久留米大学医学部 2018年度入学試験 解答速報 物理

2018年2月1日 実施

1

(1) $G\dfrac{Mm}{R^2}$ [N]　(2) $R\omega^2$ [m/s^2]　(3) (ウ)　(4) $2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{GM}}$ [s]　(5) $\dfrac{GMm}{2R}$ [J]

(6) $-\dfrac{GMm}{2R}$ [J]　(7) $\sqrt{2}$ 倍　(8) $\dfrac{1}{8}$ 倍　(9) $-\dfrac{GMm}{8R}$ [J]　(10) $\dfrac{4}{3}\sqrt{\dfrac{GM}{R}}$ [m/s]

解説

(3)　等速円運動をしているので，加速度の向きは円軌道の中心向きとなる

(4)　周期 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{GM}}$

(5)　運動エネルギー $K=\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{1}{2}m(r\omega)^2=\dfrac{GMm}{2R}$

(6)　力学的エネルギー $E=K+U=\dfrac{1}{2}mv^2+\left(-\dfrac{GMm}{R}\right)=-\dfrac{GMm}{2R}$

(7)　無限遠に飛び去るのは力学的エネルギーが 0 以上のときなので，力学的エネルギーが 0 となる速さを V として，

$$\frac{1}{2}mV^2+\left(-\frac{GMm}{R}\right)=0 \qquad \therefore V=\sqrt{\frac{2GM}{R}}=\sqrt{2}v$$

(8)　面積速度一定の法則より $\dfrac{1}{2}8Rv_{\mathrm{B}}=\dfrac{1}{2}Rv_{\mathrm{A}}$　　$\therefore \dfrac{v_{\mathrm{B}}}{v_{\mathrm{A}}}=\dfrac{1}{8}$

(10)　力学的エネルギー保存の法則 $\dfrac{1}{2}m{v_{\mathrm{B}}}^2+\left(-\dfrac{GMm}{8R}\right)=\dfrac{1}{2}m{v_{\mathrm{A}}}^2+\left(-\dfrac{GMm}{R}\right)$ と，面積速度一定の法則から v_{B} を消去して，$v_{\mathrm{A}}=\dfrac{4}{3}\sqrt{\dfrac{GM}{R}}$

$\boxed{\mathbf{2}}$

(1) $2T_0$ [K]　　(2) $\sqrt{2}$ 倍　　(3) $3V_0$ [m^3]

(4) $\Delta U_{\mathrm{I}} = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]　$\Delta U_{\mathrm{II}} = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]　$\Delta U_{\mathrm{III}} = -3p_0V_0$ [J]

(5) $W_{\mathrm{I}} = 0$ [J]　$W_{\mathrm{II}} = 3p_0V_0$ [J]　$W_{\mathrm{III}} = -2p_0V_0$ [J]

(6) $Q_{\mathrm{I}} = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]　$Q_{\mathrm{II}} = \frac{9}{2}p_0V_0$ [J]　$Q_{\mathrm{III}} = -5p_0V_0$ [J]

(7) $\frac{1}{6}$　　(8) (エ)

解説

(1) 状態 A と B についてのボイル・シャルルの法則より，$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{2p_0V_0}{T_{\mathrm{B}}}$　$\therefore T_{\mathrm{B}} = 2T_0$ [K]

(2) $\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}kT$ より，2 乗平均速度は絶対温度の平方根に比例するので，

$$\frac{\sqrt{\overline{{v_{\mathrm{B}}}^2}}}{\sqrt{\overline{{v_{\mathrm{A}}}^2}}} = \sqrt{\frac{T_{\mathrm{B}}}{T_0}} = \sqrt{2} \text{ 倍}$$

(3) 状態 A と C についてのシャルルの法則より，$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_{\mathrm{C}}}{3T_0}$　$\therefore V_{\mathrm{C}} = 3V_0$ [m^3]

(4) 過程 I : $\Delta U_{\mathrm{I}} = \frac{3}{2}R(T_{\mathrm{B}} - T_0) = \frac{3}{2}RT_0 = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]

過程 II : $\Delta U_{\mathrm{II}} = \frac{3}{2}R(3T_0 - T_{\mathrm{B}}) = \frac{3}{2}RT_0 = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]

過程 III : $\Delta U_{\mathrm{III}} = \frac{3}{2}R(T_0 - 3T_0) = -3RT_0 = -3p_0V_0$ [J]

(5) $P-V$ 図の面積を考える．

過程 I : $W_{\mathrm{I}} = 0$

過程 II : $W_{\mathrm{II}} = \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0)(3V_0 - V_0) = 3p_0V_0$ [J]

過程 III : $W_{\mathrm{III}} = p_0(V_0 - 3V_0) = -2p_0V_0$ [J]

(6) 加えられた熱量を Q，気体がした仕事を W とすると，熱力学第 1 法則より $Q = \Delta U + W$ が成り立つ．

過程 I : $Q_{\mathrm{I}} = \Delta U_{\mathrm{I}} + W_{\mathrm{I}} = \frac{3}{2}p_0V_0$ [J]

過程 II : $Q_{\mathrm{II}} = \Delta U_{\mathrm{II}} + W_{\mathrm{II}} = \frac{9}{2}p_0V_0$ [J]

過程 III : $Q_{\mathrm{III}} = \Delta U_{\mathrm{III}} + W_{\mathrm{III}} = -5p_0V_0$ [J]

(7) 熱効率は，$e = \frac{W_{\mathrm{I}} + W_{\mathrm{II}} + W_{\mathrm{III}}}{Q_{\mathrm{I}} + Q_{\mathrm{II}}} = \frac{p_0V_0}{6p_0V_0} = \frac{1}{6}$

(8) 圧力が $\frac{5}{4}p_0$ の時に，気体の内部エネルギーが最大となる．つまり，この時に温度も最大となる．したがって，気体の温度は上がってから下がる．選択肢は (エ)

$\boxed{\mathbf{3}}$ (1) eV [J] (2) $\sqrt{\dfrac{2eV}{m}}$ [m/s] (3) ローレンツ力，$\sqrt{\dfrac{2e^3V}{m}}\cdot B$ [N] (4) 0

(5) $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2mV}{e}}$ [m] (6) $\dfrac{\pi m}{4eB}$ [s] (7) $\dfrac{1}{a}\sqrt{\dfrac{2mV}{e}}$ [T] (8) $\sqrt{\dfrac{2eV}{m}}\cdot B$ [V/m]

解説

(1) 電子 (電荷の大きさ e) が電圧 V で加速されたので，eV [J]

(2) 求める速さを v とおくと，力学的エネルギー保存則より，$\dfrac{1}{2}mv^2 = eV$

よって，$v = \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}$ [m/s]

(3) ローレンツ力の向きは，フレミングの左手の法則や，右ネジの法則などを用いて決めると良い．負電荷の場合は間違え易いので気をつけること．大きさは，$evB = \sqrt{\dfrac{2e^3V}{m}}\cdot B$ [N]

(4) 静磁場による力 (ローレンツ力) は仕事をしないので 0.

(5) 半径を r とおくと，運動方程式は $m\dfrac{v^2}{r} = evB$,

$r = \dfrac{mv}{eB} = \dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2mV}{e}}$ [m]

(6) 円運動をするので, 中心角 45° の円弧を回転する時間は $\dfrac{1}{8}$ 周期．周期は, $T = \dfrac{2\pi r}{v} = 2\pi\dfrac{m}{eB}$ とかけるので，$\dfrac{T}{8} = \dfrac{\pi m}{4eB}$ [s]

(7) スクリーン到達する限界のとき，$r = a$ であるから，(5) の結果より，$a = \dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2mV}{e}}$

$B = \dfrac{1}{a}\sqrt{\dfrac{2mV}{e}}$

(8) このとき，ローレンツ力とクーロン力がつりあって，等速直線運動している場合を考える．求める電場の大きさを E とおくと，$evB = eE$ より，$E = vB = \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}\cdot B$ [V/m]

講評

$\boxed{1}$ ［力学 : 万有引力］（標準）万有引力の標準的な問題．前半は易しい．後半も，楕円運動の扱いがきちんと分かっていれば完答できる．

$\boxed{2}$ ［熱力学 : 熱サイクル］（標準）熱サイクルの標準的な問題．$P-V$ 図において過程 III の傾き負の直線が断熱曲線と接していると難しくなるが，今回は接していないので扱いは易しい．ただし，断熱曲線が接しているかどうかを確かめようと思った学生は，かえって時間をロスした可能性がある．

$\boxed{3}$ ［電磁気学 : 荷電粒子の運動］（標準）荷電粒子の運動の標準的な問題．幾何的な扱いも容易な問いが多く，この問いも完答しておきたい．

昨年度と同程度の難易度，目標は 85%