医学部進学予備校 メビオ 解答速報

近畿大学医学部(後期) 物理

2019年3月3日実施

I

略解

(1) $l_0+\dfrac{mg}{k}$

(2) $\dfrac{(mg)^2}{2k}$

(3) $l_0+\dfrac{m(g+a)}{k}$

(4) $\dfrac{ma}{k}$

(5) $y=\dfrac{ma}{k}\cos\sqrt{\dfrac{k}{m}}t$

(6) $\dfrac{3}{2}\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

(7) $2n\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

(8) $y=-2\dfrac{ma}{k}\cos\sqrt{\dfrac{k}{m}}(t-t_1)+\dfrac{ma}{k}$

(9) $\sqrt{\dfrac{k}{m}\left\{\left(\dfrac{ma}{k}\right)^2-y_1^2\right\}}$

(10) $\sqrt{2\dfrac{ma}{k}\left(\dfrac{ma}{k}-y_1\right)}$

解答

(1) ばねの自然長からの伸びを Δl とおくと，力のつりあいより，$k\Delta l=mg$. よってばねの長さは $l_0+\Delta l=l_0+\dfrac{mg}{k}$

(2) $\dfrac{1}{2}k\Delta l^2=\dfrac{(mg)^2}{2k}$

(3) 状態②ではエレベーター内の観測者から見ておもりにはたらく見かけの重力は $m(g+a)$ となる．このときの単振動の振動中心 $y=0$（つりあい位置）はばねが自然長から $\dfrac{m(g+a)}{k}$ 伸びた位置である．よって $y=0$ のときのばねの長さは $l_0+\dfrac{m(g+a)}{k}$ となる．

(4) $t=0$ でのおもりの位置が $y=\dfrac{ma}{k}$ で，速度が 0 であったので，振幅は $\dfrac{ma}{k}$.

(5) 振幅が $\dfrac{ma}{k}$，振動中心が $y=0$，$t=0$ でのおもりの位置が $y=\dfrac{ma}{k}$ なので，$y=\dfrac{ma}{k}\cos\sqrt{\dfrac{k}{m}}t$

(6) 2 回目に振動中心を通過する時刻なので，振動の周期を T とすると $\dfrac{3}{4}T=\dfrac{3}{2}\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

(7) 状態③からは振動中心がもとのつりあい位置 $(y=\dfrac{ma}{k})$ に変化する．状態②での振動の上端位置 $y=\dfrac{ma}{k}$ で状態③に切り替われば良いので $t_1=2n\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

＜次頁につづく＞

(8) 時刻 t_1 でおもりの位置が状態②の最下点なので，t_1 以降おもりは振幅が $2\dfrac{ma}{k}$，振動中心が $y=\dfrac{ma}{k}$ の単振動をする．よって $y=-2\dfrac{ma}{k}\cos\sqrt{\dfrac{k}{m}}(t-t_1)+\dfrac{ma}{k}$

(9) 求める速さを v_1 とおくと，状態②での単振動のエネルギー保存より $\dfrac{1}{2}k\left(\dfrac{ma}{k}\right)^2=\dfrac{1}{2}mv_1^2+\dfrac{1}{2}ky_1^2$ これより $v_1=\sqrt{\dfrac{k}{m}\left\{\left(\dfrac{ma}{k}\right)^2-y_1^2\right\}}$

(10) 求める振幅を A とおくと，状態③での単振動のエネルギー保存より $\dfrac{1}{2}mv_1^2+\dfrac{1}{2}k\left(\dfrac{ma}{k}-y_1\right)^2=\dfrac{1}{2}kA^2$ これより $A=\sqrt{2\dfrac{ma}{k}\left(\dfrac{ma}{k}-y_1\right)}$

＜次頁につづく＞

Ⅱ

略解

(1) $v_0 = \sqrt{\dfrac{2eV_0}{m}}$ [m/s]

(2) $\dfrac{l}{v_0}$ [s]

(3) $\sqrt{{v_0}^2 + \left(\dfrac{eVl}{mv_0 d}\right)^2}$

(4) $V < \dfrac{m}{e}\left(\dfrac{v_0 d}{l}\right)^2$

(5) ① : $\tan\theta = \dfrac{d}{l}$，② : $v_0\sqrt{1+\left(\dfrac{d}{l}\right)^2}$ [m/s]

(6) $+y$ 方向

(7) $\dfrac{V}{v_0 d}$ [T]

(8) ne [A]

解答

(1) エネルギー保存則より，$\dfrac{1}{2}m{v_0}^2 = eV_0 \quad \therefore v_0 = \sqrt{\dfrac{2eV_0}{m}}$ [m/s]

(2) x 軸方向は等速運動であるから，求める時間は $t = \dfrac{l}{v_0}$ [s]

(3) 電子の速度の x 成分は v_0 である．

また，電子の z 方向の加速度を a_z とすると，運動方程式より，$ma_z = e\dfrac{V}{d} \quad \therefore a_z = \dfrac{eV}{md}$

よって，$x = l$ [m] における電子の速度の z 成分は，$v_z = a_z t = \dfrac{eVl}{mdv_0}$

以上により，求める速さは $v = \sqrt{{v_0}^2 + \left(\dfrac{eVl}{mdv_0}\right)^2}$ [m/s]

(4) $x = l$ [m] における電子の z 座標は，$z = \dfrac{1}{2}a_z t^2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{eV}{md}\left(\dfrac{l}{v_0}\right)^2$

これが $\dfrac{d}{2}$ より小さければよいので，$\dfrac{eVl^2}{2md{v_0}^2} < \dfrac{d}{2} \quad \therefore V < \dfrac{md^2{v_0}^2}{el^2}$

(5) $\dfrac{1}{2}a_z t^2 = \dfrac{d}{2}$ より，$\dfrac{eVl^2}{2md{v_0}^2} = \dfrac{d}{2} \quad \therefore \dfrac{eVl}{md} = \dfrac{d}{l}{v_0}^2 \cdots\cdots ⊛$

① ⊛式より，$v_z = \dfrac{eVl}{mdv_0} = \dfrac{d}{l}v_0$ となるので，$\tan\theta = \dfrac{v_z}{v_x} = \dfrac{d}{l}$

② ⊛式を (3) の結果に代入すると，$v = v_0\sqrt{1+\left(\dfrac{d}{l}\right)^2}$ [m/s]

(6) 電子が電場から受ける力の向きは $+z$ 方向であるから，電子が磁場から受けるローレンツ力の向きは $-z$ でなければならない．よって，フレミングの左手の法則より，極板間に加えた磁場の向きは $+y$ 方向である．

(7) 電子にかかる力のつりあいより，$e\dfrac{V}{d} = ev_0 B \quad \therefore B = \dfrac{V}{v_0 d}$ [T]

(8) 単位時間に通過する電気量が電流値となるので，$I = ne$ [A]

＜次頁につづく＞

Ⅲ

略解

(1) $(a+1)R$　(2) $1+\dfrac{1}{a}$　(3) $\left(1+\dfrac{mg}{PS}\right)T$

(4) $amgl$　(5) $\left(\dfrac{3}{2}\right)^{\frac{1}{a}}T$　(6) $2T'$

(7) $U\left(\dfrac{T'}{T}-1\right)$　(8) $U\left(3\dfrac{T'}{T}-2\right)$

解答

(1) 定積モル比熱を C_V，定圧モル比熱を C_P とすると，マイヤーの関係式より，$C_P = C_V + R = (a+1)R$

(2) 比熱比は $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V} = 1 + \dfrac{1}{a}$

(3) A，B 内の気体の物質量を n，B 内の気体の圧力と絶対温度をそれぞれ P_{B}，T_{B} とすると，仕切りの壁についての力のつりあいより，$P_{\mathrm{B}}S = PS + mg \quad \therefore P_{\mathrm{B}} = P + \dfrac{mg}{S}$

A についての状態方程式より，$PSl = nRT \cdots$①

B についての状態方程式より，$\left(P + \dfrac{mg}{S}\right)Sl = nRT_{\mathrm{B}} \cdots$②

したがって，$T_{\mathrm{B}} = \left(1 + \dfrac{mg}{PS}\right)T$

(4) 定積変化なので気体 B は仕事をしない．求める熱量を Q とすると，熱力学第 1 法則より，

$Q = \mathit{\Delta} U = nC_V(T_{\mathrm{B}} - T) = naR\dfrac{mg}{PS}T = amgl$

(5) 断熱変化におけるポアソンの関係式 $PV^{\gamma} =$ 一定 より $PT^{\gamma-1} =$ 一定 が成り立つことを用いる．求める温度を T_{A} とすると，$T(Sl)^{\gamma-1} = T_{\mathrm{A}}\left(\dfrac{2}{3}Sl\right)^{\gamma-1} \quad \therefore T_{\mathrm{A}} = \left(\dfrac{3}{2}\right)^{\gamma-1}T = \left(\dfrac{3}{2}\right)^{\frac{1}{a}}T$

(6) A，B の圧力を P'，B の絶対温度を T_{B} とすると，A についての状態方程式より，$P'\left(\dfrac{2}{3}Sl\right) = nRT' \cdots$③

B についての状態方程式より，$P'\left(\dfrac{4}{3}Sl\right) = nRT_{\mathrm{B}} \cdots$④

③，④を解いて，$T_{\mathrm{B}} = 2T'$

(7) A は断熱変化である．求める仕事を W とすると，A についての熱力学第 1 法則より，

$0 = \mathit{\Delta} U + (-W) \quad \therefore W = \mathit{\Delta} U = n(aR)(T' - T) = U\left(\dfrac{T'}{T} - 1\right)$

(8) A，B 全体は仕事をしないので，A，B 全体の熱力学第 1 法則より，

$Q = n(aR)(2T' - T) + n(aR)(T' - T) = naR(3T' - 2T) = U\left(3\dfrac{T'}{T} - 2\right)$

<次頁につづく>

講評

Ⅰ［力学：慣性力・単振動］（標準）加速度が途中で変化するエレベーター内のおもりの単振動を扱う問題．加速度が変化する時点で，おもりの位置や速度，振動の中心などを正確に把握しなければならない．

Ⅱ［電磁気：電磁場中の荷電粒子の運動］（標準）トムソンの実験．典型的な設問であるが，(5) では使用できる文字指定に注意が必要である．

Ⅲ［熱力学：気体の状態変化］（標準）2 室の気体の状態変化を扱う問題．定積モル比熱・定圧モル比熱を指定された文字で扱っていかなくてはならない．(5) では断熱変化で成り立つポアソンの関係式が与えられていないので，覚えておく必要があった．

前年と比べてやや易化しており，標準的な典型問題が多かった．後期の倍率を考えると目標は，80%