

平成 26 年 度

問題冊子

教 科 科 目	ページ数
理 科 物 理	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかはいっさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙 4 ページ目の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙 1 ページ目、3 ページ目、5 ページ目に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

〔I〕

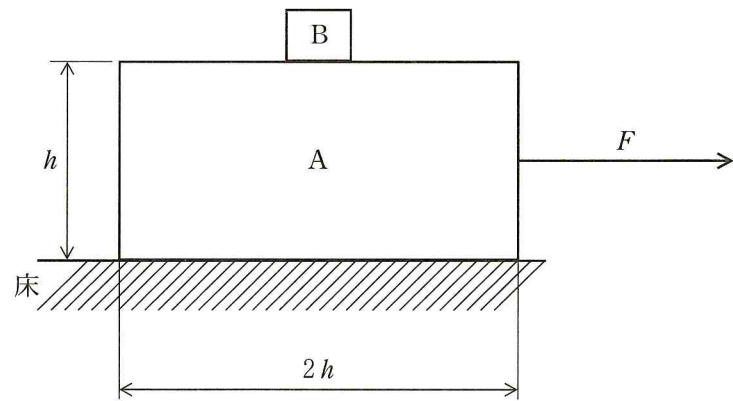


図 1

図 1 のように床の上に、直方体のブロック A がある。その上に、A と比べて十分に小さく、大きさの無視できるブロック B が置かれている。A の質量は M [kg]、B の質量は m [kg] とし、A の高さは h [m]、長さは $2h$ [m] とする。また、初期状態として B は A の上面の中央に置かれている。床と A の間の摩擦は無視できるものとし、A と B との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。以下の 2 つの実験について答えなさい。ただし、重力加速度は g [m/s²] とする。

(実験 1)

力がかかっていない状態から、A を引く力 F [N] を一定の割合で上げていった。すると、途中までは A と B は一体として動き、その後は別々に動いた。

- (1) ある大きさの力 F_0 [N] までは、A と B が一体として動き続けた。 F_0 の大きさを求めなさい。
- (2) A と B が別々に動き出したのちに、B に働く摩擦力 f [N] の大きさを求めなさい。また、その向きを解答欄に図示しなさい。
- (3) 引く力 F [N] を横軸に、B に働く摩擦力 f [N] を縦軸にとり、 F と f の関係を図示しなさい。ただし、各軸に(1)、(2)で求めた値を示しなさい。

(実験2)

図1の静止状態にあるAを(1)で求めた力よりも大きい一定の力 F_1 [N]で引き始めた。このときの時刻を0とし、 F_1 [N]の力をかけた方向に x 軸の正の方向を取って、時刻0のときの位置を原点とする。ある時刻 T_1 [s]までは、BはAの上を滑っていた。

- (4) Aの加速度を求めなさい。
- (5) Bの加速度を求めなさい。
- (6) BがAから落ちる時刻 T_1 [s]を求めなさい。
- (7) 図1においてBが落下するのは、Aの右端か、左端か答えなさい。

BはAから放物線を描いて床に落下した。時刻 T_1 [s]において、(7)で答えたAの端とBの x 軸上の地点を O_1 とする。

- (8) 落下中に空気抵抗を受けないと考えた場合、Bの速度の x 成分について向き(右向きか、左向き)とその大きさを求めなさい。
- (9) Bが床に落下した地点の、 O_1 からの距離を求めなさい。
- (10) Bが床に落下した時刻における、(7)で答えたAの、端の O_1 からの距離を求めなさい。

〔Ⅱ〕 図2のように、点 a, b, c, d を頂点とする正三角すいの各辺に $R[\Omega]$ の抵抗が接続された電気回路に、起電力 $V_0[V]$ の電池 E_1, E_2 , スイッチ S_1, S_2 , 電流計 A_1, A_2 を接続した。各抵抗に流れる電流を $I_1[A], I_2[A], \dots, I_6[A]$ とする。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、電池および電流計の内部抵抗は無視できるものとする。

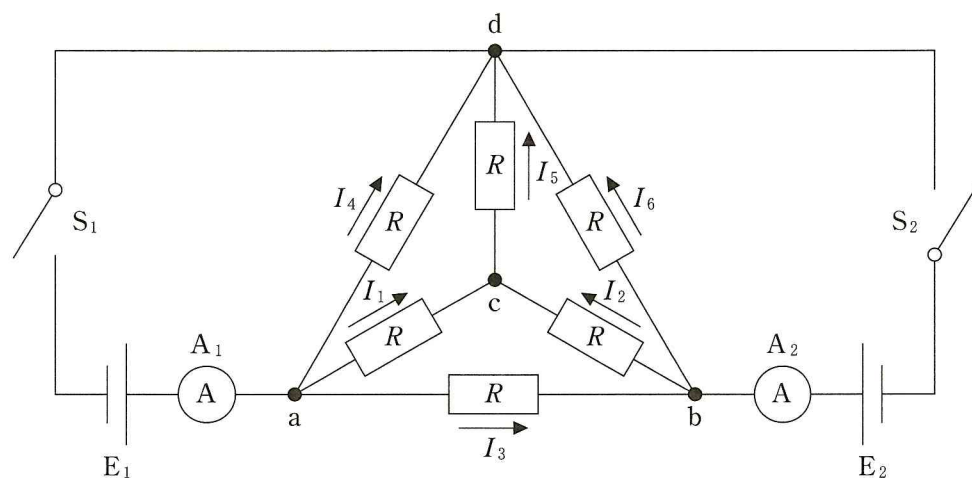


図 2

- (1) 最初に、 S_1 を閉じて、 S_2 を開いた状態にする。
 - ① 点 d に対する点 c の電圧 $V_{dc}[V]$ を、 $I_5[A]$ を用いて示しなさい。
 - ② $I_1[A], I_4[A], I_5[A], V_0[V]$ の間には、どのような関係が成り立つかを示しなさい。
 - ③ 点 c に対する点 b の電圧 $V_{cb}[V]$ を求めなさい。
 - ④ A_1 を流れる電流 $I_{01}[A]$ の大きさを求めなさい。
 - ⑤ 点 a と点 d の間の合成抵抗 $R_{ad}[\Omega]$ を示しなさい。
- (2) S_1 および S_2 をともに閉じた状態で、 A_2 を流れる電流 $I_{02}[A]$ の大きさと向きを求めなさい。
- (3) すべての抵抗を電気容量 $C[F]$ のコンデンサーに置き換えたとき、点 a と点 d の間の合成電気容量 $C_{ad}[F]$ を求めなさい。

- (4) コンデンサーの接続を(3)の状態のままとする。S₁ および S₂ を閉じて、十分な時間が経過したとき、点 c と点 d の間にあるコンデンサーの電気量 Q_{cd} [C] を求めなさい。

〔Ⅲ〕 移動することのできる音源 S および観測装置 O を使い、音波について以下の観察実験を行った。音源 S の発する音波は正弦波をなし、その振動数を f (Hz)、音速を V (m/s) とする。また、音波が伝わる間および反射の後、振幅は一定であるとする。以下の問いに答えなさい。

(実験 1)

音源 S が S_0 の位置で音波を発し、観測装置 O が O_0 の位置で静止している。

- (1) 観測装置によって観測する音波の周期を答えなさい。
- (2) 観測装置によって観測する音波の波長を答えなさい。

(実験 2)

音源 S が音波を発しながら観測装置 O の向きに速さ u (m/s) で近づいている。ただし、 $V > u$ とする。観測装置 O は O_0 の位置で静止している。

- (3) 時刻 0 に S_0 の位置にある音源 S が発生した音波が時刻 t (s) に観測装置 O に達したとき、 S_0 と O_0 との距離を答えなさい。
- (4) 時刻 t における音源 S の S_0 からの距離を答えなさい。
- (5) 時刻 0 から t の間に音源 S が発する音波の個数を答えなさい。ただし、音波 1 波長分を 1 個と数えることとする。
- (6) 観測装置 O が観測する音波の波長と振動数を答えなさい。

(実験 3)

観測装置 O が音源 S から速さ u (m/s) で遠ざかっている。ただし、 $V > u$ とする。音源 S は S_0 の位置で静止し音波を発している。

- (7) 時刻 0 に O_0 の位置にある観測装置 O が観測する音波の位相が 1 秒間に進む距離を答えなさい。
- (8) 観測装置 O が位置 O_0 から位置 O_1 へ 1 秒間で移動したとする。位置 O_0 と O_1 との距離を答えなさい。
- (9) 観測装置 O が 1 秒間に観測する波の個数を答えなさい。ただし、音波 1 波長分を 1 個と数えることとする。

(6) さらに入射する光の振動数を高くしていくと、ある振動数ですべての金属から電子が放出された。このとき最初に電子を放出した金属からの電子の最大運動エネルギーは、 h を用いてどのように表わされるか答えなさい。

(7) (6) のとき、光の強度を 2 倍にすると、最初に電子を放出した金属からの光電子の最大運動エネルギーはどのようになるか答えなさい。

〔V〕 選択問題

光は電磁波としての波動性を持つとともに、ある一定のエネルギーを持った光子と呼ばれる粒子としての性質をあわせ持つ。このことを20世紀の初めにプランクやアインシュタインが認識し、光量子説と呼ばれるようになった。この光量子説の誕生には と呼ばれる現象が大きな役割を果たした。 とは、よくみがかれた金属の表面に光を当てると電子が金属から飛び出てくる現象である。電子を金属から取り出すには仕事が必要であり、その仕事の最小値 W [J] は金属ごとに決まっており、仕事関数と呼ばれる。表1は3種類の金属の仕事関数の値を示すものである。ただし、プランク定数を h [J・s] とする。また、真空中での光の速さを 3.00×10^8 [m/s] とする。以下の問いに答えなさい。

表1

金属	仕事関数
a	$5.32 \times 10^{14} \times h$ [J]
b	$6.07 \times 10^{14} \times h$ [J]
c	$9.46 \times 10^{14} \times h$ [J]

- に当てはまる語句を書きなさい。
- 振動数 ν [Hz] の光について1個の光子が持つエネルギー E [J] はいくらか答えなさい。
- これらの金属に単色光を照射したとき、はじめすべての金属から電子が放出されなかった。そこから光の振動数を徐々に高くしていったら、ある金属から電子が放出された。この金属はどれか、a, b, cの中から選びなさい。
- (3)のときの光の振動数を求めなさい。
- 引き続き入射する光の振動数を高くしていったら、2つ目の金属から電子が放出された。このときの光の波長を求めなさい。

(実験4)

図3のように右端に壁がある場所で音波を発する音源Sを、左方向または右方向に移動させている。観測装置Oが位置 O_0 に静止している。実験の間に音源Sは壁および観測装置Oの位置にいたらないとする。観測装置Oで音波を観測したところ、音源Sから直接受ける音波の振動数は500 Hz、壁で反射した音波の振動数は400 Hzであった。

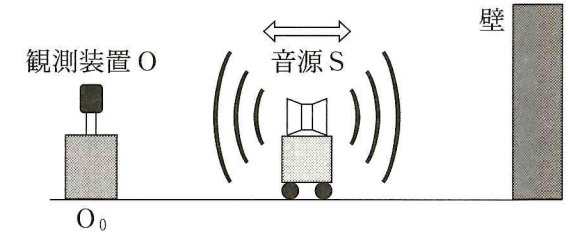


図3

- 音源Sの移動方向は壁の方向(右)か、観測装置の方向(左)か答えなさい。
- 音源Sで発する音波の振動数を3桁の精度で答えなさい。
- 音源Sから直接受ける音波の波形を0秒から0.02秒の間で図示しなさい。ただし、振幅を1とし、時刻0の変位を0、その直後変位は増加するものとする。
- 壁で反射した音波の波形を0秒から0.02秒の間で図示しなさい。ただし、振幅を1とし時刻0の変位を0、その直後変位は増加するものとする。
- 音源からの音波および壁で反射した音波の合成波の波形は図4の(a)~(d)のいずれになるか答えなさい。

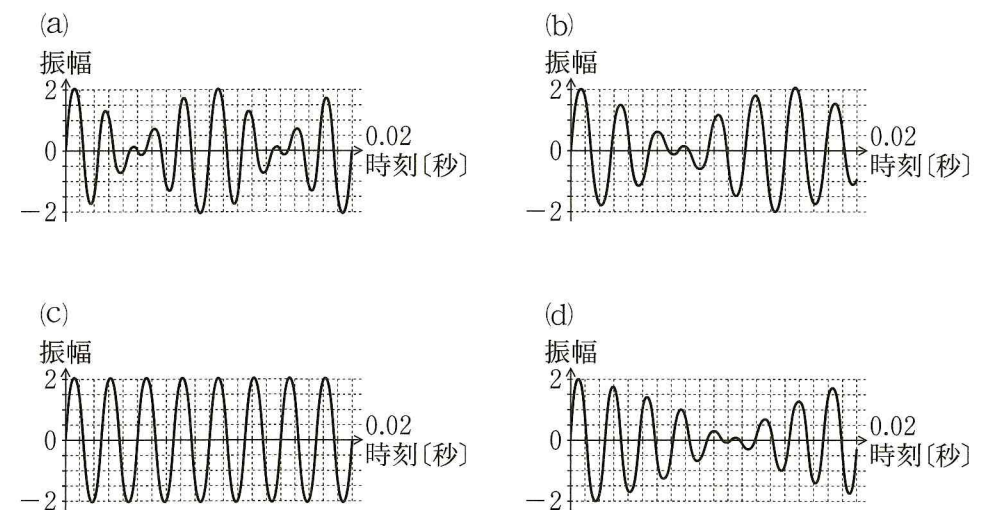


図4

〔Ⅳ〕 選択問題

単原子分子からなる n [mol] の理想気体が図 5 のように、鉛直に置かれたシリンダー内に閉じ込められている。シリンダー上部はピストンでふさがれており、ピストンの質量は M [kg]、断面積は A [m²] である。初期状態においてピストンは固定されており、気体の体積は V_0 [m³]、温度は T_0 [K] であった。その後ピストンの固定が解除されると、しばらく振動した後、静止した。ピストンはなめらかに動くとし、またシリンダーとピストンの熱容量は無視できるとする。気体は断熱変化したとして、平衡状態における気体の状態について、以下の問いに答えなさい。

ただし、気体定数を R [J/(mol·K)]、この理想気体の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ [J/(mol·K)]、重力加速度を g [m/s²]、シリンダー外部の気圧を P_0 [Pa] とする。

- (1) 平衡状態における気体の圧力 P [Pa] を求めなさい。
- (2) 平衡状態における気体の温度を T [K] とおく。初期状態から平衡状態に至るまでの気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J] を T を用いて書きなさい。
- (3) 平衡状態における気体の体積を V [m³] とおく。初期状態から平衡状態に至るまで、気体が外部からされた仕事 W [J] を V を用いて書きなさい。
- (4) 熱力学第 1 法則に基づき、 T と V の関係を求め、 T を V を用いて書きなさい。
- (5) 理想気体の状態方程式に基づき、 T を V を用いて書きなさい。
- (6) 上記(4)(5)の結果より、 V 、 T を求めなさい。

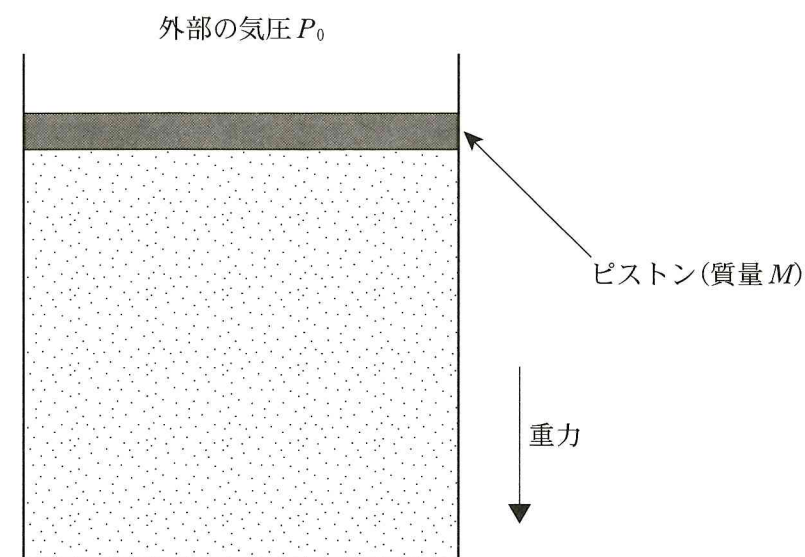


図 5