

# 平成21年度 理 科

## 科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）と、化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理），化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）のいずれか1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

## 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目及びページは，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）	1～11
化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）	12～21
生物Ⅰ・生物Ⅱ（生物）	22～33
地学Ⅰ・地学Ⅱ（地学）	34～43

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

## 物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験生は，1～4を解答すること。  
医学部の受験生は，3と4を解答すること。

1 図1に示すように、摩擦の無視できる滑らかな傾斜壁に棒が立てかけられている。棒と床との間には摩擦力が作用し、その静止摩擦係数を $\mu$ とする。棒は長さ $L$ で一様な重さとし、全体の重さを $W$ とする。ただし、棒の厚さと変形は無視できるものとする。

棒が滑ることなく静止するための条件を求めたい。このため、以下のように2段階に分けて考察を進めた。以下の(a)~(i)の空欄に適切な語句または式を入れなさい。

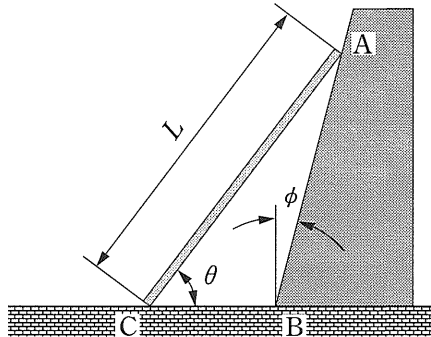


図1

問1 最初に、棒が床から受ける力および傾斜壁から受ける力を求める。

棒には床との接触点Cを介して抗力が働く。その水平成分と鉛直成分の大きさを、それぞれ $H_C$ および $V_C$ とする。一方、傾斜壁に作用する摩擦力は無視できることから、棒と傾斜壁との接触点Aでは、棒に対して傾斜壁面に( a )方向の力が作用する。この力の大きさを $R_A$ とする。以下、これらの力を求めることを考える。

まず、棒に作用する水平方向の力のつり合いは、式(1)のようになる。

$$\boxed{\hspace{10em} (b) \hspace{10em}} \quad (1)$$

同様にして、鉛直方向の力のつり合いは、式(2)のようになる。

$$\boxed{\hspace{10em} (c) \hspace{10em}} \quad (2)$$

また、棒と床の接触点Cまわりの力のモーメントのつり合いは、式(3)のようになる。

$$\boxed{\hspace{10em}} \quad (d) \quad (3)$$

これらの式(1), (2), (3)を解くことで、 $R_A$ ,  $H_C$ および $V_C$ が次のように求められる。

$$R_A = \boxed{(e)} \quad (4)$$

$$H_C = \boxed{(f)} \quad (5)$$

$$V_C = \boxed{(g)} \quad (6)$$

問 2 次に、棒が滑ることなく静止するための条件を考える。

棒が滑ることなく静止するためには、棒と床との摩擦力 $F_C$ はC点での水平力 $H_C$ との間に次式で示す関係が成立する必要がある。

$$F_C > H_C \quad (7)$$

棒と床との摩擦力の大きさ $F_C$ は、式(6)の $V_C$ を用いると次式のように示すことができる。

$$F_C = \boxed{(h)} \quad (8)$$

式(5)と式(8)を式(7)に代入すると、最終的に求めたい関係式を次のように導くことができる。

$$\mu \{ \sin(\theta + \phi) + \sin \theta \cos \phi \} > \boxed{(i)} \quad (9)$$

- 2 図1のように抵抗値  $100\ \Omega$  の抵抗  $R$ 、自己インダクタンス  $0.40\ \text{H}$  のコイル  $L$ 、電気容量  $10\ \mu\text{F}$  のコンデンサー  $C$  と交流電源  $E$  およびスイッチ  $S$  からなる回路がある。計算に必要な場合、つぎの値を用いなさい。 $\sqrt{2} \approx 1.41$  および  $\pi \approx 3.14$ 。また、コイル内の抵抗は無視できるものとする。

問 1 スイッチ  $S$  をつないでいない場合、 $cd$  間に実効値  $100\ \text{V}$  の交流電圧を与えたところ、 $ac$  間の電圧と  $ab$  間の電圧が等しくなった。

- (1) 交流電源の交流電圧の最大値はいくらか。
- (2)  $ac$  間の電圧の実効値はいくらか。
- (3) 交流の周波数はいくらか。

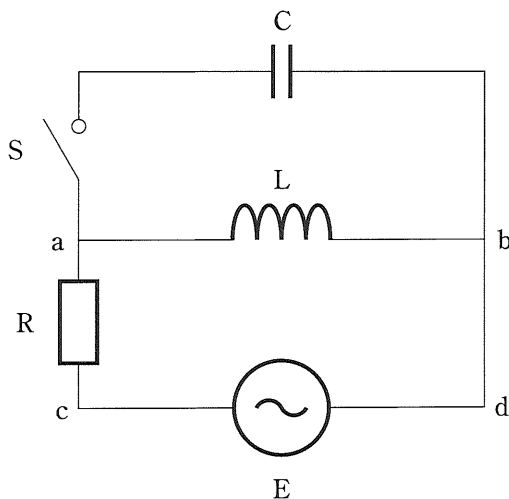


図 1

問 2 スイッチ Sをつないだ場合, cd 間に周波数 60 Hz の交流電圧を与えたところ, b に対する a の電位の瞬時値  $V_{ab}$  [V] は図 2 のように時間  $t$  [s] とともに変化した。

- (1) コイル L を流れる電流の瞬時値  $I_L$  の実効値  $I_{Le}$  はいくらか。
- (2) コンデンサー C を流れる電流の瞬時値  $I_C$  の実効値  $I_{Ce}$  はいくらか。
- (3)  $V_{ab}$  の時間変化に対する  $I_L$  および  $I_C$  の時間変化を解答用紙のそれぞれ図 3 および図 4 に示しなさい。ただし, それぞれの電流の最大値を  $I_{Lm}$  [A] および  $I_{Cm}$  [A] にしなさい。
- (4)  $I_L$  と  $I_C$  の位相差は  $\frac{\pi}{2}$  の何倍か。
- (5) 図 1 の自己インダクタンス  $L$  を別の値  $L'$  に変えたところ, 抵抗 R に電流が流れなくなった。 $L'$  の値はいくらか。

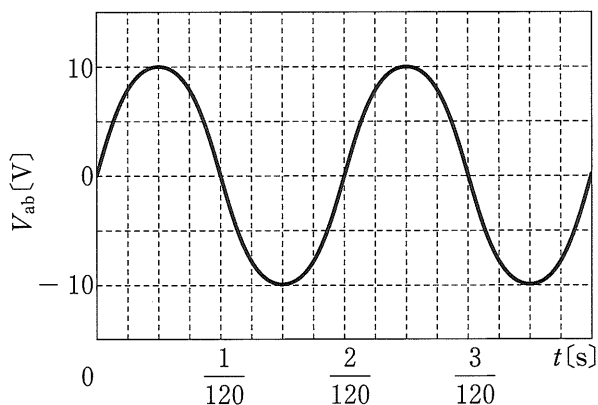


図 2

3

問 1 図 1 のように、厚さ  $d$ 、屈折率  $n$  ( $n > 1$ ) のガラス板を角度  $\phi$  だけ傾けて空気中に置き、水平方向からレーザー光を当てる。レーザー光はガラス表面で屈折し、図中の矢印に沿って進む。ガラスを通過したレーザー光は、直進した場合にくらべて上方に  $x$  だけずれた。以下の問いに答えなさい。ただし、空気中でのレーザー光の速さを  $c$  とする。

- (1) 赤、青、緑の 3 色のレーザー光を用いて  $x$  を測定したところ、それぞれ異なる値  $x_R$ ,  $x_B$ ,  $x_G$  が得られた。 $x_R$ ,  $x_B$ ,  $x_G$  を小さい順に並べなさい。
- (2) 実験装置の一部に変更を加えると測定値  $x$  が変化する。次のうち  $x$  が増加するものをすべて選びなさい。
  - (ア) ガラス板の厚さを半分にする。
  - (イ) ガラス板の代わりに、屈折率のより小さい物質を用いる。
  - (ウ) レーザー光の波長を半分にする。
  - (エ) レーザー光の周波数を 2 倍にする。
  - (オ) 実験装置全体を水中に入れる。ただし、水の屈折率はガラスの屈折率より小さいものとする。
- (3) レーザー光がガラス板を通過するのに要する時間  $t$  の表式を求め、 $c$ ,  $d$ ,  $n$  および  $\phi$  を用いて表しなさい。
- (4) 角度  $\phi$  を  $45^\circ$  に固定し  $x$  の値を測定した。 $x$  を  $d$  と  $n$  を用いて表しなさい。

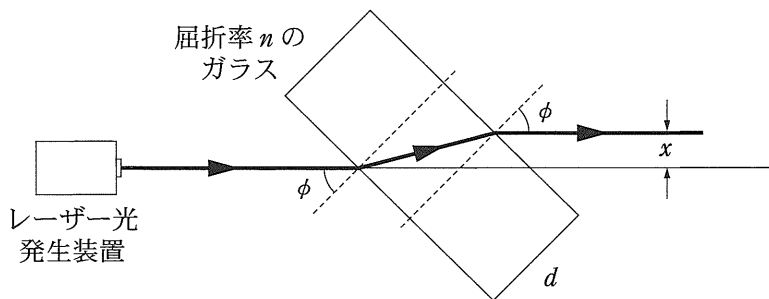


図 1

(5) 図2のグラフの中から、屈折率  $n$  の関数  $x(n)$  の概形として正しいものを選びなさい。ただし、 $\phi = 45^\circ$  とする。

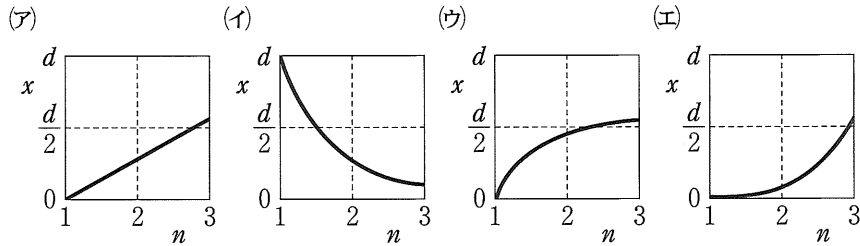


図2

問2 問1で用いたガラス板を垂直に立て、間隔  $\ell$  の二重スリットをガラス板の光源側表面にすき間なく置いたところ、反対側のガラス表面に干渉じまがあらわれた(図3)。以下の問いに答えなさい。ただし、スリット間の中点を原点  $x = 0$  とし、 $d$  に比べて十分小さい原点付近の領域だけを考える。 $\ell$  は  $d$  にくらべて十分小さく、2つのスリットには同位相のレーザー光が均等に当たるものとする。

- (1) 各スリットを通過して位置  $x$  に到達する2つのレーザー光の光路差  $\Delta$  を  $x$ ,  $\ell$  および  $d$  を用いて表しなさい。ただし、 $|z|$  が十分に小さいときに成り立つ近似式  $(1+z)^a \approx 1+az$  を用いてよい。
- (2) 明線の位置  $x_m$  ( $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) を  $\ell$ ,  $d$ ,  $n$  および空気中でのレーザー光の波長  $\lambda$  を用いて表しなさい。ただし、 $x_0 = 0$  とする。
- (3)  $d = 100 \text{ mm}$ ,  $\ell = 10.0 \mu\text{m}$  とする。赤色(波長:  $0.750 \mu\text{m}$ )と青色(波長:  $0.450 \mu\text{m}$ )のレーザー光を用いたとき、 $x_1$  の測定値は、それぞれ  $5.14 \text{ mm}$  と  $3.04 \text{ mm}$  であった。屈折率  $n$  (赤) および  $n$  (青) の値を求めなさい。

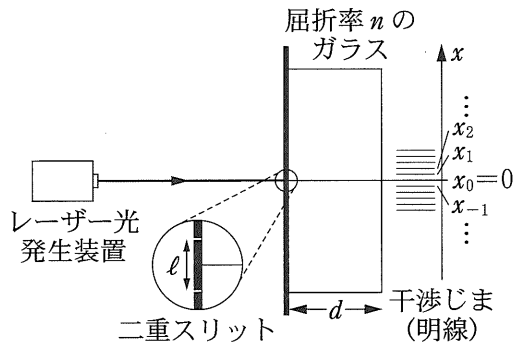


図3

4 図1(a)のように、断熱材からなる内径断面積  $S[\text{m}^2]$  の円筒型シリンダーと質量  $M[\text{kg}]$  のピストンが水平に設置してある。ピストンはシリンダー内を円滑に動き、シリンダーとの間の摩擦は無視できる。シリンダーの両端にはピストンにより隔たれた気密性の高い2つの空間(A室およびB室)が存在し、それぞれに気体を封入することができる。また、B室には通電加熱によるヒーターが設置してあり、必要に応じて気体を加熱することができる。いま、単原子分子からなる理想気体を両室に1モルずつ封入したときピストンはシリンダーの中央でつり合い、その時の両室の圧力、体積、温度は、それぞれ  $P_0[\text{Pa}]$ 、 $V_0[\text{m}^3]$ 、 $T_0[\text{K}]$  であった。シリンダーの中央を座標原点  $O$  としてA室側へのピストンの変位  $x[\text{m}]$  を正とし、ピストンの運動は可逆的になされるものとして、以下の問いに答えなさい。

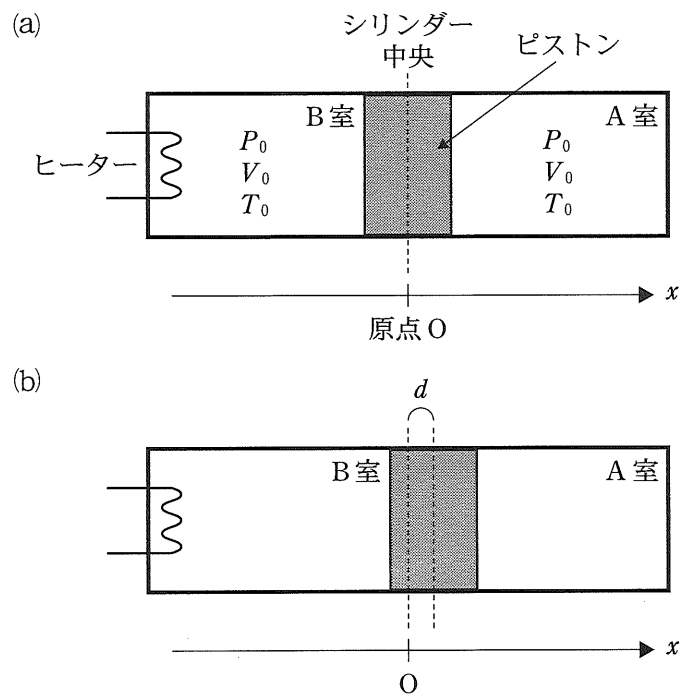


図1

問 1 外部と熱のやり取りを行わない気体の状態変化を断熱変化と呼ぶ。その際、圧力  $P$  と体積  $V$  の間には、気体の種類に依存する指数  $b$  ( $b > 1$ ) を用いて、次の関係が成り立つことが知られている。

$$PV^b = \text{一定}$$

いま図 1 (b) のように、ピストンを原点  $O$  から A 室側へ距離  $d$  [m] だけゆっくり移動させたあと静かに解放すると、ピストンは単振動を始めた。ピストンの運動について述べた以下の文章中の空白を適当な数字あるいは式で埋めなさい。ただし、解答に用いることができる文字は  $S$ ,  $M$ ,  $P_0$ ,  $V_0$ ,  $b$ ,  $x$ ,  $d$  である。

ピストンが任意の変位  $x$  [m] のときの A 室の体積を  $x$  を用いて表すと  [m<sup>3</sup>] となり、このときの A 室の圧力は  [Pa] と表される。一般に、変数  $|z|$  が 1 に比べて十分小さいとき、 $(1+z)^n \approx 1+nz$  の近似式が成り立つことが知られている。いま、初期状態からの体積変化量が  $V_0$  に比べて十分小さいことを考慮すると、②は  [Pa] のように近似することができる。この近似のもとに、B 室の圧力は  [Pa] となる。これら 2 つの圧力を用い、ピストンの加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>] として運動方程式をたてると、 $Ma =$   となる。得られた運動方程式から、ピストンが角振動数  [rad/s] の単振動を行い、周期  $t_0$  は  [s] であることがわかる。また、ピストンは  $x$  が  [m] のときに最大の速さ  [m/s] になる。

問 2 次に、ピストンを A 室側へ大きく移動させ、A 室の体積を  $\frac{V_0}{2}$  にした。

- (1) ピストンを移動した後の A 室および B 室の圧力および温度を求めなさい。

再び、ピストンを原点 O で静止した状態に戻し、B 室に設置されているヒーターに通電することにより、B 室内の気体を一様に加熱した。加熱の進行に伴いピストンはゆっくりと A 室側へ移動し、A 室の体積がちょうど  $\frac{V_0}{2}$  になった時点で加熱を止めた。

- (2) 加熱後の A 室および B 室の圧力および温度を求めなさい。  
 (3) ヒーターから B 室に投入された熱量、ならびにピストンを通じて B 室の気体がした仕事を求めなさい。ただし、必要であれば気体の熱容量  $C$  [J/K] を用いなさい。

問 3 A 室内は単原子分子の理想気体のまま、B 室内を 1 モルの二原子分子からなる理想気体に置き換えた。B 室の気体を置き換えたほかは、問 1 とすべて同じ条件のもとで微小振動させた。次の問いに答えなさい。なお、単原子分子および二原子分子からなる理想気体の指数  $b$  の値は、それぞれ  $\frac{5}{3}$  および  $\frac{7}{5}$  である。

- (1) A 室および B 室の圧力と体積の関係を表した図 2 のグラフの中から、最も適切なものを 1 つ選びなさい。

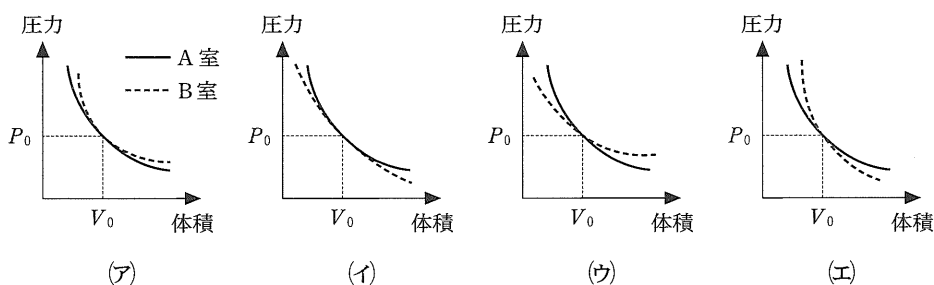


図 2

- (2) ピストンの振動の様子を表した図3のグラフの中から、最も適切なものを1つ選びなさい。ただし、図3中の $t_0$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ は振動の周期を表し、このうち $t_0$ は問1中の⑦の周期を表す。

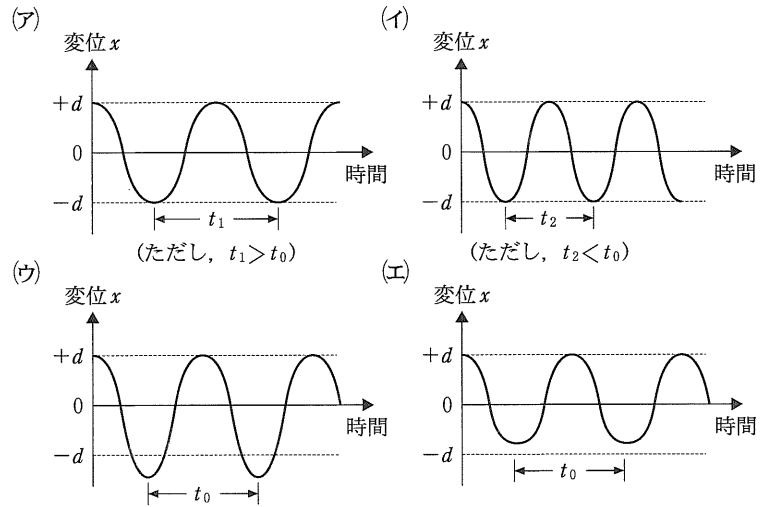


図3