

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 28 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

〔 I 〕 図のように摩擦のない斜面と水平面がQの位置でなめらかにつながっている。水平面の右端のSの位置には壁がある。この状況で、水平面上のRの位置に質量 am ($a > 0$) の小物体Bを静かに置く。次に、質量 m の小物体Aを斜面上のPの位置から静かにはなすと小物体Aは斜面をすべり始めた。その後の小物体の運動について、以下の問いに答えよ。ただし、PQ間、QR間、RS間の距離はそれぞれ l であり、水平面からPまでの高さは h である。重力加速度の大きさは g とし、空気の抵抗や摩擦力の影響はないものとする。

- (1) 小物体Aが斜面をすべりおり、Qの位置に到達したときの速さ v_0 、および到達するまでの時間を求めよ。

その後小物体Aは水平面上を進み、Rの位置で小物体Bと弾性衝突をした。以下の問いには v_0 を用いて答えてよい。

- (2) 衝突直後の小物体AおよびBの速さを求めよ。

小物体Bは水平面上を進み、Sの位置で壁と弾性衝突してはね返った後、小物体Aと再び弾性衝突した。まず $a < 1$ の場合について考える。

- (3) 小物体AとBが最初に衝突してから再び衝突するまでの時間を求めよ。

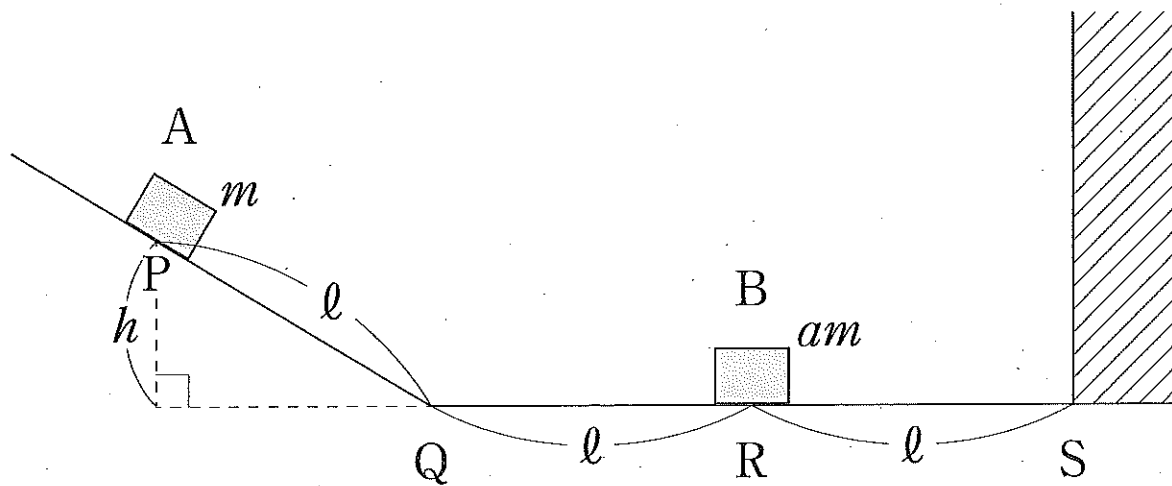
- (4) 小物体AとBが再び衝突した直後の両者の速さを求めよ。

- (5) $a \rightarrow 0$ の極限での小物体AとBの運動の概略を論ぜよ。

次に $a > 1$ の場合について考える。

- (6) $1 < a < a_1$ のとき、小物体Bは、小物体AがQの位置に戻る前に小物体Aと再び衝突した。この条件を満たす a_1 を求めよ。

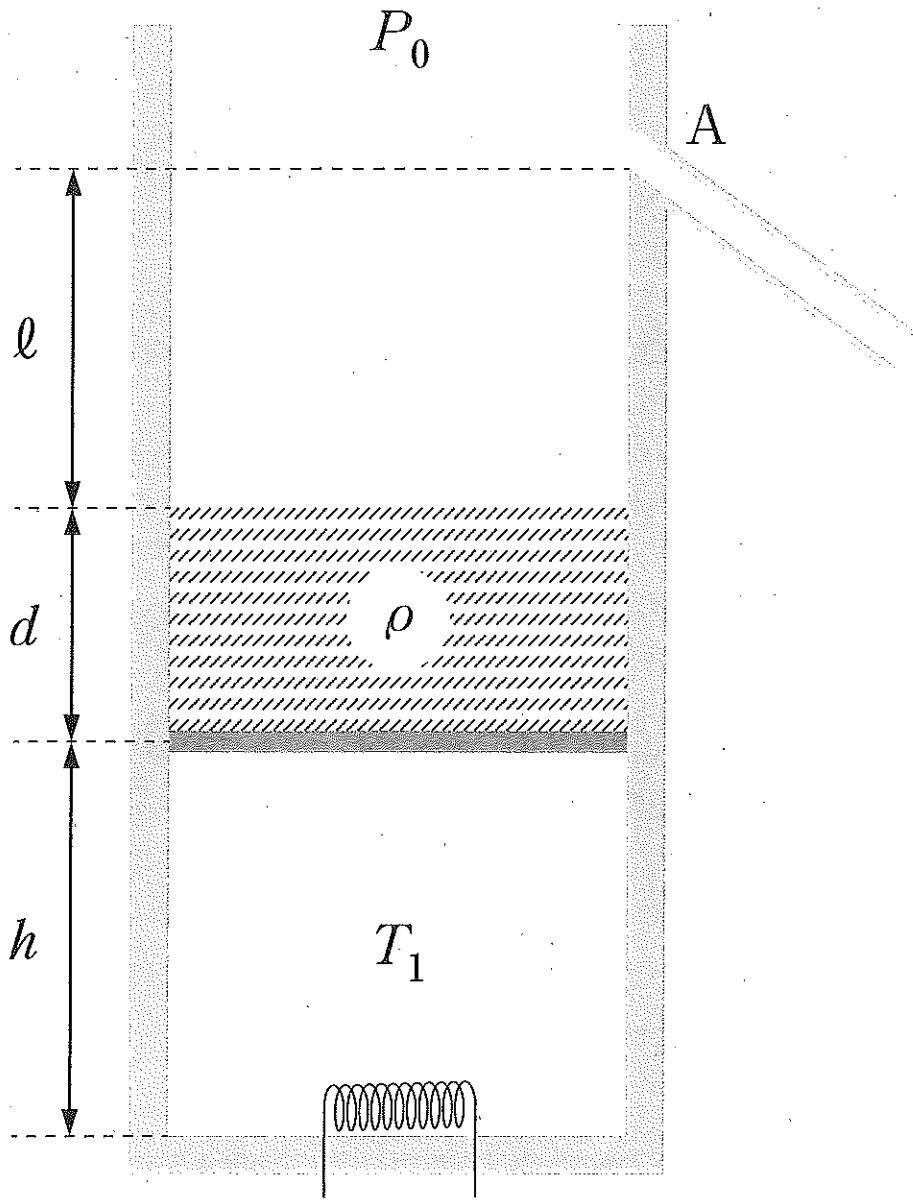
- (7) $a = 2$ のとき、小物体AとBが最初に衝突してから再び衝突するまでの時間を求めよ。



〔Ⅱ〕 図のように、なめらかに動くピストンを持つシリンダーが鉛直に置かれており、シリンダー内には単原子分子理想気体が封入されている。シリンダーとピストンは厚さと重さが無視できる断熱材できている。気体が封入されているシリンダー内には、体積の無視できるヒーターがついている。ピストンの上には水をためることができ、また、排水口Aに達した水はシリンダー外へ排出される。

ピストンの上に水を深さ d までためたとき、ピストンは底面からの高さ h でつりあった。このとき、気体の温度は絶対温度 T_1 であり、水面は排水口Aよりも l だけ低い位置にあった(状態1)。次に、ヒーターを用いて気体を加熱すると、ピストンはゆっくり上昇して水面がAに到達した(状態2)。ピストンがゆっくり上昇するようにさらに加熱を続けると、Aから水が少しずつ排出され、ピストンがAに達したところで加熱を止めた(状態3)。シリンダーの断面積を S 、水の密度を ρ 、大気圧を P_0 、重力加速度を g として以下の問いに答えよ。

- (1) 状態1, 2, 3での気体の圧力 P_1, P_2, P_3 をそれぞれ求めよ。
- (2) 状態2での気体の温度 T_2 は、状態1での気体の温度 T_1 の何倍か答えよ。
- (3) 状態3での気体の温度 T_3 は、状態1での気体の温度 T_1 の何倍か答えよ。
- (4) 状態1から状態2へ変化する間に気体がした仕事 W_{12} を求めよ。
- (5) 状態1から状態2へ変化する間に気体が受け取った熱量 Q_{12} を求めよ。
- (6) 状態2から状態3へ変化する間の気体の圧力 P と気体の体積 V の関係式を求めよ。
また、その関係を縦軸に P 、横軸に V をとったグラフに示せ。
- (7) 状態2から状態3へ変化する間に気体がした仕事 W_{23} を求めよ。
- (8) 状態2から状態3へ変化する間に気体が受け取った熱量 Q_{23} を求めよ。



〔Ⅲ〕 図に示すような直流電源、抵抗、コンデンサー、ダイオード、スイッチで構成される電気回路がある。 E_1 、 E_2 は起電力がともに E で内部抵抗が無視できる直流電源、 R_1 は電気抵抗が R の抵抗であり、 C_1 、 C_2 は電気容量がそれぞれ C 、 $3C$ のコンデンサーである。 C_3 は電気容量を変化させることができるコンデンサーであり、その電気容量を αC ($\alpha > 0$)と表すことにする。また、ダイオード D は理想的な特性を示し、電気抵抗が順方向に対しては 0 、逆方向に対しては無窮大である。はじめに、すべてのスイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 は開いており、どのコンデンサーにも電荷は蓄えられていないとして以下の問いに答えよ。

- (1) S_1 を閉じた直後に R_1 に流れる電流を求めよ。
- (2) S_1 を閉じて十分に時間が経過した後の ab 間の電位差を求めよ。
- (3) 次に S_1 を開き、 S_2 を閉じて十分に時間が経過した後の ac 間の電位差を求めよ。
- (4) さらに S_2 を開き、 C_3 の容量を十分小さい状態($\alpha \doteq 0$)にし、 S_3 を閉じ十分に時間が経過した後、ゆっくりと C_3 の電気容量を増加させた。
 - (ア) このときの C_1 、 C_2 、 C_3 の極板間の電位差を α の関数として求めよ。
 - (イ) (ア)で求めた3つの電位差を1つのグラフに示せ。
 - (ウ) C_3 の電気量を α の関数として求め、グラフに示せ。
- (5) (4)の操作において C_3 の電気容量の増加を $6C$ で止め、その後ゆっくりと $2C$ まで減少させた。減少させるために必要な仕事を求めよ。

