

令和 6 年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

理 科
(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 7 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	8 頁 ～ 15 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	16 頁 ～ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理, 化学, 生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し, 解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(このページは空白)

物理基礎・物理

- 1 酒造りなどで、液体の比重を調べるために「浮標式比重計」が使われる。液体の比重は「対象となる液体の密度」と「基準となる液体の密度」の比である。図1は「浮標式比重計」を簡略化した物体を表している。断面積 S [m²] の円柱形の物体（固体）は、ふたつの部分からできており、

- ・ 上の部分は長さ L [m] で密度が ρ_L [kg/m³] で、
- ・ 下の部分は長さ ℓ [m] で密度が ρ_ℓ [kg/m³]

である。物体のふたつの部分は、同じ質量で

$$\rho_L L S = \rho_\ell \ell S$$

の条件が成立しているものとする。この物体が鉛直方向に向いて、密度 ρ [kg/m³] の液体に浮いている。物体が静止している場合、液体の外にある物体の長さを d [m] とする。

液体中の物体には浮力が働き、浮力の作用点は「物体が排除している液体の重心」と同じ位置である。また、液体による抵抗力や空気の浮力による影響は考えないものとし、液体や物体の各部分の密度は一樣であるとする。なお、重力加速度を g [m/s²] とする。

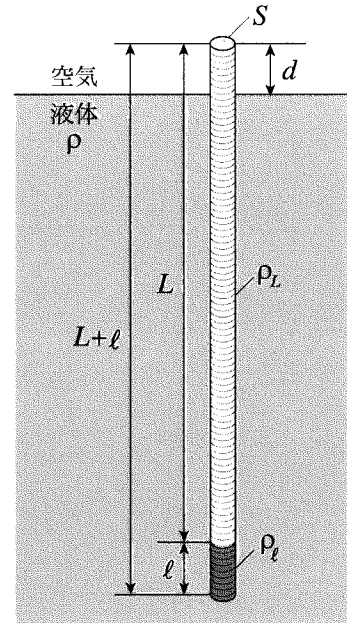


図1

- 問1 物体の下端から物体の重心までの距離が $\frac{3\ell + L}{4}$ であることを、重心の求め方を明確にして導出過程を示せ。
- 問2 物体が液体に浮いて静止している場合について、物体の下端から浮力の作用点までの距離が $\frac{\rho_L}{\rho} L$ であることを、重力と浮力のつり合いの関係を明確にして導出過程を示せ。
- 問3 物体に働く「浮力の最大値」は、物体のすべてが液体中にある場合の浮力の大きさである。物体が液体に浮くためには、「浮力の最大値」が「物体に働く重力の大きさ」より大きければよい。物体が液体に浮くために $\frac{\rho_L}{\rho}$ が満たす条件を L と ℓ を用いて表せ。

図1のように鉛直方向に向いて物体が浮いていて、図2のように物体が傾いたとき、鉛直方向の状態(図1)に戻るよう動くならば「安定」という。なお、物体の断面積 S は十分に小さく、物体が傾いても浮力の作用点は変わらないものとする。

問4 図2のように、空気中にある物体の長さが d のままで、角度 θ [rad] 傾いた状態を考える。物体の中心線と液面の交点を通り、紙面に垂直な直線を回転軸として、力のモーメントを考え、「安定」であるために $\frac{\rho_L}{\rho}$ が満たす条件を、問1と問2の結果を用いて L と ℓ で表せ。

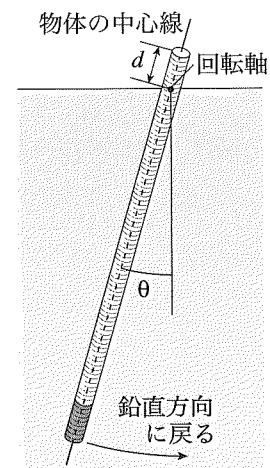


図2 「安定」である条件

問5 物体が浮いていて、かつ、安定であるためには、 L と ℓ の間および ρ_L と ρ_ℓ の間にはどのような関係が必要か。下の選択肢(a)~(d) から適切なものを選び記号で答え、理由を説明せよ。

(a) $L < \ell$ および $\rho_L < \rho_\ell$ (b) $L < \ell$ および $\rho_L > \rho_\ell$

(c) $L > \ell$ および $\rho_L < \rho_\ell$ (d) $L > \ell$ および $\rho_L > \rho_\ell$

問6 物体が浮いていて、かつ、安定であるために $\frac{\rho_L}{\rho}$ および $\frac{\rho_\ell}{\rho}$ それぞれが満たすべき条件は、どのようなグラフで表されるか。それぞれの条件として適切なグラフを、図3の (a)~(f) から選び記号で答え、理由を説明せよ。なお、境界が条件に含まれるかどうかについては議論しなくてよい。

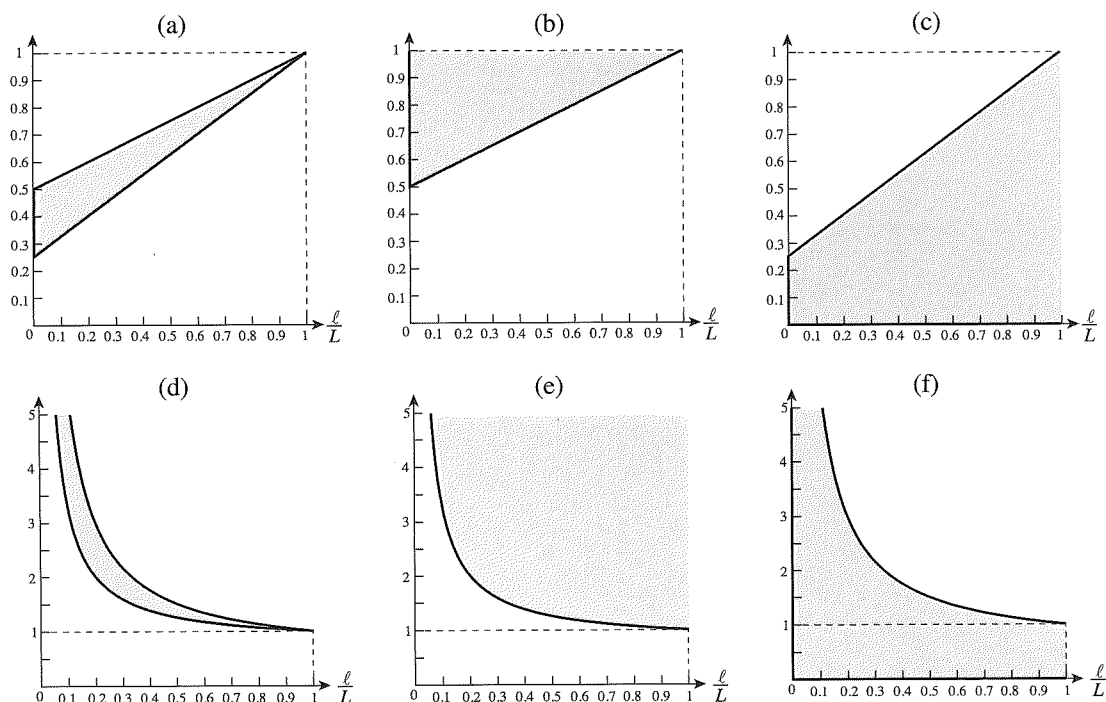


図3 $\frac{\rho_L}{\rho}$ あるいは $\frac{\rho_\ell}{\rho}$ が満たす条件を灰色の領域で示したグラフ。

縦軸は密度の比 $\frac{\rho_L}{\rho}$ あるいは $\frac{\rho_\ell}{\rho}$ である。

図中の太い実線は領域の境界を表しており、灰色の領域で太い実線がないところはその先に続くことを意味する。

次に、「浮標式比重計」によって液体の比重が測定できる理由を考える。

問 7 図 4(a) は図 1 と同じで、密度 ρ の液体に物体が鉛直方向に向いて浮いていて、液体の外にある長さが d である状態を示している。図 4(b) のように、液体の密度を ρ_x [kg/m³] にすると、空気中にある長さが x [m] だけ長くなったとする。簡単のために $d = \ell$ として、液体の密度の比 $\frac{\rho_x}{\rho}$ を L と x で表せ。

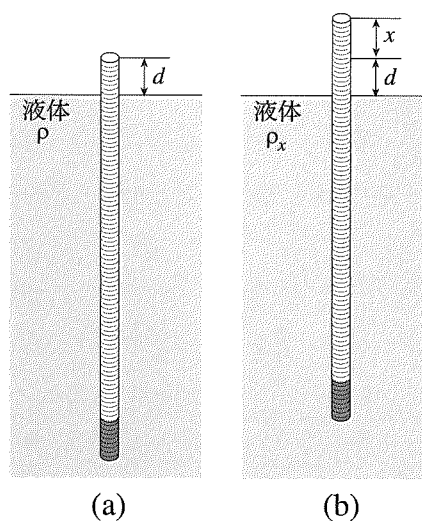


図 4

(このページは空白)

2 図5のように、同一の断面積 S [m²] のピストンを有するふたつの容器 (A と B) が水平に固定されている。ピストンと容器の外部は、大気圧 P_0 [Pa] の空気である。ピストンおよび容器は、いずれも断熱材でつくられていて、それらの質量は無視できる。ふたつのピストンは、十分に細くて質量が無視できる変形しない水平方向を向いた連結棒に垂直に接続されており、滑らかに左右に動く。いずれの容器にも、比熱比 γ の単原子分子理想気体が物質量 n [mol] 封入されており、それぞれを気体 A、気体 B とする。なお、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

容器 A とピストンの間には、図5のように、ばね定数 k [N/m] で自然長 L [m] の質量や体積が無視できるばねが取り付けられている。このばねが自然長のとき、容器 B とピストン間の距離も L であるとする。容器 B には、体積が無視できるヒーターが設置されている。このような装置を用いて、以下の状態 1 と状態 2 を考える。表 1 は、それぞれの状態での気体 A と気体 B の圧力および温度を表している。なお、ばね、ピストンおよび容器の熱容量は考えないものとする。

状態 1 (図5)：ばねは自然長 L である。このとき、気体 A の圧力、温度は、それぞれ P_1 [Pa]、 T_1 [K] であった。

ヒーターで気体 B のみを加熱したところ、ピストンと連結棒は左へ $\frac{L}{2}$ だけ、ゆっくり移動した。なお、気体 A は断熱変化し、移動の間ピストンと連結棒に働く力は常につり合っていたものとする。また、理想気体では、断熱変化するときの圧力 p [Pa] と体積 V [m³] には、 $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係がある。

状態 2 (図6)：気体 B の圧力は、気体 A の圧力より P_1 大きくなった。

問 1 状態 1 の圧力 P_1 を、 n 、 R 、 L 、 S 、 T_1 を用いて表せ。

問 2 状態 2 について考えると、ばね定数 k は $\frac{2P_1S}{L}$ となる。大気圧 P_0 が関与しない理由を明確にして、ばね定数 k が $\frac{2P_1S}{L}$ になることを示せ。

問 3 表 1 の (a) ～ (e) に入る式を、その導出過程とともに答えよ。なお、(a) および (c) は、 γ と P_1 から必要なものを用いて表し、(b)、(d) および (e) は、 γ と T_1 から必要なものを用いて表せ。

問 4 状態 1 から状態 2 への変化について、気体 A の内部エネルギーの変化量 ΔU_A [J]、および気体 B の内部エネルギーの変化量 ΔU_B [J] を、それぞれ、 T_1 、 γ 、 n 、 R を用いて表せ。

問 5 状態 1 から状態 2 への変化について、ヒーターが気体 B に加えた熱量 Q [J] を T_1 、 γ 、 n 、 R を用いて表せ。

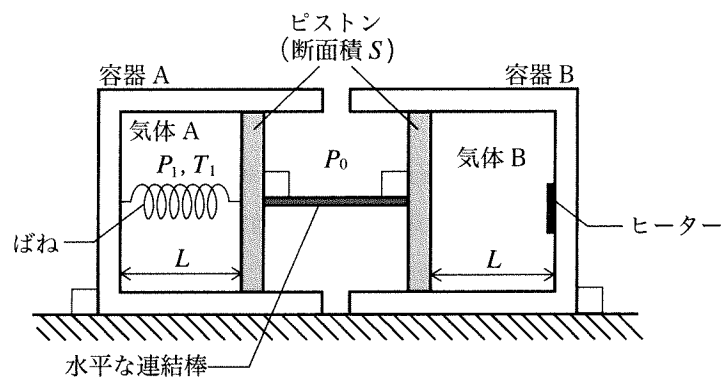


図 5 状態 1 (┐ と ┘ は垂直を表す)

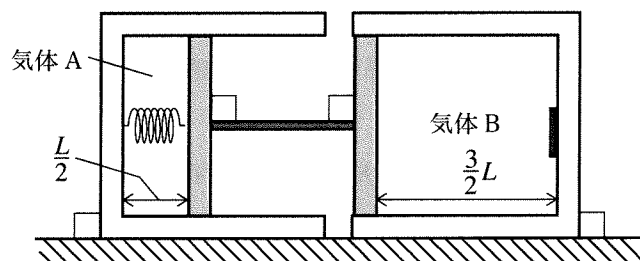


図 6 状態 2 (┐ と ┘ は垂直を表す)

表 1

状態	気体 A		気体 B	
	圧力 [Pa]	温度 [K]	圧力 [Pa]	温度 [K]
1	P_1	T_1	(a)	(b)
2	(c)	(d)	(c) + P_1	(e)

