

令和5年度
一般選抜（前期）

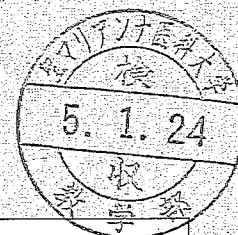
15時00分～17時30分

理 科
問 題 冊 子

科目名	頁
物 理	1 ～ 10 頁
化 学	11 ～ 16 頁
生 物	17 ～ 22 頁

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子は表紙を上、解答用紙は裏面を上置き、問題冊子は開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子ならびに解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答はかならず定められた解答用紙を用い、はっきり読みやすく記入すること。
また解答欄以外には何も書かないこと。
5. 解答用紙のホチキスははずさないこと。
6. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、途中退場を認めない。
7. 途中退場、質問、トイレ、体調不良等で用件がある場合は、挙手のうえ監督者の指示に従うこと。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは、挙手のうえ交換を求めること。
9. 試験終了の合図〔チャイム〕があったときは、ただちに筆記用具を置くこと。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕の後は、問題冊子は表紙を上、解答用紙は裏面を上置き、通路側から解答用紙、問題冊子の順に並べて置くこと。いっさい持ち帰ってはならない。
なお、途中退場の場合は、すべて裏返しにして置くこと。
11. 選択科目の変更は認めない。
12. その他、監督者の指示に従うこと。



受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入しなさい。選択肢問題以外は、特に指示のない限り解答の過程も簡潔に示しなさい。

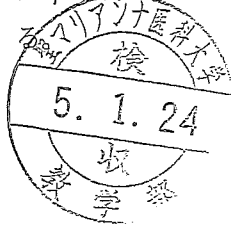
1 以下の文章の (①) から (⑫) に適切な数値または式を入れなさい。ただし、解答の過程は示さなくてよい。

[1] 水平なあらい床の上に質量 m の物体を置き、物体に初め速さ v_0 を与えて滑らせたところ、物体はやがて静止した。物体が滑り始めてから静止するまでの間に、動摩擦力が物体にする仕事は (①) であり、この間に物体に加わる力積の大きさは (②) である。また、物体と床との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とするとき、物体が滑り始めてから静止するまでの時間は (③) である。

[2] 静電容量 $4.0 \mu\text{F}$ のコンデンサーに 5.0 V の直流電圧を加えて十分時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは (④) μJ である。静電容量 $6.0 \mu\text{F}$ のコンデンサーを 3 個直列につないだときの合成容量は (⑤) μF 、3 個並列につないだときの合成容量は (⑥) μF である。

[3] 長さ 30 cm の管内に生じる気柱の固有振動を考える。開口端補正は無視できるものとする。管口近くにスピーカーを置いて振動数が一定の音を出し続けたところ、管内に節が 2 か所生じた。管が閉管であるとする、この音は (⑦) 倍音 (または (⑦) 倍振動の音) であり、この音の波長は (⑧) cm である。また、この管が開管であるとする、この音の波長は (⑨) cm である。

[4] ${}_{42}^{99}\text{Mo}$ はモリブデンの放射性同位体であり、核子の数は (⑩) 個である。このモリブデンは β 崩壊によって陽子の数 (⑪) 個、中性子の数 (⑫) 個のテクネチウムに変化する。



2 図1のように、天井にばねの一端を固定し、ばねの他端に質量 m の小物体 P を取り付けてぶら下げたところ、P は天井より x_0 だけ低い位置（高さ）で静止した。ばねは軽く、ばねの自然の長さを L とする。ばねの弾性力による位置エネルギー（弾性エネルギー）の基準を自然の長さを選ぶ。重力加速度の大きさを g とし、重力による位置エネルギーの基準を天井の高さを選ぶ。以下の各問に答えなさい。

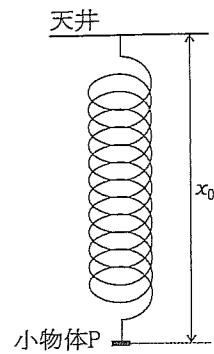


図 1

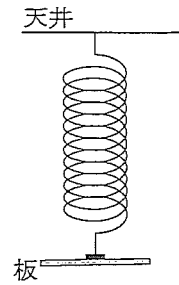


図 2

[1] ばねのばね定数を求めなさい。

図2のように、水平に保った板でPをゆっくりと鉛直方向に持ち上げて、Pをある高さで静止させた。

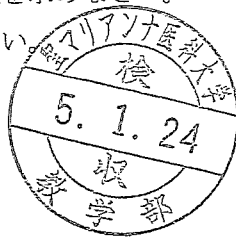
- [2] ばねの長さが自然の長さになっているとき、Pが板から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。
- [3] Pを天井より x だけ低い位置に静止させたとき、Pが板から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。
- [4] Pを天井より x だけ低い位置に静止させたとき、ばねの弾性エネルギーを求めなさい。
- [5] Pを天井より x だけ低い位置に静止させたとき、Pの重力による位置エネルギーを答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。

水平に保った板を用いてPを天井より L だけ低い位置に静止させた状態から、板を鉛直方向にゆっくりと下げたところ、やがてPは板から離れ、天井より x_0 だけ低い位置で静止した。

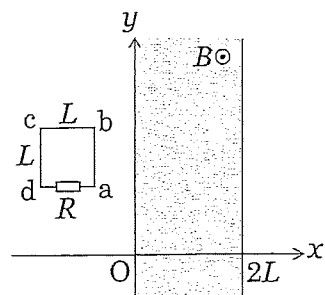
[6] このときPが板から受ける垂直抗力がした仕事を求めなさい。

板を用いてPを天井より X だけ低い位置に静止させた状態から板を瞬間的に取り除いたところ、Pは単振動をするようになった。ただし、 $X < x_0$ である。

- [7] Pの単振動の周期を求めなさい。
- [8] Pの加速度の大きさの最大値を求めなさい。
- [9] Pの速さの最大値を求めなさい。



3 図のように xy 平面の $0 \leq x \leq 2L$ の領域に磁束密度 B の一様な磁場があり、磁場の向きは紙面に垂直で紙面裏から表に向かう向きであるとする。この領域を、 xy 平面上にある正方形のコイル $abcd$ が x 軸の正の向きに速さ v で横切るものとする。コイルの一辺の長さは L であり、辺 ab と辺 cd は y 軸に平行である。またコイルには L に比べて十分小さいサイズの抵抗が取り付けられており、その抵抗値を R とする。以下の各問に答えなさい。

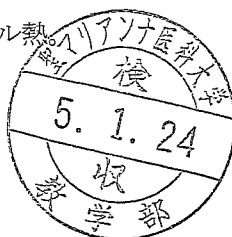


- [1] コイルの辺 ab が $x=0$ の位置に達したときの時刻を $t=0$ とするとき、以下の①～④の各物理量の $0 < t < 3T$ (ただし $T = \frac{L}{v}$) における値を示したグラフとして最も適切なものを、【選択肢】(あ)～(と)のうちからそれぞれ一つ選び、記号で答えなさい。さらに、選んだグラフに示されている物理量の大きさ A を、 B, L, R, v のうちから必要なものを用いて表しなさい。

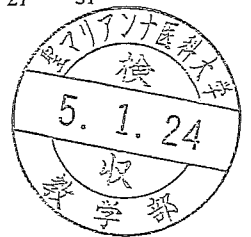
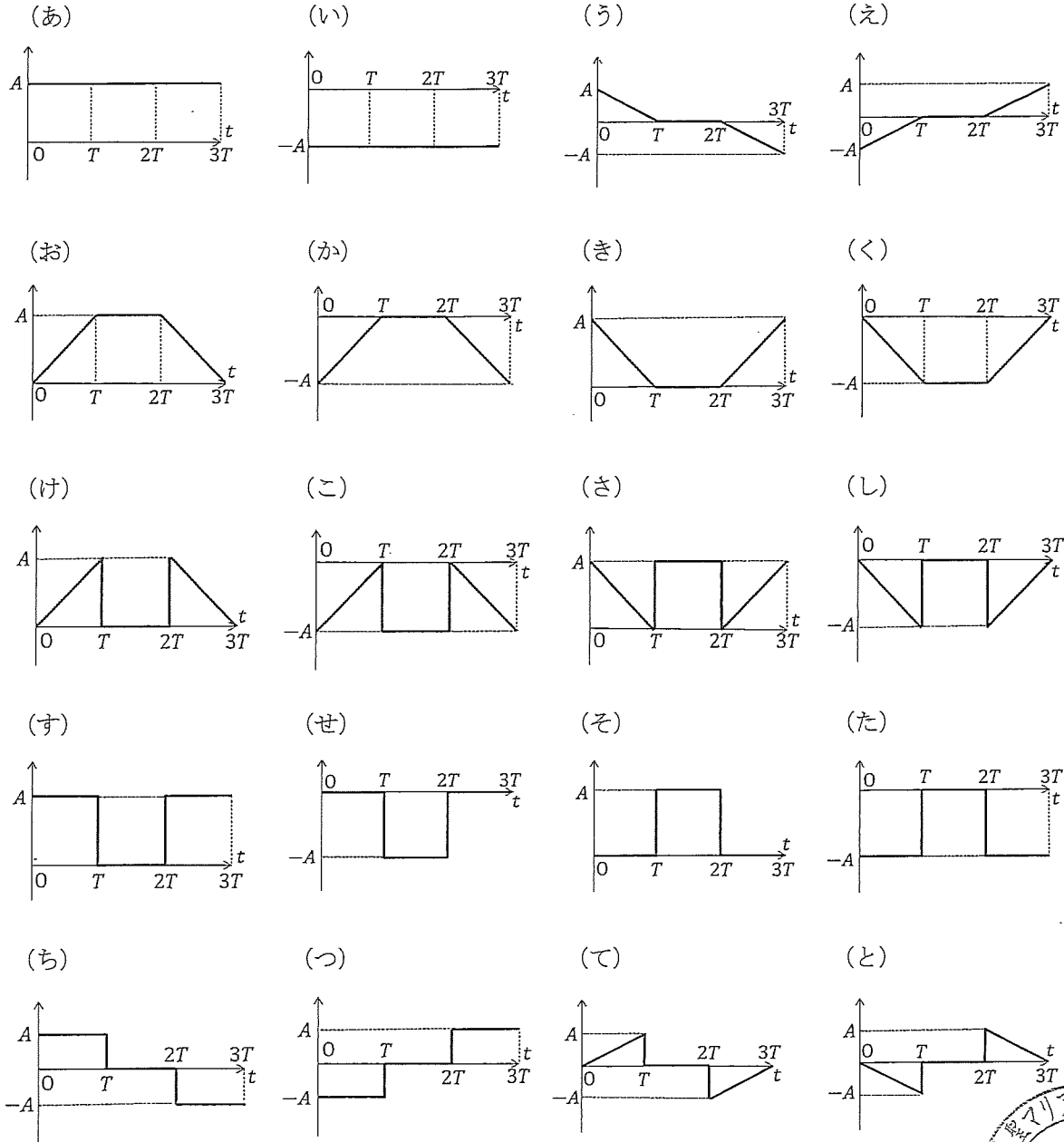
解答の過程は示さなくてよい。

- ① コイルを貫く磁束の大きさ。
 - ② コイルに生じる誘導起電力。ただし、 a から b へ反時計周りに電流を流すものを正とする。
 - ③ コイルが磁場から力を受けるとき、コイルが x 軸の正の向きに速さ v で運動し続けるために、外部から x 軸に平行に加える力。ただし、 x 軸の正の向きを正とする。
 - ④ 抵抗で消費される電力。
- [2] コイルの辺 ab が $x=0$ の位置に達したときから、コイルの辺 cd が $x=2L$ の位置に達するまでの間について、以下の①、②の各物理量を B, L, R, v のうちから必要なものを用いて表しなさい。

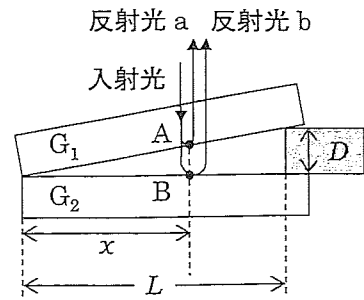
- ① [1] ③の外力がコイルにした仕事。
- ② 抵抗で発生したジュール熱。



【選択肢】



4 図のように、2枚の透明な平面ガラス板 G_1 と G_2 を重ね、ガラス板が接している左端から距離 L の位置に厚さ D の薄い金属箔をはさんでくさび形の空気層をつくった。ガラス板の真上から波長 λ の光を当てて真上から観察したところ、反射光に等間隔の干渉縞が観察された。図のように、ガラス板 G_1 の下面を点 A、ガラス板 G_2 の上面を点 B としたとき、この干渉縞は点 A で反射した反射光 a と点 B で反射した反射光 b との干渉によるものである。AB 間の距離を d とし、左端から点 B までの距離を x とする。空気の屈折率を 1.00 とし、ガラスの屈折率は空気の屈折率よりも大きい。以下の各問に答えなさい。



- [1] 反射光 a, b について、点 A および点 B での反射による位相の変化の説明として、正しいものを【選択肢】(ア) ~ (キ) のうちから一つ選び、その記号を答えなさい。
- [2] 真上から見たとき、A の位置が暗線になる条件式を、整数 m (ただし、 $m=0, 1, 2, \dots$) および d を含む式で答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。
- [3] d を x, D, L を用いて表しなさい。
- [4] 暗線の間隔 Δx を D, L, λ を用いて表しなさい。

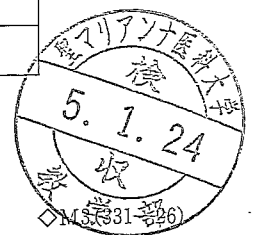
次に、同じ装置を用いて同じ条件の下で真下から観察したところ、同じような干渉縞が観察された。この干渉縞は 2 枚のガラス板を反射せずに透過した光と点 B, 点 A の各々で一回反射し透過した光との干渉によるものである。

- [5] 干渉縞を生じさせる光のうち、点 A、点 B の各々で反射した光について、点 A および点 B での反射による位相の変化の説明として、正しいものを【選択肢】(ア) ~ (キ) のうちから一つ選び、その記号を答えなさい。
- [6] 真下から見たとき、B の位置が明線になる条件式を、整数 m (ただし、 $m=0, 1, 2, \dots$) および d を含む式で答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。
- [7] $L=10\text{ cm}$ 、 $\lambda=540\text{ nm}$ のとき、明線の間隔は 0.90 mm であった。金属箔の厚さ D を求めなさい。
- [8] くさび形の空気層を水で満たして同様の観察をした。[7] と同じ条件のとき、明線の間隔を有効数字 2 けたで求めなさい。ただし、水の屈折率を 1.33 とする。水の屈折率はガラスの屈折率よりも小さい。

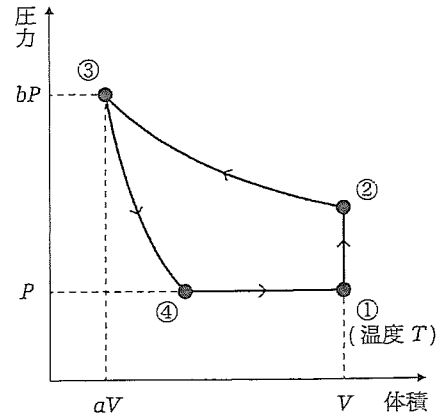
【選択肢】

	点 A	点 B
(ア)	変化なし	変化なし
(イ)	$\frac{\pi}{2}$ 変化	変化なし
(ウ)	π 変化	変化なし
(エ)	変化なし	$\frac{\pi}{2}$ 変化

	点 A	点 B
(オ)	変化なし	π 変化
(カ)	$\frac{\pi}{2}$ 変化	$\frac{\pi}{2}$ 変化
(キ)	π 変化	π 変化



5 滑らかに動くピストンのついた容器に一定量の単原子分子理想気体を閉じ込め、気体の圧力と体積の状態を図のように ①→②→③→④→① と変化させる。状態①は体積 V 、圧力 P 、温度 T 、状態②の温度は T より高く、状態③は体積 aV 、圧力 bP (ただし、 $0 < a < 1$ 、 $b > 1$ の範囲) である。各過程の状態変化は、過程①→②は定積変化、過程②→③は等温変化、過程③→④は断熱変化、過程④→①は定圧変化である。以下の各問に答えなさい。



ただし、気体の(体積, 圧力)が (v, p) から (v', p') に状態変化

するとき、この状態変化が等温変化であれば外部にする仕事は「 $pv \log_e \frac{v'}{v}$ 」($e \doteq 2.72$ の定数)となること、この状態変化が断熱変化であればポアソンの法則「 $pv^{\frac{5}{3}} = p'v'^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ 」の関係があることを用いてよい。また、この気体の定積モル比熱は気体定数の $\frac{3}{2}$ 倍、定圧モル比熱は気体定数の $\frac{5}{2}$ 倍である。

- [1] 状態②、③、④の体積、圧力、温度が状態①のそれぞれ何倍になっているかを求める。以下の文章の《 》内にはいる適切な式を答えなさい。解答の過程は示さなくてよい。

はじめに状態③の温度を T_3 とすると、ボイル・シャルルの法則より $T_3 = \langle \text{あ} \rangle T$ である。つぎに状態②の体積を V_2 、圧力を P_2 、温度を T_2 とすると、過程①→②は定積変化なので $V_2 = V$ 、過程②→③は等温変化なので $T_2 = \langle \text{い} \rangle T$ である。したがって、ボイル・シャルルの法則より $P_2 = \langle \text{う} \rangle P$ となる。最後に、状態④の体積を V_4 、圧力を P_4 、温度を T_4 とすると、過程④→①は定圧変化なので $P_4 = P$ 、過程③→④は断熱変化なのでポアソンの法則より $V_4 = \langle \text{え} \rangle V$ である。したがって、ボイル・シャルルの法則より $T_4 = \langle \text{お} \rangle T$ となる。



この一連の状態変化①→②→③→④→①について以下の各問に答えなさい。ただし、〔3〕および〔5〕以外の解答には a 、 b 、 P 、 V 、 T のうち必要なものを用いなさい。

- 〔2〕 内部エネルギーの変化量を求めなさい。
- 〔3〕 外部から熱を吸収する過程を【選択肢】(か)～(こ)のうちから全て選び、その記号を答えなさい。あてはまる過程がない場合は「なし」を選び、その記号を答えなさい。
- 〔4〕 〔3〕で選択した解答について、外部から吸収する熱の総量を求めなさい。
- 〔5〕 外部へ熱を排出する過程を【選択肢】(か)～(こ)のうちから全て選び、その記号を答えなさい。あてはまる過程がない場合は「なし」を選び、その記号を答えなさい。
- 〔6〕 〔5〕で選択した解答について、外部へ排出する熱の総量を求めなさい。
- 〔7〕 外部にする仕事を求めなさい。

【選択肢】

(か) 過程①→② (き) 過程②→③ (く) 過程③→④ (け) 過程④→① (こ) なし

