

北海道大学 医学部 一般前期 H—24 ㊤
歯学部
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	総合入試系					学部別入試									
						医学部							歯学部	獣医学部	水産学部
						保健学系									
	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	看護学専攻	放射線技術科学攻	専攻検査技術科学攻	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。

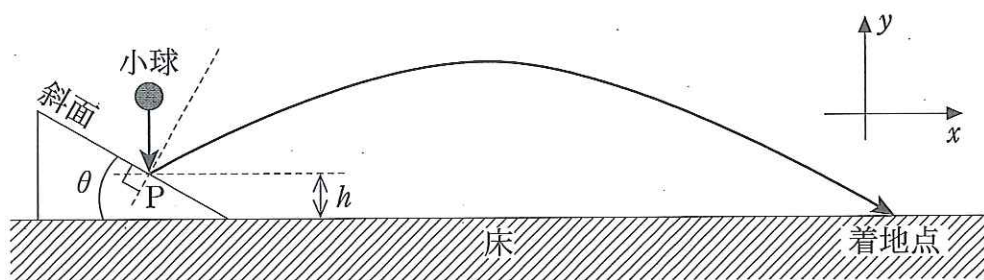


図1

- 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。

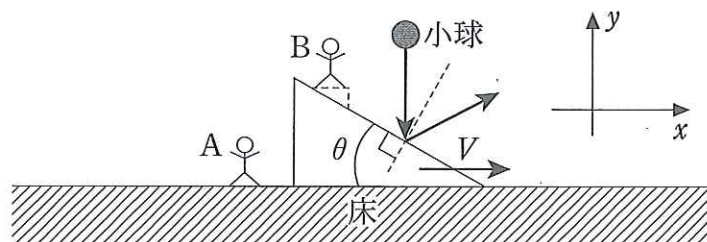


図 2

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個と導線でつながっている。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] のコイルと導線でつながっている。

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 (I) ~ (II) に適切な数式を入れよ。

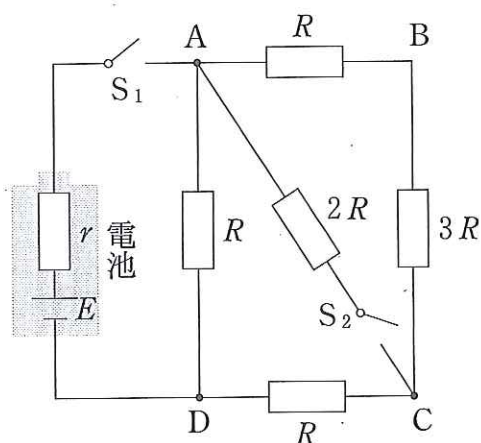


図1

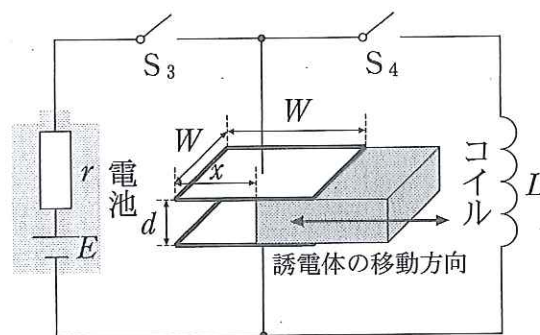


図2

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 [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 [Ω] であり、電池に流れる電流は [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 [A] であり、電池から見た合成抵抗 (AD 間の抵抗) は [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 [F] であり、コンデンサーに蓄えられた電気量は [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 [C] から [C] だけ変化した。また、コンデンサーの静電エネルギーも [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 ($x = 0$) 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 [A] であり、振動の周期は [s] である。

- 3 図1のように、真空中に内壁の断面積 $S[\text{m}^2]$ 、質量 $M[\text{kg}]$ 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 $m[\text{kg}]$ であり、シリンダー内部をなめらかに動かすることができる。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 $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ 、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 $g[\text{m}/\text{s}^2]$ 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。

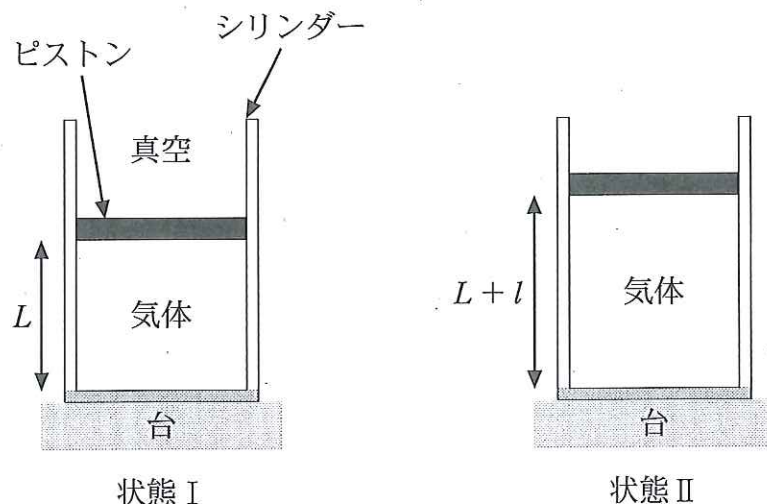


図1

- 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 $L[\text{m}]$ 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) $[\text{Pa}]$ 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) $[\text{J}]$ 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 $(L + l)[\text{m}]$ 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) $[\text{K}]$ 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 $\boxed{(4)}$ [J], $\boxed{(5)}$ [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 $\boxed{(6)}$ [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 $\boxed{(7)}$ 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 $\boxed{(8)}$ [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 $\boxed{(9)}$ [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 $\boxed{(10)}$ [J], $\boxed{(11)}$ [J], $\boxed{(12)}$ [J] だけ増加した。

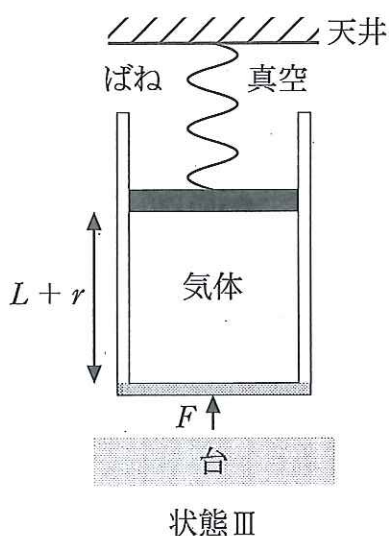


図 2



H-24 (A)

受験番号	A						
------	---	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
物理 0-1
51-0-1

採点記入欄

理科解答用紙 (物理)

3枚の解答用紙と1枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

座席番号			
(下の座席番号欄にも記入すること。)			

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

1

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)			

(1)~(5)

--

問 2

(6)		(7)	
(8)		(9)	
(10)		(11)	
(12)			

(6)~(12)

--

※採点欄

--

H-24 (A)

注意

1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

選択区分
A

解答用紙番号
物理 0-1

51-0-1

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 1
0
13 14 15

H-24 (A)

受験番号	A								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--



解答用紙番号
物理 0—2
51—0—2

採点記入欄

理科解答用紙 (物理)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)			

(1)~(5)

--

問 2

(6)		(7)	
(8)		(9)	

(6)~(9)

--

問 3

(10)		(11)	
------	--	------	--

(10)~(11)

--

※採点欄

--

選抜区分
A

H-24 (A)

注意

1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0—2

51—0—2

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 2
0
13 14 15

H-24 (A)

受 番	験 号	A							
--------	--------	---	--	--	--	--	--	--	--

見
本

解答用紙番号
物理 0—3
51—0—3

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (物理)

座 番	席 号			
--------	--------	--	--	--

(下の座席番号欄にも
記入すること。)

注意
※採点記入欄
には何も記
入しないこ
と。

3

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)		(6)	
(7)			

(1)~(7)

--

問 2

(8)		(9)	
(10)		(11)	
(12)			

(8)~(12)

--

※採点欄

--

選抜
区分

A

H-24 (A)

注意

1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0—3

51—0—3

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 3
0

13 14 15