

物理学・物理学概論

東海大学 理学部

物理学科



TOKAI

*Department of Physics School of Science
Tokai University*



本日のメニュー

0. 先月分復習
1. 電場と電位の関係
2. 電荷、電位と仕事
3. 電気容量

ポイント1

- ・電荷と力、クーロンの法則、電場(電界)

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$F = Q \cdot E$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\mathbf{F} = Q \cdot \mathbf{E}$$

$$Q[C]$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$\mathbf{F}[N]$$

定数
(係数)

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$$

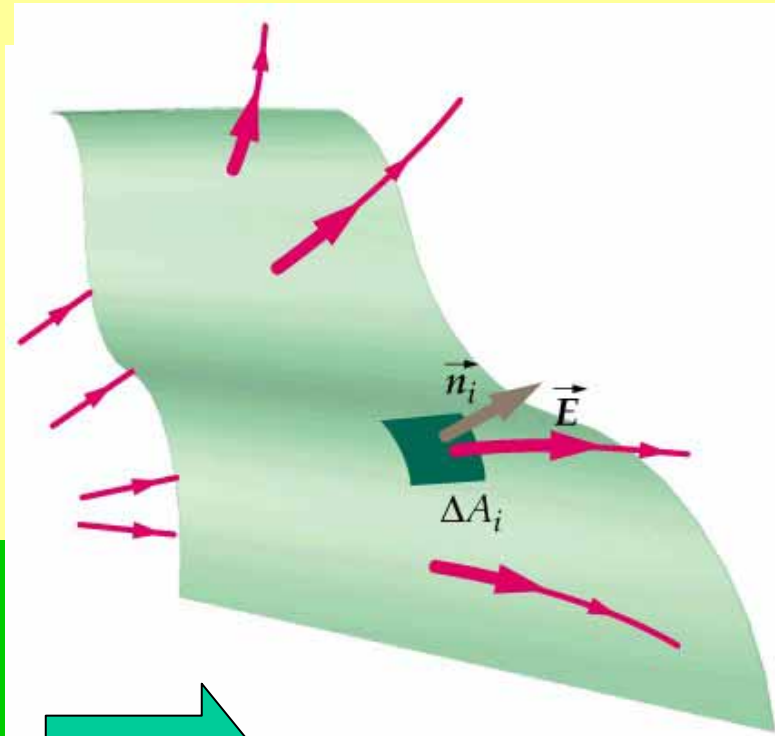
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9$$

$$\varepsilon \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = Q$$

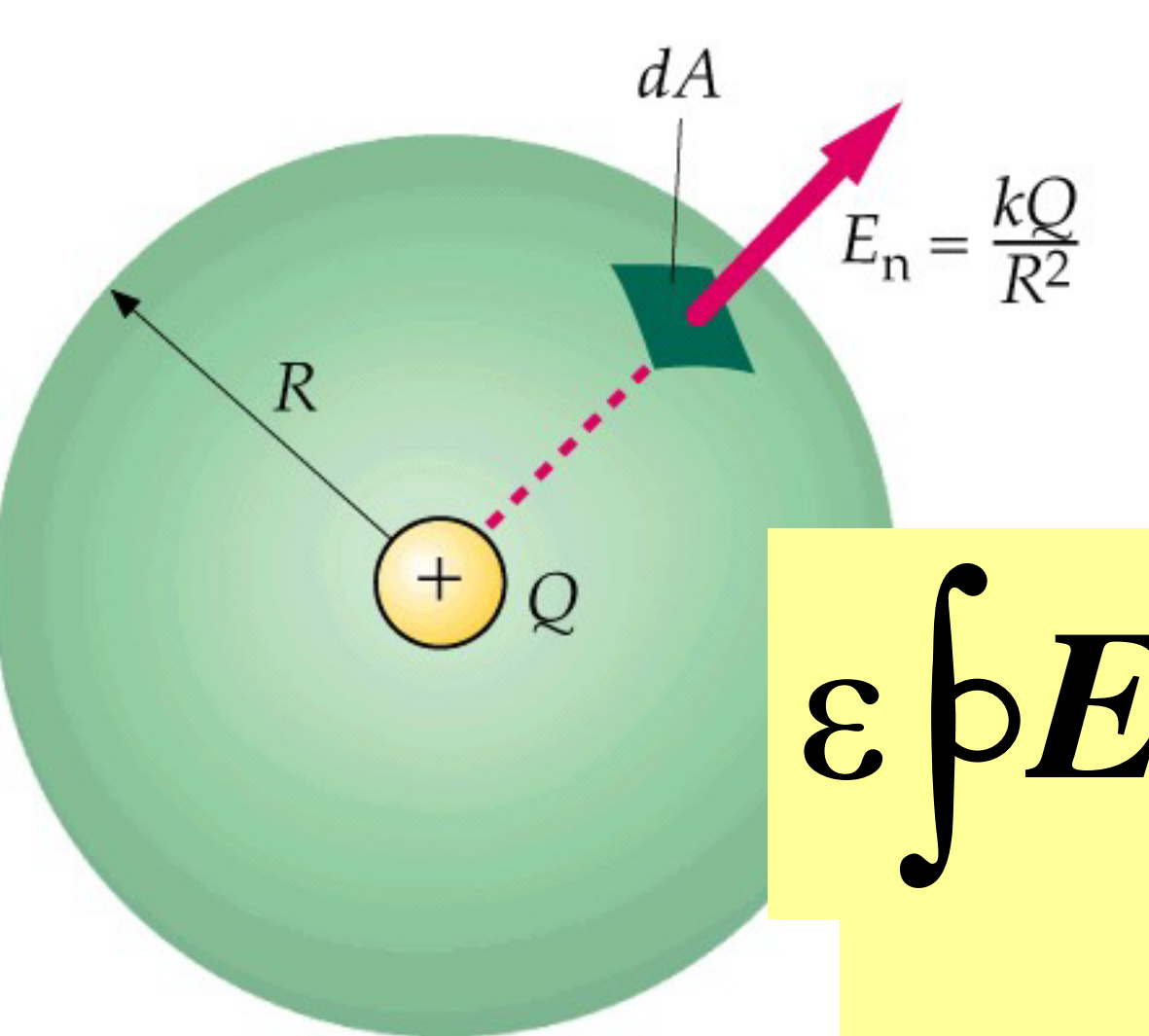
ポイント2

電界がある平面
を垂直に貫いて
湧き出している

電界の力線が有効に閉
局面を貫く総本数

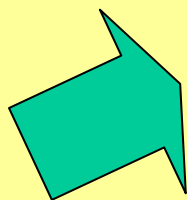


閉局面内
の電荷

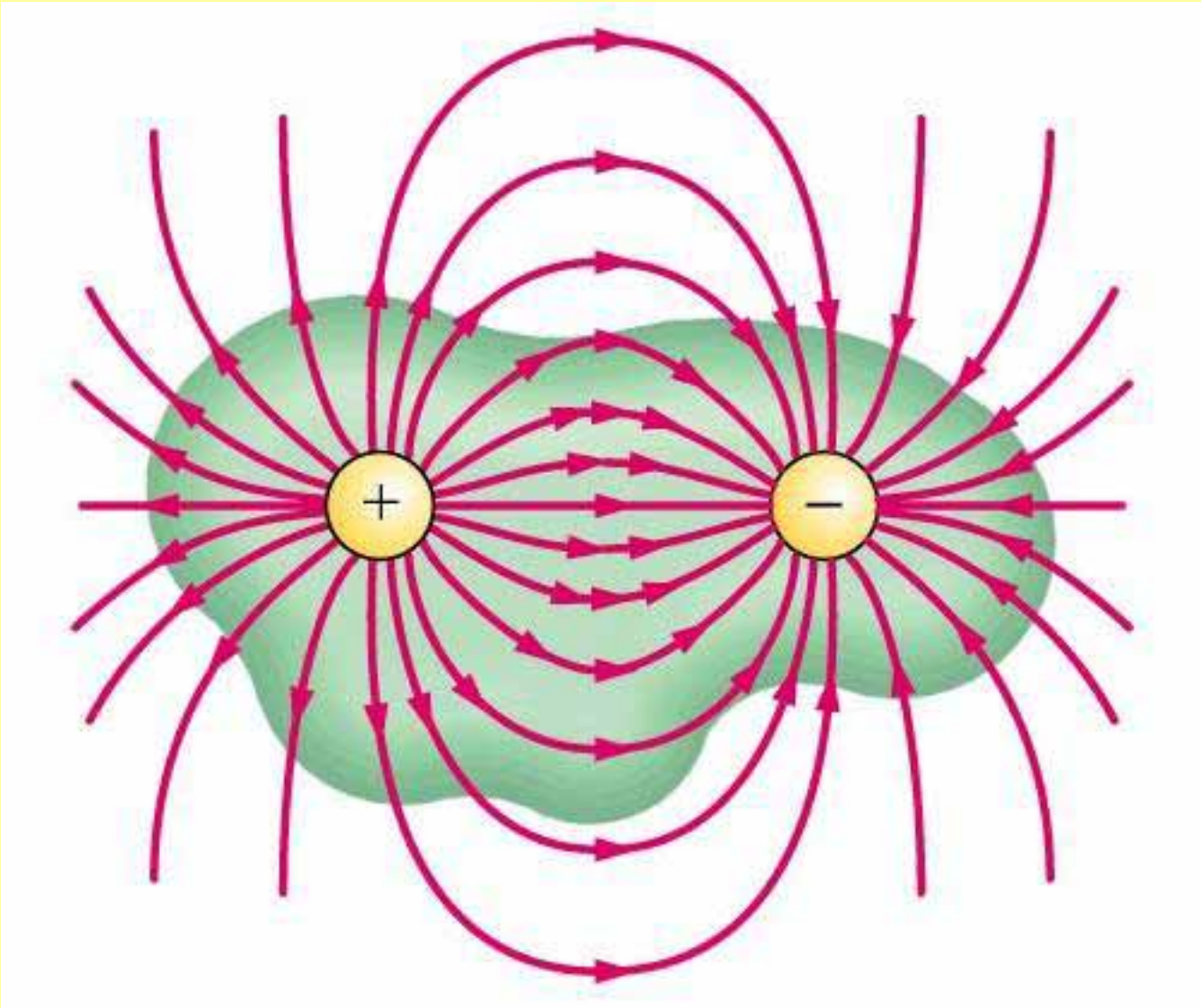


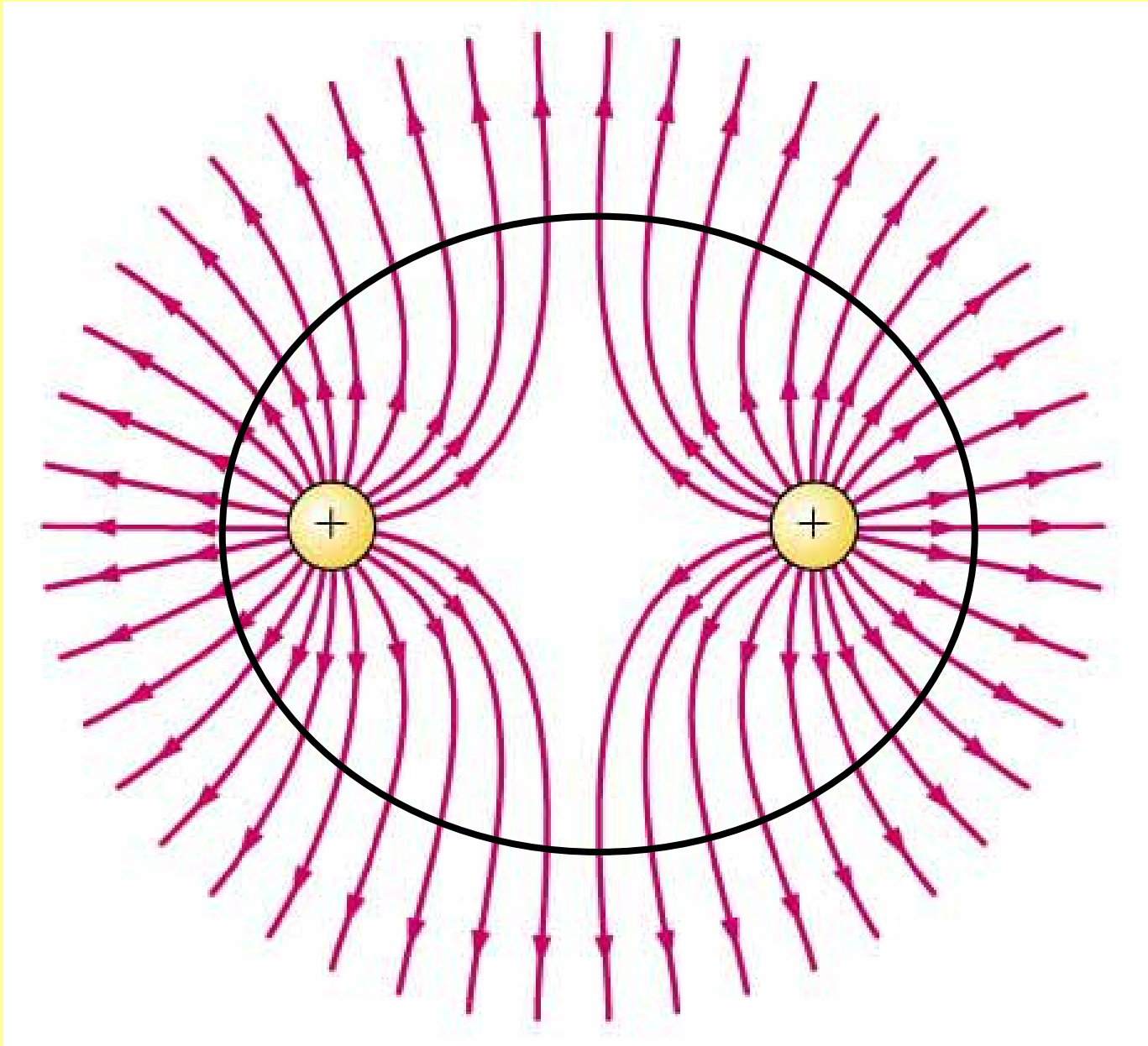
$$\epsilon \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = Q$$

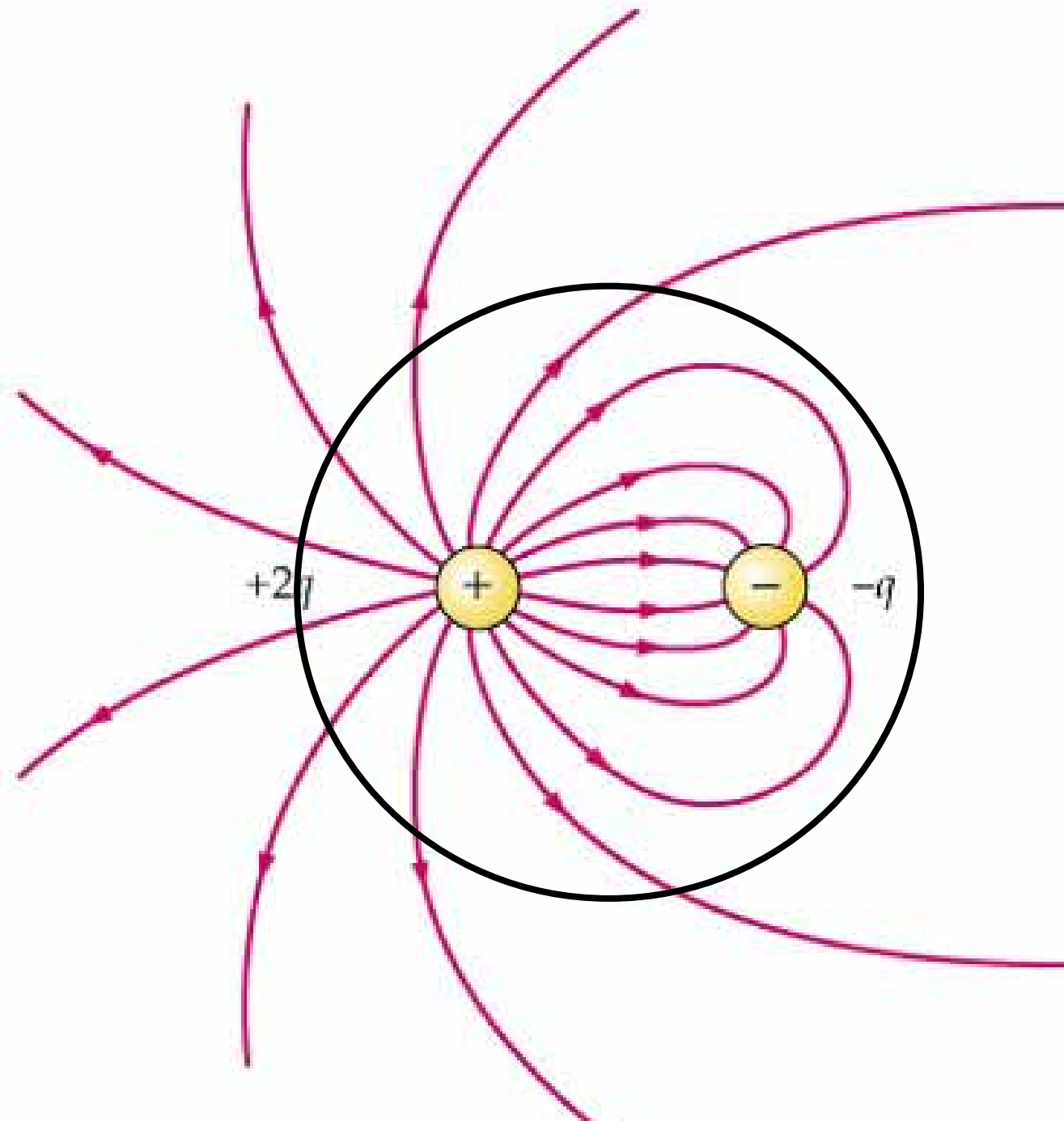
球の表面積



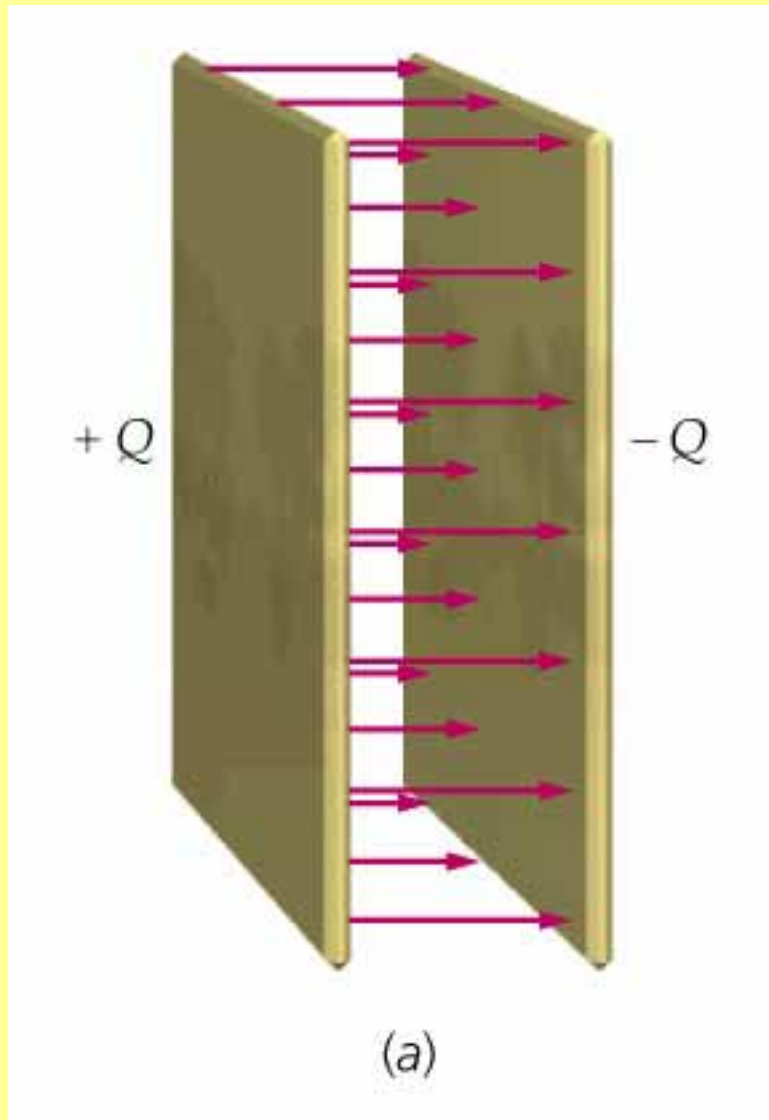
$$\underline{4\pi r^2} |\mathbf{E}| = \frac{Q}{\epsilon}$$







ポイント3

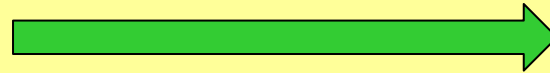


今日のポイント

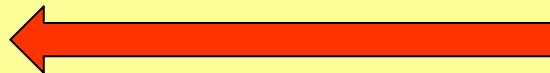
- 電場と電位の関係

電場

一階の積分 (距離)



電位



一階の微分 (距離)

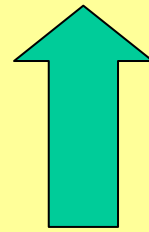
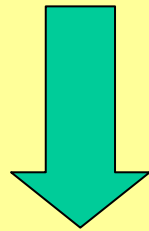
山斜面の傾斜
の度合い

山の高さ

斜面の傾斜
の度合い

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r^2}$$

一階の積分

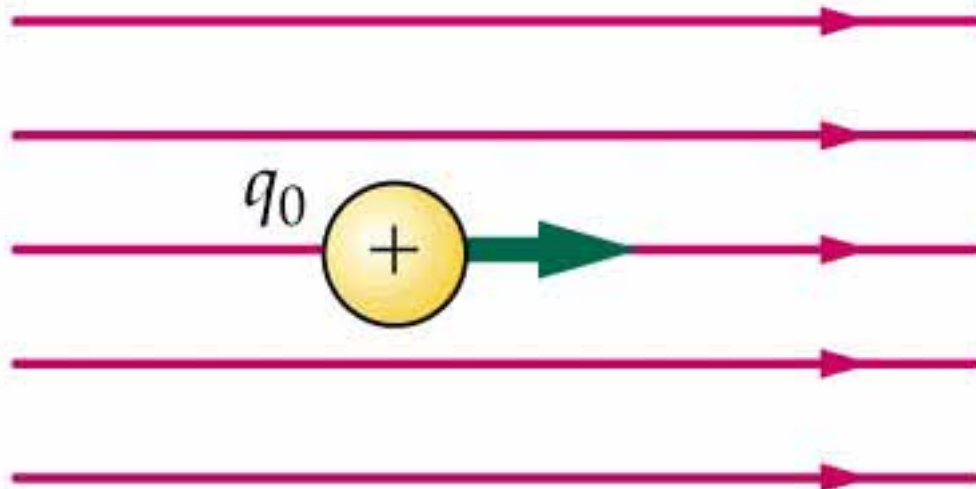


一階の微分

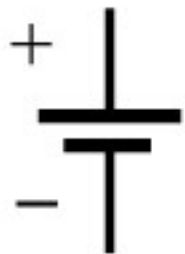
山の高さ

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r}$$

High V

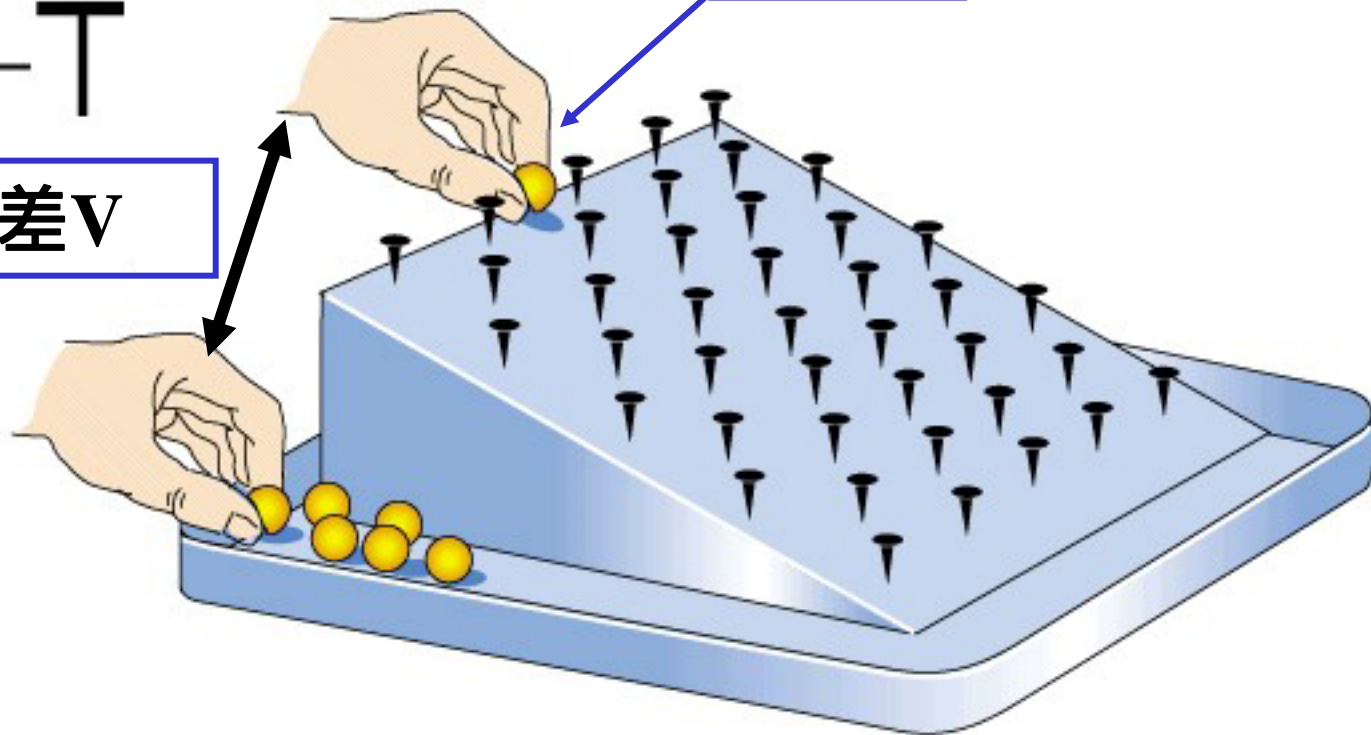


Low V

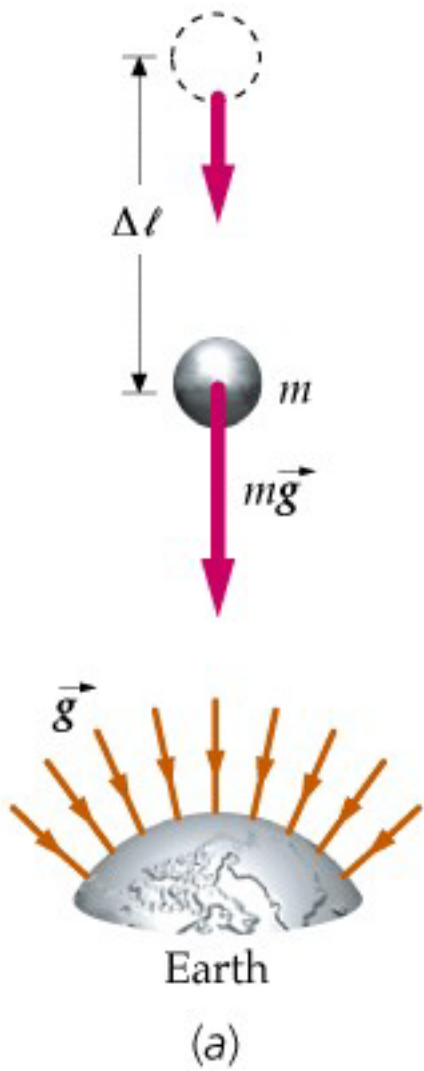


電荷 Q

電位差 V



斜面の傾き E



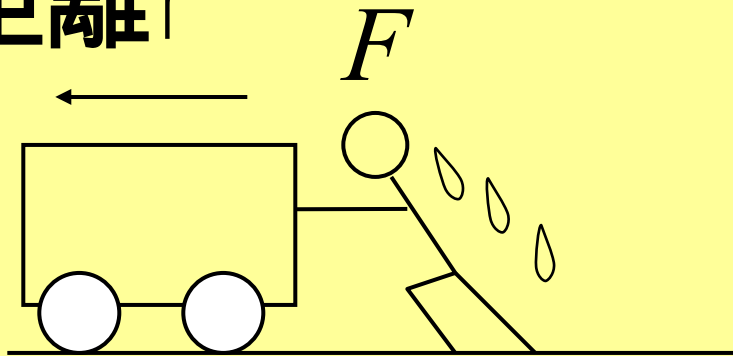
$$U = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= mgh$$

$$F = -\frac{dU}{dr} \rightarrow$$

$$= mg$$

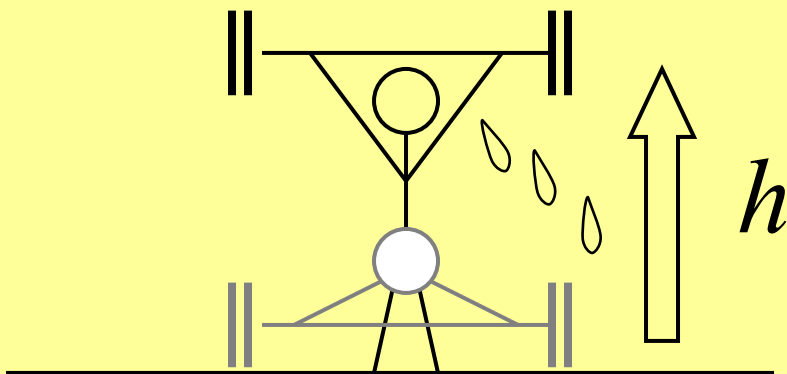
距離 r



$$U = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

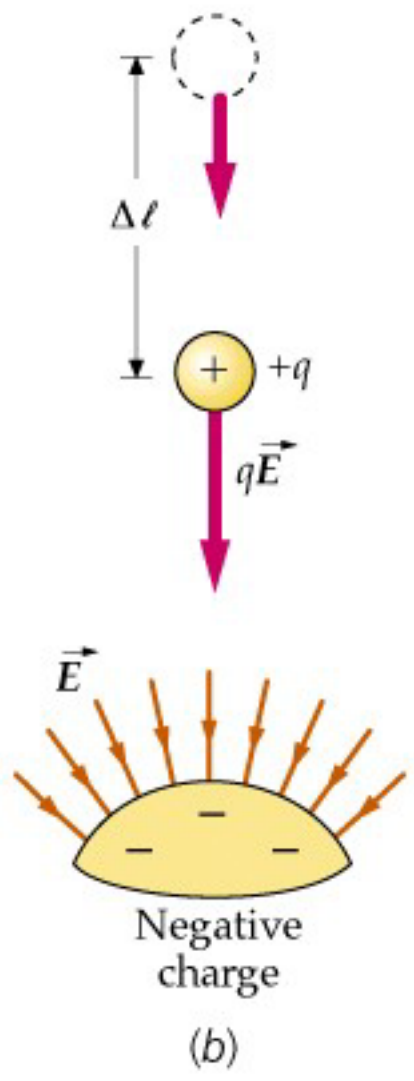
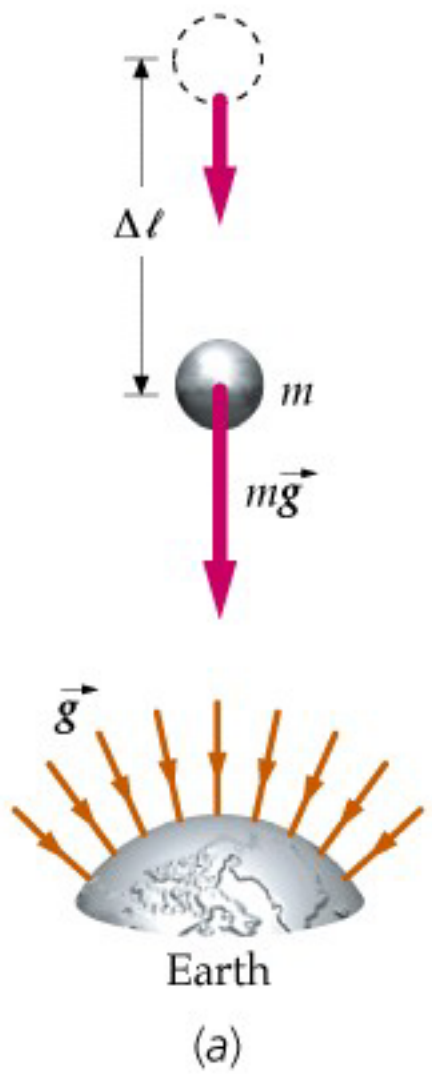
$$= Fr$$

仕事をする



$$U = -\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= -(-mgh)$$

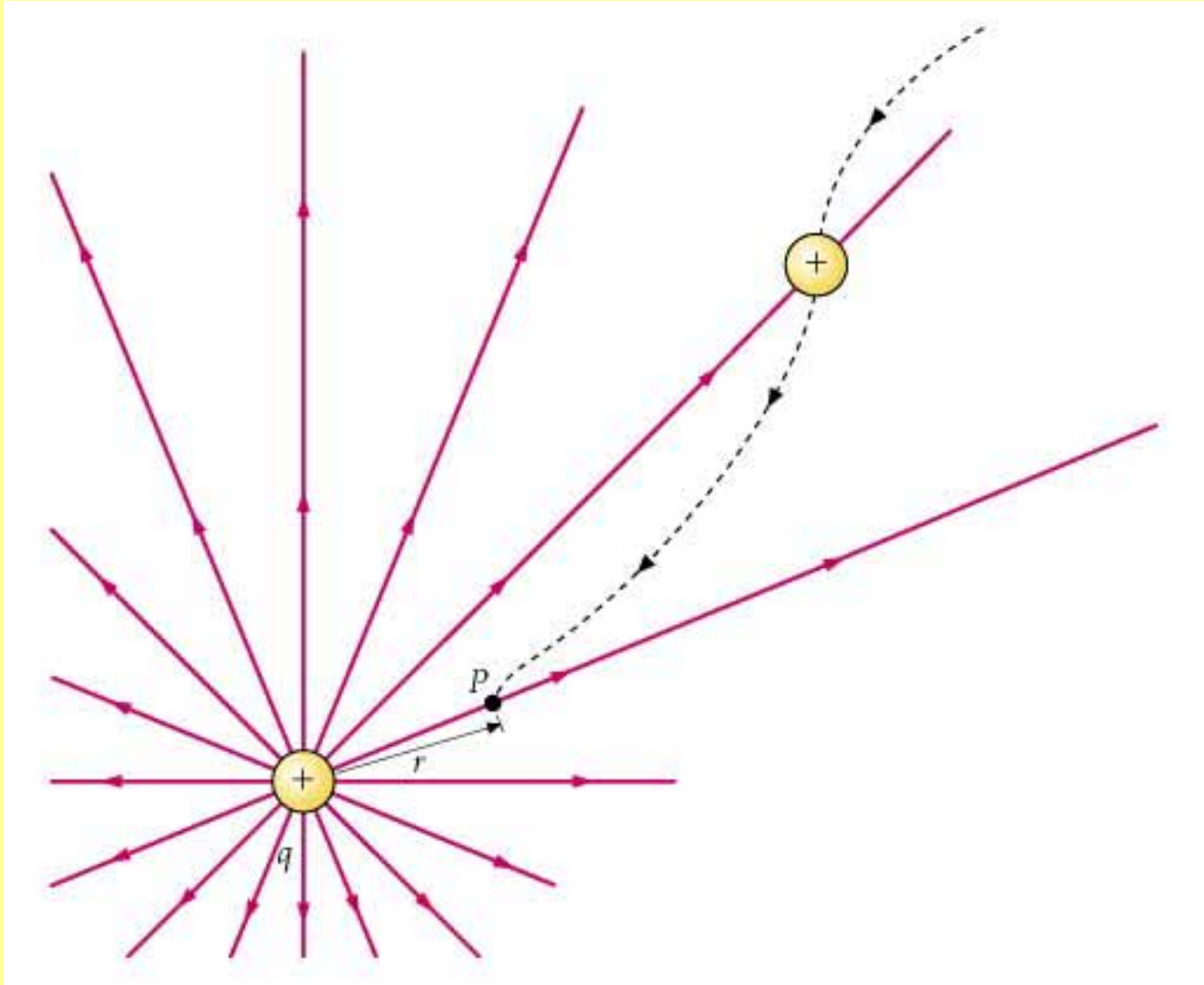


$$U = - \int_{r_0}^r \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$\mathbf{F} = Q \cdot \mathbf{E}$$

$$\phi = - \int_{r_0}^r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

2点間の電位の差 $\rightarrow V - V_0$



$$\phi = - \int_{r_0}^r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

$$\phi = - \int_{r_0}^r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

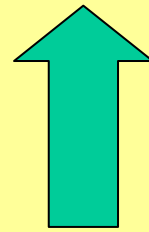
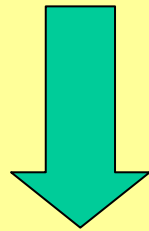
$$V = - \int_{r_0}^r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{Q}{r} \right]_{\infty}^r$$

斜面の傾斜
の度合い

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r^2}$$

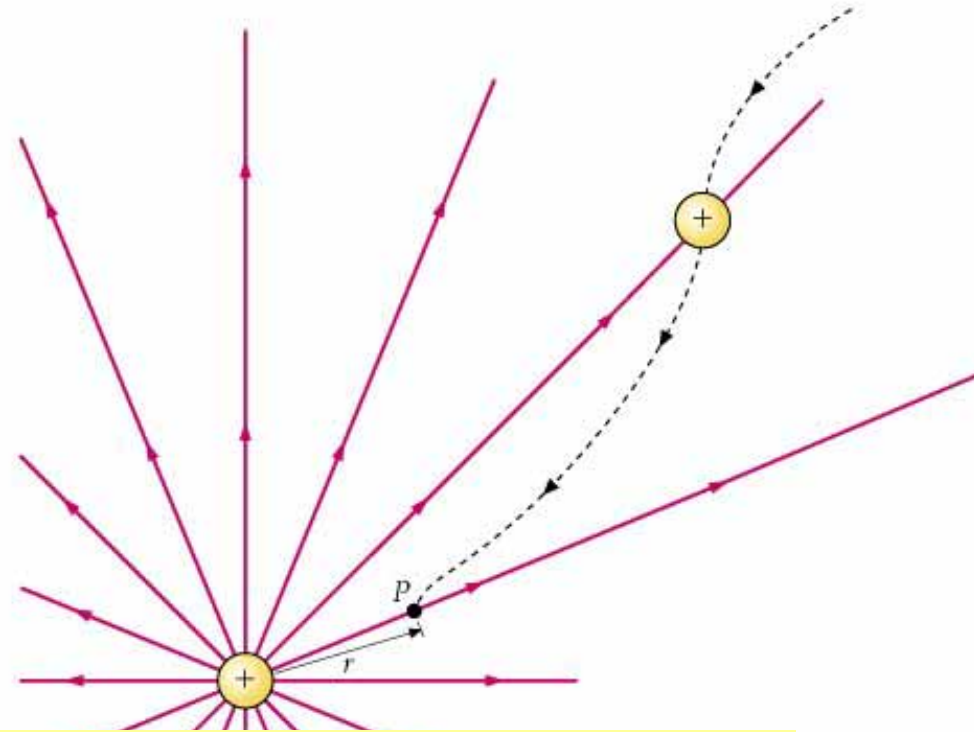
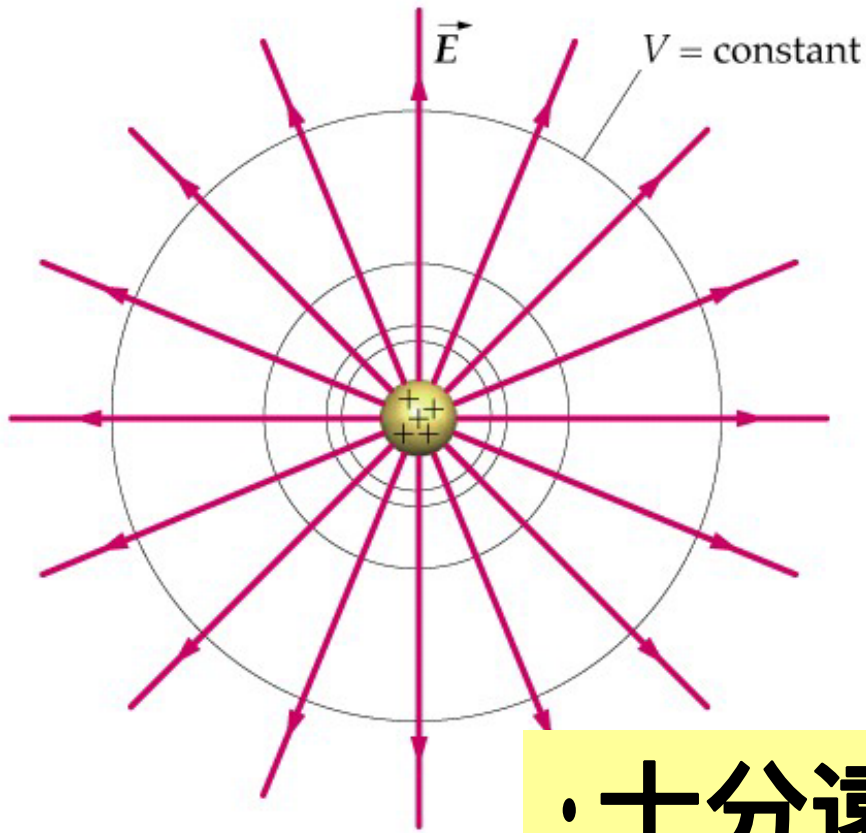
一階の積分



一階の微分

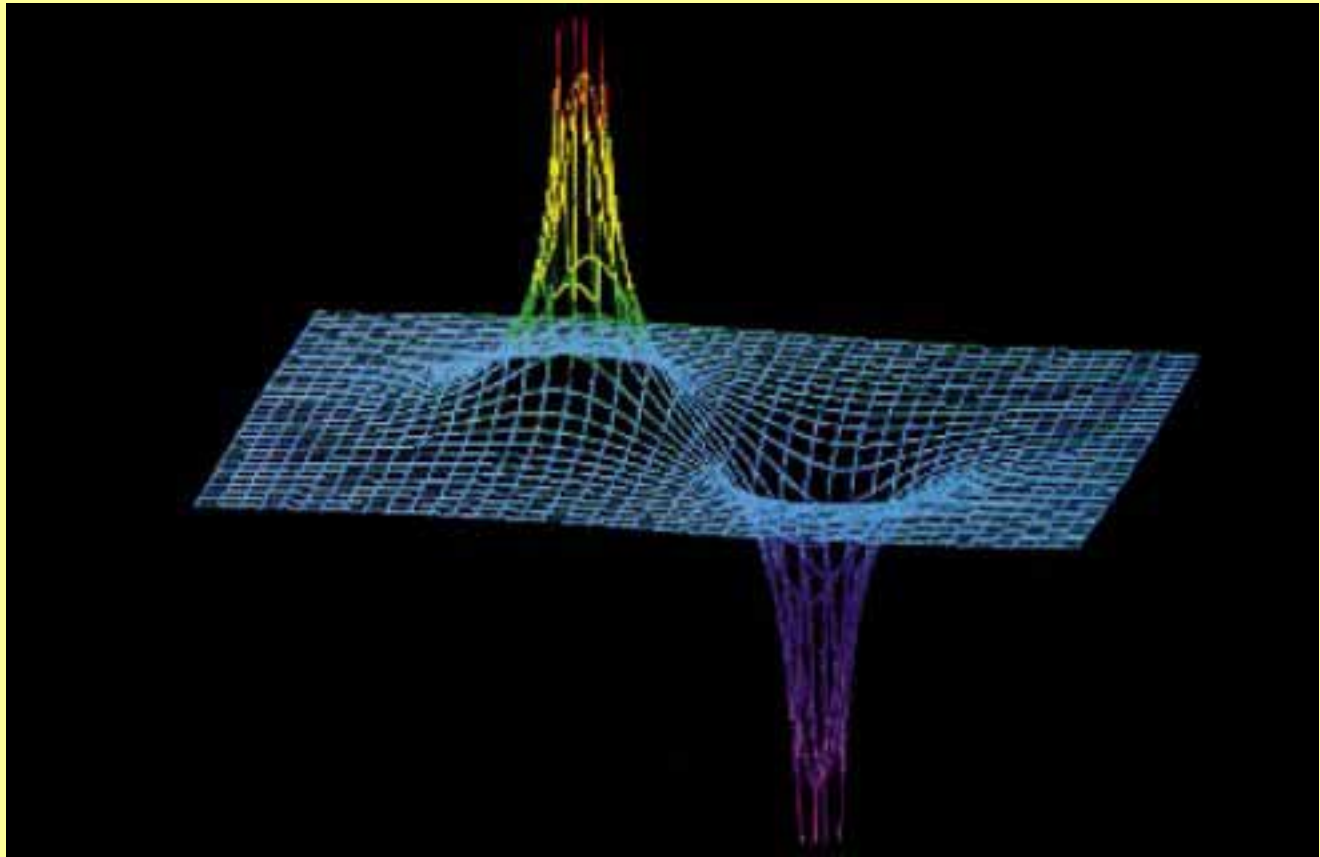
山の高さ

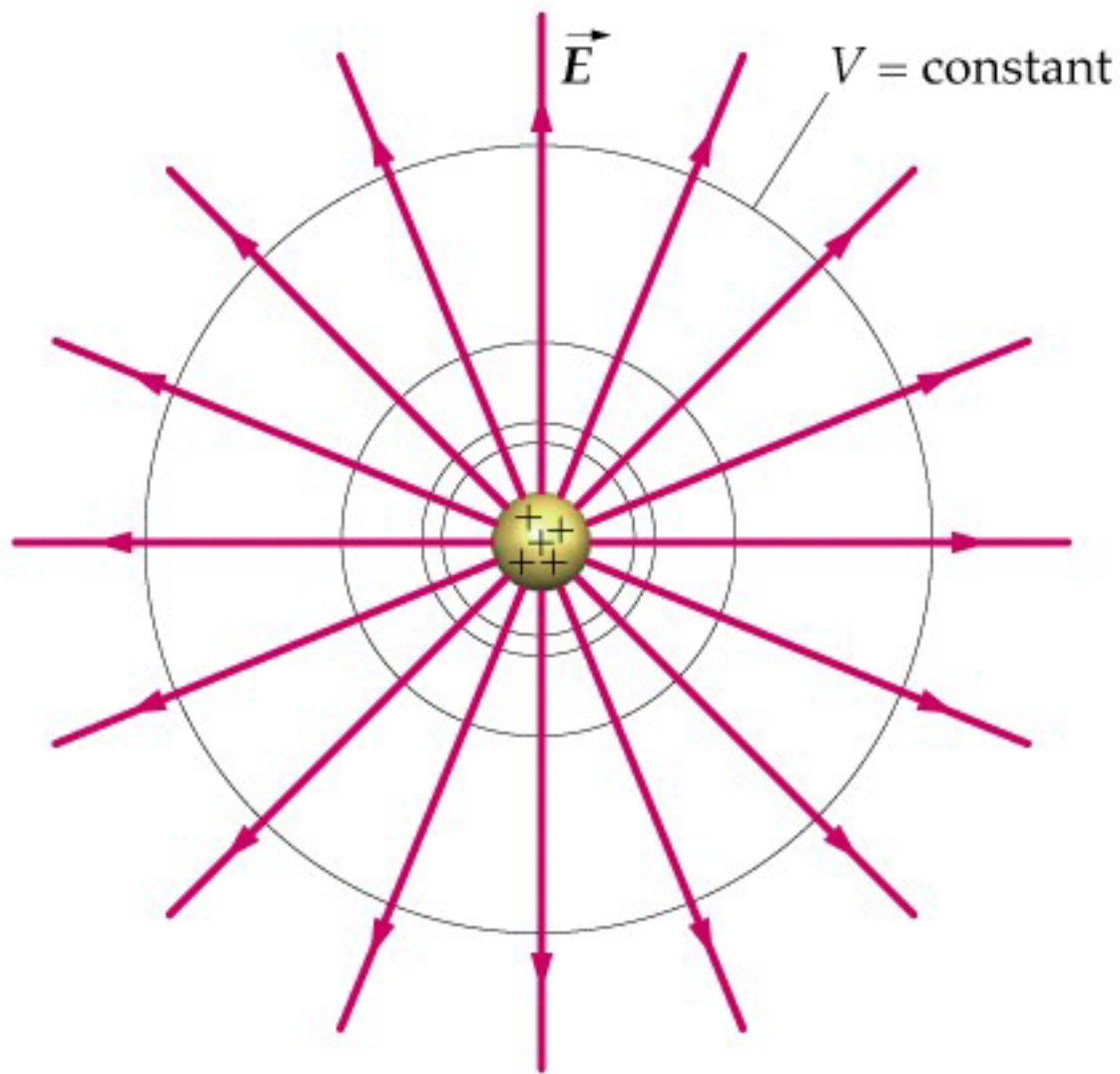
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r}$$



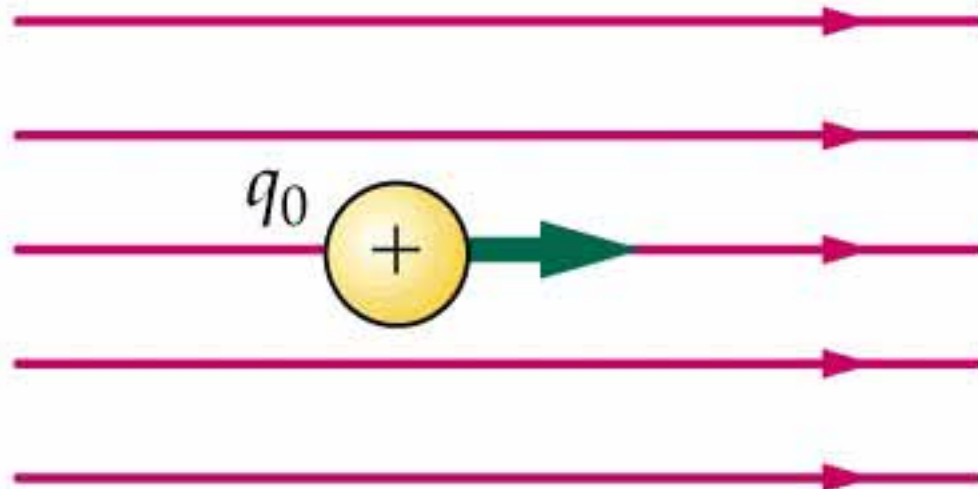
- ・十分遠くから電荷を運ぶ
- ・基準点が必要

$$V = - \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

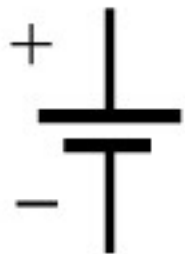




High V

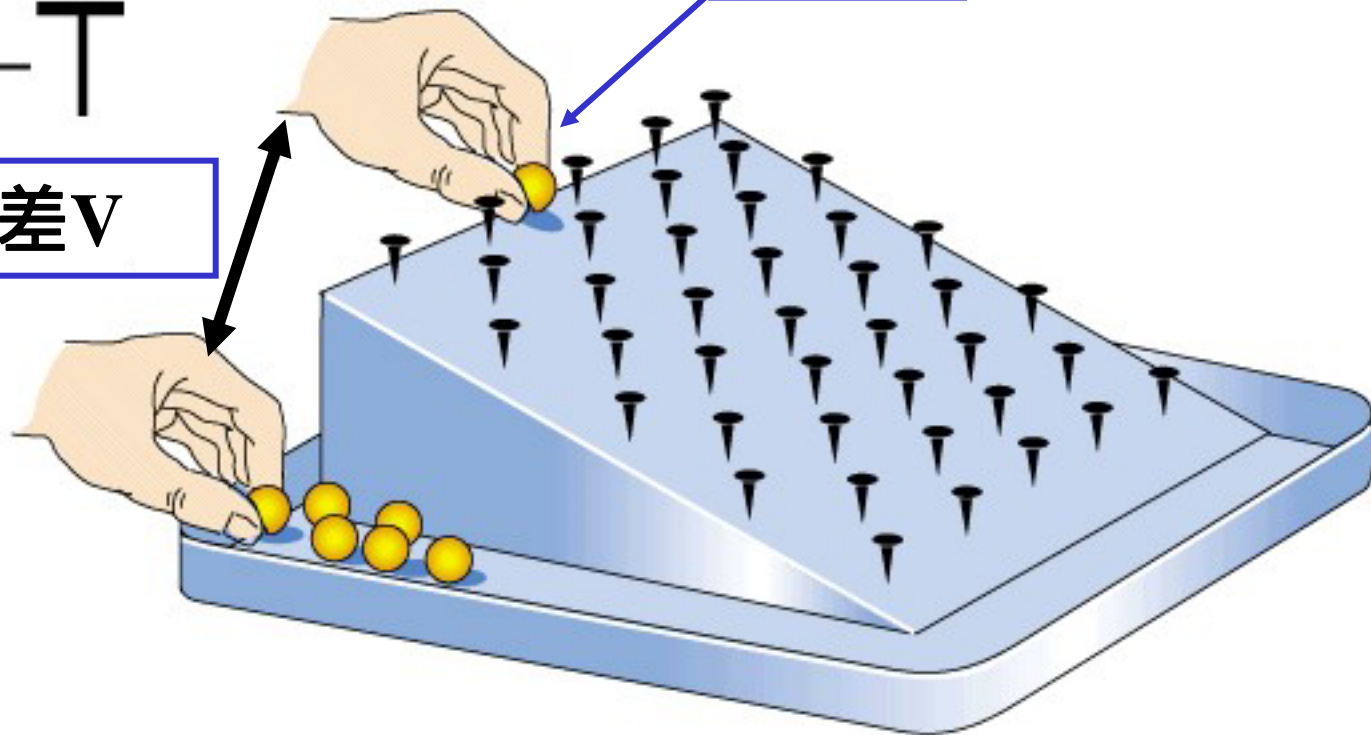


Low V



電荷 Q

電位差 V



斜面の傾き E

電界と力,電位

式から類推する単位？

$$F = QE$$

$$E = -\frac{dV}{dx} i$$

X方向
一方向だけなら

(i は単位
ベクトル)

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

電界と力,電位

$$F = QE$$

$[N]$ $[C]$

$[N/C]$



$$E = -\frac{dV}{dx} i$$

電界と力,電位

$$F = QE$$

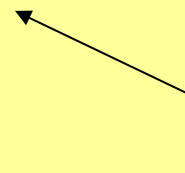
$[N]$ $[C]$

$[N/C]$



$$E = -\frac{dV}{dx} \mathbf{i}$$

$[V/m]$



電界と力,電位

$$F = QE$$

$[N]$

$[C]$

$[N/C]$

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

$[V/m]$

ここで $[Nm \quad J]$ だから

$[J/Cm = N/C]$

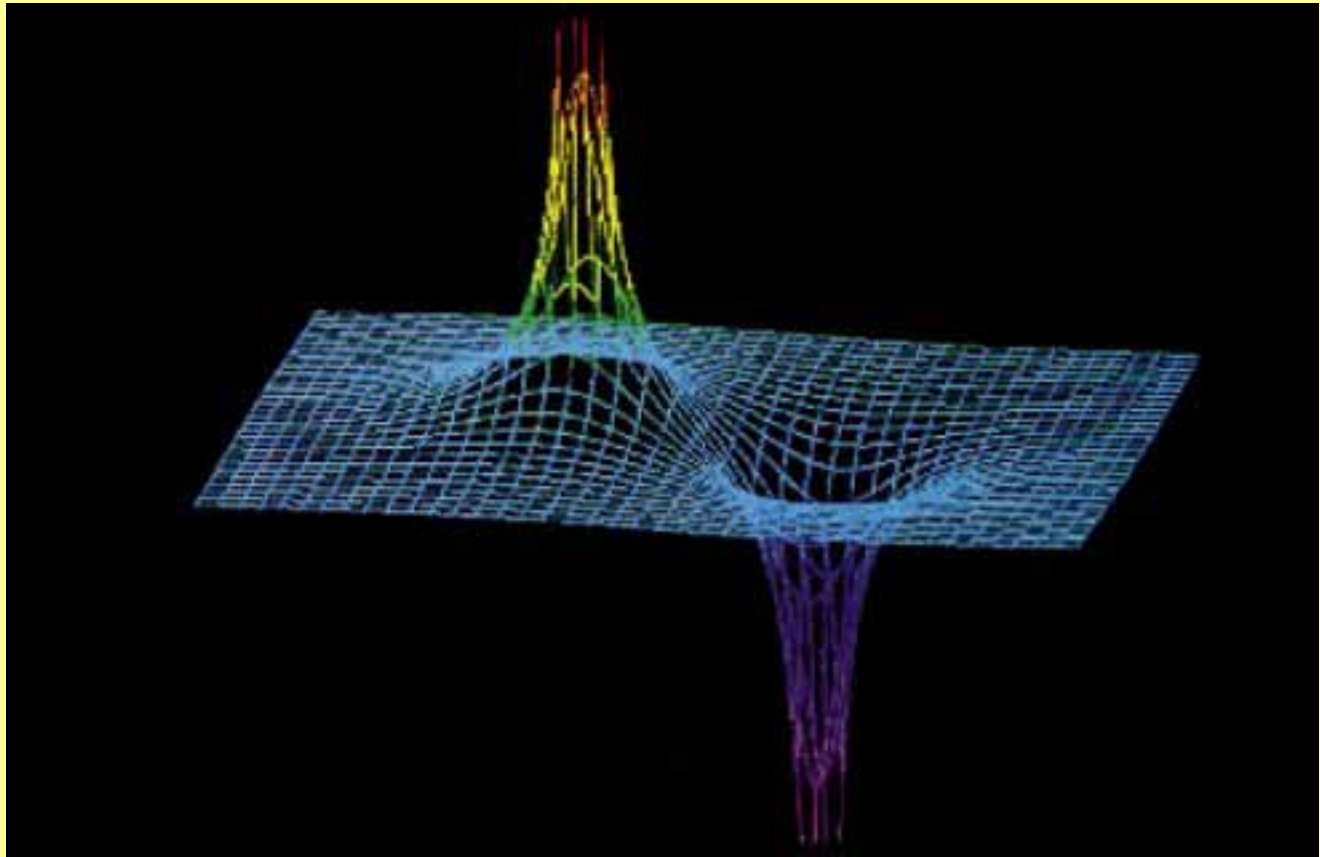
全経路

$$V = - \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

微小な経路

$$\mathbf{E} = -\mathit{grad}V$$

x 方向一方向だけなら $\mathbf{E} = -\frac{dV}{dx} \mathbf{i}$



- 電気容量（電荷、電位と仕事）

容量のポイントI

エネルギーと電位

$$U = Q \cdot V$$

エネルギー仕事の単位 例;

1 eV

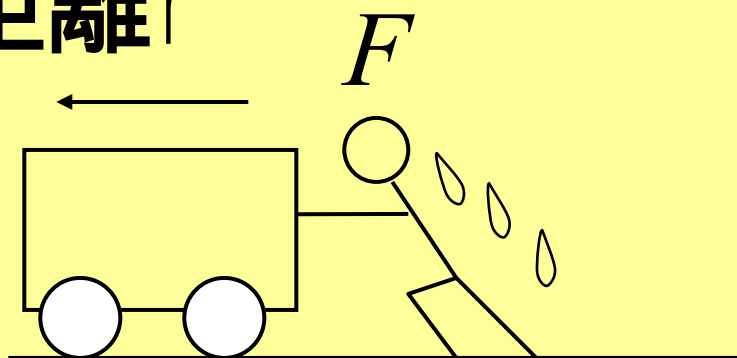
$$U = - \int_{r_0}^r \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$\mathbf{F} = Q \cdot \mathbf{E}$$

$$\phi = - \int_{r_0}^r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

V

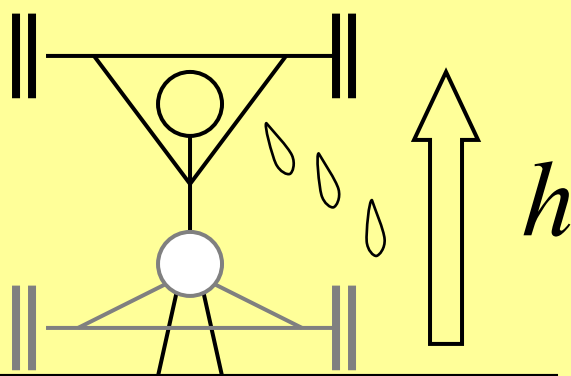
距離 r



$$U = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= Fr$$

仕事をする



$$U = -\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= -(-mgh)$$

$$U = - \int_{r_0}^r \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= - \int_{r_0}^r Q\mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= -Q \int_{r_0}^r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

$$= QV$$

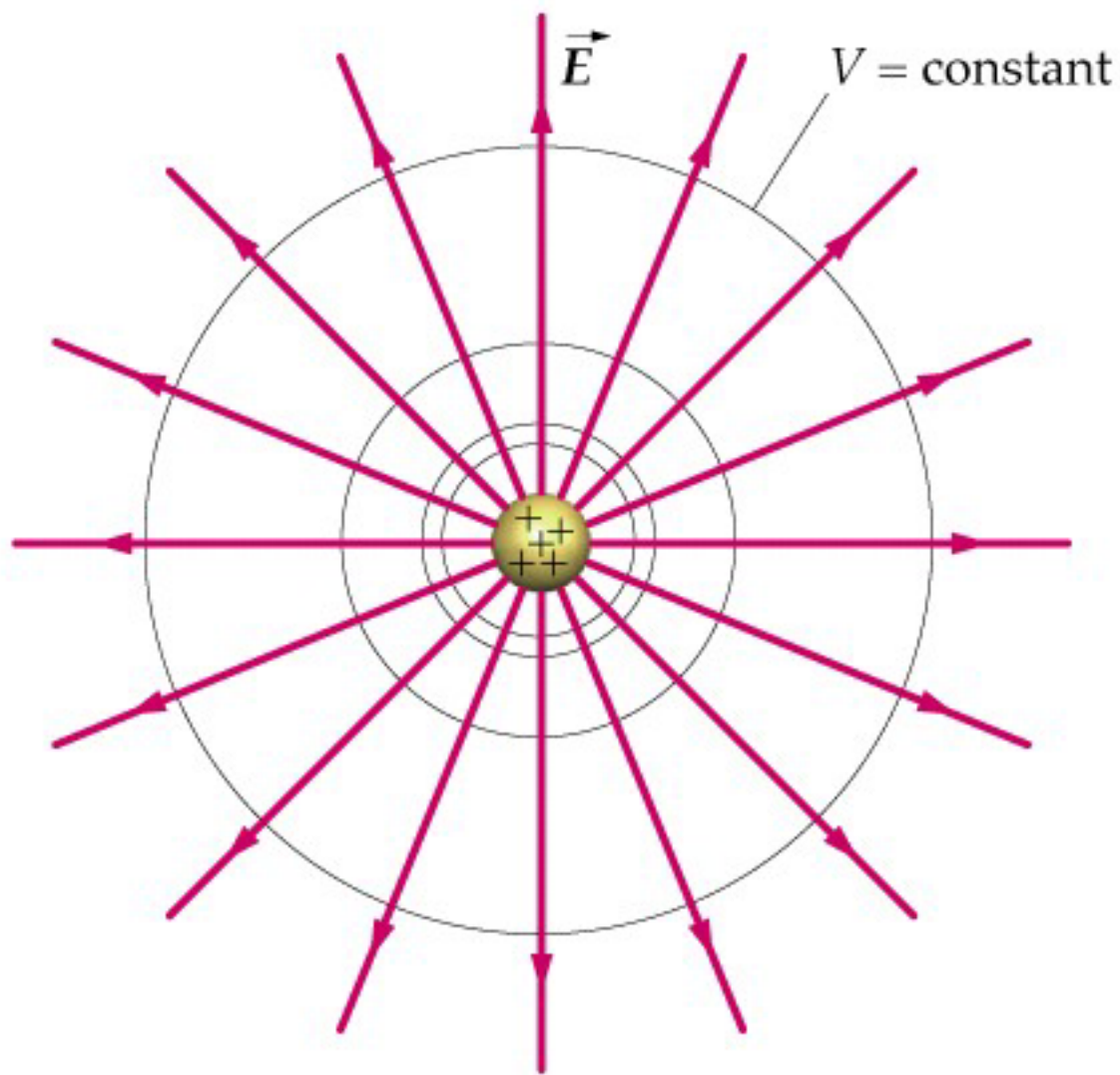
容量のポイントI

エネルギーと電位

$$U = Q \cdot V$$

エネルギー仕事の単位 例;

1 eV

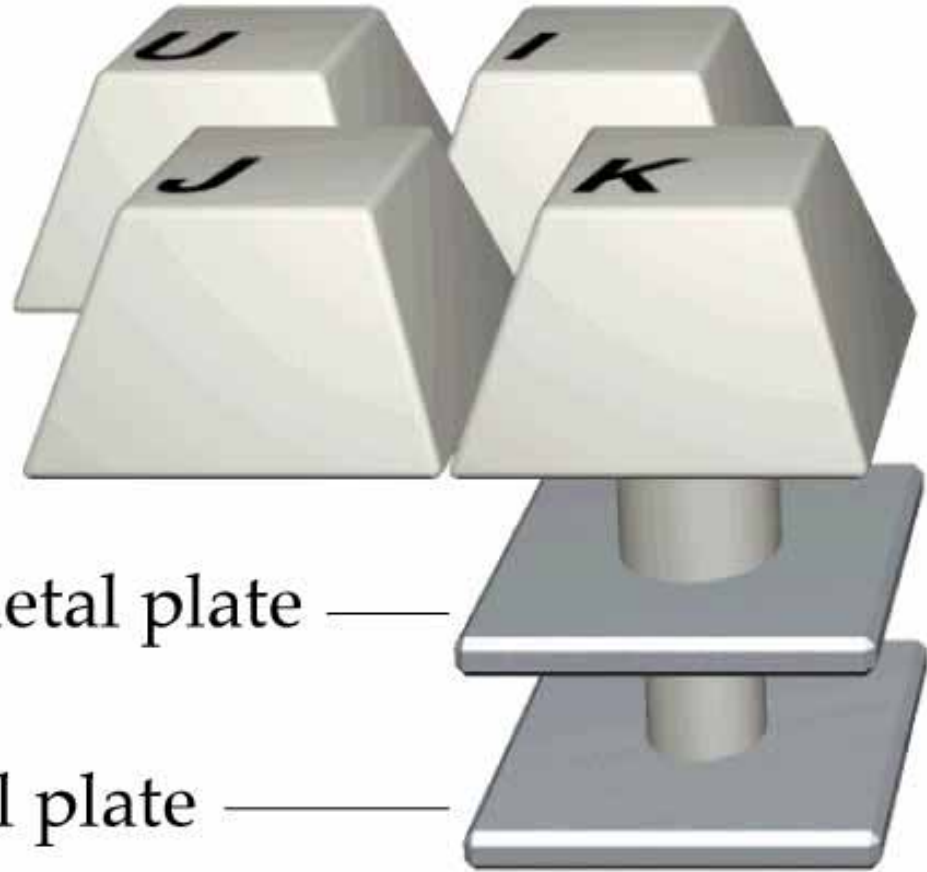


1 eV

1.602 $\times 10^{-19}$ J (=QV)

容量のポイントII

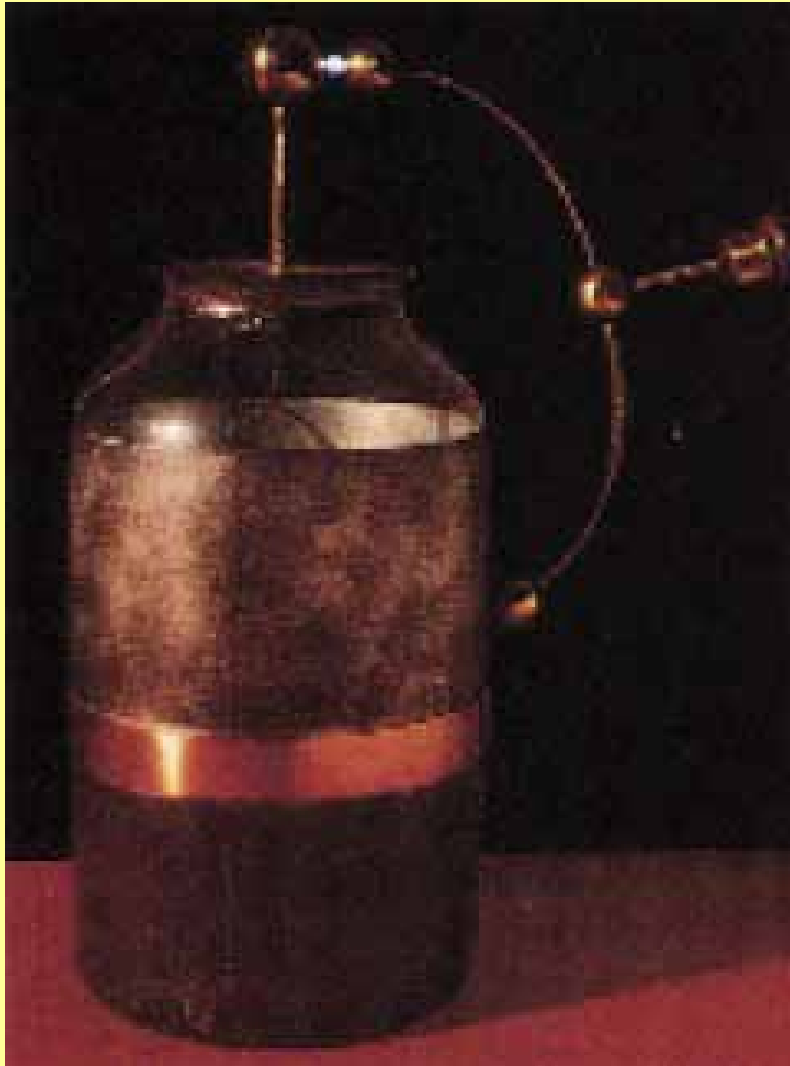
$$Q = C \cdot V$$



Movable metal plate —

Fixed metal plate —

コンデンサの歴史は古い



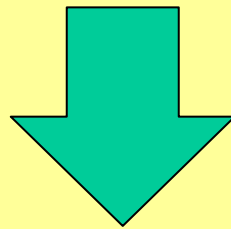
1600年代初頭に鳥を脅すのに使ったらしい。

最近では、電気自動車、電子機器には欠かせない電気・電子部品

容量

$$Q = C \cdot V$$

ある電極に電荷 Q を貯めると電位差が V 生じ比例係数が C である。



電荷 Q を貯めたときに電位差が V 小さい。
= 容量 C が大きい。

容量

$$Q = C \cdot V$$

ある電極に電荷 Q を貯めると電位差が V 生じ比例係数が C である。

電荷 Q を貯めたときに電位差が V 小さい。
= 容量 C が大きい。

電荷 Q を貯めるのに仕事をさほどしないでもよい。
= 容量 C が大きい。

容量

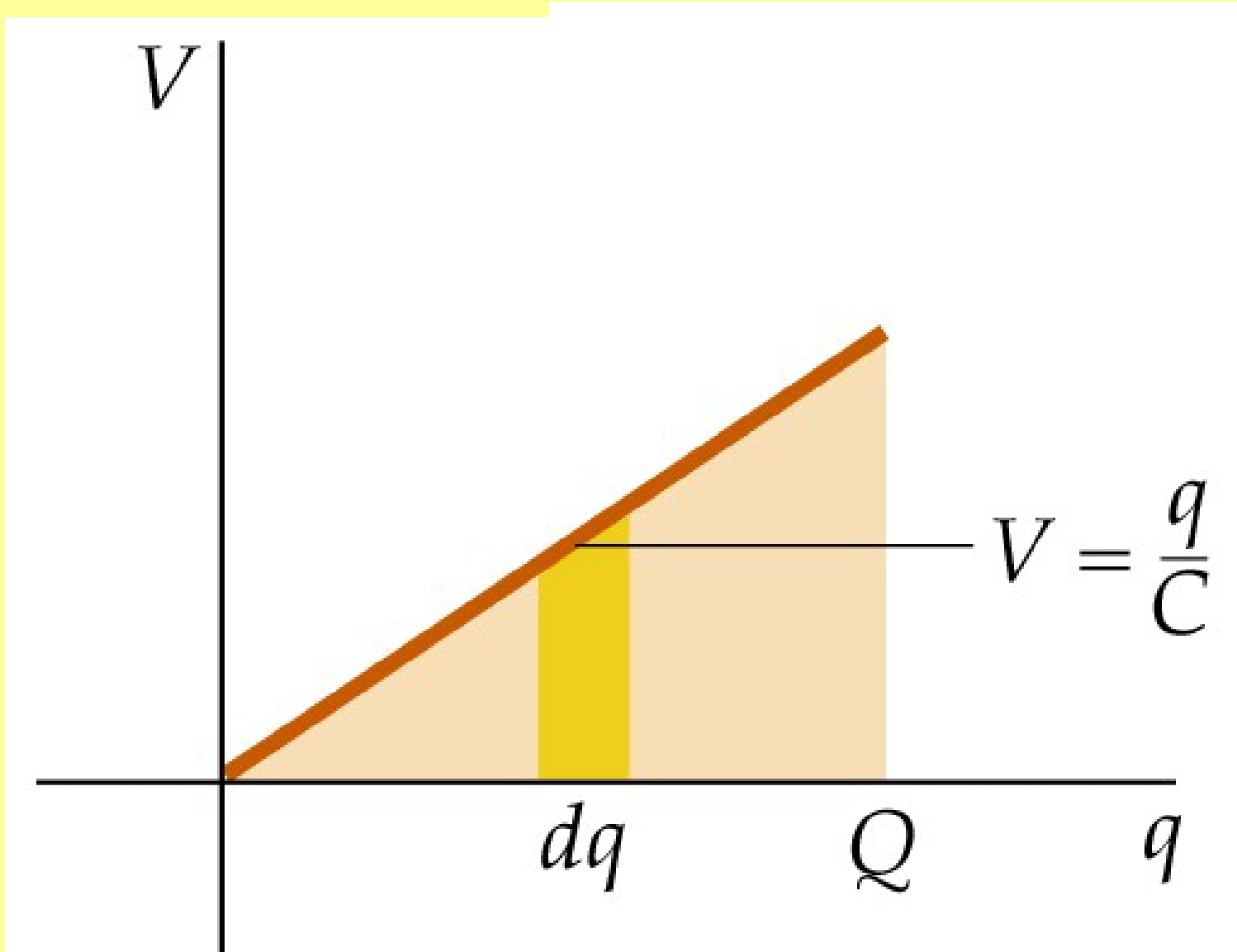
$$Q = C \cdot V$$

$[C]$

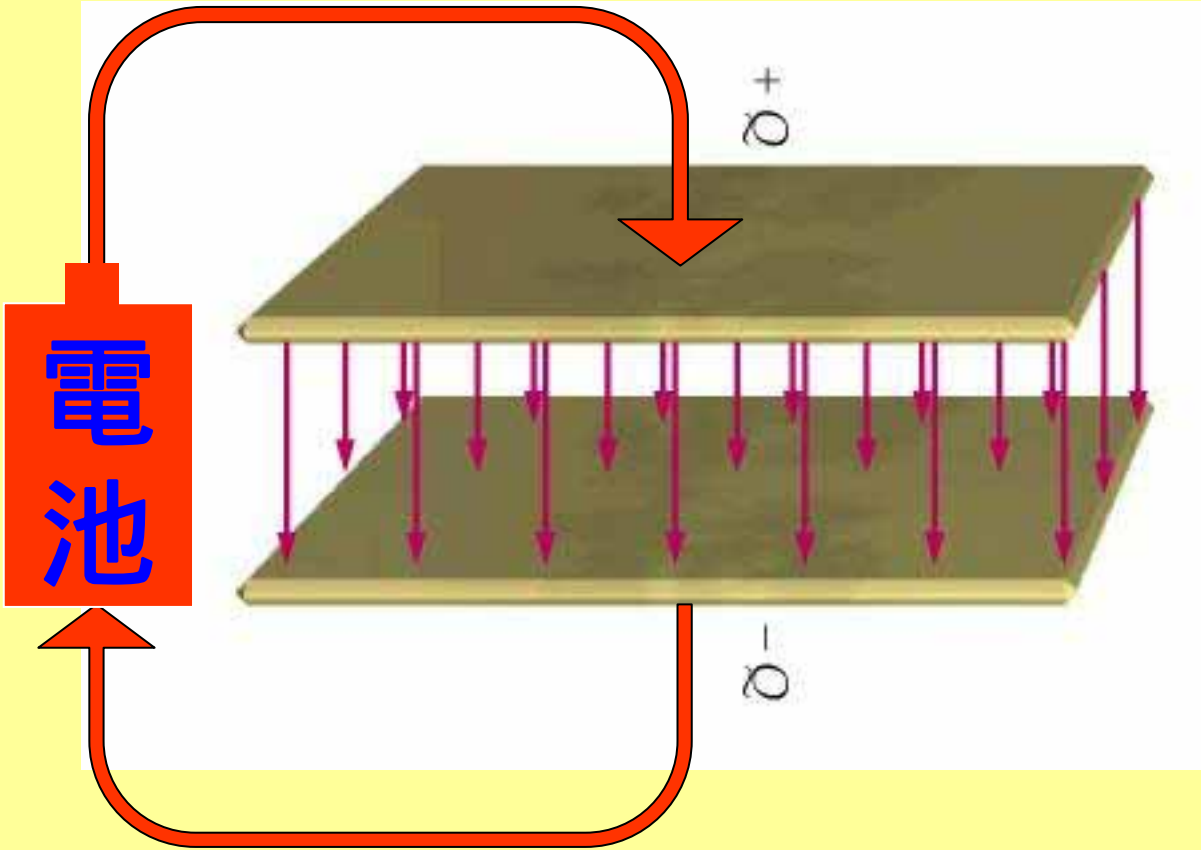
$[F = C/V]$

$[V = J/C]$

$$Q = C \cdot V$$



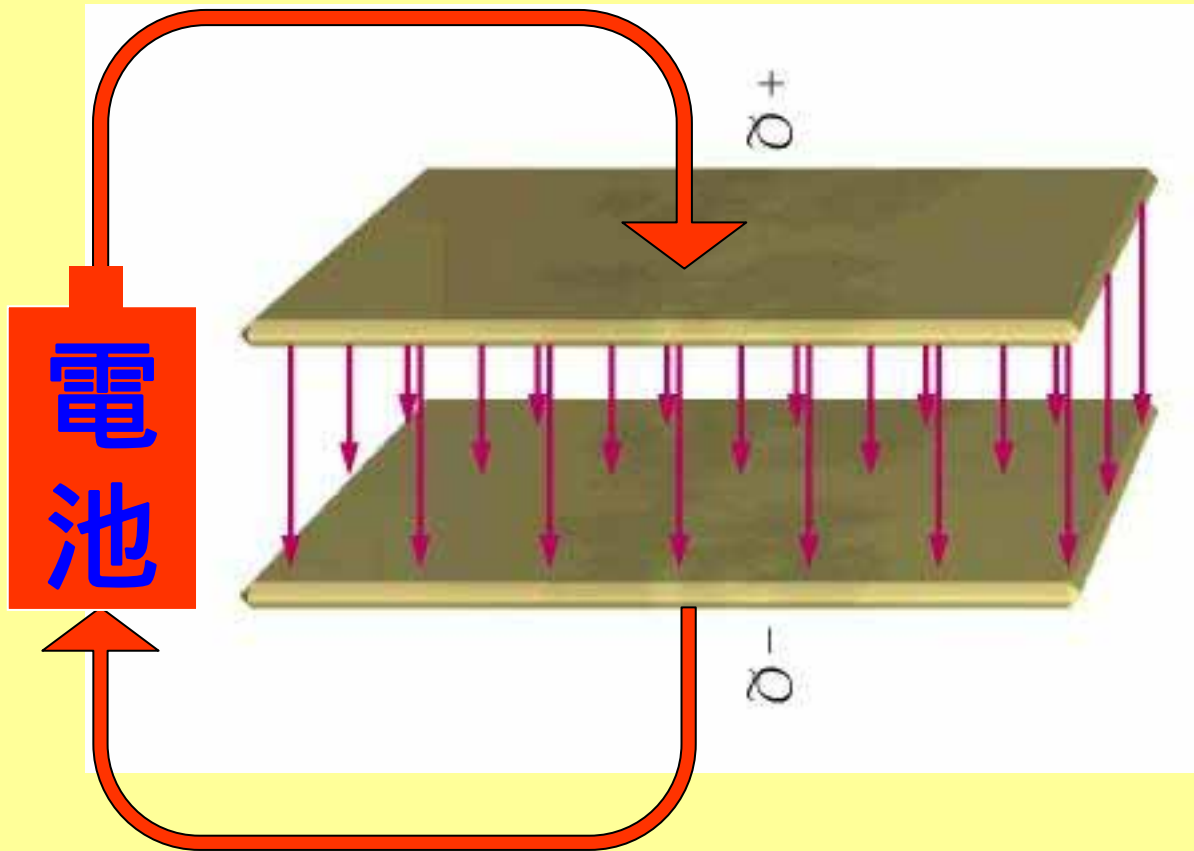
ΔQ



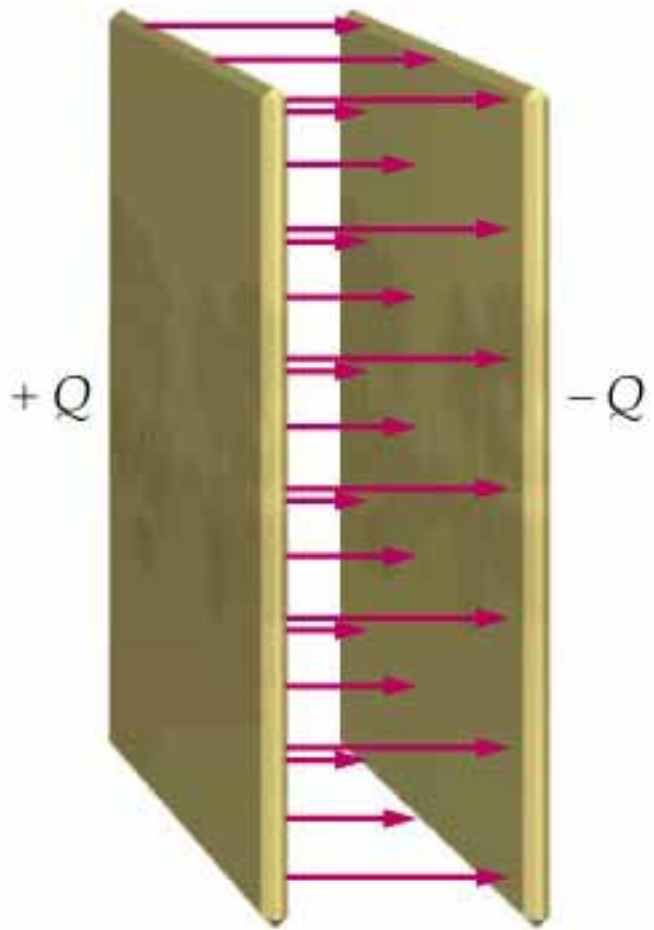
ΔQ

ΔQ

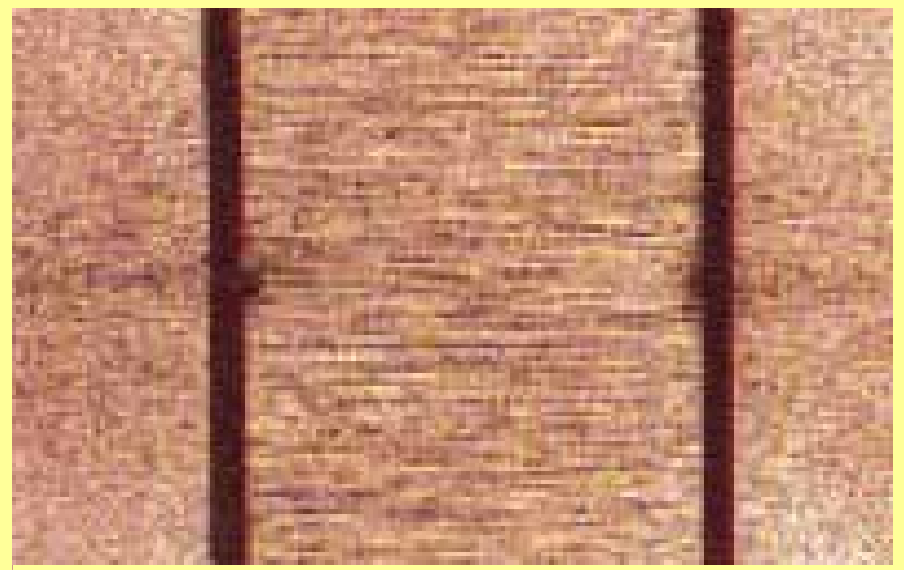
を送ると極板の電位 V が高くなる。



ΔQ

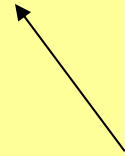


(a)



エネルギー

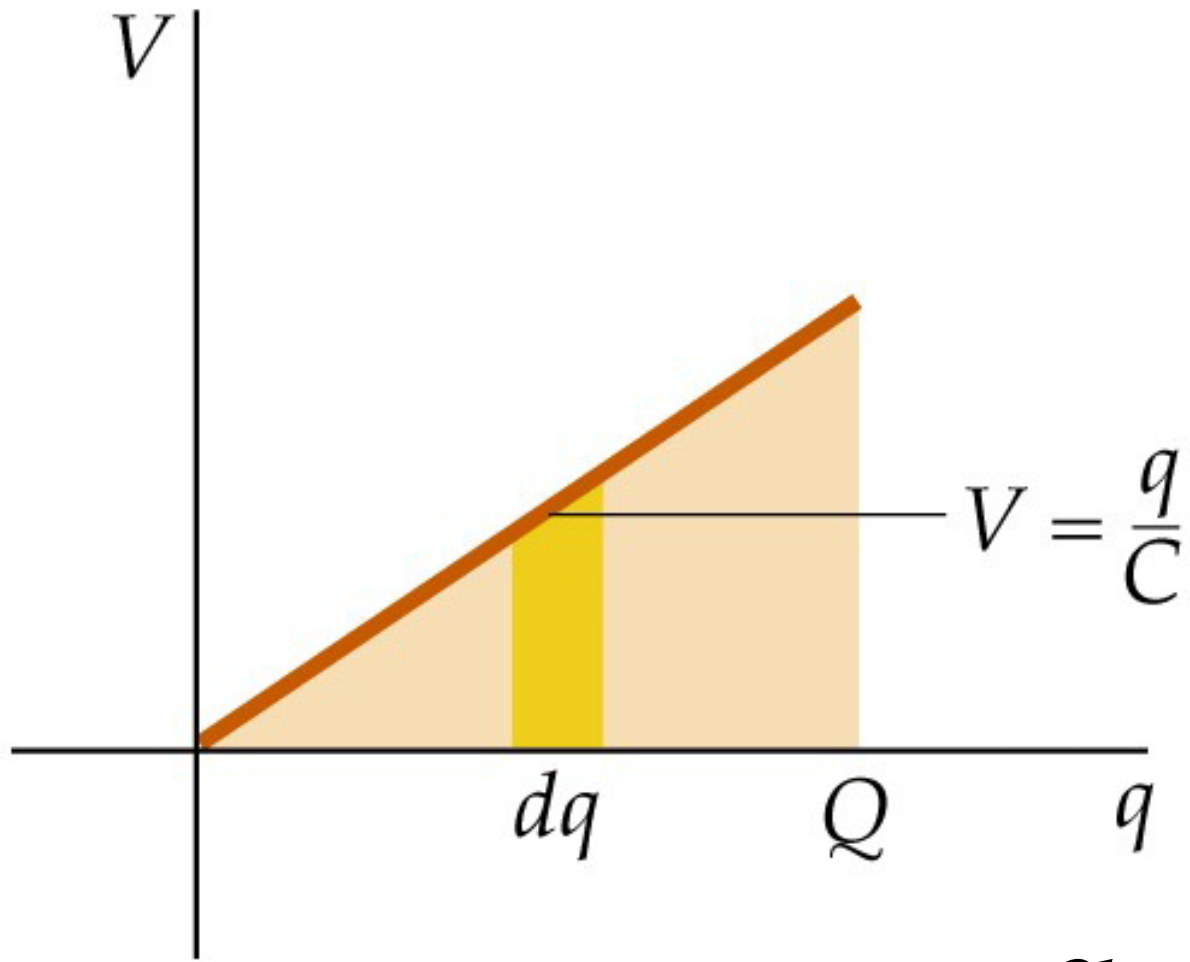
$$U = Q \cdot V$$



[J]

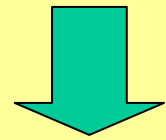
[C]

[J/C]

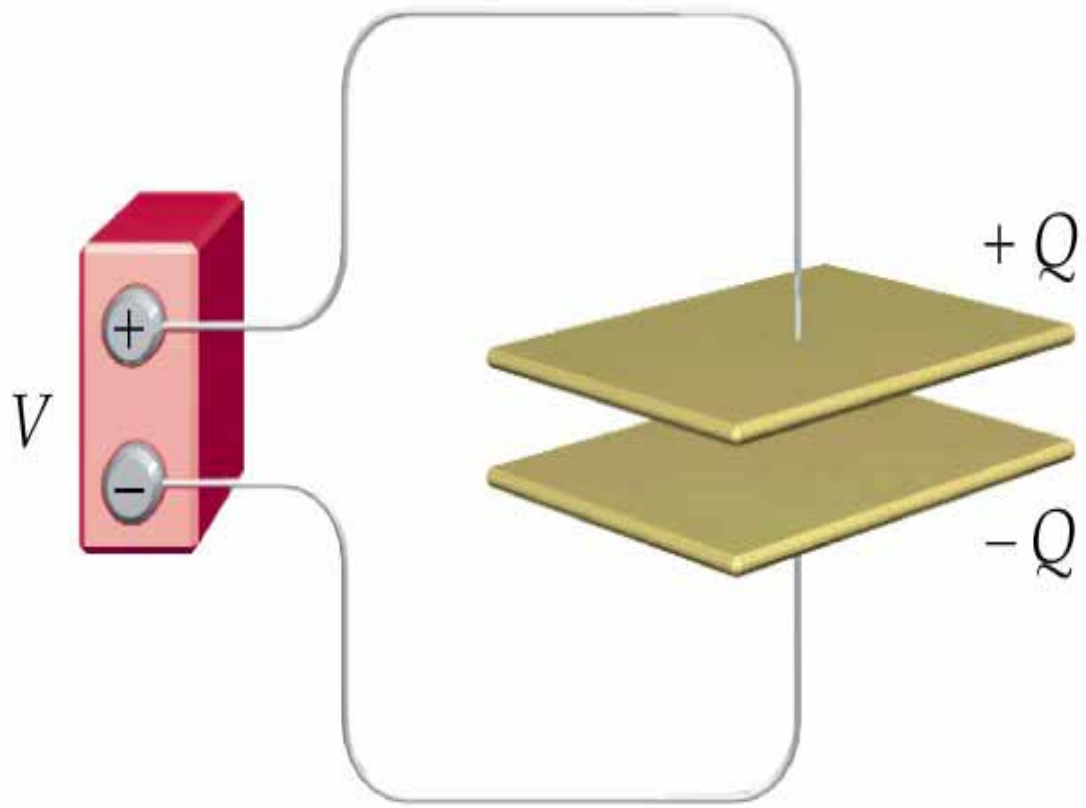


電荷を運ぶこと
にする(なす)仕事

$$dW = V \cdot dq$$

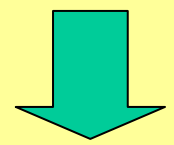


$$dW = \frac{q}{C} \cdot dq$$



$$dW = V \cdot dq$$

$$dW = \frac{q}{C} \cdot dq$$



$$\int dW = \int_0^Q \frac{q}{C} \cdot dq$$

容量にたまるエネルギー

$$\int dW = \int_0^Q \frac{q}{C} \cdot dq$$

$$= \frac{Q^2}{2C} = \frac{QV}{2} = \frac{1}{2} \cdot CV^2$$

おしまい

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r^2}$$



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q'}{r}$$

$$E = \sum \Delta E_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{\Delta Q_i}{r_i^2}$$



$$V = \sum \Delta V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{\Delta Q_i}{r_i}$$