

理 科

15:00~17:30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は60ページある。このうち、「物理」は2～10ページ、「化学」は11～28ページ、「生物」は29～49ページ、「地学」は50～60ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

科目	学部・系・群・学科・専攻	総合入試					学部別入試									
		理系					医学部					歯学部	獣医学部	水産学部		
		数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	保健学科								
								看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻				作業療法学専攻	
物理		○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○	
化学		○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	
生物		○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	
地学		○	○	○	○	○									○	

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

問 題 訂 正

北海道大学

平成 29 年度 一般入試 前期日程

教科・科目名 理科 (物理)

問題紙 4 ページ 1 問 2 図 3 を
次のとおり訂正する。

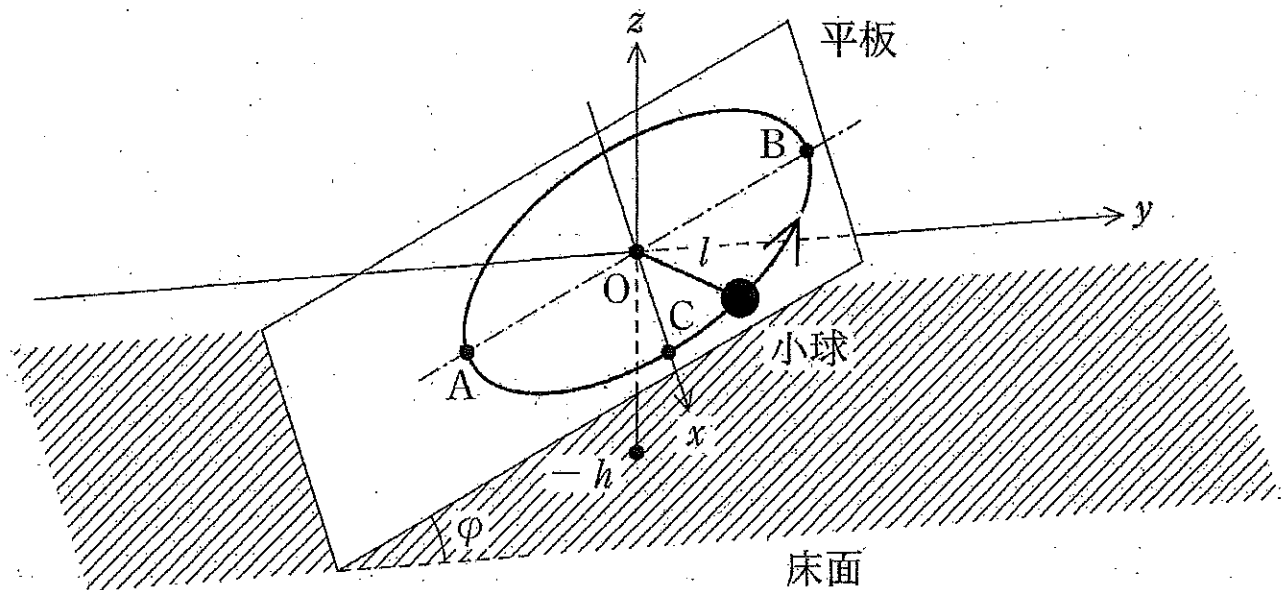


図 3

物 理

- 1 糸に結びつけた小球の運動について、以下の文中の (1) ~ (14) に適切な数式あるいは数値を入れよ。また、(ア) 欄には小球1が始める運動を記述せよ。いずれの間も小球の大きさおよび空気の抵抗は無視してよく、糸は軽くて伸び縮みしないものとする。また、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

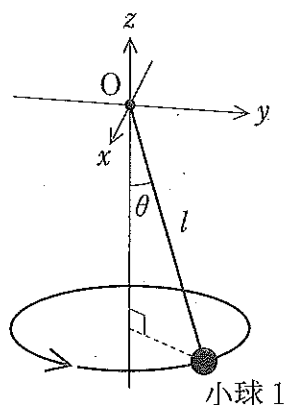


図 1

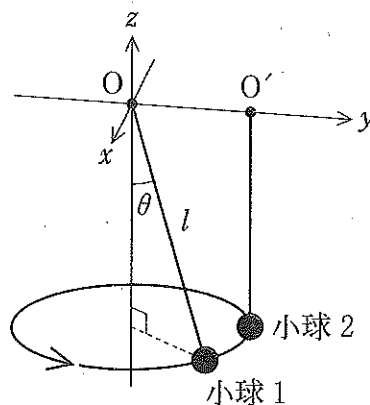


図 2

問 1 図1のように、原点 O を通り互いに直交する x 軸、 y 軸、 z 軸 (z 軸は鉛直上向き) を定め、原点 O から長さ l [m] の糸に質量 m [kg] の小球1をつり下げる。糸が鉛直下向きと角度 θ [rad] だけ傾いた状態で、小球1を z 軸のまわりに鉛直上方から見て反時計まわりに等速円運動させた。このとき、小球1の円運動の加速度の大きさは (1) [m/s²] となる。また、糸の張力の大きさは (2) [N] となり、小球1は速さ (3) [m/s] で円運動する。

次に、図2のように y 軸上のある点 O' から小球1の軌道上まで質量 m [kg] の小球2をつり下げ、小球2を静止させた後に、小球1と小球2を衝突させた。この衝突が完全弾性衝突であったとすると、衝突直後の小球1の

速さは [m/s], 小球 2 の速さは [m/s] となる。衝突後に小球 2 は周期が [s] の単振動を始め, ある点で初めて速度が 0 になった。このときのその点の z 座標の値は [m] である。角度 θ が小さいものとする, 衝突直後, 小球 1 が始める運動は である。

問 2 図 3 のように、床面から角度 ϕ [rad] だけ傾いた滑らかな平板を用意し、原点 O を通り互いに直交する x 軸、 y 軸、 z 軸 (z 軸は鉛直上向き) を定める。ただし、原点 O と x 軸は平板面にあり、原点の高さは床面から h [m] とする。原点 O から長さ l [m] の糸に質量 m [kg] の小球を結んで、この平板上を原点 O のまわりに円運動させる。回転の方向は鉛直上方から見て反時計まわりとする。小球が円運動の最下点 A を通過する際の速さが v_0 [m/s] であったとすると、そのときの小球の円運動の加速度の大きさは (8) [m/s²] である。このとき、糸にはたらく張力の大きさは (9) [N] となる。また、小球が円運動の最高点 B を通過する際、糸にはたらく張力の大きさは (10) [N] となる。よって、最高点で糸がたるまない条件は $v_0 >$ (11) [m/s] である。

次に、 x 軸上の点 C で小球が糸から外れ、同時に平板が床面に倒れ、小球が飛び出したとする。このとき、小球の速さ V は (12) [m/s] である。小球が床面に落下する地点の座標を V を用いて表すと、 $(x, y, z) = (\text{ (13) [m], (14) [m], } -h \text{ [m]})$ となる。

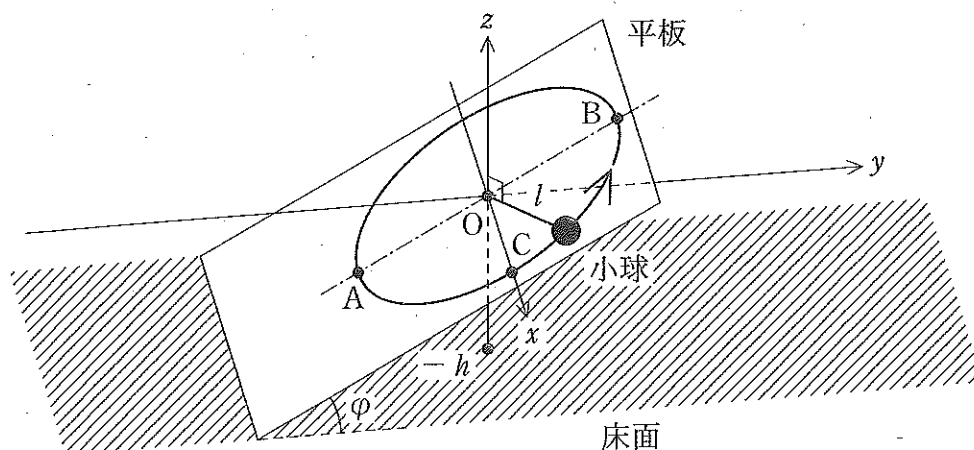


図 3

- 2 図1のように、鉛直方向になめらかに動く質量 m [kg] のピストンを挿入した断面積 S [m²]、長さ L [m] のシリンダーがあり、ピストンにより仕切られた下方の空間(空間 A)に 1 mol の理想気体が封入されている。上方の空間(空間 B)は真空である。シリンダーは断熱材でできており、空間 A には加熱用のヒーターが備え付けてある。また、ピストンの位置 l [m] をシリンダー底部からの高さとし、ピストンの厚さとヒーターの大きさ、およびそれらの熱容量は無視できるものとする。この理想気体の定積モル比熱を C_v [J/(mol·K)]、定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)] とし、気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。以下の文中の (1) ~ (12) に適切な数式あるいは数値を入れよ。

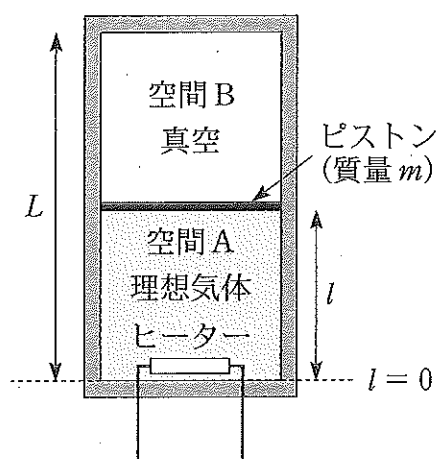


図 1

- 問 1 はじめに、ピストンは l_0 [m] の高さで静止していた。このときの気体の圧力は (1) [Pa]、温度は (2) [K] である。そこからヒーターで気体に熱を加えてピストンをゆっくりと動かしたところ、 $4l_0$ ($< L$) の高さで再び静止した。この過程で気体がした仕事は (3) [J] であり、内部エネルギーの変化は C_v を用いて (4) [J] と表される。よって、この変化で気体がヒーターから吸収した熱量 ΔQ [J] は、熱力学第一法則から (5) [J] となる。一方、 ΔQ は C_p を用いて (6) [J] と表すこともできる。したがって、 C_v と C_p の間に (7) という関係式が成り立つ。

問 2 前述の状態での温度を T_A [K], ピストンの高さを $l_1 (= 4l_0)$ [m] とする。

以下ではこの T_A と l_1 を用いてよい。

次に、図 2(a)のように、この状態のままピストンを体積が無視できる断熱材でできたストッパーで固定したのち、空間 B に温度 T_B [K] の同種の理想気体を 1 mol 流入させた。気体の封入後にピストンのストッパーを外すと、ピストンは高さ l_1 から動き出した。しばらくすると、シリンダー内の 2 つの気体の温度はピストンを介した熱のやりとりにより温度 T_e [K] で等しくなり、図 2(b)のようにピストンは新たなつりあい位置 l_e [m] で静止した。以下ではこの T_e と l_e を導出する。

この過程において 2 つの気体がした仕事の総和は (8) [J] であり、2 つの気体の内部エネルギー変化の総和は C_V を用いて (9) [J] と書ける。よって、熱力学第一法則から T_e は l_e を用いて (10) [K] と表すことができる。一方、高さ l_e 、温度 T_e ではピストンに働く力がつりあっているので、つりあいの式は T_e と l_e を用いて (11) $= 0$ と表される。この 2 つの式から、 T_e と l_e は l_1 , T_A , T_B を用いて表すことができる。空間 A, B 内の気体の C_V を $\frac{3}{2}R$ とし、 $l_1 = \frac{2}{3}L$, $T_B = \frac{4}{3}T_A$ とするとき、 T_A と l_1 の関係を考慮すると、 l_e は T_A を用いずに表すことができ、(12) $\times L$ [m] となる。

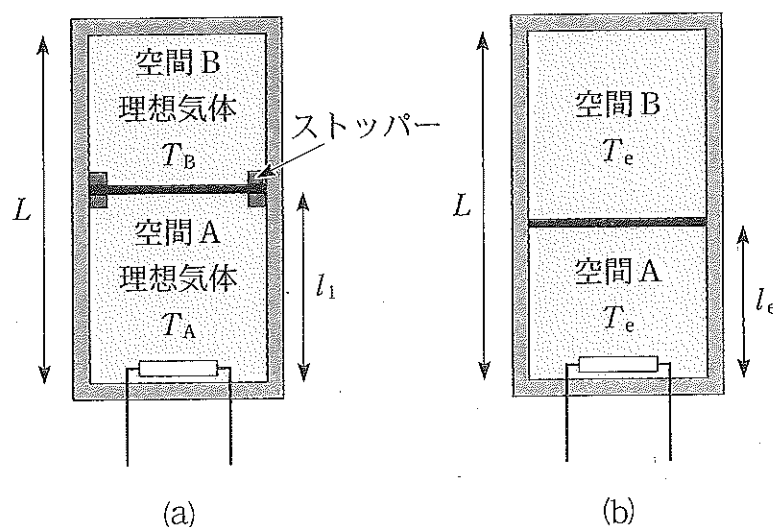


図 2

3 以下の文中の (1) ～ (11) に適切な数式あるいは数値をいれよ。また (あ) には、次ページの選択肢中の適切なものを選べ。

問 1 図 1 のように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の直流電源、 R_1 [Ω] と R_2 [Ω] の抵抗、電気容量 C_1 [F] と C_2 [F] のコンデンサー、およびスイッチ S を接続した。はじめスイッチ S は b 側に入れられていて、また 2 つのコンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。この状態でスイッチ S を a 側に切り替えると、 C_1 の充電が始まる。コンデンサー C_1 にかかる電圧が V [V] になったとき、抵抗 R_1 に流れる電流は (1) [A] である。

次に、コンデンサー C_1 にかかる電圧が $\frac{E}{2}$ [V] に達した瞬間にスイッチ S を b 側に戻した。その後、十分時間がたつと、コンデンサー C_2 にかかる電圧は (2) [V] となった。また、抵抗 R_2 によって消費されたエネルギーは (3) [J] となる。

上記の過程におけるコンデンサー C_1 にかかる電圧の時間変化について最も適したグラフは (あ) となる。

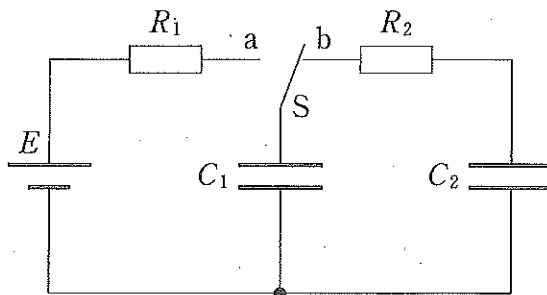
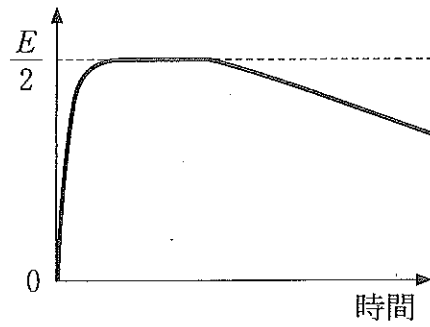


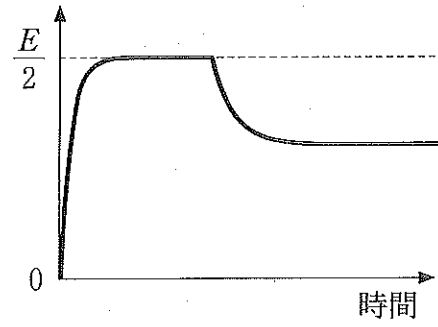
図 1

C_1 の電圧 [V]



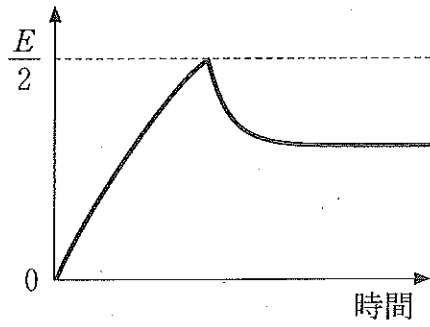
(a)

C_1 の電圧 [V]



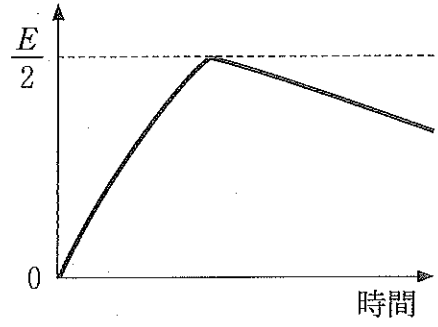
(b)

C_1 の電圧 [V]



(c)

C_1 の電圧 [V]



(d)

(あ)の選択肢

問 2 図 2 に示すように、かけられた電圧と流れる電流の関係が発光時と消光時
で変わる発光素子を考えよう。この発光素子は、両端の間にかけられた電圧
が V_{on} [V] に達すると点灯し、電流が流れるようになる。一度点灯すると、
電圧が V_{on} を下回っても発光を続けるが、 V_{off} [V] まで下がると消灯する。
なお、消光状態では電流が流れないとする。また、この発光素子の電気容量
は無視できるものとする。

この発光素子と、起電力 E [V] の直流電源、抵抗 R 、2 つのコンデンサー
A と B、およびスイッチ S を図 3 のように接続した。なお、コンデンサー A
と B の静電容量は両方とも C [F] であり、 E は V_{on} に比べて十分大きい。ま
た、コンデンサー A と B は、はじめは電荷が蓄えられていなかったとす
る。

スイッチ S が閉じられた直後は、2 つのコンデンサーにかかる電圧はい
ずれも 0 V であるため、発光素子は消光状態である。このため最初は、コン
デンサー A のみが充電される。コンデンサー A の電圧が (4) [V] に
達すると、発光素子が発光状態になり、コンデンサー B にも電流が流れる
ようになる。ここで、抵抗 R の値が十分大きく、発光している間に発光素
子に流れる電流は、全てがコンデンサー A の放電によるものとする。こ
の放電によってコンデンサー A にかかる電圧が下がり、発光素子にかかる
電圧が V_{off} になると再び消灯する。消灯する直前にコンデンサー A と B に
かかっていた電圧は、 V_{on} と V_{off} を用いるとそれぞれ (5) [V] および
(6) [V] と表される。

発光素子が消灯した後は、コンデンサー A の充電が再び始まる。このた
め、以降は点灯と消灯のサイクルを繰り返す。ここで、コンデンサー A の
 m 回目の充電が始まったときにコンデンサー B にすでに蓄えられていた電
荷を Q_m [C] としよう。コンデンサー A のこの回の充電の間は、コンデン
サー B にかかる電圧は (7) [V] で変化しない。このため、発光素子が
 m 回目に点灯するとき、コンデンサー A にかかる電圧は (8) [V] に
なっている。このことから、 $Q_{m+1} = \text{(9)} \times Q_m + \text{(10)}$ [C] で
あることがわかる。これより、 $Q_4 = \text{(11)}$ [C] と求められる。

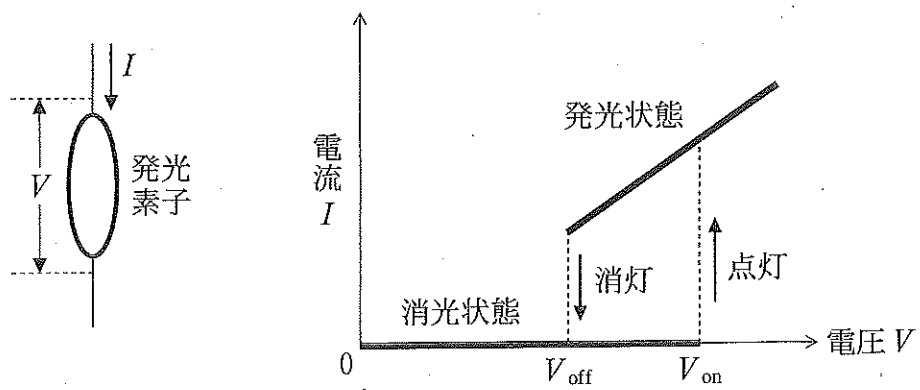


図 2

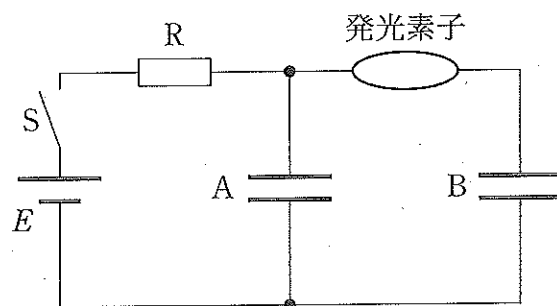


図 3