

平成 21 年度後期日程入学試験問題

物 理 B

理 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 解答は、別紙の解答用紙に記入しなさい。
- ③ 受験番号は、解答用紙の指定の欄に記入しなさい。

1 物体 A と B がばねで結ばれ斜面上にある。物体 A と斜面の間には摩擦がはた  
らき、その静止摩擦係数を  $\mu_A$  とする。物体 B は斜面上を滑らかに移動できると  
する。物体 A の質量を  $m_A$  [kg]、物体 B の質量を  $m_B$  [kg]、重力加速度の大きさを  
 $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。ばねの自然長を  $\ell_0$  [m]、ばね定数を  $k$  [N/m] とし、ばねの質  
量は無視できるとする。以下の間に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。

問 1 図 1 のように、斜面の傾きが  $\theta$  [rad] のとき、ばねの長さが  $\ell$  [m] となり、  
物体 A と物体 B が斜面上で静止していた。物体 A にはたらいている力をす  
べてあげよ。また、それらのつり合いの式を求めよ。

問 2 物体 B にはたらいている力をすべてあげよ。それらのつり合いの式を求  
めよ。また、ばねの長さ  $\ell$  を、 $\ell_0$ 、 $k$ 、 $m_B$ 、 $g$ 、 $\theta$  で表せ。

問 3 物体 B を斜面下方に静かに引っ張っていった。物体 A が静止したままで  
あるための、ばねの長さの最大値を求めよ。

問 4 物体 B を斜面上方に静かに押し上げていった。物体 A が静止したままで  
あるための、ばねの長さの最小値を求めよ。

問 5 問 1 の静止状態から、斜面の傾きを少しずつ増加させた。傾きが  $\theta_m$  [rad]  
のとき、物体 A が動き始めた。 $\tan \theta_m$  を求めよ。

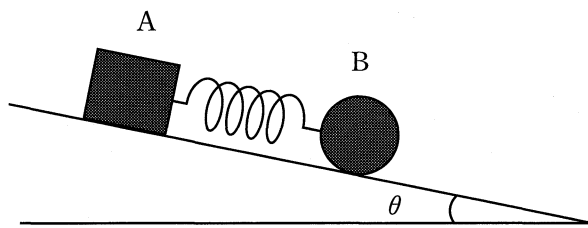


図1 斜面におかれた物体とばね

2

図2のように、長方形コイルABCDが磁石のN極とS極の間にあり、外力により回転する。コイルに発生した起電力は電極PとQから取り出せる。磁束密度 $\vec{B}_0$  [T(テスラ) =  $\text{Wb}/\text{m}^2$ ]は、コイルの回転範囲内で一様とみなせる。磁石のN極とS極を結ぶ軸を $y$ 軸にとり、これと直交する $x$ 軸をコイルの回転軸とする。また、これらと直交して図2のように $z$ 軸をとる。辺ABとBCの長さはそれぞれ $a$  [m]と $b$  [m]であり、図3のように、コイル面ABCDと $z$ 軸のなす角度を $\theta$  [rad]とする。辺ADの間のコイルが電極につながることでできるすき間は十分に小さく無視できる。時刻 $t = 0$ の回転角度は $\theta = 0$ であり、 $x$ 軸の正の方向から見たときに、反時計周りに角速度 $\omega$  [rad/s]でコイルが回転している。以下の問に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。

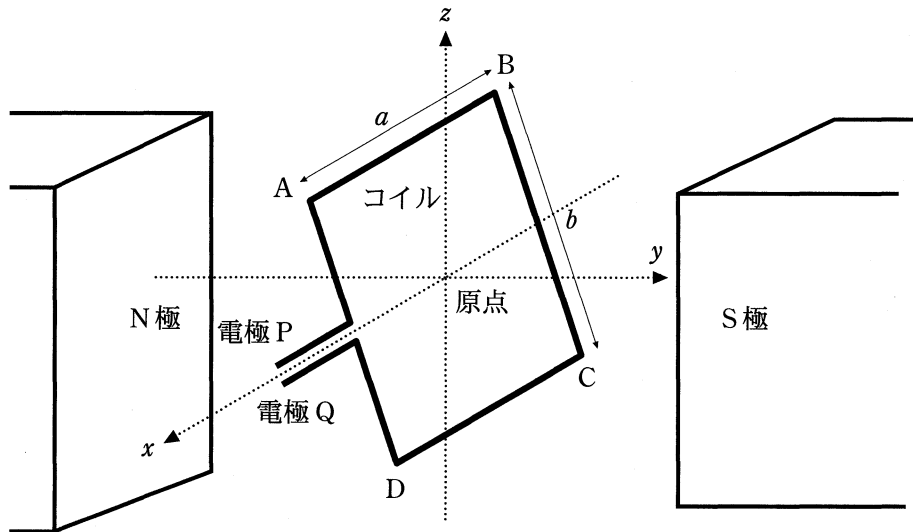


図2 磁石の間におかれたコイル

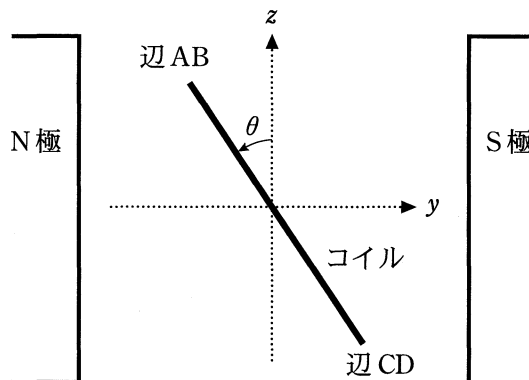


図3 図2を $x$ 軸の正の側から見た図

問 1 二つの磁石間に生じている磁束密度  $\vec{B}_0$  の向きを述べよ。また、図 3 のように、コイル面 ABCD と  $z$  軸のなす角度が  $\theta$  であるとき、コイルを貫く磁束  $\Phi$  [Wb] を、 $B_0$ ,  $\theta$ ,  $a$ ,  $b$  で表せ。ただし、 $B_0$  とは、 $\vec{B}_0$  の大きさを表す。

問 2 時刻  $t$  [s] において、コイルを貫く磁束  $\Phi(t)$  [Wb] を、 $B_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\omega$ ,  $t$  で表せ。ただし、 $\theta = 0$  のときと同じ向きで磁束がコイルを貫くとき磁束を正に、 $\theta = \pi$  のときと同じ向きで磁束がコイルを貫くとき磁束を負に数えるものとする。

問 3 問 2 で、回転の周期を  $T$  [s] とするとき、時刻  $t = 0$  から  $t = T$  までの間の磁束  $\Phi(t)$  の変化をグラフに描け。

問 4 時刻  $t$  [s] において、辺 AB 内にある電荷  $-e$  [C] をもつ自由電子が磁界から受ける力の大きさ  $F$  [N] を、 $e$ ,  $B_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\omega$ ,  $t$  で表せ。

問 5 時刻  $t$  [s] における、電極 P の電極 Q に対する電位  $V$  [V] を  $B_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\omega$ ,  $t$  で表せ。また、これを時刻  $t = 0$  から  $t = T$  までの間についてグラフに描け。ただし、必要な場合には以下の近似を用いてよい。

時刻  $t$ ,  $t + \Delta t$ , および角速度  $\omega$  について、 $\Delta t$  が微量のとき、

$$\sin \omega(t + \Delta t) - \sin \omega t = \sin \omega t \cos \omega \Delta t + \cos \omega t \sin \omega \Delta t - \sin \omega t$$

$$\doteq \omega \Delta t \cos \omega t$$

$$\cos \omega(t + \Delta t) - \cos \omega t = \cos \omega t \cos \omega \Delta t - \sin \omega t \sin \omega \Delta t - \cos \omega t$$

$$\doteq -\omega \Delta t \sin \omega t$$

問 6 電極 PQ 間に発生する電圧は、直流もしくは交流のいずれであるか答えよ。もし直流の場合には、電極 PQ 間に抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] をつないだときに単位時間あたりに発生するジュール熱を  $B_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\omega$  で表せ。あるいはもし交流の場合には、その周波数  $f$  [Hz] と電圧の実効値  $V_e$  [V] を  $B_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\omega$  で表せ。

3 以下の問に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。ただし、音の速さを  $V$  [m/s] とする。

問 1 模型飛行機 A は、振動数  $f_0$  [Hz] の音を発して、一定の速さ  $v_s$  [m/s] で、地面の近くを地面と平行に飛ぶことができる。その音を観測者 M が受けるとする。このとき、模型飛行機 A は、観測者 M と同じ高さを飛ぶものとする。図 4 のように、観測者 M は、速さ  $v_M$  [m/s] で、模型飛行機 A と同じ方向に移動しているものとする。ただし、 $V > v_s$ 、 $V > v_M$  である。

- (1) 時刻を  $t$  [s] で表す。時刻  $t = 0$  のとき、模型飛行機 A が位置 S にいて、観測者 M は位置 O にいる。時刻  $t = 0$  に模型飛行機 A が発した音を、観測者 M は時刻  $t = t_1$  に受けた。距離 SO を  $l$  [m] としたとき、時刻  $t_1$  を  $V$ 、 $v_M$ 、 $l$  で表せ。
- (2) 時刻  $t = t_s$  に模型飛行機 A が発した音を、観測者 M は時刻  $t_2$  に受けた。時刻  $t_2$  を  $V$ 、 $v_s$ 、 $v_M$ 、 $l$ 、 $t_s$  で表せ。
- (3) 観測者 M が受ける音の振動数  $f$  [Hz] と模型飛行機 A の振動数  $f_0$  との比を  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_s$  で表し、更に、 $V$ 、 $v_s$ 、 $v_M$  で表せ。

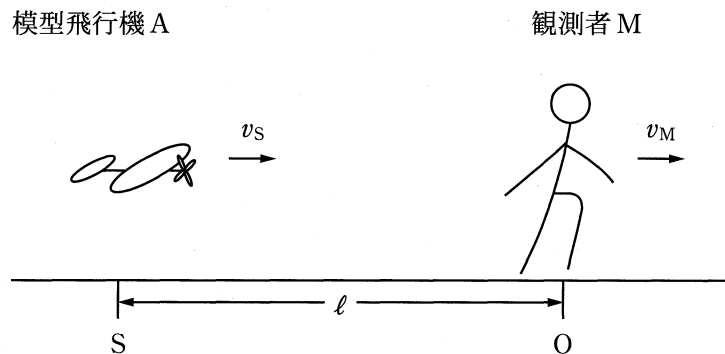


図 4 時刻  $t = 0$  での模型飛行機 A と観測者 M の位置

問 2 図 5 のように、位置 S と位置 O とを結ぶ一直線上に位置 T があり、観測者 M は位置 O に静止している。飛行の速さ  $v_s$  が等しい二機の模型飛行機 A と B は、直線 ST 上に沿って、地面近くを地面と平行に観測者 M と同じ高さを飛んでいる。二機の模型飛行機は、飛行中、同じ振動数  $f_0$  を発し、それを観測者 M が受けるものとする。

いま、観測者 M がうなりを聞いた。そのとき、図 5 のように、模型飛行機 A は位置 S の側から観測者 M に向かって飛んでいた。

- (1) 観測者 M がうなりを聞いたとき、模型飛行機 B は模型飛行機 A と同じ S 側にいた。その場合、模型飛行機 B の飛行方向が、模型飛行機 A と同じ向きかまたは反対向きか。理由をつけて答えよ。また、模型飛行機 B が T 側にいた場合についてもその向きを答えよ。
- (2) 観測者 M が、一秒間に聞くうなりの回数  $n$  を求めよ。

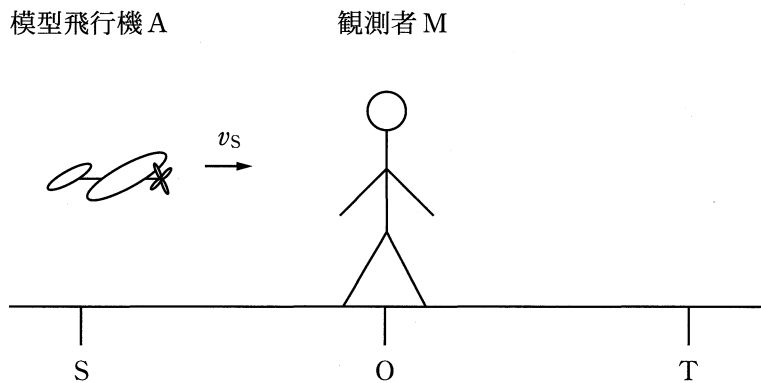


図 5 一直線上の位置 S, 位置 O と位置 T