

M_b 物 理 問 題

注 意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は12ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきらずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文A～Fを読み、それぞれに対応する下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にする。ただし、電気素量を $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、電子の質量を m とし、プランク定数を h とする。

A. 古代の遺跡から発掘された木炭の ^{14}C 同位元素の ^{12}C に対する存在比は、新しい木の $1/4$ であった。この木炭は 年前のものである。ただし、 ^{14}C の半減期は 5730 年とする。

1. 文中の空所 にあてはまる数値を有効数字2桁でしるせ。

B. 図1のように凸レンズの光軸上 5 cm の位置にある光源から出た光がレンズを通過して平行光線となった。この光を光軸上で凸レンズの中心から 15 cm の位置にある凹面鏡で反射させたところ、光は再び凸レンズを通過して平行光線となった。この凹面鏡の焦点距離は cm である。

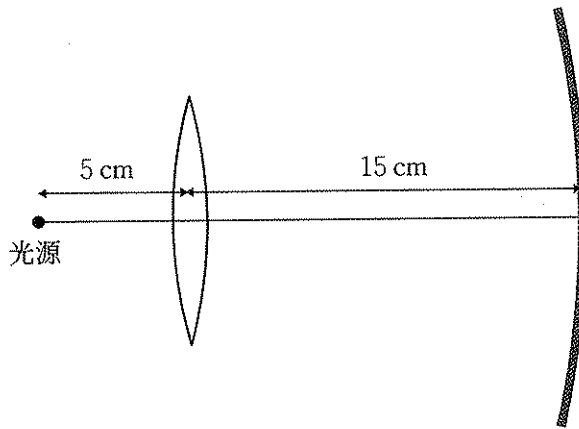


図1

2. 文中の空所 にあてはまる数値をしるせ。ただし、数値が整数でない場合は、有効数字2桁でしるせ。

C. 導線を $16\ \mu\text{A}$ ($1\ \mu\text{A} = 10^{-6}\ \text{A}$) の電流が流れている。この導線に垂直な断面を1秒間に流れる電子の数は 個である。

3. 文中の空所 にあてはまる数値を有効数字2桁でしるせ。

D. 図2のように音源A, 観測者O, 音を反射する壁Bが一直線上に並んでいる。Aが出す音波の振動数を f [Hz], 音速を c [m/s] とする。AとBが静止し, OがAに向かって速さ v [m/s] ($v < c$) で動いたところ, Oは1秒間あたり N 回のうなりを聞いた。このとき, $v =$ である。ただし, 風はなく, Oは常にAとBの間にいるものとする。

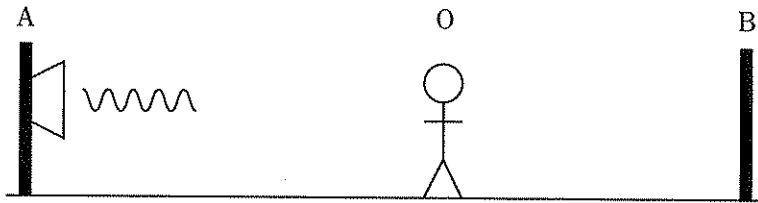


図2

4. 文中の空所 にあてはまる数式をしるせ。

E. 電圧 V で加速した電子線を結晶面に斜めに入射させ回折を調べる。電子線の入射方向と回折に関する結晶の格子面がなす角は θ に固定されており, 格子面の間隔は d である。電子線の加速電圧 V を0から徐々に上げていくと, 電圧が のときに反射電子線の強度が最初に極大となった。

5. 文中の空所 にあてはまる数式をしるせ。

F. 図3のように、水平に設置された円盤の中心から距離 r のところに質量 M の物体が置かれている。円盤は一定の角速度 ω で反時計回りに回転しており、物体は円盤との摩擦により滑らずに運動している。このとき、物体にかかる摩擦力の大きさは であり、摩擦力の向きは である。

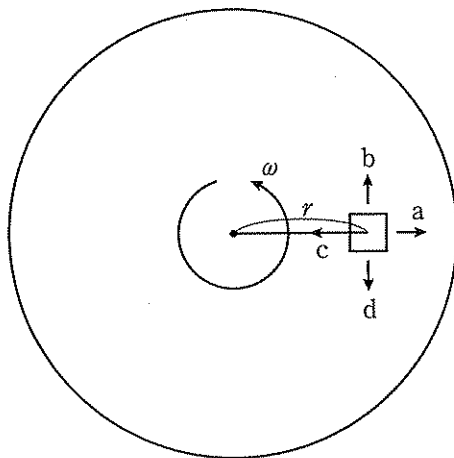


図3

6. 文中の空所 にあてはまる数式をしるせ。
7. 文中の空所 にあてはまる語句としてもっとも適当なものを、次の a ~ d から1つ選び、その記号をマークせよ。
- | | |
|--------------------|-------------------------|
| a. 外向き (図3の a の向き) | b. 反時計回りの向き (図3の b の向き) |
| c. 内向き (図3の c の向き) | d. 時計回りの向き (図3の d の向き) |

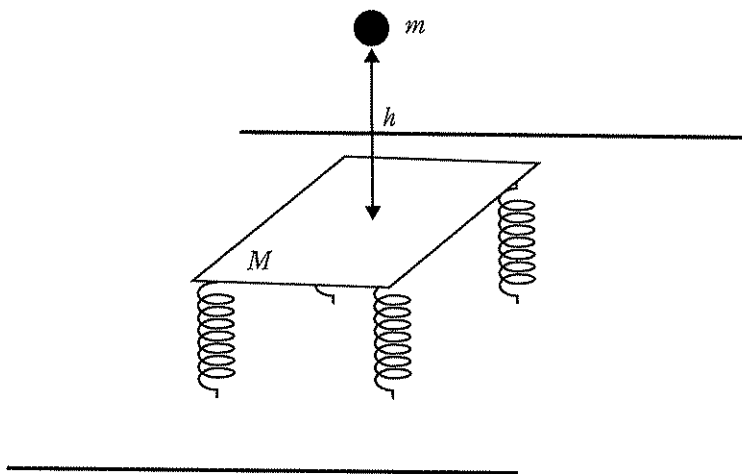
【必要があれば、このページは計算用紙に使用してよい】

II. 次の文を読み、下記の設問1・2に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

図のように、質量 M の正方形の板を、四すみにつけた質量の無視できる自然の長さ l 、ばね定数 k' のばね4本で水平面上に取り付ける。板は常に水平で左右に振れることなく、上下にだけ運動するものとする。この系はばね定数 $k = \boxed{\text{あ}}$ k' の1本のばねで繋がれた振動系と見ることができる。以後この系のばね定数として k を用いる。板の静止位置はバネの自然の長さ l から $\boxed{\text{い}}$ だけ下がる。今、この板の中心上 h の距離から質量 m ($m < M$) の大きさが無視できる小球を初速0で落下させる。この小球が板に衝突するときの速さ v_0 は $\boxed{\text{う}}$ である。小球と板との衝突の反発係数（はね返り係数）が1（弾性衝突）の場合と0（完全非弾性衝突）の場合について考える。以下、小球が最初に板に衝突するときの速さとして v_0 を用いる。

小球と板の間の反発係数が1の場合、衝突直後の板の速さは $\boxed{\text{え}}$ であり、跳ね返った小球の速さは $\boxed{\text{お}}$ である。板は静止していた位置から $\boxed{\text{か}}$ だけ下がる。再び上昇した板が、最初静止していた位置で、再び落下してきた小球と衝突したとすると k は $\boxed{\text{イ}}$ となる。

小球と板の間の反発係数が0の場合、衝突直後の板の速さは $\boxed{\text{き}}$ である。以後、小球と板は一体となって運動するものとする。板は振幅 $\boxed{\text{ク}}$ 、周期 $\boxed{\text{ク}}$ で単振動する。



図

1. 文中の空所 あ ～ く それぞれにあてはまる数式または数値をしるせ。
2. 文中の空所 イ ロ にあてはまる数式としてもっとも適当なものを、それぞれ対応する a ～ f から1つずつ選び、その記号をマークせよ。

イ

a. $\left(\frac{2\pi g}{v_0}\right)^2 \frac{M(M+m)^2}{(M-m)^2}$

b. $\left(\frac{\pi g}{2v_0}\right)^2 \frac{M(M+m)^2}{(M-m)^2}$

c. $\left(\frac{\pi g}{v_0}\right)^2 \frac{M(M+m)^2}{(M-m)^2}$

d. $\left(\frac{2\pi g}{v_0}\right)^2 \frac{m(M+m)^2}{(M-m)^2}$

e. $\left(\frac{\pi g}{2v_0}\right)^2 \frac{m(M+m)^2}{(M-m)^2}$

f. $\left(\frac{\pi g}{v_0}\right)^2 \frac{m(M+m)^2}{(M-m)^2}$

ロ

a. $\frac{mv_0}{M+m} \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

b. $\frac{mv_0}{M+m} \sqrt{\frac{M}{k}}$

c. $\frac{Mv_0}{M+m} \sqrt{\frac{m}{k}}$

d. $\sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{m^2}{m+M} \cdot \frac{v_0^2}{k}}$

e. $\sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{m^2 M}{(m+M)^2} \cdot \frac{v_0^2}{k}}$

f. $\sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{mM^2}{(m+M)^2} \cdot \frac{v_0^2}{k}}$

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問1・2に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

鉛直上向きの一様な磁場（磁束密度 B ）の中に、図1のような2本の平行な導体レールがあり、スイッチ S_1 、 S_2 と電源装置を導線でつないである。レールの間隔は l であり、その上に長さ l 、質量 m の金属棒をレールに対して直角になるように置く。レールは電気抵抗を持たないが、金属棒は電気抵抗 R を持つものとする。レールに沿って図1のように x 座標をとる。以下では、レールと金属棒との間の摩擦、電流が作る磁場は無視し、レールは十分に長いものとする。

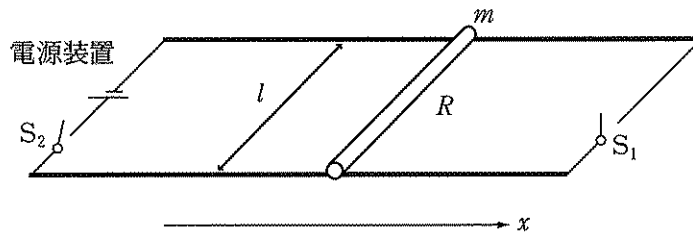


図1

レールを水平に固定し、スイッチ S_1 だけを閉じる。金属棒をレールに乗せ、 x 軸の正の向きに一定の速さ v_1 で動かす。このとき、レールと導線、金属棒からなる回路に発生する起電力の大きさは であり、回路には の電流が流れる。また、金属棒は磁場から の力を受ける。

次に、レールを水平に固定したまま金属棒を静止させ、図2のように絶縁体でできたばね定数 k のばねと金属棒をつないで、ばねの左端は固定する。この状態ではばねは自然の長さであり、金属棒は $x = 0$ にあるものとする。スイッチ S_1 を開いて S_2 だけを閉じ、電源装置の電圧をゼロからゆっくりと V まで上げたところ、金属棒は $x = \text{え}$ の位置に静止した。続いて、 S_2 を開くと同時に S_1 を閉じると、金属棒は振動を始め、十分な時間が経過すると $x = 0$ の位置に静止した。 S_2 を開き、 S_1 を閉じて金属棒が振動を始めてから金属棒が静止するまでの間に金属棒で のエネルギーが消費された。

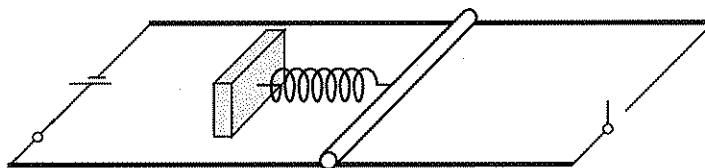


図2

続いて、スイッチ S_1 だけを閉じたままレールを傾け、図3のように水平面に対して角度 θ でレールを固定する。ばねを取り外した金属棒をレールに乗せて手を離すと、下方に滑り出した。しばらくすると、金属棒が滑り落ちる速さは一定の値 v_2 になった。このとき発生する起電力は であり、 v_2 は となる。金属棒から発生するジュール熱は単位時間あたり である。

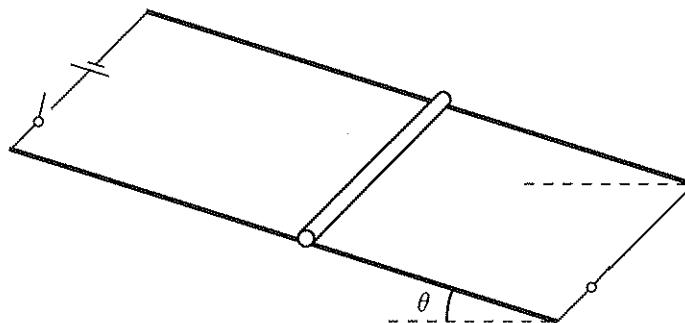


図3

- 文中の空所 ~ それぞれにあてはまる数式をしるせ。
- 文中の空所 ~ にあてはまる数式としてもっとも適当なものを、それぞれ対応する a ~ f から1つずつ選び、その記号をマークせよ。

a. Blv_2

b. $Blv_2 \sin \theta$

c. $Blv_2 \cos \theta$

d. $Blv_2 \tan \theta$

e. $\frac{Blv_2}{\sin \theta}$

f. $\frac{Blv_2}{\cos \theta}$

a. $\frac{Rmg}{B^2 l^2}$

b. $\frac{Rmg \sin \theta}{B^2 l^2}$

c. $\frac{Rmg \cos \theta}{B^2 l^2}$

d. $\frac{Rmg}{B^2 l^2 \cos \theta}$

e. $\frac{Rmg \sin \theta}{B^2 l^2 \cos \theta}$

f. $\frac{Rmg \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$

a. mgv_2

b. $mgv_2 \sin \theta$

c. $mgv_2 \cos \theta$

d. $\frac{mgv_2}{\cos \theta}$

e. $\frac{mgv_2 \sin \theta}{\cos \theta}$

f. $\frac{mgv_2 \sin \theta}{\cos^2 \theta}$

IV. 次の文を読み、下記の設問1～4に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。ただし、気体定数を R とする。

図1のようにシリンダー内に単原子分子の理想気体 1 mol を、重さが無視でき滑らかに動くピストンで封入した熱機関がある。熱はシリンダーの端の壁のみを通して出入りする。この壁に高温熱源を接触させて気体を温度 T_H で等温変化させる、低温熱源を接触させて気体を温度 T_L で等温変化させる、気体をゆっくりと断熱膨張または断熱圧縮させる、という4つの過程を組み合わせて、 p - V 図が図2のように表されるサイクルを作った。ここで $T_H > T_L$ であり、気体の断熱変化では圧力 p と体積 V の間に $pV^\gamma = \text{一定}$ という関係が成り立っている。ただし、 γ は1より大きい定数とする。

気体の断熱膨張の過程では気体の体積は 倍に変化した。高温熱源との接触による等温変化で気体が外部にした仕事は W_H であり、低温熱源との接触による等温変化で気体が外部から受けた仕事は W_L であった。断熱圧縮の過程では気体は外部から の仕事を受け、気体の圧力は 倍に変化した。この熱機関の熱効率は である。

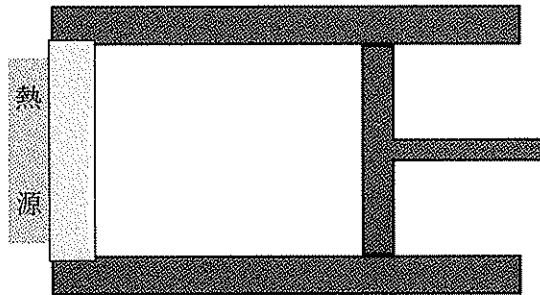


図1

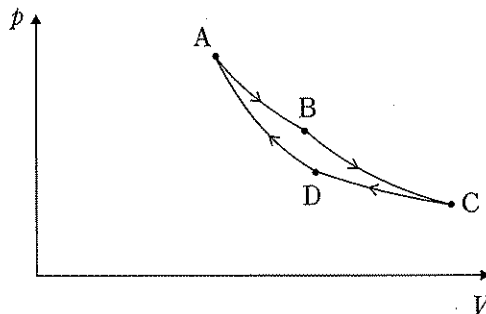


図2

1. 図2の状態A, B, C, Dの温度 T_A, T_B, T_C, T_D の値の組み合わせとしてもっとも適当なものを, 次の a ~ d から1つ選び, その記号をマークせよ。

	T_A	T_B	T_C	T_D
a	T_H	T_H	T_L	T_L
b	T_L	T_H	T_H	T_L
c	T_L	T_L	T_H	T_H
d	T_H	T_L	T_L	T_H

2. 文中の空所 イ それぞれにあてはまる数式を, 次の a ~ f から1つずつ選び, その記号をマークせよ。同じ選択肢をくり返し選んでもかまわない。

a. $\frac{T_H}{T_L}$

b. $\left(\frac{T_H}{T_L}\right)^\gamma$

c. $\left(\frac{T_H}{T_L}\right)^{\gamma-1}$

d. $\left(\frac{T_H}{T_L}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$

e. $\left(\frac{T_H}{T_L}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$

f. $\left(\frac{T_H}{T_L}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

3. 文中の空所 ハ にあてはまる数式を次の a ~ f から1つ選び, その記号をマークせよ。

a. $\frac{T_L}{T_H}$

b. $\frac{W_L}{W_H}$

c. $\left(\frac{T_L}{T_H}\right)^{\gamma-1}$

d. $\left(\frac{W_L}{W_H}\right)^{\gamma-1}$

e. $1 - \frac{W_L}{W_H}$

f. $\frac{W_L}{W_H + W_L}$

4. 文中の空所 あ にあてはまる数式をしるせ。

【以下余白】