静電気学

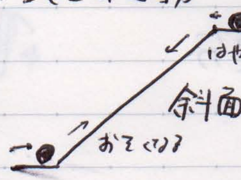
(古典)
力学　　17c　Newton
　　　　　　　(ニュートン)

万有引力の法則

天(宇宙)と地(地球)の法則は違うと思ってた。

- 理想的
- 望遠鏡　ガリレオ ガリレイ
- コペルニクス (太陽中心説)
- 惑星の軌道は円だと思ってた
  → 実はだ円である。
- 地上の運動　・慣性の法則
  思考実験

たいらであれば速度はかわらない　⇐

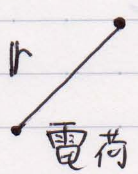


電気　　磁気

19c　電磁気学　Faraday ファラデー
　　　　　　　　Maxwell マックスウェル の法則

電場 ⇄ 磁場
電磁波　　speed

クーロンの法則



$|\mathbf{r}| = r$ とおけば、$\frac{1}{r^2}$ に比例する。

$$\frac{\mathbf{r}}{r} = k\frac{\mathbf{r}}{r^3} = k\,\mathbf{r}\,r^{-3}$$

$\mathrm{div}\, k\frac{\mathbf{r}}{r^3} = 0$　(逆二乗の法則)

原点中心
半径 a } 球面 Σ
球 Ω

Gaussの発散定理

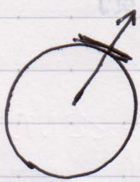
$$\int_\Sigma \frac{\mathbf{r}}{r^3}\,dS = \int_\Omega \overset{0}{\overset{\parallel}{\mathrm{div}\,\frac{\mathbf{r}}{r^3}}}\,dV$$

面積分　　　　体積分

$$\parallel$$

$$0$$

表面積 $4\pi a^2$



$k\frac{1}{a^2}$

$$4\pi a^2 \times \frac{k}{a^2} = k\,4\pi$$

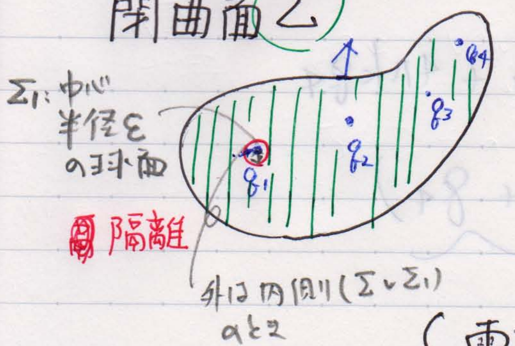
検算するとおかしい。

$\frac{\mathbf{r}}{r^3}$ は球の中心では

定義されていない。

ヘニチクリル

閉曲面 Σ



電場

重ね合わせの原理が成り立つ。

• $\mathbb{E}_1$ $\mathbb{E}_2$ $\mathbb{E}_3$ $\mathbb{E}_4$

(電荷 q_1, q_2, q_3, q_4 が単独であったときに働く力)

だとすると、

$$\mathbb{E} = \mathbb{E}_1 + \mathbb{E}_2 + \mathbb{E}_3 + \mathbb{E}_4$$

面積分

$$\int_\Sigma \mathbb{E} \cdot d\mathbb{S} = \int_\Sigma (\mathbb{E}_1 + \mathbb{E}_2 + \mathbb{E}_3 + \mathbb{E}_4)\, d\mathbb{S}$$

$$= \underline{\int_\Sigma \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S}} + \int_\Sigma \mathbb{E}_2 \cdot d\mathbb{S} + \int_\Sigma \mathbb{E}_3 \cdot d\mathbb{S} + \int_\Sigma \mathbb{E}_4 \cdot d\mathbb{S}$$

$\Sigma \cup \Sigma_1$

$$\int_{\Sigma \cup \Sigma_1} \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} = \int_{\Sigma \cup \Sigma_1} \operatorname{div} \mathbb{E}\, dV = 0$$

面積分　　　　体積分

||

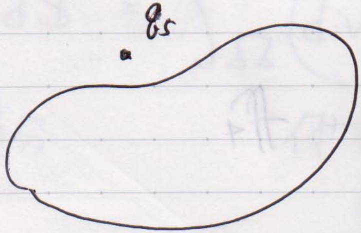
$$\int_\Sigma \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} - \int_{\Sigma_1} \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} = 0$$

$$\int_\Sigma \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} = \int_{\Sigma_1} \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} \qquad 4\pi k q_1$$

$q_1, \dots, q_4$ があったときは

$$4\pi k q_1 + 4\pi k q_2 + 4\pi k q_3 + 4\pi k q_4$$

$$= 4\pi k \underbrace{(q_1 + q_2 + q_3 + q_4)}_{\text{足し算}}$$



外に q_5 があったとき…

q_5 は閉曲線の外にある。

外側に電荷があっても困らない。

Gaussの法則

(物理の法則)

静電気学

円 天 地

球 理想的 コペルニクス（太陽中心説）

ケプラー 楕円

ガリレオ 火星

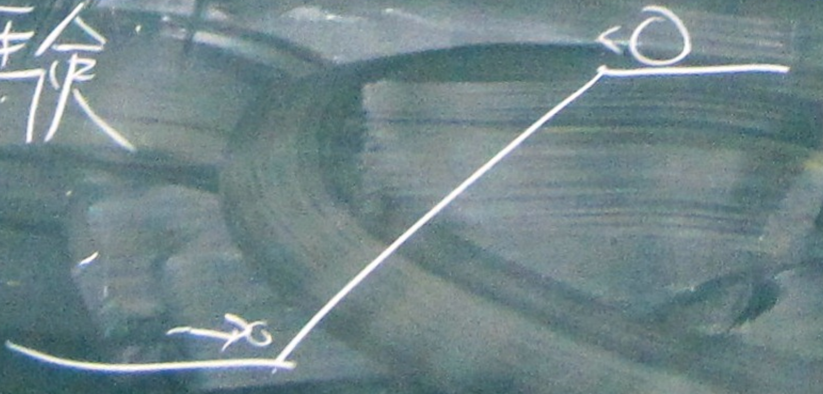
(古典)力学 17C Newton (ニュートン)

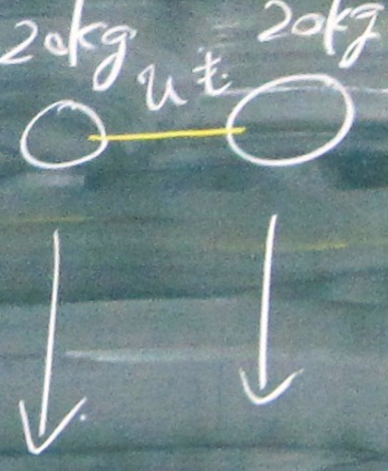
地上の運動

万有引力の法則 慣性の法則

思考実験

斜面





花

電気 磁気

19C 電磁気学

Faraday ファラデー

Maxwell マックスウェル の法則

電場 ⇒ 磁場

⇐

電磁波!

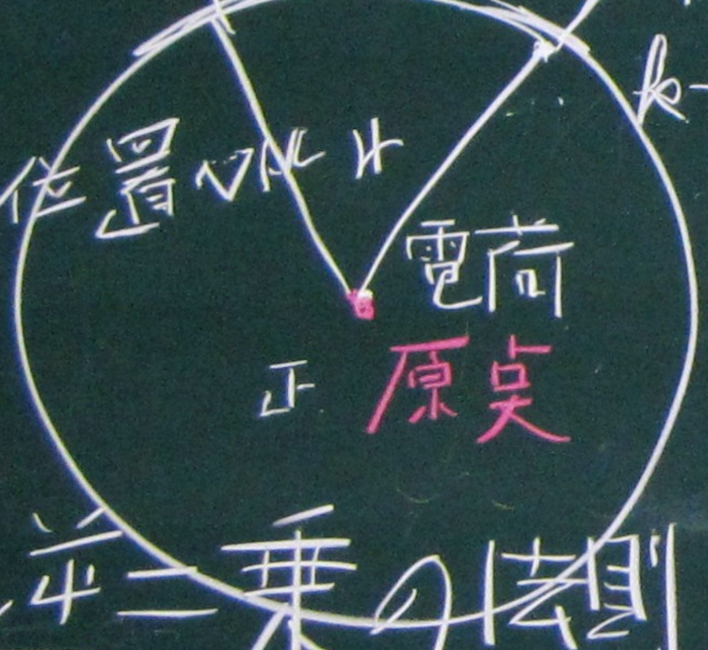
speed

クーロンの法則

表面積 $4\pi a^2$

$\times \frac{k}{a^2}$

$= k\,4\pi$



逆二乗の法則

力

1の単位電荷 電場

$k\frac{1}{a^2}$

div $\mathbf{r} = 3$ $\mathbf{r}$

$|\mathbf{r}| = r$

$k\frac{1}{r^2}\frac{\mathbf{r}}{r} = k\frac{\mathbf{r}}{r^3}$

$= k\,\mathbf{r}\,r^{-3}$

$\mathrm{div}\, k\frac{\mathbf{r}}{r^3} = 0$

検算

原点中心
半径 a } 球面 Σ
球 Ω

Gaussの発散定理

$$\int_\Sigma \frac{\mathbf{r}}{r^3}\, dS = \int_\Omega \mathrm{div}\frac{\mathbf{r}}{r^3}\, dV$$

面積分 体積分

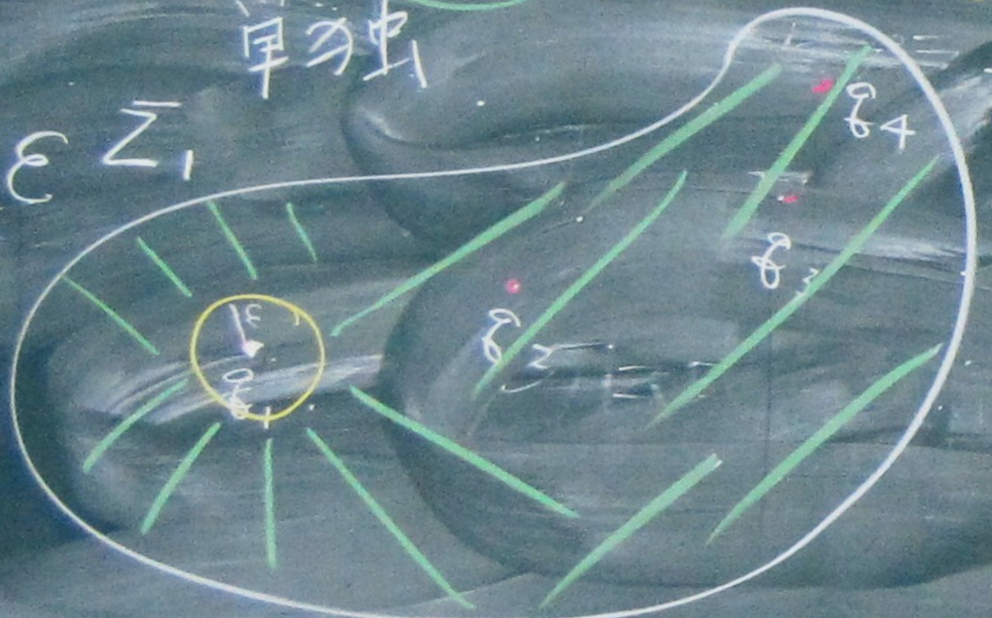
$\mathrm{div}\frac{\mathbf{r}}{r^3} = 0$

ヘンチクリンな

閉曲面 Σ　隔離性

単独

中心
半径 ε Σ_1



重ね合わせの原理

電場

$$\mathbb{E} = \mathbb{E}_1 + \mathbb{E}_2 + \mathbb{E}_3 + \mathbb{E}_4$$

面積分

$$\int_\Sigma \mathbb{E} \cdot d\mathbb{S} = \int_\Sigma \left(\mathbb{E}_1 + \mathbb{E}_2 + \mathbb{E}_3 + \mathbb{E}_4\right) \cdot d\mathbb{S}$$

$$= \int_\Sigma \mathbb{E}_1 \cdot d\mathbb{S} + \int_\Sigma \mathbb{E}_2 \cdot d\mathbb{S} + \int_\Sigma \mathbb{E}_3 \cdot d\mathbb{S} + \int_\Sigma \mathbb{E}_4 \cdot d\mathbb{S}$$

$\Sigma \cup \Sigma_1$

特異点 $\displaystyle\int_{\Sigma\cup\Sigma_1} \mathfrak{f}_1\cdot dS = \int_{\Sigma\cup\Sigma_1} \mathrm{div}\,\mathfrak{f}\ dV = 0$

面積分 体積分

$\parallel$

$$\int_{\Sigma} \mathfrak{f}_1\cdot dS - \int_{\Sigma_1} \mathfrak{f}_1\cdot dS = 0$$

$$\int_{\Sigma} \mathfrak{f}_1\cdot dS = \int_{\Sigma_1} \mathfrak{f}_1\cdot dS$$

$\mathrm{div}\,\mathfrak{f}\ k r^{\alpha}$

$\boxed{\text{Gaussの法則}}$

$\alpha = -3$

-2.1

(物理の法則

$$4\pi k q_1 + 4\pi k q_2 + 4\pi k q_3 + 4\pi k q_4$$

$$= 4\pi k(\underbrace{q_1+q_2+q_3+q_4}_{\text{電荷}})$$