# 令和７年度個別学力検査問題
# (国際資源学部，教育文化学部，総合環境理工学部)

# 物　理

## 前　期　日　程

**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　この問題冊子は 10 ページあります。解答用紙は１枚あります。

問題はⅠからⅣまで４題あります。ただし，Ⅳは**問題**Ａまたは**問題**Ｂのいずれかを選択して解答しなさい。

試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁およ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。

3　監督者の指示に従って，解答用紙に受験番号と氏名を記入しなさい。

4　解答は，解答用紙の該当欄に記入しなさい。

5　配付された解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

6　試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

**I**　次の文章中の空欄①〜⑥を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図1のように，半径$R$と$2R$の薄い円盤ⅠとⅡが，中心を通る軸に重ねて接続され，その軸は床に設置された支柱によって支持されている。一体となった2つの円盤は，軸のまわりでなめらかに回転できる。円盤中心の水平方向右側にある，円盤Ⅰの円周上の点Pと円盤Ⅱの円周上の点Qには，伸び縮みしない糸が取り付けられている。点Pに取り付けられた糸は，円盤Ⅰの円周に沿って上部から左方向(反時計回り)に垂らされ，点Qに取り付けられた糸は下に垂らされている。糸と円盤の間に摩擦はなく，それぞれの糸の先には質量$m$のおもりAと，質量$\dfrac{m}{4}$のおもりBが取り付けられている。さらに，円盤にはたらく力のモーメントがつり合うように，点Qに対して円周方向に大きさ$F_0$の力が加えられている。ここで，円盤の回転角度を$\theta$(図1の状態が$\theta = 0°$，時計回りが正)とする。なお，重力加速度の大きさを$g$，円周率を$\pi$とし，円盤と糸の質量，および空気抵抗は無視できるものとする。

(i)　図1において，大きさ$F_0$の力による，円盤中心まわりの力のモーメントの大きさは，$F_0$，$R$を用いて(　①　)と表される。点Qに対する円周方向の力の大きさを$F_0$より大きくすると，円盤が時計回りに回転した位置で力のモーメントがつり合う。図2のように，$\theta = 60°$で力のモーメントがつり合うために必要な力の大きさは$F_1$であった。この$F_1$は$m$，$g$を用いて(　②　)と表される。また，$\theta = 0°$と$\theta = 60°$でのおもりAの位置エネルギーの差は，$\pi$，$m$，$g$，$R$を用いて(　③　)と表される。

(ii)　次に，図3のように円盤を$\theta = 0°$に戻し，点Qに取り付けられていた糸とおもりBを点Pに付け替えた。さらに，力のモーメントがつり合うように点Pに対して円周方向に大きさ$F_2$の力を加えた。この$F_2$は$m$，$g$を用いて(　④　)と表される。この状態から点Pに加える力を取り除くと，円盤は反時計回りに回転し，おもりA，Bは等加速度運動をする。加速度の大きさを$a$とすると，$a$は$g$を用いて(　⑤　)と表される。その後，図4のように$\theta = -60°$のとき，おもりAは床に衝突してはね返らずに静止した。衝突でおもりAが床から受けた力積の大きさは，$\pi$，$a$，$m$，$R$を用いて(　⑥　)と表される。

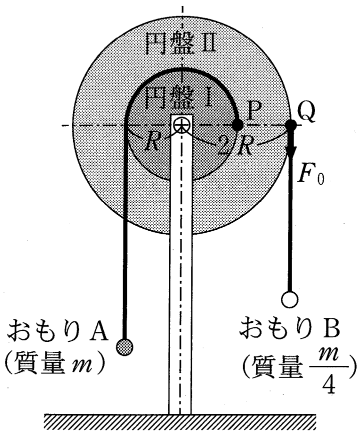

円盤 II
円盤 I
P
Q
$R$
$2R$
$F_0$
おもり A
(質量 $m$)
おもり B
(質量 $\frac{m}{4}$)

図 1

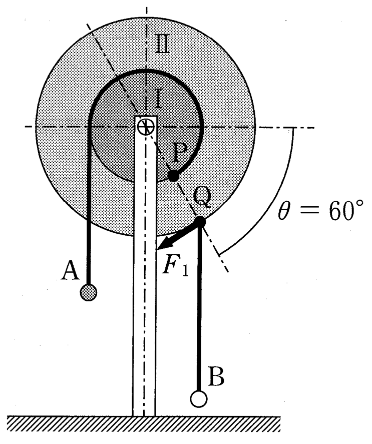

II
I
P
Q
$\theta = 60°$
$F_1$
A
B

図 2

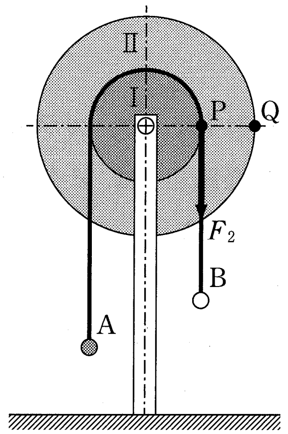

II
I
P
Q
$F_2$
B
A

図 3

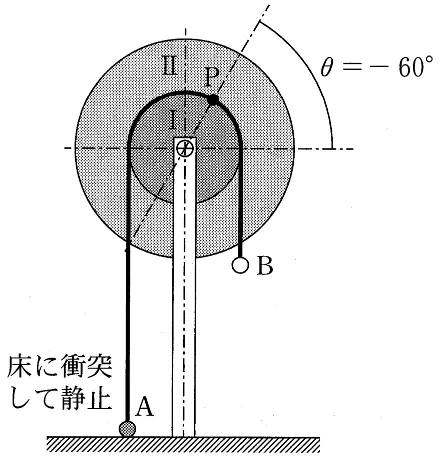

$\theta = -60°$
II
P
I
B
床に衝突
して静止
A

図 4

**II** 次の文章中の空欄①～⑧を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

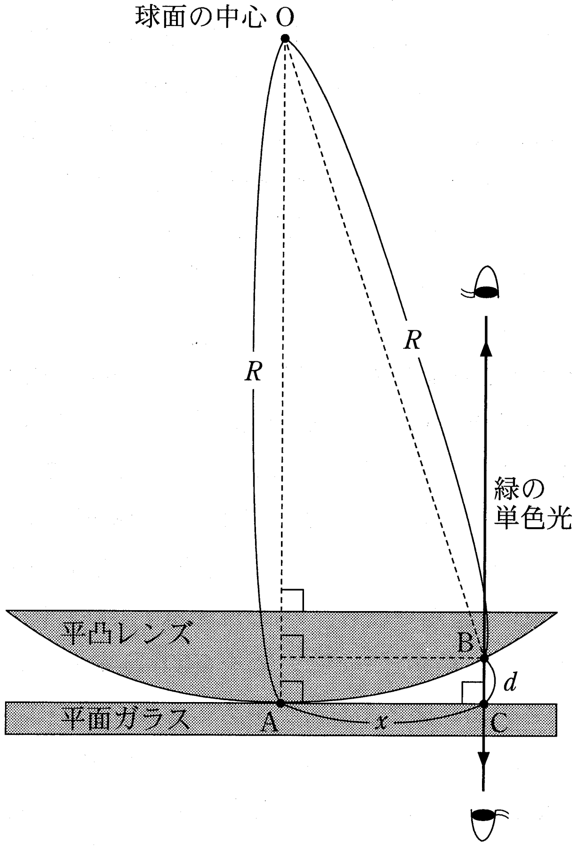
図のように，空気中に球面の半径が $R$ の平凸レンズの凸面を下にして薄く硬い平面ガラスの上に置き，上から平面に垂直に波長 $\lambda$ の緑の単色光を当てる。このとき平凸レンズの上から見ても，平面ガラスの下から見ても，レンズとガラスの接点Aを中心とする同心円状の明暗の縞模様(明環，暗環)が見える。レンズとガラスの屈折率は等しく，空気の屈折率を1とする。また，図のように点O，A，B，Cを定め，$\mathrm{OA} = \mathrm{OB} = R$，$\mathrm{BC} = d$，$\mathrm{AC} = x$ とし，0以上の整数を $m$ で表すこととする。ただし，$d$ は，$R$ に比べてきわめて小さい。

必要に応じて，$|a| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $(1 + a)^k \fallingdotseq 1 + ka$ を用いることとする。

(i) 平凸レンズの上から見ると，レンズ下面の点Bで反射する光と，ガラス上面の点Cで反射する光が干渉する。これらの反射光の経路差 $y$ は，$d$ を用いて $y =$ ( ① ) と表される。このとき，明環ができる条件は，$\lambda$，$m$ ($m = 0, 1, 2, \cdots$) を用いて $y =$ ( ② ) と表され，暗環ができる条件は，$\lambda$，$m$ ($m = 0, 1, 2, \cdots$) を用いて $y =$ ( ③ ) と表される。そして，光が点Bにおいてほぼ真上に反射するとすれば，$d$ は，$R$，$x$ を用いて $d \fallingdotseq$ ( ④ ) と表される。これらの条件を用いると，点Aから数えて4番目の明環の半径は，$\lambda$，$R$ を用いて ( ⑤ ) と表される。また，中心の暗部を0番目として $m$ 番目，$(m + 1)$ 番目の暗環の半径をそれぞれ $x_m$，$x_{m+1}$ とすると，暗環の条件から球面の半径 $R$ が求められ，$R$ は，$x_m$，$x_{m+1}$，$\lambda$ を用いて ( ⑥ ) と表される。

(ii) 平面ガラスの下から見ると，点B，点Cを通ってガラス板を透過した光と，点Bを通って点Cで反射され，点Bで再び反射されてガラス板を透過してきた光が干渉する。これらの光の経路差を $y'$ とすると，明環ができる条件は，$\lambda$，$m$ ($m = 0, 1, 2, \cdots$) を用いて $y' =$ ( ⑦ ) と表される。

(iii) 平凸レンズと平面ガラスの間を，レンズとガラスより屈折率が小さな液体で満たす。平凸レンズの上から見ると，$m$ 番目の暗環の半径は，空気で満たされた場合の暗環の半径を $L$，液体の屈折率を $n(n > 1)$ とすると，$L$，$n$ を用いて（ ⑧ ）と表される。






◇M6(075—54)

**III** 次の文章中の空欄①～③および⑤を数式で埋め，⑥は(ア)～(ウ)のうちから正しいものを1つ選び，⑦，⑧は数値で埋め，解答欄に記入しなさい。また，解答欄④には，適切な文章を記述しなさい。なお，円周率を$\pi$とし，⑦と⑧は，有効数字を2桁で求めなさい。

図1のように，交流電圧の振幅$V_0$が5.0 Vで，周波数$f$を10 Hzから$1.0 \times 10^5$ Hzの範囲で変化できる交流電源に，抵抗値$R$〔Ω〕の抵抗，インダクタンス$L$〔H〕のコイル，および電気容量$C$〔F〕のコンデンサーを直列に接続した。角周波数$\omega = 2\pi f$〔rad/s〕と，時刻$t$〔s〕を用いると，交流電圧は$V = V_0 \sin\omega t$と表される。また，$\phi$〔rad〕を交流電圧$V$と回路を流れる交流電流$I$〔A〕の位相差とする。$I_0$を交流電流の振幅とすると，交流電流は$I = I_0 \sin(\omega t - \phi)$と表される。なお，$V_R$，$V_L$，$V_C$はそれぞれ抵抗，コイル，コンデンサーにかかる電圧である。

(i) この回路の電圧と電流をベクトル図で表すと，図2が描ける。まず，電圧ベクトル$\vec{V}$は，$xy$平面上を角周波数$\omega$で回転する大きさ$V_0$のベクトルである。また，$\vec{V}$と電流ベクトル$\vec{I}$の位相差は$\phi$である。さらに，抵抗の電圧ベクトル$\vec{V_R}$，コイルの電圧ベクトル$\vec{V_L}$，コンデンサーの電圧ベクトル$\vec{V_C}$の大きさは，それぞれ$RI_0$，$\omega LI_0$，$\dfrac{I_0}{\omega C}$である。$\vec{V_R}$の位相は$\vec{I}$と同位相であるが，$\vec{V_L}$の位相は$\vec{I}$よりも( ① )進んでおり，$\vec{V_C}$の位相は$\vec{I}$よりも( ① )遅れている。ここで，この回路のインピーダンスを$Z$〔Ω〕とすると，$\vec{V}$の大きさ$V_0$は，$V_0 = ZI_0$と表される。図2より，三平方の定理を用いて$V_0$を求めると，インピーダンス$Z$は，$\omega$，$R$，$L$，$C$を用いて( ② )〔Ω〕と表される。また，位相差$\phi$について，$\tan\phi$は，$\omega$，$R$，$L$，$C$を用いて( ③ )と表される。すなわち，回路のインピーダンス$Z$と位相差$\phi$はともに，周波数に応じて変化することがわかる。

(ii) ここで，交流電源が出力する交流電圧の振幅を一定とし，周波数のみを変化させていくと，回路を流れる交流電流の振幅は周波数に応じて変化する。特に，ある周波数$f_0$において，電流の振幅$I_0$は最も大きくなる。この理由を，解答欄④に簡潔に記述しなさい。周波数$f_0$は，$\pi$，$L$，$C$を用いて( ⑤ )〔Hz〕と表される。また，$f_0$において交流電流の位相は，交流電圧に対して(⑥ (ア) $\dfrac{\pi}{2}$遅れる，(イ) 等しくなる，(ウ) $\dfrac{\pi}{2}$進む)。

(iii) 次に，抵抗を 10 Ω，コイルを $2.0 \times 10^{-5}$ H にそれぞれ設定したうえで，電気容量の値が既知ではないコンデンサーを使用する。交流電源から振幅 5.0 V の交流電圧を出力し，その周波数を 10 Hz からゆっくりと大きくすると，$5.0 \times 10^{3}$ Hz において回路を流れる交流電流の振幅が最も大きくなった。そのときの電流の振幅は（ ⑦ ）A であり，使用しているコンデンサーの電気容量は，円周率 $\pi$ を 3.14 とすると（ ⑧ ）F であることがわかる。

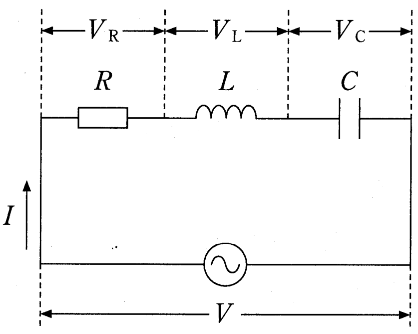



図 1

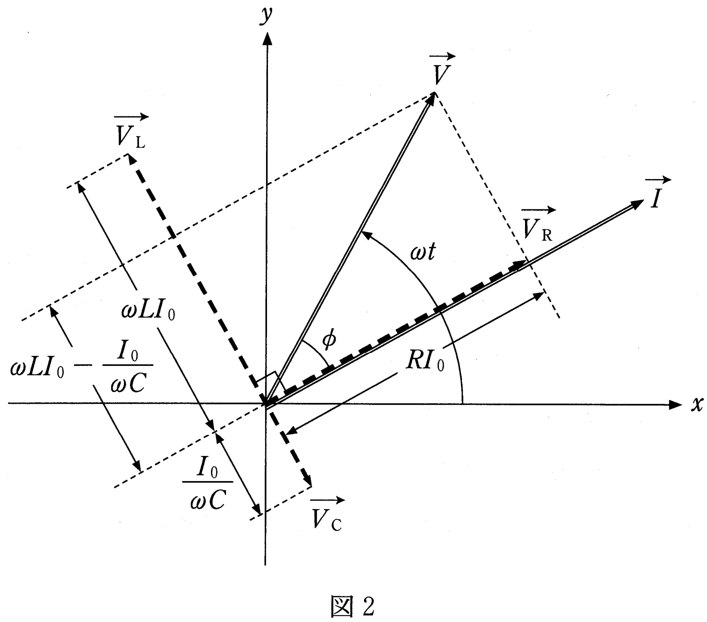



図 2

**Ⅳ** **問題Ａ**と**問題Ｂ**のいずれかを選択して解答しなさい。なお，解答欄にある，選択した問題の**記号Ａ**または**記号Ｂ**を○で囲みなさい。

**《問題Ａ》**

次の文章中の空欄①～⑦を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図のように，ピストンつきの直方体の容器を真空中の水平な床に固定した。容器は，断熱されており，ピストンはなめらかに動くことができる。容器の底を原点とし，ピストンに垂直に $x$ 軸をとる。容器とピストンで囲まれた空間には，単原子分子の理想気体が $n$〔mol〕入っており，気体の圧力を $P$〔Pa〕とする。このとき，気体がピストンを押す力と外から気体を押す大きさ $F$〔N〕の力はつり合っている。ここで，気体の温度を $T$〔K〕，気体の体積を $V$〔$m^3$〕，ピストンと容器の底との距離を $L$〔m〕，ピストンの断面積を $a$〔$m^2$〕とする。また，容器には体積を無視できる加熱器が入っており，気体を加熱できる。

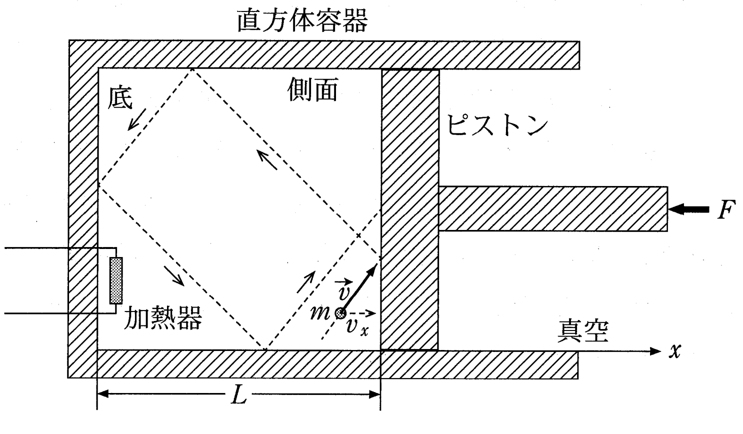
(i) 理想気体はボイル・シャルルの法則が成り立ち，標準状態の気体が $n = 1$ mol のとき，$P$，$V$，$T$ の関係は(　①　)$= R$ となり，この $R$ を気体定数という。$R$ の値はおよそ 8.31 となり，$R$ の単位はエネルギーの単位 J(ジュール)を用いると(　②　)となる。

(ii) 図中に示す質量 $m$ の単原子分子１個について，ピストンへの衝突を考える。この分子は容器の壁とピストンに完全弾性衝突し，衝突前後で分子の速さは変わらないものとする。速度 $\vec{v}$ の $x$ 軸方向の成分を $v_x$〔m/s〕とすると，一度の衝突でピストンが分子から受けた力積は(　③　)となる。分子が再びピストンに衝突するまでの $x$ 方向の移動距離は $2L$ であり，移動時間は(　④　)となる。よって，この分子がピストンにおよぼす力の大きさを時間的に平均した値は(　⑤　)となる。

次に，気体の分子数を $N$ 個とした場合について，３次元の分子の運動を考える。ここで，個数 $N$ は十分大きく，分子同士は衝突しないものとする。また，

分子の熱運動はどの方向にも均等で偏りがないとすると，速度の各方向の成分 $v_x$，$v_y$，$v_z$ についての2乗平均は，$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ と考えることができる。また，分子の速さの2乗平均 $\overline{v^2}$ は，速度の各方向の成分の2乗平均の和に等しい。よって，気体の圧力 $P$ は，$V$，$\overline{v^2}$，$N$，$m$ を用いて（　⑥　）となる。気体の内部エネルギー $U$〔J〕は，分子全体の運動エネルギー $N\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$ と一致する。したがって，式⑥と理想気体の状態方程式とを組み合わせることによって，$U = \dfrac{3}{2}nRT$ の式が導かれる。

(iii)　外から気体を押す大きさ $F$ の力を変化させずに，加熱器で加熱したところ，気体の温度は $\Delta T$ 増加し，ピストンはゆっくり移動した。このとき，気体が受け取った熱量 $Q$〔J〕は（　⑦　）である。



《問題B》

次の文章中の空欄①，②，④，⑤，⑦を数値で埋め，③は図の(ア)〜(ウ)のうちから正しいものを1つ選び，⑥は語句で埋め，解答欄に記入しなさい。ただし，④，⑤，⑦は有効数字3桁で求めなさい。

必要があれば，次の値を用いなさい。

光速 $c = 3.00 \times 10^8$ m/s，$\log_{10} 2 = 0.301$，$\log_{10} 3 = 0.477$，

$\log_{10} 5 = 0.699$，$\log_{10} 7 = 0.845$

(i) ウラン ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ やラジウム ${}^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ などの不安定な原子核は，放射線を放出して放射性崩壊を起こし，他の原子核に変化する。${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ が放射性崩壊を繰り返してポロニウム ${}^{214}_{84}\mathrm{Po}$ に変化するまでには，(　①　)回の $\alpha$ 崩壊と(　②　)回の $\beta$ 崩壊が起こる。図のような装置によって，放射性崩壊による放射線を一方向に放出させた。一様な磁場(磁束密度の大きさ $B$)が紙面に垂直に裏から表の向きにかけられているとき，$\alpha$ 粒子が進む経路として最も適するものは図中の(　③　)である。ただし，$\alpha$ 粒子の運動は紙面内で起こっているものとする。

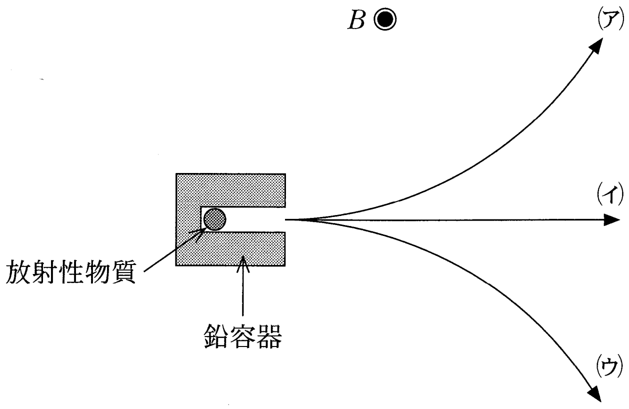
1つの不安定な原子核が一定時間に崩壊する確率は，原子核の種類によって決まっている。ある放射性原子核の数が時間と共に一定の割合で減少し，最初に存在した数の半分になるまでの時間を半減期という。半減期が $T$ の放射性原子核において，崩壊をせずに残っている原子核の個数が時間 $t$ の間に $\dfrac{1}{5}$ に減少した。このとき，$\dfrac{t}{T} =$ (　④　)である。

(ii) ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ に中性子 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$ を衝突させると，次のような核分裂が起こる。

$$ {}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n} $$

${}^{235}_{92}\mathrm{U}$，${}^{1}_{0}n$，クリプトン ${}^{92}_{36}\mathrm{Kr}$，バリウム ${}^{141}_{56}\mathrm{Ba}$ の質量は，統一原子質量単位 u を用いて，それぞれ 234.993 u，1.009 u，91.907 u，140.883 u であるとする。この反応による質量欠損は(　⑤　)u である。

一方，太陽の中心部のように，高温，高密度の状態では，2個以上の軽い原子核が反応して，それらよりも重い原子核ができる反応が起こっている。この反応を(　⑥　)という。太陽は毎秒 $3.85 \times 10^{26}$ J のエネルギーを放出しているので，その質量は毎秒(　⑦　)kg ずつ小さくなっている。


$B$
(ア)
(イ)
(ウ)
放射性物質
鉛容器