

## 令和2年度入学者選抜試験問題

# 物理基礎・物理（前期日程）

### （注意事項）

1. 試験開始までに表紙の注意事項をよく読んでください。
2. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
3. 試験開始の合図があったら、すぐに用紙の種類と枚数を確かめ、受験番号をすべてに記入してください。

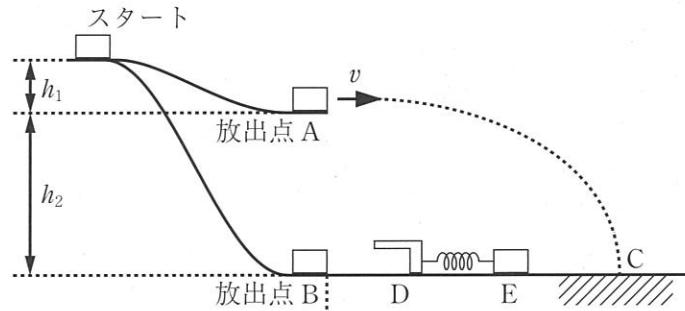
● 表 紙	1 枚
● 物理基礎・物理その 1	1 枚
● 物理基礎・物理その 2	1 枚
● 物理基礎・物理その 3	1 枚
4. 配布された用紙の種類や枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 試験終了後、全ての用紙を回収します。
6. 問題の中で、（計算など）とあるところは計算、式、考え方など答えを導くのに必要なことを必ず書いてください。
7. 問題用紙の余白や裏面を草案に使用しても構いませんが、採点の対象にはなりません。

受験番号

問題1 図のように、質量  $m$  [kg] の物体を回転しないように滑らせて、滑り台から落下させる。滑り台のルートは放出点A, Bの2種類あり、A点はスタート点から  $h_1$  [m] 下にあり、水平に物体が放出される。放出された物体は、 $h_2$  [m] 落下したC点で着地した。一方、A点から鉛直方向  $h_2$  [m] 下にB点があり、水平面上に物体が放出される。さらにB点とC点の間に置かれたバネ（自然長  $l_0$  [m]、バネ定数  $k$  [N/m]）の両端に、それぞれ質量が  $m$  [kg] の物体DとEが固定され、なめらかな水平面上に静止して置かれている。B点から放出された物体はEDの延長線上に沿ってDに完全非弾性衝突し、Dと一緒に運動した。以下の間に答えよ。ただし、バネの質量および滑り台と物体の間の摩擦は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

(1) A点から物体が放出されたときの速さ  $v$  を求めよ。

(計算など)



図

(2) B点とC点の間の距離を求めよ。

(計算など)

答 \_\_\_\_\_

(3) B点から放出された物体がDと衝突する直前の速さ  $u$  を求めよ。

(計算など)

答 \_\_\_\_\_

(4) 衝突後の任意の時刻におけるDとEの間の距離を  $l$  [m] として、Dの加速度  $a_D$  とEの加速度  $a_E$  を求めよ。ただし、加速度は右向きを正とする。

(計算など)

答 \_\_\_\_\_

(5) B点から放出された物体、D及びEの全体の重心をGとする。衝突後のGの加速度  $a_G$  を求めよ。

(計算など)

答  $a_D$  :

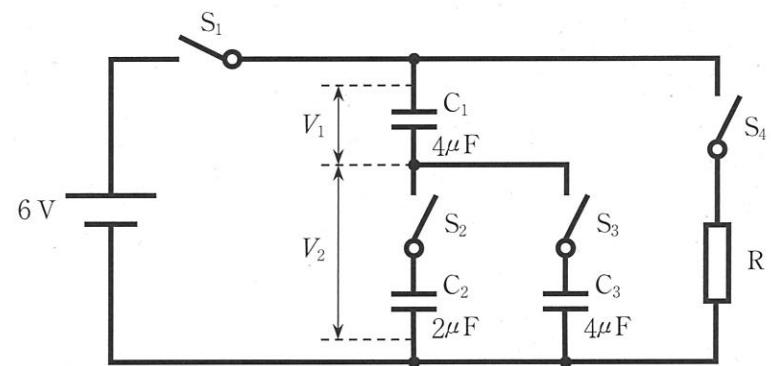
$a_E$  :

答 \_\_\_\_\_

受験番号
_____

小計
_____

問題2 図のように、直流電源とコンデンサーと抵抗とスイッチからなる回路がある。各コンデンサーの電気容量は図示されている。初めの状態ですべてのスイッチは開いており、すべてのコンデンサーは電荷を蓄えていないものとする。



図

- (1) スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を閉じて十分時間が経過したとき、コンデンサー  $C_1$  および  $C_2$  に蓄えられている電気量を求めよ。  
(計算など)

答  $C_1$  の電気量 : $C_2$  の電気量 :

- (2) 問(1)の状態における電圧  $V_1$  および  $V_2$  を求めよ。  
(計算など)

答  $V_1$  : $V_2$  :

- (3) 問(1)の状態からスイッチ  $S_2$  を開く。このとき  $C_1$  には電荷が残っている。つづいてスイッチ  $S_3$  を閉じて十分時間が経過したときのコンデンサー  $C_1$  および  $C_3$  に蓄えられている電気量を求めよ。  
(計算など)

答  $C_1$  の電気量 : $C_3$  の電気量 :

- (4) 問(3)の状態における電圧  $V_1$  および  $V_2$  を求めよ。  
(計算など)

答  $V_1$  : $V_2$  :

- (5) 問(3)の状態から  $S_1$  を開き、つづいて  $S_4$  を閉じるとする。十分時間が経過するまでに抵抗  $R$  で発生したジュール熱を求めよ。  
(計算など)

答 \_\_\_\_\_

受験番号
_____

小計
_____

問題3 図1のように、1辺の長さが $L$ の立方体の容器に、絶対温度 $T$ の希薄な单原子分子の理想気体が入っている。容器の中には質量 $m$ の気体分子が $N$ 個含まれており、気体分子と容器の壁との衝突は完全弾性衝突であるとする。次の空欄にあてはまる式を答えよ。

1個の分子の $x$ 軸に沿った方向の速さを $v_x$ とすると、この分子が $x$ 軸に垂直な面に衝突したとき、容器の壁が受ける力積は (ア) である。他の分子との衝突を考えないことにすれば、壁との衝突によって運動量の大きさは変化しないことから、この分子はこの壁と単位時間あたり (イ) 回衝突する。ゆえに、壁がこの1個の分子によって単位時間に受ける力積は (ウ) となる。個々の分子の $v_x^2$ は異なるが、すべての分子の $v_x^2$ の平均を $\overline{v_x^2}$ とすると、壁が気体分子全体から受ける平均の力は (エ) と表される。圧力 $p$ は (エ) を壁の面積で割ったものに等しく、容器の体積を $V$ とすると (オ) となる。 $y$ 軸方向および $z$ 軸方向の速度成分を $v_y$ ,  $v_z$ とすれば、この分子の速度 $v$ と $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$ には、 $v^2 = (カ)$  の関係がある。いま、すべての分子は、特定の方向にかたよることなく運動するから、 $v_x^2$ ,  $v_y^2$ ,  $v_z^2$ の平均 $\overline{v_x^2}$ ,  $\overline{v_y^2}$ ,  $\overline{v_z^2}$ の間には、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ の関係が成り立つ、 $\overline{v_x^2}$ は $v^2$ の平均 $\overline{v^2}$ を用いて (キ) と表せる。したがって、圧力 $p$ は (ク) と求めることができる。また、気体定数を $R$ 、アボガドロ数を $N_A$ とすると、理想気体の状態方程式は、 $pV = (ケ)$  と表せることから、この気体分子1個あたりの平均運動エネルギーは (コ) となる。

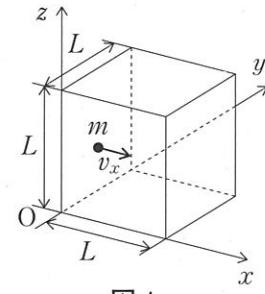


図1

答 (ア) \_\_\_\_\_ (イ) \_\_\_\_\_ (ウ) \_\_\_\_\_ (エ) \_\_\_\_\_ (オ) \_\_\_\_\_  
 (カ) \_\_\_\_\_ (キ) \_\_\_\_\_ (ク) \_\_\_\_\_ (ケ) \_\_\_\_\_ (コ) \_\_\_\_\_

問題4 図2のように、前方のみに音波を発する2台のスピーカーAとB、および反射板Rを $x$ 軸上に配置した。AとBを同じ発振器に同じ極性でつなぎ、同位相で振動させた。原点に固定されたAとBが発する音波の波長を $\lambda$ 、音速を $V$ とする。以下の間に答えよ。ただし、 $\lambda$ と比べてスピーカーの寸法は十分に小さいものとする。また、Rの位置座標 $d$ は $\lambda$ の数倍程度の大きさだとする。Rでの反射は固定端反射だとする。

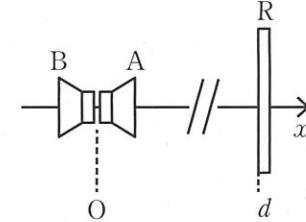
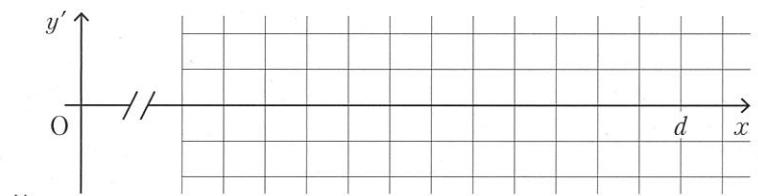
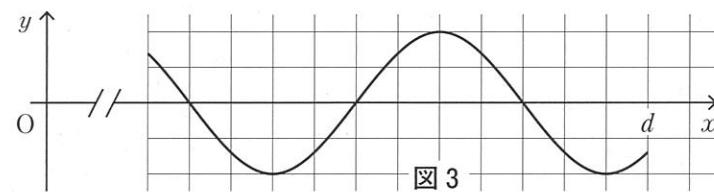


図2

(1) Aから発して $x$ 軸の正方向に進む音波のある時刻におけるR近傍での様子を図3に示す。ここで、各点における媒質の $x$ 軸方向の変位を $y$ におきかえて表示している。同時刻における反射波による媒質の変位 $y'$ と入射波による媒質の密度 $n$ の変化 $\Delta n$ の様子をグラフに描け。



答 \_\_\_\_\_

(2) Aから発してRで反射した音波と、Bから発して $x$ 軸の負方向に進む音波が強め合うときの $d$ を $\lambda$ と自然数 $m$ を用いて表せ。

(計算など) \_\_\_\_\_

答 \_\_\_\_\_

(3) Aのみを音速よりも小さな速さ $v$ でRへと近づけるとき、 $x$ 軸上のBよりも左側にいる観察者が聞くうなりの振動数を求めよ。

(計算など) \_\_\_\_\_

答 \_\_\_\_\_

受験番号
_____

小計
_____