

令和5年度入学試験問題(前期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**①**から**③**までの3問題が印刷されていて、合計6ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA-1～A-3を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

【解答上の注意】

1. 解答の式には、問題文の指定の記号等のほか、必要な数値や問題文および図中の記号を含めても差し支えない。

1 断面積 S 、高さ h の円柱がある。これを密度 ρ_0 の液体に入れたところ、図 1 のように円柱の軸方向を鉛直に保った姿勢のまま、円柱の底面が液面から L のところまで沈み、一部が液面上に浮かんで静止した。ここで、大気密度は無視できるほど小さいものとする。

重力加速度の大きさを g 、円周率を π として、以下の問いに答えなさい。

問 1 円柱の密度が均一であるとしたとき、その密度 ρ を、 L と ρ_0 を含む式で答えなさい。

この円柱の上面に質量 m のおもりを静かに載せたところ、円柱は、その姿勢を維持しながら、さらに沈んで静止した。このとき、円柱の上部は、まだ液面から出ている状態とする。

問 2 円柱が、さらに沈んだ長さ x_0 を、 m と ρ_0 を含む式で答えなさい。

つぎに、円柱の上面に載せたおもりを急に取り去ると、円柱は鉛直方向に単振動を始めた。ここで、図 2 のように鉛直方向下向きに x 軸をとり、液面から下方 L の位置を原点に選ぶことにする。この原点は、おもりを載せる前の円柱の底面の位置である。なお、円柱の運動中、水そうの底面から液面までの高さの変化は無視できる。また、液体と円柱との間に、摩擦力ははたらかないものとする。

問 3 以下の問いに答えなさい。

- (1) 円柱の底面の変位が原点から x のときの加速度 a を、 L と x を含む式で答えなさい。
- (2) 円柱の単振動の周期 T を、 L を含む式で答えなさい。
- (3) 円柱の最大の速さ V を、 m 、 ρ_0 、 L を含む式で答えなさい。

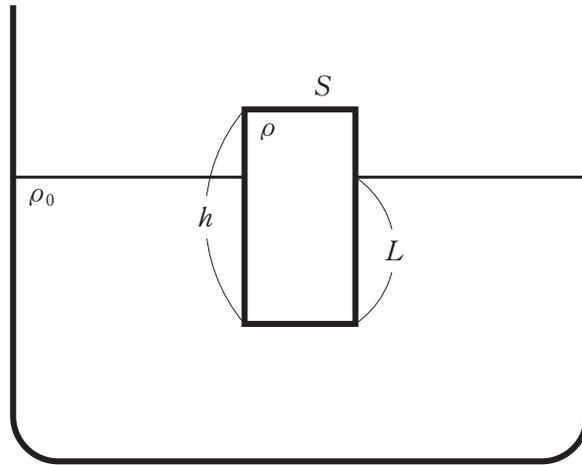


图 1

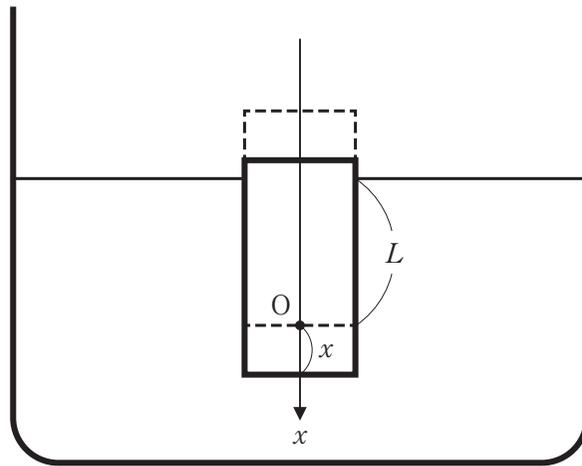


图 2

2 単原子分子の理想気体 1 mol に対して、図 1 に示す定圧変化(A → B)、定積変化(B → C)、等温変化(C → A)の 3 つの過程を繰り返して状態を変化させた。この一連の変化 A → B → C → A を熱機関のサイクルとみなして、以下の問いに答えなさい。ただし、状態 A の絶対温度を T とし、気体定数を R とする。

問 1 定圧変化(A → B)において熱機関の気体が外部に対してする仕事 W'_{AB} を求めなさい。

問 2 サイクルを 1 周するときの内部エネルギー変化 ΔU を求めなさい。

問 3 各状態変化において気体に加えられる熱量 Q の正負を答えなさい。ただし、熱機関の気体が熱を吸収する場合を正、気体が外部へ熱を放出する場合を負とし、熱の移動がない場合を 0 とする。

問 4 熱機関の気体が外部からされた仕事が外部へ熱としてすべて放出される過程を次の中から選び、理由とともに答えなさい。

ア：A → B, イ：B → C, ウ：C → A, エ：A → B → C, オ：B → C → A,
カ：そのような過程はない

問 5 このサイクルの体積と絶対温度の関係を示す図を作図しなさい。図には状態 A, B, C の点も示しなさい。

問 6 この熱機関の熱効率を e とする。等温変化(C → A)において気体が外部からされる仕事 W_{CA} を、 e , T , R を含む式で答えなさい。

問 7 冷蔵庫やクーラーなどは、低温物体から高温物体へ熱を移動させている。A → C → B → A のような逆向きのサイクルを考えると、1 サイクルの間に、外部からの仕事によって、低温物体から高温物体へと熱を移動できる。逆サイクル A → C → B → A において低温物体から熱を吸収する過程を、A → C, C → B, B → A の中からすべて選びなさい。

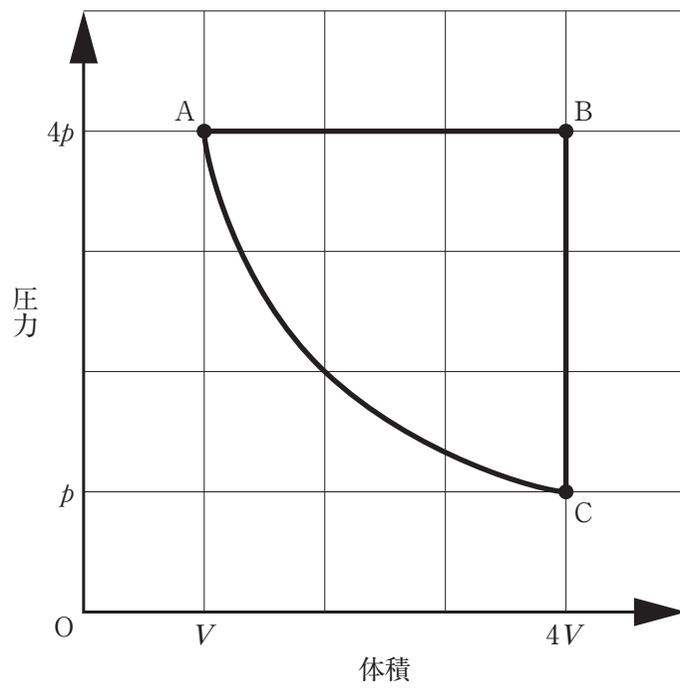


图 1

- 3** 加速度を電気的な信号として検出する加速度センサーには、加速度に応じて移動する電極の電位の変化を用いるものがある。このようなセンサーの原理を考えてみよう。

図1に示すように、静止したエレベーターの天井から、2つのばねでつるされた質量 m の薄い金属板 A がある。2つのばねのばね定数はそれぞれ k で等しく、自然の長さも等しい。金属板 A は静止しており、2つのばねはどちらも自然の長さから x_0 だけ伸びている。

つぎに、図2に示すように、間隔 d で金属板 A と平行になるように金属板 B と C をエレベーターに固定する。ここで、金属板はばねやエレベーターと電気的に絶縁されており、この時点では帯電していない。このように金属板を配置した後、電池を金属板 B と C に接続して、金属板 C を基準とした金属板 B の電位 V を一定に保持した。金属板はいずれも十分に広い面積 S をもち、平行板コンデンサーとして見たとき周辺部の影響は無視できるものとする。

ここで、図3に示すように、エレベーターを加速度 a で上方に加速し続けたところ、エレベーターの中にいる観測者には、金属板 A は、金属板 B と C の間にどちらも接することなく平行に動き、ばねが x_0 からさらに x だけ伸びた位置で力がつり合っているように見えた。このとき、金属板 C を基準とした金属板 A の電位は V_A となっていた。

エレベーター内の空間の誘電率を ϵ 、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えなさい。ばねの質量は無視でき、空気抵抗の影響も無視できるものとする。

- 問 1 ばねの伸び x を、加速度 a を含む式で答えなさい。
- 問 2 金属板 AB 間の静電容量 C_1 、金属板 AC 間の静電容量 C_2 を、ばねの伸び x を含む式で答えなさい。
- 問 3 金属板 A の電位 V_A を、金属板 B の電位 V とばねの伸び x を含む式で答えなさい。
- 問 4 加速度 a を、金属板 A の電位 V_A を含む式で答えなさい。

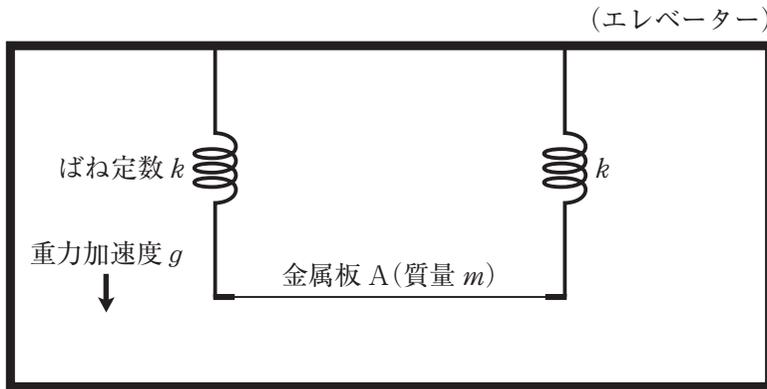


図 1

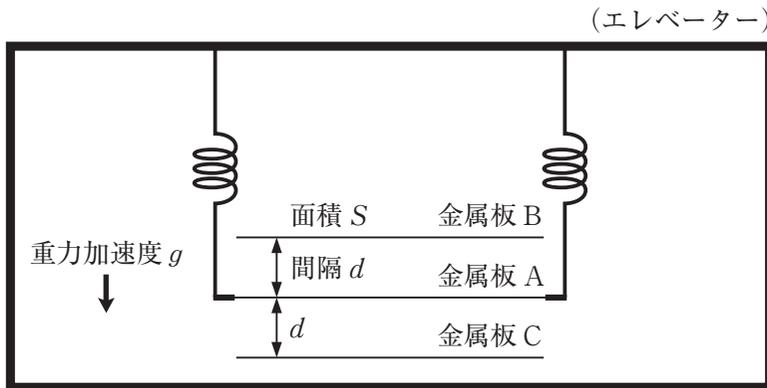


図 2

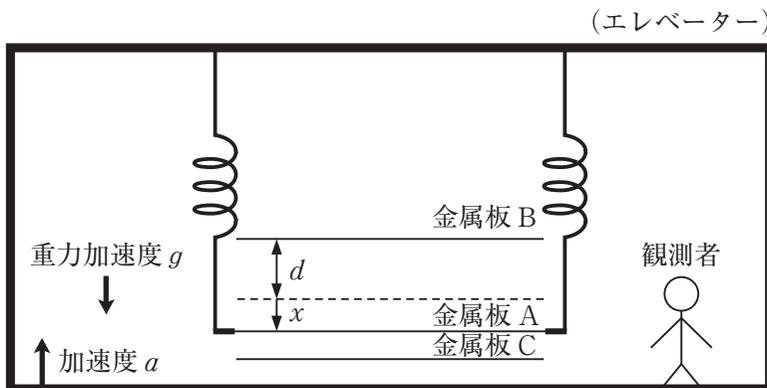


図 3