

名古屋工業大学

2025年度（令和7年度）

編入学者・転入学者選抜学力検査

理工学科 応用物理分野 専門試験

試験日時 2024年6月21日（金）

10:00～12:00

（解答上の注意）

- ◎解答の際、解答用紙のホチキス止めを外してください。
- ◎配布物は、問題用紙4枚、計算用紙3枚、解答用紙2枚です。
- ◎すべての問題を解答してください。
- ◎解答が解答用紙おもて面に書ききれない場合は、裏面に続けてください。その際おもて面の下側が裏面の上側になるようにしてください。
- ◎電卓は使用できません。
- ◎試験終了後は問題用紙と計算用紙を持ち帰ってください。

— 専門試験 —
 (理工工学科 応用物理分野)

問題 1 設問すべてについて解答すること。重力加速度の大きさは g とする。

I 次の(1)～(7)の問いについて答えよ。

バネ定数 k 、自然長 L の軽いバネの上端に板が、下端に質量 m の質点 P が取り付けられている。バネは常に鉛直であり、質点 P は鉛直方向に1次元の運動をする。鉛直下方が正となる座標軸をとり、時刻 t のバネの上端の座標を $Y(t)$ とする。摩擦や空気抵抗などは働かない。

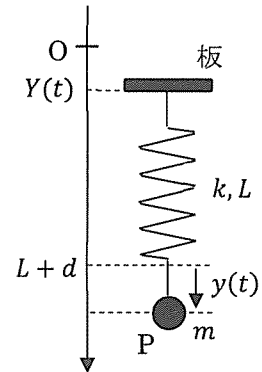


図 1

まず、バネの上端が原点 O の高さになるように板を固定した($Y(t)=0$)。

- (1) 質点 P が静止しているときのバネの伸び d を求めよ。
- (2) 質点 P が振動運動しているときの角振動数 ω_0 を求めよ。
- (3) つりあいの位置($L+d$ の位置)からの質点 P の変位を $y(t)$ として運動方程式を立てよ。

この運動方程式の一般解は $y(t) = a \cos(\omega_0 t + \varphi)$ である。 a は振幅で正の定数。 φ は初期位相で定数。以下の設問では、必要があれば ω_0 、 d を使って解答すること。

- (4) 質点 P を持ち上げてつりあいの位置からバネを $D(>0)$ だけ縮め、時刻 0 で質点 P に正方向の初速 $\sqrt{3}D\omega_0$ を与えて運動させた。この時の振幅 a と初期位相 φ を答えよ。ただし、バネの自然長 L は振動の振幅より十分長いとし、初期位相の範囲は $-\pi \sim \pi$ とする。

次に、バネの上端が $Y(t) = A \sin \Omega t$ となるように板を振動させた。 A 、 Ω は正の定数である。

- (5) 質点 P の運動方程式を書き下せ。上の設問と同じく、 $L+d$ の位置からの質点 P の変位を $y(t)$ とする。
- (6) この運動方程式の一般解は、 $y(t) = a \cos(\omega_0 t + \varphi) + K \sin(\Omega t)$ と書くことができる。 K を求めよ。
- (7) 前問で求めた K は Ω の関数である。 $|K|$ と Ω の関係をグラフで表せ。

II 次の文章を読み、(1)～(7)の問いについて答えよ。

質量 m_1 の一様な剛体とみなせる、横幅 $2D$ 、高さ $2L$ の長方形板の物体Pを、粗い水平な天板を持つ、床に固定された机の上に置く(図2)。物体Pは、常に板が紙面内にあるように摩擦なく支持されている。物体Pと机の天板の間の静止摩擦係数、動摩擦係数はそれぞれ μ 、 μ' とする。物体Pには、机の天板から高さ h の位置に、滑車を通して質量 m_2 のおもりQをぶらさげた軽く伸び縮みしない糸が、水平につけられている。滑車は糸が滑ることなく、摩擦なく回転する。空気抵抗は無視する。

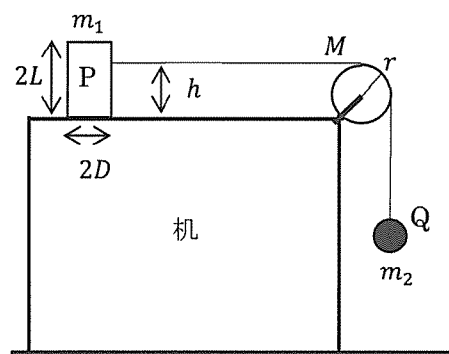


図2

(1) おもりQの質量 m_2 が小さいとき、物体Pは静止していた。

この時に物体Pが机から受ける垂直抗力の作用点の位置を、物体Pの右下角から左に d とする(図3)。 d を求めよ。

(2) 物体Pが静止しているための条件を答えよ。

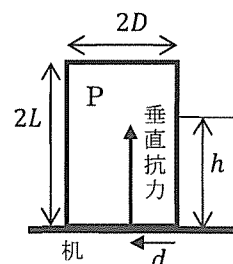


図3

おもりQの質量 m_2 を大きくしたとき、物体Pは転倒せず机の上を滑って移動した。

(3) 滑車は質量 M 、半径 r の一様な円板とみなせる。中心軸まわりの滑車の慣性モーメントが $Mr^2/2$ であることを示せ。

(4) 物体PとおもりQの運動方程式、滑車の回転の運動方程式を書き下せ。物体PとおもりQの加速度、滑車の回転の角加速度、糸の張力は適宜定義せよ。

(5) 物体Pの加速度を求めよ。

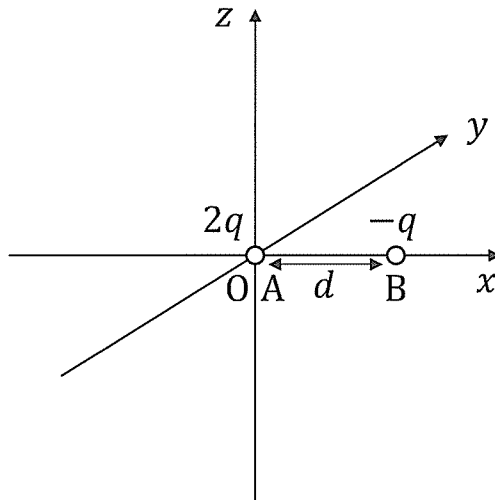
以下の設問では、物体Pが机の上を滑っている間に物体Pにはたらく糸の張力の大きさを T として答えよ。

(6) 垂直抗力の作用点を、設問(1)と同じくPの右下角から左に d とする。 d を求めよ。

(7) 滑っている間に物体Pが転倒しないための T の条件を求めよ。ただし、 $D > \mu'L$ 、 $h > L$ とする。

問題 2 設問すべてについて解答すること。

原点 $O(0,0,0)$ [m]と点 $(d,0,0)$ [m]に、それぞれ、電気量 $2q$ [C]と $-q$ [C]の点電荷 A と B を置く ($d > 0, q > 0$)。点電荷 A は固定されており、動かないとする。点電荷 B の質量は m [kg]である。ただし、点電荷 A と B の間に働く万有引力の効果は非常に小さいとして無視する。また、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]とする。



I 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

(1) 点 $P(x,y,z)$ [m]における電位 $\phi(x,y,z)$ [V]を、 x,y,z,ϵ_0,q,d を用いて表せ。ただし、電位の基準点は無限遠点とする。

(2) $\phi(x,y,z) = 0$ [V]の等電位面は球面となる。この球の中心の座標と半径を求めよ。

(3) x 軸上の点 $P_1(x,0,0)$ [m]における電場の x 成分 $E_x(x)$ [V/m]を、 x,ϵ_0,q,d を用いて表せ。ただし、原点 O と点 $(d,0,0)$ は除く。

(4) $E_x(x_0) = 0$ [V/m]となるような x_0 [m]を求めよ。

II 次に、点 $(d,0,0)$ にある点電荷 B に、 y 軸の正の方向に初速 v_0 [m/s]を与えたとする ($v_0 > 0$)。この後、点電荷 B は等速円運動した。次の(5)～(8)の問いについて答えよ。

(5) 点電荷 A が点電荷 B に及ぼすクーロン力の大きさ F [N]を、 ϵ_0,q,d を用いて表せ。

(6) v_0 [m/s]を、 ϵ_0,q,m,d を用いて表せ。

(7) 点 $(d, 0, 0)$ 付近における電流の一周期の時間平均 I [A]を, ϵ_0, q, m, d を用いて表せ。また, 電流の向きを, 単位ベクトルを用いて表せ。

(8) 原点 O に発生する磁場の大きさ H [A/m]を, ϵ_0, q, m, d を用いて表せ。また, 磁場の向きを, 単位ベクトルを用いて表せ。

Ⅲ 次に, 点 $(d, 0, 0)$ にある点電荷 B に, y 軸方向ではなく, x 軸の正の方向に初速 v_0 [m/s]を与えたとする。次の(9)～(10)の問いについて答えよ。

(9) 点電荷 B は時間とともに減速し, $x = x_1$ [m]で速度が 0 [m/s]となった。 x_1 [m]の値を求めよ。

(10) 今度は, 空間的に一様な静電場 $\vec{E} = (-E, 0, 0)$ [V/m]を加えた状態で, 同様に, 点 $(d, 0, 0)$ にある点電荷 B に, x 軸の正の方向に初速 v_0 を与えたとする ($E > 0$)。その後, 点電荷 B が減速して速度が 0 になったとき, $x = x_2$ [m]で点電荷 B が静止した。 x_2 [m]の値を求めよ。また, E [V/m]の値を, ϵ_0, q, d を用いて表せ。