2012年度

$\mathrm{D_b}$ 物 理 問 題

注 意

1．試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2．解答用紙はすべて**ＨＢの黒鉛筆またはＨＢの黒のシャープペンシル**で記入することになっています。ＨＢの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。（万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。）
3．この問題冊子は**16ページ**までとなっています。試験開始後，ただちにページ数を確認してください。なお，問題番号はⅠ～Ⅳとなっています。
4．解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので，出席票の受験番号が，あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し，出席票の氏名欄に**氏名**のみを記入してください。なお，出席票は切り離さないでください。
5．解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し，その他の部分には何も書いてはいけません。
6．解答用紙を折り曲げたり，破ったり，傷つけたりしないように注意してください。
7．計算には，この問題冊子の余白部分を使ってください。
8．この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは，鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1．マークは，下記の記入例のようにＨＢの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2．１つのマーク欄には１つしかマークしてはいけません。
3．訂正する場合は消しゴムでよく消し，消しくずはきれいに取り除いてください。

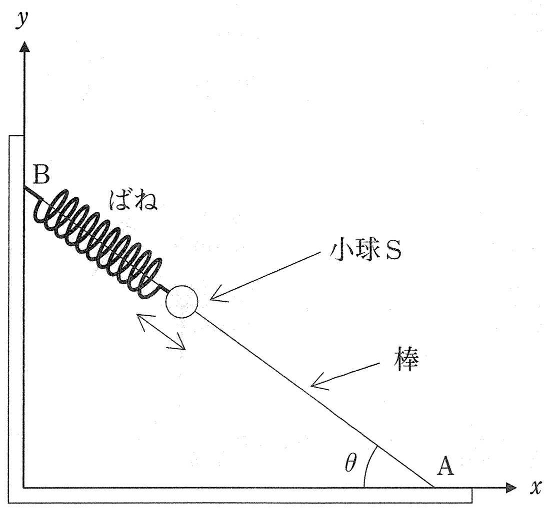
マーク記入例： | A | 1 2 3 4 5 ○ ○ ● ○ ○ | （3と解答する場合）

Ⅰ. 次の文の空所 $\boxed{\text{イ}}$ ～ $\boxed{\text{ト}}$ にあてはまる数式を，それぞれ対応するa～fから1つずつ選び，その記号を解答用紙の所定欄にマークせよ。ただし，重力加速度を g とする。

以下の実験装置を考える。図のように水平な面とそれに垂直な面をL字型に組み合わせた台があり，水平方向に x 軸を，鉛直上向きに y 軸を取る。xy 平面内にあるまっすぐな細い棒が台に固定されており，台の水平な面に固定されている点をAとし，垂直な面に固定されている点をBとする。台の水平な面と棒がなす角度は θ である。装置は，台に固定されている棒と質量 m で大きさの無視できる小球Sとそれを吊り下げるばね定数 k のばねからなる。なお，ばねの上端はBに固定されており小球Sは棒に沿ってなめらかに運動するものとする。

小球Sがつりあいの位置で静止しているとき，棒から小球Sが受ける力の大きさは $\boxed{\text{イ}}$ である。その状態のとき質量 $2m$ のもう一つの小球S′をAにおき，Bの向きに初速 v で打ち出した。すると，小球S′は棒に沿って距離 d だけ登ったところで小球Sと完全弾性衝突をした。ただし，小球S′の運動も小球Sと同様に棒に沿ってなめらかに運動するものとする。小球S′の衝突直前の速さは $\boxed{\text{ロ}}$ であり，小球Sの衝突直後の速さ v' は $\boxed{\text{ハ}}$ である。衝突後，小球Sは棒に沿って単振動を開始した。その単振動の振幅を求めると $\boxed{\text{ニ}}$ となる。

次に，小球Sがつりあいの位置で静止した状態にもどした。そして，装置を x 軸の負の向きに加速度の大きさが a で加速させたとき，小球Sは棒に沿って単振動を開始した。このとき，単振動の振幅は $\boxed{\text{ホ}}$ と表すことができる。この加速度 a がある値のときに小球Sが棒から受ける力が0になった。そのときの単振動の振幅は $\boxed{\text{ヘ}}$ でありその周期は $\boxed{\text{ト}}$ である。



図

イ

a． $mg\sin\theta$　b． $mg\cos\theta$　c． $mg\tan\theta$

d． $\dfrac{mg}{\sin\theta}$　e． $\dfrac{mg}{\cos\theta}$　f． $\dfrac{mg}{\tan\theta}$

ロ

a． $\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$　b． $\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$　c． $\dfrac{3}{2}\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$

d． $\dfrac{3}{2}\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$　e． $\dfrac{4}{3}\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$　f． $\dfrac{4}{3}\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$

ハ

a． $\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$　b． $\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$　c． $\dfrac{3}{2}\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$

d． $\dfrac{3}{2}\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$　e． $\dfrac{4}{3}\sqrt{v^2-2gd\sin\theta}$　f． $\dfrac{4}{3}\sqrt{v^2-2gd\cos\theta}$

ニ

a． $v'\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　b． $\dfrac{3}{2}v'\sqrt{\dfrac{m}{k}}$　c． $\dfrac{4}{3}v'\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

d． $v'\sqrt{\dfrac{m\cos\theta}{k}}$　e． $\dfrac{3}{2}v'\sqrt{\dfrac{m\cos\theta}{k}}$　f． $\dfrac{4}{3}v'\sqrt{\dfrac{m\cos\theta}{k}}$

$\boxed{\text{ホ}}$

a. $\dfrac{ma}{k\sin\theta}$　b. $\dfrac{ma}{k\cos\theta}$　c. $\dfrac{ma\sin\theta}{k}$

d. $\dfrac{ma\cos\theta}{k}$　e. $\dfrac{ma\tan\theta}{k}$　f. $\dfrac{ma}{k\tan\theta}$

$\boxed{\text{ヘ}}$

a. $\dfrac{mg\cos\theta}{k\sin\theta}$　b. $\dfrac{mg\cos^2\theta}{k\sin\theta}$　c. $\dfrac{mg\sin\theta}{k\cos\theta}$

d. $\dfrac{mg\sin^2\theta}{k\cos\theta}$　e. $\dfrac{mg\sin\theta}{k\cos^2\theta}$　f. $\dfrac{mg\sin^2\theta}{k\cos^2\theta}$

$\boxed{\text{ト}}$

a. $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k\sin\theta}}$　b. $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k\cos\theta}}$　c. $2\pi\sqrt{\dfrac{m\sin\theta}{k}}$

d. $2\pi\sqrt{\dfrac{m\cos\theta}{k}}$　e. $2\pi\sqrt{\dfrac{m\cos\theta}{k\sin\theta}}$　f. $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

Ⅱ. 次の文を読み，下記の設問1・2に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

図1に示すように，一様な磁場 B の中で一辺の長さが l の正方形で巻数 N_1 のコイル1をコイルの面に平行な回転軸を中心として一定の角速度 ω で回転させる。回転軸は磁場の方向に垂直で，時刻 $t=0$ のときコイルの面は磁場の方向に垂直であるとする。このときコイル1に生じる誘導起電力は $\boxed{\text{イ}}$ と表され，変動の周期 T は $\boxed{\text{ロ}}$ である。

図2に示すように，コイル1の両端をコイル2に接続し，さらにコイル3がコイル2と共通の鉄心に巻かれている。コイル2とコイル3の巻数はそれぞれ N_2，N_3，鉄心の断面積は S，透磁率は μ とする。コイル3に抵抗値 R の抵抗とコンデンサーを直列に接続した。コイル2に生じる電圧が V_2 で流れる電流が I_2 であるとき，鉄心を通る磁束は $\boxed{\text{ハ}}$ である。コイル2とコイル3の相互インダクタンスは $\boxed{\text{ニ}}$ である。このときコイル3には誘導起電力 $\boxed{\text{ホ}}$ が生じ，電流 $\boxed{\text{ヘ}}$ が流れる。ただし，コイルや導線の抵抗は0とする。

コンデンサーに加わる電圧と抵抗に加わる電圧の瞬時値の最大値は等しかった。コイル3に生じる電圧の最大値が V_0 であるとき，周期 T の間にコンデンサーで消費される電力 P_C の平均値は $\boxed{\text{ト}}$ ，抵抗で消費される電力 P_R の平均値は $\boxed{\text{チ}}$ である。

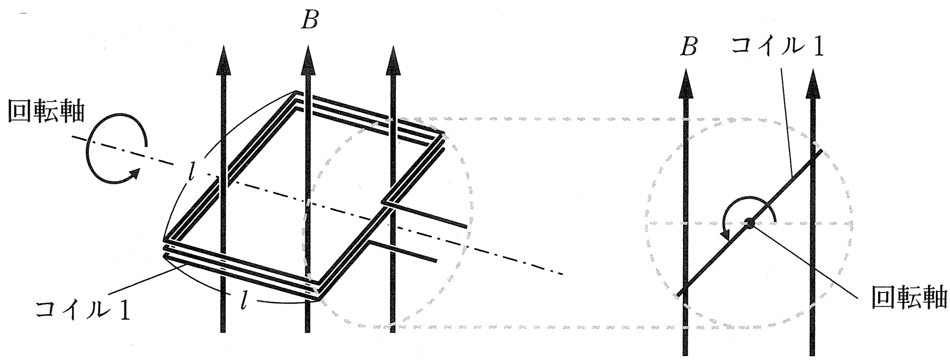


図1

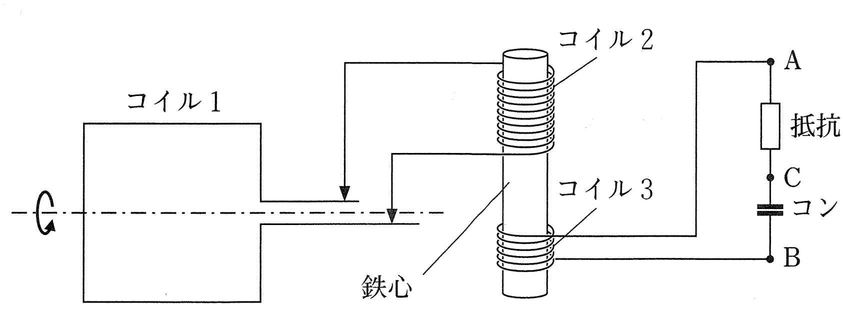


図2

1．文中の空所 イ ～ チ にあてはまる数式を，それぞれ対応するａ～ｆから１つずつ選び，その記号をマークせよ。

イ

a．$B\omega l^2 N_1 \sin\omega t$　b．$B\omega^2 l^2 N_1^2 \cos\omega t$　c．$B\omega l^2 N_1^2 \cos\omega t$

d．$B\omega^2 l^2 N_1^2 \sin\omega t$　e．$B\omega l^2 N_1 \cos\omega t$　f．$B\omega^2 l^2 N_1 \sin\omega t$

ロ

a．$\dfrac{\pi}{2\omega}$　b．$\dfrac{2\pi}{\omega}$　c．$\dfrac{\omega}{\pi}$

d．$\dfrac{2\omega}{\pi}$　e．$\dfrac{\pi}{\omega}$　f．$\dfrac{\omega}{2\pi}$

ハ

a．$\dfrac{1}{\mu}N_2 I_2 S$　b．$\mu N_2^2 I_2 S$　c．$\dfrac{1}{\mu}N_2^2 I_2 S$

d．$\mu N_2 I_2 S$　e．$\mu N_2^2 I_2^2 S$　f．$\dfrac{1}{\mu}N_2^2 I_2^2 S$

ニ

a．$\dfrac{1}{\mu}N_2 N_3 S^2$　b．$\dfrac{1}{\mu}N_2^2 N_3^2 S^2$　c．$\dfrac{1}{\mu}N_2 N_3 S$

d．$\mu N_2^2 N_3^2 S^2$　e．$\mu N_2 N_3 S$　f．$\mu N_2^2 N_3^2 S$

ホ

a．$\dfrac{N_2}{N_3}V_2$　b．$N_2^2 N_3^2 V_2$　c．$\dfrac{N_3^2}{N_2^2}V_2$

d．$\dfrac{N_3}{N_2}V_2$　e．$N_2 N_3 V_2$　f．$\dfrac{N_2^2}{N_3^2}V_2$

ヘ

a．$\dfrac{1}{N_2 N_3}I_2$　b．$\dfrac{N_3^2}{N_2^2}I_2$　c．$\dfrac{N_3}{N_2}I_2$

d．$\dfrac{N_2^2}{N_3^2}I_2$　e．$\dfrac{1}{N_2^2 N_3^2}I_2$　f．$\dfrac{N_2}{N_3}I_2$

ト　a．0　b．$\dfrac{V_0^{\,2}}{4R}$　c．$\dfrac{V_0^{\,2}}{2\sqrt{2}\,R}$

d．$\dfrac{V_0^{\,2}}{2R}$　e．$\dfrac{V_0^{\,2}}{\sqrt{2}\,R}$　f．$\dfrac{V_0^{\,2}}{R}$

チ　a．0　b．$\dfrac{V_0^{\,2}}{4R}$　c．$\dfrac{V_0^{\,2}}{2\sqrt{2}\,R}$

d．$\dfrac{V_0^{\,2}}{2R}$　e．$\dfrac{V_0^{\,2}}{\sqrt{2}\,R}$　f．$\dfrac{V_0^{\,2}}{R}$

2．図2においてCの電位を V_C，抵抗に流れる電流を I_R とする。Aの電位が図3のように変動する間の V_C，I_R，P_C，P_R それぞれの時間変化として正しいグラフを，次のa～pから1つずつ選び，その記号を解答用紙の所定欄にしるせ。同じ記号を何回選んでもよい。ただし，Bの電位を0とし，AからCを通ってBへ向かう電流の向きを正とする。また，振幅の値は問わないものとする。

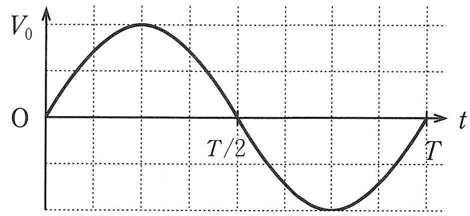
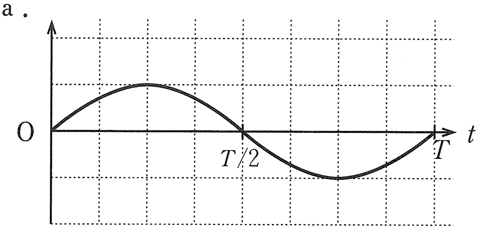
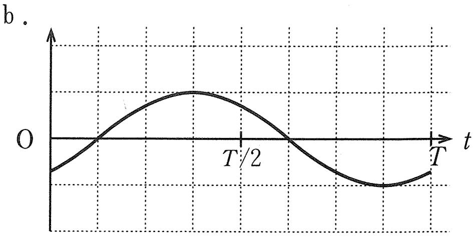


図3

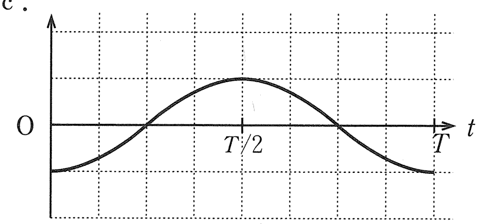
a．



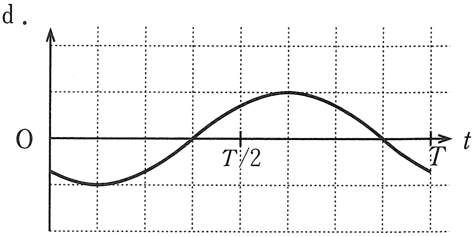
b．



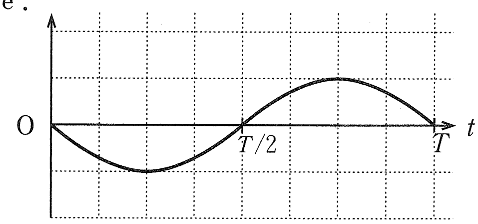
c．



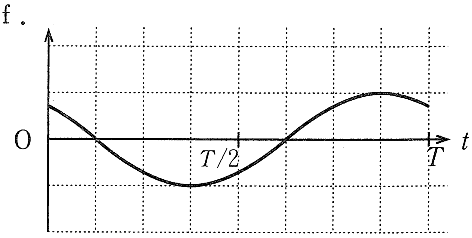
d．



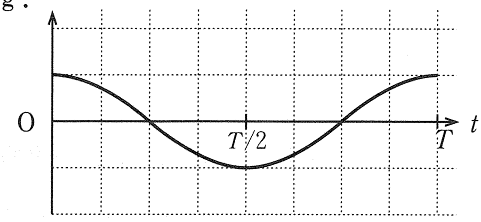
e．



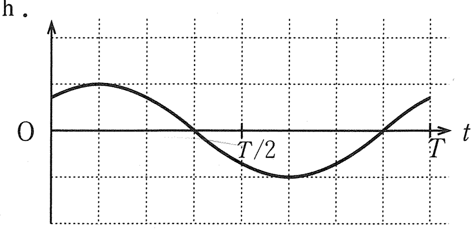
f．



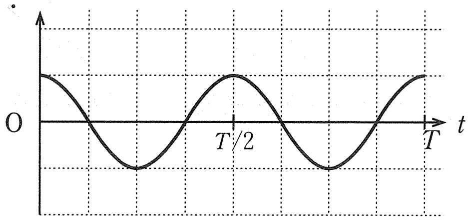
g.


O
t
T/2
T

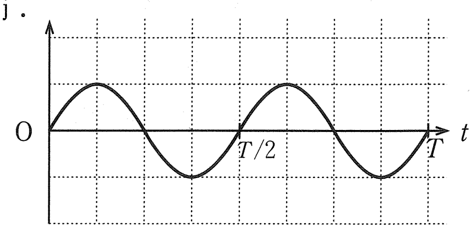
h.


O
t
T/2
T

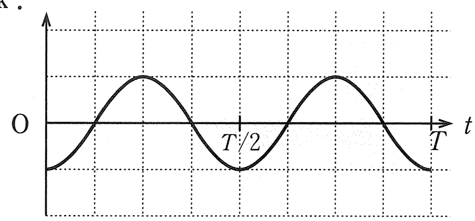
i.


O
t
T/2
T

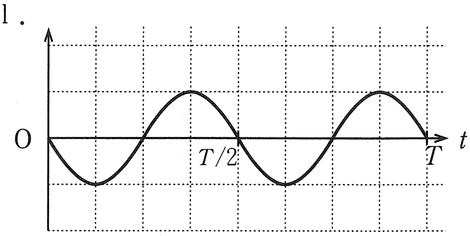
j.


O
t
T/2
T

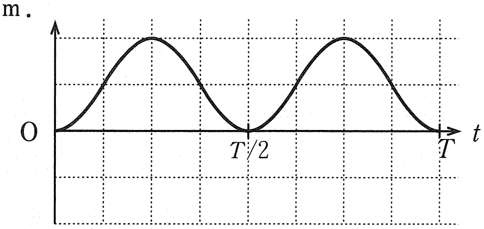
k.


O
t
T/2
T

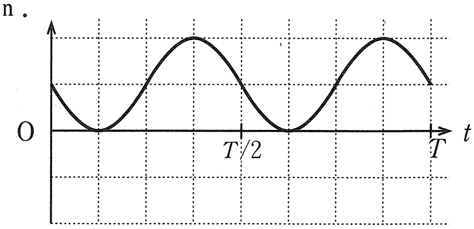
l.


O
t
T/2
T

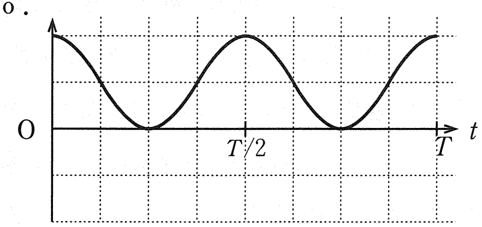
m.


O
t
T/2
T

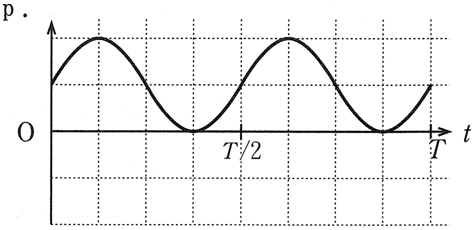
n.


O
t
T/2
T

o.

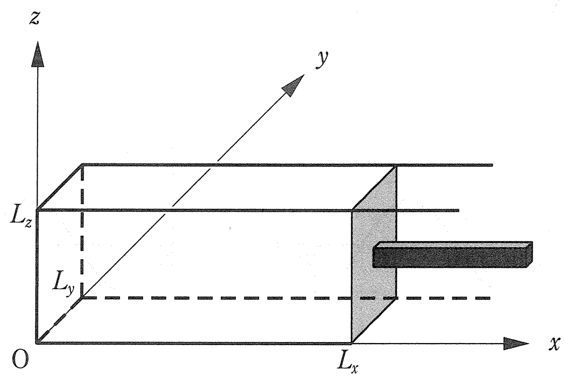

O
t
T/2
T

p.


O
t
T/2
T

Ⅲ. 次の文1・2の空所 $\boxed{\text{イ}}$ ～ $\boxed{\text{ヌ}}$ それぞれにあてはまる数式または数値を解答用紙の所定欄にしるせ。

1．図のように四角柱内をなめらかに動くピストンがあり，質量 m〔kg〕の単原子分子 N 個からなる理想気体が直方体に閉じ込められている。四角柱の底面の頂点を原点Oとし，この頂点で交わる長さ L_x〔m〕，L_y〔m〕，L_z〔m〕の直方体の三辺の方向にそれぞれ x 軸，y 軸，z 軸をとる。ピストンを x 軸方向に動かすことで直方体の気柱の長さ L_x〔m〕を変えることができる。ただし，容器の内壁およびピストン表面はなめらかであるとし，分子は容器の内壁やピストン表面と完全弾性衝突すると仮定する。



図

まずピストンを固定していたとする。気柱内にある速度 $\vec{v}=(v_x,\ v_y,\ v_z)$〔m/s〕の1つの分子が $x=L_x$〔m〕にあるピストン表面に衝突して跳ね返ったとすると，この分子はピストン表面に $\boxed{\text{イ}}$〔N・s〕だけの力積を x 軸の正の方向に与える。分子どうしの衝突を無視すると，この分子が $x=L_x$〔m〕のピストン表面で衝突してから $x=0$〔m〕の内壁に衝突し再び $x=L_x$〔m〕のピストン表面に衝突するまでの時間は $\boxed{\text{ロ}}$〔s〕だから，この1つの分子がピストン表面に与える力を時間平均すると $\boxed{\text{ハ}}$〔N〕になる。気柱内の分子の2乗平均速度 $\overline{v^2}$〔m^2/s^2〕を用いると，ピストン表面が気体から受ける圧力は $\boxed{\text{ニ}}$〔Pa〕となる。気柱の他の内壁についても同様に考えることができる。理想気体の状態方程式と比較することにより，気体定数 R〔J/(K・mol)〕，アボガドロ数 N_A，絶対温度 T〔K〕を用いると，分子1個あたりの平均的な運動エネルギーは $\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}=\boxed{\text{ホ}}$〔J〕と表される。

次にピストンを速さ V_x〔m/s〕で x 軸の正の向きに動かす。ただし，ピストンの速

さ V_x〔m/s〕は気柱内の分子が運動する速さに比べて充分遅いとし，気柱の長さの変化分は気柱の長さ L_x〔m〕に比べて充分短いとする。気柱内の速度 $\vec{v}=(v_x,\ v_y,\ v_z)$〔m/s〕の1つの分子がこの動いているピストン表面に1回衝突して跳ね返ったとすると，この分子の運動エネルギーの変化分は $\boxed{\text{ヘ}}$〔J〕と表される。ただし，V_x〔m/s〕の2次の項は無視する。時間 $\varDelta t$〔s〕の間にピストン表面にこの分子が何度も往復して衝突して跳ね返ったとすると，$\varDelta t$〔s〕の間のこの分子の運動エネルギーの変化分は $\boxed{\text{ト}}$〔J〕である。したがって，時間 $\varDelta t$〔s〕の間の気柱内の気体分子の運動エネルギーの総和の変化分は分子の2乗平均速度 $\overline{v^2}$〔m^2/s^2〕を用いて $\boxed{\text{チ}}$〔J〕と表され，これはこの気体が外からなされる仕事に等しいことがわかる。

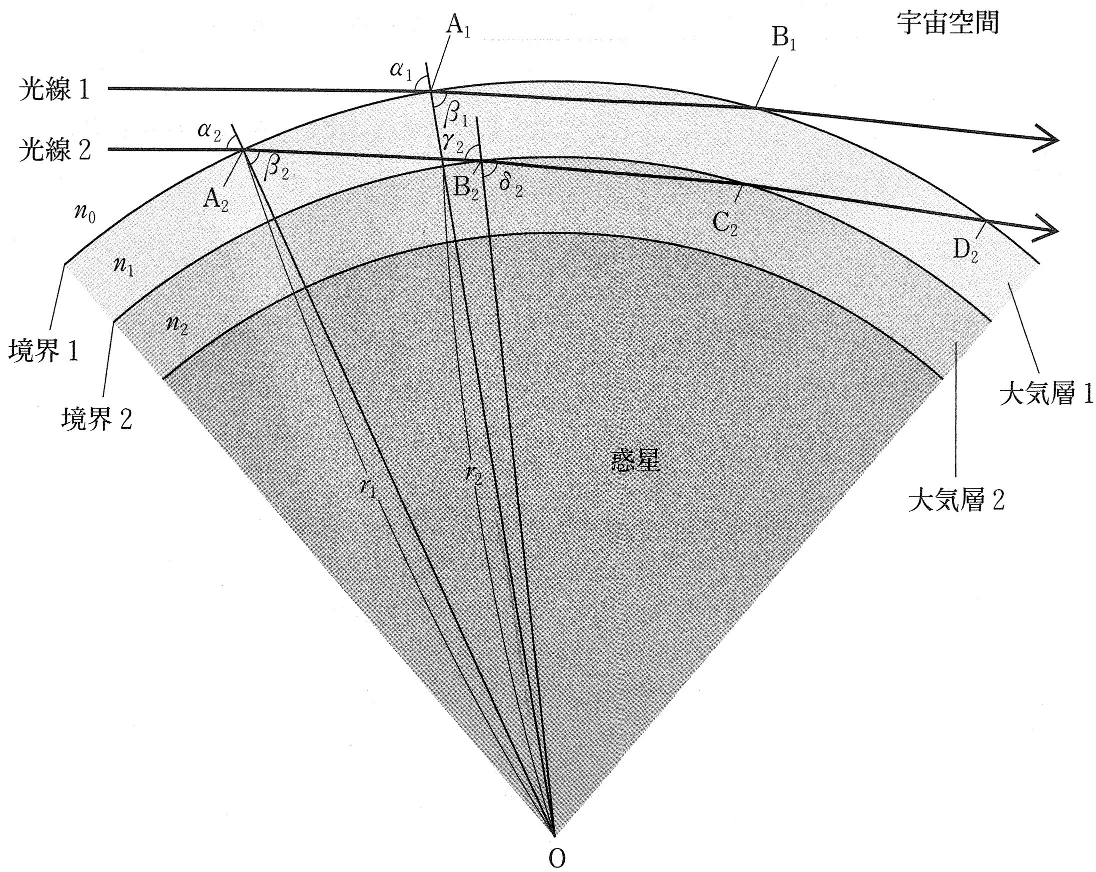
2．1 mol の理想気体を使った熱機関について考える。最初にこの理想気体の圧力が p_0〔Pa〕，体積が V_0〔m^3〕であったとする。この理想気体の体積を一定に保ったまま圧力を上げて p_1〔Pa〕とする。次に圧力を一定に保ったまま膨張させて体積を V_1〔m^3〕とする。さらにこれを体積を一定に保ったまま圧力を下げて p_0〔Pa〕に戻す。最後に圧力を一定に保ったまま圧縮して体積も V_0〔m^3〕にもどす。この理想気体が単原子分子からなる場合，熱機関の効率（熱効率）は $\boxed{\text{リ}}$ となる。一方，この理想気体が二原子分子からなる場合，熱機関の効率（熱効率）は $\boxed{\text{ヌ}}$ となる。

Ⅳ. 次の文を読み，下記の設問1・2に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

惑星の大気をかすめる光について考える。図に示すように，惑星を覆う大気を2層の大気層で近似する。大気層1と宇宙空間の境界（境界1）及び大気層1と大気層2の境界（境界2）はそれぞれ中心をOとする半径 r_1，r_2 の同心球殻であるとする。宇宙空間，大気層1，大気層2の屈折率をそれぞれ n_0，n_1，n_2 とする。n_0 は真空の屈折率（＝1）とし，n_1，n_2 は未知であるとする。光線1が境界1と交わる点を点A_1，点B_1とする。屈折率と距離の積を $\boxed{\text{あ}}$ と呼び，光は同じ波面の $\boxed{\text{あ}}$ が一定となるように進むため，点A_1で光線1は屈折する。点A_1において光線1が入射角 α_1 で入射し，屈折角 β_1 で屈折して進むとき，屈折の法則から $\boxed{\text{イ}}$ の関係が成り立つ。光線1は点B_1において境界1を内側から外側へ通過する際も点A_1と同様に屈折するので，光線1が大気を通過する前の進行方向と通過後の進行方向の成す角は $2(\alpha_1-\beta_1)$ である。

次に，光線1よりも小さい入射角 α_2 で大気に入射する光線2は，点A_2において屈折角 β_2 で屈折し，境界2に達する。点B_2における光線2の入射角を γ_2，屈折角を δ_2 とすると，$\boxed{\text{ロ}}$ の関係が成り立つ。$n_1<n_2$ の場合，光線2は図に示すような経路をたどり，点C_2，点D_2においても点B_2，点A_2と同様に屈折する。光線2が大気を通過する前の進行方向と通過後の進行方向の成す角は $2(\alpha_2-\beta_2+\gamma_2-\delta_2)$ である。一方，$n_1>n_2$ の場合は，γ_2 が臨界角に等しいか，それよりも大きいとき，$\boxed{\text{い}}$ が起こり，光線2は大気層2の中へ進めない。γ_2 が臨界角に等しいとき，$\boxed{\text{ハ}}$ の関係が成り立つ。

光線に含まれる赤い光と青い光を比べると，大気を構成する分子の種類によらず，一般に，青い光の方が大気中の分子によって $\boxed{\text{う}}$ されやすいので，光線1よりも光線2の方が大気を通過後の光線に含まれる赤い光の割合が高い。また，$\boxed{\text{ニ}}$ 。太陽や恒星からの光は，いろいろな方向に振動する横波の集まりで，振動面の方向は一様である。しかし，太陽や恒星からの光が大気中に浮かんでいる雲によって反射された場合，反射光の振動面の方向が一様でなくなることがあり，このような光を $\boxed{\text{え}}$ という。


宇宙空間
A_1
B_1
α_1
光線 1
β_1
α_2
光線 2
γ_2
β_2
B_2
δ_2
A_2
C_2
n_0
D_2
n_1
n_2
境界 1
境界 2
大気層 1
惑星
r_1
r_2
大気層 2
O

図

1．文中の空所 $\boxed{\text{あ}}$ ～ $\boxed{\text{え}}$ それぞれにあてはまる語句をしるせ。

2．文中の空所 $\boxed{\text{イ}}$ ～ $\boxed{\text{ニ}}$ にあてはまる数式または文を，それぞれ対応する a～f から1つずつ選び，その記号をマークせよ。

$\boxed{\text{イ}}$

a．$n_1 \sin \alpha_1 = n_0 \sin \beta_1$　　b．$n_0 n_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 = 1$

c．$n_0 \sin \alpha_1 = n_1 \sin \beta_1$　　d．$n_0 \sin \alpha_1 = -n_1 \sin \beta_1$

e．$n_1 \sin \alpha_1 = -n_0 \sin \beta_1$　　f．$\sin \alpha_1 \sin \beta_1 = -n_0 n_1$

$\boxed{\text{ロ}}$

a．$r_2 n_0 \sin \alpha_2 = r_1 n_1 \sin \gamma_2$　　b．$n_0 n_1 \sin \alpha_2 \sin \gamma_2 = \dfrac{r_1}{r_2}$

c．$r_2 n_0 \sin \alpha_2 = -r_1 n_1 \sin \gamma_2$　　d．$r_1 n_0 \sin \alpha_2 = -r_2 n_1 \sin \gamma_2$

e．$r_1 n_0 \sin \alpha_2 = r_2 n_1 \sin \gamma_2$　　f．$r_1 \sin \alpha_2 \sin \gamma_2 = -r_2 n_0 n_1$

$\boxed{\text{ハ}}$

a．$\sin \alpha_2 = \dfrac{r_2 n_2}{r_1 n_0}$　　b．$\sin \alpha_2 = \dfrac{r_1}{r_2 n_0 n_2}$　　c．$\sin \alpha_2 = -\dfrac{r_1 n_2}{r_2 n_0}$

d．$\sin \alpha_2 = \dfrac{r_1 n_2}{r_2 n_0}$　　e．$\sin \alpha_2 = -\dfrac{r_2 n_2}{r_1 n_0}$　　f．$\sin \alpha_2 = -\dfrac{r_2 n_0 n_2}{r_1}$

$\boxed{\text{ニ}}$

a．赤い光の方が青い光よりも空気の屈折率が大きいので，光線が大気を通過する際により大きく曲がる

b．赤い光の方が青い光よりも空気の屈折率が小さいので，光線が大気を通過する際により大きく曲がる

c．赤い光と青い光の屈折率は同じなので，光線が大気を通過する際に曲がる角度は等しい

d．赤い光の方が青い光よりも空気の屈折率が大きいので，光線が大気を通過する際により小さく曲がる

e．赤い光の方が青い光よりも空気の屈折率が小さいので，光線が大気を通過する際により小さく曲がる

f．屈折率は光の波長と関係ないので，赤い光と青い光のどちらの光線が大気を通過する際により大きく曲がるか一概には言えない

【以下余白】