

受験番号:

氏名:

総合研究大学院大学 先端学術院先端学術専攻 宇宙科学コース
入学選抜試験 問題
(物理)

問1.

角度 β の斜面に質量 m 、半径 a の円筒をその中心軸が水平になるように置き、静かに手を離した。斜面下向きに x 軸をとり、円筒の運動を考える。次の問に答えよ。ただし、重力加速度を g とする。

(1)-①

円筒が斜面を転がらずにすべり落ちる場合、円筒の重心に対する x 方向の運動方程式を書き、 t 秒後の円筒の重心の速度と移動距離を求めよ。

(1)-②

円筒が斜面をすべらずに転がり落ちる場合、円筒の回転角を θ 、円筒の中心軸まわりの慣性モーメントを I 、斜面と円筒側面の摩擦力を F として、円筒の重心のまわりの回転運動を表す方程式を書け。※ 解く必要はない。

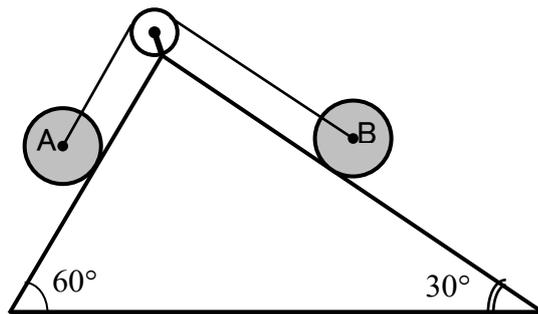
(1)-③

円筒がすべり落ちる場合と転がり落ちる場合とでは、どちらの方が重心の速度が遅いか。理由を付して答えよ。

受験番号:

氏名:

図のように、角度 60° 、 30° の斜面上に同じ円筒 A、B をおき、それぞれの円筒の中心軸を糸で結んだ。円筒は斜面上をすべらずに自由に回転することができ、糸は斜面頂上で摩擦のない軽い滑車により支えられている。次の問に答えよ。ただし、円筒の慣性モーメントは $\frac{1}{2}ma^2$ とし、斜面頂上の滑車の慣性モーメントは無視してよい。



(2)-①

円筒は左右どちらに動き出すか。また、そのときの加速度は重力加速度の何倍になるか、求めよ。

(2)-②

糸の張力は一つの円筒に働く重力の何倍になるか、求めよ。

(※この用紙は回収します。)

受験番号: _____ 氏名: _____

問2.

(1) -①

半径 r 、巻き数 N 、抵抗 R の円形コイルの中心軸上に中心からの距離 r_1 の点 P_1 から距離 r_2 の点 P_2 まで、点磁荷 m を近づける間に、コイルを流れる全電荷量を求める。次の空欄を埋めよ。但し、点磁荷 m が周囲の閉曲面 S につくる磁場について、次の式で表されるガウスの定理が成り立つことを使ってよい。なお、コイル面をつらぬく磁束が ϕ のとき、巻き数 N の鎖交磁束 Φ は、 $\Phi = N\phi$ で与えられる。

※ 磁石は通常 N 極と S 極が対をなして存在するが、ここでは十分に長い磁石を考え近似的に分離された一方の極の磁荷が存在するものとし、これを点磁荷と呼ぶ。

$$\oint_S H_v \cdot dS = \frac{m}{\mu_0} \quad (H_v \text{は} dS \text{面における法線} v \text{方向の成分、} \mu_0 \text{は真空中の透磁率})$$

軸上の任意の点を P とし、 P_1, P, P_2 からコイルの半径を見込む角を $\theta_1, \theta, \theta_2$ とする。 P からコイルを見込む立体角は $\Omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$ であるから、 P に磁荷 m があるときコイルを貫く磁束 ϕ は

$$\phi = \boxed{\text{(a)}}$$

よって巻き数 N のコイルを貫く鎖交磁束 Φ は

$$\Phi = \boxed{\text{(b)}}$$

磁荷 m を近づけると θ が変化するが、そのための起電力 V は

$$V = -\frac{d\Phi}{dt} = \boxed{\text{(c)}}$$

生じる電流 I は

$$I = \frac{V}{R} = \boxed{\text{(d)}}$$

流れる電荷 Q は

$$Q = \boxed{\text{(e)}}$$

となる

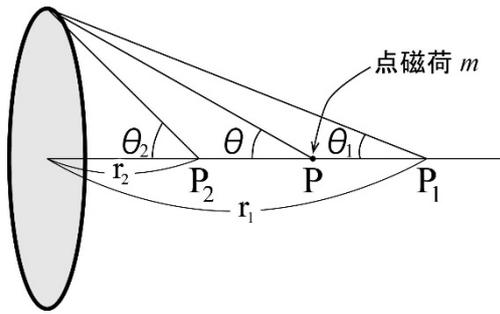


図 2-1 コイルと各点の位置関係

(1) -②

巻き数 N 、全抵抗 R のコイルを貫く磁束が ϕ_1 から ϕ_2 に変化した時、コイルに流れる電気量は $N|\phi_2 - \phi_1|/R$ であることを示せ

(※この用紙は回収します。)

受験番号: _____ 氏名: _____

(1) -③

コイルと抵抗 R とを直列にもつ回路があり、コイルの近くに小磁石を置いたところ、コイルを貫く鎖交磁束は Φ_0 であった。この磁石を十分遠方に遠ざけるとその間にどれだけの電気量が回路に流れるかを考える。次の空欄を埋めよ。

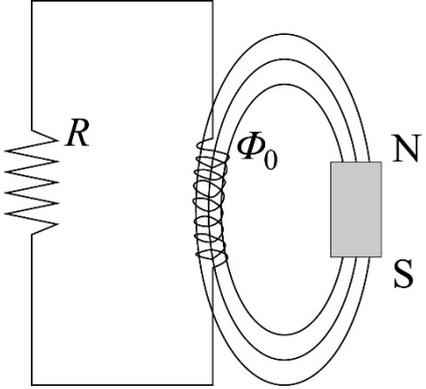


図 2-2 磁石がつくる磁束とコイル

小磁石を動かしている途中の鎖交磁束を Φ とすると、起電力 V_1 は

$V_1 =$

電流 I は

$I =$

小磁石を $\Phi = 0$ になるほど十分遠くに移動するまでの電気量 Q は電流 I を積分して

$Q =$

となる。

(2) -①

面積 S 、厚さ d 、誘電率 ϵ の誘電板の両側に同じ面積の導体板を接した平行コンデンサがある。極板を垂直に引き離すのに必要な力を、電圧 V が一定のときと電荷 Q が一定のときについて求めよ。但し、引き離しによりできた空間の誘電率は真空の誘電率に等しいとする。なお、コンデンサの電圧 V が一定のときの静電エネルギー U は $CV^2/2$ で与えられる。

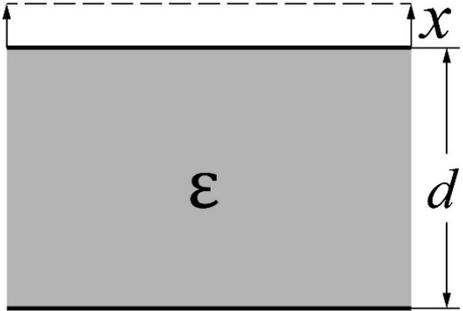


図 2-3 平行板コンデンサ

(2) -②

間隔 d の平行板コンデンサに一定電圧 V が与えられている。極板と同じ面積の厚さ t 、誘電率 ϵ の誘電体板を極板間に平行に入れておくと、入れないときに比べて両極板間の吸引力は何倍になるか

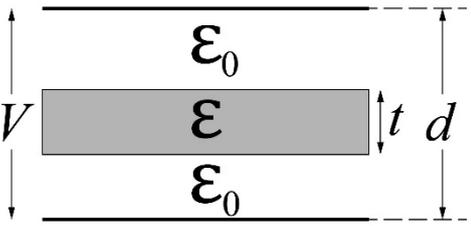


図 2-4 平行板コンデンサと電圧 V

(※この用紙は回収します。)

受験番号:

氏名:

(2)-③

面積 S 、間隔 d の平行板コンデンサに電荷 $\pm Q$ が与えられている。両極間にちょうど入る長さの断面積 S' 、誘電率 ϵ の誘電体柱を入れるとき、極板間に作用する力を求めよ。

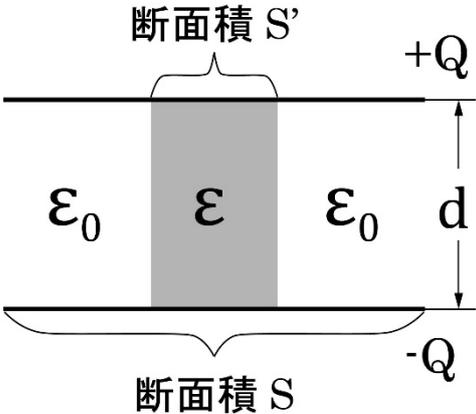


図 2-5 平行板コンデンサと電荷 Q