

平成 21 年度工学部前期日程入学試験問題

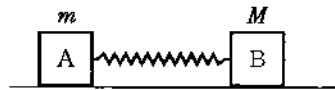
「物理Ⅰ・物理Ⅱ」の出題の意図

- 1 運動方程式、運動量保存の法則、エネルギー保存の法則の基本事項の理解を調べる。また、重心、相対運動、単振動の理解を調べる。
- 2 静電界における力の釣り合いの理解を調べる。また、複数の電荷による電位・電界の合成ができるかを調べる。
- 3 波の基本的事項である、振動数、波長、周期、波の伝わる速さの理解を調べる。また、波の重ね合わせ、定常波の理解を調べる。
- 4 理想気体の熱力学系に対して、熱量の授受と体積・圧力・温度の状態変化の関係の正しい理解を調べる。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中1枚目)

1 図のように、水平でなめらかな床の上に、ばねでつながれた質量 m [kg] の物体 A と質量 M [kg] の物体 B がある。両物体はばねからの力を受けながら、床の上の同一直線上を運動する。ばねの自然長は L_0 [m] であり、ばね定数は k [N/m] である。物体の大きさ、ばねの質量は無視できるとして以下の問に答えよ。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

(a) 床から見た運動を考えて運動量の保存の法則が成り立つことを示そう。物体 A と物体 B の、ある時刻 t [s] での速度を V_A, V_B [m/s]、微小時間 Δt [s] 後の時刻 $t + \Delta t$ の速度を V'_A, V'_B [m/s] とする。また、各物体に働く Δt 間の平均の力を F_A, F_B [N] とする。速度と力は図の右向きを正とする。次の(i), (ii)について、 $m, M, \Delta t, V_A, V_B, V'_A, V'_B, F_A, F_B$ のうち必要なものを用いて答えよ。



(i) 物体 A と物体 B の運動方程式をそれぞれ示せ。

(ii) F_A と F_B の関係を表す式を示し、物体 A と物体 B の運動量の和が、時刻 t と時刻 $t + \Delta t$ とで等しいことを示せ。

(b) 物体 A と物体 B からなる物体系の重心 G は床から見て等速直線運動をし、重心 G から見ると物体 A と物体 B はそれぞれ単振動をしていた。ある瞬間、物体 A と物体 B の間隔は、ばねの自然長と同じ L_0 [m] であり、物体 A は床に対して右向きに速さ V_0 [m/s] で運動し、物体 B は床に対して静止していた。この瞬間の時刻を $t = 0$ [s] とする。以下の問について、答は m, M, L_0, k, V_0, t のうち必要なものを用いて表せ。

(i) 重心 G は、物体 A と物体 B の間のばねを常にある割合で分割した位置にある。どのように分割した位置であるか示せ。

(ii) 床から見た重心 G の速さ V_G [m/s] を求めよ。ばねが最も縮んだときを想定し、運動量の保存の法則を用いよ。

(iii) 重心 G から見た運動を考え、ばねが最も縮んだときのばね全体の長さ L_1 [m] をエネルギー保存の法則により求めよ。

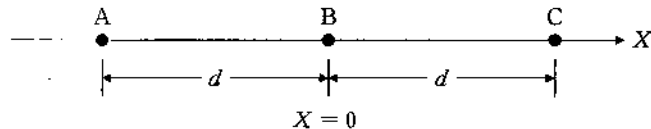
(iv) ばねを、重心 G より左側のばねと右側のばねがつながれたものとする。左側のばねのばね定数 k_A [N/m] を求めよ。

(v) 重心 G から見た、単振動をする物体 A の角振動数 ω_A [rad/s] を記せ。

(vi) 重心 G から見た、物体 A の時刻 t [s] における速度 u_A [m/s] を記せ。ただし、右向きを正とする。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中2枚目)

2 図のように、 X 軸上に点電荷A, B, Cが等間隔 d [m]で静止しており、各電荷において、他の電荷による静電気力の合力が0となっている。ただし、点電荷Bは X 軸上の原点($X=0$)にある。点電荷Aは正の電気量 q [C]をもつことがわかっている。クーロンの法則における比例定数を



k [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$]とし、電位0[V]の基準点を無限遠におくものとして、次の問に答えよ。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

- (a) 点電荷BおよびCの電気量 q_B, q_C [C]を正または負の符号をつけて q を用いて表せ。
- (b) 原点から X 軸の正の方向に x [m]離れたP点(点電荷BおよびCの点を除く)における電位と電界(電場)を考える。
- P点の電位 V_P [V]を $0 < x < d, x > d$ の場合に分けて求めよ。
 - $X > 0$ の領域で無限遠以外に電位が0[V]となる X 軸上の点を求めよ。
 - P点の電界の強さ E_P [N/C]を $0 < x < d, x > d$ の場合に分けて求めよ。
 - $X > 0$ の領域において、電界の向きはある領域で X 軸の正方向となる。その領域を求めよ。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中3枚目)

3 図1に示すように、 x 軸上に音波の発音体と大きさの無視できる受音体、および x 軸に垂直に置かれた取り外し可能な反射板からなる音波実験装置がある。発音体は、図2に示すように発音開始から立ち上がる正弦波の平面波を発する。なお、 1.00 [ミリ秒]は 1.00×10^{-3} [s]である。発音体と受音体および反射板は x 軸上を平行移動できる。実験装置は全体を密度が一様な気体で満たすことができる。音波は減衰することなく伝わり、反射によっても減衰することはないものとする。また、発音体での反射は考えないものとする。この装置を用いた実験に関する以下の問に答えよ。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

(a) 反射板のない場合を考える。発音体を x 軸の原点 O に置き、装置を空気で満たした。まず、受音体を $x = 4.90 \times 10^{-1}$ [m]の位置に置いた。発音開始の t_0 [s]後からの受音体の信号波形を図3(A)に示す。また、受音体を $x = 5.33 \times 10^{-1}$ [m]の位置に置き、同様の実験を行ったときの、発音開始の t_0 [s]後からの受音体の信号波形を図3(B)に示す。

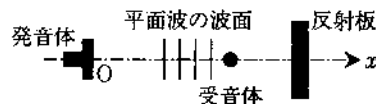


図1

- (i) 図2と図3より、音波の周波数 f [Hz]、波長 λ [m]および音速 v [m/s]を求めよ。
(ii) 装置を音速が空気の3倍となる気体で満たした。このときの音波の周波数 f' [Hz]と波長 λ' [m]を求めよ。

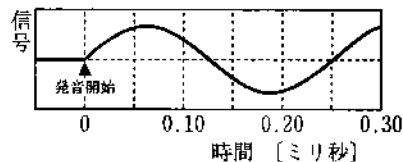


図2

(b) 反射板を $x = x_0$ [m]に置いた。発音体を x 軸の原点 O に置き、装置を空気で満たした。受音体を発音体と反射板の間のある位置に固定した。反射板を x 軸の正の方向に少しずつ位置を変えたところ、受音体の信号波形の振幅が反射板の位置に対し周期的に増減した。

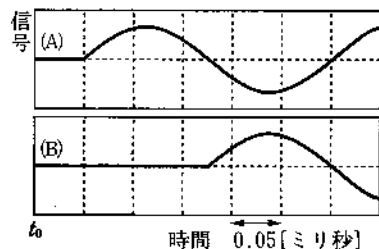


図3

- (i) その理由を説明せよ。
(ii) 反射板の位置が $x = x_1$ [m]のとき受音体の信号波形の振幅が極大となり、次に $x = x_2$ [m]で再び極大となった。 x_2 を λ と x_1 を用いて表せ。
(iii) 反射板の位置を振幅が極大となる $x = x_2$ [m]に固定した。発音体を原点 O に置いた場合と $x = -\frac{\lambda}{4}$ [m]に置いた場合の受音体の信号波形の振幅を比較し説明せよ。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中4枚目)

4 図に示すように、断熱材で作られた断面積が $S(\text{m}^2)$ のシリンダー内に、なめらかに動く断熱材で作られた質量の無視できるピストンが備わっており、シリンダー内部には $1[\text{mol}]$ の単原子分子の理想気体が閉じこめられている。また、シリンダー内には、熱容量および体積の無視できるヒーターとクーラーが取り付けられている。大気圧は $p_0[\text{Pa}]$ である。はじめシリンダー内部の圧力は大気圧 $p_0[\text{Pa}]$ 、ピストンの高さは $L(\text{m})$ であり、ピストンは熱容量および体積の無視できるストッパーで支えられ、ピストンの上部に質量 $M[\text{kg}]$ のおもりがのっている(状態1)。ヒーターでゆっくりと加熱したところ、シリンダー内部の圧力が $p_1[\text{Pa}]$ になったときにピストンは動き始めた。そして、ピストンの高さが $2L(\text{m})$ となったところで加熱を停止した(状態2)。次に、ピストンをストッパーで支え、シリンダー内部の圧力が $p_0[\text{Pa}]$ となるまでゆっくり冷却した(状態3)。その後、ピストン上部のおもりおよびストッパーを順に取り除き、ゆっくりと冷却を続け、ピストンの高さが $L(\text{m})$ となったところで冷却を停止した(状態4)。気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ 、重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ として、以下の間に答えよ。答は g, L, M, p_0, R, S のうち必要なものを用いて表し、主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

- (a) 状態1での温度 $T_1[\text{K}]$ を求めよ。
- (b) 圧力 $p_1[\text{Pa}]$ を求めよ。また、状態1からピストンが動き始めるまでにヒーターで加えた熱量 $Q_1[\text{J}]$ を求めよ。
- (c) 状態2での温度 $T_2[\text{K}]$ を求めよ。また、状態1から状態2への過程において、ピストンが動き始めてから停止するまでに加えた熱量 $Q_2[\text{J}]$ を求めよ。
- (d) 理想気体の状態1から状態4までの変化を p - V (圧力-体積)グラフに描け。さらに、グラフ中に状態2の点を●、状態3の点を▲、状態4の点を×で記入せよ。
- (e) 状態1から状態4までの過程を一つのサイクルとみなしたとき、ヒーターで加えた総熱量 $Q[\text{J}]$ から取り出すことのできた仕事 $W[\text{J}]$ の割合を熱効率 $e = \frac{W}{Q}$ と定義する。総熱量 $Q[\text{J}]$ と仕事 $W[\text{J}]$ をそれぞれ示し、熱効率 e を求めよ。

