vật lí, nên khi có thể, sẽ rất có ý nghĩa nếu thể hiện các định luật vật lí dưới dạng tận dụng đầy đủ tính đối xứng ấy.

Định luật Coulomb là một định luật chủ chốt trong tĩnh điện học, từ định luật Coulomb ta có thể xác định được tương tác tĩnh điện cũng như điện trường của các vật mang điện đứng yên bằng nguyên lí chồng chất điện trường. Tuy nhiên định luật Coulomb đã không thể hiện dưới dạng để cho việc tính toán đối với các vật mang điện đối xứng được dễ dàng hơn. Dưới đây ta sẽ nghiên cứu định lí O-G như một cách diễn đạt khác của định luật Coulomb để dễ dàng tận dụng sự thuận lợi của các vật mang điện có tính đối xứng.

Trung tâm của định lí O - G là một mặt giả thiết kín gọi là mặt Gaox. Mặt Gaox có thể có hình dạng bất kì mà bạn muốn, nhưng sẽ rất có ích nếu bạn chọn mặt Gaox thể hiện được sự đối xứng của bài toán mà bạn đang phải giải. Như vậy mặt Gaox có thể là mặt cầu, mặt trụ,…nhưng bao giờ nó cũng phải là mặt kín để có thể phân biệt được rõ ràng điểm nằm bên trong, điểm nằm bên trên và điểm nằm ngoài mặt đó.

***6.3.4.1. Nội dung định lí O- G***

\* Định lí O- G đối với điện trường thể hiện mối liên hệ giữa điện thông toàn phần của điện trường qua một mặt kín (mặt Gaoxơ) với điện tích tổng cộng chứa trong mặt kín đó.







q

***\* Dạng tích phân:***

***-*** *Phát biểu: Điện thông qua một mặt kín bất kì bằng tổng đại số các điện tích có trong mặt kín đó.*

*- Biểu thức*:  (8.22)

***\*Dạng vi phân:*** Điện tích bị bao bởi mặt kín là một vật mang điện (hay là một hệ điện tích phân bố liên tục ). Gọi V là thể tích bị bao bởi mặt kín S,  là mật độ điện khối (điện tích có trong một đơn vị thể tích).

⇒ Điện tích trong thể tích V:  (\*)

- Theo định lý O - G trong giải tích:  (\*\*)

(V là thể tích giới hạn bởi diện tích S,  là đại lượng vô hướng)

Kết hợp (\*), (\*\*) và (8.22) ta có: 



Vì V là thể tích bất kỳ nên ta có:

 (8.23)

Đây là dạng vi phân của định lý O - G (còn được gọi là phương trình poatxông)

Trong trường hợp tổng quát là hàm toạ độ () khi biết dạng tường minh của hàm  thì xác định được  tại từng điểm trong không gian.

***6.3.4.2. Chứng minh dạng tích phân của định lí O- G***

Giả sử có điện tích +q đặt tại điểm O và một mặt kín S bất kỳ nằm trong điện trường của điện tích đó. Tìm thông lượng cảm ứng điện qua diện tích đó. Quy ước chọn chiều pháp tuyến tại mọi điểm trên mặt kín đều hướng ra ngoài mặt kín.

***\* Trường hợp mặt kín S bao quanh điện tích:***

Ta hình dung chia mặt kín ra thành những diện tích nhỏ dS nằm cách q một khoảng r:

- Vectơ cảm ứng điện tại dS có độ lớn: 

Vẽ pháp tuyến  với diện tích dS, gọi 

Thông lượng cảm ứng điện qua dS:

 (1)

Với , gọi là góc khối nhìn dS từ O.



+ Đơn vị của góc khối là Stêradian (Sr): là góc nhìn từ tâm O một phần mặt cầu có diện tích bằng bình phương bán kính.

+ Góc nhìn toàn không gian = diện tích mặt cầu chia cho diện tích ứng với 1Sr



- Thông lượng cảm ứng điện qua mặt kín S:

 (2)

- Nếu mặt kín S bao quanh điện tích – q, thì



***\* Trường hợp mặt kín S không bao quanh điện tích:***

Ta dựng mặt nón đỉnh O tiếp xúc với mặt kín S, chia mặt kín S ra làm 2 phần S1 và S2

- Thông lượng cảm ứng điện:

q

S2

S1









Hình 8-14



Trên mặt S1 :



Trên mặt S2 :



Suy ra: 

***\*Trường hợp mặt kín S bao quanh một hệ n điện tích q1, q2, q3,…, qn:***

Vectơ cảm ứng điện: 

Thông lượng cảm ứng điện:  (3)

***Kết luận:*** Thông lượng cảm ứng điện đi qua một mặt kín bất kì bằng tổng đại số các điện tích bị bao bởi mặt kín đó. (đpcm)

6.3.5. Ứng dụng định lí O-G: xác định điện trường của vật mang điện đối xứng

***6.3.5.1. Xác định véctơ cường độ điện trường gây bởi mặt cầu bán kính R mang điện tích + Q phân bố đều trên mặt, tại một điểm M cách tâm mặt cầu một khoảng r***

*\* Điểm M nằm ngoài quả cầu mang điện ().*

Do có vật mang điện có tính chất đối xứng cầu nên điện trường cũng có tính chất đối xứng cầu.  có phương chiều như hình vẽ, có độ lớn phụ thuộc vào khoảng cách r.

- Ta hình dung chọn một mặt kín S bao quanh điện tích Q là một mặt cầu có tâm O bán kính r đi qua điểm M.

O

R

















+

+

+

+

Hình 8-15

Thông lượng cảm ứng điện qua mặt kín S theo định lý O - G:



Tại mọi điểm trên mặt kín S:

 và D = const

Nên: 

 (8.24)

 () (8.25)

*\* Điểm M nằm trong quả cầu mang điện (r<R).*

Mặt kín S nằm trong quả cầu mang điện, vì các điện tích chỉ phân bố trên bề mặt quả cầu nên điện tích trong lòng quả cầu là bằng 0 => mặt kín S không bao quanh điện tích hay tổng điện tích chứa trong mặt kín S là bằng 0 

***6.3.5.2. Xác định véctơ cường độ điện trường gây bởi mặt phẳng vô hạn tích điện đều có mật độ điện mặt .***

Vì lý do đối xứng, véc tơ cảm ứng điện  tại một điểm bất kỳ trong điện trường có phương vuông góc với mặt phẳng mang điện. Hướng ra xa mặt phẳng nếu mặt phẳng tích điện dương và hướng vào nếu mặt phẳng mang điện âm.

+

\*M





-

\* M





Hình 8-16

Để xác định  tại một điểm M , ta tưởng tượng vẽ qua M một mặt trụ đứng, kín có đường sinh vuông góc với mặt phẳng, có hai đáy song song và bằng nhau có diện tích 

- Thông lượng cảm ứng điện: 

Ở mặt bên:  

Hai đáy:  và D = const

⇒ 

⇒  (8.26) và  (8.27)

***\*) Điện trường của hai mặt phẳng tích điện đối nhau***.

Xét trường hợp hai mặt phẳng song song rộng vô hạn tích điện đều trái dấu, có cùng mật độ điện mặt là .

+

-

M 

N 

Hình 8-17

Véc tơ cảm ứng điện do hai mặt phẳng mang điện gây ra tại một điểm trong điện trường được xác định theo nguyên lý chồng chất điện trường:

.

Trong đó lần lượt là véc tơ cảm ứng điện do từng mặt phẳng gây ra tại điểm đang xét. có độ lớn bằng nhau :.

- ở khoảng giữa hai mặt phẳng thì và cùng hướng nên  cũng cùng hướng với và  về độ lớn thì :

 và . (8.28)

- ở ngoài hai mặt phẳng thì và  ngược hướng nên :

 và do đó .

Tóm lại: Điện trường chỉ tập trung ở khoảng giữa hai mặt phẳng.

***6.3.5.3.******Điện trường của một mặt trụ thẳng dài vô hạn tích điện đều.***

Giả sử mặt trụ thẳng dài vô hạn, bán kính R, tích điện đều với mật độ điện mặt . Vì lí do đối xứng nên véc tơ cảm ứng điện  có phương vuông góc với trục của trụ , có chiều hướng ra xa trụ nếu trụ tích điện dương và hướng vào trụ nếu trụ tích điện âm.

l

R

+

r

M







Hình 8-18

Để xác định véc tơ cảm ứng điện  tại một điểm M cách trục của trụ một khoảng r (r > R). Tưởng tượng vẽ qua M một mặt trụ đứng kín (S), đồng trục với trụ mang điện, hai đáy cách nhau một khoảng l. Điện thông qua mặt trụ kín (S) là:

.

Ta thấy tại mọi điểm của mặt bên thì  nên

,

còn tại hai đáy thì Dn=0, nên .

áp dụng định lý Ô-G ta có : .

với Q là điện tích nằm trong mặt trụ (S).  với  là mật độ điện dài của trụ mang điện (C/m)

Từ đó ta có : 

Và . (8.29)

**\* Nếu trụ thu lại thành dây mảnh  t**hì :

;  (8.30)

**6.3.6. Bài toán mẫu**

***Bài toán mẫu 8-9:*** Bằng thực nghiệm người ta đã phát hiện ra ở một vùng nào đó trên khí quyển của Trái Đất có điện trường hướng thẳng đứng xuống dưới. Ở độ cao 300m điện trường có độ lớn 60,0V/m và ở độ cao 200m là 100V/m. Tính lượng điện tích toàn phần chứa trong một khối lập phương cạnh 100m với các mặt nằm ngang ở độ cao 200n và 300m. Bỏ qua độ cong của mặt đất.

n

E

n

***Bài giải***

- Điện thông qua khối lập phương:



=

= 

= 

**=** 8,86.10-12.1.100.100.(100-60)= 3,544.10-6(C)

- Điện tích toàn phần chứa trong khối lập phương :

Theo định lí O- **G:** q = Φe **=** 3,544.10-6(C)

***Bài toán mẫu 8-10:*** Thông lượng điện tổng cộng qua mỗi mặt của một quân xúc xắc cố độ lớn tính theo đơn vị 103C đúng bằng số chấm trên mỗi mặt (từ 1 đến 6). Thông lượng đi vào với N lẻ, đi ra với N chẵn. Hỏi điện tích tổng cộng bên trong quân xúc xắc?

***Bài giải***

- Thông lượng đi vào với N lẻ **=>** ứng với các mặt có N = 1,3,5 thì thông lượng nhận giá trị âm. Tổng thông lượng trên các mặt N lẻ là:

Φ- = Φ1 +Φ3 +Φ5 = (-1-3-5).103 = -9.103 (C)

- Thông lượng đi ra với N chẵn **=>** ứng với các mặt có N = 2,4,6 thì thông lượng nhận giá trị dương. Tổng thông lượng trên các mặt N chẵn là:

Φ+ = Φ2 +Φ4 +Φ6 = (2+4+6).103 = 12.103 (C)

- Tổng điện tích bên trong quân xúc xắc:

Q = Φ++Φ- = 12.103 – 9.103 = 2.103(C)

6.4. Điện thế. Hiệu điện thế. Mặt đẳng thế

6.4.1. Công của lực tĩnh điện. Tính chất thế của trường tĩnh điện

***6.4.1.1. Công của lực tĩnh điện***

Khi điện tích di chuyển trong điện trường, thì lực tĩnh điện tác dụng lên điện tích sinh công.

\* Trước hết ta tính công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích q0 từ điểm M đến điểm N trong điện trường của điện tích q ( giả sử q0 > 0 ; q > 0). Ta có lực tác dụng lên q0 là 

M

N

q

q0





r

r + dr

rM

rN



Hình 8-18. Tính công di chuyển

q0 trong điện trường của q

với  là véc tơ cường độ điện trường tại vị trí của q0 .

- Công nguyên tố của lực  trong chuyển dời vô cùng nhỏ  là :





Trong đó  là góc giữa bán kính véctơ  và . Nhưng .

Do đó .

- Công toàn bộ của lực  trong chuyển dời q0 của từ M đến N là:

.

Thực hiện phép tích phân ta được:

 (8.31)

*Công  không phụ thuộc vào hình dạng của đường cong dịch chuyển mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của chuyển dời*.

\* Trường hợp q0 di chuyển từ M đến N trong điện trường của một hệ điện tích điểm ( q1; q2 ;...qn ).

Theo nguyên lý chồng chất: 

 (8.32)

Ta thấy công AMN không phụ thuộc vào hình dạng của đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi.

\* Ngưòi ta đã chứng minh được rằng : Nếu q0 dịch chuyển trong điện trường bất kỳ thì ta coi điện trường bất kỳ là điện trường gây bởi hệ vô số các điện tích điểm:

 (8.33)

***6.4.1.2. Tính chất thế của trường tĩnh điện***

Nếu dịch chuyển q0 theo một đường cong kín bất kỳ thì công của lực điện trường A = 0. Ta biết trong cơ học một trường có tính chất trên gọi là trường thế. Vậy *trường tĩnh điện là một trường thế.*

- Biểu thức toán học phản ánh tính chất thế của trường:

 (8.34)

 : Gọi là lưu số của véc tơ cường độ điện trường  dọc theo một đường cong (C) .

Vậy : Lưu số của véctơ cường độ điện trường dọc theo đường cong kín bất kỳ bằng 0 =>  đặc trưng cho tính chất thế của trường tĩnh điện.

6.4.2. Thế năng của điện tích trong điện trường

Trong phần cơ học ta đã nghiên cứu trường lực thế, trong đó tính chất quan trọng của trường lực thế là công của trường lực thế khi vật di chuyển từ điểm M đến điểm N trong trường lực thế bằng độ giảm thế năng của vật đó. Điện trường là một trường thế, do đó điện tích nằm trong trường thế thì có thế năng (gọi là thế năng tĩnh điện) và công của điện trường khi di chuyển điện tích q0 từ điểm M đến điểm N cũng sẽ bằng độ giảm thế năng của q0 giữa hai điểm đó.

Gọi  và  là thế năng của q0 tại vị trí M và N trong điện trường. Ta có:



\* Thế năng của điện tích q0 trong điện trường của điện tích q: Theo định lí về thế năng ta có công của lực điện trường:



Thế năng của điện tích q0 trong điện trường của điện tích q và cách điện tích một khoảng r:  (8.35)

trong đó C là hằng số phụ thuộc vào cách chọn gốc thế năng.

Nếu ta chọn gốc thế năng tại vô cùng bằng 0:



 (8.36)

\* Thế năng của điện tích q0 trong điện trường của hệ điện tích (Chọn ):

 (8.37)

\* Thế năng của điện tích q0 trong điện trường bất kỳ:



Chọn    (8.38)

*Thế năng của điện tích q0 tại một điểm trong điện trường bất kỳ là một đại lượng có giá trị bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang xét ra xa vô cùng.*

6.4.3. Điện thế. Hiệu điện thế

***6.4.3.1 Định nghĩa điện thế***

Nếu lần lượt đặt các điện tích q0, q1, q2... tại một điểm M thì thế năng tương ứng W, W1, W2,...

Nhưng tỉ số: = const

Tỉ số  không phụ thuộc q0 mà nó phụ thuộc vào q (là điện tích gây ra điện trường) và r (vị trí tại điểm đang xét).

Do đó Tỉ số  đặc trưng cho điện trường về mặt dữ trữ năng lượng tại điểm đang xét gọi là điện thế:

 (8.39)

+ Điện thế tại một điểm trong điện trường của một điện tích điểm:

 (8.40)

Điện thế là đại lượng đại số: q > 0 thì V > 0

q < 0 thì V< 0

+ Điện thế trong điện trường của hệ điện tích điểm q1, q2., q3,...:

 (8.41)

+ Điện thế trong điện trường bất kì:

 (8.42)

+ Điện thế gây bởi một hệ điện tích phân bố liên tục (vật dẫn mang điện). Ta chia vật thành những phần tử nhỏ mang điện tích  coi như điện tích điểm . Khi đó điện thế do hệ điện tích gây ra là :

 (8.43)

***6.4.3.2 Hiệu điện thế***

- Định nghĩa: Từ  ⇒ W = q0.V

=> công của lực điện trường: 

Trong đó:  gọi là Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường. Vậy :

 (8.44)

Trong điện trường bất kỳ :

 (8.45)

- Nếu q0 = +1 đơn vị điện tích thì: VM – VN = AMN

***Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường là một đại lượng bằng công của lực điện trường làm dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ vị trí M đến vị trí N***

**\* Chú ý:**

+ Công của lực tĩnh điện khi làm dịch chuyển điện tích q giữa hai điểm có hiệu điện thế U: A = q.U

+ Theo trên ta thấy do qui ước W∞= 0 nên V∞ = 0. Như vậy tương tự với thế năng điện thế được xác định sai khác một hằng số cộng. Giá trị của hằng số công này phụ thuộc vào mức điện thế không mà ta chọn. Tuy nhiên sự chọn mức điện thế không không ảnh hưởng đến các phép tính trong thực tế vì trong các phép tính đo ta chỉ quan tâm đến hiệu điện thế - đại lượng không phụ thuộc vào việc chọn mức điện thế không.

+ Trong thực tế người ta thường qui ước điện thế của Trái đất bằng không. Khi nghiên cứu tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện ta sẽ thấy điện thế tại mọi điển trên vật dẫn đều bằng nhau. Do đó nếu ta nối vật dẫn với đất bằng một dây dẫn thì điện thế của vật dẫn đó cũng bằng không.

**\* Đơn vị điện thế**, hiệu điện thế trong hệ SI là vôn, kí hiệu là V

***6.4.3.3. Tính điện thế của một số vật mang điện đặc biệt***

***a. Điện thế do một lưỡng cực điện gây ra tại điểm M bất kì.***

Xét một lưỡng cực điện q > 0 đặt tại A; q<0 đặt tại B với khoảng cách AB = d. Điểm M cách xa lưỡng cực điện. Gọi r+ là khoảng cách là A đến M; r- là khoảng cách từ B đến M. Vì các lưỡng cực xuất hiện trong tự nhiên (lưỡng cực trong các phân tử ví dụ như nước) thì d là nhỏ, do đó ta chỉ tính điện thế tại điểm M xa lưỡng cực điện tức r+, r- >>d

**+**

**-**

**A**

**B**

**d**

**M**

**r-**

**r+**

**r**

**O**

**r+ - r-**

**θ**

Hình 8-20

- Điện thế do lưỡng cực điện sinh ra tại M:



=

Vì r+, r- >> d nên r- - r+ = d.cosθ và r+. r- ≈r2. Với θ là góc giữa OM và AB; r là khoảng cách từ O đến M

=> VM = = (8.46)

Trong đó p = qd là mô men lưỡng cực điện

Từ (8.46) ta thấy rằng V = 0 ở mọi điểm nằm trên mặt đi qua tâm và vuông góc với trục của lưỡng cực (θ=900). Điều đó phản ánh một điện tích thứ nằm trong mặt phẳng đó bao giờ cũng cách đều các điện tích âm, dương tạo nên lưỡng cực, nên các thế vô hướng do hai điện tích đó gây ra triệt tiêu lẫn nhau. Với khoảng cách cho trước V có giá trị dương lớn nhất với θ=00 và giá trị âm lớn nhất với θ=1800.

Như ta đã biết nhiều phân tử như nước chẳng hạn có mô men lưỡng cực vĩnh cửu. Trong khi các phân tử khác (các phân tử không phân cực) và trong mỗi nguyên tử tâm của điện tích dương và điện tích âm trùng nhau và như vậy không xuất hiện mô men lưỡng cực điện. Tuy nhiên muốn xuất hiện mô men lưỡng cực cho trường hợp này thì ta đặt phân tử vào trong điện trường ngoài, điện trường sẽ làm thay đổi dạng quỹ đạo của electron do đó làm lệch tâm của điện tích dương và điện tích âm trong phân tử => phân tử bị phân cực trong điện trường. Vì các electron có xu hướng chuyển động ngược chiều điện trường, sự dịch chuyển đó làm xuất hiện mômen lưỡng cực theo hướng của điện trường.

Sự làm xuất hiện momen lưỡng cực điện bằng cách làm cho electron chuyển động dưới tác dụng của điện trường được ứng dụng trong một trường hợp vĩ mô quan trọng là Ăngten của radio và tivi. Ăngten thường được chế tạo dưới dạng một sợi dây kim loại trong đó các electron dao động qua lại. Ở một thời điểm một đầu của sợi dây sẽ tích điện âm và đầu kia dương. Một nửa chu kì sau đó sự phân cực ngược lại. Một Ăngten như vậy gọi là Ăngten lưỡng cực.

**b*. Tính điện thế tại một điểm trên trục của một đĩa tròn mang điện tích đều và cách tâm đĩa một khoảng h. Đĩa có bán kính R, mật độ điện mặt σ.***

x

O

h

dx

r

M

Hình 8-21

- Chia đĩa thành những phần tử hình vành khăn bán kính x, bề rộng dx, diện tích là dS =  . Phần tử vành khăn mang điện tích .

- Chia hình vành khăn thành những đoạn có diện tích dS0 << mang điện tích dq0 coi như điện tích điểm

dq0= 

- Điện thế do 1 phần tử dl trên hình vành khăn gây ra tại M: 

- Điện thế do hình vành khăn gây là:

=

=

- Điện thế do cả đĩa gây ra:



Vậy:  (8.47)

6.4.4. Mặt đẳng thế

Trong điện trường, điện thế có thể biến đổi từ điểm này qua điểm khác. Để mô tả một cách trực quan sự phân bố điện thế người ta dùng hình ảnh mặt đẳng thế.

***6.4.4.1. Định nghĩa***

*Mặt đẳng thế là quỹ tích của tất cả những điểm có cùng điện thế.*

Phương trình của mặt đẳng thế : V = const = C

Ứng với mỗi giá trị khác nhau của C ta được một mặt đẳng thế khác nhau. Tập hợp những mặt đẳng thế khác nhau trong điện trường xác định ứng với những giá trị C khác nhau gọi là họ mặt đẳng thế.

- Ví dụ: Điện thế trong điện trường gây bởi một điện tích điểm: 

=> Những điểm cách q một khoảng r có cùng điện thế V => những mặt đẳng thế trong điện trường của điện tích điểm q là mặt cầu có tâm là điểm đặt q bán kính r.

***6.4.4.2. Tính chất của mặt đẳng thế***

- Các mặt đẳng thế không cắt nhau: vì tại mỗt điểm chỉ có một giá trị xác định của điện thế.

- Công của lực điện trường khi dịch chuyển một điện tích trên mặt đẳng thế thì bằng không. Thực vậy, giả sử ta dịch chuyển q0 từ điểm M đến N trên một mặt đẳng thế VM = VN, thì công lực tĩnh điện bằng:

AMN = q0(VM -VN) = 0

- Tại một điểm bất kì trên mặt đẳng thế, vectơ  mặt đẳng thế tại điểm đó:

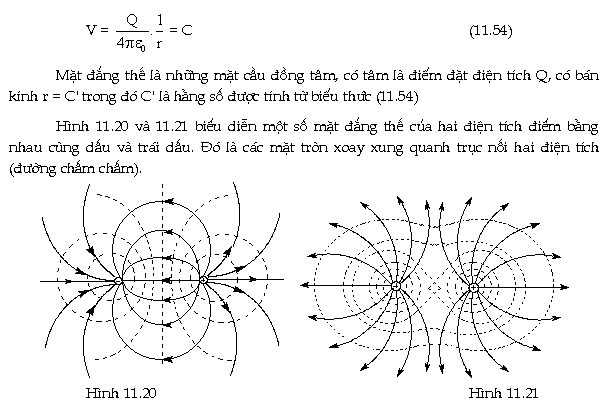
Ta có công của lực điện trường: 

vì q0 ≠ 0 =>  vì E ≠ 0, dS ≠ 0 

- Ðể có thể hình dung được rõ ràng sự biến thiên của điện thế, ta qui ước vẽ các mặt đẳng thế liên tiếp ứng  với cùng  một  số  gia  của điện thế. Như vậy mật độ mặt đẳng thế phụ thuộc vào sự biến thiên của điện thế trong không gian: các mặt đẳng thế sít nhau (mật độ mặt đẳng thế lớn) ở những nơi điện thế biến đổi nhanh và thưa thớt (mật độ nhỏ) ở những nơi điện thế biến đổi chậm. Hình 8-22 biểu diễn đường sức (đường liền nét) và mặt đẳng thế (đường chấm chấm) của điện trường đều, điện trường điện tích điểm dương và của lưỡng cực điện.

**6.4.5. Bài toán mẫu**

Hình 8-22.Đường sức điện và tiết diện của các mặt đẳng thế cho điện trường đều (a); điện tích điểm (b) và lưỡng cực điện(c)



***(a)***

***(b)***

***(c)***

***Bài toán mẫu 8-11:***  người ta bố trí 12 electron cách đều nhau trên một đường tròn tâm O bán kính R = 6.10-13m. Tính điện thế do các electron sinh ra tại tâm O. Nếu ta sắp xếp sao cho các electron nằm không đều nhau trên một cung cong 1200 của đường tròn trên thì điện thế do chúng sinh ra tại O bằng bao nhiêu?

***Bài giải***

* Khi các electron phân bố đều trên đường tròn, khoảng cách từ các electron đến O là bằng nhau. Điện thế tại O:



- Khi các electron phân bố không đều trên cung tròn 1200, khoảng cách từ các electron đến O vẫn không thay đổi do đó điện thế tại O không thay đổi

VO = -28,8.103 (V)

***Bài toán mẫu 8-12:***  Một đĩa tròn có bán kính R = 3,5cm, tích điện đều. Điện thế tại tâm đĩa là V0 = 550V.

a. Tính điện tích tổng cộng trên đĩa? Mật độ điện tích mặt của đĩa?

b. Điện thế do đĩa sinh ra tại điểm M nằm trên trục của đĩa và cách đĩa h = 5,0R.

***Bài giải***

1. Theo công thức (8.47) ta có tại tâm đĩa: h= 0

V0 = = 

=> 

- Điện tích tổng cộng của đĩa:



1. Điện thế tại M có h = 5R

VM =

= 

***Bài toán mẫu 8.13:***  Tính công của lực điện trường khi chuyển dịch điện tích q = 10-9C từ điểm C đến điểm D nếu a = 6cm, Q1 = (10/3).10-9C, Q2 =-2.10-9C.

***Bài giải***

Q2

D

Q1

C

q

a

a

a

*Hình 8-23*

A

B

- Điện thế tại C và D bằng tổng điện thế do Q1 và Q2 gây ra:





- Công của lực điện trường khi dịch chuyển điện tích q từ C đến D là:



6.5. Liên hệ giữa vec tơ cường độ điện trường và điện thế

6.5.1. Hệ thức liên hệ

- Xét hai điểm M và N rất gần nhau trong điện trường có điện thế V và V + dV (dV > 0) ⇒ VN > VM.

Vẽ hai mặt đẳng thế qua hai điểm M, N. Đặt 

Công của lực điện trường khi dịch chuyển q0 từ điểm M đến điểm N:

 (\*)

V

V+dV

M











Hình 8-24

( là véc tơ cường độ điện trường vuông góc với mặt đẳng thế tại M).

Mặt khác:

 (\*\*)

Từ (\*) và (\*\*) ta có:



Trong đó  là góc hợp bởi  và   hướng theo chiều giảm của điện thế.

Mặt khác ta có: : Hình chiếu của  trên phương 

 (8.48)

*Hình chiếu của véctơ cường độ điện trường trên một phương nào đó về trị số bằng độ giảm điện thế trên một đơn vị dài của phương đó.*

Nếu chọn phương chiều của hệ trục toạ độ Đề các và điện thế là hàm của toạ độ ta có:

; ; 

=>

 (8.49)

Vậy: *Véctơ cường độ điện trường tại một điểm bất kì trong điện trường bằng và ngược dấu với gradien của điện thế tại điểm đó.*

8.5.2. Ứng dụng

***8.5.2.1. Xác định hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song vô hạn mang điện đều trái dấu có mật độ điện mặt  và :***

- Điện trường giữa hai mặt phẳng là điện trường đều, đường sức là những đường thẳng song song cách đều và vuông góc với hai mặt phẳng.

d

+gg

+gg

+gg

\_-\_\_--gg

-

-

-

x

Hình 8-25

Gọi: + V1 là điện thế của mặt phẳng dương

+ V2 là điện thế của mặt phẳng âm

+ d là khoảng cách giữa hai mặt phẳng

Từ biểu thức: 

Chọn phương Ox ⊥ với 2 mặt phẳng có gốc ở bản dương, chiều hướng từ bản dương sang bản âm.



Lấy tích phân hai vế: 

 (8.50)

**\* Chú ý**: mở rộng (8.50) cho điện trường đều ta có hiệu điện thế giữa 2 điểm M và N là **U = E.d;** Với d là khoảng cách giữa hai điểm M và N trên phương của đường sức

***6.5.2.2. Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của một mặt cầu tích điện đều***

Giả sử mặt cầu tâm O bán kính R mang điện tích Q phân bố đều, xác định hiệu điện thế tại hai điểm cách tâm mặt cầu một khoảng R1 và R2 (R2 > R1 > R).

Chọn phương bán kính  ta có:

R1 1



R2 1

 1

 1

 1

 1

Hình 8-26



Lấy tích phân 2 vế: 



- Nếu , khi đó : , thì điện thế tại mặt cầu là :

 (8.51)

- Điện thế tại M cách mặt cầu khoảng h là :

 (8.52)

***6.5.2.3. Xác định vecto cường độ điện trường gây ra bởi lưỡng cực điện tại điểm M.***

Xét một lưỡng cực điện q > 0 đặt tại A; q<0 đặt tại B với khoảng cách AB = d. Điểm M cách xa lưỡng cực điện. Gọi r+ là khoảng cách là A đến M; r- là khoảng cách từ B đến M. Ta chỉ tính cường độ điện trường tại điểm M xa lưỡng cực điện tức r+, r- >>d hay r >> d với r là khoảng cách từ O là trung điểm của AB đến M

* Theo (8.46) ta có điện thế tại điểm M là: VM = =

Trong đó (p = qd) là mô men lưỡng cực điện hướng từ điện tích âm sang điện tích dương

-

A

+

B

B

Er

Eθ

E

α

θ

r

r+

r-

Hình 8-27

- Từ biểu thức của V ta suy ra biểu thức của vecto cường độ điện trường tại M nhờ biểu thức :

= -

Biết biểu thức của V trong các hệ tọa độ ta tính được E

- Trong hệ tọa độ Đề các Oxyz:

; ; 

Trong đó ,, là đạo hàm riêng phần của hàm thế V đối với biến x, y, z; Ex, Ey, EZ là hình chiếu của vecto cường độ điện trường lên các trục Ox, Oy, Oz.

- Trong hệ tọa độ cực (r và θ) với góc tại điện tích âm, trục cực hướng theo, ta tính được hình chiếu Er của  theo phương bán kính vecto  :

 (8.53)

- Hình chiếu Eθ của  theo phương vuông góc với bán kính vecto  :

 (8.54)

- Điện trường tổng hợp tại M:

 (8.55)

- Góc hợp giữa  và bán kính vecto  :



\* Trường hợp đặc biệt:

- Nếu θ = 900 điểm M nằm trên mặt trung trực của lưỡng cực: 

- Nếu θ = 00 điểm M nằm trên trục của lưỡng cực: 

**6.5.3. Bài toán mẫu**

***Bài toán mẫu 8-13:*** Cho hai mặt phẳng song song vô hạn mang điện đều, mật độ bằng nhau và trái dấu, đặt cách nhau 5mm. Cường độ điện trường giữa chúng là 104V/m. Tính hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng đó và mật độ điện mặt của chúng.

***Bài giải***

* Hiệu điện thế giữa hai bản:



* Ta lại có, cường độ điện trường ở giữa hai mặt phẳng song song vô hạn tích điện đều là:



***Bài toán mẫu 8-14:*** Hai quả cầu kim loại bán kính 8cm và 5cm nối với nhau bằng một sợi dây dẫn có điện dung không đáng kể, và được tích một điện lượng Q = 13.10-8C. Tính điện thế và điện tích của mỗi quả cầu.

***Bài giải***

* Vì hai quả cầu được nối với nhau bằng một sợi dây dẫn điện nên chúng có cùng điện thế V:

;

=> 

* Mặt khác: 





***Bài toán mẫu 8-15:*** Máy gia tốc Van De Graaf được tích điện đến điện thế 1,0MV (lấy V=0 ở vô cực) trên quả cầu kim loại bán kính 1,0m.

a. Điện tích trên quả cầu?

b. Một hạt anpha được gia tốc trong máy trên, tính động năng hạt thu được nếu ban đầu coi như hạt đứng yên?

***Bài giải***

1. Điện tích trên quả cầu:



1. Khi một hạt anpha được gia tốc trong máy trên, thì công của điện trường bằng độ tăng động năng của hạt



