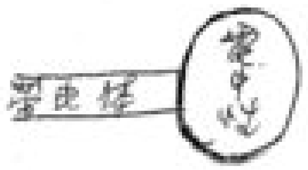
Chapter 15 Electric Forces and Electric Fields
電力 電場

§15.1 Properties of Electric Charges

§15.2 Insulators and Conductors
(絕緣體) (導體)

電的傳導 — 優良 (電的導體)
　　　　 — 不良 (電的絕緣體)

Charging by contact (接觸起電)
(接觸)



Charging by Induction (感應起電)
(感應)

p.390 Fig 15.4

§15.3 Coulomb's Law 庫侖定律

兩點電荷 q_1, q_2 相距 r 時，彼此間的作用力 (又稱庫侖力)

F與 q_1, q_2 的乘積成正比，與距離平方成反比。

$F \propto |q_1||q_2|$ ， $F \propto \frac{1}{r^2}$

$\Rightarrow F = \frac{k_e |q_1||q_2|}{r^2}$ ---- 庫侖定律

k_e 為比例常數 (庫侖常數) $= 8.99 \times 10^9 \ N \cdot m^2/C^2$
(或 $\doteqdot 9 \times 10^9 \ N \cdot m^2/C^2$)

(註：庫侖力又稱靜電力)

	$\lvert q_1 \rvert, \lvert q_2 \rvert$	r	F	k_e
M.K.S制 (SI制)	庫侖 (Coul) (C)	公尺 (米) (m)	牛頓 (N)	8.99×10^9 (或 9×10^9) $N \cdot m^2/C^2$
C.G.S制	靜庫侖	公分 (厘米) (cm)	達因 (dyne)	1 $\frac{dyne \cdot cm^2}{靜庫侖^2}$

代入庫侖定律時，需小心注意：

① 單位 ② 作用力方向的判斷 (吸引或排斥) (沿著連心線上)

庫侖力為一向量　　　(考慮合力時需向量合成)

$\vec{F}_{12} = \frac{k_e |q_1||q_2|}{r^2} \vec{r}_{12}$

又令比例常數 $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$

其中 ϵ_0 稱為真空電容率 (permittivity of free space)

ϵ_0 的大小在SI制中為 $8.85 \times 10^{-12} \ C^2/N \cdot m^2$

p.391 Table 15.1

Example 15.1

Example 15.2

又 $F = \frac{k_e|q_1||q_2|}{r^2}$ $\left(= \frac{k_e|q||q'|}{r^2}\right)$ $\left(= \frac{k_e|q||q_0|}{r^2}\right)$

∴ 電場 $E = \frac{F}{q_2(q_0)} = \frac{k_e|q|}{r^2}$

電場為一向量

∴ $\vec{E} = \frac{k_e|q|}{r^2}\hat{r}$

結論:

(A) 如何計算 E 的大小

(1) 若已知條件為受力 F 大小與帶電量 $q(q_2)(q')(q_0)$ 大小,

則 $E = \frac{F}{q(q_2)(q')(q_0)}$

(2) 若已知條件為距離 r 與帶電量 $q(q_1)$

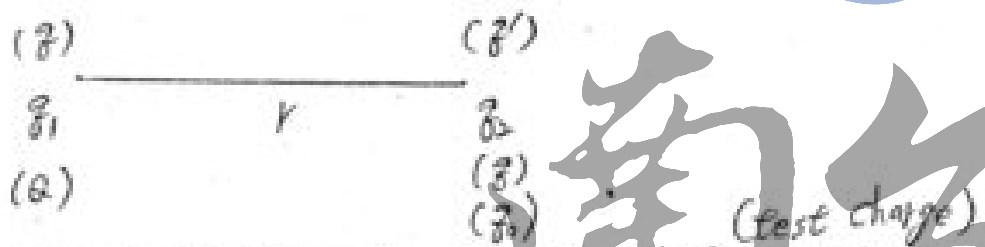
則 $E = \frac{k_e\, q(q_1)}{r^2}$

(B) 如何判斷 E 的方向

(1) 若測試電荷為正電荷, 則其受力方向即為電場方向.

(2) 若測試電荷為負電荷, 則其受力方向的反向即為電場方向.

§15.4 The Electric Field 電場



q_2 (q')(q_0) 視為可移動的電荷 (或稱測試電荷; 試驗電荷)

則定義: 由 q_1 (q) 造成的電場(強度) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ $(\vec{F} = q_0\vec{E})$

電場的單位在 SI 制中為 N/C

Example 15.4

$q = ne \quad n = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \cdots$ (n is an integer 整數)

§15.5 Electric Field Lines 電場線(或稱電力線)

① 電力線的方向為由正電荷指向負電荷.

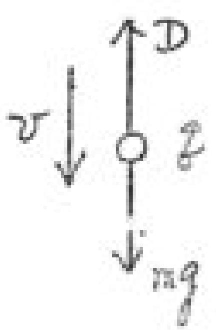
② 電力線不會相交

③ 電力線上的"切線"方向即為該點的電場方向.

④ 電力線愈密集處表示電場愈強, 愈稀疏處表示電場愈弱.

§ The Millikan 密立根 Oil-Drop 油滴 Experiment 實驗

(a) Field off



(b) Field on

§15.7 Electric Flux 電通量 and Gauss's Law 高斯定律

§ Electric Flux Φ_E: 電荷發出通過某一曲面之電力線總數.

◎ 在極小面積時視為平面, 且通過電場為均勻電場.

$\therefore \Delta\Phi_E = E_{(垂直分量)} \cdot \Delta A = E(\cos\theta) \cdot \Delta A = \vec{E} \cdot \Delta\vec{A}$ (↑ dot)

(面積向量 $\Delta\vec{A}$ 垂直於小平面)

$\Rightarrow d\Phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{A}$ (↑ dot)

◎ 求極大曲面面積時: 用積分 $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$

§ Gauss's Law 高斯定律

通過某一封閉曲面(高斯面)之電通量, 正比於此面內電荷之代數和.

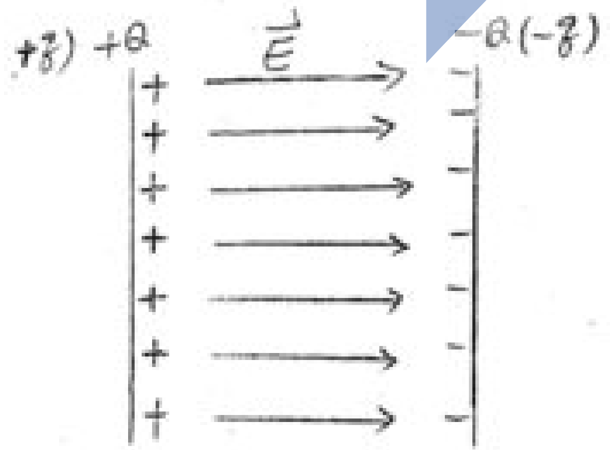
$\therefore \Phi_E = \dfrac{Q}{\epsilon_0}$

即 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \dfrac{Q}{\epsilon_0}$ $\left(\oint \boxed{\vec{E} \cdot d\vec{A}} = \dfrac{1}{\epsilon_0} \sum q_i \quad \therefore \underbrace{E \cdot A}_{\Phi_E} = \dfrac{1}{\epsilon_0} Q \right)$

(封閉曲面積分)

Example 15.5

≶利用高斯定律求平行板電容器的電場 ↳ 均勻電場



$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q\,(q)}{\epsilon_0}$$

$$E\cdot A = \frac{Q}{\epsilon_0}$$ (A 為每一平行板面積)

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$ (σ 為每單位面積電荷密度)