

平成 23 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

なお、解答用紙枚数過不足がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 10	4
化 学	11 ～ 19	5
生 物	20 ～ 33	6
地 学	34 ～ 43	5

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ 2 箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は 100 点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

- 1 図1のように床の上に高さ h [m] の机が置かれている。机の表面はあらく、摩擦力がはたらく。ある時刻に、机の表面上の P 点から距離 L [m] 離れた机の端の Q 点に向かって質量 $2m$ [kg] の小物体 A を初速度 v_0 [m/s] で滑らせた。その後、小物体 A は Q 点に達し、Q 点で静止していた質量 m の小球 B に衝突した。小球 B は衝突直後に速さ v_B [m/s] で水平方向に空中に飛び出し、やがて図中に示すように床面からの角 θ で R 点に速さ v_R [m/s] で落下した。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えなさい。ただし、小物体 A と小球 B の大きさは無視できるものとする。(配点 25)

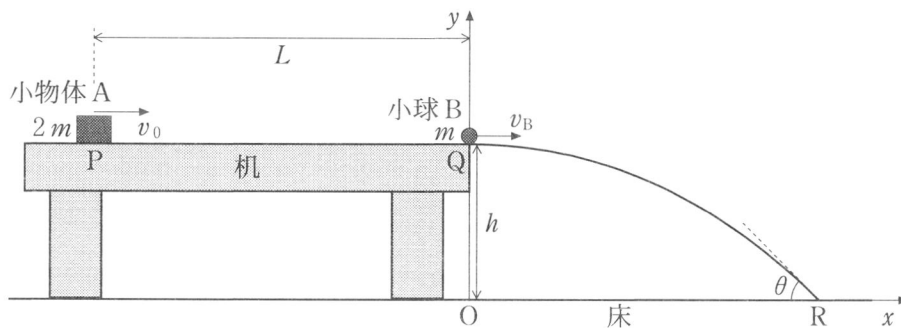


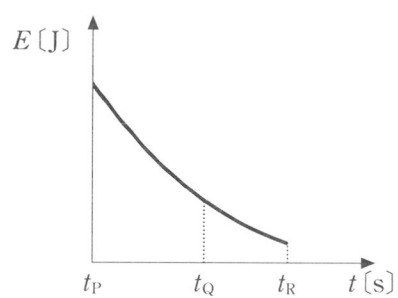
図 1

- 問 1 机の表面の動摩擦係数を μ' として、小物体 A が Q 点に到達したとき(小球 B と衝突する直前)の速さ v_A [m/s] を求めなさい。
- 問 2 小物体 A と小球 B のはねかえり係数(反発係数) e を $e = 1$ として、衝突直後の小物体 A の速さ v_A' [m/s] と小球 B の速さ v_B を、 v_A を使って表しなさい。
- 問 3 図1のように O 点を原点とし、水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。小球 B の運動の軌跡 QR 上の任意の点を (x, y) とする。 y を x, v_B, g, h を使って表しなさい。

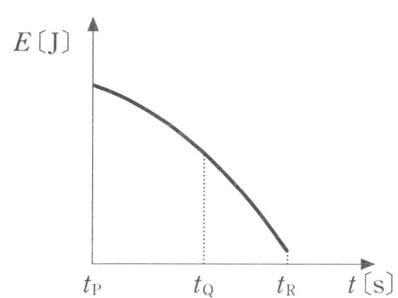
問 4 R 点に落下する直前の小球 B の速さ v_R を v_B , g , h を使って表しなさい。

問 5 $\theta = 45^\circ$ となるための小物体 A の P 点における初速度 v_0 を L , g , μ' , h を使って表しなさい。

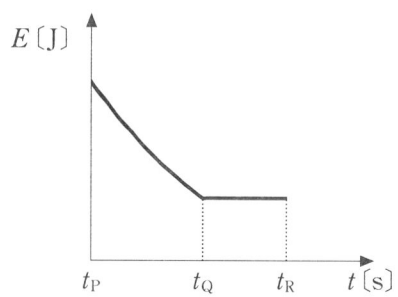
問 6 小物体 A が机の表面上の P 点を滑り出した時刻 $t = t_P[\text{s}]$ から, 小球 B が床上の R 点に落下する時刻 $t = t_R[\text{s}]$ までの間の小物体 A と小球 B の力学的エネルギーの和 $E[\text{J}]$ の時間変化を最もよく表しているグラフはどれか。図 2 の (a)~(h)の中から 1 つ選びなさい。ただし, $t_Q[\text{s}]$ は小物体 A と小球 B が Q 点で衝突したときの時刻である。



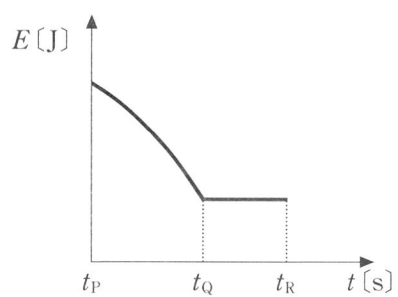
(a)



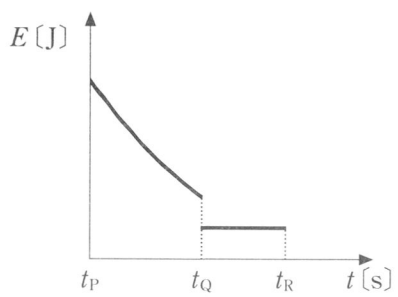
(b)



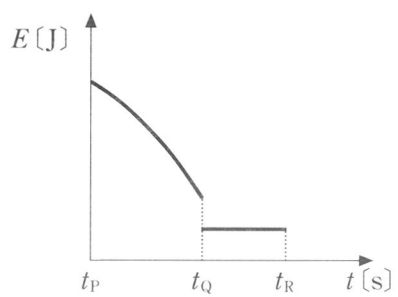
(c)



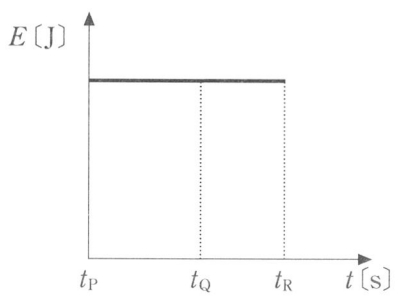
(d)



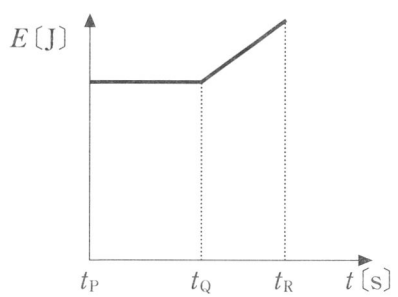
(e)



(f)



(g)



(h)

图 2

2 図1のように、底面積が $S[\text{m}^2]$ の円筒容器が、なめらかに動きかつ熱を通す質量 $M[\text{kg}]$ の壁で部屋 A および部屋 B に仕切られている。以下の問いに答えなさい。ただし、気体定数を $R[\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol})]$ 、重力加速度の大きさを $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とし、容器および壁の熱容量は無視できるものとする。(配点 25)

まず、壁を容器の上下面からの距離が部屋 A および部屋 B とともに $L[\text{m}]$ となる位置で固定した後、それぞれの部屋に 1 mol ずつの単原子分子の理想気体を閉じ込め放置したところ、部屋 A および部屋 B の温度はともに外気温と同じ $T_0[\text{K}]$ になった。

問 1 部屋 A の圧力 $p_0[\text{Pa}]$ を求めなさい。ただし、解答は S, M, R, g, L, T_0 のうちの必要なものを用いて表すこと。

次に図2のように容器を断熱材で囲んだ後、壁の固定を外し自由に移動できるようにして放置したところ、やがて壁は元の位置から $\Delta L[\text{m}]$ だけ移動した位置で静止し、部屋 A と部屋 B の温度はともに同じ $T_0 + \Delta T[\text{K}]$ になった。容器と外部との熱の出入りはないものとして以下の問いに答えなさい。

問 2 部屋 A の圧力 $p_A[\text{Pa}]$ および部屋 B の圧力 $p_B[\text{Pa}]$ をそれぞれ $S, R, L, \Delta L, T_0, \Delta T$ を用いて表しなさい。

問 3 壁の位置エネルギーの変化が部屋 A および部屋 B の気体の内部エネルギーの上昇に使われたとして、温度の上昇分 ΔT を $M, R, g, \Delta L$ を用いて表しなさい。

問 4 壁にはたらく重力により p_A は p_B よりも大きくなる。この圧力差 $p_A - p_B$ を S, M, g を用いて表しなさい。

さらに図3のように、容器の周りの断熱材を取り除いて放置したところ、やがて壁は図1の元の位置から $\Delta L'[\text{m}]$ だけ移動した位置で静止し、部屋 A と部屋 B の温度はともに外気温と同じ T_0 になった。

問 5 壁の移動距離 $\Delta L'$ に対する比 $\frac{\Delta L'}{L}$ を求めなさい。ただし解答は S , M , R , g , L , T_0 のうちの必要なものを用いて表すこと。

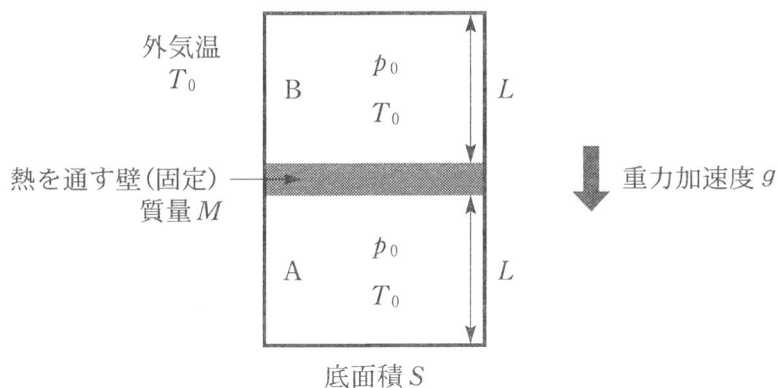


図 1

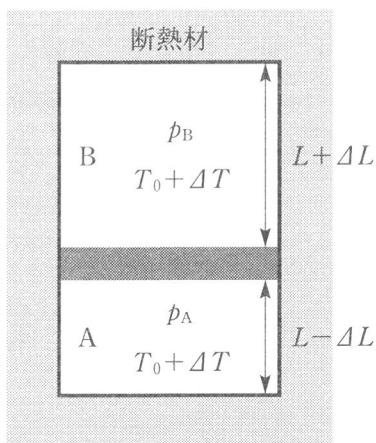


図 2

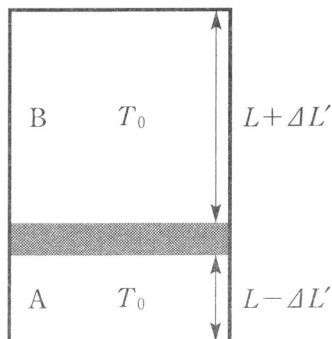


図 3

- 3 導線を流れる電流のまわりには磁界(磁場)ができる。真空中に置かれた十分に長い直線電流(以下では単に直線電流と呼ぶ)がつくる磁界に関する以下の問いに答えなさい。ここで、直線電流の太さは無視できるものとし、真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とする。また、座標軸は図中に示すようにとる。以下、 a は正の定数とする。(配点 25)

問 1 図 1 に示すように、原点 O から x 軸の負の向きに a [m] 離れた点 $(-a, 0, 0)$ を通る位置に、 z 軸と平行な正の向きへ I [A] で流れる直線電流 C_1 を配置した。

- (1) この直線電流 C_1 が y 軸上で原点から y_0 [m] 離れた点 $P_1(0, y_0, 0)$ につくる磁界の強さ H [A/m] を求めなさい。
- (2) C_1 が P_1 につくる磁界の y 成分 H_y を求めなさい。
- (3) P_1 の位置を y 軸上で変化させた。この時の H_y の変化の様子をもっとも良く表しているグラフを図 2 (a)~(f) の中から 1 つ選び、その記号を答えなさい。

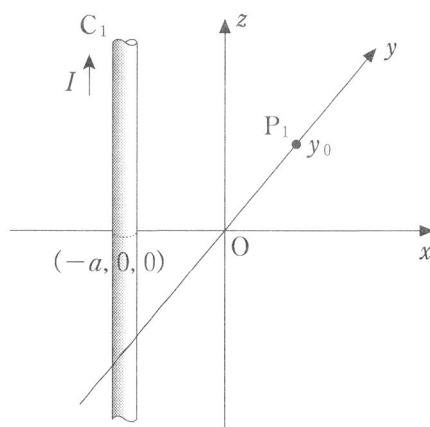
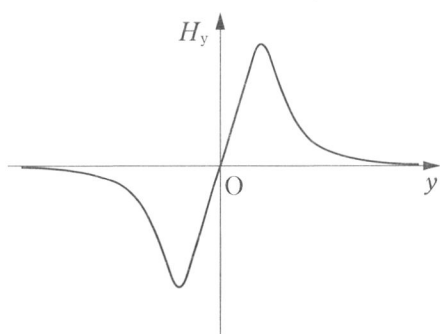
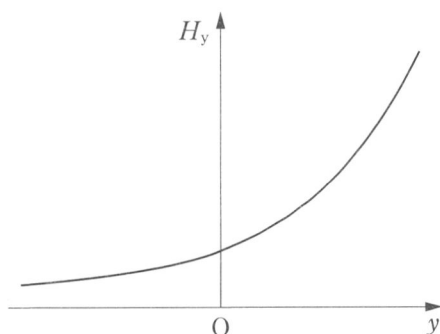


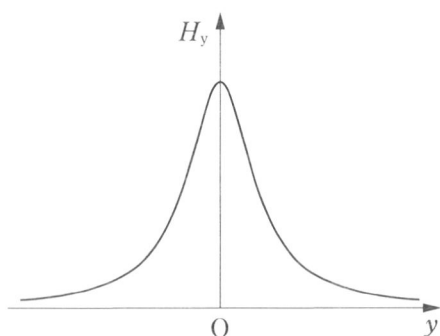
図 1



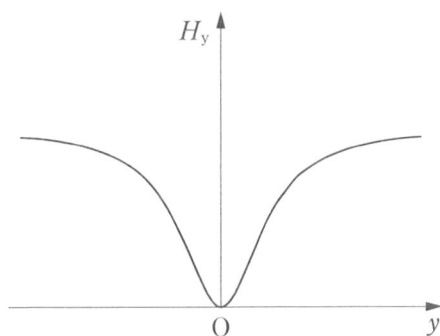
(a)



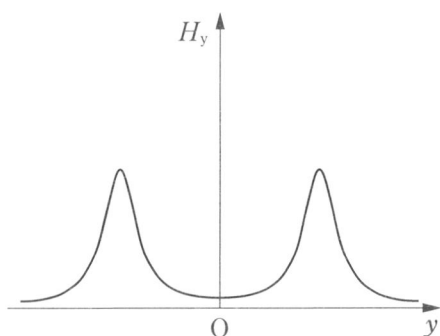
(b)



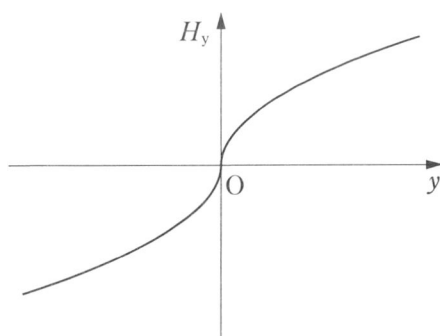
(c)



(d)



(e)



(f)

图 2

問 2 図 3 に示すように、問 1 の直線電流 C_1 に加えて、点 $(a, 0, 0)$ を通る位置に z 軸と平行な負の向きへ $3I$ [A] で流れる直線電流 C_2 を配置した。

- (1) 直線電流 C_2 の l [m] の部分が直線電流 C_1 から受ける力の大きさ F [N] を求めなさい。また、この時、両直線電流は引き合うか、それとも反発し合うか答えなさい。
- (2) x 軸上の任意の点 $P_2(x_0, 0, 0)$ において、直線電流 C_1 がつくる磁界と C_2 がつくる磁界を調べた。この時、両直線電流 C_1 および C_2 がつくる磁界がともに同じ向きとなる x_0 の範囲を示しなさい。ただし、 $|x_0| \neq a$ とする。
- (3) 直線電流 C_1 および C_2 に加え、 x 軸上のある点 $P_3(x_1, 0, 0)$ を通る位置に z 軸と平行な正の向きへ流れる新たな直線電流 C_3 を配置した。すると、他の直線電流から C_3 に働く力の合力は 0 [N] となった。この時の x_1 を a を用いて表しなさい。

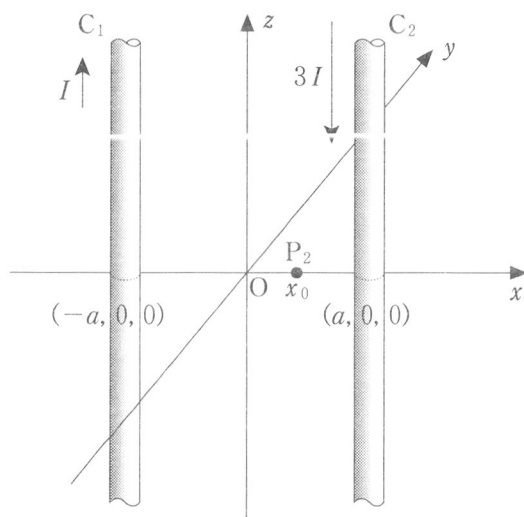


図 3

4 メガネやカメラのレンズなどのガラスの表面には、光の反射を減少させる目的で、反射防止膜と呼ばれる薄い透明な膜が付けられている。この原理を理解するために、図に示すように、ガラス表面に付けられた厚さ $d[\text{m}]$ のような薄膜(反射防止膜)を考える。空気、薄膜、ガラスの屈折率を各々 1.0 , n , n' とする。

(配点 25)

問 1 以下の文章中の空欄の (ア) から (キ) に適切な語句、または式を記入しなさい。

空気中での波長が $\lambda[\text{m}]$ の単色光が入射角 $\alpha[\text{rad}]$ で薄膜に入射した。AA', BB' は空気中での入射光の波面を表す。同一波面上では波の位相は同じとする。薄膜の表面 B で光の一部は反射し、残りは屈折角 $\beta[\text{rad}]$ で屈折して薄膜中に入った。屈折光の一部は薄膜の裏面 C で反射され、さらにその一部が D で屈折して再び空気中に出てきた。この光は、経路 A' → B' → D → E をとる光と D で重なり合い、観測点 E に到達した。薄膜の厚さを変えると E での光の明るさに変化が見られた。この現象は光の (ア) によって起こる。図より、経路 A → B → C → D → E と、経路 A' → B' → D → E をとる 2 つの光の光路差 $\Delta L[\text{m}]$ は、 $n \times (BC + CD) - B'D$ に等しい。光路差は d , n , α , β を用いて $\Delta L =$ (イ) と表せる。また、屈折の法則より、 n , α , β の間には関係式 (ウ) が成り立つ。(イ), および(ウ)より α を消去すると、 $\Delta L =$ (エ) が得られる。この光路差を位相差で表すと (オ) $\times \Delta L[\text{rad}]$ となる。

屈折率が条件 $1 < n < n'$ を満たすとき、C, および D で反射された光の位相はいずれも逆転する。これと(エ), および(オ)より、2 つの異なる経路を経て E に達した光が弱められ暗く見える条件は、0 または正の整数 m を用いて (カ) と書ける。また、屈折率が条件 $1 < n' < n$ を満たすとき、C での反射光の位相変化は無いので、光が暗く見える条件は、正の整数 m' を用いて (キ) となる。

問 2 波長 $\lambda = 5.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ の単色光が薄膜に垂直に入射した。 $n = 1.3$, $n' = 1.5$ として以下の問いに答えなさい。ただし、数値は有効数字 2 桁で求めなさい。

- (1) 薄膜中での光の波長を $\lambda_M [\text{m}]$ とする。 λ_M の値を求めなさい。
- (2) 反射光が暗く見える最小の薄膜の厚さ $d_{\min} [\text{m}]$ を求めなさい。

問 3 薄膜、およびガラスの屈折率は問 2 と同じとする。厚さ $d = 7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の薄膜に垂直に単色光を入射した。単色光の波長を $3.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ から $7.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ まで連続的に変えたとき、反射光が暗く見えるすべての波長の値を有効数字 2 桁で求めなさい。

