

平成 26 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

物 理 I・物 理 II

(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 9 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. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
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、点 O にある質量 m [kg] の小球を射出機で打ち出し、点 O から水平方向に L [m] 離れた鉛直な壁に小球を衝突させる運動を考える。水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とする。

射出機の中心軸は水平面より θ [rad] 傾いており、内部には任意の速さで動かすことができる質量 M [kg] の発射板が設置されている。小球は射出機の先端の点 O にあり、点 O と小球の中心は一致している。速さ V_0 [m/s] の発射板を小球に弾性衝突させることにより小球を射出する。弾性衝突直後の発射板の速さを V [m/s]、小球の速さを v [m/s] とし、発射板と小球の運動方向は射出機の中心軸方向と同じとする。

射出機内面と発射板および小球の間の摩擦、小球の大きさと空気抵抗は無視できる。小球と壁との反発係数を e とし、壁はなめらかであり衝突時に衝突面と平行な方向の小球の速さは変化しないものとする。また、重力加速度を g [m/s²] とする。

- (1) 発射板が小球に衝突した直後の発射板の速さ V [m/s] を、 v 、 V_0 、 M および m を用いて答えよ。
- (2) 発射板が小球に衝突した直後の発射板の速さ V [m/s] を、 v と V_0 を用いて答えよ。
- (3) v を、 V_0 、 M および m を用いて答えよ。

射出された小球は壁に衝突した後、どこにも接触せず点 O に返ってきた。小球が発射板が衝突した時刻を $t = 0$ [s] とする。小球が発射板が衝突してから小球が壁に衝突するまでの時間を t_1 [s]、壁に衝突してから点 O に返ってくるまでの時間を t_2 [s] とする。

- (4) $\theta = \frac{\pi}{4}$, $e = 0.5$, $v > 0$ として小球を射出したとき, x 軸方向と y 軸方向の小球の運動を表わすものを図 I—2 に示す(ア)~(オ)のうちから一つ選べ。なお, 図 I—1 の点 O を, 図 I—2 では x 軸と y 軸の原点としそれぞれ 0 としている。
- (5) t_1 と t_2 を求める式を, v , L , θ および e を用いてそれぞれ答えよ。
- (6) t 秒後における小球の鉛直方向の高さ y を求める式を, v , θ , g および t を用いて答えよ。
- (7) 点 O から壁までの距離 L を求める式を, e , v , θ および g を用いて答えよ。

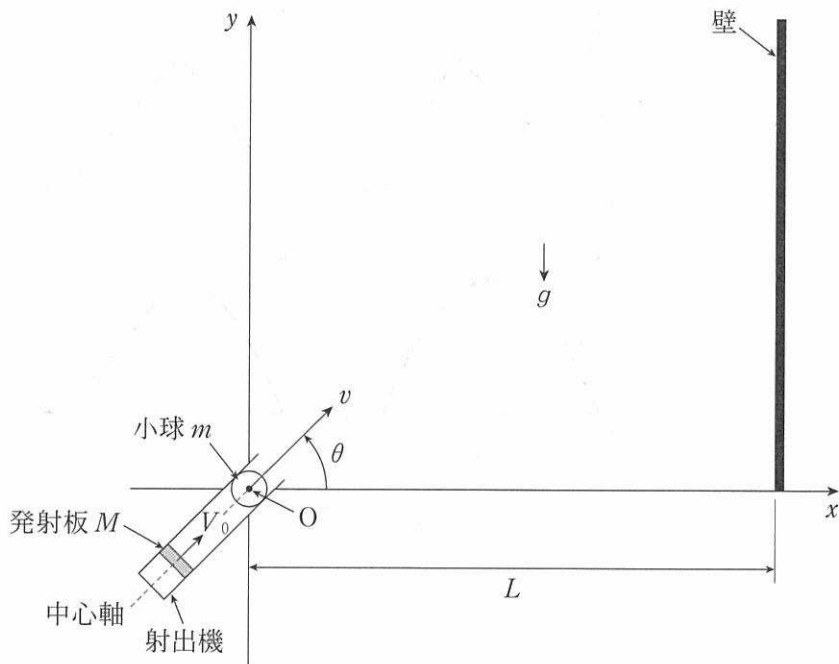


図 I—1

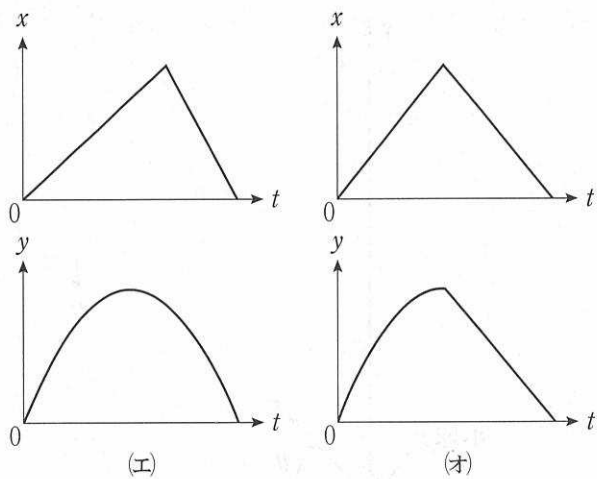
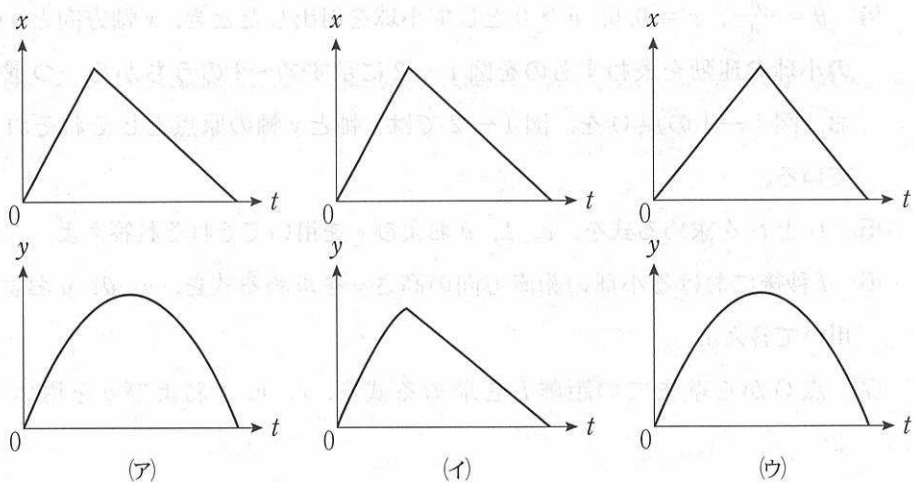


図 I-2

〔Ⅱ〕

図Ⅱに示すように、質量 m [kg] の小球 A が長さ l [m] の糸で天井の点 O から吊り下げられており、点 O の真下の点 P でちょうど床面と同じ高さになる。点 P には質量 M [kg] ($M > m$) の別の小球 B が置かれており、ばね定数 k [N/m] のばねに固定されている。床面はなめらかで摩擦が無く、ばねは小球 B が点 P にあるときに自然長となるように調整されている。小球 A および B は図Ⅱに示す面内で運動する。小球の大きさと空気抵抗は無視できる。重力加速度を g [m/s²]、円周率を π として、以下の問いに答えよ。ただし、(2) はア～オのうちからひとつ選び、他は問題文中の記号を用いること。

- (1) 小球 A を、図Ⅱのように糸を張った状態で床から h [m] だけ持ち上げて静かに離し、点 P に向けて運動を開始させた。この小球が点 P に至り、小球 B に衝突する直前の速さ [m/s] を求めよ。
- (2) 点 P でふたつの小球が弾性衝突するとき、その後のそれぞれの小球の運動は以下のどれになるか。
 - ア. 小球 B はばねを伸ばす方向に動き、小球 A ははね返る。
 - イ. 小球 B はばねを縮める方向に動き、小球 A ははね返る。
 - ウ. 小球 B はばねを縮める方向に動き、小球 A はそれを追いかけるように動く。
 - エ. 小球 A と B は一体となってばねを伸ばす方向に動く。
 - オ. 小球 A と B は一体となってばねを縮める方向に動く。
- (3) 小球 A が衝突後、最大の高さになるまでの時間 [s] を求めよ。
- (4) 小球 B が衝突後に再び点 P に戻るまでの時間 [s] を求めよ。
- (5) 衝突後、両小球は同時に点 P に戻った。このときのばね定数 k [N/m] を求めよ。

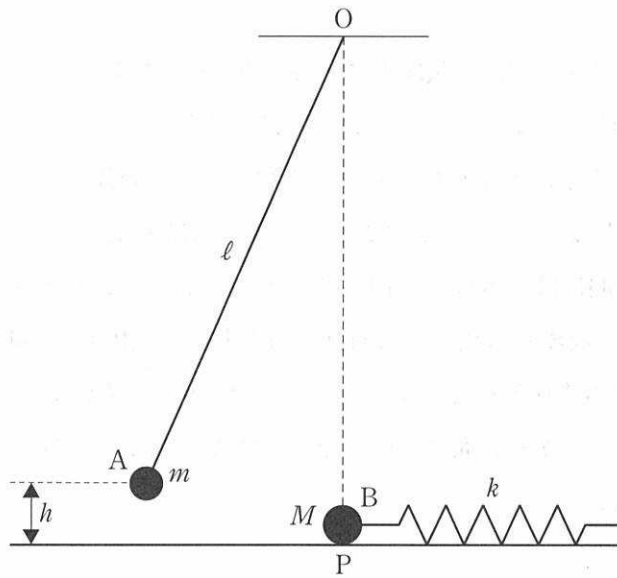


图 II

〔Ⅲ〕

図Ⅲに示すように、大気圧下にある2つのシリンダー1, 2が下部で連結されている。それぞれのシリンダーの中にはピストンAとピストンBがある。シリンダー1の上部は固体Cにより閉じられており、固体Cは下面でシリンダー内の気体 G_1 と接している。シリンダー2の上部は大気に開放されている。ピストンA, Bの間には気体 G_2 が封入されていてそれぞれのピストンを支えている。

気体 G_1 と固体Cは周囲から断熱されており、気体 G_1 と固体Cの境界面を通じてのみ熱の移動が発生する。それぞれの内部では温度は均一であるとする。ピストンとシリンダーの間は摩擦がなく、ピストンは上下に滑らかに動くが、気体のもれはないとする。

はじめピストンAとBは静止している。

ピストンAは質量が $2M$ [kg]で断面積が $4S$ [m²]であり、ピストンBは質量が M [kg]で断面積が S [m²]である。気体 G_1 は n モルの単原子分子からなる理想気体で、容積は V_0 [m³]である。大気圧を P_0 [N/m²]、理想気体の気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度を g [m/s²]として以下の問いに答えなさい。

- (1) 気体 G_1 の圧力 P_x [N/m²]を P_0 , M , g , S を用いて答えなさい。
- (2) 気体 G_1 の絶対温度を P_x , n , V_0 , R を用いて答えなさい。

固体Cは比熱が C_s [J/(kg·K)]で質量が m_s [kg]、絶対温度が T_s [K]である。

気体 G_1 の温度が固体Cの絶対温度 T_s と異なっている場合、気体 G_1 と固体Cの間で徐々に熱の移動が生じるとともに気体 G_1 の体積が変化した後、気体 G_1 と固体Cの温度は等しくなりピストンA, Bは最初と異なる位置で停止する。ピストンA, Bの高低差に基づく両ピストン間の気体 G_2 の圧力差は無視できるとする。

以下の問いに P_x , n , V_0 , T_s , R を用いて答えなさい。

- (3) 気体 G_1 の定圧モル比熱は C_p [J/(mol·K)] で, $m_s C_s = n C_p$ の関係があるとき, 変化後に一定となった後の気体 G_1 の絶対温度を答えなさい。
- (4) 気体 G_1 がピストン A になす仕事を正として, その大きさを答えなさい。
- (5) その場合の気体 G_1 の内部エネルギーの変化量を, 増大する場合を正として答えなさい。

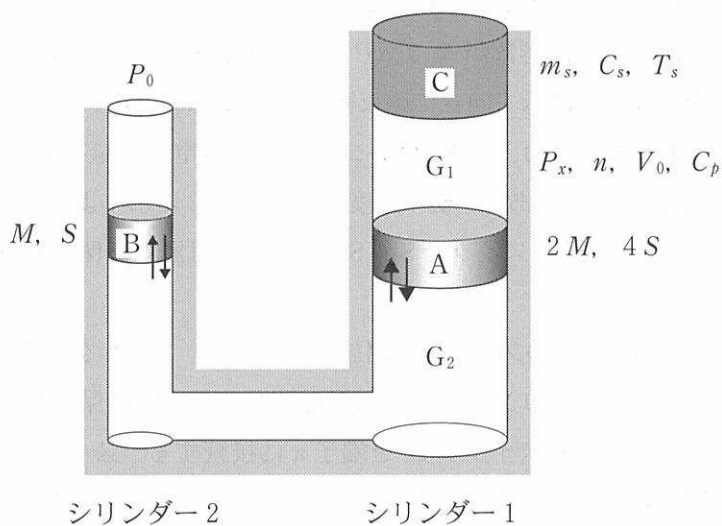


図 III

[IV]

以下の文中の ① ~ ⑭ に適切な文字，語句または式を入れよ。⑦以降は⑩を除いて V_a と V_b を用いてもよい。

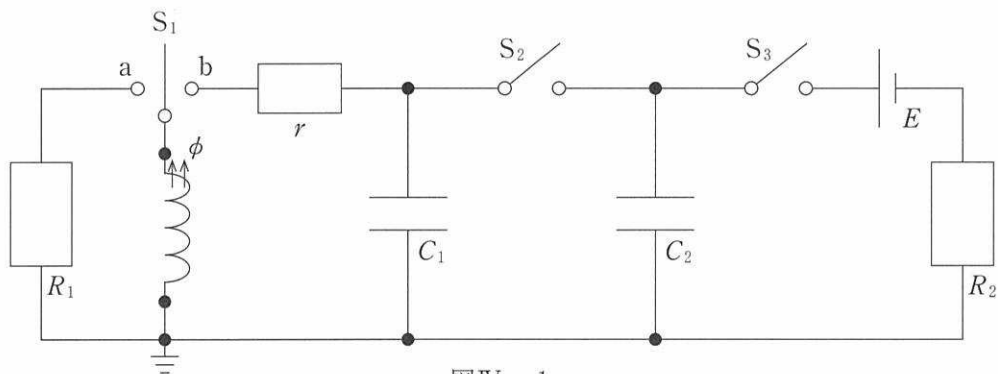
ファラデーの電磁誘導の法則によると，巻数 m のコイルを貫く磁束 ϕ [Wb] が時間 Δt [s] の間に $\Delta\phi$ だけ変化するとコイルの両端に ① [V] の電圧を生じる。そこでコイルを貫く磁束を変化させて電圧を発生させ，その電圧によりコンデンサに ② を蓄積し充電させる。またその電圧は，抵抗において ③ を発生させジュール熱として消費される。図IV—1 に示す回路において，コイルは断面積が S [m²]，巻数が N でありその一端が接地されている。このコイルに磁束 ϕ が図IV—1 に示す向きに磁束密度 B [Wb/m²] で貫いている。抵抗の電気抵抗は r [Ω]， R_1 [Ω] および R_2 [Ω]，コンデンサの電気容量は C_1 [F] と C_2 [F]，電池の起電力は E [V] である。磁束密度 B は図IV—2 に示すように周期 $T (= T_1 + T_2)$ で変化している。スイッチ S_1 ， S_2 そして S_3 は順に開閉し同時に閉じることはない。

はじめ回路の全てのスイッチを開放状態にして，コイルを貫く初期磁束密度を B_0 [Wb/m²] とし，コンデンサの初期電荷が 0 の状態を保った後にスイッチ操作を開始する。まずスイッチ S_1 を端子 a に接続する。スイッチ S_1 は時間間隔 T_1 (T_1 期間) の間は端子 a に接続され，その後端子 b に切り替えて時間間隔 T_2 (T_2 期間) の間には端子 b 側に接続される。端子 a から端子 b に接続を切り替える前の a の電位を V_a [V]，切り替えた後の b の電位を V_b [V] とする。 V_b が正になるように図IV—3 に示した 2 つのコイルのうち ④ を用いた。電位 V_a と V_b を B_m ， B_0 ， S ， N ， T_1 ， T_2 を用いて表すとそれぞれ ⑤ [V] と ⑥ [V] となる。

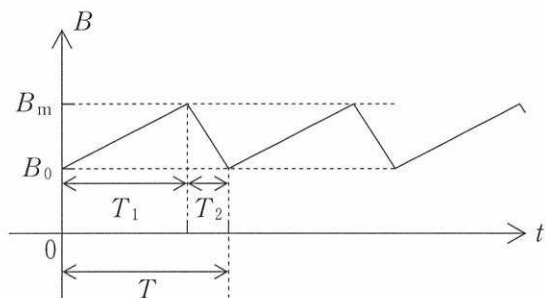
スイッチ S_1 が切り替えられ T_2 期間に入ってスイッチ S_1 が端子 b にあるとき，電気抵抗 r の抵抗を流れる電流の最大値は ⑦ [A] となる。この T_2 期間内において，電気抵抗 r の抵抗を流れる電流が 0 になった時に，電気容量 C_1 のコンデンサには ⑧ [V] の電圧が生じる。

T_2 期間内で電気抵抗 r の抵抗に電流が流れなくなるように回路が定常的に動作しているときスイッチ S_1 を端子 b から開放しスイッチ S_2 を閉じると，電気容量 C_2 のコンデンサにかかる電圧は ⑨ [V] となる。電気容量 C_2 のコンデンサを充電した後にスイッチ S_2 を開放しスイッチ S_3 を閉じたとき，電気抵抗 R_2

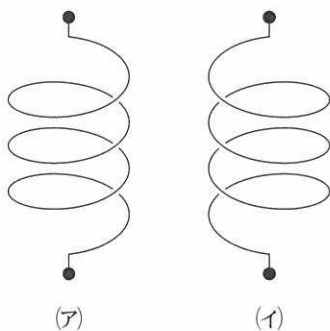
の抵抗に電流が流れない条件は ⑩ である。磁束密度の大きさが ⑪ の条件を満たすとき、コイルから得られるエネルギーが電気抵抗 R_2 の抵抗で消費できる。コイルから得られるエネルギーを電気抵抗 R_2 の抵抗で消費できるときには ⑫ [A] の最大電流が電気抵抗 R_2 の抵抗を流れる。以上の操作の間に電気抵抗 R_2 の抵抗で ⑬ [J] のジュール熱が発生する。また、一連の操作で T_1 期間において発生した電圧によって電気抵抗 R_1 の抵抗で消費されるジュール熱は ⑭ [J] となる。



図IV-1



図IV-2



図IV-3

補 足 説 明

科目名 物理 I ・ 物理 II

補足説明

物理 I ・ 物理 II の 〔 I 〕

1ページ 文中

○5行目

「質量M [kg] 」の後に

「 (M > m) 」を追加する。

物理 I ・ 物理 II の 〔 II 〕

4ページ 文中

○8行目文末

「記号を用いること。」の後に

「なお、 ℓ に対して h が十分に小さいとする。」を追加する。

補 足 説 明

科目名 物理Ⅰ・物理Ⅱ

補足説明

物理Ⅰ・物理Ⅱ の

7ページ 〔Ⅲ〕 (4)

「気体 G_1 が」の前に

「その場合, 」を追加する。

物理Ⅰ・物理Ⅱの解答用紙には答えのみを記入すること。