解答速報

福岡大学医学部　物理

2022年2月2日実施

〔Ⅰ〕

解答

(1)　〔4〕	(2)　〔2〕	(3)　〔4〕	(4)　〔3〕	(5)　〔1〕	(6)　〔1〕
(7)　〔3〕	(8)　〔3〕	(9)　〔2〕	(10)　〔2〕	(11)　〔1〕	(12)　〔1〕

解説

(1) $\boldsymbol{\dfrac{V}{L}}\cdots$〔**4**〕

(2) **逆**$\cdots$〔**2**〕

(3) $\boldsymbol{\dfrac{eV}{L}}\cdots$〔**4**〕

(4) $kv=\dfrac{eV}{L}$ より $v=\boldsymbol{\dfrac{eV}{kL}}\cdots$〔**3**〕

(5) 時間 t の間に断面 A を通過する立体の体積は vtS であり，その立体中に含まれる自由電子の数は $\boldsymbol{vtSn}\cdots$〔**1**〕

(6,7) (5) より $I=\boldsymbol{envS}\cdots$〔**1**〕である。また (4) の結果を代入して $I=en\dfrac{eV}{kL}\cdot S=\boldsymbol{\dfrac{e^2nS}{kL}}\times V\cdots$〔**3**〕

(8) $V=\dfrac{k}{e^2n}\cdot\dfrac{L}{S}I$ となるので求める抵抗率は $\boldsymbol{\dfrac{k}{e^2n}}\cdots$〔**3**〕

(9) **温度が上昇するにしたがい大きくなる**$\cdots$〔**2**〕

(10) 時間 t の間の移動距離は vt であるから求める仕事は $e\dfrac{V}{L}\cdot vt=\boldsymbol{\dfrac{evVt}{L}}\cdots$〔**2**〕

(11) 導体中のすべての自由電子の総数は SLn であるので，仕事の総和は，(6)(10) より

$SLn\cdot\dfrac{evVt}{L}=SneVvt=\boldsymbol{IVt}\cdots$〔**1**〕

(12) (11) の結果を t で割って $\boldsymbol{IV}\cdots$〔**1**〕

<次頁につづく>

〔II〕

解答

(1) 〔2〕	(2) 〔1〕	(3) 〔3〕	(4) 〔4〕	(5) 〔4〕	(6) 〔3〕
(7) 〔2〕	(8) 〔2〕	(9) 〔1〕	(10) 〔2〕	(11) 〔4〕	

解説

(1) おもりの質量を m とおく。ピストンにはたらく力のつりあいより $2p_0S = p_0S + mg$ を解いて
$m = \boldsymbol{\dfrac{p_0S}{g}} \cdots$〔**2**〕

(2) 求める高さを l_0 とおく。理想気体の状態方程式より $2p_0Sl_0 = nRT_0$ を解いて $l_0 = \boldsymbol{\dfrac{nRT_0}{2p_0S}} \cdots$〔**1**〕

(3) 単原子分子理想気体より $U = \boldsymbol{\dfrac{3}{2}nRT_0} \cdots$〔**3**〕

(4) 題意より断熱変化，すなわち気体の得た熱 $Q_{\mathrm{in}} = 0$ また，気体の内部エネルギーの合計が一定なので，内部エネルギーの変化 $\mathit{\Delta}U = 0$ したがって熱力学第一法則 $Q_{\mathrm{in}} = \mathit{\Delta}U + W_{\mathrm{out}}$ より $W_{\mathrm{out}} = \boldsymbol{0} \cdots$〔**4**〕
別解 気体はピストンなどを動かしていないので仕事をしていない。$\therefore W_{\mathrm{out}} = \boldsymbol{0}$

(5) 気体の内部エネルギーと温度は比例する。題意より内部エネルギーの合計が一定なので温度も一定。$\boldsymbol{T_0} \cdots$〔**4**〕

(6) 求める圧力を p_1 とおく。ボイルの法則より $2p_0V_0 = p_1(2V_0)$ を解いて $p_1 = \boldsymbol{p_0} \cdots$〔**3**〕

(7) コックを閉じた直後，AB は圧力，温度，体積が等しい。したがって物質量の比は 1 : 1 で B 内の気体の物質量は $\dfrac{n}{2}$ である。したがってコックを閉じた直後の B 内の気体の内部エネルギー $U_{\mathrm{B0}} = \dfrac{3}{2}\cdot\dfrac{n}{2}\cdot RT_0$ である。ここで求める気体の内部エネルギーを U_{B1} とする。定積変化で熱量 Q を与えたので熱力学第一法則より $Q = (U_{\mathrm{B1}} - U_{\mathrm{B0}}) + 0 \cdots$① を U_{B1} について解いて $U_{\mathrm{B1}} = U_{\mathrm{B0}} + Q = \boldsymbol{\dfrac{3nRT_0}{4} + Q} \cdots$〔**2**〕

(8) 求める温度変化を $\mathit{\Delta}T$ とおく。①式に $U_{\mathrm{B1}} - U_{\mathrm{B0}} = \dfrac{3}{2}\cdot\dfrac{n}{2}R\mathit{\Delta}T$ を代入して
$Q = \dfrac{3nR\mathit{\Delta}T}{4}$，$\therefore \mathit{\Delta}T = \boldsymbol{\dfrac{4Q}{3nR}} \cdots$〔**2**〕

(9) 求める温度を T_1 とおく。A と B 全体で，コックを閉める前からコックを開けて容器内が一様になるまでの間の変化を考えて，熱力学第一法則より $Q = \dfrac{3}{2}nR(T_1 - T_0) + 0 \cdots$(注) これを T_1 について解いて
$T_1 = \boldsymbol{T_0 + \dfrac{2Q}{3nR}} \cdots$〔**1**〕
(注) コックを閉める直前から熱量を与え，コックを開けて容器内が一様になるまでの間に気体はピストンなどを動かしていない。したがって気体のする仕事は 0 である。

(10) 求める圧力を p_2 とおく。理想気体の状態方程式より $p_2\cdot 2V_0 = nRT_1$ に (9) の結果を代入して p_2 について解くと $p_2 = \dfrac{nR}{2V_0}\left(\dfrac{2Q}{3nR} + T_0\right) \cdots$② ここで (2) より $Sl_0 = \dfrac{nRT_0}{2p_0}$ であり，題意より $Sl_0 = V_0$ なので，
$V_0 = \dfrac{nRT_0}{2p_0}$ を②式に代入して整理すると $p_2 = \boldsymbol{p_0 + \dfrac{2p_0Q}{3nRT_0}} \cdots$〔**2**〕

(11) ピストンの高さが変化しないので，ピストンにはたらく力のつりあいより $p_2S = p_0S + mg$ ここに (1) の結果を代入して $p_2 = 2p_0$ さらに (10) の結果を代入して Q について解くと $Q = \boldsymbol{\dfrac{3nRT_0}{2}} \cdots$〔**4**〕

＜次頁につづく＞

〔III〕

解答

(1) $v_0\sqrt{\frac{m}{k}}$　(2) $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　(3) $2mA = kx$

(4) $ma = -kx - mA$　(5) $2\pi\sqrt{\frac{2m}{3k}}$　(6) $\frac{v_0}{3}$

(7) $v_0\sqrt{\frac{2m}{3k}}$　(8) $v_0\cos\sqrt{\frac{3k}{2m}}t$　(9) $v_0\sqrt{\frac{2m}{3k}}\sin\sqrt{\frac{3k}{2m}}t$

解説

(1) 単振動の中心は，ばねが自然の長さにある位置で，その位置を通過するときが最大の速さ v_0 となっている。角振動数 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ なので，振幅を D とすると，$v_0 = D\omega$ より，$D = \boldsymbol{v_0\sqrt{\frac{m}{k}}}$

(2) 周期 T は，$T = \frac{2\pi}{\omega} = \boldsymbol{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$

(3) 水平方向において，台が受ける力は，ばねから受ける右向きの弾性力 kx のみである。したがって運動方程式は，$\boldsymbol{2mA = kx}$

(4) 台からみた場合，水平方向において，小球にはばねから受ける左向きの弾性力にくわえて，左向きの慣性力 mA もはたらく。したがって，運動方程式は，$\boldsymbol{ma = -kx - mA}$

(5) (3) の結果より，$A = \frac{k}{2m}x$ となり，これを (4) に代入すると，$a = -\frac{3k}{2m}x$ となる。これより台からみた小球の単振動の角振動数 ω' は $\omega' = \sqrt{\frac{3k}{2m}}$ となる。したがって，周期 T' は，$T' = \boldsymbol{2\pi\sqrt{\frac{2m}{3k}}}$

(6) ばねが最も縮んだとき，床からみた台と小球の速度は一致している。このときの速度を V とおくと，運動量保存則より，$mv_0 = (m + 2m)V$ となり，$V = \boldsymbol{\frac{v_0}{3}}$

(7) (5) の結果から，台からみた場合に，単振動の中心はばねが自然の長さにある位置 $(x = 0)$ であることがわかる。(1) と同様に考えて，振幅を D' とすると，$v_0 = D'\omega'$ より，$D' = \boldsymbol{v_0\sqrt{\frac{2m}{3k}}}$

(8) 時刻 $t = 0$ において，台からみた小球は，振動の中心 $x = 0$ から右向きに最大の速さ v_0 で振動を開始する。したがって，時刻 t における台からみた小球の速度 v は，$v = \boldsymbol{v_0\cos\sqrt{\frac{3k}{2m}}t}$

(9) (8) と同じく，時刻 t における台からみた小球の位置（ばねの縮み）x は，$x = \boldsymbol{v_0\sqrt{\frac{2m}{3k}}\sin\sqrt{\frac{3k}{2m}}t}$

＜次頁につづく＞

講評

〔Ｉ〕[電磁気：電流]（易）

典型問題であり，似たような問題を解いたことのある受験生は多いだろう。そうでなくとも，誘導にしっかり乗ることができれば解きやすい。

〔II〕[熱力学：気体の状態変化]（標準）

複雑な状態変化が無く，情報量がそこまで多くないため扱いやすいと感じる受験生は多いだろう。熱力学第一法則と状態方程式をしっかり使いこなすことができれば難なく解くことができる。

〔III〕[力学：ばねで力を及ぼしあう二体問題]（標準）

(i) は基本問題である。(ii) は 2 つの運動方程式から，台から見た小球の運動がわかるかどうかがポイントになる。慣性力を忘れないように気を付ける必要がある。(6) だけは視点が違う問題である。

総評

2021 年度よりやや易化した。複雑な計算を要求する問題が少なく，解答に時間がかかりにくいため，ほとんどの問題で正解することが求められる。目標は 85%