

理 科

15 : 00～17 : 00

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40ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～18ページ、「生物」は19～32ページ、「地学」は33～40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・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	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 系	保 健 学 系								
							看護学専攻	放射線技術科学攻	検査技術科学攻	理学療法科学攻	作業療法科学攻				
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、監督員の指示に従って、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。
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
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。

物 理

1 水平な床の上に、なめらかな斜面を持つ、くさび形の物体が置かれている。大きさが無視できる質量 m [kg] の小球が鉛直に落下し、この物体の斜面に衝突した。図 1 のように、斜面と床のなす角は θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{4}$) である。この小球が運動する鉛直面内で、水平右向きを x 軸正方向、鉛直上向きを y 軸正方向とする。小球が斜面と衝突する際はねかえり係数は 1 とし、空気抵抗は無視してよい。また、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。文章中の (1) ~ (12) に適切な数式を入れよ。

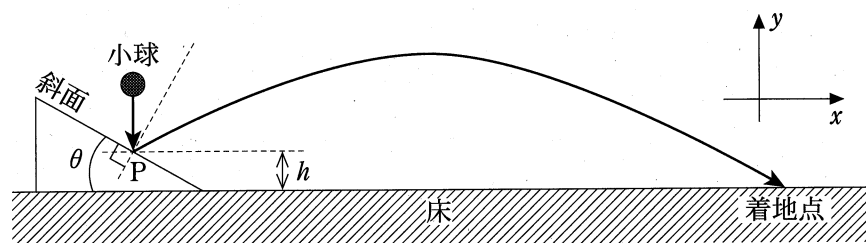


図 1

問 1 はじめ、くさび形の物体は床に固定されており、小球が衝突しても動くことはない。また、図 1 のように、小球が衝突する点を P とする。衝突直前の小球の速さが v [m/s] のとき、衝突直後には小球の速度の x 軸方向成分 v_x [m/s] が (1) [m/s]、 y 軸方向成分 v_y [m/s] が (2) [m/s] となる。衝突後の小球は、放物線軌道を描き床に着地した。衝突後、小球が達する最高点の位置を v_x 、 v_y を用いて表すと、 x 軸方向に (3) [m]、 y 軸方向に (4) [m] だけ P から離れた点となる。点 P の高さが床から h [m] のとき、着地点と最高点の x 軸方向の位置の差を v_x 、 v_y を用いて表すと (5) [m] となる。

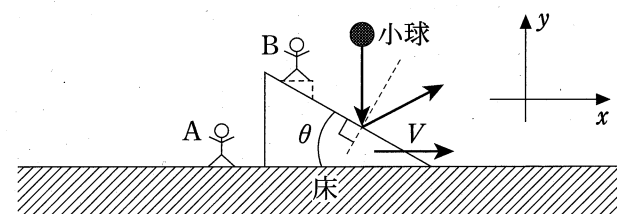


図 2

問 2 つぎに、図 2 に示すように、問 1 のくさび形の物体を床に対して一定の速さ V [m/s] で x 軸正方向に運動させ、落下する小球を斜面に衝突させた。衝突の際、くさび形の物体の速度は変化しないとする。このとき、床に静止している観測者 A から見ると、小球は鉛直下方に速さ v [m/s] で斜面に衝突した。

くさび形物体上の観測者 B から見た衝突直前の小球の速度の x 軸、 y 軸方向成分は、 v と V を用いてそれぞれ (6) [m/s]、(7) [m/s] となる。観測者 B から見ると、小球は斜面に垂直に衝突した。このとき V は、 v と θ を用いて (8) [m/s] と表される。

この小球の衝突を、床に静止している観測者 A から見た場合を考える。このとき、小球の衝突直後の x 軸、 y 軸方向の速度成分は、 v と V を用いてそれぞれ (9) [m/s]、(10) [m/s] と書ける。また、小球が動いている物体の斜面から受けた力積の x 、 y 成分は、 m 、 v 、 V を用いて、それぞれ (11) [N·s]、(12) [N·s] となる。

2 図1と図2のような、電池、抵抗、コンデンサー、コイルおよびスイッチからなる回路がある。電池の起電力は E [V] で内部抵抗は r [Ω] である。図1の回路では、この電池が2個のスイッチ S_1 , S_2 を介して、抵抗値 R [Ω] の抵抗3個、 $2R$ [Ω] の抵抗1個、 $3R$ [Ω] の抵抗1個と導線につながっている。図2の回路では、この電池が2個のスイッチ S_3 , S_4 を介して、平行平板コンデンサーと自己インダクタンス L [H] のコイルと導線につながっている。

平行平板コンデンサーは、一辺の長さ W [m] の正方形の金属板2枚が平行に d [m] だけ離れて固定されたものであり、金属板の間には、比誘電率 ϵ_r の誘電体が挿入されている。誘電体は金属板と同じ大きさの上下面をもち、金属板の間を上下の隙間なく図2の矢印の方向になめらかに出し入れ可能になっている。また、誘電体が引き出された部分の長さを x [m] ($0 \leq x < W$) とする。はじめに、4個のスイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 はすべて開いており、コンデンサーは帯電していない。コイルと導線の抵抗は無視でき、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

次の文章中の (1) ~ (11) に適切な数式を入れよ。

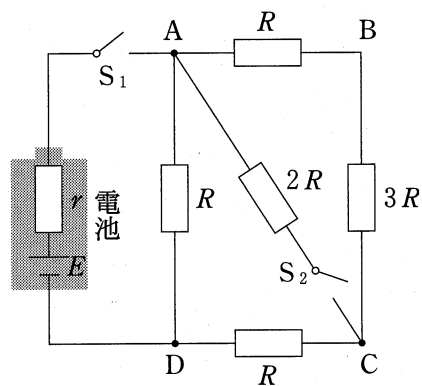


図1

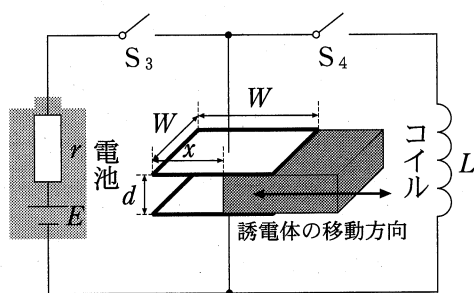


図2

問1 図1においてスイッチ S_1 のみを閉じた。このとき、図中の抵抗値 $3R$ の抵抗を通して、 $B \rightarrow C$ の向きに流れる電流は (1) [A] である。また、このときの電池から見た合成抵抗 (AD 間の抵抗) は (2) [Ω] であり、電池に流れる電流は (3) [A] である。次にスイッチ S_1 を閉じたまま、スイッチ S_2 を閉じた。このとき、図中の抵抗値 $2R$ の抵抗を通して、 $A \rightarrow C$ の向きに流れる電流は (4) [A] であり、電池から見た合成抵抗 (AD 間の抵抗) は (5) [Ω] である。

問2 図2の回路で、コンデンサーの誘電体を x だけ引き出し、固定した後スイッチ S_3 を閉じた。はじめ、回路に電流が流れたが、十分に時間が経過した後には電流が流れなくなった。このときのコンデンサーの静電容量は (6) [F] であり、コンデンサーに蓄えられた電気量は (7) [C] である。さらに、誘電体を右方向に Δx [m] だけ、引き出して固定した。その際、コンデンサーに蓄えられている電気量は (7) [C] から (8) [C] だけ変化した。また、コンデンサーの静電エネルギーも (9) [J] だけ変化した。ただし、 $0 < x + \Delta x < W$ とする。

問3 図2の回路において、スイッチ S_3 を閉じたまま、誘電体でコンデンサーを満たした状態 ($x = W$) にした。その後十分に時間が経過してから、スイッチ S_3 を開き、スイッチ S_4 のみを閉じた。このとき、コイルとコンデンサーからなる回路に振動電流が流れた。コイルに流れる振動電流の最大値は (10) [A] であり、振動の周期は (11) [s] である。

3 図1のように、真空中に内壁の断面積 S [m²]、質量 M [kg] のシリンダーを台の上に垂直に配置し、ピストン下部のシリンダー内部に単原子分子理想気体 1 mol を閉じこめる。シリンダーの側壁とピストンは断熱材でできている。シリンダーの底部は熱をよく通し、シリンダーと台との接触により、気体と台との間で熱の出入りが可能となっている。ピストンは質量が m [kg] であり、シリンダー内部をなめらかに動くことができる。気体分子全体の質量は m および M と比較して無視できる。気体定数を R [J/(mol·K)]、単原子分子理想気体の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の文章中の (1) ~ (12) に適切な数式または数値を入れよ。

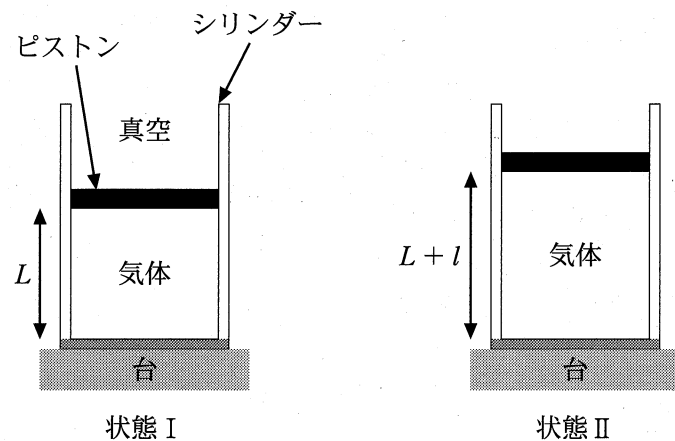


図1

問1 はじめ、気体と台の温度は同じであり、ピストン下部は台上にあるシリンダーの底面から高さ L [m] の位置で静止していた。この状態を状態Iとする。このときの気体の圧力はピストンに作用する力のつり合いから (1) [Pa] と求まる。また、状態Iにおける気体の内部エネルギーは (2) [J] である。

つぎに、十分に時間をかけて台の温度をある値まで上昇させたところ、気体が膨張し、ピストン下部が台上のシリンダーの底面から高さ $(L + l)$ [m] の位置に移動した。この状態を状態IIとする。状態IIにおける気体の温度は (3) [K] である。状態Iに比べ、気体の内部エネルギー

および重力によるピストンの位置エネルギーは、それぞれ (4) [J]、(5) [J] だけ増加した。したがって、シリンダーの底面を通して気体に与えられた熱量は (6) [J] であることが分かる。状態Iから状態IIへの変化の過程では、気体の温度を 1 K 高めるのに必要な熱量は、 R の (7) 倍である。

問2 状態IIにおいて、ばね定数が k [N/m] で、質量が無視できるばねを天井とピストン上部に接続したところ、ばねは自然長のままであり、ピストン(質量 m) の位置も変わらなかった。ばねを付けたまま、外部から気体に熱が出入りしないように、シリンダーの下方から力を加えてシリンダーを台から上昇させた。その後、十分に時間が経過した状態を状態IIIとする。状態IIIでは、ばねは自然長よりも l [m] だけ縮み、ピストンはその下部がシリンダーの底面から高さ $(L + r)$ [m] の位置で静止していた(図2)。このとき、気体の圧力は (8) [Pa] であり、シリンダーの下方から加えられている力 F [N] の大きさは (9) [N] である。

シリンダーの下方から加えられた力がした仕事により、気体の内部エネルギー、シリンダーとピストンの重力による位置エネルギーの和、およびばねの弾性エネルギーは、シリンダーを台から上昇させる前に比べ、それぞれ (10) [J]、(11) [J]、(12) [J] だけ増加した。

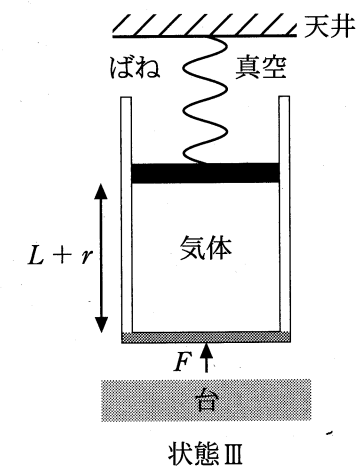


図2