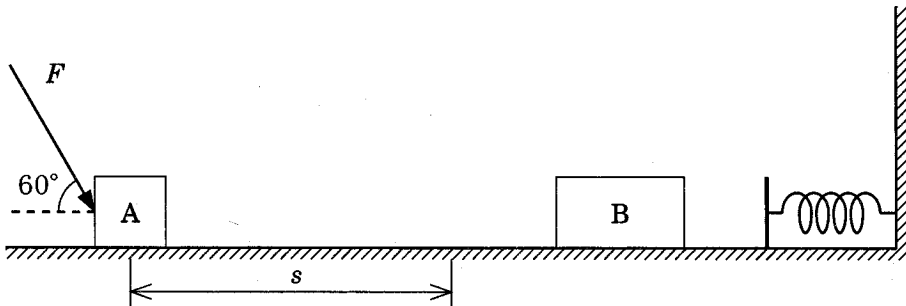


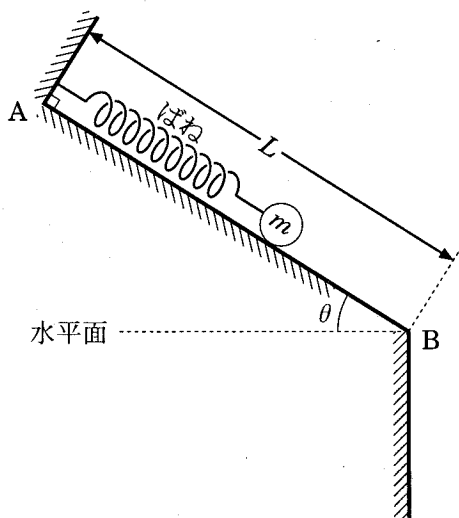
物 理

1 図のように、なめらかな水平面上に質量 m [kg] の物体 A と質量 $2m$ [kg] の物体 B、一端が固定されたばね定数 k [N/m] の軽いばねがある。物体 A と B は最初静止していて、ばねは自然の長さである。そこで、水平面と 60° の方向から F [N] の力で、物体 A を s [m] の距離まで押した。その後、物体 A と B がばねかえり係数(反発係数)0.5 の非弾性衝突をして、物体 B がばねにぶつかり、ばねが縮んだ。以下の各問に答えなさい。

- (1) 物体 A と B が衝突する直前の物体 A の速度はいくらか。
- (2) 物体 A と B が衝突した直後の物体 A と B の速度はいくらか。
- (3) ばねの最大弾性エネルギーはいくらか。
- (4) ばねの最大縮みはいくらか。



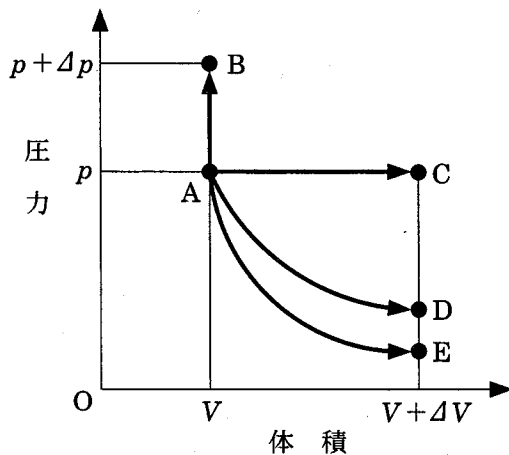
- 2 図に示すように、斜面に直角な壁に一端が固定された軽いばねの他端に、質量 m [kg] の物体がつながれ、なめらかな斜面の上に置かれている。ばねの自然長は l [m]、ばね定数は k [N/m] である。ばねの重量は無視できる。水平な面に対する斜面の角度は θ 、斜面の全長は、ばねの自然長よりも長く、 L [m] である ($L > l$)。重力加速度は g [m/s²] とする。物体の大きさを無視して、以下の各問に答えなさい。



- (1) $\theta = 45^\circ$ のとき、物体に働く力のつり合いの状態では、物体は斜面の終端 B に達するとする。このとき、物体の質量 m [kg] は g, k, l, L を用いてどのように表わされるか。
- (2) $\theta = 30^\circ$ とする。物体を斜面の終端 B まで静かに引っ張り静止させる。次に、物体を静かにはなすと、物体は斜面の上で振動する。振動の振幅 A [m] を求めなさい。
- (3) 問(2)と同じ条件において、つり合いの位置における物体の速さ v [m/s] を求めなさい。

3

図は、縦軸に圧力 p 、横軸に体積 V をとったときの、十分に希薄な気体(理想気体)の状態変化(定圧変化、断熱膨張、定積変化、等温変化)を表したものである。次の各問の答は何か。A→B, A→C, A→D, A→Eで答えなさい。



- (1) 定圧変化, 断熱膨張, 定積変化, 等温変化はA→B, A→C, A→D, A→Eのいずれか。
- (2) ボイルの法則が成立するのはどの変化か。
- (3) シャルルの法則が成立するのはどの変化か。
- (4) 内部エネルギーに変化がないのはどの変化か。
- (5) 気体が外部と熱のやりとりをしないのはどの変化か。
- (6) 気体の温度が上昇するのはどの変化か。

4 図のように、ガラス管の管口の近くでおんさを鳴らしながら水面をゆっくり下げたところ、管口から水面までの距離が 19.0 cm と 59.0 cm のときに共鳴が生じた。実験中のガラス管内の気柱の温度は 20.0℃ である。以下の各問に答えなさい。

(1) 温度 t [℃] のときの空気中を伝わる音の速さ v [m/s] は、次式で与えられる。

$$v = 331.5 + 0.6t$$

気柱内の音の速さを求めよ。

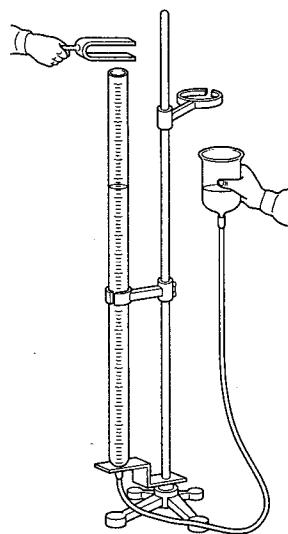
(2) 共鳴すると気柱内に管口を腹、水面を節とする定常波が生じる。しかしながら、実際の腹の位置は管口より少し外側にずれる。管口から何 cm 外側にずれるか。

(3) おんさの振動数を求めよ。

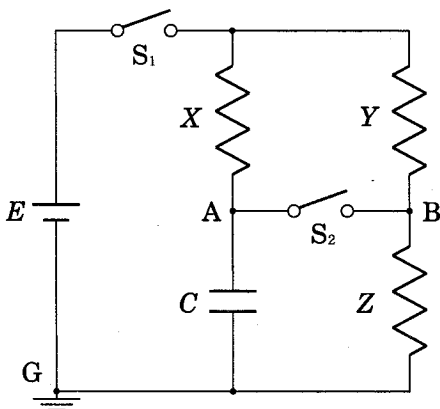
(4) 別のおんさを使って、同じ水面の位置 59.0 cm で共鳴させたい。このときのおんさの振動数の内、最も小さい値を答えよ。ただし、おんさを変えても管口付近の腹の位置は変わらないものとする。

(5) 気柱内の空気を二酸化炭素で置換する。管口から共鳴点までの距離は、空気のとときと比べてどうなるか。次の①から③の中から一つ選択しなさい。

- ① 二酸化炭素の方が共鳴点までの距離は長くなる。
- ② 共鳴点までの距離は変化しない。
- ③ 二酸化炭素の方が共鳴点までの距離は短くなる。



- 5 起電力 E (V)、内部抵抗 $0\ \Omega$ の電池、電気容量 C (F) のコンデンサー、電気抵抗 X , Y , Z (Ω) の抵抗、スイッチ S_1 , S_2 からなる図のような回路がある。G を接地し、電位の基準 0 V とする。以下の各問に答えなさい。(ただし、導線の抵抗は $0\ \Omega$ とする。)



- (1) スイッチ S_1 だけを閉じて、長時間経過した後、
- ① A の電位を求めよ。
 - ② B の電位を求めよ。
 - ③ 抵抗 Y で 1 秒間に発生する熱エネルギーを求めよ。
- (2) その後さらにスイッチ S_2 を閉じて、長時間経過した後、
- ④ コンデンサーにたまった電気量を求めよ。
 - ⑤ 抵抗 Y を流れる電流の強さを求めよ。

6 次の各問に答えなさい。

(1) 真空中に置かれた、面積 S [m²]、極板間の距離が d [m] の平行板コンデンサーに Q [C] の電荷がたくわえられている。極板間に生じる電界(電場)は一様で、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とし、次の各問に S , d , Q , ϵ_0 を用いて答えなさい。

- ① 極板間に生じる電界の強さ E [N/C] を式で表しなさい。
- ② 極板間の電位差 V [V] を式で表しなさい。
- ③ この平行板コンデンサーの電気容量 C [F] を式で表しなさい。
- ④ 両極の引き合う力 F [N] を式で表しなさい。

(2) 真空中に置かれた、半径に比べて長さが十分に長い、断面積 S [m²]、長さ l [m]、巻数 N [巻] のソレノイドに電流 I [A] を流すと、ソレノイド内部には、その軸に沿って一様な磁界(磁場)が生じる。真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とし、次の各問に S , l , N , I , μ_0 を用いて答えなさい。

- ① ソレノイド内部の磁界の強さ H [A/m] を式で表しなさい。
- ② ソレノイド内部の磁束密度 B [T] を式で表しなさい。
- ③ ソレノイド内部の磁束 Φ [Wb] を式で表しなさい。
- ④ ソレノイドの自己インダクタンス L [H] を式で表しなさい。

7

次の文中の の中に当てはまる式、または語句を書きなさい。また、末尾の設問に答えなさい。

- (1) 放射線には物質を (ア) する能力の小さい方から、 α 線、 β 線、 γ 線と 3 種類のものがある。 α 線は 1 気圧の空气中を数 cm 走ると完全に透過力を失う程物質に吸収されやすいものであり、この粒子は (イ) の原子核であることがわかっている。 β 線は (ウ) または (エ) での曲げられ方と、その比電荷の測定から、 (オ) であり、一方、 γ 線は (ク) や (ケ) で曲げられず、波長のごく短い (カ) であることが判明した。ラザフォードとソディーは、放射性元素は (キ) を放出するとともに、新しい元素に変わるという放射性元素の崩壊説を提唱した。また α 線を出して変わる場合は α 崩壊、 β 線を出す場合は β 崩壊と呼ばれる。

α 崩壊では、質量数が (ク) 減少し、 (ケ) が 2 (コ) する。 β 崩壊では、質量数は変わらず、 (ケ) が 1 (サ) する。

初め存在した放射性原子の数が、その (シ) の値になるまでの時間は半減期と呼ばれる。初め存在した放射性原子の数を N_0 とし、 t 時間の後に崩壊しないで残っている原子の数を N 、半減期を T とすると

$$\frac{N}{N_0} = \text{ (ス) }$$

が成り立つ。

- (2) ^{238}U の半減期が 4.47×10^9 年である場合、1.0 g の ^{238}U が 0.25 g になるのに何年かかるか。

8

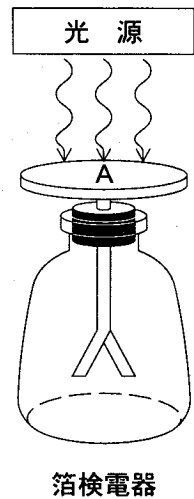
次の各問に答えなさい。

- (1) 図のように、負に帯電した箔(はく)検電器の上にきれいにみがいた金属板 A をのせ、ナトリウムランプ光源から黄色の光(波長 $5.9 \times 10^{-7} \text{ m}$)を金属板 A にあてると、箔が閉じた。真空中の光の速度を $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ としたとき、以下の各問に答えなさい。

- ① 金属板 A は表の金属の 1 つからできている。金属板 A の金属は何か。正しいものを選んで、解答用紙に書きなさい。さらに、金属板 A の仕事関数 [J] を算出なさい。

金 属	限界振動数 [Hz]
タングステン (W)	1.1×10^{15}
亜鉛 (Zn)	8.8×10^{14}
セシウム (Cs)	4.6×10^{14}

- ② 光をあてて、箔検電器の箔が閉じた理由を簡単に説明しなさい。
- ③ ナトリウムランプからの黄色の光の代わりに、紫外線(波長 $0.10 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$)あるいは赤外線(波長 $8 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 5000 \times 10^{-7} \text{ m}$)を金属板 A にあてた場合、箔が閉じるのはどちらか。正しいものを選んで解答用紙に書きなさい。



(2) 光(X線も含める)について以下の各問に答えなさい。

- ① 波動性を示す現象や実験は何か。下の解答群(a)~(h)の中から正しいものを2つ選んで、解答用紙に書きなさい。
- ② 粒子性を示す現象や実験は何か。下の解答群(a)~(h)の中から正しいものを2つ選んで、解答用紙に書きなさい。

①, ②の解答群

- | | |
|---------------------|------------------|
| (a) 光電効果 | (b) ミリカンの実験 |
| (c) トムソンの実験(比電荷の測定) | (d) ブラッグ反射 |
| (e) 万有引力 | (f) 干渉現象(ヤングの実験) |
| (g) 核分裂・連鎖反応 | (h) コンプトン効果 |