

## 平成20年度入学試験問題

### 理 科

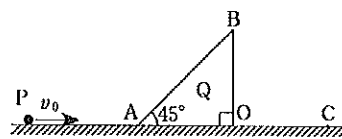
#### 注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。  
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの4題、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

# 物 理

(その1)

I 質量  $M(\text{kg})$  の斜面台  $Q$  (断面  $ABO$ , 高さ  $BO = d(\text{m})$ ) が水平面に置いてある。それを真横から見た様子を図に示す。勾配が  $45^\circ$  の斜面  $AB$  はなだらかに水平面に接している。この斜面台に向かって、質量  $m(\text{kg})$  の小物体  $P$  が線分  $OA$  の延長線上から初速度  $v_0(\text{m/s})$  で動き出した。図の右向きを正とし、全ての運動は  $ABO$  を通る平面内で起こるものとして以下の間に答えよ。重力加速度を  $g(\text{m/s}^2)$  とし、まさつ、空気抵抗などは考えないものとする。(1)③と(2)④以外は、 $m, M, v_0, g$  の中から適当と思われる記号を用いて表せ。



(1)  $Q$  が水平面に固定されている場合

$P$  は  $A$  をなめらかに通過して斜面を登り、 $B$  に至る前に高さ  $h_1(\text{m})$  ( $h_1 < d$ ) の点に達したのち下りに転じ、やがて  $A$  を離れて再び水平面上を速度  $v_1(\text{m/s})$  で運動した。

- ①  $P$  が到達する最高点の高さ  $h_1$  を求めよ。
- ②  $P$  が斜面を下りて  $A$  を離れた後の  $P$  の速度  $v_1$  を求めよ。

$P$  の初速度  $v_0$  が大きくなると、 $P$  は斜面の上端  $B$  を通過して放物運動を始め、水平面上の点に着地する。この着地点を  $C$  とする。

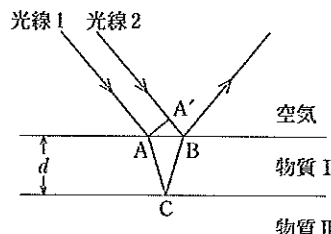
- ③  $OC = d$  となるときの  $v_0$  を、 $m, g, d$  の中から適当と思われる記号を用いて表せ。

(2)  $Q$  が水平面に固定されていない場合

$P$  は  $A$  をなめらかに通過して斜面を登り、 $B$  に至る前に高さ  $h_2(\text{m})$  ( $h_2 < d$ ) の点に達したのち下りに転じ、やがて  $A$  を離れて再び水平面上を速度  $v_2(\text{m/s})$  で運動した。一方、 $Q$  は  $P$  が接触するまでは静止しており、接触後は水平に動きはじめ、 $P$  が離れたあとは速度  $v_3(\text{m/s})$  で運動を続けた。このとき、 $Q$  の底面  $AO$  が水平面から離れることはなかった。

- ①  $P$  が最高点に到達したとき、 $P$  と  $Q$  は等しい速度で動いている。この速度を求めよ。
- ②  $P$  が到達する最高点の高さ  $h_2$  を求めよ。
- ③  $P$  が斜面を下りて  $A$  を離れた後の  $P$  の速度  $v_2$  を求めよ。
- ④  $Q$  の質量  $M$  がある条件を満たすとき、斜面を離れた後の  $P$  は静止する。このときの  $M$  の値と、 $P$  が離れた後の  $Q$  の速度  $v_3$  を、それぞれ  $m, v_0, g$  の中から適当と思われる記号を用いて表せ。

II 光を通す二つの物質、物質 I、物質 II がある。それぞれの屈折率は  $n_1, n_2$  ( $n_2 > n_1 > 1$ ) である。図のように、一様な厚さ  $d(\text{m})$  の物質 I の薄い層が、物質 II の上に重なっている。真空中で波長  $\lambda(\text{m})$  をもつ光が、真空中から点  $A$  で物質 I に入射し(光線 1)、屈折して物質 II との境界点  $C$  で反射したのち、点  $B$  で再び屈折して真空中へ出て行く。この光は、点  $B$  に光線 1 と平行に入射した光線 2 が点  $B$  で反射した光と干渉する。点  $A$  における光の入射角は  $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ) である。空気の屈折率は真空の屈折率と変わらないものとして下の間に答えよ。問(1)、(2)については、 $\lambda, \theta, n_1, n_2, d$  の中から適当と思われる記号を用いて表せ。



[注：光が屈折率のより大きな物質との境界で反射されるときは固定端による反射に相当し、屈折率のより小さな物質との境界で反射されるときは自由端による反射に相当することが知られている。]

- (1) 光の経路  $ACB$  の長さ  $L_1$  と、経路  $ACB$  上にある波の数  $N_1$  とを表せ。
- (2) 点  $A$  における光線 1 の位相と同じ位相にある光線 2 の点を  $A'$  とする。 $A'B$  の長さ  $L_2$  と、 $A'B$  上にある波の数  $N_2$  とを表せ。
- (3) 光線の入射角  $\theta$  が  $0^\circ$  から増加するとき、 $N = N_1 - N_2$  は(イ、増減する、ロ、単調に増加する、ハ、変わらない、ニ、単調に減少する)。正しいものはどれか。
- (4) 点  $B$  から真空中へ出た光が、点  $B$  で反射した光線 2 と弱め合う度合いが最も大きくなるのは、 $N$  が(イ、 $m + 1/4$ 、ロ、 $m + 1/2$ 、ハ、 $m + 3/4$ 、ニ、 $m + 1$ ) (ただし、 $m$  は 0 または正の整数) のときである。正しいものはどれか。
- (5)  $\theta = 0^\circ$  で問(4)の条件が満たされているとき、 $m = 1$  であったとすれば、 $d$  はどう表されるか。
- (6) カメラのレンズには、レンズ表面での光の反射をできるだけ少なくするため、薄膜がコーティングされている。

真空中の波長  $5.50 \times 10^{-7} \text{m}$  の光に対する屈折率が 1.50 であるガラスがある。このガラスでできたレンズの表面に、屈折率 1.25 の物質で一様な厚さ  $d_c(\text{m})$  の薄い膜を作り、真空中から垂直に入射した光が反射する割合を最も少なくしたい。また、薄膜の厚さを出来るだけ薄くしたい。 $d_c$  をいくらにすればよいか、有効数字 3 桁で答えよ。

# 物 理

(その2)

III (1) 面積  $S(\text{m}^2)$ 、距離  $d(\text{m})$  の平行板コンデンサーがある。これに図1(a)、図1(b)、図1(c)のように誘電体や金属板を挿入した。真空の誘電率を  $\epsilon_0(\text{F/m})$  とし、極板、誘電体および金属板の端での電場の乱れは無視できるものとして、次の間に答えよ。

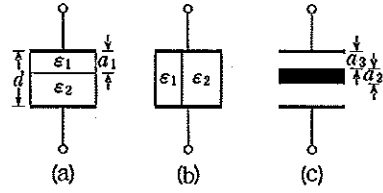


図 1

- ① 図1(a)のように面積  $S$ 、厚さ  $a_1(\text{m})$  ( $a_1 < d$ )、比誘電率  $\epsilon_1$  の誘電体と、面積  $S$ 、厚さ  $d - a_1$ 、比誘電率  $\epsilon_2$  の誘電体を重ねて平行板コンデンサーに挿入した。電気容量はいくらになるか。
  - ② 図1(b)のように面積  $S_1(\text{m}^2)$ 、厚さ  $d$ 、比誘電率  $\epsilon_1$  の誘電体と、面積  $S - S_1$ 、厚さ  $d$ 、比誘電率  $\epsilon_2$  の誘電体を平行板コンデンサーに並べて挿入した。電気容量はいくらになるか。
  - ③ 図1(c)のように真空中の平行板コンデンサーに、面積  $S$ 、厚さ  $a_2(\text{m})$  ( $a_2 < d$ ) の金属板を、極板に平行に片方の極板から距離  $a_3(\text{m})$  ( $a_2 + a_3 < d$ ) の位置に挿入した。電気容量はいくらになるか。
- (2) 図2のように2つの電気容量  $C_1(\text{F})$ 、 $C_2(\text{F})$  のコンデンサーがあり、各々に電荷  $Q_1(\text{C})$ 、 $Q_2(\text{C})$  が蓄えられている。スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  は、初めは開いている。2つの抵抗  $R_1(\Omega)$ 、 $R_2(\Omega)$  は電荷が急激に移動しないようにつないである。次の間に答えよ。

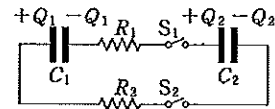


図 2

- ① コンデンサー  $C_1$  と  $C_2$  に蓄えられている静電エネルギーの合計  $U_1(\text{J})$  はいくらか。
- ② スイッチ  $S_2$  は開いたままで、スイッチ  $S_1$  を閉じて十分に長い時間が経過した後、コンデンサー  $C_1$  と  $C_2$  に蓄えられている静電エネルギーの合計  $U_2(\text{J})$  はいくらになるか。また  $R_1$  を通じて移動した電荷量  $q_1(\text{C})$  はいくらか。
- ③ ②の状態からさらにスイッチ  $S_2$  を閉じ十分に長い時間が経過した後、コンデンサー  $C_1$  と  $C_2$  に蓄えられている静電エネルギーの合計  $U_3(\text{J})$  はいくらになるか。また  $R_2$  を通じて移動した電荷量  $q_2(\text{C})$  はいくらか。

IV 以下の設問に答えよ。なお、必要であれば単位も記せ。

(1) 支点が静止しているとき周期  $T(\text{s})$  で振動する単振り子がある。この単振り子を①～⑧の条件下で振らした。このとき、単振り子の周期は  $T$  より、(A. 長くなる、B. 短くなる、C. 変化しない、D. いずれともいえない)。正しいのはどれか記号で答えよ。

- |                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| ① 等速度で上昇しているエレベーターの中、               | ② 等速度で下降しているエレベーターの中、    |
| ③ 水平の直線路で加速している電車の中、                | ④ 水平の直線路で減速している電車の中、     |
| ⑤ 水平面上のカーブを一定の速さで走っている電車の中、         | ⑥ 直線の登り勾配を等速度で登っている電車の中、 |
| ⑦ 直線の下り勾配を等速度で下っている電車の中、            |                          |
| ⑧ 直線の下り勾配をモーターもブレーキも働かさずに下っている電車の中、 |                          |

(2) お風呂に水を入れ、その中に  $5.0 \text{ kg}$  の氷を浮かべた。水及び氷の密度は、それぞれ  $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $9.2 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$  とし、温度によらず一定とする。また、重力加速度は  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

- ① 氷の受ける浮力はいくらか(単位も記せ)。
- ② 氷がすべてとけると水面は(A. 上昇する、B. 低下する、C. 変化しない)。正しいのはどれか。

(3) 図1は、 $x$  軸の正の向きに進む音波の、ある時刻における空気の変位をグラフで表したものである。

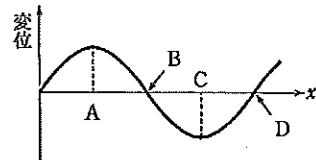


図 1

- ① 空気の変位の方向は、音波の進行方向に(A. 垂直である、B. 平行である、C. どちらでもない)。正しいのはどれか。
- ② 図1のA、B、C、D点のうち最も空気の密度が大きいのはどの点か。
- ③ 図1のA、B、C、D点のうち最も空気の密度が小さいのはどの点か。

(4) 無限に広くと見なせる金属板から  $R(\text{m})$  離れた位置Pに正の点電荷をおいた。

- ① 静電誘導によって、金属板の表面には(A. 正、B. 負)の電荷が誘起される。正しいのはどちらか。
- ② 空間中の電場は、点Pに置かれた正電荷がつくる電場と金属板の表面上に誘起された電荷が作る電場を合成したものになる。金属板表面のすぐ外側の点Yにおける電場の向きは図2のA～Hのどれか。

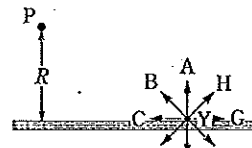


図 2