令和7年度
前期日程

物　　理

教育学部・医学部・工学部・応用生物科学部

問題冊子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は8ページからなる。解答用紙については，医学部は解答用紙3枚，その他の学部は解答用紙4枚である。落丁，乱丁，印刷不鮮明などの箇所があった場合には，ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は，解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は，大問で4題である。教育学部・工学部・応用生物科学部の受験生は4題すべてに解答すること。
   医学部の受験生は，問題 1 ， 2 ， 3 に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに，満点に対する配点の比率を表示してある。

1 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，教・工・応生：$\frac{1}{4}$)

図のように，水平な床上の点Bに質量 m_P〔kg〕，半径 r_P〔m〕の円板Pが置かれており，さらに円板Pの上には質量 m_Q〔kg〕，半径 r_Q〔m〕(ただし，$r_Q < r_P$)の円板Qが置かれている。また，点Aには質量 m_R〔kg〕の円板Rが置かれている。円板Pと円板Qは互いに固定されておらず，各々の円の中心は x 軸上にあり，かつ同一鉛直線上にあり，その上面は床に対して平行である。以上の状況において，円板Rをすべらせ円板Pに正面衝突させた。このとき，円板Pに衝突する直前の円板Rの速さを v_0〔m/s〕とし，各円板の円の中心は上面図に示すように常に x 軸上にあるものとする。

重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，円板Pと床の間の静止摩擦係数を μ_P，動摩擦係数を μ_P'，円板Qと円板Pの間の静止摩擦係数を μ_Q，動摩擦係数を μ_Q'，円板Rと円板Pの間の反発係数を e とし，力，速度，加速度については図の x 軸方向を正とする。また，円板の回転および空気抵抗については無視できるものとする。

問 1　v_0 が小さかったため，円板Rが円板Pに衝突した後，円板Pと円板Qは一体となって動いた。この場合に円板Qにはたらく摩擦力 f_1〔N〕の大きさを，m_P，m_Q，m_R，g，μ_P'，μ_Q' のうち必要なものを用いて表すとともに，その向きを示せ。

問 2　v_0 が大きかったため，円板Rが円板Pに衝突した後，円板Pが動き出すとともに円板Qが円板Pの上面をすべり出し，円板Rは点A方向に跳ね返された。この場合に，円板Qにはたらく摩擦力 f_2〔N〕の大きさを，m_P，m_Q，m_R，g，μ_P'，μ_Q' のうち必要なものを用いて表すとともに，その向きを示せ。また，この場合の反発係数 e の範囲を表せ。なお，円板Rと円板Pの衝突時間は十分に短く，衝突直後において床に対する円板Qの速さは0であるとする。

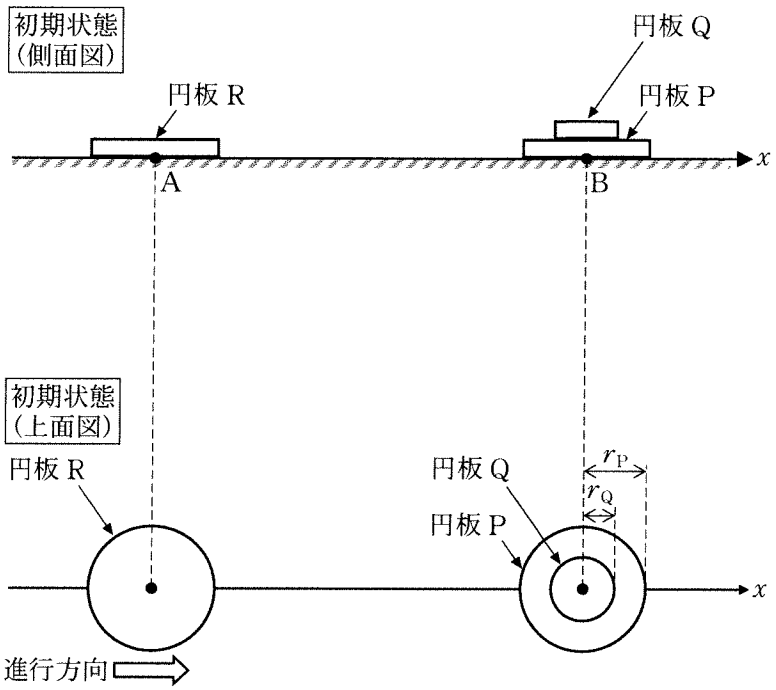
次に，問2の状況において，円板Rと円板Pの衝突時の時刻 t〔s〕を0とした場合，円板Qは円板Pの上面をすべった後，時刻 T_1〔s〕において円板Pに対する相対速度が0となった。このとき，円板Qは円板Pの上面からはみ出していなかった。その後，円板Pと円板Qは一体となって運動を続け，時刻 T_2〔s〕において静止した。

問 3　時刻 $0 < t < T_1$ における円板Pの加速度 a_P〔m/s^2〕と時刻 $T_1 \leqq t < T_2$ における円板Pの加速度 A_P〔m/s^2〕をそれぞれ，m_P，m_Q，m_R，g，μ_P，μ_P'，μ_Q，μ_Q' のうち必要なものを用いて表せ。

問 4　円板Rが円板Pに衝突した直後の円板Pの速さを v_P〔m/s〕，時刻 $0 < t < T_1$ における円板Qの加速度を a_Q〔m/s^2〕，時刻 T_1 での円板Pの速さを V〔m/s〕とする。V を，v_P，a_P，a_Q を用いて表せ。

問 5　T_2 を，v_P，a_P，a_Q，A_P を用いて表せ。

問 6　円板Qが円板Pに対して移動した距離 d〔m〕を，v_P，a_P，a_Q を用いて表せ。また，円板Qが円板Pからはみ出すことなく運動するための r_Q の条件を，v_P，a_P，a_Q，r_P を用いて表せ。



図

2 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，教・工・応生：$\frac{1}{4}$)

図1のように，鉛直上向き(紙面に対して垂直かつ裏から表に向かう向き)の磁束密度 B〔T〕で一様かつ時間変化しない磁場の中で，なめらかな2本のレールP，Qが間隔 d〔m〕で互いに平行かつ磁場に対して垂直に配置されている。レールは電気抵抗が十分小さく無視できる導体である。レールには，その一端を互いにつなぐように抵抗値 R〔Ω〕の電気抵抗が接続されている。また，レール間の抵抗値が R_S〔Ω〕である導体棒Sが置かれている。導体棒Sはレールに対して垂直を保ちながら，レールに沿って平行移動するものとする。なお，導体棒Sとレールの間の摩擦は無視でき，導体棒Sは回転せず，すべりながら移動する。レールは十分に長く，導体棒Sがレールから落ちないものとする。

図1から図3において右および左向きは，各図に示すとおりとする。また，問1から問6において導体棒を含む回路を流れる電流によって発生する磁場は無視できるものとする。

問 1　導体棒Sを速さ v_{S1}〔m/s〕で右向きに移動させたとき，導体棒Sが磁場から受ける力の大きさ f_{S1}〔N〕を，R，R_S，B，d，v_{S1} のうち必要なものを用いて表せ。また，力の向きが左右どちらであるか答えよ。

図2に示すように，図1の回路に内部抵抗を無視できる起電力 E〔V〕の直流電源を電気抵抗に対して直列に追加した。

問 2　固定した導体棒Sに外力を与えたうえで，固定を静かに外したところ，導体棒Sは静止し続けた。このとき，導体棒Sが磁場から受ける力の大きさ f_{S2}〔N〕を，E，R，R_S，B，d のうち必要なものを用いて表せ。また，力の向きが左右どちらであるか答えよ。

問 3　問2において導体棒Sが静止し続ける状態から外力の大きさを小さくしたところ，導体棒Sは動き出した。そして，外力を所定の大きさに保持したまま十分に時間が経過した後，導体棒Sの運動は速さ v_{S2}〔m/s〕の等速度運動となった。このとき，導体棒Sに流れる電流の大きさ I_S〔A〕と導体棒Sが磁場から受ける力の大きさ f_{S3}〔N〕を，E，R，R_S，B，d，v_{S2} のうち必要なものを用いて表せ。

図3に示すように，図2の回路に対して，レール間の抵抗値が R_T〔Ω〕である導体棒Tをレール上に追加した。なお，導体棒Tとレールの間の摩擦は無視でき，導体棒Tは回転せず，すべりながら移動する。

問 4　固定した導体棒S，Tそれぞれに外力を右向きに与えたうえで，固定を静かに外したところ，導体棒S，Tは静止し続けた。このとき，導体棒Tに流れる電流の大きさ I_T〔A〕と導体棒Tが磁場から受ける力の大きさ f_{T1}〔N〕を，E，R，R_S，R_T，B，d のうち必要なものを用いて表せ。

問 5　導体棒 S，T それぞれの外力の大きさを調整したところ，導体棒 S，T は左向きに動き出した。そして，十分に時間が経過した後，導体棒 T の運動は速さ v_0〔m/s〕の等速度運動となり，導体棒 S の運動は速さ $2v_0$ の等速度運動となった。このとき，導体棒 T が磁場から受ける力の大きさ f_{T2}〔N〕を，E，R，R_S，R_T，B，d，v_0 のうち必要なものを用いて表せ。なお，R は R_S より大きいものとする。

問 6　導体棒 T のみ外力を取り除いて導体棒 S の外力の大きさを調整したところ，導体棒 S，T は速度が変化した。そして，十分に時間が経過した後，導体棒 S，T の運動は左向きの等速度運動となった。等速度運動する導体棒 S の速さが v_{S3}〔m/s〕であるとき，等速度運動する導体棒 T の速さ v_T〔m/s〕を，E，R，R_S，R_T，B，d，v_{S3} のうち必要なものを用いて表せ。

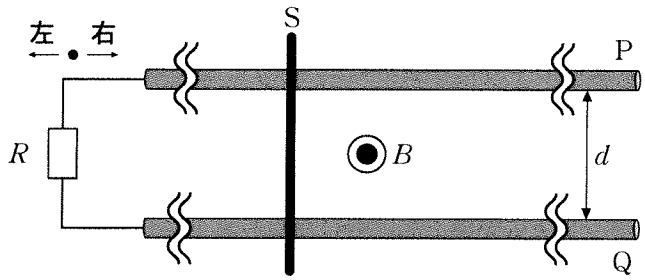


図 1

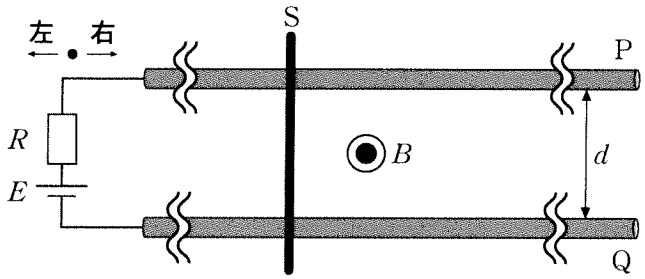


図 2

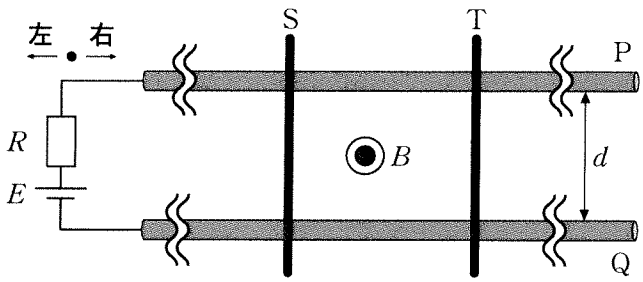


図 3

3 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，教・工・応生：$\frac{1}{4}$)

図1のように，屈折率 $n_1(>1)$ の平面ガラスの上に，屈折率 $n_2(>n_1)$ で原点Oを中心とした球面半径 R〔m〕の平凸レンズを，平らな面側を平面ガラスと平行に，凸面側を下向きにして設置した。このレンズの上面から波長 λ〔m〕の単色光を垂直にあてると，レンズの下面とガラスの上面で反射した光が干渉して，接点Cを中心とした同心円状の明環と暗環(環線)が形成された。これを，ニュートンリングとよぶ。以下で，明暗環の番号を付するときには中心は数えないものとし，レンズ上面から反射光を見ているものとする。なお，ガラスとレンズの間は空気で満たされており，空気の屈折率は1.0とする。

問1　接点Cからガラス上の距離 r〔m〕だけ離れた点におけるガラスとレンズの間隔を d〔m〕とする。このとき，d を，r と R を用いて表せ。ただし，d は R に比べて十分に小さいものとして，$|\alpha|$ が1よりも十分に小さい($|\alpha| \ll 1$)ときに成り立つ近似式 $(1+\alpha)^\beta \fallingdotseq 1+\alpha\beta$ を用いよ。

問2　接点Cからガラス上の距離 r だけ離れた点の真上から入射した波長 λ の単色光を考える。レンズの凸面内側で反射する点をA，ガラスの上面で反射する点をBとする。点Aおよび点Bにおいて，反射の前後で位相はどれだけ変化するか，それぞれ答えよ。

問3　接点Cから m 番目($m=1, 2, 3, \cdots$)の明環の半径 r_m〔m〕を，m，R，λ のうち必要なものを用いて表せ。

次に，図2のように，ガラスとレンズの間を，屈折率 n_3 の透明な液体で満たした。

問4　n_1，n_2，n_3 の大小関係について，ある条件を満たすときに，ニュートンリングは観測されなくなる。その条件と理由について，それぞれ答えよ。なお，条件が2つ以上ある場合は，すべて答えよ。

問5　$n_1 < n_3 < n_2$ を満たし，ニュートンリングが観測される場合，接点Cから m 番目($m=1, 2, 3, \cdots$)の明環の半径 r_m'〔m〕を求めよ。

次に，図１の状態において，レンズの上面から入射する光を，単色光から白色光に変更した。なお，各屈折率の波長依存性はないものとする。

問 6　単色光と白色光について，「波長」という言葉を用いて，50 字以内で簡潔に説明せよ。

問 7　このとき接点Ｃを中心とした同心円状のニュートンリングが認められたが，単色光の場合と異なり，赤や青などに色づいて見えた。各明環の内側は赤と青どちらに色づいて見えるか。その理由とともに答えよ。

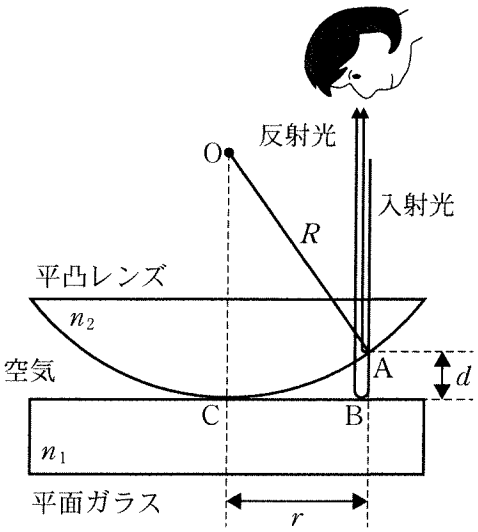


図１

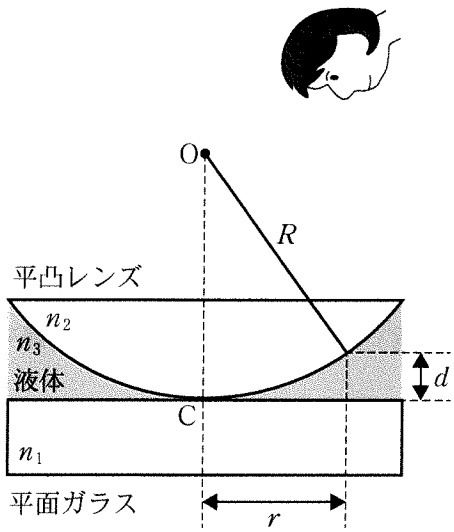


図２

4 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　教・工・応生：$\frac{1}{4}$)

〔Ⅰ〕 図1のように，20℃の水を満たした丸底フラスコに，円筒の管とアルコール温度計をゴム栓に通して差し込んだ。熱湯を入れたビーカー内にこのフラスコを入れると，温められた水が膨張して管を上ってくる。管内の水の上部には，蒸発しないように油を入れてある。熱湯を入れ替えつつ90℃まで温めたところ，水の体積が約3.5％増加した。そこでアルコール温度計が20℃と90℃を示したときの水上部の位置で管に印をつけ，その間を等間隔に7分割して10℃ごとの目盛りを入れ，水を用いた温度計(以下，「水温度計」とよぶ)として用いることにする。なお，アルコール温度計の温度表示は正しいとする。また，管内の水温はフラスコ内の温度と同じでかつ均一であると考える。

問 1　上で述べている水を温めると体積が増える理由を，「分子」という単語を用いて述べよ。

理想気体と考えて良い気体Aの体積の温度変化を，水温度計を用いて1気圧のもとで調べたところ，図2のようになった。ここで v_{20}〔L〕と v_{90}〔L〕は，20℃および90℃のときの気体Aの体積であり，縦軸の目盛りは等間隔である。

問 2　v_{90} は v_{20} の何倍になるか，その比 $\frac{v_{90}}{v_{20}}$ を有効数字2桁で求めよ。

問 3　水温度計が50℃を示すとき，真の温度は何℃であるか，有効数字2桁で答えよ。

問 4　気体Aの実測値が図2のような結果になるとき，水の温度と体積の関係はどのようであろうか。図3の(a)，(b)，(c)から適切な図を選び，その記号を答え理由を述べよ。

〔Ⅱ〕〔Ⅰ〕のフラスコ内の水が90℃になったとき以下の操作を行った。まずビーカーからフラスコを取り出した。取り出してすぐに管の中の油を取りのぞき，管とアルコール温度計が付いたゴム栓をフラスコからはずした。その直後に，水が入った状態のフラスコの質量を測った。しばらくしてフラスコが冷めたところでもう一度質量を測ると1.0g減っていた。なお，このときの大気圧は1気圧であった。

問 5　この減少した1.0gは，水が何に状態変化したものか。また，この変化後の物質を理想気体と考え，40℃でのその体積 v_x〔L〕を有効数字2桁で求めよ。ただし水1molの質量は18gとする。

〔Ⅲ〕 空の〔Ⅰ〕で用いたフラスコ内に水と気体Ａをほぼ同量の体積で入れ，管とアルコール温度計が付いたゴム栓をして１気圧のもとで温め始めたところ，水が管の先端から激しく噴き出してきた。

問 6　水が噴き出した主な原因とその理由を述べよ。

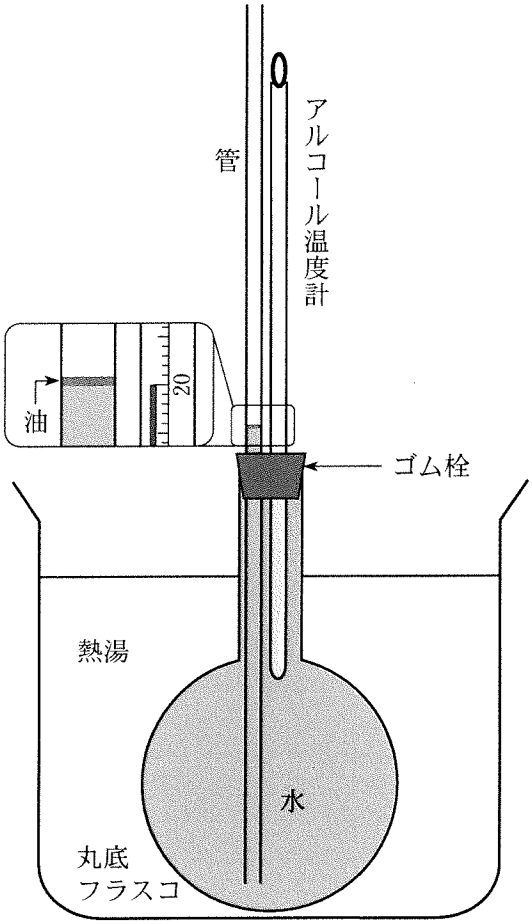


図 1

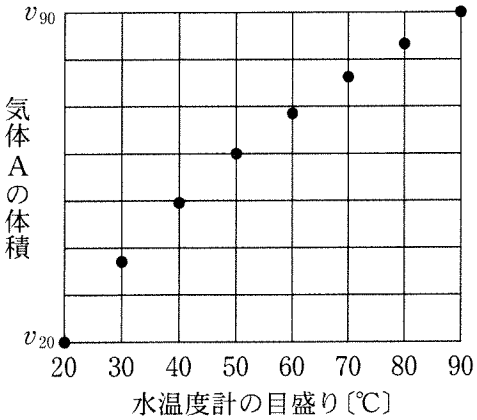


図 2

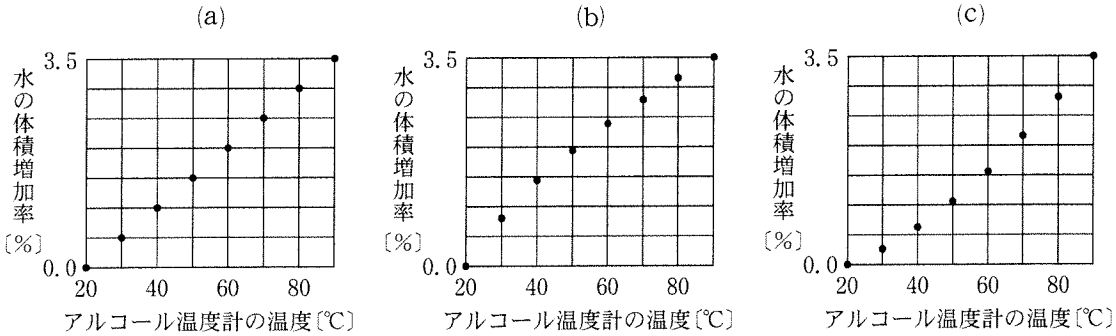


図 3