

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

## 物理基礎・物理

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は 8 ページ，解答用紙は 4 枚である。指示があつてから確認すること。
3. 解答用紙の指定のところに解答のみを記入すること。問題文に指示のない限り，導出過程は必要ない。
4. 計算その他を試みる場合は，問題冊子の余白を利用すること。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが，問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔I〕

図 I—1 に示すように、質量  $m$  (kg) の小球 1 が、滑り台の高さ  $H$  (m) の位置から、初速度の大きさ  $0$  m/s で滑り下りて、ばね定数  $k$  (N/m) のばねにつながれて静止した質量  $M$  (kg) の小球 2 に衝突することを考える。ただし、衝突して両小球が一体化したり離れたりし終わるまでの時間は短く、この間のばねの縮みは小さいので無視できるものとする。

重力加速度は鉛直下向きで、大きさが  $g$  (m/s<sup>2</sup>) である。また、両小球の大きさ、空気抵抗、ばねの質量、滑り台と小球の間の摩擦は無視できるものとせよ。

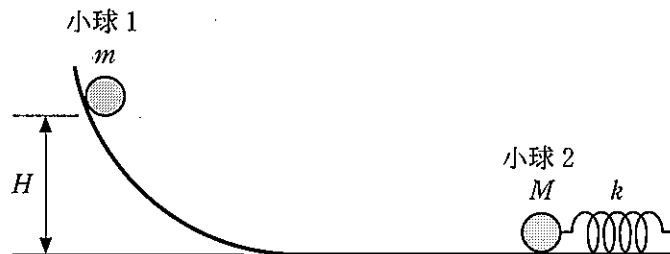


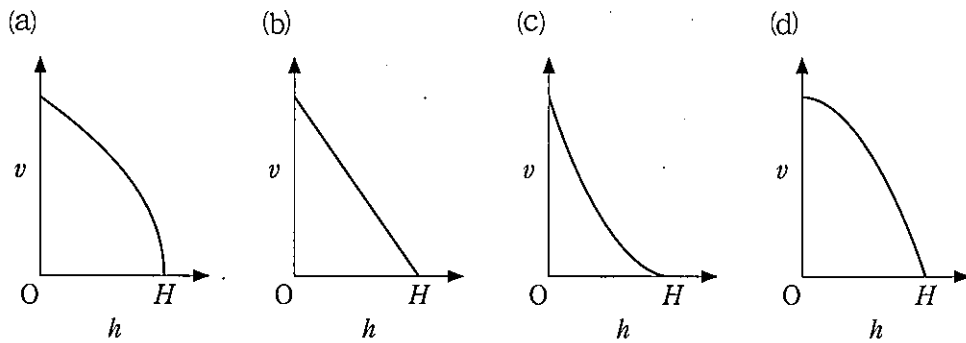
図 I—1

まず、小球 1 と小球 2 の衝突が完全非弾性衝突である場合を考える。

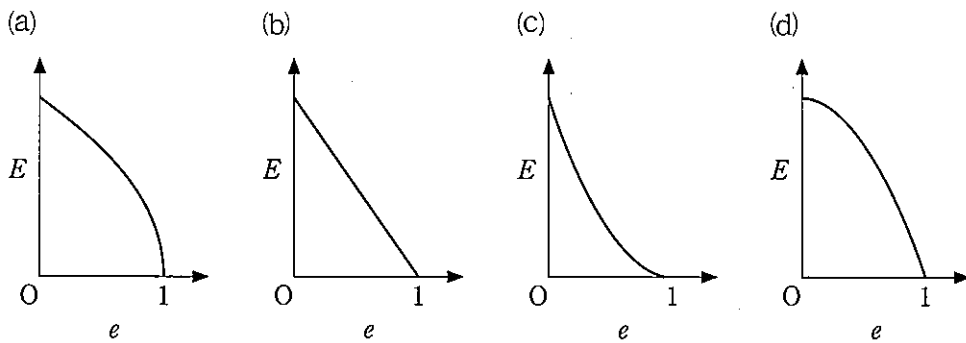
- (1) 衝突前に小球 1 が滑り下りている途中で、高さ  $h$  (m) の位置にあるときの小球 1 の速さ  $v$  (m/s) を求めよ。また、 $v$  (m/s) と  $h$  (m) の関係を表すグラフとして適当なものを、図 I—2 の(a)~(d)の中から選び、記号で答えよ。
- (2) 小球 1 と小球 2 が衝突して一体化した直後の小球の速度を図 I—1 の右向きを正として求めよ。
- (3) 衝突後、一体化した小球は単振動を始めた。この単振動の周期、角振動数、振幅、最大加速度を求めよ。

次に、小球1と小球2の衝突が非弾性衝突であり、反発係数(はね返り係数) $e$ が $0 < e < 1$ である場合を考える。このとき、小球1と小球2は、衝突後、別々に運動する。

- (4) 衝突した直後の小球2の速度を図I-1の右向きを正として求めよ。
- (5) 衝突した直後に小球1が右向きに進むための条件を $m$ ,  $M$ ,  $e$ を用いて表せ。
- (6) 衝突によって失われた力学的エネルギーの大きさ $E$ [J]を求めよ。また、 $E$ [J]と $e$ の関係を表すグラフとして適当なものを、図I-3の(a)~(d)の中から選び、記号で答えよ。



図I-2



図I-3

## 〔Ⅱ〕

滑らかなピストンがついている次のような2種類の容器A, および容器Bに, 理想気体を閉じ込めた。

容器A: 熱が出入りできる円筒形の容器

容器B: 容器Aと同じ寸法で, 熱が出入りできない断熱容器

図Ⅱのように容器A, および容器Bは水面上の大気圧下(圧力 $p_0$ [Pa])で水平に置かれていて, 理想気体の絶対温度と体積がそれぞれ $T_0$ [K], および $V_0$ [m<sup>3</sup>]であった。閉じ込めた理想気体の定積モル比熱, 気体定数, 比熱比をそれぞれ $C_v$ [J/(mol·K)],  $R$ [J/(mol·K)],  $\gamma$ とし, 水の密度を $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>], 重力加速度を $g$ [m/s<sup>2</sup>]として次の問いに答えよ。水温は水深によらず絶対温度 $T_0$ [K]であるとせよ。

- (1) 図Ⅱの四角い部分のように水面を上面とする高さ $h$ [m], 底面積 $S$ [m<sup>2</sup>]の水の直方体を考える。大気圧 $p_0$ [Pa]を考慮して, この直方体の底面(水深 $h$ [m]の部分)が下から押される力を求めよ。

次に, 容器Aを水平に保ったまま, 水面から水深 $h$ [m]の水中にゆっくりと沈める過程Ⅰを考える。水深は深く容器の直径が十分に小さいため, ピストンに均一な圧力 $p_h$ [Pa]が作用していると仮定して次の問いに答えよ。

- (2) 水深 $h$ [m]における理想気体の体積を求めよ。

最後に, 過程Ⅰと同様な方法で容器Bを水中に沈める過程Ⅱを考える。つまり, 水深 $h$ [m]においてピストンに圧力 $p_h$ [Pa]が作用している。過程Ⅱにおいて容器B内の理想気体が外部からされる仕事を, 以下の手順で求めたい。

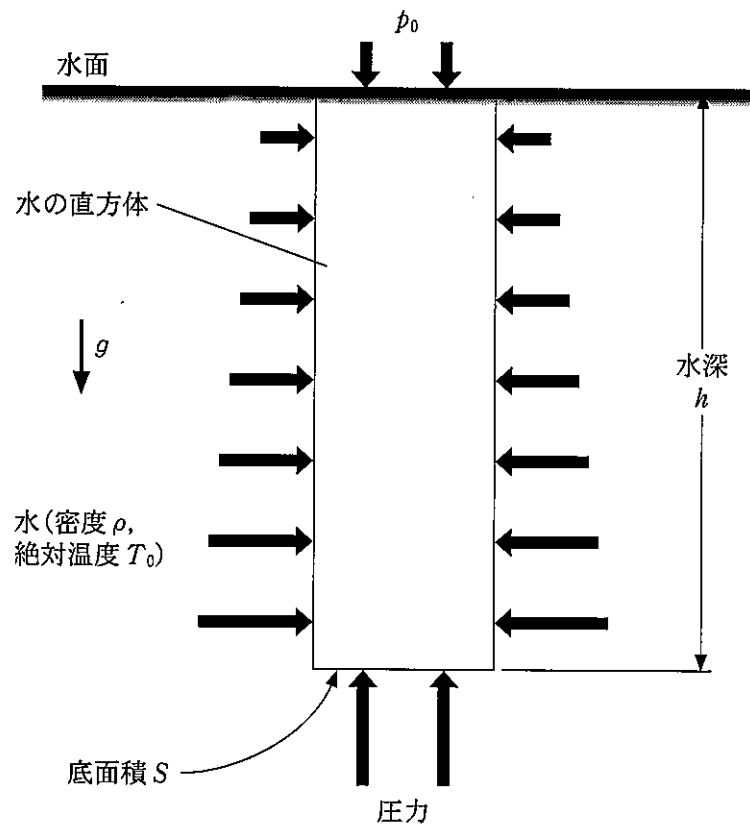
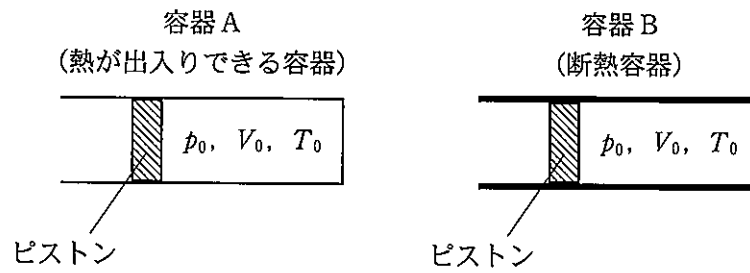
- (3) 下記に示すポアソンの法則, および理想気体の状態方程式から水深 $h$ [m]における理想気体の絶対温度を求めよ。

【ポアソンの法則】

理想気体が断熱変化するときの圧力 $p$ [Pa]と体積 $V$ [m<sup>3</sup>]は, 比熱比 $\gamma$ を用いて次のように書ける。

$$pV^\gamma = \text{一定}$$

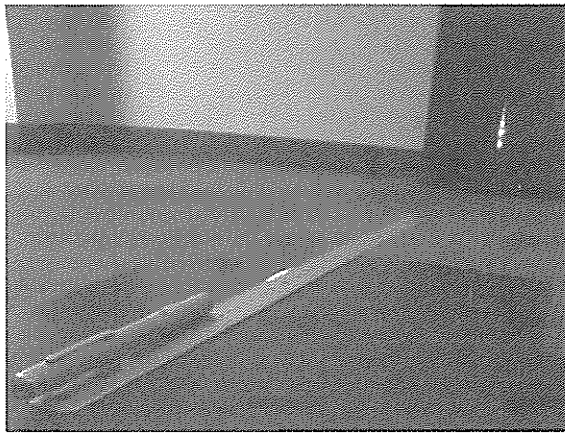
- (4) (3)で求めた絶対温度を利用して、過程Ⅱにおける理想気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- (5) 過程Ⅱにおいて理想気体が外部からされる仕事を求めよ。



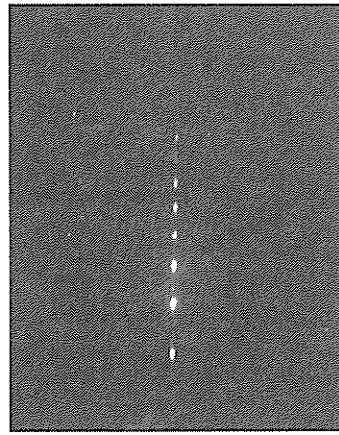
図Ⅱ

〔Ⅲ〕

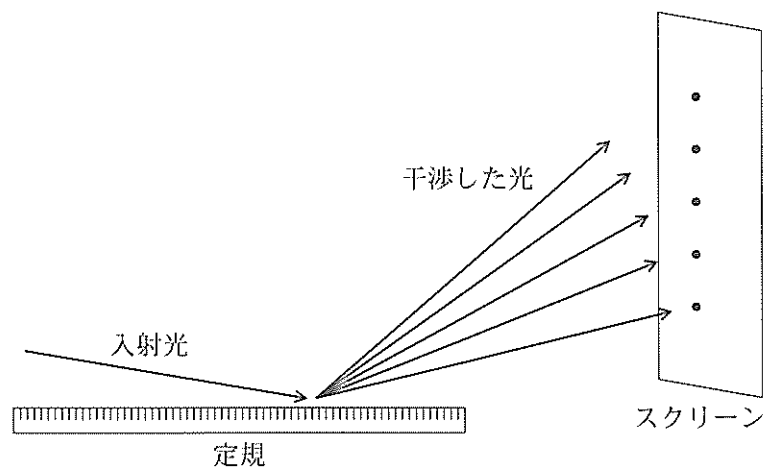
波長  $\lambda$ (m) のレーザー光を金属の定規に斜めに入射させる。定規は1ミリメートル刻みで目盛りがあるので、これによってレーザー光は図Ⅲ-1のように干渉を起こし、いくつもの光のスポット(明点)がスクリーン上に見られる。定規の目盛り線は盛り上がっていて、そこが入射したレーザー光をいろいろな方向に反射するものとする。目盛り線は周期的に配列されているので、光の波としての性質である干渉によっていくつか特定の方向に反射される光だけが強められて、スクリーン上に並ぶ光のスポットとなると考えられる。



実験の様子



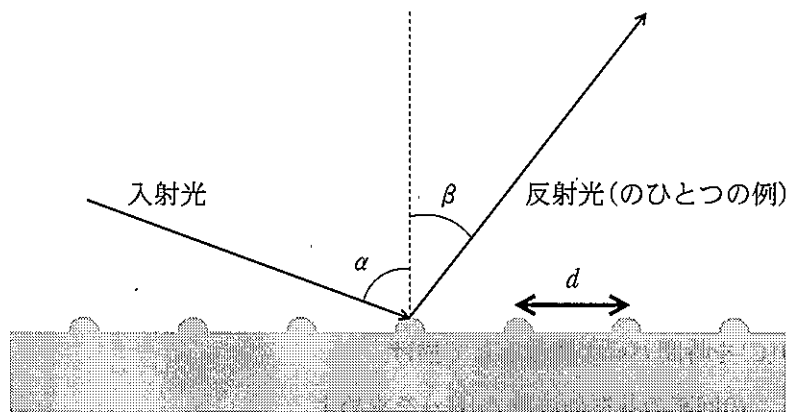
スクリーン上のスポット



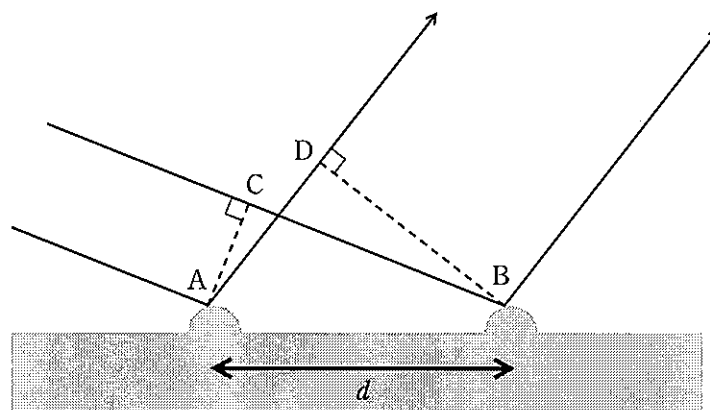
図Ⅲ-1

図Ⅲ—2のように、間隔  $d$  [m] で目盛り線が周期的に並んでいる。目盛り線のふくらみが入射光をいろいろな方向に反射し、干渉を起こす。角度  $\alpha$  で入射し、角度  $\beta$  で反射される波長  $\lambda$  [m] の光を考える。以下の問いに答えよ。(4)、(5)では、必要ならば変数や整数を定義して答えよ。

- (1) 図Ⅲ—3中のBCの長さを求めよ。
- (2) 図Ⅲ—3中のADの長さを求めよ。
- (3) Aで反射される光とBで反射される光との経路差はどれだけか。
- (4) Aで反射される光とBで反射される光とが強め合う条件を示せ。
- (5) 隣合うスポットに対応する反射角  $\beta_1, \beta_2$  ( $\beta_1 > \beta_2$ ) の2つの反射光を考える。 $\sin \beta_1 - \sin \beta_2$  を求めよ。
- (6) 赤いレーザー光と青いレーザー光で同じ実験をしたとき、図Ⅲ—1の写真にあるようなスポットの間隔が小さいのは赤と青のレーザー光のどちらか、(5)の結果を参考に理由を含めて答えよ。



図Ⅲ—2



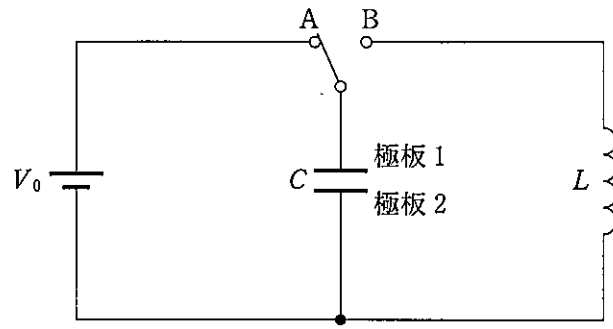
図Ⅲ—3

#### [IV]

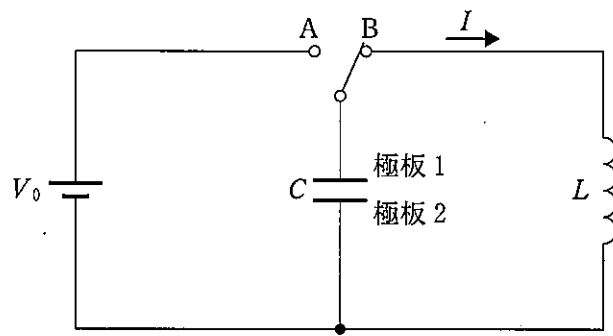
図IV—1の回路において、スイッチをAに接続し十分時間がたった後、時刻  $t = 0$  s で図IV—2のようにスイッチをBに接続した。なお、直流電源の電圧は  $V_0$  [V]、コンデンサーの容量は  $C$  [F]、コイルの自己インダクタンスは  $L$  [H] である。ただし、導線、スイッチ、コンデンサー、コイルの抵抗は無視できるほど小さいものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 時刻  $t = 0$  s でコンデンサーに蓄えられているエネルギーはいくらか。
- (2) スwitchをBに接続してコイルに電流  $I$  [A] が矢印の向きに流れているとき、コンデンサーの電圧  $V_c$  [V] はいくらになるか。ただし、 $V_c$  [V] は極板2を基準とした極板1の電位とする。
- (3)  $t = 0$  s の後、初めてコンデンサーの電荷が  $0$  C となる時、回路に流れる電流  $I_0$  [A] はいくらか。このときの時刻を  $t = t_1$  [s] とする。
- (4) (3)の後、引き続きコイルによる誘導電流が流れ続けて、コンデンサーに電荷が蓄えられる。回路に流れる電流が  $t > 0$  s で初めて  $0$  A となる時、コンデンサーの極板1に蓄えられた電荷  $Q$  [C] はいくらか符号も含めて答えよ。
- (5) 回路を流れる電流  $I$  [A] およびコンデンサーの極板1に蓄えられている電荷  $Q$  [C] を時間  $t$  [s] の関数として描け。
- (6) この回路の共振周波数  $f_0$  [Hz] を求めよ。
- (7) 導線およびコイルの抵抗が無視できないとき、回路を流れる電流  $I$  [A] が時間  $t$  [s] とともにどう変化するか、特徴がわかるように数周期分の概形をグラフに描け。
- (8) (7)のようなグラフになる理由を述べよ。





圖IV—1



圖IV—2