

物理学 F 自習問題

問題 1 次の物理量の単位を kg, s, m, A の組合せで表せ。

1. 電荷
2. 電流
3. 電圧
4. 電気抵抗
5. 磁場 ($\vec{H}$)
6. 磁荷
7. 磁束密度
8. 磁束

問題 2 無限に長い直線の棒に、単位長さあたり λ の電荷が一様に帯電している。この電荷が作る電場を求めよ。

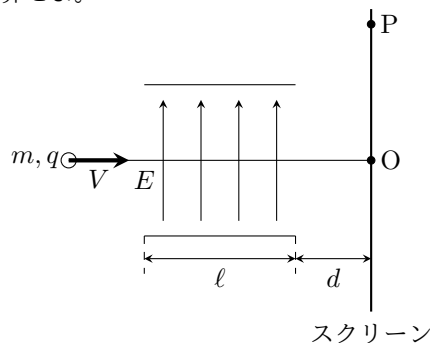
問題 3 無限に広い平面に、単位面積あたり ρ の電荷が一様に帯電している場合の、この電荷が作る電場を求めよ。

問題 4 半径 R の球の表面に総量 $Q > 0$ の電荷が一様に分布している。この球体の中心からの距離を r とすると、球の表面に分布している電荷が作る電場の強さ E は r の関数として表される。この E を表す式を求め、縦軸に E 、横軸に r をとったグラフを描け。

問題 5 半径 R の球体内部に総量 $Q > 0$ の電荷が一様に分布している。この球体の中心からの距離を r とすると、球体に分布している電荷が作る電場の強さ E は r の関数として表される。この E を表す式を求め、縦軸に E 、横軸に r をとったグラフを描け。

問題 6 $3\mu\text{C}$ の電荷を点 A から点 B まで動かした。点 A よりも点 B の電位が 5V 高いとすると、この電荷の移動に必要な仕事は何 J であったか？

問題 7 図のように、点 A を速度 $V = 100 \text{ m/s}$ で O に向かって通過した質量 $m = 8 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 、電荷 $q = 8 \times 10^{-19} \text{ C}$ の粒子が図のスクリーン上の点 P に当たった。ただし、一様な強さ $E = 5 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ の電場が図の幅 $\ell = 20 \text{ cm}$ の領域にのみ存在しているとする。また、 $d = 30 \text{ cm}$ であるとする。OP 間の距離を計算せよ。



問題 8 半径 a の無限に長い円柱の表面を、一様な密度で電流 I が流れている。円柱の中心軸からの距離が r の点に生じる磁束密度の大きさと方向を答えよ。

問題 9 半径 a の無限に長い円柱の内部を、一様な密度で電流 I が流れている。円柱の中心軸からの距離が r の点に生じる磁束密度の大きさと方向を答えよ。

問題 10 半径 a の円形の導線に電流 I が流れている時、この円形電流の中心軸上で円形電流からの距離が z の位置に生じる磁束密度を求めよ。

問題 11 単位長さあたりの巻数が n の無限に長い半径 a のソレノイドを考える。このソレノイドの導線に電流 I が流れている場合に、(a) ソレノイドの中心軸上、(b) ソレノイド内部の中心軸以外の部分、(c) ソレノイド外部での磁束密度がどうなるかを答えよ。

問題 12 静電容量 C 、面積 S の並行平板コンデンサーの両極に、 $V = V_0 \sin \omega t$ という交流電圧をかける。

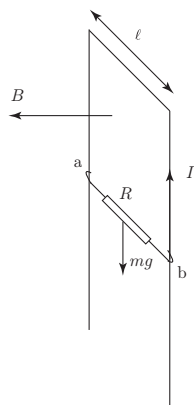
- 時刻 t において極板間に生じる電場を求めよ。
- 極板間の変位電流密度を求めよ。
- 極板が半径 a の円板であるとして、極板間で円板の中心同士を結ぶ線から r だけ離れた点における磁束密度の大きさを求めよ。

問題 13 x 軸上を、一定の速さ v で x 軸の正の方向に運動する点電荷 q がある。この点電荷のまわりに生じる変位電流密度を求めよ。

問題 14 以下の空欄を埋めよ。

図のような、幅 ℓ で抵抗を無視できる導線でできた枠に、質量 m 、抵抗 R の導線 ab を水平にかけて閉回路をつくる。この閉回路に垂直に一様な大きさ B の磁束密度があるときに、導線 ab を自由落下させる状況を考えよう。ある時刻 t において、抵抗 ab の落下速度が v 、枠の上端から抵抗までの距離が L になったとする。この瞬間に、閉回路で囲まれる長方形部分の面積 S は $S = \ell L$ であり、回路を貫いている磁束 $\Phi(t)$ は $\Phi(t) =$ (a) となる。ゆえに、時刻 t における磁束 Φ の変化は、速度 v を用いて $\frac{d\Phi}{dt} =$ (b) となる。ゆえに、電磁誘導の法則により、回路内に発生する起電力の大きさ V は、 B, ℓ, v を用いて、 $V =$ (c) のようになり、回路を流れる電流は $I = \frac{V}{R}$ で求められる。

強さ I の電流の流れる長さ ℓ の導線 ab に磁場がおよぼす力の強さは、 I と ℓ と B を用いて $F =$ (d) のように求まる。速度 v がある大きさになると、この力と重力がつりあうようになり、つりあった瞬間にこの抵抗には加速度が生じなくなる。これまでの結果を用いると、この加速度が生じなくなる速度の大きさ v_{∞} は、 m , g (重力加速度), R , B , ℓ を用いて $v_{\infty} =$ (e) と表せる。



問題 15 図のように、長いまっすぐな導線 PQ と、正方形の回路 ABCD があり、P から Q に向かって一定の電流が流れている。辺 AD と導線 PQ は常に平行であり、ABCD は一定の速度で PQ から遠ざかっているとす。このとき、回路 ABCD には誘導電流が流れる。この誘導電流はどのような向きに流れるか？ また、この誘導電流は導線 PQ を流れる電流から力を受けるが、回路 ABCD 全体はどのような向きの力を受けるかを簡単に議論せよ。

