2025年度　私大医学部入試

解答速報

2025年2月6日　実施

聖マリアンナ医科大学

一般 前期　物 理

（制限時間　理科2科150分）

医学部専門予備校 D組

解　答

第1問

〔1〕① 1.4×10^{4}　② 9.8　③ 6.9×10^{-1}

〔2〕④ 4.0　⑤ 20　⑥ 12

〔3〕⑦ 798　⑧ 882　⑨ 840

〔4〕⑩ 2×10^{-19}　⑪ 2×10^{8}　⑫ 2×10^{-15}

第2問

〔1〕① $T-m_1g$　② m_2g-T　③ 9.8×10^{-1}

④ 97

〔2〕⑤ $(m_1+m_2)A=F-(m_1+m_2)g$　⑥ 0

〔3〕⑦ 98　⑧ $m_1A_1=T-m_1g$　⑨ $m_2A_2=T-m_2g$

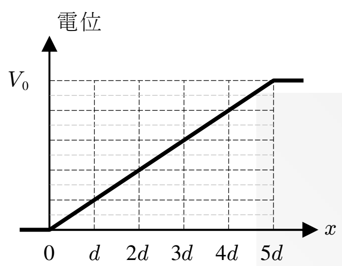
⑩ 1.1　⑪ -0.89　（あ）上向き　（い）　下向き

⑫ $A-a$　⑬ 9.9×10^{-2}　⑭ 9.9×10^{-1}

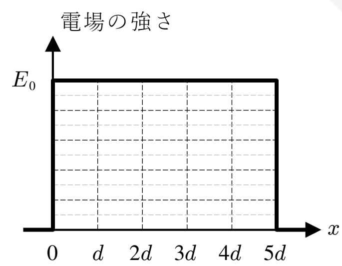
第3問

〔1〕 $\dfrac{\varepsilon S}{5d}$　〔2〕 $\dfrac{\varepsilon SV_0}{5d}$　〔3〕 $\dfrac{V_0}{5d}$

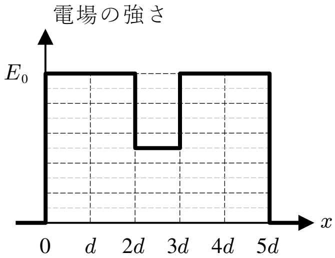
〔4〕



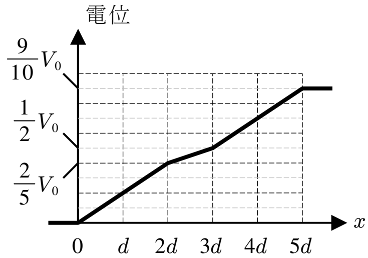
〔5〕



〔6〕



〔7〕



〔8〕 $\dfrac{2\varepsilon S}{9d}$　　〔9〕 $\dfrac{2V_0}{9d}$

〔10〕点 b ： $\dfrac{5}{9}V_0$,　　点 c ： $\dfrac{4}{9}V_0$

第４問

〔1〕① (カ)　② (ア)　〔2〕(ケ)

〔3〕 $\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{L-a}=\dfrac{1}{f}$　〔4〕 $\dfrac{L-a}{a}$

〔5〕③ (カ)　④ (ア)　〔6〕 $\left(\dfrac{a}{L-a}\right)^2$ 倍

〔7〕 $L>2f$

〔8〕⑤ (カ)　⑥ (ア)　〔9〕 $c=2f$

〔10〕⑦ (ウ)　⑧ (オ)　〔11〕 $\dfrac{m-1}{m}f$

第５問

〔1〕① 反比例　② 比例　③ $\dfrac{T}{P}$

④ nRT　⑤ 状態方程式　⑥ 気体定数

⑦ $AnR\Delta T+W$　⑧ $AR+\dfrac{W}{n\Delta T}$　⑨ 0

⑩ AR　⑪ $nR\Delta T$　⑫ $(A+1)R$

〔2〕体積： m^3,　圧力： $\mathrm{kg/m{\cdot}s^2}$,　エネルギー： $\mathrm{kg{\cdot}m^2/s^2}$

〔3〕運動エネルギー：(イ),　位置エネルギー：(エ)

〔4〕A：(ニ),　B：(チ),　C：(ハ),　D：(ト)

〔5〕温度上昇のみならず膨張にも熱を要するため，膨張しない定積変化よりモル比熱は大きい。

解　説

第１問

〔1〕弾性力の大きさを$F=100\,\mathrm{N}$，ばねの伸びを$x=7.0\,\mathrm{mm}$とすると，フックの法則から，ばね定数kは，

$$k=\frac{F}{x}=\frac{100\,\mathrm{N}}{7.0\,\mathrm{mm}}\fallingdotseq \underbrace{1.4\times10^{4}}_{①}\ \mathrm{N/m}$$

と表せる。このばねに$F'=140\,\mathrm{N}$の力を加えるということは弾性力の大きさが1.4倍となるということ。すなわち，ばねの伸びも1.4倍の$x'=7.0\,\mathrm{mm}\cdot1.4=\underbrace{9.8}_{②}\ \mathrm{mm}$となる。このとき，ばねに蓄えられた弾性エネルギー$U'$は，

$$U'=\frac{1}{2}kx'^{2}=\frac{1}{2}\cdot kx'\cdot x'=\frac{1}{2}\cdot140\,\mathrm{N}\cdot9.8\,\mathrm{mm}\fallingdotseq\underbrace{6.9\times10^{-1}}_{③}\ \mathrm{J}$$

〔2〕十分に長い直線電流$I=0.628\,\mathrm{A}$から距離$a=0.025\,\mathrm{m}$離れた点での磁場の強さHは，

$$H=\frac{I}{2\pi a}=\frac{0.628\,\mathrm{A}}{2\cdot3.14\cdot0.025\,\mathrm{m}}=\underbrace{4.0}_{④}\ \mathrm{A/m}$$

半径$a'=0.010\,\mathrm{m}$の円形電流$I'=0.40\,\mathrm{A}$が中心に起こす磁場の強さH'は，

$$H'=\frac{I'}{2a'}=\frac{0.40\,\mathrm{A}}{2\cdot0.010\,\mathrm{m}}=\underbrace{20}_{⑤}\ \mathrm{A/m}$$

電流が0.030 A流れた，巻き数$N=100$，長さ$\ell=0.25\,\mathrm{m}$のソレノイド内部の磁場の強さH''は，

$$H''=\frac{NI}{\ell}=\frac{100\cdot0.030\,\mathrm{A}}{0.25\,\mathrm{m}}=\underbrace{12}_{⑥}\ \mathrm{A/m}$$

〔3〕ドップラー効果の式を適用するだけの問題である。以下「静止している」を「静」，「遠ざかる」および「近づく」を「遠」，「近」でそれぞれ表す。

観測者静，音源17.0 m/s遠：$\dfrac{340\,\mathrm{m/s}-17.0\,\mathrm{m/s}}{340\,\mathrm{m/s}}\cdot840\,\mathrm{Hz}=\underbrace{798}_{⑦}\ \mathrm{Hz}$

観測者静，音源17.0 m/s近：$\dfrac{340\,\mathrm{m/s}+17.0\,\mathrm{m/s}}{340\,\mathrm{m/s}}\cdot840\,\mathrm{Hz}=\underbrace{882}_{⑧}\ \mathrm{Hz}$

観測者17.0 m/s近，音源17.0 m/s遠：$\dfrac{340\,\mathrm{m/s}-17.0\,\mathrm{m/s}}{340\,\mathrm{m/s}-17.0\,\mathrm{m/s}}\cdot840\,\mathrm{Hz}=\underbrace{840}_{⑨}\ \mathrm{Hz}$

〔4〕電気素量が$e=2\times10^{-19}\,\mathrm{C}$ならば，電子ボルトの定義より$1\,\mathrm{eV}=\underbrace{2\times10^{-19}}_{⑩}\ \mathrm{J}$である。電子ボルトを用いると陽子や電子は加速電圧がそのまままされた仕事となるため，加速電圧$V=2\times10^{8}\,\mathrm{V}$で陽子が得た運動エネルギーは$\underbrace{2\times10^{8}}_{⑪}\ \mathrm{eV}$である。質量

$m = 2\times10^{-27}$ kg の陽子の運動エネルギーは，運動量の大きさ p を用いて $\dfrac{p^2}{2m}$ と表せるため，

加速におけるエネルギー収支：$\dfrac{p^2}{2m} = eV$　　∴　$p = \sqrt{2meV}$

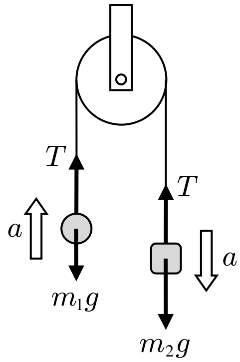
ゆえに物質波の波長 λ は，プランク定数を $h = 7\times10^{-34}$ J･s として，

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{7\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}}{\sqrt{2\cdot 2\times10^{-27}\ \mathrm{kg}\cdot 2\times10^{-19}\ \mathrm{C}\cdot 2\times10^{8}\ \mathrm{V}}}$$

$$= \underbrace{2\times10^{-15}}_{⑫}\ \mathrm{m}$$

第2問

〔1〕物体 1，2 にはたらく力は右図の通り。物体 1 の運動方程式は鉛直上向きを正，物体 2 の運動方程式は鉛直下向きを正とすることに注意して，



物体 1 の運動方程式：$m_1a = \underbrace{T - m_1g}_{\text{①}}$

物体 2 の運動方程式：$m_2a = \underbrace{m_2g - T}_{\text{②}}$

を得る。辺々足して，

$$(m_1 + m_2)a = (m_2 - m_1)g$$

$$\therefore \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}g = \frac{11.0\,\mathrm{kg} - 9.0\,\mathrm{kg}}{9.0\,\mathrm{kg} + 11.0\,\mathrm{kg}} \cdot 9.8\,\mathrm{m/s^2} = \underbrace{9.8 \times 10^{-1}}_{\text{④}}\,\mathrm{m/s^2}$$

を得る。一方，a を消去すれば，

$$\frac{T}{m_1} - g = g - \frac{T}{m_2}$$

$$\therefore \quad T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}g = \frac{2 \cdot 11.0\,\mathrm{kg} \cdot 9.0\,\mathrm{kg}}{9.0\,\mathrm{kg} + 11.0\,\mathrm{kg}} \cdot 9.8\,\mathrm{m/s^2} = 97.02\,\mathrm{N} \fallingdotseq \underbrace{97}_{\text{④}}\,\mathrm{N}$$

〔2〕物体 1，2，滑車は一体となって運動するため，装置全体を質量 $m_1 + m_2$ の物体とみなしてよい。よって，

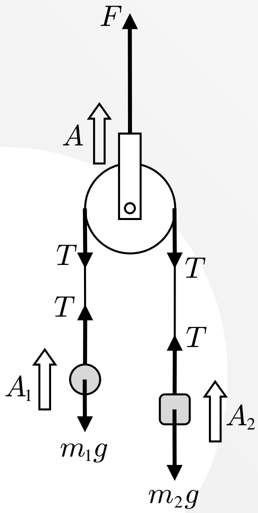
装置全体の運動方程式：$\underbrace{(m_1 + m_2)A = F - (m_1 + m_2)g}_{\text{⑤}}$

が成り立つ。したがって，

$$A = \frac{F}{m_1 + m_2} - g = \frac{196\,\mathrm{N}}{20.0\,\mathrm{kg}} - 9.8\,\mathrm{m/s^2} = \underbrace{0}_{\text{⑥}}\,\mathrm{m/s^2}$$

である。

〔3〕地上から見た滑車，物体 1，物体 2 の運動方程式は，それぞれ



滑車の運動方程式：$0 \cdot A = F - 2T$

物体 1 の運動方程式：$m_1A_1 = \underbrace{T - m_1g}_{\text{⑧}}$

物体 2 の運動方程式：$m_2A_2 = \underbrace{T - m_2g}_{\text{⑨}}$

である。滑車の運動方程式から，

$$T = \frac{F}{2} = \frac{196\,\mathrm{N}}{2} = \underbrace{98}_{\text{⑦}}\,\mathrm{N}$$

であることがわかる。また，

$$A_1 = \frac{T}{m_1} - g = \frac{98\,\mathrm{N}}{9.0\,\mathrm{kg}} - 9.8\,\mathrm{m/s^2} = 1.088\cdots\mathrm{m/s^2} \fallingdotseq \underbrace{1.1}_{⑩}\,\mathrm{m/s^2}$$

$$A_2 = \frac{T}{m_2} - g = \frac{98\,\mathrm{N}}{11.0\,\mathrm{kg}} - 9.8\,\mathrm{m/s^2} = -0.890\cdots\mathrm{m/s^2} \fallingdotseq \underbrace{-0.89}_{⑪}\,\mathrm{m/s^2}$$

である。この結果から，物体１の加速度は $\underbrace{\text{上向き}}_{(\text{あ})}$，物体２の加速度は $\underbrace{\text{下向き}}_{(\text{い})}$ であることがわかる。

滑車から見たときの物体１の加速度 a は，

$$a = A_1 - A$$

と表される。一方，滑車から見たときの物体２の加速度は $-a$ であり，

$$-a = A_2 - A$$

と表される。これらより，

$$A_1 = a + A,\quad A_2 = \underbrace{A - a}_{⑫}$$

の関係が成り立つことがわかる。よって，

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{(1.088\cdots - 0.890\cdots)\,\mathrm{m/s^2}}{2} \fallingdotseq \underbrace{9.9\times10^{-2}}_{⑬}\,\mathrm{m/s^2}$$

$$a = \frac{A_1 - A_2}{2} = \frac{(1.088\cdots + 0.890\cdots)\,\mathrm{m/s^2}}{2} \fallingdotseq \underbrace{9.9\times10^{-1}}_{⑭}\,\mathrm{m/s^2}$$

第３問

〔1〕面積 S，間隔 $5d$，誘電率 ε の平行板コンデンサーの電気容量 C_0 は,

$$C_0 = \frac{\varepsilon S}{5d}$$

(答) $\dfrac{\varepsilon S}{5d}$

〔2〕電圧が V_0 かかるから，蓄えられた電気量 Q_0 は

$$Q_0 = C_0 V_0 = \frac{\varepsilon S V_0}{5d}$$

(答) $\dfrac{\varepsilon S V_0}{5d}$

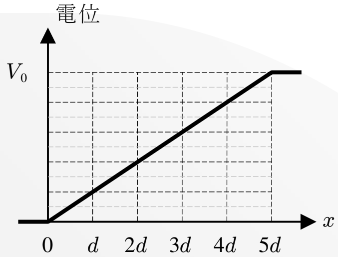
〔3〕電場の強さ E_0 は電位の勾配であるから,

$$E_0 = \frac{V_0}{5d}$$

(答) $\dfrac{V_0}{5d}$

〔4〕極板間では電場が一様で一定であるから，電位勾配は一様で一定。極板Aが接地されているため $x = 0$ で電位は0， $x = 5d$ で電位は V_0 である。極板外では電場が0であるから電位勾配は0である。また，電位図は連続でなければならない。よって次図の通り。

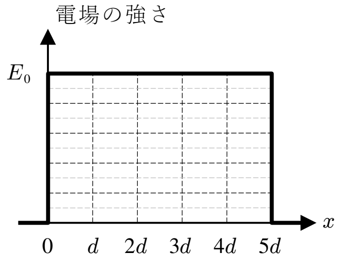
(答)



※ 例年通り, 解答用紙に予めグリッドが描かれた丁寧な解答欄が与えられていると思うが，現在入手できている設問のみでは描画範囲が断定できないため，念のため極板外の $x < 0$ と $x > 5d$ の領域も少し描画してある。

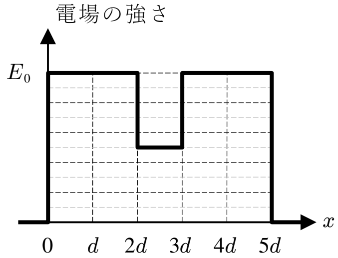
〔5〕極板外で0，極板間で一様に E_0 である。$x = 0$ および $x = 5d$ では不連続に描いてもよい。

(答)



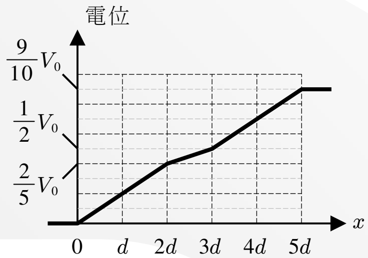
〔6〕スイッチを開いたままであるため，極板に蓄えられた電気量は変わらない。電場の起源である電気量が変わらないため，極板間で誘電体がない部分の電場は変わらず E_0 である。挿入された誘電体内（誘電率が2倍の領域）では誘電分極によって電場が半分の $\dfrac{E_0}{2}$ となる。

(答)



〔7〕電場の強さは電位勾配であるから，誘電体内では電位勾配が半分になる。極板間で誘電体外の領域では挿入前と傾きは変わらない。あとは接地点である $x=0$ を基準に連続にグラフを描けばよい。

(答)



〔8〕蓄えられた電気量が設問〔2〕で得た Q_0 であり，極板間の電位差 V_1 が設問〔7〕で得た $\dfrac{9}{10}V_0$ である。誘電体挿入後の電気容量 C_1 は電気容量の定義より，

$$Q_0 = C_1V_1 \qquad \therefore \quad C_1 = \frac{Q_0}{V_1} = \frac{\dfrac{\varepsilon SV_0}{5d}}{\dfrac{9}{10}V_0} = \frac{2\varepsilon S}{9d}$$

(答) $\dfrac{2\varepsilon S}{9d}$

別解）誘電体が入っていない部分と入っている部分の電気容量はそれぞれ $\dfrac{5}{4}C_0$，$10C_0$

であるから，これらの直列合成容量として，

$$C_1 = \frac{\frac{5}{4}\cdot 10}{\frac{5}{4}+10}C_0 = \frac{10}{9}C_0 = \frac{10}{9}\cdot\frac{\varepsilon S}{5d} = \frac{2\varepsilon S}{9d}$$

（答）$\dfrac{2\varepsilon S}{9d}$

〔9〕求める電場の強さを E としたとき，誘電体内の電場は $\dfrac{E}{2}$ である。極板間電圧は V_0 であるから，

$$E\cdot 4d + \frac{E}{2}\cdot d = V_0 \qquad \therefore \quad E = \frac{2V_0}{9d}$$

（答）$\dfrac{2V_0}{9d}$

〔10〕点 b および c の電位 V_b，V_c はそれぞれ，

$$V_\mathrm{b} = E\cdot 2d + \frac{E}{2}\cdot d = \frac{5}{9}V_0$$

$$V_\mathrm{c} = E\cdot 2d = \frac{4}{9}V_0$$

（答）点 b ：$\dfrac{5}{9}V_0$，点 c ：$\dfrac{4}{9}V_0$

第４問

〔1〕スクリーンにできる像は $\underbrace{\text{倒}}_{①:(\text{カ})}$ 立の $\underbrace{\text{実}}_{②:(\text{ア})}$ 像である。

〔2〕,〔3〕レンズから像までの距離を右向きを正として a' とすると，写像公式は

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{a'}=\frac{1}{f}$$

と表される。倒立実像ができるとき，$a'>0$ であるから，

$$\frac{1}{f}-\frac{1}{a}=\frac{1}{a'}>0 \qquad \therefore \quad \underbrace{a>f}_{(\text{ケ})}$$

が成り立っている。$a'=L-a$ であるから，

$$\underbrace{\frac{1}{a}+\frac{1}{L-a}=\frac{1}{f}}_{〔3〕\text{の答}}$$

〔4〕像の倍率 m_1 は $m_1=\left|\dfrac{a'}{a}\right|$ で表されるから，

$$m_1=\left|\frac{L-a}{a}\right|=\frac{L-a}{a}$$

〔5〕スクリーンにできる像は $\underbrace{\text{倒}}_{③:(\text{カ})}$ 立の $\underbrace{\text{実}}_{④:(\text{ア})}$ 像である。

〔6〕光源－スクリーン間を $a:(L-a)$ に内分する点にレンズをおいたときにスクリーン上に結像したことから，$(L-a):a$ に内分する点にレンズをおいたときにも結像する。このことから，

$$b=L-a$$

である。像の倍率 m_2 は，

$$m_2=\left|\frac{L-b}{b}\right|=\left|\frac{a}{L-a}\right|=\frac{a}{L-a}$$

である。よって，

$$\frac{m_2}{m_1}=\underbrace{\left(\frac{a}{L-a}\right)^2(\text{倍})}_{〔3〕\text{の答}}$$

〔7〕$a>f$，$b>f$ より，

$$a>f,\ L-a>f \qquad \therefore \quad \underbrace{L>2f}_{〔3〕\text{の答}}$$

〔8〕スクリーンにできる像は $\underbrace{\text{倒}}_{⑤:(\text{カ})}$ 立の $\underbrace{\text{実}}_{⑥:(\text{ア})}$ 像である。

〔9〕写像公式より，

$$\frac{1}{c}+\frac{1}{L-c}=\frac{1}{f}$$

が成り立つ。これを c に関する方程式として見たとき，$c>0$ であるような解が１つしかない条件を考えればよい。

$$\frac{L}{c(L-c)}=\frac{1}{f} \qquad \therefore \quad c^2-Lc+Lf=0$$

この c の二次方程式の判別式 D が $D=0$ を満たすことから，

$$D=L^2-4Lf=0 \qquad \therefore \quad f=\frac{L}{4}$$

でなければならない。このとき，

$$c^2-Lc+\frac{L^2}{4}=0 \qquad \therefore \quad c=\frac{L}{2}$$

となる。したがって，

$$c=\underbrace{2f}_{〔9〕の答}$$

〔10〕レンズを通して見たときに見える像は $\underbrace{\text{正}}_{⑦:(ウ)}$ 立の $\underbrace{\text{虚}}_{⑧:(オ)}$ 像である。

〔11〕レンズの位置を d，レンズから虚像までの距離を d' とすれば，写像公式より，

$$\frac{1}{d}-\frac{1}{d'}=\frac{1}{f}$$

が成り立つ。像の倍率 m は $m=\dfrac{d'}{d}$ と表されるから，

$$\frac{1}{d}-\frac{1}{md}=\frac{1}{f} \qquad \therefore \quad d=\underbrace{\frac{m-1}{m}f}_{〔11〕の答}$$

第５問

〔1〕ボイル・シャルルの法則は，一定質量（あるいは一定物質量）の理想気体の体積Vが，圧力Pに $\underbrace{\text{反比例}}_{①}$ し，絶対温度Tに $\underbrace{\text{比例}}_{②}$ する，という法則であり，これを式で表せば，比例定数aを用いて，$V = a\underbrace{\frac{T}{P}}_{③}$ となる。aは物質量nに比例するため，その比例定数をRとして$a = nR$と書けば，$V = \dfrac{nRT}{P}$，すなわち，

$$PV = \underbrace{nRT}_{④}$$

と書き直せる。この関係式は理想気体の $\underbrace{\text{状態方程式}}_{⑤}$ と呼ばれ, 定数Rは $\underbrace{\text{気体定数}}_{⑥}$ と呼ばれる。

内部エネルギーが$AnRT$で表される気体Xとは，すなわち定積モル比熱C_Vが$C_V = AR$である理想気体である。気体Xにある熱量を加えて，絶対温度が$\varDelta T$だけ変化したとき，内部エネルギー変化は$AnR\varDelta T$であり，外部にした仕事がWであったことから，熱力学第一法則より，気体に外部から加えた熱量Qは,

$$Q = \underbrace{AnRT + W}_{⑦}$$

である。この状態変化におけるモル比熱Cは，定義より,

$$C = \frac{Q}{n\varDelta T} = \frac{AnR\varDelta T + W}{n\varDelta T} = \underbrace{AR + \frac{W}{n\varDelta T}}_{⑧}$$

である。定積変化の場合，$W = \underbrace{0}_{⑨}$ であるから，定積モル比熱C_Vは，$C_V = \underbrace{AR}_{⑩}$ となる。圧力P_0で体積がV_1からV_2，温度がT_1からT_2に変化する定圧変化の場合，$P_0V_1 = nRT_1$，$P_0V_2 = nRT_2$が成り立つことに注意すると,

$$W = P_0\varDelta V = P_0(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1) = \underbrace{nR\varDelta T}_{⑪}$$

となる。よって，定圧モル比熱C_Pは,

$$C_P = AR + \frac{nR\varDelta T}{n\varDelta T} = \underbrace{(A+1)R}_{⑫}$$

となる。⑩，⑫の結果から，$C_P = C_V + R$が成り立ち，これをマイヤーの式という。

〔2〕国際単位系では，すべての物理量の単位は問題に与えられたm，kg，s，A，K，mol に光度の単位 cd（カンデラ） を加えた７つの単位の組み合わせで表せる。体積の単位は$\mathrm{m^3}$である。運動方程式からわかる通り，力の単位は$\mathrm{kg \cdot m/s^2}$であるから，単位面積当たりにはたらく力を表す圧力の単位は，$\mathrm{kg \cdot m/s^2/m^2 = kg/(m \cdot s^2)}$である。よって，エネルギーの単位は，$\mathrm{m^3 \cdot kg/(m \cdot s^2) = kg \cdot m^2/s^2}$である。なお，状態方程式の右辺

nRT もエネルギーの単位を持ち，n の単位は mol，T の単位は K であることから，
気体定数 R の単位は

$$\frac{\mathrm{kg \cdot m^2/s^2}}{\mathrm{mol \cdot K}} = \mathrm{kg \cdot m^2/(s^2 \cdot mol \cdot K)}$$

である。

答：体積：$\mathrm{m^3}$，圧力：$\mathrm{kg/(m \cdot s^2)}$，エネルギー：$\mathrm{kg \cdot m^2/s^2}$

〔3〕気体の内部エネルギーは，分子の熱運動による運動エネルギーと，分子間力の位置エネルギーの総和である。分子の熱運動には，分子の並進運動のエネルギーのみならず，回転運動のエネルギーや分子内の振動運動のエネルギーといったあらゆる運動エネルギーが含まれる。地球上での実験では重力による位置エネルギーも内部エネルギーに含めることもあるが，気体の位置エネルギーとして最も適切なものは分子間力による位置エネルギーであると考えられる。

答：運動エネルギー：(イ)，位置エネルギー：(エ)

〔4〕比熱は，単位量の物質の絶対温度を単位温度だけ変化させるときに必要な熱量のことである。ここでいう単位量としては，量が指定できれば何でもよいので,「単位質量」でも「単位物質量」でもよい。単位量として 1 mol を考えた場合には特に「モル比熱」と呼ぶ。単に「比熱」といった場合には，単位量として単位質量を用いた値を指すことが多く，単位として $\mathrm{J/(g \cdot K)}$ を使うことが多い。

答：A：(ニ)，B：(チ)，C：(ハ)，B：(ト)

※ A は，（ナ）でも許容されると考えられる。

〔5〕解答の通り。