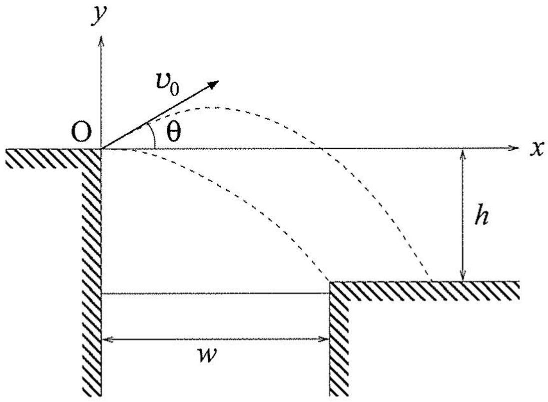
２０２２年度（令和４年度）　編入学者・転入学者選抜学力試験［問題］
ー 物　　理 ー

1. 図の様に幅 w の川に面した崖の上の点Oから対岸に向かって質量 m の小球を投射する。対岸の高さは点Oより h だけ低い。重力加速度の大きさを g として以下の設問に答えよ。



(1) 投射点Oを原点として水平方向の変位を x，鉛直上向きの変位を y とする。小球の水平方向および鉛直方向の運動方程式を記せ。

(2) 小球を点Oから水平方向に投射するとき，小球が対岸に到達するような初速度の大きさの最小値 v_0 を求めよ。

(3) 初速度の大きさを上問で得られた v_0 として，投射する角度を変化させる。水平から上方へ角度 θ の向きに投射するとして，小球が対岸に到達するような $\tan\theta$ の値の範囲を求めよ。

2. ばね定数 k，自然の長さ L の軽いばねでつながれた質量 m の二つの小球A, Bが，なめらかで水平な直線レール上を運動する。レールに沿って x 軸をとり，小球Aの位置を $x_A = x$，小球Bの位置を $x_B = x + L + r$ （r はばねの伸び）として以下の設問に答えよ。

(1) 小球A, B全体の重心の位置を x, r, L を用いて表せ。

(2) ばねの伸び r の時間変化は単振動となる。この単振動の角振動数 ω を求めよ。

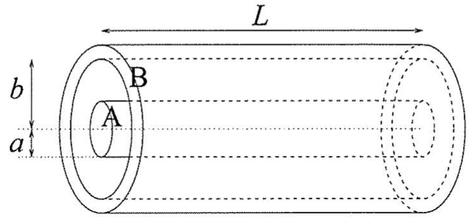
(3) 小球A, Bがそれぞれ $x_A = 0$, $x_B = L$ $(x = 0,\ r = 0)$ の位置に静止している状態で，小球Aに大きさ F の力を x の正の向きに微小時間 Δt の間加えた。力を加えている間の小球の変位は無視できるとして，力を加え終えた直後の小球Aの速度 v_0 を求めよ。

以下の設問の解答には v_0, ω を用いてよい。

(4) 力を加え終えた直後の重心の速度を求めよ。

(5) 力を加え終えてから時間 t 後の小球Aの位置 $x(t)$ を求めよ。

3. 右図のような，断面の半径が a の円柱導線Ａと，内側の断面の半径が b の円筒形導体Ｂとを電極とする長さ L の同軸円筒形コンデンサーを考える。電極ＡとＢの間は比誘電率 ε_r の誘電体で満たされている。真空の誘電率を ε_0 として以下の設問に答えよ。



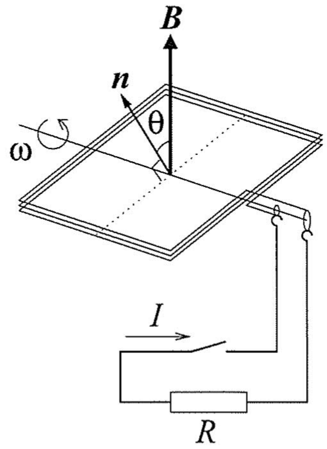
(1) 電極Ａに電荷 Q が蓄えられているとき，中心軸から距離 R $(a < R < b)$ の位置に生じる電場の強さを求めよ。ただし $b \ll L$ とし，コンデンサー端部の影響は無視できるとする。

(2) このとき電極 A, B 間の電位差を求めよ。

(3) $a = 0.5$ mm, $b = 2$ mm, $L = 1$ m, $\varepsilon_r = 2.5$, $\varepsilon_0 = 9.0 \times 10^{-12}$ F/m として，このコンデンサーの電気容量を有効数字１桁で求めよ。必要であれば右表の自然対数の値を用いよ。

x	$\log_e x$
2	0.693
3	1.10
5	1.61

4. 一辺の長さ a の正方形 N 巻きコイルを，コイル面上の回転軸のまわりに一定の角速度 ω で回転させる。回転軸に垂直な方向に大きさ B の一様な磁束密度が加えられているとして以下の設問に答えよ。



(1) コイル面の法線ベクトル $\boldsymbol{n}$ と磁束密度 $\boldsymbol{B}$ のなす角が θ のとき，コイルを貫く磁束を求めよ。

(2) 時刻 t における上問 (1) の角を $\theta = \omega t$ とすると，このコイルに生じる誘導起電力は $V(t) = V_0 \sin \omega t$ と表される。定数 V_0 を求めよ。

このコイルに抵抗 R をつないで電流を流す。コイルの自己インダクタンスは L で，コイルおよび導線の抵抗は無視できる。以下の設問の解答には V_0 を用いてよい。

(3) コイルの自己誘導を考慮して，抵抗 R を流れる電流 $I(t)$ が従う微分方程式を記せ。

(4) C_1, C_2 を定数として上問 (3) の微分方程式の解を

$$I(t) = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$$

と置く。これを微分方程式に代入して $\sin \omega t$, $\cos \omega t$ の係数を比較することにより C_1, C_2 を求めよ。

(5) 三角関数の公式

$$C_1 \sin \theta + C_2 \cos \theta = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \sin(\theta + \alpha), \quad \tan \alpha = \frac{C_2}{C_1}$$

を用いて，抵抗 R で消費される平均電力（電力の時間平均値）を求めよ。