

前期

理系

平成 29 年度入学試験学力検査問題

理 科 ・ 地 理 歴 史 ・ 数 学

※地理歴史(地理)は、地理環境コース志望者のみ

※数学は、数理科学コース志望者のみ

都市教養—150分(ただし、電気電子工学、機械工学コースは75分)
都市環境、システムデザイン(インダストリアルアートコースを除く)—75分
(ただし、地理環境コースは150分)

答案用紙

・物 理 3 枚 ・化 学 3 枚 ・生 物 3 枚
・地 学 2 枚 ・地 理 3 枚 ・数 学 3 枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで、問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は、筆記用具のほか定規、コンパスの使用を認めます。
ただし、分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は、答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

		1	2	3
4	5	6	7	X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し、必ず配付された答案用紙に記入してください。なお、地学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
答案用紙には、解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合、アルファベット及び数字は、1マスに2字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
・物 理 1 ページ～9 ページ ・化 学 10 ページ～18 ページ
・生 物 19 ページ～36 ページ ・地 学 37 ページ～42 ページ
・地 理 43 ページ～52 ページ ・数 学 53 ページ～54 ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は、手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり、持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが、どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は、持ち帰ってください。また、試験終了時刻まで退室できません。

物 理

1 図1のように、角度 θ の斜面があり、点Aから点Bまでは長さ L の水平面である。点Bから点Cまでは半径 R の半円筒の内側で、点Cは点Bを通る鉛直線上にある。面はすべてなめらかであり、各面はなめらかに接続されている。この面上での小球の運動を考える。小球は斜面上の点から初速度ゼロで静かにはなす。高さは水平面を基準にして測り、重力加速度の大きさは g とする。以下の問いに答えなさい。

問1 質量 m の小球を斜面上の高さ h の点で静かにはなすと、小球は斜面を下り、点Bを通過した後、半円筒の内面をすべり、面から離れることなく点Cに達した。

- (1) 小球が斜面上の高さ $\frac{h}{2}$ の点を通過するときの小球の加速度の大きさと速さを求めなさい。
- (2) 小球が点Bに達するまでに、重力が小球にした仕事を求めなさい。
- (3) 点Cに達した小球はそのまま空中に放り出され、水平面に衝突し、反発係数 e で一度はね返った後、斜面に届くことなく、再び水平面と衝突した。小球が2度目に水平面と衝突するときの角度を α とし、 $\tan \alpha$ を求めなさい。 α は、図2に示すように、水平面に衝突する直前の小球の速度と水平面のなす角である。
- (4) 高さ h を調節することで、点Cでの小球の速さをゼロとすることは可能か不可能か、解答欄(a)の正しい方を丸で囲みなさい。また、解答欄(b)には、可能なときはそのときの h を答え、不可能なときは点Cでの小球の速さが最小になる h を答えなさい。

問 2 以下、小球は面から離れることなく運動するものとする。

時刻 $t = 0$ に、質量 m_1 の小球 1 を斜面上の高さ h_1 の点で静かにはなした。小球 1 は斜面を下り、点 B を通過した後、半円筒の内側を上り、向きを変え、再び点 B を通過し、時刻 t_0 に点 A に達した。

(1) 小球 1 が最初に点 B を通過する時刻を求めなさい。

次に、質量 m_1 の小球 1 と質量 m_2 の小球 2 を用意する。時刻 $t = 0$ に、小球 1 を斜面上の高さ h_1 の点から、小球 2 を斜面上の高さ h_2 ($h_2 < h_1$) の点から、同時に静かにはなした。小球 1 は、点 A を通過した後、小球 2 が点 B に達する前に、小球 2 に追いつき、2 つの小球は衝突した。この時刻を t_c とする。

(2) 小球 1 と小球 2 が完全非弾性衝突する場合を考える。時刻 t_c で衝突後、小球 1 と小球 2 は点 B を通過した後、半円筒の内側を上り、向きを変え、再び点 B を通過した。衝突後の小球 2 が達した最高点の高さを求めなさい。

(3) 小球 1 と小球 2 の質量は等しい ($m_1 = m_2$) ものとし、弾性衝突する場合を考える。時刻 t_c で衝突後、小球 2 は点 B を通過し、半円筒の内側を上り、向きを変え、点 B を通過した後、AB 間で再び小球 1 と衝突した。その後、小球 1 は水平面をすべり、時刻 t_1 に点 A に達した。 t_1 と t_0 の関係で正しいものを以下の(ア)~(キ)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) $t_1 < \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} t_0$

(イ) $t_1 = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} t_0$

(ウ) $\sqrt{\frac{h_2}{h_1}} t_0 < t_1 < t_0$

(エ) $t_1 = t_0$

(オ) $t_0 < t_1 < \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} t_0$

(カ) $t_1 = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} t_0$

(キ) $\sqrt{\frac{h_1}{h_2}} t_0 < t_1$

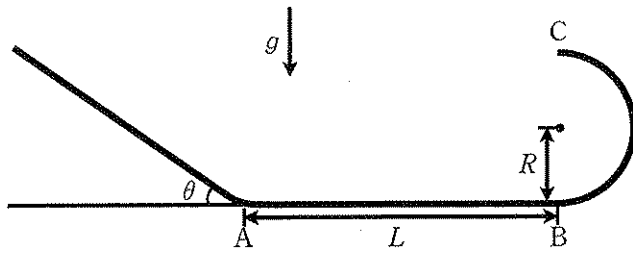


图 1

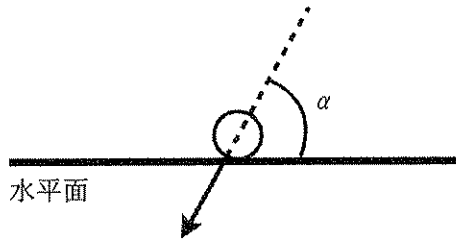


图 2

2 以下の問いに答えなさい。

問 1 図 3 のような，一辺の長さがそれぞれ a ， b ， c の直方体の導体が真空中にある。導体は一樣な抵抗率 ρ をもち，導体内部には負電荷 $-e$ ($e > 0$) をもつキャリアが単位体積あたり n 個存在する。導体の左面から右面方向に一樣かつ一定の電流が流れており，導体内におけるキャリアの平均の速さを v とする。

- (1) 電流の大きさを求めなさい。
 (2) 左面と右面の電位差による電場の大きさを求めなさい。また，正しい電場の向きを次の(ア)，(イ)から，正しい電位の大小関係を次の(ウ)，(エ)から，それぞれ 1 つ選び記号で答えなさい。

- (ア) 左面から右面へ向かう向き (イ) 右面から左面へ向かう向き
 (ウ) 左面の電位 < 右面の電位 (エ) 左面の電位 > 右面の電位

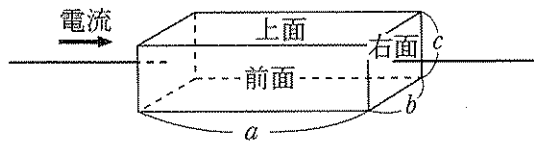


図 3

次に，導体の上面から下面を垂直に貫く向きに磁束密度 B の一樣な磁場を加えた。導体は動かないものとする。電流が作る磁場は無視でき，導体内の透磁率は真空の透磁率と等しいとする。

- (3) 右面から左面方向に速さ v で運動するキャリアが直進するように，電流に垂直な電場が導体内に生じる。この電場の大きさを求めなさい。また，この電場の向きとして正しいものを，次の(ア)~(エ)の中から 1 つ選び記号で答えなさい。

- (ア) 後面から前面へ向かう向き (イ) 前面から後面へ向かう向き
 (ウ) 上面から下面へ向かう向き (エ) 下面から上面へ向かう向き

- (4) 前問(3)の，電流に垂直な電場による 2 つの面の電位差は，(2)の左右の面の電位差の k 倍であった。磁束密度 B を k を含む式で表しなさい。

問 2 電気抵抗の温度変化について考える。温度は全てセルシウス温度を示すものとする。図4のような、長さ l 、断面積 S の金属でできた抵抗がある。その抵抗率は温度依存性を持ち、 0°C における抵抗率を ρ_0 、温度係数を α (α は正の定数) として、

$$\text{抵抗率} = \rho_0 \times (1 + \alpha \times \text{温度} [^\circ\text{C}])$$

で表せる。いま、面 A と面 B がそれぞれ別の熱源に接しており、面 A は 0°C に冷却され、面 B は温度 $t [^\circ\text{C}]$ ($t > 0$) に加熱されている。AB 間は、温度が面 A からの距離 x ($0 < x < l$) に比例して上昇するものとする。温度が抵抗率以外に与える影響は無視できる。

- (1) 距離 x の位置における抵抗率を、 x 、 l 、 ρ_0 、 α 、 t を用いて表しなさい。
- (2) この抵抗は、図 5 上の概略図のように、抵抗率が一樣な断面積 S の薄い抵抗を直列に接続した合成抵抗とみなすことができ、抵抗値は図 5 下のグラフの台形の面積に比例する。このことを用いて抵抗全体の抵抗値を求めなさい。

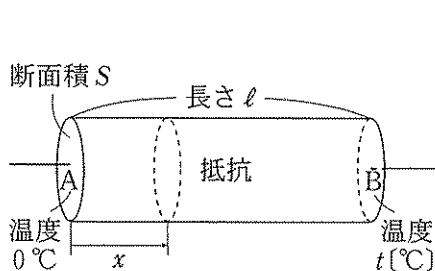


図 4

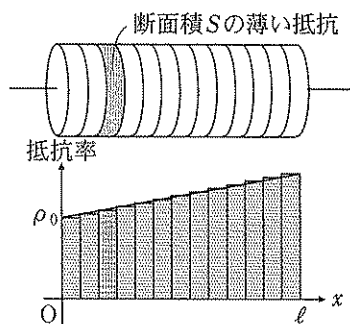


図 5

次に、抵抗に電流が流れている状態を考える。面 A の電位を V_A 、面 B の電位を V_B ($V_A > V_B$) とする。電流が流れることによる抵抗の発熱は無視できる。

- (3) 距離 x の位置における電位を示すグラフの概形として最も適切なものを、図 6 の(ア)~(カ)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

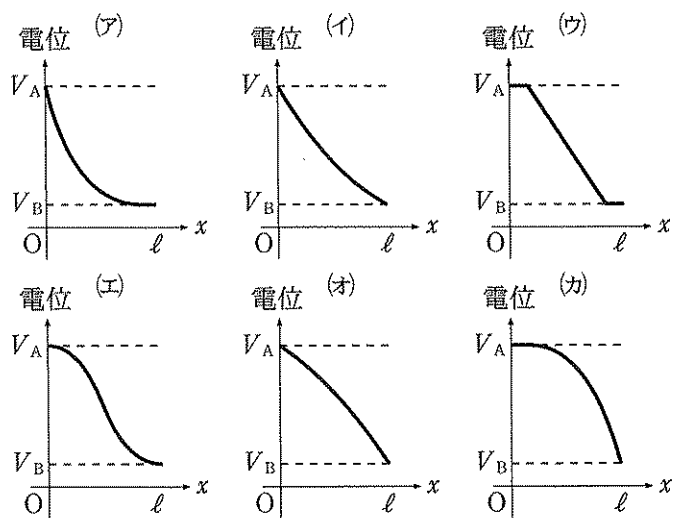


図 6

- (4) 距離 x の位置における電位を x , V_A , V_B を含む式で表しなさい。

3

図7のように、密度 ρ の液体が入った大きくて十分に深い水槽を考える。この水槽の液体中に底面の面積が S の円筒容器を置いた。円筒容器の上部には鉛直方向になめらかに動く、薄くて軽いピストンが取り付けられ、円筒容器内には 1 mol の単原子分子の理想気体が閉じ込められている。ピストンと円筒容器の底面は常に水平に保たれている。円筒容器の底からピストンまでの距離を l 、液面から円筒容器の底までの距離を h とする。液面より上の空間の圧力は無視できる。重力加速度の大きさを g 、気体定数を R とする。

液体、円筒容器、気体は常に熱平衡にあり、その絶対温度を T とする。また、水槽内の液体量は充分多く、円筒容器全体は常に液体内にあり、かつ円筒容器内でピストンの位置が変わっても液面の位置は変化しないと考えてよい。また、気体とピストンにはたらく重力は無視できる。圧力と温度による液体の密度 ρ の変化も無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。

問1 円筒容器内の気体がピストンを押す単位面積当たりの力(圧力)を P_G 、液体がピストンを押す単位面積当たりの力(圧力)を P_L とする。

- (1) P_G および P_L を ρ, l, h, T, S, g, R から必要なものを用いて表しなさい。ただし、ピストンは力のつり合いの位置にあるとは限らない。
- (2) 円筒容器の底までの深さ、すなわち h の大きさによっては、ピストンにはたらく鉛直方向の力がつり合う l は存在しない。このような h の範囲を ρ, T, S, g, R から必要なものを用いて表しなさい。

問2 ピストンにはたらく鉛直方向の力がつり合う l が2つ存在するように円筒容器の底の深さ h を固定した。

- (1) 問1で定義した P_G および P_L は l に対してどのように変化するか、図8の(ア)~(ケ)のグラフの中で最もよく表しているものを1つ選び記号で答えなさい。グラフでは、横軸が l 、縦軸が圧力である。

- (2) ピストンにはたらく鉛直方向の力がつり合う2つの l を l_1, l_2 ($l_1 < l_2$)とする。ピストンをこのつり合いの位置からずらして、位置 l で静かにはなした直後、ピストンは l の範囲に依存して上昇または下降した。 $l < l_1$ の場合、 $l_1 < l < l_2$ の場合、および $l_2 < l$ の場合について、ピストンの移動方向(上昇または下降)を解答欄に記入しなさい。
- (3) ピストンのつり合いの位置 l_1 を ρ, h, T, S, g, R から必要なものを用いて表しなさい。
- (4) 次に温度を T からゆっくり変化させたところ、ピストンはつり合いを保ったまま、 l_1 から Δl だけ移動した。このとき、円筒容器内の気体が外部にした仕事を $l_1, h, T, R, \Delta l$ から必要なものを用いて表しなさい。

問 3 円筒容器を h まで沈めた後、静かにはなしたときの円筒容器全体の鉛直方向の運動を考える。気体が入った円筒容器には質量があり、重力がはたらいっている。またピストンは、深さ h にかかわらず、常に円筒容器内でつり合いの位置 l_1 にある場合を考える。円筒容器をある深さで静かにはなした直後、円筒容器は上昇した。円筒容器をこれとは異なる深さから静かにはなした直後の円筒容器全体の運動について、(ア)~(オ)の中で最も適切な記述を1つ選び記号で答えなさい。円筒容器の側壁と底板、およびピストンの厚さは無視する。また温度 T は常に一定である。

- (ア) 深さ h によらず上昇した。
- (イ) h がある深さのところでは静止し、それ以外では上昇した。
- (ウ) h がある深さより浅い場合は下降し、深い場合は上昇した。
- (エ) h がある深さより浅い場合は上昇し、深い場合は下降した。
- (オ) h がある深さより深い場合は静止していた。

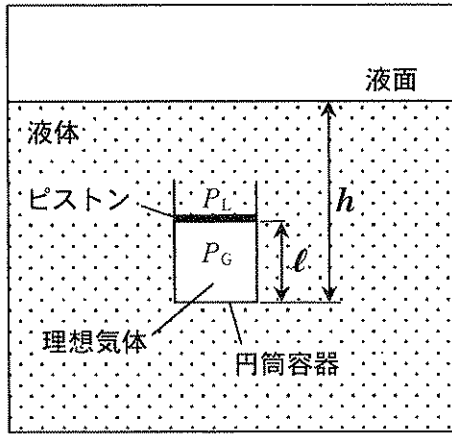


図 7

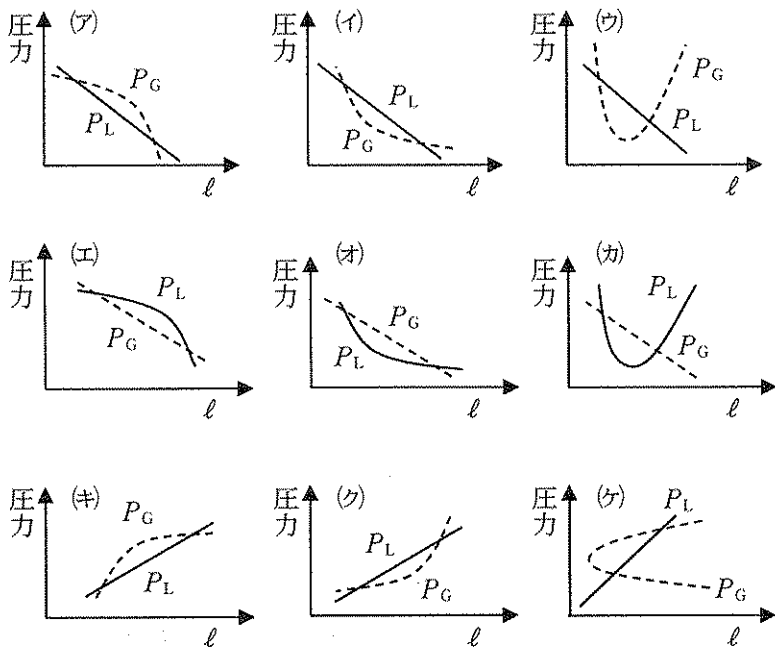


図 8