

平成 30 年度入学試験問題(後期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、①から④までの4問題が印刷されていて、合計10ページである。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA-1～A-4を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

- 1 図1のように、長さ10 m、質量100 kgの一様な板 CD が、三角柱形状の支柱 A、B によって水平に支えられている。板 CD の上には質量60 kgの人が乗っており、板の中心線上を移動する。支柱 A、B が板 CD から受ける力の大きさをそれぞれ R_A [N]、 R_B [N] とする。板 CD や支柱 A、B は剛体とし、人は質点とみなす。また、力のモーメントのつりあいを考える際、板 CD の厚さは無視してよい。

以下の問いに答えなさい。答えに小数を含む場合は、小数点以下2桁目を四捨五入して答えなさい。重力加速度の大きさは 10 m/s^2 とする。

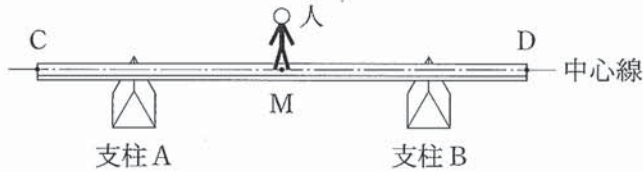


図1

まず、図2で示す位置に、支柱 A、B がある状態を考える。

- 問1 人が板 CD の中点 M に立っているときの R_A 、 R_B を答えなさい。

- 問2 続いて、人が板 CD の中心線上をゆっくりと支柱 A の真上まで歩いて静止した。このときの R_A 、 R_B を答えなさい。

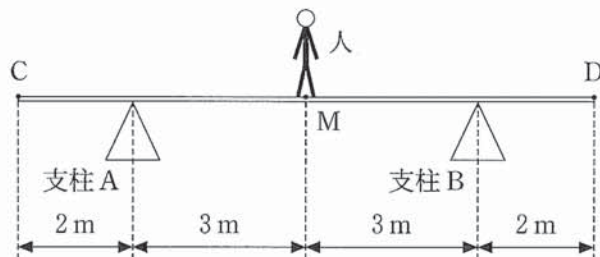


図2

次に、人が中点 M まで戻り、図 3 のように支柱 A の位置をゆっくりずらした。

問 3 このときの R_A , R_B を答えなさい。

問 4 さらに、人がゆっくりと C 端に向かって歩いていると、支柱 B から板 CD がわずかに浮き上がった。板 CD が浮き上がった瞬間の R_A , R_B を答えなさい。また、このときの人の位置と C 端との距離を答えなさい。

問 5 人が中点 M まで戻り、さらに板 CD の中心線上で支柱 B の真上の位置におもりをのせた。その後、人が C 端に向かってゆっくりと歩く。人が C 端に到達するまで板 CD が浮き上がらないようにするためには、何 kg 以上のおもりをのせる必要があるか答えなさい。なお、おもりは質点とみなす。

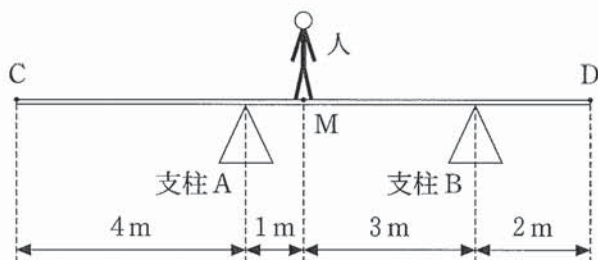


図 3

2

問 1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

振動によって音を発生させる物体を ① という。太鼓をたたくと、太鼓の膜の振動によって空気が振動し、空気の圧力の高い部分と低い部分が交互に繰り返されて進行する ② ができる。媒質を伝わるこのような ② を音波という。

音を特徴づけるものに、高さ、大きさ、音色があり、これらを ③ という。音の高さは、音波の ④ によって決まり、④ が ⑤ ほど高くなる。人が聞くことのできる ④ の範囲はおよそ ⑦ ~ ① ⑨ である。音の大きさは、同じ ④ の音で比べると、音波の ⑥ が ⑦ ほど大きくなる。音色の違いは主に音波の ⑧ の違いによって生じる。

- (1) ① から ⑧ に入る適切な語句を答えなさい。ただし、同一番号には同一語句が入るものとする。
- (2) ⑦ と ① に入る適切な数値を下の数値群の中から選び、(a)から(h)の記号で答えなさい。また、⑨ に入る適切な単位を答えなさい。

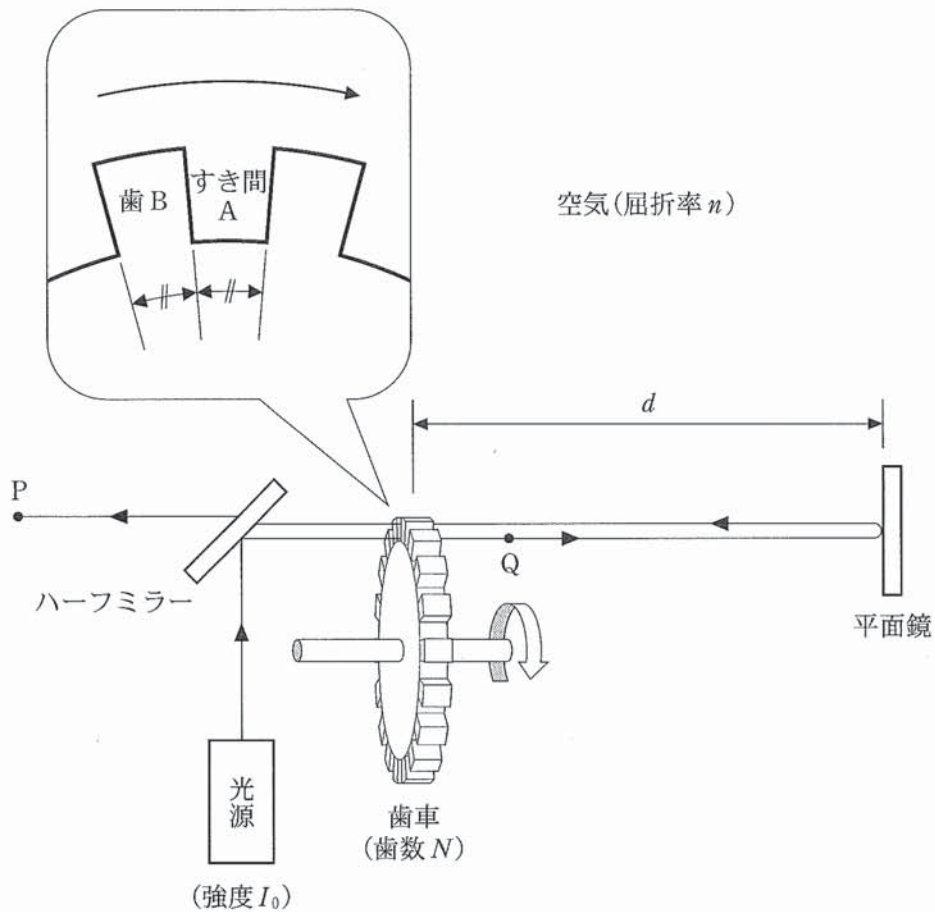
【数値群】

(a) 0.2	(b) 2	(c) 20	(d) 200
(e) 2 000	(f) 20 000	(g) 200 000	(h) 2 000 000

問 2 図のように、地上の実験で最初に光速を測定したフィゾーの実験と同様の装置が、屈折率 n の空気中に置かれている。歯車の歯数は N であり、歯の大きさとすき間の大きさは等しい。歯車の厚さは無視する。光源から出る光は平行光線であり、その太さは歯車の歯およびすき間の大きさに比べて無視できるほど小さく、その強度 I_0 は時間に関係なく一定である。ハーフミラーは、入射光の半分の強度の光を透過し、同じく入射光の半分の強度の光を反射する鏡である。平面鏡は歯車から距離 d [m] の位置に置かれており、入射光と同じ強度の光を反射する。光の干渉および散乱による効果は無視できるものとする。

光源を出てハーフミラーで反射された光は、歯車のすき間を通過するか、もしくは歯にさえぎられる。そのため、歯車が一定の回転数 f [回/s] で回転しているとき、位置 Q において、歯車から平面鏡に向かって進む光の強度 I_Q は周期的に変化する。 f が小さいとき、あるすき間 A を通過した光は平面鏡で反射され、戻ってきた光の大部分は同じすき間 A を通過し、さらにハーフミラーを透過して位置 P に到達したが、一部はすき間 A の隣にある歯 B にさえぎられた。 f を大きくしていくと、ある回転数 f_1 [回/s] のとき、平面鏡で反射されて戻ってきた光はすべて歯 B にさえぎられ、位置 P に全く到達しなくなった。さらに f を大きくすると、再び位置 P に光が到達し始めた。

真空中の光速を c [m/s] として、以下の問いに答えなさい。



- (1) 歯車を通過した光が平面鏡で反射されて歯車に戻ってくるまでの光路長を答えなさい。
- (2) 光が歯車と平面鏡の間を1往復するのにかかる時間を答えなさい。
- (3) 位置Pに光が全く到達しなくなったとき、光が歯車と平面鏡の間を1往復する間に歯車は角度 θ [°] だけ回転していた。 θ を、 N を用いて答えなさい。また、このときの歯車の回転数 f_1 を、 c 、 N と必要な記号を用いて答えなさい。
- (4) $d = 7450$ m、 $N = 100$ で実験を行ったところ、 $f_1 = 100$ 回/sの結果を得た。この結果から求められる真空中の光速 c を有効数字3桁で答えなさい。ただし、 $n = 1.00$ とする。

- (5) I_Q の最大値と最小値を答えなさい。また、 I_Q の時間平均 $\overline{I_Q}$ を答えなさい。
- (6) 歯車の回転数を $f = 2f_1$ としたとき、位置 P における光の強度 I_P の時間平均 $\overline{I_P}$ を答えなさい。

3 次の文の の中にあてはまる式あるいは数値を答えなさい。ただし、温度は小数点以下1桁目を四捨五入して答えなさい。

問1 単原子分子からなる1 molの理想気体が、絶対温度 T で圧力 p 、体積 V の状態にある。この気体を持っているエネルギーを微視的な視点から考えてみる。分子1個の質量を m 、アボガドロ定数を N 、分子の速さの2乗の平均値を $\overline{v^2}$ と表すことにする。この気体分子の持っている運動エネルギーの総和は、1個の分子の運動エネルギーの平均値の総和であると考え、運動エネルギーの総和 E は、 $\overline{v^2}$ と必要な記号を用いて表すと、

$$E = \text{ (1)}$$

となる。

一方、気体分子1個の運動エネルギーの平均値を ϵ とすると、気体分子運動論より圧力 p および体積 V の間には次の関係式が成り立つ。

$$pV = \frac{2}{3} N\epsilon$$

これをボイル・シャルルの法則と比較すると、 ϵ は (2) のみの関数となることがわかる。

ところで、理想気体においては、分子間に働く力による位置エネルギーは無視できる。したがって、理想気体の内部エネルギー U は、 ϵ と必要な記号を用いて表すと、

$$U = \text{ (3)}$$

となる。

問 2 図に示すように、断熱壁で囲まれた容器がある。容器の内部は、固定された断熱性の仕切り板によって等しい容積部分 A と B に区切られている。ただし、仕切り板の体積は無視できる。

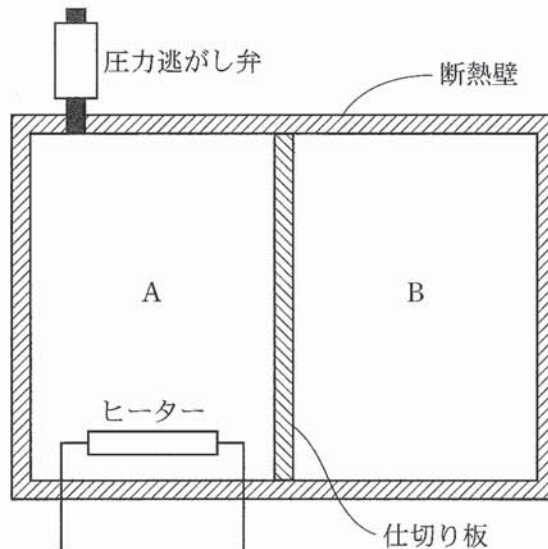
A と B には、 $T = 300 \text{ K}$ 、 $p = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態で、単原子分子からなる理想気体がそれぞれ 1.0 mol ずつ入っている。

A にはヒーターと圧力逃がし弁が取り付けられている。ヒーターは A の気体を均一に加熱することができる。また、圧力逃がし弁は、圧力が $1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ に達すると気体を外部に放出することで、A の圧力が $1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ を超えないように動作する。容器の外部から容器内部に気体が流入することはない。

A の気体を加熱すると、ある温度になった時に気体が放出され始める。この時の温度は K である。

次に A の中の気体を 500 K になるまでさらに加熱した。この時の容器 A の中に残る気体の物質量は mol である。

最後に、気体をもらすことなく仕切り板を取り除き、両方の気体を混合させた。十分に時間が経過し、気体がよく混合した後の気体の温度は K である。



- 4 電池 E により供給される電圧 V から、それより高い電圧や低い電圧を得る目的で、いずれも電気容量が C であるコンデンサー C_1 , C_2 , およびア-1からイ-2までの4つのスイッチを用いて回路をつくる。

初めに図1のように接続した。このときすべてのスイッチが開いていて、2つのコンデンサーに蓄積された電気量は0とする。

- (1) 2つのスイッチア-1, ア-2を閉じて十分に時間が経過した後の、コンデンサー C_1 , C_2 に蓄えられる電気量 Q_1 , Q_2 をそれぞれ C , V を用いて表しなさい。
- (2) (1)の状態から2つのスイッチア-1, ア-2を開き、その後2つのスイッチイ-1, イ-2を閉じた。図1の点Aに対する点Bの電位 V_{BA} がいくらかになるか答えなさい。

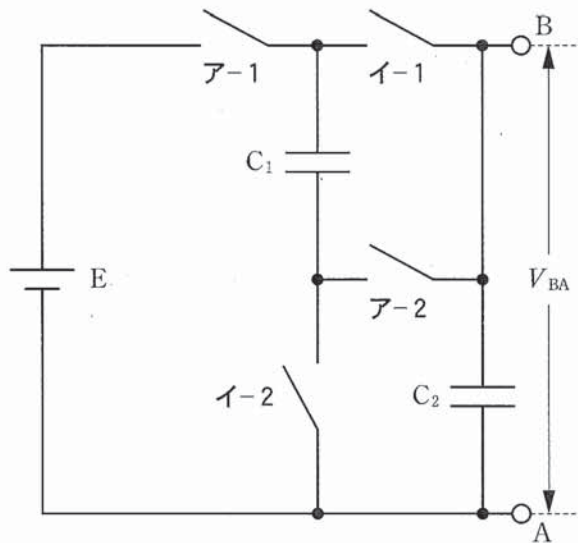


図1

次に、コンデンサー、電池、スイッチを図2のようにつなぎかえた。このときすべてのスイッチが開いていて、2つのコンデンサーに蓄積された電気量は0とする。

(3) 2つのスイッチア-1、ア-2を閉じて十分に時間が経過した後の、コンデンサー C_1 、 C_2 に蓄えられる電気量 Q_1 、 Q_2 をそれぞれ C 、 V を用いて表しなさい。

(4) (3)の状態から2つのスイッチア-1、ア-2を開き、2つのスイッチイ-1、イ-2を閉じた。十分に時間が経過した後、図2の点Aに対する点Bの電位 V_{BA} がいくらになるか答えなさい。

(5) (4)の状態から2つのスイッチイ-1、イ-2を開き、2つのスイッチア-1、ア-2を閉じて十分に時間が経過した後、再び2つのスイッチア-1、ア-2を開き、2つのスイッチイ-1、イ-2を閉じた。十分に時間が経過した後、図2の点Aに対する点Bの電位 V_{BA} はいくらになるか答えなさい。

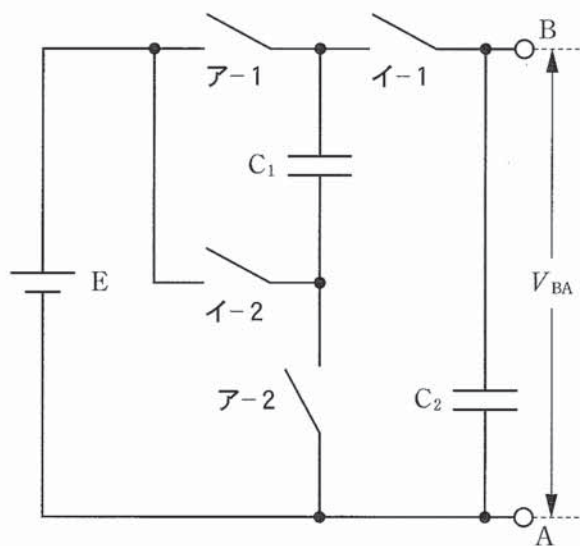


図2