令和３年度(前期日程)
入学者選抜学力検査問題

理　　科

試験時間

1. 理学部，医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻)，薬学部，工学部は**120 分**
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は**60 分**

	問題	ページ
物理	1 ～ 3	1 ～ 6
化学	1 ～ 3	7 ～ 12
生物	1 ～ 3	13 ～ 24
地学	1 ～ 4	25 ～ 33

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，この冊子を開いてはいけません。
2. あらかじめ**届け出た科目の各解答紙の２箇所に受験番号を必ず記入しなさい。**
   なお，解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
3. **解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。**
4. 試験開始後，この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば，手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. この冊子の白紙と余白部分は，適宜下書きに使用してもかまいません。
6. 試験終了後，解答紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後，この冊子は持ち帰りなさい。

※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

物　　　理

1　質量が m〔kg〕で体積 V〔m^3〕が変化するボールがある。Vはボールの周囲の圧力のみによって決まり，圧力に反比例するとする。図1のように，ピストンがついた容器の中に，密度 α〔kg/m^3〕の液体を深さが h〔m〕になるまで入れて，密度の無視できる気体とともに，このボールを入れた。液体の密度は変化せず，表面張力は無視できるとする。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として，以下の問いに答えよ。

容器内の気圧が p_0〔Pa〕のとき，ボールは体積 V_0〔m^3〕となり，図1のようにちょうど半分沈んだ状態で浮いた。ボールの半径は h に比べて十分小さいとする。

(問 1)　ボールの体積 V_0 を，m と α を用いて表せ。

(問 2)　ボールの体積はボールの周囲の圧力に反比例する。ボールの周囲の圧力が p〔Pa〕のとき，ボールの体積 V を，m，α，p_0，p を用いて表せ。

次に，ピストンを押し下げたところ，図2のようにボールはちょうど液体の表面に接した。このとき，ボールの体積は V_1〔m^3〕となり，容器内の気圧は p_1〔Pa〕であった。

(問 3)　容器内の気圧 p_1 を，p_0 を用いて表せ。

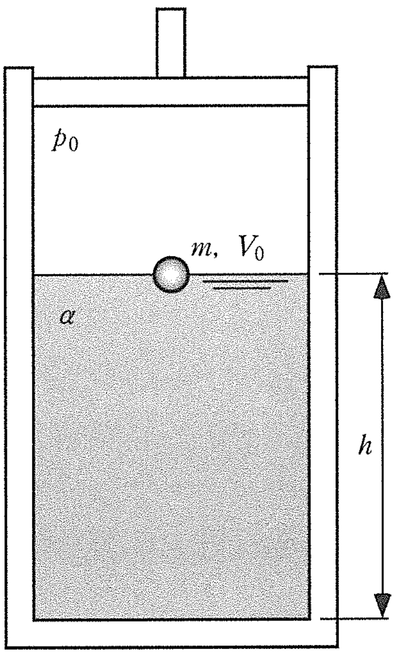


図1

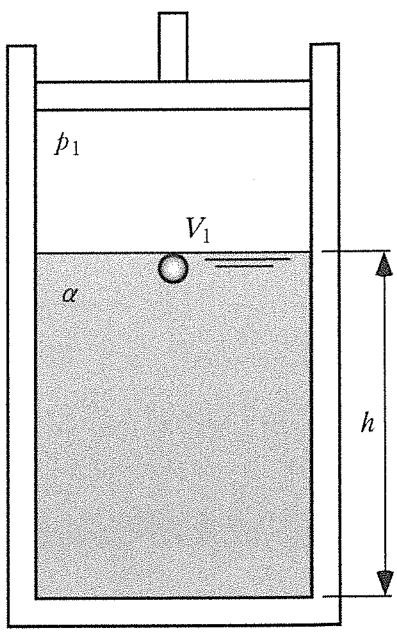


図2

さらにピストンを押し下げたところ，図3のようにボールは容器の底に沈んだ。このとき，ボールの体積は V_2〔m^3〕となり，容器内の気圧は p_2〔Pa〕であった。

（問 4） ボールの体積 V_2 を，m，α，p_0，p_2，h，g を用いて表せ。

（問 5） ボールが容器の底を押す力 F を，m，α，p_0，p_2，h，g を用いて表せ。

その後，ピストンを図1の状態に戻し，容器内の気圧を p_0 としたところ，ボールは沈んだままであった。

（問 6） 容器内の気圧を p_0 に戻しても，ボールが沈んだままとなる液体の深さ h の範囲を，α，p_0，g を用いて表せ。

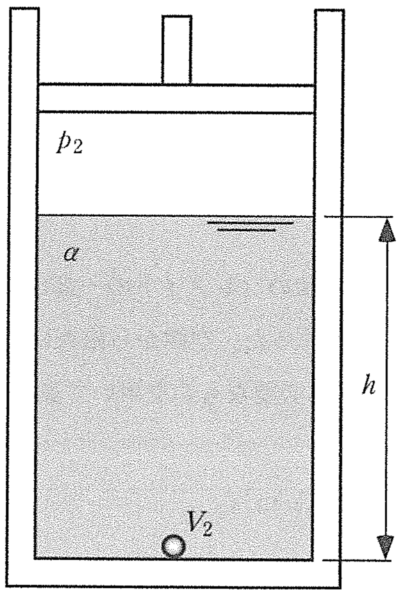


図3

2 真空中に，中空で断面積S〔m^2〕のソレノイドがある。このソレノイドの単位長さあたりの導線の巻数はn〔1/m〕であり，導線には電流I〔A〕の定常電流が流れている。このとき以下の問いに答えよ。ただし真空の透磁率をμ_0〔$\mathrm{N/A^2}$〕，円周率をπとし，ソレノイドの長さは十分に長いものとする。

(問 1)　ソレノイド内部の磁場(磁界)の強さを求めよ。

このソレノイドの内部全体に，比透磁率μ_r($\mu_r \gg 1$)の鉄(鉄芯)を入れた。このとき，次の問いに答えよ。

(問 2)　ソレノイド内部の磁場の強さH〔A/m〕と磁束密度を求めよ。

(問 2)と同じ鉄芯が入った同じソレノイドを，図1のように，その中心が半径R〔m〕の円環を描くように均一に曲げて鉄芯の端を接続した。ソレノイドには電流I〔A〕が流れているとして，以下の問いに答えよ。

(問 3)　ソレノイド全体の巻数NとH, R, Iの間に成り立つ関係式を，これらを用いて表せ。

次に，電流Iを流している円環状のソレノイドの一部に，図2に示すような非常に小さな長さδ〔m〕($2\pi R \pm \delta \fallingdotseq 2\pi R$)の空隙を作った。空隙から磁束は外部に漏れないとして，以下の物理量をR, δ, I, n, μ_0, μ_r, Sのうち必要なものを用いて表せ。

(問 4)　空隙での磁場の強さH_0〔A/m〕。

(問 5)　空隙のあるソレノイドの自己インダクタンス。

(問 6)　空隙のあるソレノイドに蓄えられるエネルギー。

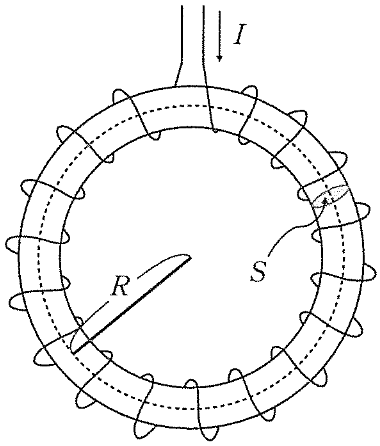


図 1

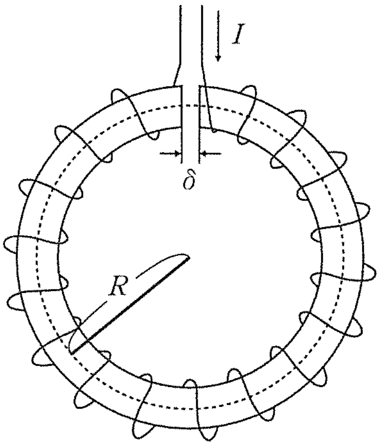
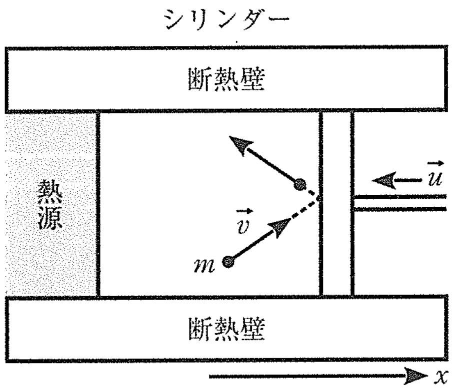


図 2

3 片側を閉じたシリンダーに，質量 m〔kg〕の単原子分子 N 個からなる理想気体を入れ，面積 S〔m^2〕のなめらかに動くピストンで封じ込めた。図のように，シリンダーの左端は絶対温度 T〔K〕の熱源と接触しており，気体と熱源との間で，熱の出入りは自由におこなわれる。その結果，気体も熱源と同じ温度に保たれる。

はじめ，気体の圧力は p〔Pa〕で体積は V〔m^3〕であった。その状態からピストンを，図に示した x 軸の負の向きにゆっくりと一定の速さ u〔m/s〕で動かし，気体を等温で圧縮する。以下の問いに答えよ。



(問 1)　はじめの状態から微小時間 Δt〔s〕の後，気体の体積が ΔV〔m^3〕だけ減少した。Δt を S, u, ΔV を用いて表せ。

(問 2)　Δt の間に気体から熱源に放出される熱量 Q〔J〕と，ピストンを動かすことによって気体がされた仕事 W〔J〕を p, V, ΔV のうち必要なものを用いて表せ。

この等温圧縮過程で熱源に放出される熱量を，気体分子の運動に注目して導出しよう。気体分子はピストンの内壁と弾性衝突すると考え，また，気体分子の熱運動の速さに対し u は十分小さく，u は変化しないとする。$|r| \ll 1$ のとき，$(1+r)^a \fallingdotseq 1 + ar$ と近似できることを用いて，以下の問いに答えよ。

(問 3)　気体分子は速さ u で動くピストンと衝突するため，気体分子の運動エネルギーは増加する。衝突前の気体分子の x 方向の速度成分を v_x〔m/s〕として，その運動エネルギーの増加量を m, u, v_x を用いて表せ。

この運動エネルギーの増加にともなう内部エネルギーの増加分は，気体分子が熱源と接したシリンダーと衝突を繰り返すことで熱量として熱源に放出される。その結果，気体は等温に保たれる。Δt の間に気体分子は，ピストンおよび熱源と接したシリンダーとの衝突を充分繰り返すとして，以下の問いに答えよ。

(問 4)　Δt の間の体積変化と v_x の変化は無視できるほど小さいと考え，Δt の間に気体分子がピストンに衝突する回数 M を S, V, Δt, v_x を用いて表せ。

(問 5)　Δt の間に気体から熱源に放出される熱量 Q'〔J〕を m, N, V, ΔV, $\overline{v_x^2}$ を用いて表せ。ここで，$\overline{v_x^2}$ は v_x^2 の気体分子全体の平均値である。

(問 6)　(問 5)で求めた熱量が(問 2)で求めたものと一致することを示せ。ただし，気体分子の速さを v とし，その 2 乗の気体分子全体の平均値を $\overline{v^2}$ としたとき，$\overline{v_x^2} = \dfrac{\overline{v^2}}{3}$ の関係が成り立つとする。