第3講

2024年7月15日　　14:42

$=\int_C |A|\cos\theta\, dl$.

$A(x,y,z)$: $A=(A_x, A_y, A_z)$

$\int_C (A\cdot \hat{l})\, dl = \int_C A\cdot d\boldsymbol{l}$ ($\because \hat{l}\, dl = d\boldsymbol{l}$)

$=\int_C (A_x, A_y, A_z)\cdot(dx, dy, dz)$

$=\int_{C_x} A_x\, dx + \int_{C_y} A_y\, dy + \int_{C_z} A_z\, dz$

(例). $F=(x, y, z^2)$ が作用する点 $P(1,0,1)$ から $Q(0,1,0)$ へ向かう C について

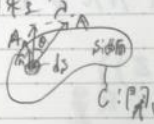
$\int_C F\, dl$ を求めよ。

$\int_C F\, dl = \int_C (x, y, z^2)\cdot(dx, dy, dz)$

$=\int_{C_x} x\, dx + \int_{C_y} y\, dy + \int_{C_z} z^2\, dz$

$=\int_1^0 x\, dx + \int_0^1 y\, dy + \int_1^0 z^2\, dz = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = -\frac{1}{3}$

・面積分



ベクトルAの作用している場において閉曲線Cに囲まれた曲面Sを考える。

C:閉曲線

$\hat{n}$: 曲面S上の微小領域 ds の法線方向の単位ベクトル

曲面Sにおける面積分: $\int_S A\cdot\hat{n}\, ds$

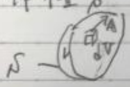
ベクトルAの $\hat{n}$ 方向の成分 A_n を用いて、

$\int_S A\cdot\hat{n}\, ds = \int_S |A|\cdot|\hat{n}|\cos\theta\, ds = \int_S A\cos\theta\, ds = \int_S A_n\, dS$

また、$\hat{n}\, ds = dS$ とすると

$\int_S A\cdot\hat{n}\, ds = \int_S A\, dS$ で表記できる。

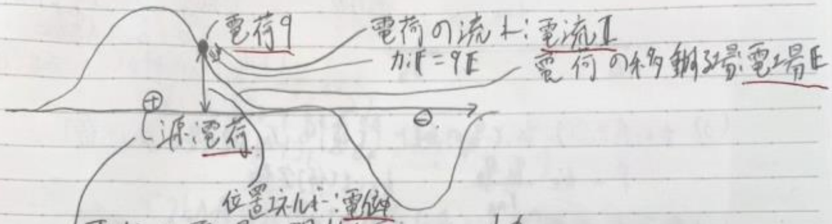
・体積分



ベクトルAが作用している場において閉曲面Sによって包まれた領域Vを考える。

領域Vにおける体積分は、微小領域dVがAから受ける作用の総和: $\int_V A\, dV$

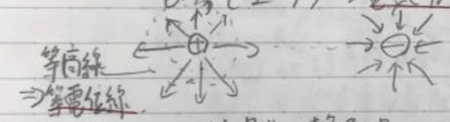
・電荷,電場,電位,電流について.



電位と電場の関係:$E = -\mathrm{grad}\,\phi$

電荷が空間に存在 ⇒ 電気的な場ができる.

- スカラー量:電荷q,電位φ
- ベクトル量:電場E,電流I
- 電場を上から ⇒ 電気力線



2.クーロンの法則と静電場

・静止している電荷とそれが作る静電場についてまなぶ

↳時間的に変化しない.

2.1 電荷 → 電気現象の源

・物体のもつ電荷は微視的には原子がもつ電荷の集まり

原子 { 正電荷の原子核 { 正電荷の陽子 / 無電荷の中性子
　　　負電荷の電子

これら素粒子のもつ電荷の絶対値は全て電子の電荷の絶対値 $e = 1.60 \times 10^{-19}$ に等しい.

・物体のもつ電荷は電子が移動して過不足が生じたことに起因.

符号を考慮した電荷の総和は常に一定である.

↳電荷の保存則

2.2 クーロン力(電気力)

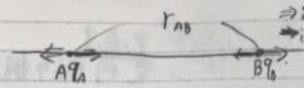
・電気現象の源 → 電荷　電荷間に働く力 → 電気力

・正or負電荷同士では斥力,正負電荷間では引力

No.

Date

・クーロンの法則



(1) 電気力は点電荷を結ぶ直線ABに沿って働く

(2) q_Aとq_Bに働く力は大きさは等しく向きは逆

(3) 力の大きさはq_Aとq_Bの積に比例し、r_{AB}の2乗に反比例

$$F = k_e \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$ k_e:比例定数

(4) 電荷が正電荷ならば正、負電荷ならば負の符号と約束し、Fが正ならば斥力、負ならば引力と約束する。

・この法則に従う電気間の力をクーロン力という。

※単位について

例)「水を200のんだ」→?

↳200ml ⇒ 理解

・単位は数値に意味を持たせるうえで必要

・SI単位系 → MKSA単位系をベース

↳長さ[m], 質量[kg], 時間[s], 電流[A]

☆授業はSI単位系 ⇒ 暗黙の了解として省略

・電荷の単位[C]: 1Cは1Aの電流が1sに運ぶ電荷量

$[C] \equiv [A \cdot s] \rightarrow [A] = [C/s]$

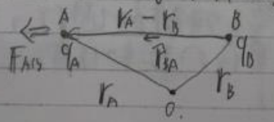
・k_e:(真空中) $k_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

↓ ε_0は真空中の誘電率: $\varepsilon_0 \fallingdotseq 8.854 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$

$\fallingdotseq 9.00 \times 10^9 Nm^2/C^2$

☆ $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$ (クーロン力の大きさ)

・クーロン力はベクトル量(大きさと方向)



q_Bからq_Aに働く力 $\mathbf{F}_{BA}$: $= F\hat{\mathbf{r}}_{BA}$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_A q_B}{|\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B|^2} \cdot \frac{\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B}{|\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B|}$$

$$= \frac{q_A q_B}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B}{|\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B|^3}$$

$\mathbf{r}_A = (x_A, y_A, z_A)$, $\mathbf{r}_B = (x_B, y_B, z_B)$ とすると、

$\mathbf{F}_{BA} = \frac{q_A q_B}{4\pi\varepsilon_0 |\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B|^3}(x_A - x_B, y_A - y_B, z_A - z_B)$ $|\mathbf{r}_A - \mathbf{r}_B| = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}$