

[第 5 回目] 静電場のガウスの法則

今日の授業の目標

電磁気学の第 1 の基本法則

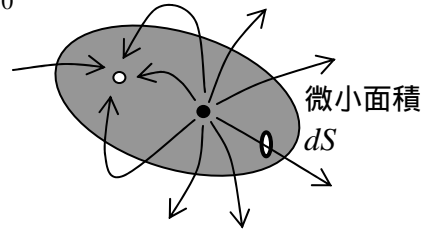
「静電場のガウスの法則」の意味を理解する

- ・電気力線を作図して電場の求める方法 ($ES = N = \frac{Q}{\epsilon_0}$) に, 数学的表現を与える

ある閉曲面 S で囲まれた領域を考える

$$\int_S E_n \cdot dS = \frac{Q_{内部}}{\epsilon_0}$$

(電気力線が入ってくるときは, マイナスの数が出て行ったと考える)



閉曲面 S を通って出ていく電気力線の数 Φ_E

$$= (\text{閉曲面 } S \text{ の内部にある全電荷 } Q_{内部}) / \epsilon_0$$

- ・電荷がない (電荷密度 $\rho = 0$ の) 場所では, 電気力線は増えたり減ったりしない。
- ・電荷がある場所では, 電気力線が湧き出す ($\rho > 0$) か, 吸い込まれる ($\rho < 0$)

次回予定 [第 6 回目] 電流とオームの法則 (教科書 105 ページまで)

レポート問題 第 5 回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

数値で計算する問題は, 答えにも必ず単位をつけること !

問 1 x 軸上で, $x = 0$ に $Q = 1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ の点電荷を固定して置いた。無限遠を電位の基準点とする。座標の長さの単位は [m] とする。

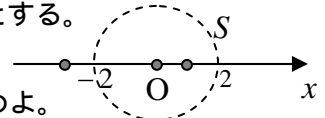
B... A 点 $x = 3.0$ での電位 ϕ_A を求めよ。B 点 $x = 1.0$ での電位 ϕ_B を求めよ。

B... A に $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ の点電荷 (電子) を静かに置いたとき, A から B まで移動する間に点電荷 q が得る運動エネルギー K を求めよ。C... x 軸上での電位 ϕ の変化をグラフに表せ。

B... 問 2 $V = 1.5 \text{ [V]}$ の電圧の乾電池がある。この電池のプラス極にある $Q = 10 \text{ [C]}$ の電荷が, マイナス極まで移動した (電流)。移動する間に電気力が電荷にする仕事 W を数値で求めよ。

B... 問 3 x 軸上の $x = -3 \text{ [m]}$ に $+3.0 \text{ [C]}$, $x = 0 \text{ [m]}$ に -1.0 [C] , $x = 1 \text{ [m]}$ に $+5.0 \text{ [C]}$ の電荷を置いた。原点 O を中心とする半径 $r = 2$ の球面を閉曲面 S とする。

閉曲面 S の中にある全電荷 $Q_{内部}$ を求めよ。



より, 閉曲面 S を通って出て行く電気力線の数 Φ_E を数値で求めよ。

問 4 原点 O を中心とする半径 R の球の内部に, 電荷 Q が一様に分布している (電荷球)。電荷球の中心 O からの距離 r の位置での電場 $E(r)$ を求める。(教科書の問 5.21 を参照)

A... 半径 R の球の体積 V を R で表せ。B... 球の内部の電荷密度 $\rho = Q/V$ を Q, R で表せ。電荷球の外部 ($r > R$) の電場を求める。 O を中心とする半径 r の球面を閉曲面 S にとる。

B... 閉曲面 S の内部にある全電荷 $Q_{内部}$ を Q で表せ。 A... 閉曲面 S の面積を r で表せ。

B... ガウスの法則を用いて, $r > R$ のとき電場の強さが $E(r) = k \cdot Q / r^2$ となることを示せ。

電荷球の内部 ($r < R$) の電場を求める。 O を中心とする半径 r の球面を閉曲面 S' とする。

C... 閉曲面 S' の内部にある全電荷 $Q'_{内部} = \rho V'$ を Q, R, r で表せ。 V' は半径 r の球の体積。

C... ガウスの法則を用いて, $r < R$ のとき電場の強さが $E(r) = k \cdot Q \cdot r / R^3$ となることを示せ。

電荷球の内部と外部にできる電場 $E(r)$ は, , の式のように変化する。

B... $Q = 1.0 \times 10^{-9} \text{ [C]}$, $R = 3.0 \text{ [m]}$ の電荷球の場合に, (外部) と (内部) の結果を用い, 横軸が距離 r , 縦軸が電場の強さ E のグラフを書け。

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること！

問1 $\phi_A =$ [], $\phi_B =$ []

$K =$ []

問2 $W =$ []

問3 $Q_{内部} =$ []

$$\phi_E = \frac{Q_{内部}}{\epsilon_0} =$$

[V·m]

問4

$V =$ $\rho =$ $Q_{内部} =$ 面積 $S =$

(計算)

$$E(r) =$$

全電荷 $Q' =$

(計算)

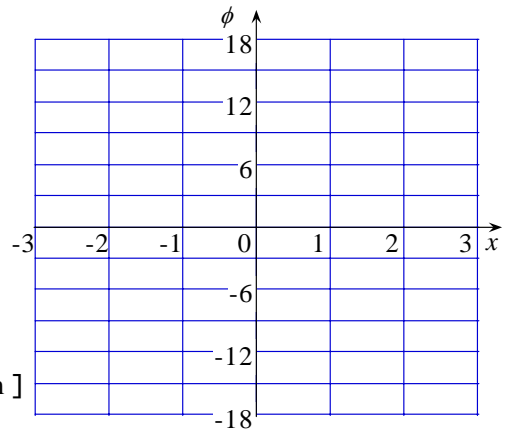
$$E(r) =$$

$r < 3$ のとき

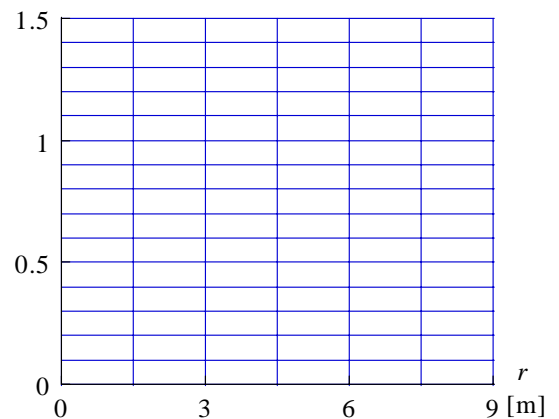
$$E(r) =$$

$r > 3$ のとき

$$E(r) =$$



E [N/C]



このレポートをやるのに _____ 時間 _____ 分,

それ以外に基礎物理 の予習復習を _____ 時間 _____ 分した。