

# Y<sub>a</sub> 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・II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～G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しるせ。

A. 図1のように、重さの無視できる滑車A, B, Cに糸がかけられ、質量  $m$  の小球がつながれている。滑車Aはばね定数  $k$  のばねで地面と接続されており、小球は地面に固定された角度  $\theta$  のなめらかな斜面に置かれている。重力加速度の大きさを  $g$  とすると、小球がつり合いの位置にあるときのばねの自然長からの伸びは  である。小球をつり合いの位置から斜面にそって距離  $a$  だけ引き下げて静かに手をはなしたところ、小球は単振動をした。つり合いの位置を通るときの小球の速さは  である。

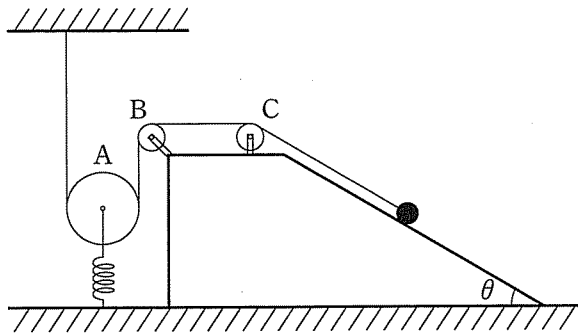


図1

1. 空所  と  にあてはまる数式をしるせ。

B. 滝を落下する水の位置エネルギーがすべて熱に変化し、その水の温度が 0.10 K 上昇したとすると、この滝の高さは  $h = \boxed{\text{う}}$  m である。ここで、水の比熱を  $c = 4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 、重力加速度の大きさを  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

2. 空所  $\boxed{\text{う}}$  にあてはまる数値を、有効数字 2 桁でしるせ。

C. 一辺の長さが 10 cm の立方体の箱の中に  $4.2 \times 10^{22}$  個の気体分子が入っている。すべての気体分子が 1 つの壁と垂直な方向に速さ  $3.0 \times 10^2$  m/s で運動していると仮定する。このとき気体分子は壁と弾性衝突して力を及ぼす。気体分子 1 個の質量を  $4.8 \times 10^{-26}$  kg とすると、その壁にはたらく平均の力は  N である。

3. 空所  にあてはまる数値を、有効数字 2 桁でしるせ。

D. 電磁推進船と呼ばれる海水上を走る乗り物の模型を考える。今、図2のように海水中で乗り物の下方に一辺の長さが  $l$  である立方体の形をした筒がついており、前後の2面は空いていて、上下の2面は金属板、左右の2面は絶縁体である。底面と上面の間に電圧  $V$  をかけると海水中を電流が流れる。ここで磁束密度の大きさが  $B$  である一様な磁場を筒の中に横方向にかけると、海水中を鉛直方向に流れる電流が力を受け、海水を筒の外に押し出す。このとき、乗り物は作用反作用の法則から、電流が受けた力と同じ大きさの推力を逆向きに受け、動き出す。しばらくたつと、推力が海面から乗り物の速さ  $v$  に比例する抵抗力  $kv$  とつりあい、最終的に乗り物は一定の速さ  $v_f$  になった。海水を一定の電流が流れる抵抗値  $R$  を持った長さ  $l$  の導線であるとみなすと、 $v_f$  を  $B, V, k, l, R$  を用いてあらわすことができ、 $v_f =$   となる。また、一定の速さになったときに推力が乗り物にしている仕事率の大きさ  $P_K$  と発生する単位時間あたりのジュール熱  $P_J$  の比を  $B, k, l, R$  を用いてあらわすことができ、 $\frac{P_K}{P_J} =$   となる。

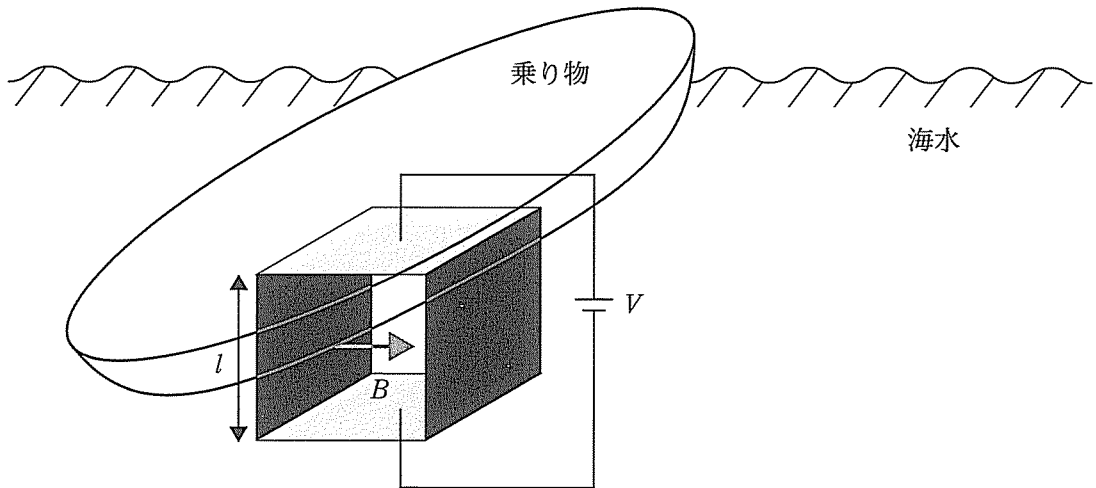


図2

4. 空所  と  にあてはまる数式をしるせ。

E.  $x$  軸の正の方向から  $x$  軸に沿って負の向きに速さ  $v$  で伝わる振幅  $C$ , 周期  $T$  の正弦波 A の  $y$  軸方向の変位  $y_A$  を, 位相  $\theta$  を用いて  $y_A = C \sin \theta$  と表す。このとき,  $\theta =$   である。ここで, 時刻  $t = 0$ , 位置座標  $x = 0$  における正弦波 A の位相は  $\theta = 0$  とする。この波が,  $x = 0$  にある固定端で反射すると, 反射波 B の変位  $y_B$  は  $y_B =$   となる。

5. 空所  と  にあてはまる数式を,  $C, v, T, t, x$  のうち必要なものを用いてしるせ。

F. ボーアの原子模型ではクーロン力によって等速円運動をしている電子を考えたが、より一般的な向心力によって等速円運動をする粒子にボーアの量子条件を適用することができる。今、質量  $m$  の粒子が原点を中心として速さ  $v$  で半径  $r$  の等速円運動をしている。粒子にはたらく向心力は常に原点の方向を向いていて、その力の大きさ  $F$  は、 $k$  を正の定数として  $F = kr$  と軌道の半径に比例している場合を考える。向心力と遠心力のつり合いを考え、ボーアの量子条件が正の整数である量子数  $n$  で  $rmv = \frac{nh}{2\pi}$  と与えられることを用いると、量子数  $n$  を持つ軌道の半径  $r_n$  を  $n, h, m, k$  のうち必要なものを用いてあらわすことができ  $r_n = \boxed{\text{け}}$  となる。ただし、 $h$  をプランク定数とする。

6. 空所  $\boxed{\text{け}}$  にあてはまる数式をしるせ。

G. いくつかの発光ダイオードが発光をはじめるときの電圧を求める実験を行った。図3のグラフは、この電圧に電気素量を掛けた量  $E$  [J] を発光ダイオードが出す光の振動数  $\nu$  [Hz] に対してプロットしたものである。データ点から決定した図中の直線（点線）の傾きはプランク定数の実験値に相当することが知られている。この実験ではプランク定数は   $\text{J}\cdot\text{s}$  と求まった。

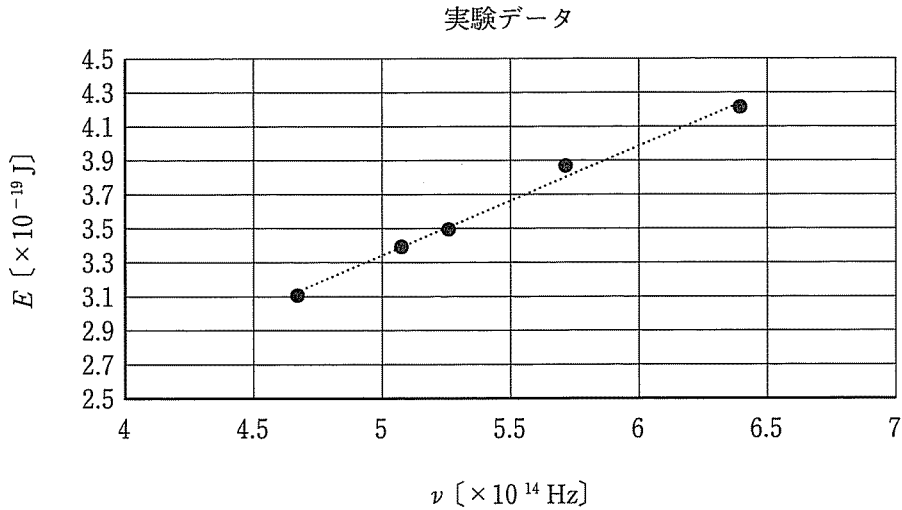


図3

7. 空所  にあてはまる数値をグラフから読み取り、有効数字1桁でしるせ。



Ⅱ. 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。

一辺  $L$  の正方形の金属板 a, b が、図1のように真空中で平行に距離  $D$  離れて向かい合っている。このコンデンサーに十分な時間、電池をつなぎ a, b をそれぞれ  $+Q$ ,  $-Q$  に帯電させた。なお、真空中でのクーロンの法則の比例定数を  $k_0$  とし、 $D$  は  $L$  に比べて充分小さいとする。

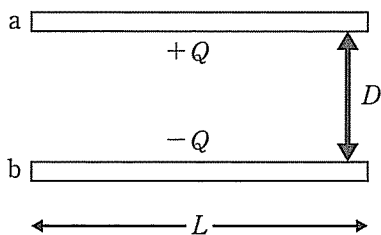


図1

1. このコンデンサーにたくわえられている静電エネルギーを求めよ。
2. a, b 間に働く力はその距離によらずに一定である。設問1の結果と a, b 間の距離を  $D + \Delta D$  とした時の静電エネルギーを考えることにより、金属板 a, b 間に働く力の大きさを求めよ。
3. a, b 間の距離を再び  $D$  とする。図2のように一辺  $L$  の正方形で厚さ  $\frac{D}{3}$  の導体を、コンデンサーの電荷が放電しないように a, b の中間に金属板と平行に挿入した。このとき、導体を挿入するために外力がした仕事を求めよ。

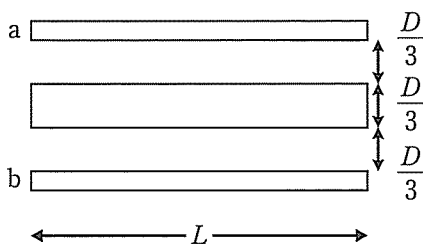


図2

4. 設問3の導体を挿入したまま、はじめに充電したときと同じ電圧の電池を a, b につないで充分時間がたったとする。この間に電池がコンデンサーにした仕事を求めよ。

【以下余白】



