

## 平成25年度入学試験問題

# 理 科

### 注 意

1. 問題冊子は、物理：1～6ページ，化学：7～10ページ，生物：11～18ページである。問題冊子は、指示があるまで開かないこと。
2. 解答紙は計3枚で、物理：1枚，化学：1枚，生物：1枚である。
3. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ2カ所に受験番号を記入すること。
4. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に×印を大きく2カ所記入すること。
5. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
6. 解答は、黒色鉛筆(シャープペンシルも可)を使用し、すべて所定の欄に記入すること。欄外および裏面には記入しないこと。
7. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙の順番をそろえること。
8. 下書き等は、問題冊子の余白および草稿用紙を利用すること。
9. 解答紙は持ち帰らないこと。

# 物 理

〔1〕 次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

軽い材料で図1のような半径  $R$  [m] の車輪を作る。この車輪の一つの直径には図1のように直径上の任意の点に留められるようなおもり (質量  $m$  [kg]) が付けられている。車輪およびおもりが取り付けられている棒はおもりに比べて非常に軽いため質量は無視できる。したがって、このおもりの位置がこの装置  $W$  の重心の位置である。また、おもりの大きさは  $R$  に比べて十分小さいため無視できる。重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

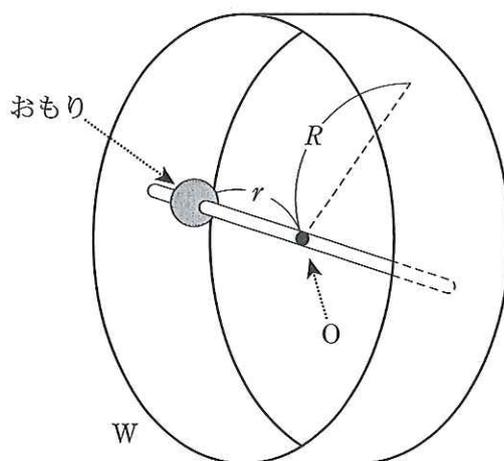


図1

あらい水平な床にこの装置  $W$  が置かれている (図2)。 $W$  の中心  $O$  を通る水平面と車輪との右側の交点を  $A$  とする。おもりと中心  $O$  を結ぶ線と線分  $OA$  のなす角を  $\theta$  [°] とする ( $-180^\circ < \theta \leq 180^\circ$  : 反時計回りを正とする)。はじめ、図2のようにおもりは  $R$  [m]、 $\theta = -30^\circ$  に取り付けられている。床と  $W$  の静止摩擦係数を  $\mu$  とする。

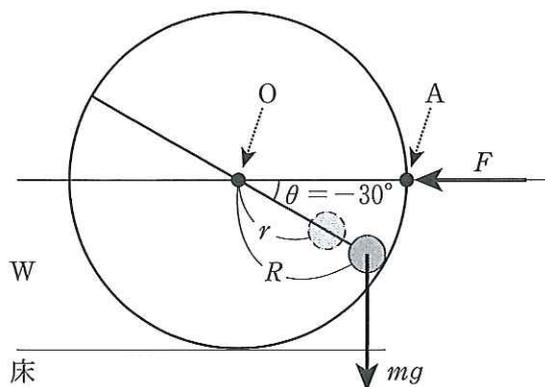


図2

- (1) 点Aに水平方向左向き之力  $F$  [N] を作用させる。W がすべらないための条件を、 $F$  [N],  $m$  [kg],  $g$  [m/s<sup>2</sup>],  $\mu$  を用いて表しなさい。
- (2) W がすべらずにつり合っただけで静止しているとき、 $F$  [N] の大きさを与えられた記号を用いて表しなさい。
- (3)  $\theta$  を固定したまま中心から  $r$  [m] におもりを移動させ、点Aに水平方向左向き之力  $F'$  [N] を作用させた。W はすべらず、つり合った状態で静止した。 $F'$  [N] の大きさを与えられた記号で表しなさい。

次に、図3のように、この装置Wを角度  $\alpha$  [°] ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) のあらい斜面上に置く。W の中心Oを通る水平面と車輪との右側の交点をAとする。おもりと中心Oを結ぶ線と線分OAのなす角を  $\theta$  [°] とする ( $-180^\circ < \theta \leq 180^\circ$  : 反時計回りを正とする)。

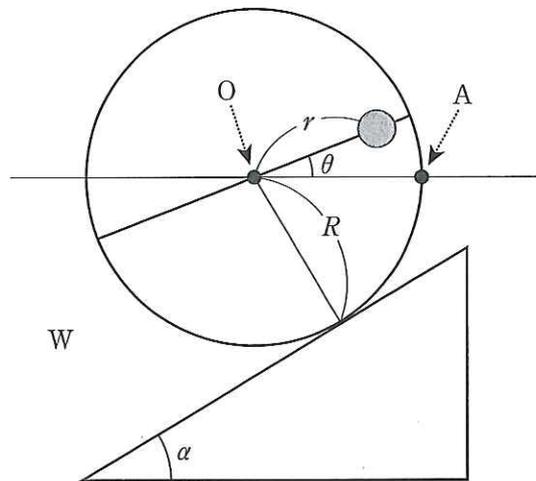


図3

- (4) 斜面とWの静止摩擦係数を  $\mu'$  とする。W がすべらないための条件を  $\mu'$  と  $\alpha$  [°] を用いて表しなさい。

以下では(4)の条件が常に満たされており、角度  $\alpha$  [°] の斜面上でWはすべらないものとする。

- (5) 中心Oから  $r$  [m], 任意の角度  $\theta$  [°] におもりがあるとき、Wにはたらく力のモーメントの総和  $N$  [N·m] を与えられた記号で表しなさい(左回り(反時計回り)を正とする)。
- (6) おもりの位置が  $r = R$  [m] の時、支えなしにWが斜面上で右にも左にも回転せず静止する  $\theta$  [°] の値が二つある。大きい方を  $\theta_1$  [°], 小さい方を  $\theta_2$  [°] とするとき、それぞれを  $\alpha$  [°] を使って表しなさい。
- (7) どんな  $\theta$  でも  $N$  [N·m] が正になる  $r$  [m] の条件を求めなさい。

〔2〕 次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

図4は1 molの単原子分子理想気体に関する状態図であり、縦軸が圧力[Pa]、横軸が体積[m<sup>3</sup>]を表している。この理想気体の状態をA→B→C→D→Aの順に、ゆっくりと変化させた。A→Bは断熱変化、B→Cは等温変化、C→Dは等積変化、D→Aは等圧変化である。各状態における圧力、体積は図のとおりである(縦軸、横軸の目盛のスケールは便宜的である)。以下で扱われる温度は絶対温度[K]のことである。気体定数をR[J/mol・K]とする。また単原子分子の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ [J/mol・K]とする。

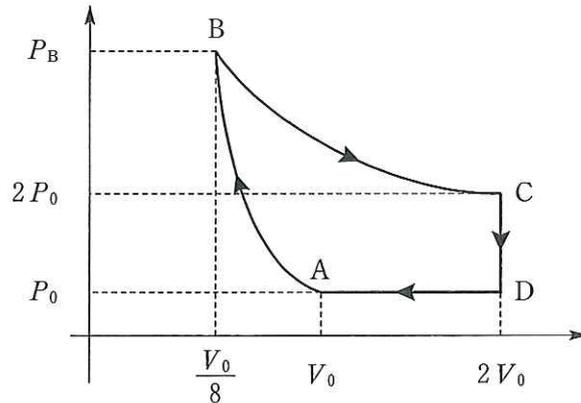


図4

- (1) 状態Bの圧力 $P_B$ [Pa]を与えられた記号で表しなさい。
- (2) A→B, B→C, C→D, D→Aの中で、吸熱過程はどれか。選択肢(ア)~(エ)から一つ選び、記号で答えなさい。
 

(ア) A→B	(イ) B→C
(ウ) C→D	(エ) D→A
- (3) ボールや自転車のタイヤに空気を入れるために右図のような道具(空気入れ)を使っているとき、その一部(シリンダーの下部)が熱くなることがある。これは、A→B, B→C, C→D, D→Aの中のどの過程に一番近い。選択肢(ア)~(エ)から一つ選び、記号で答えなさい。
 

(ア) A→B	(イ) B→C
(ウ) C→D	(エ) D→A
- (4) 右図のような蓋付きのお椀に入ったお吸い物を食べようとしたとき、蓋が開かず困ることがある。これに至る過程は、A→B, B→C, C→D, D→Aの中のどの過程に一番近い。選択肢(ア)~(エ)から一つ選び、記号で答えなさい。
 

(ア) A→B	(イ) B→C
(ウ) C→D	(エ) D→A
- (5) この1サイクルでの最低温度はいくらか。与えられた記号で答えなさい。



- (6) この1サイクルの間に、この気体が放出した熱量の合計  $Q_1$  を与えられた記号で表しなさい。ただし、 $Q_1$  は正とする。
- (7) このサイクルを熱機関と見たときの熱効率を  $e$  とする。このサイクルにおいて吸収した熱量  $Q(>0)$  を、 $e$  と(6)における  $Q_1$  を用いて表しなさい。

〔3〕 次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

図5のように、光源から出た単一波長 $\lambda$ [m]のレーザー光が反射体に照射されている。反射体は最初、静止している。反射体からの反射光はハーフミラー(光の一部を透過させ一部を反射する半透明の鏡)によって二つの光路に分けられ、最終的に図6のように同一のスクリーンにその法線に対して反対の方向から同じ角度 $\theta$ [°]で照射される。はじめの状態では、スクリーンの中心Oでの位相差は0である。光路は空気中であり、反射光は平面波とする。

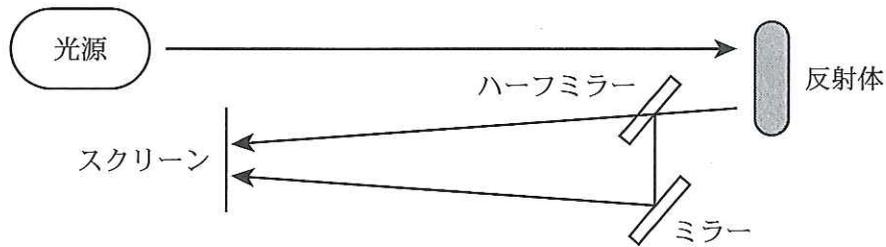


図5

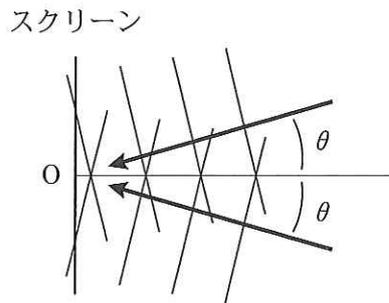


図6

- (1) スクリーン上で二つの光の山と山、谷と谷が干渉して強め合う干渉縞の間隔 $l$ [m]を $\theta$ [°]と波長 $\lambda$ [m]を使って表しなさい。

一方の光路に屈折率 $n$ の光学ガラス(長さ $L$ [m])を挿入した(図7)。

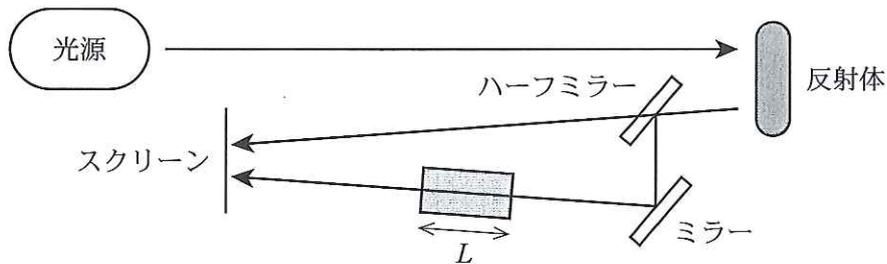


図7

- (2) スクリーンの中心 O での二つの光路の光学的光路差  $\Delta$  [m] はいくらか。  $n$  と  $L$  [m] を使って表しなさい。空気の屈折率は 1 とする。
- (3) このとき、スクリーン上の干渉縞の位置は光学ガラス挿入前とは異なっていた。(2) で求めた光学的光路差  $\Delta$  が、  $\Delta = (i + \delta)\lambda$  [m] ( $i$  は整数、  $0 \leq \delta < 1$ ) と書けるとき、光学ガラス挿入後の干渉縞の位置は挿入前の位置から見た目でどれだけ移動したか。  $\delta$ 、  $\lambda$  [m]、  $\theta$  [°] を使って表しなさい。

次に、反射体が光源に向かって等速直線運動を始めた(図 8)。このとき、反射光の波長が  $\lambda' = \frac{\lambda}{1 + \alpha}$  [m] ( $\alpha$  は定数) になった。

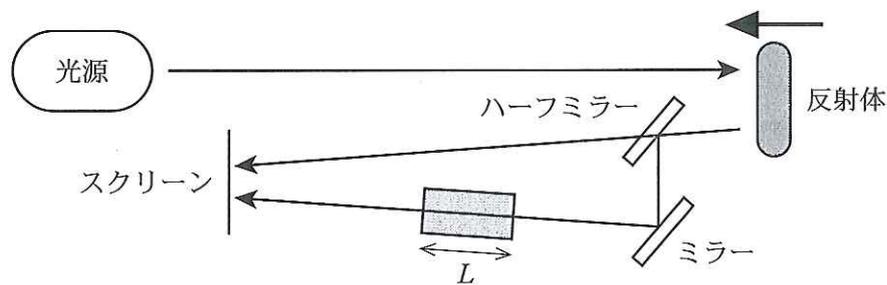


図 8

- (4) (2) で得られた光学的光路差  $\Delta$  を  $\lambda'$  を使って表すと、  $\Delta = (i + \delta + \delta')\lambda'$  [m] になった。  $\delta'$  を  $\alpha$ 、  $n$ 、  $L$  [m]、  $\lambda$  [m] を使って表しなさい。
- (5)  $\alpha = 10^{-5}$ 、  $n = 1.5$ 、  $\lambda = 5 \times 10^{-7}$  m、  $L = 5 \times 10^{-2}$  m のとき、反射体が運動しているときの干渉縞の位置は運動開始前の位置から(1)で求めた干渉縞の間隔  $l$  [m] のおよそ何倍、移動するか。選択肢(ア)~(エ)から一つ選び、記号で答えなさい。
- (ア) 見た目はほとんど移動しない                      (イ)  $l$  の 0.1 倍
- (ウ)  $l$  の 0.2 倍    (エ)  $l$  の 0.5 倍