慶應義塾大学医学部 2011年度 物理 解答速報

物理講評

難易度：難化　分量：昨年並　**一次突破ライン：**60 %以上 **正規合格ライン：**70 %以上

簡単な問題は原子分野に集中し、熱力学の問題は状況把握が難しいため、いくら慶医の受験生といえど非常に苦戦したと思われる。I は原子分野の基本問題だが、問 1 や問 2 はしっかり勉強していないと解ききれなかったであろう。II はミリカンの実験に関する問題である。問 1，4 以外は原子分野の知識が無くても解けるはずだが、一度も解いたことが無いと難しかっただろう。問 7 は慶應らしい問題で、文章とグラフを手がかりにして解答を考える必要がある。III の熱力学の問題は、使う物理法則は標準的なものばかりであるが，物質量が変化する珍しいタイプの問題であり、状況把握も短時間では困難なため、苦労した受験生が多いだろう。良くわからずとも、問題文を信じて計算することで，出来るだけ点を稼いで欲しいところである。

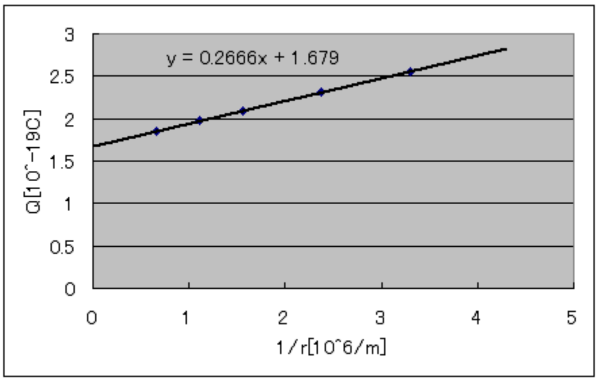
解答

I 問 1 ①8②e^+③90④39 問 2 ①(d)②(e)③(a)④(c) 問 3 (1)①$\frac{h}{\lambda}$ ②$\frac{h}{\lambda'}$(2)180[度](3)480[keV]

II 問 1 ミリカン問 2 下向き正とすれば③(上向き正とすれば④) 問 3 ⑦問 4 ③

問 5 1.9×10^5[V/m] 問 6 1 :1.98, 2 :2.56, 3 :2.10, 4 :2.31, 5 :1.86 (下図)

問 7 式 (1) は油滴の半径が十分に大きいときに成立するので、1/r-Q グラフにプロットした点に対し、最小二乗法により求めた直線の y 切片の値を読み取ればよい。実際にこの操作を行って得られる値は $Q = 1.68[10^{-19}\mathrm{C}]$ となる。(下図の直線が最小二乗法により得られる 1 次関数である)



III 問１⑤問２⑤問３ $P_{\rm H}$:⑤$T_{\rm H}$:② 問４①問５①問６ $T_{\rm H}$ が大きくなりすぎてしまうから
問７ボイル・シャルルの法則問８ [ア]1[イ]n[ウ]$V_{\rm T}+nV_{\rm p}$ (ただし、⑥は [ウ]$^{\gamma}$，⑦は [ウ]$^{\gamma-1}$ と考えた)
問９２種類の断熱変化について、ポアソンの式と状態方程式を用いれば示せる。（詳細は解説参照）
問１０⑥,⑦式は最初タイヤに入っていた空気とタイヤにポンプで入れる全ての空気を合わせたものと、最終的にタイヤに入っている全ての空気の間でポアソンの式が成り立つことを示してる。よって、１回で注入する場合と分割して注入する場合で、空気を入れ終わった直後の圧力および温度に差異はない。

解説

I
問１ β^+ 崩壊と β^- 崩壊に関する設問だが，β^- 崩壊の逆反応である β^+ 崩壊を知らなくても，①は酸素の原子番号に関する知識から分かるようになっている．③④は β^- 崩壊 (絶対に習う標準的な β 崩壊のこと) なので，これぐらいは簡単に出来て欲しいところ．一応，β^+ 崩壊と β^- 崩壊の復習をしておきましょう！

$$\beta^+\text{崩壊}:\mathrm{p}(\text{陽子})\to\mathrm{n}(\text{中性子})+\mathrm{e}^+(\text{陽電子})+\nu_{\rm e}(\text{電子ニュートリノ})$$

$$\beta^-\text{崩壊}:\mathrm{n}(\text{中性子})\to\mathrm{p}(\text{陽子})+\mathrm{e}^-(\text{電子})+\bar{\nu}_{\rm e}(\text{反電子ニュートリノ})$$

よって β^+ 崩壊では原子番号（陽子の数）が１つ減り，β^- 崩壊では原子番号が１つ増えるが，両者共に質量数（陽子と中性子の数の和）は変わりません．
問２まず，①α 線 : He^{2+}②β^+ 線 : e^+ ③β^- 線 : e^-④γ 線 : 電磁波（電荷なし）を知っている必要があります．（α 崩壊で出るのは He とよく書かれていますが，正確には He^{2+} でしたね．He^{2+} が出来ても，すぐに反応して He になるので，よく He と書かれているわけです．）この問題のいやらしい所は，この知識だけでは④以外解けないところにあります．電荷を持つ粒子が一様磁場中で Lorentz 力を受けて円運動をすることは常識ですが，その半径はどうであったかというと，

$$\text{向心方向の円運動の運動方程式}:m\frac{v^2}{r}=qvB\quad\Rightarrow r=\frac{mv}{qB}$$

と計算できます．He^{2+} の方が e^+ よりも電荷量が大きいわけですが，質量は桁違いに大きいので，円運動の半径は He^{2+} の方が大きいことになります．（電荷量だけ考えて，He^{2+} の方が半径が小さくなると思った人は惜しいです！）よって，α 線が (d) で β^+ 線が (e) になります．
問３電磁気学の完成により，光の正体は (電磁) 波であると考えられていましたが，Einstein は光電効果を説明するのに，光をエネルギー $E=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$ を持つ粒子の集まりと考えればよいことを示しました．（光量子仮説ですね．）また，Einstein は光子の運動量が $p=\frac{h}{\lambda}$ であると予想しましたが（理論的に導いている），この予想を裏付けたのが今回問題になっているコンプトン散乱でしたね．

(2) でエネルギーの関係式が与えられるので，この問題は簡単だったと思います．しかし，これだけではつまらないので，(2) で与えられた式を導いてみましょう！原子分野の基本解法といえば，運動量保存とエネルギー保存を考えることですので，まずはそこから考えます．

$$\text{運動量保存則 (入射方向)}: \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'}\cos\theta + p\cos\phi \quad \cdots ①$$

$$\text{運動量保存則 (直角方向)}: 0 = \frac{h}{\lambda'}\sin\theta - p\sin\phi \quad \cdots ②$$

$$\text{エネルギー保存則}: \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{p^2}{2m} \quad \left(\text{ただし，} E = \frac{hc}{\lambda}, E' = \frac{hc}{\lambda'}\right) \quad \cdots ③$$

あとはひたすら式変形です．まずは，①,②から ϕ を消去して次式を得ます．($\sin^2\phi + \cos^2\phi = 1$ を利用)

$$p^2 = \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2 - 2\frac{h^2}{\lambda\lambda'}\cos\theta$$

これを③に代入して p を消去すれば，次式を得ます．

$$2mhc(\lambda' - \lambda) = h^2\frac{(\lambda' - \lambda)^2}{\lambda\lambda'} + 2h^2(1 - \cos\theta)$$

ここで，$\lambda' - \lambda$ は小さく，$h^2\dfrac{(\lambda' - \lambda)^2}{\lambda\lambda'}$ が他の項に比べて十分小さいので，0 と近似して次式を得ます．（相対論を用いれば，近似せずに次式を導くことが出来きますが，それは大学に入ってからのお楽しみですね．勿論，医学部に合格したらもう一生関係無いわけですけど，気が変わって物理学科に入り直すかもしれませんよね．）

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \ \Rightarrow \ \frac{hc}{E'} - \frac{hc}{E} = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \ \Rightarrow \ E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{mc^2}(1 - \cos\theta)}$$

これで導出が完成しました．これより，電子のエネルギーは

$$\frac{p^2}{2m} = E - E' = \frac{\frac{E^2}{mc^2}(1 - \cos\theta)}{1 + \frac{E}{mc^2}(1 - \cos\theta)} = \frac{E}{1 + \frac{mc^2}{E(1 - \cos\theta)}}$$

となります．よって，電子のエネルギーは $\cos\theta = -1$ つまり $\theta = \pi$ のときに最大値 $\dfrac{E}{1 + \frac{mc^2}{2E}}$ をとります．

このとき，$E = 662\text{keV}$，$mc^2 = 511\text{keV}$ とすれば，$\dfrac{p^2}{2m} \simeq 480\text{keV}$ となります．

ちなみに，^{137}Cs から発生する γ 線のエネルギーというのは，E' のことではなく E のことですので注意してください．セシウム 137(^{137}Cs) はコバルト 60(^{60}Co) と同様にガンマ線照射用の線源として用いられる重要な放射性同位体なので，これを用いて入射 γ 線を発生させるわけです．

II

問１答えはミリカンですね．ミリカンの実験を理解するのに原子分野の知識は必要ありませんが，この実験は原子分野で学習するので，知らない人が多かったかもしれませんね．みなさんも（僕も願わくば）将来慶医の入試問題で名前を答えさせられるような人物になれるように頑張っていきましょう！

問２これは，向きのある物理量の正方向をどちらに選ぶかで答えが変わるひどい問題です．ここでは下向きを正にとります．油滴に働く力は重力と空気抵抗であり，空気抵抗 F_s は v を符号込みの量として扱うと常に $-krv$ とかけることに注意して，運動方程式：$0 = \dfrac{4}{3}\pi r^3 \rho g - krv_1$ から，$r = \sqrt{\frac{3kv_1}{4\pi\rho g}}$ を得ます．

※上向きを正にとると，運動方程式：$0 = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - krv_1$ より，$r = \sqrt{\frac{-3kv_1}{4\pi\rho g}}$ となります．

問３さて，この問題も「えっ？電場の向きどっち？」につきます．ここでは，II の問題文２行目の「上下方向の向きのある物理量は，正負の符号付きの物理量として扱う」という文章を，「上下の正負はあなたが好きに決めていいけど，全ての物理量の正方向は統一してね」ということだと判断して解くことにしましょう．ここでは問２と同じように全ての物理量の正方向を下向きにとって考えます．(問２と問３で向きをそろえていれば，問３は上向きを正方向にとっても同じ答えになります．) 電荷は符号込みで q とすれば，一定速度 v_2 における運動方程式は次のようになります．

運動方程式：$0 = \dfrac{4}{3}\pi r^3 \rho g + qE - krv_2$

あとは，問２で求めた運動方程式式を用いれば，$q = \dfrac{kr(v_2 - v_1)}{E}$ となります．

問４さて，これは難問です．何故なら，「放射線源」を選べと言っておきながら，選択肢には「放射線」しか書いてないからです．というのは冗談で，ミリカンの実験で用いる放射線は, どの教科書にも X 線と書いてあるからです．困りますね．でも考えます．この放射線の目的は油滴の電荷を変化させることなので，電離作用がないと話になりません．よって，答えは紫外線，ガンマ線，アルファ線に絞られます．紫外線は「放射線には含まれない」ので候補からはずれます．また，アルファ線は電離作用が強すぎるため，数 cm の空気中を通過するだけでとまってしまうので，直径 22cm のコンデンサーには不適格です. 今回はアルミ箔があるため，これを通過できるのはガンマ線だけであるということからも答えがわかります．以上より，答えはガンマ線になります．

問５極板間距離 (16mm) よりも十分大きな直径 (22cm) を持つ金属電極なので, 無限に広い平行板コンデンサーの公式が適用できます. コンデンサー内で電場は一様とみなせますので，$V = Ed$ の公式を使うだけですね.

問６これはやり方を知らないと戸惑うでしょう. この問題を解く際に，各油滴に対して「電気素量分しか違わない値が観測されている」という大前提があることを知っていなければなりません.（そうでないと, 答えがいくらでも考えられてしまいますものね. この大前提を書いていないのはちょっと残酷ですね.）さて，これが分かれば，各観測値の差の中から一番小さいものが電気素量であると考えて, 各観測値が電気素量の何倍になっているかを計算した後で，平均値を求めればよいことになります.

何を言ってるのか分からないと思いますので，具体的に油滴２について考えましょう. まず，各値の差の中で一番小さいのは 7.677 と 5.118 の差の 2.559 ですね. これが「ほぼ」電気素量であると信じます．あとは, 平均をとることで観測誤差の影響を減らします．各値が 2.559 の約何倍になっているのか調べてみると, 7.677 は 3 倍,15.35 は 6 倍,5.118 は 2 倍,12.80 は 5 倍とわかります. よって,$\frac{7.677+15.35+5.118+12.80}{3+6+2+5}=2.60$ が答えになります. (最後は勿論, 有効数字 3 桁にしています.) これを全ての油滴について行い, グラフに描けば終わりです. (何て面倒なんでしょう！実際には, 一番小さい観測値の差を有効数字 3 桁で答えれば，同じ結果が得られます．平均なんか取らなくて良いわけです．頑張った人が報われませんね…)

問 7 この問題のポイントは, 問題文中の「油滴の半径が十分に大きいとき，…式 (1) が成立する」です. これが最大にして唯一のヒントですね. 半径 r が十分に大きければ，(1) は近似式ではなくなるのですから, $1/r$ が 0 の所でどうなるか調べればよいわけです. あとは, プロットした点が，ほぼ直線上にあることを利用して，グラフの y 切片を求めてください. ちなみに, プロットした点から「最も妥当な」直線を引く方法の１つとして，最小二乗法があります．（これは，直線とプロットした点との誤差の二乗が最も小さくなるという意味で最も妥当な直線を出します.）この方法を知っていれば，特にグラフを用いずとも計算だけで y 切片が求められます. 上記の解答には，この方針で答えを書きましたが，受験生としてこの問題を解くときは，適当に直線を引いて y 切片を求めればよいと思います.

III

問 1 この問題のポイントは「タイヤの断面は内径 2.0cm の円形」という文章に気づくことでしょう．(タイヤはホースを 1 周まきつけたような形状ということです．) バームクーヘンのような形状を思い浮かべてはいけません．これさえ分かれば，V_T はおおよそ $2.0\times2.0\times\pi\times70\times\pi$ で求められることがわかるでしょう.

問 2 タイヤの形状変化はないと仮定し，温度は最終的に外気温まで低下するので，タイヤの体積 V_T と温度 T_0 は変えずに，空気を入れる (物質量 n を増やす) ことでタイヤ内の圧力 (空気圧) を上げてパンパンにしようという問題です．(パンパンじゃないと，走れないですよね．) まず，この状況を把握する必要があります．あとは，注入前後の空気の物質量の差を求めて，それが外気換算でどのくらいの体積に相当するのか計算します.

$$\text{注入前後の空気の物質量の差：}\frac{PV_\mathrm{T}}{RT_0}-\frac{P_0V_\mathrm{T}}{RT_0}\quad(\text{ただし，}P=1.0\times10^6\mathrm{Pa})$$

$$\therefore\ V_\mathrm{A}=\frac{(P-P_0)V_\mathrm{T}}{RT_0}\times\frac{RT_0}{P_0}=\left(\frac{P}{P_0}-1\right)V_\mathrm{T}=9V_\mathrm{T}\ \text{となります.}$$

問 3 Poisson の式は与えられているので，あとは問 2 の結果 $\dfrac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{T}}=9$ を利用するだけです.

$$P_\mathrm{H}=P_0\left(1+\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{T}}\right)^{\gamma}=10^{1.4}\,P_0,\quad T_\mathrm{H}=T_0\left(1+\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{T}}\right)^{\gamma-1}=10^{0.4}\,T_0\quad\text{となります.}$$

※ポンプ，バルブ，タイヤゴムへの熱伝導を無視できるくらい一瞬で空気を入れれば断熱変化として近似出来るでしょうが，準静的な変化ではなくなるので，準静的な断熱変化でのみ成り立つ Poisson の式を用いて，タイヤへの空気入れを解析してよいのか疑問ですよね．怪しい問題なわけです．

問４これは基本的な比熱の問題なので確実に得点したいですね．タイヤの与えた熱量とタイヤゴムの受け取った熱量を等式で結びましょう．

$$MC_{\mathrm{T}}(T_{\mathrm{F}}-T_0)=\frac{V_{\mathrm{A}}+V_{\mathrm{T}}}{v_{\mathrm{A}}}C_{\mathrm{A}}(T_{\mathrm{H}}-T_{\mathrm{F}}) \quad \therefore\ T_{\mathrm{F}}=\frac{MC_{\mathrm{T}}T_0+\frac{V_{\mathrm{A}}+V_{\mathrm{T}}}{v_{\mathrm{A}}}C_{\mathrm{A}}T_{\mathrm{H}}}{MC_{\mathrm{T}}+\frac{V_{\mathrm{A}}+V_{\mathrm{T}}}{v_{\mathrm{A}}}C_{\mathrm{A}}}$$

問５代入するだけですね，ここまで頑張った人へのご褒美ですから，しっかり計算しましょう．

問６具体的に求めた値の中で常軌を逸しているのは T_{H} ですね．これを指摘すれば良いでしょう．T_{F} を求めた次の設問なので，T_{F} を意識したくなりますが，それほど異常な値では無いので，そっとしておきましょう．

問７化学選択者にはおなじみですよね．ボイル・シャルルの法則です．

問８まずは状況を理解しましょう．熱のもれは全て無視できるとして，ポンプ内の空気をタイヤの中に入れて，タイヤ内の圧力を上げることを考えます．ここで，断熱変化には２通りあることに注意しましょう．

Ⓐ新たに入れたポンプ内の空気が，タイヤ内と同じ圧力になるまで (ポンプ内の圧力をタイヤ内と同じにすると，ポンプ内の温度もタイヤ内と同じになることが示せる) 圧縮する断熱変化 ($V_{\mathrm{P}}\to V_{\mathrm{n}-1}$ の断熱圧縮)

Ⓑタイヤ内と同じ圧力になったポンプ内の空気を全てタイヤに入れる断熱変化 ($V_{n-1}+V_{\mathrm{T}}\to V_{\mathrm{T}}$ の断熱圧縮) の２通りです．両方とも (疑わしいですが) 準静的 (つまり，常に状態方程式が立てられる平衡状態にある) であるとして，Poisson の式と状態方程式を立てることにするわけです．問題文中の①と②はⒷに関する Poisson の式です．③はⒶに関する状態方程式ですが，$n-1$ 回目の操作後と n 回目の操作後を比べています．(Ⓐは初期状態が全て同じなので $n-1$ 回目と n 回目が比べられるのです．) この３式を認めてしまえば，あとは誘導に乗って計算するだけです．(状況が分からなくても，計算だけすることの可能な問題になっています．)

①より，$P_n=P_{n-1}\left(1+\frac{V_{\mathrm{n}-1}}{V_{\mathrm{T}}}\right)^{\gamma}$，②より，$T_n=T_{n-1}\left(1+\frac{V_{\mathrm{n}-1}}{V_{\mathrm{T}}}\right)^{\gamma-1}$ これらを③に代入すれば

$V_{n-1}=\left(1+\frac{V_{\mathrm{n}-1}}{V_{\mathrm{T}}}\right)V_n$ より，両辺 $\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{n}-1}V_{\mathrm{n}}}$ 倍して，$\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{n}}}=\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{n}-1}}+1$ を得る．

漸化式を解けば，$\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{n}}}=\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{P}}}+n$ より $(V_0=V_{\mathrm{P}})$，$V_n=\frac{V_{\mathrm{T}}}{\frac{V_{\mathrm{T}}}{V_{\mathrm{P}}}+n}$ と分かる．

これを，Ⓐでの Poisson の式 $P_0{V_{\mathrm{P}}}^{\gamma}=P_n{V_{\mathrm{n}}}^{\gamma}, T_0{V_{\mathrm{P}}}^{\gamma-1}=T_n{V_{\mathrm{n}}}^{\gamma-1}$ に代入することで，

$P_n{V_{\mathrm{T}}}^{\gamma}=P_0\times(V_{\mathrm{T}}+nV_{\mathrm{P}})^{\gamma}, T_n{V_{\mathrm{T}}}^{\gamma-1}=T_0\times(V_{\mathrm{T}}+nV_{\mathrm{P}})^{\gamma-1}$ を得る．(つまり [ウ] は出題ミス！)

問９さて，問８では $T'_n = T_n$ を仮定していたわけですから，この問題は１から考える必要があります．帰納法を使えば，一般に $T'_n = T_n$ が示せるので，ここでは $T'_n = T_n$ を示しましょう！

$n = 1$ の場合(つまり問９)

まずは１回目のポンプからタイヤへの注入を考える．$V_\mathrm{P} + V_\mathrm{T} \to V_\mathrm{T}$ の断熱圧縮 (Ⓑ) なので，次が成り立つ．

$$\text{Poisson の式}: T_0 (V_\mathrm{P} + V_\mathrm{T})^{\gamma-1} = T_1 V_\mathrm{T}^{\gamma-1} \quad \cdots ⓐ,\quad \text{状態方程式}: \frac{P_0(V_\mathrm{P} + V_\mathrm{T})}{T_0} = \frac{P_1 V_\mathrm{T}}{T_1} \quad \cdots ⓑ$$

次に，新たに入れたポンプ内の空気の圧力を P_1 にする．$V_\mathrm{P} \to V_1$ の断熱圧縮 (Ⓐ) なので，次が成り立つ．

$$\text{Poisson の式}: T_0 V_\mathrm{P}^{\gamma-1} = T'_1 V_1^{\gamma-1} \quad \cdots ⓒ,\quad \text{状態方程式}: \frac{P_0 V_\mathrm{P}}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T'_1} \quad \cdots ⓓ$$

よって，両辺各々 (ⓑ÷ ⓓ)$^{\gamma-1}$ ÷ (ⓐ÷ ⓒ) を計算すると，$1 = \left(\dfrac{T'_1}{T_1}\right)^\gamma$ を得る．つまり，$T'_1 = T_1$ が示せた．

$n = k-1$ で成立するとして $n = k$ を示す

$n = k-1$ では成立していると仮定しているので，以下 $T'_{k-1} = T_{k-1}$ として考える．

k 回目のポンプからタイヤへの注入を考える．$V_{\mathrm{k}-1} + V_\mathrm{T} \to V_\mathrm{T}$ の断熱圧縮 (Ⓑ) なので，次が成り立つ．

$$\text{Poisson の式}: T_{k-1} (V_{\mathrm{k}-1} + V_\mathrm{T})^{\gamma-1} = T_k V_\mathrm{T}^{\gamma-1} \quad \cdots ⓔ,\quad \text{状態方程式}: \frac{P_{k-1}(V_{\mathrm{k}-1} + V_\mathrm{T})}{T_{k-1}} = \frac{P_k V_\mathrm{T}}{T_k} \quad \cdots ⓕ$$

次に，新たに入れたポンプ内の空気の圧力を P_k にする．$V_\mathrm{P} \to V_\mathrm{k}$ の断熱圧縮 (Ⓐ) だが，ポンプ内の初期条件は全て同じなので，$k-1$ 回目と k 回目を比べれば，次が成り立つ．($T'_{k-1} = T_{k-1}$ に注意！)

$$\text{Poisson の式}: T_{k-1} V_{\mathrm{k}-1}^{\gamma-1} = T'_k V_\mathrm{k}^{\gamma-1} \quad \cdots ⓖ,\quad \text{状態方程式}: \frac{P_{k-1} V_{\mathrm{k}-1}}{T_{k-1}} = \frac{P_k V_\mathrm{k}}{T'_k} \quad \cdots ⓗ$$

よって，両辺各々 (ⓕ÷ ⓗ)$^{\gamma-1}$ ÷ (ⓔ÷ ⓖ) を計算すると，$1 = \left(\dfrac{T'_k}{T_k}\right)^\gamma$ を得る．つまり，$T'_k = T_k$ が示せた．

以上より，全ての $n \in \mathbb{N}$ に対して $T'_n = T_n$ が示せた．■

問１０結局，問９をふまえたうえで最終的に導かれる式は，問８の次式になります．

$$P_n {V_\mathrm{T}}^\gamma = P_0 \times (V_\mathrm{T} + nV_\mathrm{P})^\gamma,\quad T_n {V_\mathrm{T}}^{\gamma-1} = T_0 \times (V_\mathrm{T} + nV_\mathrm{P})^{\gamma-1}$$

これは，問３で与えられた１回で全ての空気を入れる式と同じ形をしています．つまり，ポンプで V_A の空気を１度に入れようが，V_P の空気を n 回入れようが，$V_\mathrm{A} = nV_\mathrm{P}$ の状況では注入直後のタイヤ内の圧力と温度は変わらないことになります．「なんだよ、複数回に分けても変わらないのかよ！問６は何だったんだ！」という話になりますが，これは「n 回の断熱圧縮の間，タイヤ内空気からタイヤゴムへの熱の伝導は無視できる.」という仮定が引き起こした結論なのです．実際には複数回で入れれば，入れる度にタイヤゴムへ熱が伝わるので，タイヤ内の温度を上げすぎずに空気を入れることが出来ると思われます．ただし，そもそも現実では準静的に空気を入れないので，こんな解析は意味がないともいえますね．一体何だったんでしょうか？