医学部進学予備校 メビオ × 医学部専門予備校 YMS 医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

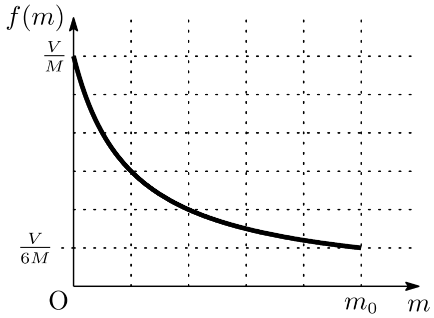
近畿大学医学部（推薦）　物理

2023年11月19日実施

I -A

解答

1	$(M+m_0-\Delta m_1)\Delta v_1$	2	$\dfrac{V}{M+m_0}\Delta m_1$
3	$\Delta m_2\,(V-\Delta v_1-\Delta v_2)$	4	$\dfrac{V}{M+m_0-\Delta m_1}\Delta m_2$
5	$\dfrac{V}{M+m_{n-1}}$	6	下図参照
ア	増加	イ	減少
7	$\dfrac{M+m_i}{V}(g+g_0)$	あ	2×10^3



解説

1　時刻 $t=0$ から時刻 $t=\Delta t$ の運動量保存則より，

$$0=\Delta m_1(-V+\Delta v_1)+(M+m_0-\Delta m_1)\Delta v_1 \qquad \therefore\ \boldsymbol{(M+m_0-\Delta m_1)\Delta v_1}$$

2　1 の運動量保存則を Δv_1 について解くと，

$$\Delta v_1=\boldsymbol{\frac{V}{M+m_0}\Delta m_1}$$

3　時刻 $t=\Delta t$ から時刻 $t=2\Delta t$ の運動量保存則より，

$$(M+m_0-\Delta m_1)\Delta v_1=(M+m_0-\Delta m_1-\Delta m_2)(\Delta v_1+\Delta v_2)+\Delta m_2(-V+\Delta v_1+\Delta v_2) \qquad \therefore\ \boldsymbol{\Delta m_2\,(V-\Delta v_1-\Delta v_2)}$$

4　3 の運動量保存則を Δv_2 について解くと，

$$\Delta v_2=\boldsymbol{\frac{V}{M+m_0-\Delta m_1}\Delta m_2}$$

＜次頁につづく＞

$\boxed{5}$ 時刻 $t=t_{n-1}$ から時刻 $t=t_n$ の運動量保存則より，

$$(M+m_{n-1})\sum_{k=1}^{n-1}\mathit{\Delta}v_k=(M+m_{n-1}-\mathit{\Delta}m_n)\sum_{k=1}^{n}\mathit{\Delta}v_k+\mathit{\Delta}m_n\left(-V+\sum_{k=1}^{n}\mathit{\Delta}v_k\right)$$

$$\Longleftrightarrow \mathit{\Delta}m_nV=(M+m_{n-1})\left(\sum_{k=1}^{n}\mathit{\Delta}v_k-\sum_{k=1}^{n-1}\mathit{\Delta}v_k\right)$$

$$\therefore \mathit{\Delta}v_n=\frac{V}{M+m_{n-1}}\mathit{\Delta}m_n$$

したがって，

$$f(m_{n-1})=\boldsymbol{\frac{V}{M+m_{n-1}}}$$

$\boxed{6}$ 上記の式をグラフに表す．

$\boxed{ア}$ m_0 が大きいほどたくさんの燃料を用いて加速することになるので，v_f の大きさは **増加** する．

$\boxed{イ}$ M が大きいほど重たいロケットを加速することになるので，v_f の大きさは **減少** する．

【参考】v_f は関数 $f(m)$ の $0<m\leqq m_0$ の範囲における面積である．M，V を与えて m_0 を大きくすると，関数形はそのままで積分区間が広くなるので面積は大きくなる．すなわち，v_f の大きさは増加する．また，V，m_0 を与えて M を大きくすると，積分区間はそのままで関数形が全体的に m 軸に近づくので面積は小さくなる．すなわち，v_f の大きさは減少する．

$\boxed{7}$ $\boxed{5}$ の結果より，

$$\frac{\mathit{\Delta}v}{\mathit{\Delta}t}=\frac{V}{M+m_i}\frac{\mathit{\Delta}m}{\mathit{\Delta}t}$$

したがって，$\dfrac{\mathit{\Delta}v}{\mathit{\Delta}t}=g+g_0$，$\dfrac{\mathit{\Delta}m}{\mathit{\Delta}t}=\alpha$ であることから，

$$\alpha=\boldsymbol{\frac{M+m_i}{V}(g+g_0)}$$

$\boxed{あ}$ $\boxed{7}$ の結果に数値を代入すると，

$$\alpha=\frac{5.0\times10^5}{3.0\times10^3}\times(9.8+2.0)\fallingdotseq \boldsymbol{2\times10^3}\ \text{〔kg/s〕}$$

＜次頁につづく＞

I -B

解答

8	$\sqrt{\dfrac{2q\Delta V}{m_q}}$	ウ	加速	エ	減速
9	$\sqrt{\dfrac{2qV_{\mathrm{A}}}{m_q}}$	10	qn_qS	11	n_qSqV_{A}

解説

8　P を出発したときの正イオン粒子の運動エネルギーは 0 とみなせるので，力学的エネルギー保存則 $q\Delta V = \dfrac{1}{2}m{v_q}^2$ より，

$v_q = \sqrt{\dfrac{\boldsymbol{2q\Delta V}}{\boldsymbol{m_q}}}$〔m/s〕

ウ　AB 間の電場は A → B の向きなので，正イオン粒子は **加速** される．

エ　BC 間の電場は C → B の向きなので，正イオン粒子は **減速** される．

9　AC 間の電位差は V_{A} なので，空欄 8 の解答で $\Delta V = V_{\mathrm{A}}$ として，$v_{\mathrm{C}} = \sqrt{\dfrac{\boldsymbol{2qV_{\mathrm{A}}}}{\boldsymbol{m_q}}}$〔m/s〕

10　導線中を流れる電流の場合と同様に考える．C を単位時間当たりに通過する正イオン粒子の数は $N = nSv_{\mathrm{C}}$ なので，

$I = qN = v_{\mathrm{C}} \times \boldsymbol{qn_qS}$〔A〕

11　問われている電力 $P = N \times qV_{\mathrm{A}} = v_{\mathrm{C}} \times \boldsymbol{n_qSqV_{\mathrm{A}}}$〔W〕

＜次頁につづく＞

I -C

解答

12 $\left(\dfrac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$　13 $-\dfrac{gR^2}{2L}$　14 $-\dfrac{gR^2}{20L}$

15 $\dfrac{9}{20LP}$　い 3×10^6

解説

以下，万有引力定数を G，地球の質量を $M_{\rm E}$ とする．$g=\dfrac{GM_{\rm E}}{R^2}$ の関係がある．

12 探査機 X の円運動の速さを v として，等速円運動の運動方程式 $M_{\rm R}\dfrac{v^2}{L}=\dfrac{GM_{\rm E}M_{\rm R}}{L^2}$ より，$v=\sqrt{\dfrac{GM_{\rm E}}{L}}$.

$$T^2=\left(\frac{2\pi L}{v}\right)^2=\frac{4\pi^2L^3}{GM_{\rm E}}=\frac{4\pi^2L^3}{gR^2}\quad\therefore L=\boldsymbol{\left(\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}}\text{〔m〕}$$

13 前問の運動方程式より $\dfrac{1}{2}M_{\rm R}v^2=\dfrac{GM_{\rm E}M_{\rm R}}{2L}$ となる．

力学的エネルギー $E_{\rm A}=\dfrac{1}{2}M_{\rm R}v^2+\left(-\dfrac{GM_{\rm E}M_{\rm R}}{L}\right)=-\dfrac{GM_{\rm E}M_{\rm R}}{2L}=\boldsymbol{-\dfrac{gR^2}{2L}}\times M_{\rm R}$〔J〕

14 前問の L を $10L$ で置き換えて，$E_{\rm B}=\boldsymbol{-\dfrac{gR^2}{20L}}\times M_{\rm R}$〔J〕

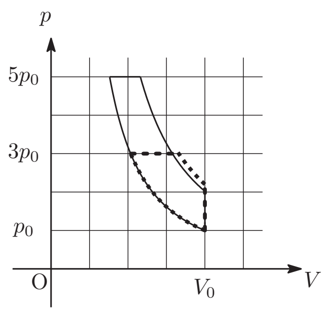
15 $P\cdot t_{\rm AB}=E_{\rm B}-E_{\rm A}$ より，$t_{\rm AB}=\dfrac{E_{\rm B}-E_{\rm A}}{P}=\boldsymbol{\dfrac{9}{20LP}}\times gR^2M_{\rm R}$〔s〕

い 上式に それぞれ与えられた数値を代入して計算をおこなうと $\boldsymbol{3\times 10^6}$〔s〕

II

解答

1	$(x-1)p_0A_0$	2	$x^{(\gamma-1)/\gamma}$	3	$x^{-(\gamma-1)/\gamma}\varDelta T$
4	β	5	β^γ	6	$\dfrac{\beta^\gamma-1}{\beta-1}$
7	$\dfrac{x+y-1}{y}$	8	$\varDelta T$	9	$\left(\dfrac{x+y-1}{y}\right)^{-(\gamma-1)/\gamma}\varDelta T$
10	下図	ア	$>$	イ	$<$



解説

以下では，状態 n $(n=1,\ 2,\ \cdots,\ 6)$ の状態量 X を X_n の形で表す．

$\boxed{1}$　求める外力の大きさを F とする．ピストンについての力のつりあいより

$$xp_0A_0=p_0A_0+F$$

となるから，　$F=\boldsymbol{(x-1)p_0A_0}$

$\boxed{2}$　ポアソンの法則とボイル・シャルルの法則より

$$p_0{V_0}^\gamma=xp_0{V_1}^\gamma$$

$$\frac{p_0V_0}{T_0}=\frac{xp_0V_1}{T_1}$$

となる．これらより $T_1=\boldsymbol{x^{(\gamma-1)/\gamma}}\times T_0$

$\boxed{3}$　シャルルの法則より

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{\beta V_1}{T_1+\varDelta T}$$

となる．これより $\beta=1+\boldsymbol{x^{-(\gamma-1)/\gamma}\varDelta T}\times\dfrac{1}{T_0}$

$\boxed{4}$　シャルルの法則より

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{\beta V_1}{T_2}$$

となる．これより $T_2=\boldsymbol{\beta}\times T_1$

$\boxed{5}$　断熱変化について，ポアソンの法則とボイル・シャルルの法則より $TV^{\gamma-1}=$ 一定 が成り立つ．よって状態 2 から状態 3 への変化について

$$\beta x^{(\gamma-1)/\gamma}T_0(\beta x^{-1/\gamma}V_0)^{\gamma-1}=T_3{V_0}^{\gamma-1}$$

となる．これより $T_3=\boldsymbol{\beta^\gamma}\times T_0$

＜次頁につづく＞

$\boxed{6}$ 式 (1)〜(3) を式 (4) に代入して e_A について整理すると

$$e_A = 1 - \frac{1}{\gamma \times x^{(\gamma-1)/\gamma}} \times \frac{\boldsymbol{\beta^{\gamma} - 1}}{\boldsymbol{\beta - 1}}$$

となる．

$\boxed{7}$ 求める圧力を p_4 とする．ピストンについての力のつりあいより

$$p_4 y A_0 = p_0 y A_0 + (x-1) p_0 A_0$$

となる．これより $p_4 = \left(\dfrac{\boldsymbol{x+y-1}}{\boldsymbol{y}}\right) \times p_0$

$\boxed{8}$ 定圧変化において，気体が吸収する熱量と内部エネルギーの変化の比は一定である．状態 1 から状態 2 の変化と，状態 4 から状態 5 の変化は吸収する熱量が等しいので，内部エネルギーの変化も等しい．熱機関 A と熱機関 B の気体の物質量は等しいから，温度の変化も等しい．よって求める温度変化の大きさは $\boldsymbol{\Delta T}$

$\boxed{9}$ $z = \dfrac{p_4}{p_0} = \dfrac{x+y-1}{y}$ とおく．ポアソンの法則より

$$p_0 {V_0}^{\gamma} = z p_0 {V_4}^{\gamma}$$

となるので $V_4 = z^{-1/\gamma} V_0$ となる．またボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{z p_0 z^{-1/\gamma} V_0}{T_4}$$

となるので $T_4 = z^{(\gamma-1)/\gamma} T_0$ となる．またシャルルの法則より

$$\frac{V_4}{T_4} = \frac{\beta' V_4}{T_4 + \Delta T}$$

となるから

$$\beta' = 1 + \frac{\Delta T}{T_4} = 1 + \left(\frac{\boldsymbol{x+y-1}}{\boldsymbol{y}}\right)^{\boldsymbol{-(\gamma-1)/\gamma}} \boldsymbol{\Delta T} \times \frac{1}{T_0}$$

$\boxed{ア}$ ， $\boxed{イ}$ $\beta = 1 + 3^{-2/5}$ ， $\beta' = 1 + 5^{-2/5}$ となるので $\beta > \beta'$ である．また $\boxed{5}$ と同様にすると $T_6 = \beta'^{\gamma} \times T_0$ となるので，$T_3 = \beta^{\gamma} \times T_0$ より $T_6 \boxed{<} T_3$

$$e_A = 1 - \frac{T_3 - T_0}{\gamma(T_2 - T_1)} = 1 - \frac{T_3 - T_0}{\gamma \Delta T}$$

$$e_B = 1 - \frac{T_6 - T_0}{\gamma(T_5 - T_4)} = 1 - \frac{T_6 - T_0}{\gamma \Delta T}$$

となり，これらの大小関係は T_3 と T_6 の大小関係よりわかることに注意する．$T_6 < T_3$ であるから $e_B \boxed{>} e_A$

$\boxed{10}$ 厳密に数値計算を行うことも不可能ではないが，試験中に実行することは困難だと考えられる．「 $p_4 = p_5 = 5p_0$ ， $T_6 < T_3$ となること」，「状態 0 から状態 1 のグラフと状態 0 から状態 4 のグラフが重なること」，「状態 5 から状態 6 のグラフは状態 2 から状態 3 のグラフの下を通ること」に注意して描けていれば十分ではないかと思われる．

<次頁につづく>

講評

Ⅰ-A　［力学：ロケットの推進原理］（やや難）

文字が多く，計算が煩雑になり易い．空欄 3，4 は誘導にのらずに，空欄 1，2 と同じ考え方をした方が速い．空欄 5 以降を答えるのはかなり難しいだろう．

Ⅰ-B　［電磁気：イオンエンジン］（標準）

空欄 9 が答えられれば最後まで答えることが可能．できれば完答したい．

Ⅰ-C　［力学：万有引力］（標準）

万有引力による円運動の力学的エネルギーが，位置エネルギーの 1/2 になることが導ければ最後まで答えることが可能．できれば完答したい．

Ⅱ　［熱：熱機関］（やや難）

熱機関の問題．与えられたサイクルはディーゼルサイクルと呼ばれているサイクル．締め切り比という値が出てきて驚いた受験者も多かったことだろう．空欄 7 まで答えられれば十分だろう．空欄 8 以降は難しい．

総じて，2023 年度よりも難化．例年大問 3 問の形式だったが，2024 年度は大問 2 問の形式．全て空所補充式．ただし，大問Ⅰは，A〜C の 3 つのテーマに分かれており，実質大問が 4 題が出題されたとも言える．2021 年度以降空所補充の形式が続いている．例年通り，グラフを描く問題が出題されたが，今回は 2 問．

空所の総数は 33 問で 2023 年度より 2 つ多いがほぼ例年通り．Ⅰ-A に時間をかけすぎてしまうと全ての問題に手をつけるのは厳しい．Ⅰ-A 後半や，Ⅱの後半のように計算に時間がかかる問題を上手く飛ばすことができたとして，上限は 7 割程度だろう．目標は，55%