

横浜市立大学 前期

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 26 年 度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから17ページまでであり、解答用紙は問題冊子中央に10枚はさみこんである。


科 目	問 題	解答用紙
物 理	1ページから6ページ	3枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7ページから10ページ	3枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	11ページから17ページ	4枚 (55-1, 55-2, 55-3, 55-4)

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

53 物理

1 ページから 6 ページ

【訂正】

冊子番号	53
科目	物理
問題番号	〔Ⅲ〕
内容	<p>5 ページ (2) (ア) 問題文の一部</p> <p>【誤】 (a) シリンダーAの<u>ピストンに働く</u>圧力 p</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>【正】 (a) シリンダーA<u>内の気体の</u>圧力 p</p>

〔 I 〕 図に示すように、直線状の狭い通路が地球の中心 O を貫いている。通路の地表上の地点 A に質量 m の質点 P がある。他方、通路の反対側の地表上の地点 B に質量 am の質点 S がある。通路に沿って座標軸を設定する。以下の設問に答えよ。ここで、地球は一様な密度をもち、各質点には地球の引力のみが作用するとする。また、通路の摩擦や空気の抵抗は無視できるものとする。地球の半径を R 、質量を M 、そして、万有引力定数を G とする。ここで、次の事実を使ってよい。「地球の中心 O から距離 r の位置に質点があるとき、この質点が地球から受ける力は、 r を半径とする球の内部の質量がその中心 O に集中している場合に生じる引力と同じである。」

(1) 質点 P だけを静かに放した。

(ア) 質点 P が座標 x の位置にあるとき、

(a) O を中心とする半径 $|x|$ の球の内部の質量を求めよ。

(b) 質点 P に働く力を求めることにより、その運動が O を中心とする単振動となることを示せ。

(イ) この単振動の角振動数 ω を求めよ。

(ウ) 質点 P が地点 A から中心 O まで動くのに要する時間 τ を求めよ。

(エ) 質点 P が座標 x の位置にあるとき、この質点をもつ位置エネルギーは $U = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$ であることを示せ。ここで、中心 O を位置エネルギーの基準点とする。

以下の問いでは、必要に応じて、上の(イ)に記した ω を使用せよ。

(2) 質点 P および質点 S を同時に静かに放した。

(ア) 2つの質点は通路内で衝突した。

(a) この衝突は中心 O で起きる。その理由を述べよ。また、衝突直前の両者の速度 v_P および v_S を求めよ。

(b) 衝突時の反発係数を e とするとき、衝突直後の両者の速度 v'_P および v'_S を求めよ。

(c) 質点 S は衝突直後に停止した。このとき、 $a = 2e + 1$ であることを示せ。また、このときの速度 v'_P を求めよ。

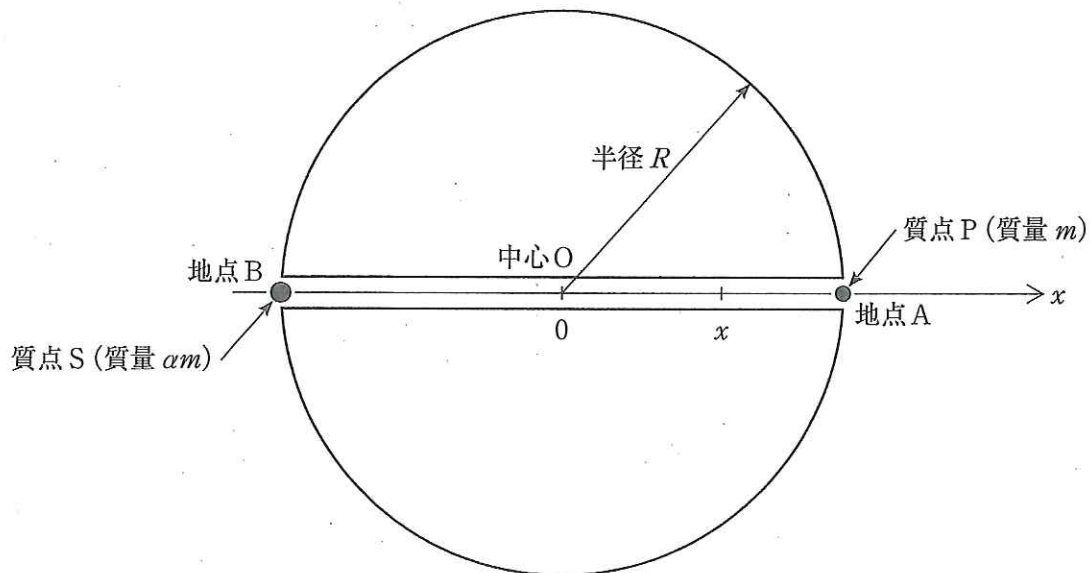
以下の問いでは、上の(c)のような衝突が起きたあとの運動を扱っている。

(イ) 質点 P はこの衝突のあと、地表上の地点 A にまで戻ることができた。このときの地点 A での速度 v_0 を求めよ。また、このようなことが起きるために、 e が満たすべき条件を示せ。

(ウ) 地点 A に達した質点 P は、地球からの引力の下で地表上 H の高さまで達し、そのあと落下した。

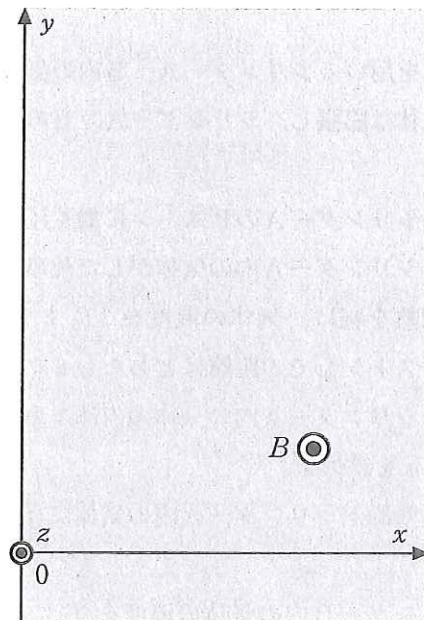
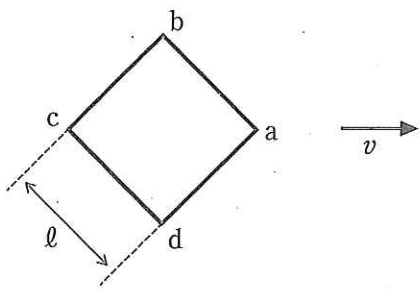
(a) R と e を用いて H を表せ。

- (b) $X = e^2$ および $Y = \frac{H}{R}$ とする。 X を横軸, Y を縦軸にとって, 適切な X の範囲に対して, 両者の関係を実線でグラフに描け。
- (c) $e \geq e_1$ のとき, 質点 P は落下せず地球の引力から離脱して宇宙の果てに飛び去る。 e_1 を求めよ。
- (エ) 今, 仮に, 上の(c)の問いにおいて, 地表での重力加速度の大きさが上空まで変わらず一定であるとする。このときの質点 P の到達高さ H' を求め, これより, X と $Y (= \frac{H'}{R})$ の関係を, 上記(c)(b)のグラフに重ねて破線で描け。



〔Ⅱ〕 図のように、 x 、 y 、 z 軸をとる。 x 軸と y 軸は紙面上にあり、 z 軸は紙面に垂直で裏から表に向いている。 $x \geq 0$ の領域に、 z 軸の正の向きに磁束密度 B の一様な磁場が加えられている。1辺の長さが l の正方形回路(1巻のコイル) $abcd$ を xy 平面上に置き、対角線 ac を x 軸に平行に保ちながら、 xy 平面内で x 軸の正の向きに一定の速さ v で動かす。回路の抵抗を R とする。回路を流れる電流がつくる磁場は無視できる。頂点 a が y 軸を通過する時刻を $t = 0$ とする。以下の問題では、誘導起電力の大きさを計算するとき、時間 Δt は充分小さいとし、 $(t + \Delta t)^2 - t^2 \doteq 2t\Delta t$ の近似を用いよ。

- (1) 回路の頂点 a が y 軸を通過してから、対角線 bd が y 軸を通過するまでの、ある時刻 t における物理量について考える。
- (ア) 回路を貫く磁束を求めよ。
 - (イ) 誘導起電力の大きさを求めよ。
 - (ウ) 回路を流れる電流の向きと大きさを求めよ。
 - (エ) 消費される電力を求めよ。
 - (オ) 回路が磁場から受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (2) 回路の対角線 bd が y 軸を通過してから、頂点 c が y 軸を通過するまでの、ある時刻 t における物理量について考える。
- (ア) 誘導起電力の大きさを求めよ。
 - (イ) 消費される電力を求めよ。
 - (ウ) 回路が磁場から受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 回路の頂点 a が y 軸を通過してから、頂点 c が y 軸を通過するまでについて考える。
- (ア) 消費される電力の時間変化をグラフに描け。
 - (イ) この時間変化の特徴を述べよ。さらに、その特徴を示す理由を説明せよ。



〔Ⅲ〕 図のように、断面積 S の2つのピストン付きシリンダー A, B を水平な床に固定する。2つのピストンは熱を伝えない充分長いばねで結ばれ、なめらかに動くようになっている。また、各シリンダーには熱源が取付けられ、気体の温度を自由に換えられるようになっている。両方のシリンダーにそれぞれ n モルの単原子分子理想気体を封入し、圧力を大気圧 p_0 、温度を絶対温度 T_0 に保つと、シリンダーの底からピストンまでの距離は l 、ばねは自然長になってつり合った。このばねのばね定数は $k = \frac{p_0 S}{l}$ であり、単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ (R は気体定数) で与えられるとして、以下の問いに答えよ。

(1) シリンダーの底からピストンまでの距離 l を求めよ。

以下、次のような2つの場合について考える。これ以降の問いでは l を用いてよい。

(2) 熱源を用いてシリンダー A, B 内の気体の温度を等しく保ったまま加熱した。

(ア) 気体は膨張し、シリンダー A, B の底からピストンまでの距離はどちらも $l + x$ となった。

(a) シリンダー A のピストンに働く圧力 p はいくらか。 x を含んだ式で表せ。

(b) シリンダー A 内の気体がした仕事 W はいくらか。 x を含んだ式で表せ。

(イ) 加熱を続け、気体の温度を $3T_0$ まで上昇させた。このとき、シリンダー A, B の底からピストンまでの距離はどちらも $l + a$ となった。

(a) シリンダー A 内の気体の内部エネルギーの増加量 ΔU を求めよ。

(b) a を求めよ。

(c) 熱源がシリンダー A 内の気体に与えた熱量 Q を求めよ。

(3) シリンダー B 内の気体の温度を T_0 に保ったままシリンダー A 内の気体のみを加熱し、温度を $3T_0$ にした。シリンダー A 内の気体は膨張し、シリンダー A の底からピストンまでの距離は $l + b$ となった。このときの b を求めよ。

p_0

