第１回
科学の甲子園　全国大会

筆記競技

解答例と解説

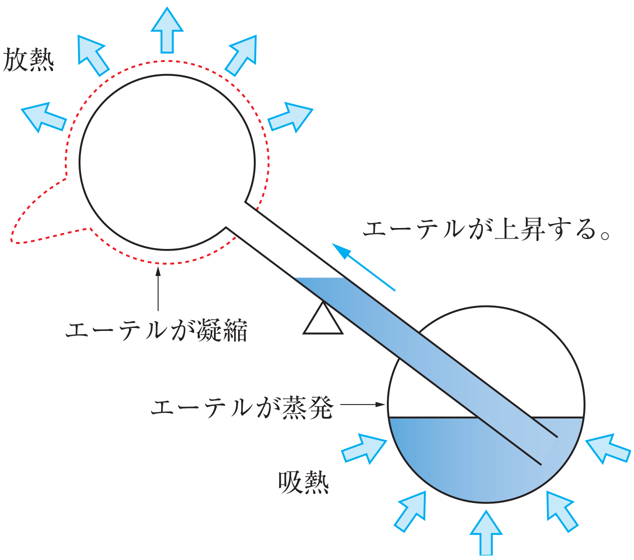
問１

段階Ａ

① 頭部を水でぬらすと，水が蒸発するときの蒸発熱で冷やされ，頭部のエーテル蒸気が凝縮してエーテル蒸気の圧力が減る。

② 一方，鳥のお尻の部分の温度は変わらないのでエーテル蒸気の圧力はほぼ一定に保たれる。こうして生じた上下の圧力差によって液体のエーテルが管を通って上に移動し始める。

③ くちばしがフェルトのようなもので覆われているので，水にぬれると毛細管現象で頭部全体に水が浸透し蒸散が促進される。また，頭部がゆれることにより水の蒸散が促進される。



段階Ｂ

① 頭部にエーテルが移動し頭部が傾いて，くちばしがコップの水に触れると，中央のガラス管の最下端からエーテルの蒸気が頭部に移動し，頭部のエーテルの蒸気を温めて蒸気圧が高くなる。

② 頭部の液体のエーテルが下部に移動し，下部のエーテルを冷やす。

問２　＜正答例＞

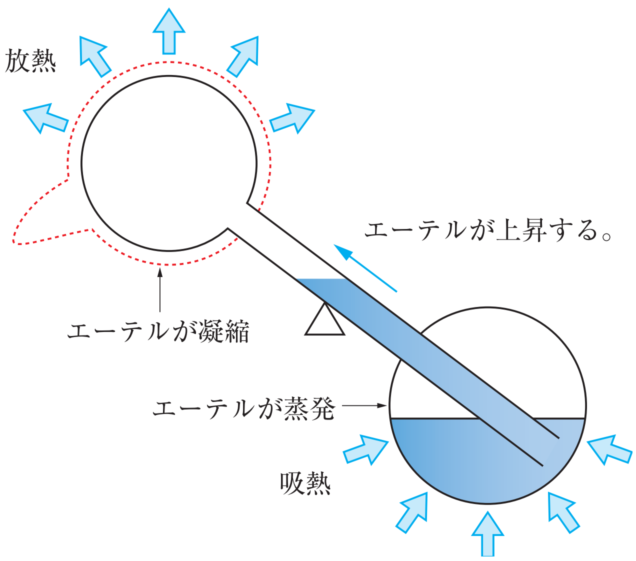
具体的な方法	科学的な根拠
鳥のお尻の部分を温める。（お湯を入れた茶碗をお尻の下に置く，日光をあてるなど）（水を冷たくするなど頭部を冷やす方法も可）	お尻の部分と頭部の圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。
扇風機やウチワなどで風を送る。	空気の流れがあると，頭部の表面からの水の蒸発が促進されて頭部が効率よく冷却され，お尻との圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。
室温を高くする。	（湿度が同じなら）気温が高いほど，頭部の表面からの水の蒸発が促進され頭部が効率よく冷却され，お尻との圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。
湿度を低くする。	（気温が同じなら）湿度が低いほど，頭部の表面からの水の蒸発が促進され頭部が効率よく冷却され，お尻との圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。
気圧を下げる。 （密閉容器に入れて真空ポンプで減圧する，など）	気圧が低いほど，頭部の表面からの水の蒸発が促進され頭部が効率よく冷却され，お尻との圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。
コップの水をアルコールなどに替える。	水をアルコールに替えると，頭部での単位時間あたりの蒸発熱が大きくなり頭部が効率よく冷却され，お尻との圧力差（温度差）が短時間で大きくなるため。

【解説】

水飲み鳥は永久機関か？

水飲み鳥は，体を前後に揺らしながら，そのくちばしをコップの水の中につっこんで水を飲むような動作を，いつまでも繰り返す。このようにいつまでも動き続ける水飲み鳥は，永久機関のように見えるかもしれない。しかし，永久機関は実現不可能であることは，熱力学の第１法則(エネルギー保存則)や第２法則(エントロピー増大則)から明らかになっている。では，水飲み鳥はどのようなエネルギーによって動いているのだろうか？

本体のガラス容器の中にはエーテルが密封され，鳥の頭部はフェルトのようなものでおおわれている。頭部を水で濡らすと，水が蒸発するときの蒸発熱で冷やされ，頭部のエーテル蒸気の圧力が減る。一方，鳥のお尻の部分では，外部から熱をもらってエーテルが蒸発するので，エーテル蒸気の圧力はほぼ一定に保たれる。こうして生じた上下の圧力差によって液体のエーテルが首の部分の管を通って上に移動し，重心が高くなって頭が下がり，ついにくちばしを水につっこむ。それと同時に鳥のお尻の部分でガラス管がエーテルの液面から顔を出すので，エーテルの液体がおしりの部分に下がってしまい，鳥は再び起きあがる。このとき，気体および液体のエーテルの移動に伴って，熱がお尻から頭部に移動し，エーテル蒸気の圧力が最初の状態に戻る。水飲み鳥の運動に必要なエネルギーは，主には，周囲の空気から得る熱(吸熱)と，頭部で水が蒸発するときの蒸発熱(または気化熱)として失う熱(放熱)の差から供給されていると考えられる。



このように，永久機関に見えてしまうような水飲み鳥も，外部から得るエネルギーによって運動しているのである。もし水飲み鳥を密閉した容器の中に放置すると，やがて水が蒸発できなくなって，水飲み鳥は止まってしまうだろう。

ところで，この水飲み鳥の運動を活発にするためにはどうしたらよいだろうか？　ここでは，頭部とお尻でのエーテル蒸気の圧力差が，できるだけ短時間に大きくなることがポイントだ。そのためには，次の２つの観点からアイデアを考えるとよいだろう。

① 頭部での放熱が促進されるような条件は何か？
(例えば，洗濯物を乾かすときに温度，湿度，気圧，空気の流れなどの条件がどのように関係しているかや，アルコール消毒でひんやり感じた体験などがヒントになるかもしれない。)

② お尻での吸熱が促進されるような条件は何か？
(例えば，何かの方法でお尻を温めるとどうだろう？)

ここではあえて正解は言わないことにする。あなた達が考えたアイデア(科学的な根拠に基づいた仮説)が本当に正しいかどうかは，持ち帰った水飲み鳥をつかって，実験して確かめてみてほしい。どのような方法で検証すればよいかも自分たちで考えて，いろいろ探究してみるとよい。下記の文献も参考になる。

【参考文献】

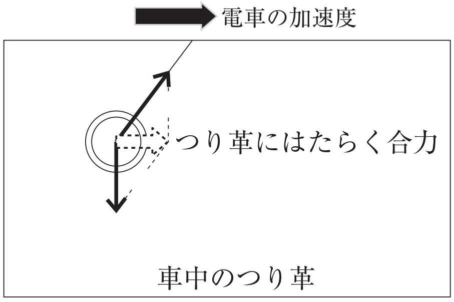
1)「水飲み鳥の運動」，『広島県理科アイデアカード・物理編』広島県高等学校理科教育研究会(1986～1994)
http://ph1.ed.hiroshima-u.ac.jp/kojima/ideacard/ideacard/ph1-16/ph1-16.htm
(「理科アイデアカード」でインターネット検索すると見つけやすい)

2)「水飲み鳥」，近角聡信著『日常の物理事典』東京堂出版(1994) p.184-186

問１

⑴　物体の運動を考えるにあたり，まずはどのような運動状態にある観測者が記述しようとしているか，すなわち運動を記述する座標系(慣性系)を明らかにする必要があった。

⑵　加速度運動している電車の中では，つり革は図のように電車の加速度の方向とは逆向きに傾く。このとき，つり革には重力と張力の「合力」が電車の進行方向にはたらく。

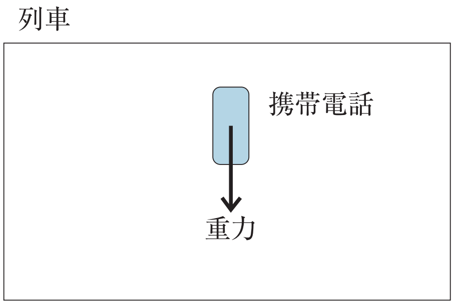


しかし，加速度運動している電車内にいる観測者には，つり革は合力がはたらいているにも関わらず，目の前に「静止」したままであり，ニュートンの示した運動の第２法則(運動の法則)が成り立っていない。

問２

この判断は「間違っている」。

右図は，車内での携帯電話の落下の様子を表している。静止している列車にいる観測者と，等速度で走っている列車にいる観測者の双方で，携帯電話の落下の様子はどちらも同じであり，いずれも鉛直方向に落下するだけである。したがって，携帯電話の落下の様子から，列車の運動状態を決めることはできない。



問３

題意のように，互いに等速度で運動している２人の観測者(Ａ，Ｂ)として，観測者Ａは地上におり，また観測者Ｂは等速直線運動している車中にいるものとする。

<u>位置について</u>

たとえば，物体が車中で静止しているときを考える。このとき，Ｂから見ると物体の場所は変化しないが，Ａから見ると物体は列車とともに遠ざかっていく。このように，物体の位置は観測者Ａ，Ｂによって異なるので，同じ「力と運動の関係」が成り立たないので，求めようとする方程式の要素にはなり得ない。

<u>速度について</u>

位置と同様に，物体が車中で静止しているときを考える。このとき，物体はＢにとっては静止しているが，Ａにとっては列車と同じ速度で運動している。このように，物体の速度も

また観測者Ａから見た場合，Ｂから見た場合によって異なる。したがって，同じ「力と運動の関係」が成り立たないので，速度もまた方程式の要素になり得ない。

問４

作用反作用の法則は，２物体の間にはたらく力の関係を表した法則である。いま，ある特定の物体の運動について着目する場合は，その物体に作用する力についてのみ考慮する必要がある。

問題の図２の例（ボートに乗った人が，もう一方のボートを押す例）では，作用は押されたボートにはたらき，反作用は押したボート（ここでは，人の乗っているボートと人とを一体として考える）にはたらく。この２つの力は，大きさが等しく同一直線上にあり向きが反対である。したがって，ボートはそれぞれにはたらく力によって，その力の向きに動きだす。

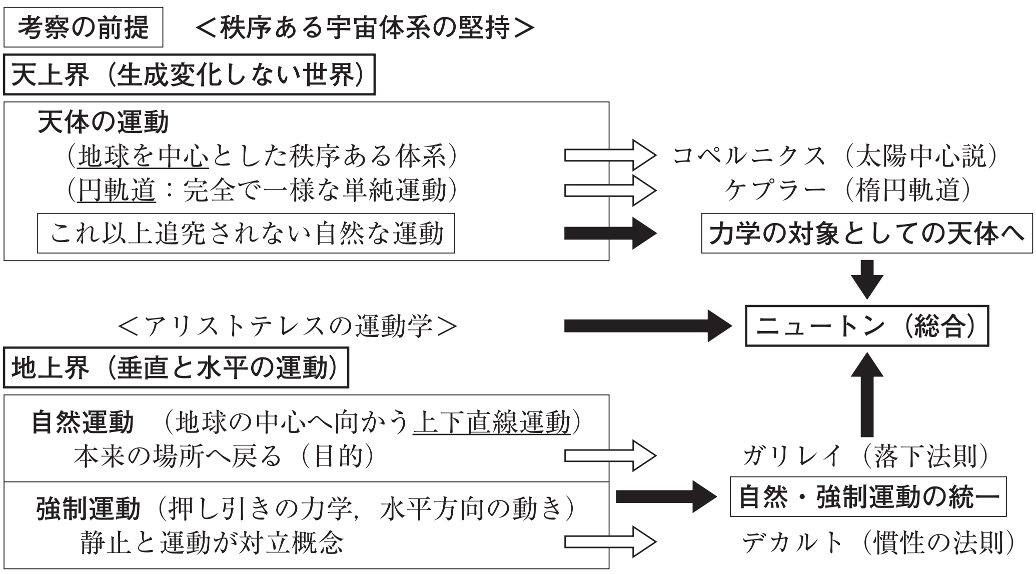
【解説】

アリストテレスの時代(紀元前300年頃)は，天上界の運動と地上界の運動は全く別物と考えられていた。円運動を基本とした「完全不滅な天上界」，落下運動や強制運動など天上界とは似ても似つかない「生成消滅を繰り返す地上界」，この２つの世界は別の法則が支配していた。このような考えがその後2000年もの間，私たちを支配していた。たとえば静止と等速直線運動，これはニュートンの第１法則(慣性の法則)では決して対立しているものではなく同じものとされていたが，アリストテレスの考えでは

静止・・・力ははたらいていない

等速直線運動(運動一般)・・・力がはたらいている(力がなければ止まってしまう)

このように私たちの日常経験に近い，ニュートンの発想とは別物だったのである(下図)。



なぜニュートンはそのような法則を生み出さなければならなかったのか，またコペルニクスやケプラー，ガリレイやデカルトなどニュートン以前の多くの先人達が不完全ながらも発見し，後生に伝えようとした遺産をニュートンはどのように受け継ぎ，また発展させていったのか。高等学校では，力学はニュートンの運動の法則から学習するため，これらについてはつい見落としがちだ。これではニュートンの偉大さ，また運動の法則の意義について知ることはできない。17世紀に総合された運動の法則を，西洋から遠く離れた東洋の地で，今になっても，なぜ学ばなければならないのか……その答えの１つが，実はこのあたりに潜んでいる。

「運動方程式なんて，問題が解けさえすればいい」，このような姿勢では解く必要がなくなればニュートンの名前すら忘却の彼方，学ぶ価値などなくなってしまう。

本問題は，ニュートンに多大な影響を与えたガリレイから説き起こし，ニュートンの運動の法則そのものの仕組み，また意義について考えて頂くのがねらいだ。

○　ニュートンはなぜ，慣性の法則を第１法則として大切にしたのか。

○　もしガリレイが，ニュートンに代わって運動方程式を編み出していたら，それはどんな式になっていたのだろう。

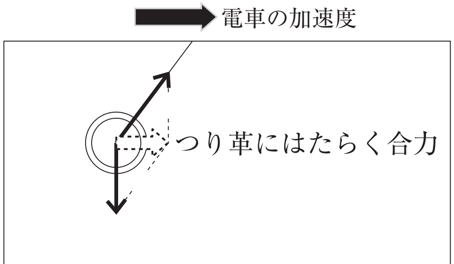
天上界と地上界を結びつけた「科学の法則」としてのニュートンの運動の法則。科学の甲子園出場を契機に，道具ではなく，科学そのものについて考えてほしい。

以下各問(**問１～３**)についての解説である。

問１　慣性系の定義を与えているのが第１法則だ。ここでいう慣性系とは，外力がはたらかなければ，物体は静止，または等速直線運動をする世界(座標系)のことであり，このことをまず第１法則で指摘し，今後，考察の対象とする物体の運動はこの慣性系で観測する(記述する)ことを，第２法則に先立って第１法則で宣言したのである。

運動の法則が成り立たない世界とは，慣性系ではない世界(非慣性系)のことだ。

たとえば，加速度運動している電車の中では，つり革は図のように電車の進行方向とは逆向きに傾く。このとき，つり革には重力と張力の「合力」が電車の進行方向にはたらくことになるが，電車とともに加速度運動している観測者には，つり革は目の前に，依然として「静止」したままであり，ニュートンの示した運動の第２法則(運動の法則)が成り立っていない。



車中のつり革

問２　列車が等速直線運動していようが，また静止していようが，加速度運動していなければ携帯電話はまっすぐ下に落ちる。この携帯電話の運動(落下運動)からは，「互いに等速直線運動している２人の観測者にとって，どちらが運動しているか，また静止しているか区別がつかない」というのがガリレイの主張であった。

等速直線運動，または静止している列車内では，力学の法則を用いて

「車内にいる観測者が等速直線運動しているのか，または静止しているのか」

は区別できない。

問３　このことから，運動の法則は，地上にいる観測者Ａ，また等速直線運動している観測者Ｂに対して等しく成り立つ。位置と速度という２つの物理量について考察することが本問のねらいである。「互いに等速度で運動している観測者に対して等しく」とは，特定の観測者(ここでは観測者ＡやＢ)からみた運動の様子を示す物理量は運動方程式の中には入らないことをいう。逆に，力学の法則からは，互いに等速度運動している観測者について「どちらが静止していて，どちらが等速度で運動しているかは判別できない」。これが，ガリレイの主張だったのである。

問１

(1)

^{35}Cl：76%，^{37}Cl：24%

(2)

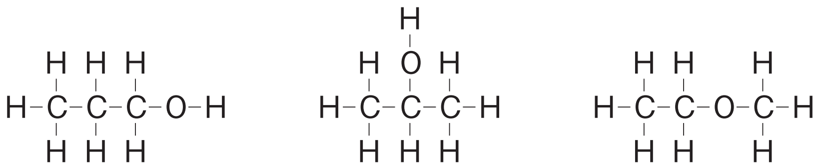
質量69.94：58%，質量71.94：36%，質量73.94：6%

問２

分子式：

C_3H_8O

構造式：

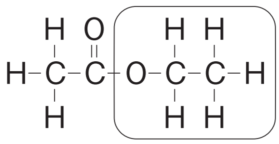


問３

(1)

① 88　② 89

(2)



問４

(イ)，(ウ)

問５

① 19

② 21

③ カルシウム

④　アルゴン

⑤　ラドン

⑥　ヘリウム

⑦　(例)空気より軽く，地球外へ飛散しやすい。

【解説】

問１

⑴　^{35}Cl と ^{37}Cl の存在比をそれぞれ x，$1-x$ とすると，これらの相対質量(^{35}Cl：34.97，^{37}Cl：36.97)と塩素の原子量(35.45)との間に方程式 $34.97x+36.97(1-x)=35.45$ が成り立つ。これを解くと $x=0.76$(76%)，$1-x=0.24$(24%)が求まる。

⑵　^{35}Cl と ^{37}Cl から生成される塩素分子は $^{35}Cl_2$，$^{35}Cl^{37}Cl$，$^{37}Cl_2$ の3種類であり，相対質量はそれぞれ69.94，71.94，73.94である。^{35}Cl と ^{37}Cl の存在比がそれぞれ x，$1-x$ であるとき，これらが統計的に化合して生成する(^{35}Cl–^{35}Cl 結合，^{35}Cl–^{37}Cl 結合，^{37}Cl–^{37}Cl 結合の生成のしやすさに違いがない)場合の $^{35}Cl_2$，$^{35}Cl^{37}Cl$，$^{37}Cl_2$ の存在比はそれぞれ x^2，$2x(1-x)$，$(1-x)^2$ と表せる。⑴で求めた x の値を代入すると，$^{35}Cl_2$，$^{35}Cl^{37}Cl$，$^{37}Cl_2$ の存在比はそれぞれ58%，36%，6%となる。

問２

水素，炭素，酸素の同位体のうち，^{1}H，^{12}C，^{16}O 以外では ^{13}C の天然存在比が約１%と比較的大きい。ゆえに，相対質量は ^{13}C の存在の影響を最も大きく受けることが予想される。

簡単のため，相対質量はこれ以降整数で近似して表記する。^{12}C，^{13}C の天然存在比をそれぞれ $1-x$，x とする。ある分子が n 個の炭素原子を含むとき，この分子中の炭素がすべて ^{12}C である確率は $(1-x)^n$ であり，^{13}C が１個含まれており，相対質量が１大きくなる確率は $nx(1-x)^{n-1}$ である。^{13}C の天然存在比が１%であると近似して $x=0.01$ とすると，$1-x$ はほぼ１であるため，n が小さい場合，^{13}C が１個含まれる確率は近似的に nx と表せる。今回の問題で，^{1}H，^{12}C，^{16}O からなる通常の分子(相対質量60)より相対質量が１大きい分子(相対質量61)の存在比は約３%であるから，$nx=0.03$ より，$n=3$ となる。相対質量の制約を考慮すると，題意の化合物の分子式は C_3H_8O であることがわかる。この分子式から可能な構造式は模範解答の通りである。

^{13}C に次いで天然存在比の大きい同位体は ^{18}O であるが，天然存在比を約0.2%として同様に考えると $n=15$ となる。このとき，題意の化合物の相対質量を満足する解は得られない。

問３

⑴　酢酸エチルの分子式は $C_4H_8O_2$ である。最も存在確率の高い分子は ^{1}H，^{12}C，^{16}O のみからなる分子であり，その相対質量はおよそ88である。次に存在確率の高い分子は ^{13}C を１個含む分子であり，その相対質量はおよそ89である。^{13}C の天然存在比が約１％であり，酢酸エチルは炭素原子を４個含むことを考慮して問２と同様に考えると，^{13}C が１個含まれる確率は約４％となる。

⑵　問題文と⑴より，エタノール中の酸素原子をすべて ^{18}O に置換して反応させると相対質量がおよそ２増大することがわかる。ゆえに，酢酸エチル中にはエタノール由来の酸素原子が１個含まれる。エタノール由来の部分は解答例に示した通りである。

問４

㋐　この場合では，第１世代で新たに合成された２本鎖中のＮはほとんど ^{14}N となるため，この２本鎖の質量はもとの２本鎖（Ｎがほとんど ^{15}N）より小さいはずである。よって，もとの２本鎖と新たに合成された２本鎖は異なる位置に出現するはずだが，これは第１世代の DNA が１箇所にしか出現していないことと矛盾する。

㋑　この場合は，第１世代では，すべての DNA が，元から存在する ^{15}N からなる部分と新たに合成された ^{14}N からなる部分が中央で接続された構造を持っている。第２世代では，半数の DNA は第１世代のものと同じ構造を持つが，残りの半数はＮがすべて ^{14}N の DNA となる。ゆえに遠心分離の結果と矛盾しない。

㋒　実際の DNA の複製機構を表した文章である。第１世代では，すべての DNA で片側の鎖中のＮはほとんど ^{15}N，もう片側の鎖中の N はほとんど ^{14}N となっている。第２世代の試料には，第１世代と同じ構造の DNA と，２本鎖中の N がほとんど ^{14}N となった DNA が等量含まれる。ゆえに遠心分離の結果と矛盾しない。

㋓　この場合は，２本鎖が様々な長さの小片に分割されるため，新たに合成される DNA に含まれる ^{14}N の割合が一意に決まらず，様々な質量の２本鎖が合成される。ゆえに，第１世代で DNA が１箇所にしか出現しないことと矛盾する。

問５

①　カリウム（K）は原子番号19であるため陽子を19個持つ。

②　^{40}K に含まれる中性子数は，質量数40から陽子数19を引いたものであり，21個である。

③　^{40}K の β 壊変であり，中性子１個が陽子へと変化するため，原子番号が１つ増えてカルシウム（Ca）となる。

④　^{40}K の原子核中の陽子１個が電子を捕獲して中性子となるので，原子番号が１つ減ってアルゴン（Ar）となる。

⑤　ラジウム（Ra）が陽子２個と中性子２個からなる α 線を放出すると，原子番号が２つ減

るのでラドン(Rn)となる。

⑥　ヘリウムの同位体^{4}He の原子核の構造はα線と同じである。ゆえにヘリウムは放射性同位体のα壊変によって生じる。また，ヘリウムは宇宙に多量に存在する元素である。

⑦　略

問１

化学反応式	触媒
$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$	酸化マンガン（Ⅳ）

問２

5.0×10^2 回

問３

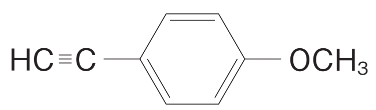
$CH_3COONa + HBr \longrightarrow CH_3COOH + NaBr$

問４

アルゴン（他の希ガスや窒素でもよい）

問５

（1）

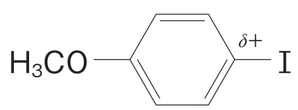


（2）

A：

$HC{\equiv}\overset{\delta-}{C}{-}ZnCl$

B：



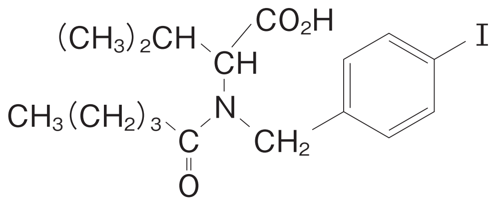
問6

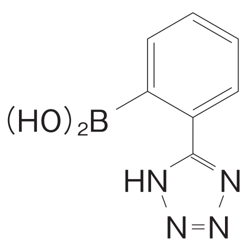
反応(b)	反応(c)
増大	増大

問7

パ	ラ	ジ	ウ	ム	原	子	は	，	パ	ラ	ジ	ウ	ム	よ	り	電	気	陰	性
度	の	大	き	い	ハ	ロ	ゲ	ン	お	よ	び	炭	素	と	共	有	結	合	し
て	い	る	た	め	，	持	っ	て	い	た	電	子	が	ハ	ロ	ゲ	ン	原	子
と	炭	素	原	子	の	方	へ	引	き	寄	せ	ら	れ	，	そ	の	電	子	密
度	が	減	少	し	た	状	態	と	な	っ	て	い	る	。					

問8





問１

化学反応式と触媒の物質名の両方できて正解とする。

解答例以外にも解説に挙げられた物質等，正解。

問４

化学式でも正解とする。

問８

・$-\mathrm{I}$と$-\mathrm{B(OH)_2}$が逆でもよい。

・他にⅠ以外の Br，Cl などのハロゲンでもよい。X でもよい。

【解説】

問１　触媒が使われる化学反応を１つ挙げ，その化学反応式とその触媒の物質名を記す。

解答例以外にも，$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$（触媒：酸化マンガン(Ⅳ)），

$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$（触媒：酸化バナジウム(Ⅴ)），

$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$（触媒：白金），

$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$（触媒：四酸化三鉄）　などがある。

問２　二種類の反応物 4-ブロモベンゾニトリルとアクリル酸エチルは，１：１(物質量の比)で反応するので，反応が完全に進むとすれば反応物のうち物質量が小さい 4－ブロモベンゾニトリル 5.0×10^{-2} mol が 0 mol になるまで反応すると考えることができる。このとき，生成物は 5.0×10^{-2} mol 生成するので，触媒は，平均して

$\dfrac{5.0\times10^{-2}\ \mathrm{mol}}{1.0\times10^{-4}\ \mathrm{mol}} = 5.0\times10^{2}$ 回使用されることになる。

問３　この反応で副生成物として得られるハロゲン化水素は，臭化水素である。臭化水素酸は酢酸よりも強い酸であり，酢酸ナトリウムに由来する酢酸イオンが水素イオンを受け取る反応が起きる。

問４　アルゴンやヘリウムなどの希ガスや窒素などの不活性なガスの中で反応させる。

問５

(1)　(A)の構造式から「$-\mathrm{ZnCl}$」を取り除いた原子団と，(B)の構造式から「$-\mathrm{I}$」を取り除いた原子団を結合させた構造式を書く。

(2)　炭素と亜鉛の電気陰性度の差から，(A)の構造式の「$-\mathrm{ZnCl}$」と結合している炭素原子は，電子密度が増大するため，この炭素原子に「$\delta-$」を付記する。同様に炭素とヨウ素

の電気陰性度の差から，(B)の構造式の「$-$I」と結合している炭素原子は，電子密度が減少するため，この炭素原子に「$\delta +$」を付記する。

問６　反応(b)では，パラジウムと結合していたハロゲンが炭素に置換されている。ハロゲンに比べて炭素の電気陰性度は小さい。このため，パラジウムとの電気陰性度の差はこの反応では小さくなる。この結果，パラジウムの電子密度は増大することとなる。

反応(c)では，パラジウムよりも電気陰性度の大きな炭素原子２個との結合が失われている。このため，炭素原子に引き付けられていた電子はパラジウムの方へ移動する。この結果，パラジウムの電子密度は増大する。

問７　略

問８　バルサルタンは $Ar-X \quad + \quad Ar'-B(OH)_2 \longrightarrow Ar-Ar'$ という反応で合成されている。このため，バルタルサンの構造式をベンゼン環の間で２つに分け，一方の価標には$-B(OH)_2$，もう一方の価標には$-$Iを付した構造式の反応物が必要である。

問１

答え	理由
(＋)	DNA は酸性物質であるので，それ自体は負の電荷をもっている。よって，矢印の方向に動かすのなら，電極Ａには電源装置の(＋)をつなげばよい。

問２

(イ) PflmI	(ウ) BamⅡ	(エ) HindⅢ
2	3	1

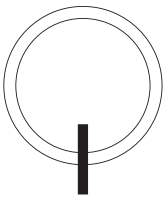
問３

ベクターに用いた制限酵素名	インサートに用いた制限酵素名
SpeI と PstⅢ	XbaI と PstⅢ

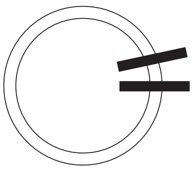
【解説】

問１　（略）

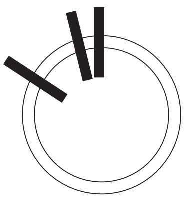
問２　(イ)〜(エ)で見られるバンドは，環状 DNA によるものと異なり，「きれいな線」として確認できる。したがって，(イ)〜(エ)のバンドは直線状の DNA のものと判断してよい。さて，本問は，環状 DNA の切断箇所の数と環状 DNA から直線状 DNA を生じる数との関係を考えれば，解答が得られる。



切断１箇所＝直線状 DNA　１本

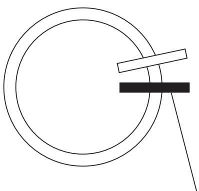


切断２箇所＝直線状 DNA　２本

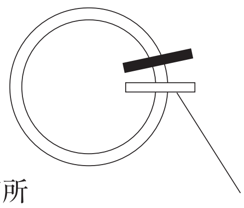


切断３箇所＝直線状 DNA　３本

なお，この問題では，「ただし１つのバンドには１種類の DNA しか含まれないとする」とあるので，次のようなことは生じなかったということになる。

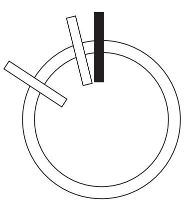


と

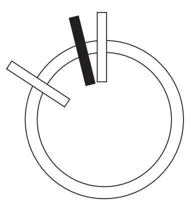


は同じ長さだけど(端の位置が)違う DNA

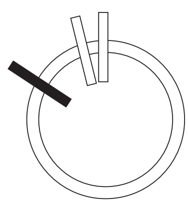
作用した箇所　　作用しなかった箇所



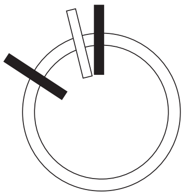
と



と



も同様。

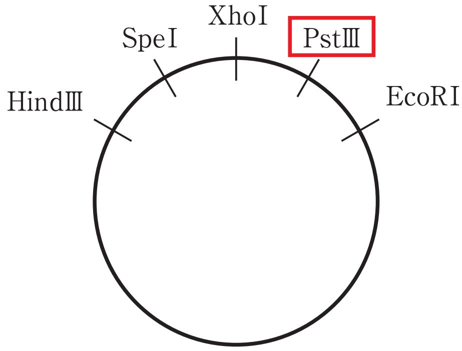


なども，生じる可能性はあるだろうが，
本問では４種類のバンドを生じていないので，
結果的になかった，ということになる。

ここまで考えることができたチームは，今回の問いでは得点とは無縁だが，思考力・想像力が高いと評価できる。

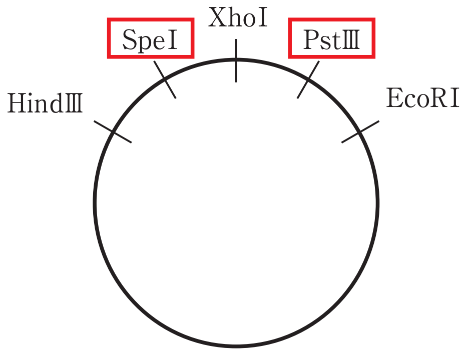
問３　まず最初に，インサートの塩基配列から，切断の可能性がある制限酵素を探す。

タンパク質の情報をベクターに組み込むのだから，タンパク質情報の左側（上流側）から１箇所，タンパク質情報の右側（下流側）から１箇所を切断箇所としたい。



そこで，使用するベクターにおいて認識部位をもつ制限酵素名を見ると，共通するものはインサートのタンパク質情報の右側にある「PstⅢ」しかない。これでは１箇所しかつなぐことができない。

しかし，ここで制限酵素の塩基配列をよく見ると，「SpeI」「XbaI」の２つの制限酵素は，のりしろ部分の塩基配列が同じである。つまり，「SpeI」で切断したDNA端は「XbaI」で切断したDNA端と相補的に結合することができるということである。



そこで再度見直してみると，ベクターには「SpeI」があり，インサートには，タンパク質情報の左側に「XbaI」がある。そして，ベクターの「SpeI」は，先ほど両者に共通して認識部位のあった「PstⅢ」よりもベクター上で左側に位置しているので，結合位置の左右も大丈夫である。

よって，正解は「XbaI」と「PstⅢ」となる。

問１

①	②
(ア)	(エ)

問２

③	④	⑤	⑥
(キ)	(シ)	(ク)	(ア)
⑦	⑧	⑨	⑩
(サ)	(エ)	(ス)	(オ)

問３

⑪	⑫
(シ)	(オ)

問４

(ウ)

問５

	正誤 （○または×）	正誤を判断した理由
(ア)	×	外界からの空気は後部空気嚢を経て肺へと導かれるが，図１に示されているように，後部空気嚢の O_2 濃度は17%とすでに外界の21%より低くなっており，O_2 が外界の濃度を保って肺へと導かれることはない。減少した４%の分だけ CO_2 が増加していることから，気管に残った肺からの呼気の一部と外界からの新しい吸気が混じり合って後部空気嚢に達したことがわかる。 （別解）図１と図２の解剖図からもわかる通り，ガス交換を終えて O_2 濃度の下がった呼気が気管に残り，これが外界からの吸気を混合するので，吸気の O_2 濃度は肺にいたる前に下がる。つまり，O_2 が外界の濃度を保って肺へと導かれることはない。
(イ)	○	表１に示されている鳥類と哺乳類は(5)にあるように O_2 消費速度に違いがないので，毎分外呼吸によって取り入れている酸素の量は同じである。一方，毎分の吸気の体積は， １回の吸気の平均体積(mL)×呼吸頻度(毎分の回数) で求めることができるが，この値は表１から鳥類と哺乳類でそれぞれ 鳥類　$13.2\times17.2=227.04$　約227 mL 哺乳類　$7.7\times53.5=411.95$　約412 mL である。したがって，鳥類は，哺乳類に比べて同じ体積の吸気から約２倍の O_2 を取り入れることができる。
(ウ)	×	鳥類の呼吸系全体の容積が哺乳類のものより約３倍大きいということは表１に示されているようにあり得ることではある。しかし，この場合も O_2 消費速度に違いがないのだから，取り入れている O_2 にも違いはない。つまり，呼吸系の容積が３倍だからといって３倍の O_2 を取り入れることができると主張することには無理がある。

【解説】

問1

①にはおもな呼吸基質の１つが入る。呼吸基質としては，炭水化物，脂肪，タンパク質があるが，タンパク質は飢餓状態などの呼吸基質の不足する状況でのみ主要な呼吸基質となり得るものなのでここでは当てはまらない。炭水化物と並んで普通の状況での呼吸基質となり得るものは脂肪である。

②にはエネルギー通貨と呼ばれる ATP が該当する。

問2

③　外呼吸器官をもたない扁平な動物は，㋐〜㋞の中では㋖のプラナリアだけである。

④　軟骨魚は，㋐〜㋞の中では㋛のエイだけである。

⑤　硬骨魚は，㋐〜㋞の中では㋗のヒラメだけである。

⑥　両生類は，㋐〜㋞の中では㋐のサンショウウオだけである。

⑦　爬虫類は，㋐〜㋞の中では㋚のワニだけである。

⑧　哺乳類は，㋐〜㋞の中では㋓のクジラだけである。

⑨　昆虫類は，㋐〜㋞の中では㋜のカマキリだけである。

⑩　書肺をもつものは，㋐〜㋞の中では㋔のクモ綱の動物であるサソリだけである。書肺をもつものはクモ綱の動物に限られるが，クモ綱にもダニのように書肺をもたずに気管によって外呼吸するものもある。なお，ムカデの外呼吸器官は気管である。

問3　図の㋐〜㋜の名称は次の通りである。

㋐ 毒腺，㋑ 脳，㋒ 食道，㋓ 胃，㋔ 動脈，㋕ 消化腺，㋖ 心臓，㋗ 排泄管，㋘ 卵巣
㋙ 出糸突起，㋚ 絹糸腺，㋛ 書肺，㋜ 腸

問4

図３の実験から，吸気は後部空気嚢を経て前部空気嚢にいたることがわかる。また，この実験結果から前部空気嚢から後部空気嚢への空気の流れがないこともわかる。図１に示された空気の組成の数値から，後部空気嚢から前部空気嚢へといたる間にガス交換が行われていること，すなわち空気は後部空気嚢から前部空気嚢へと流れる間に肺(傍気管支)を経由していることがわかる。図１および図２の解剖図から，吸気は気管を通って入り呼気は気管を通って出ることもわかる。これらを総合して㋒が正答であることがわかる。

問5

㋐〜㋒　解答例に示したとおりである。

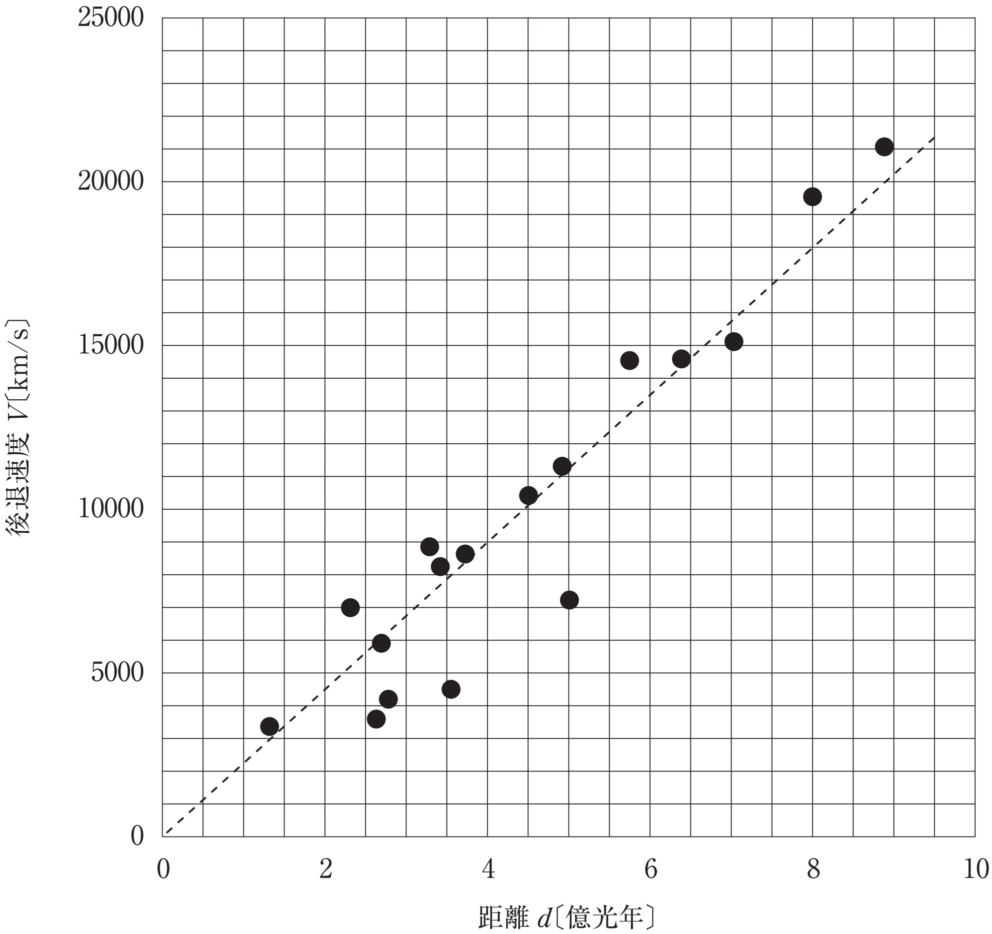
問１

1

問２

4.42×10^{4}～4.47×10^{4}　km/s の間の値

問３



問４

1800～2500　(km/s)/ 億光年の間の値

問5

(1) (ア)

(2) 120〜167　億年の間の値

【解説】

問1

式1のλ'を式2に代入すると

$$z=\sqrt{\frac{1+\dfrac{V}{c}}{1-\dfrac{V}{c}}}-1$$

となる。これを整理すれば，式3を得る。

問2

式2より，この銀河の赤方偏移zは，

$$z=\frac{761.3-656.3}{656.3}=0.160$$

となる。これを，式3をVについて解いた次式

$$V=\frac{(z+1)^2-1}{(z+1)^2+1}\times c$$

に代入すれば，

$$V=\frac{(0.160+1)^2-1}{(0.160+1)^2+1}\times 3.00\times 10^5=4.419\times 10^4\ \mathrm{km/s}$$

となる。

問4

原点とプロットの分布の真ん中を通る直線を，**問3**の解答例中の直線(破線)のようにとる。ハッブル定数Hは破線の傾きであり，最小二乗法を使って計算すると，2243 (km/s)/ 億光年になる。

問５　(2)

$V=Hd$ で表されるハッブルの法則は，時間を遡ると全ての銀河が一点に集まることを意味している。１億年＝10^8年，１年＝3.16×10^7 s，および，１光年＝光速×１年＝$(3.00\times10^5)\times(3.16\times10^7)$ km であることに留意すれば，ハッブル定数 H は，

$$H=2243\left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}\right)\frac{1}{(\text{億光年})}$$

$$=2243\times\frac{\dfrac{1}{3.00\times10^5\times3.16\times10^7}(\text{光年})}{\dfrac{1}{3.16\times10^7}(\text{年})}\frac{1}{10^8(\text{光年})}$$

$$=\frac{2243}{3.00\times10^5}\ \frac{1}{10^8(\text{年})}$$

$$=\frac{2243}{3.00\times10^5}\ \frac{1}{(\text{億年})}$$

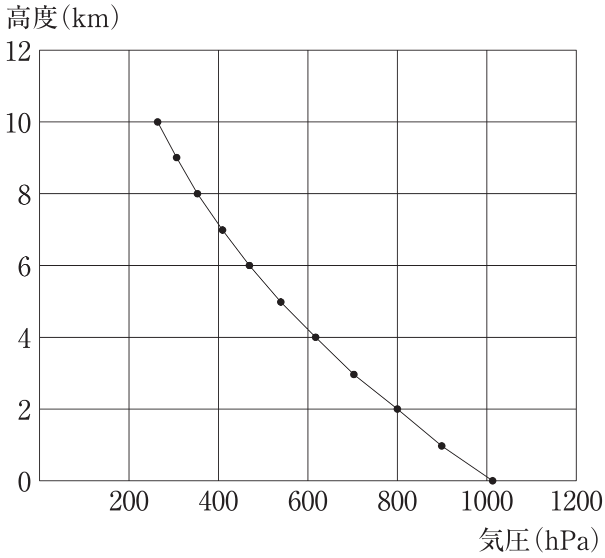
となるので，ハッブル時間は，

$$\frac{1}{H}=\frac{3.00\times10^5}{2243}=134\text{億年}$$

となる。よく知られている137億年は，ハッブル定数を $H=71$ (km/s)/Mpc とした場合の値である。(1 Mpc は10^6 pc で，1 pc＝3.26光年である。)

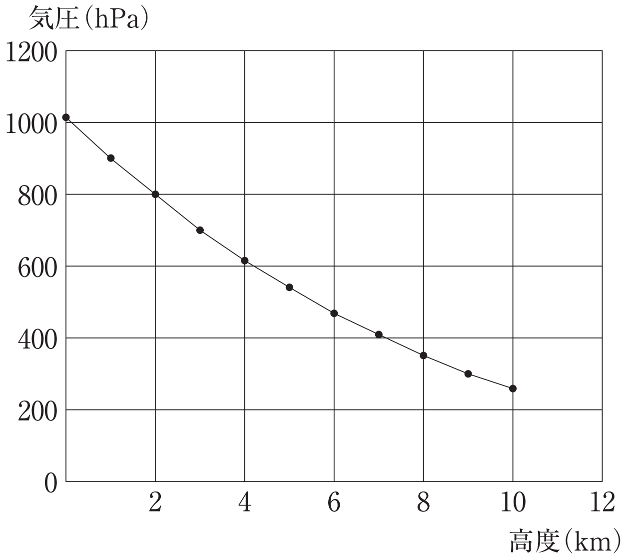
問 1

縦軸を高度(km)，横軸を気圧(hPa)とした場合のグラフ



または

縦軸を気圧(hPa)，横軸を高度(km)とした場合のグラフ



特徴

高度が高くなるにつれて，気圧の減少の割合が徐々に小さくなっている。

問２

地表に近い空気ほど，その上に存在する空気の重さによる圧力により強く圧縮され，高度が高くなるほど圧力が減り，圧縮の程度は弱くなる。そのため，上空ほど空気の密度は小さく，気圧の減少の割合は徐々に小さくなる。

問３

2.9×10　または　29

問４

9.98×10^2 hPa　または　998 hPa

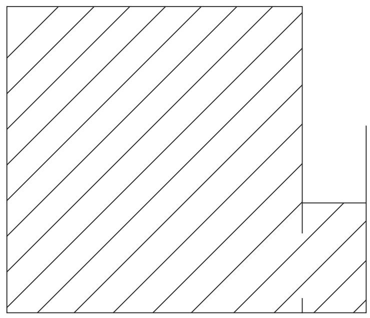
問５

5.3×10^{18} kg

問６

ガラス管内はすべて水で満たされる。

問７



＜断面図＞右図（例）

＜水槽の作り方＞

立方体の下部を手が入るぐらいに穴を切り抜き，用意されたアクリル板で，立方体を切り抜いた穴の外部に，穴よりも上縁が高くなるよう水を受けるポケットを作成する。

＜大気圧をどのように利用するか＞

立方体内をすべて水で満たし，側面の穴から空気が入らないようにして，切り抜いた穴よりも高く水を入れれば，ポケットの水面にかかる大気圧により（パスカルの原理により）ポケットから水がこぼれることはない。　　※「パスカルの原理」に言及していなくてもよい。

【解説】

問３

空気の平均分子量を計算するには，各気体の分子量とその体積比から求める。

窒素の分子は N_2 であるから分子量は28，酸素の分子は O_2 であるから分子量は32，アルゴンは単原子分子であるから分子量40である。それぞれに，体積比をかけると，

$28 \times 0.78 + 32 \times 0.21 + 40 \times 0.01 = 28.96$

となるから，答えを有効数字２桁で求めると，2.9×10　または　29　となる。

問４

容器の水銀面に対してガラス管内の水銀面（水銀柱）の高さが74.9 cm（0.749 m）の場合には，単位面積当たりでは容器の水銀面にはたらく大気圧と0.749 m の水銀柱にはたらく重力は釣り合っている。

したがって，0.749 m の水銀柱 1 m^2 にはたらく重力を求めると，

$0.749 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.80 \fallingdotseq 9.982 \times 10^4$ (N/m^2)

となる。

これを，気圧の単位 hPa に変換すると，

$9.98 \times 10^4 (N/m^2) = 9.98 \times 10^4 (Pa) = 9.98 \times 10^2 (hPa)$

となり，有効数字３桁の答えは　9.98×10^2 hPa　または　998 hPa　となる。

問５

地球を半径6.37×10^3 km（6.37×10^6 m）の球とすると，地球の表面積は，

$4 \times 3.14 \times (6.37 \times 10^6)^2 m^2$ となる。

1 m^2 当たり76.0 cm（0.760 m）の水銀柱にはたらく重力と大気圧は等しいことから，1 m^2 当たりの水銀の質量と大気の質量は等しいといえる。

1 m^2 当たりの水銀の質量は$0.760 \times 13.6 \times 10^3$ kg であるから，地球全体の大気の総量を求めるには，これに地球の表面積をかければよい。

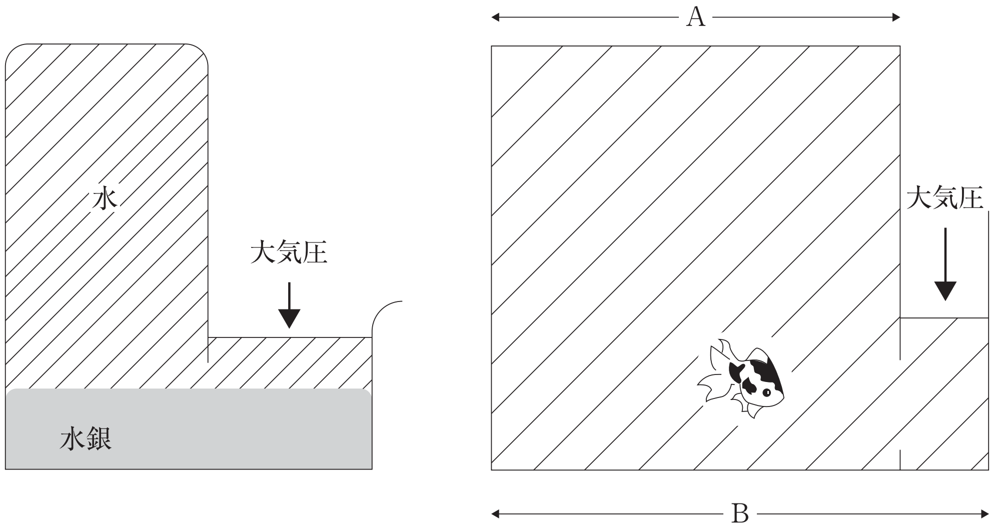
$0.760 \times 13.6 \times 10^3 \times 4 \times 3.14 \times (6.37 \times 10^6)^2 \fallingdotseq 5.26 \times 10^{18}$ (kg)

したがって，有効数字２桁の答えは　5.3×10^{18} kg　となる。

問６

ガラス管の下の縁が，水で満たされた高さまで持ち上げられると，ガラス管内に密度の低い水が侵入してガラス管内を上昇し，密度の高い水銀がガラス管の下へ移動する。水は水銀の13.6分の1の密度しかないので，１気圧（水銀柱が76.0 cm）の場合，水面にかかる大気圧によりガラス管内の水が上昇して大気圧と釣り合う高さは，$76.0 cm \times 13.6 \fallingdotseq 1033.6 cm$　となるため，1 m のガラス管内はすべて水で満たされる。

問７



問６の内容を応用して柔軟な発想で考えれば，正解を思いつくことができる。

つまり，左図のように水で満たされたガラス管が太くなり容器の壁面と一体となったと考えれば，太くなったガラス管がアクリル板でできた立方体(右図A)に相当し，水銀の容器が立方体の底面と側面の穴に付けるポケット(右図B)に相当することを思いつくことができる。

左図の水銀と水の入った容器の水面に大気圧がかかりガラス管内が水で満たされるのと同様に，右図のポケットの水面にも大気圧がかかり立方体内が水で満たされこぼれることはない。

なお，ポケットの水面の面積が小さくとも，パスカルの原理によって大気圧が液体のすべてに伝わり，ポケットから水がこぼれることはない。

※パスカルの原理とは，「密封容器の中の流体は，その容器の形に関係なく，ある一点に受けた単位面積当たりの圧力を，そのままの強さで流体のすべてに伝える。」というものである。

問１　例えば，次は答えの一例である。他にもいろいろな答えがある。

1	6	7
8	5	2
3	4	9

問２　例えば，次は答えの一例である。他にもいろいろな答えがある。

1	7	9	15
14	12	6	4
3	5	11	13
16	10	8	2

問３　例えば，次は答えの一例である。他にもいろいろな答えがある。

1	10	11	20	21
22	19	12	9	2
3	8	13	18	23
24	17	14	7	4
5	6	15	16	25

【解説】

問１は適当に試行錯誤していると，何とか答えが見つかると思うが，**問２**，**問３**は何かアイデアがないと表が作れないと思われる。例えば，以下のような考え方がある。

問２　次の２つの表を考える。

0	1	2	3
3	2	1	0
0	1	2	3
3	2	1	0

0	2	0	2
1	3	1	3
2	0	2	0
3	1	3	1

これらの表は，どのように2×2マスの正方形を選んでも，そこに書かれた４個の数の和が６になる。

$$(\text{左の表の値})\times 4+(\text{右の表の値})+1$$

をそれぞれのマスに書くと，次の表が得られる。

1	7	9	15
14	12	6	4
3	5	11	13
16	10	8	2

問３　次の２つの表を考える。

0	1	2	3	4
4	3	2	1	0
0	1	2	3	4
4	3	2	1	0
0	1	2	3	4

0	4	0	4	0
1	3	1	3	1
2	2	2	2	2
3	1	3	1	3
4	0	4	0	4

これらの表は，どのように2×2マスの正方形を選んでも，そこに書かれた４個の数の和が８になる。

$$(\text{左の表の値})\times 5+(\text{右の表の値})+1$$

をそれぞれのマスに書くと，次の表が得られる。

1	10	11	20	21
22	19	12	9	2
3	8	13	18	23
24	17	14	7	4
5	6	15	16	25

題意を満たす表を作る系統的方法は，上記の考え方以外にもいろいろある。そういうアイデアを創意工夫するところが，この問題のポイントである。

問 1

先手必勝なのは,

(1)　書かれている両方の数が偶数の場合

(2)　書かれている両方の数が奇数の場合

及び

(3)　$2n-1$と$2n$（n はある自然数）が書かれている場合

である。

以下，これを証明する。

黒板に書かれている自然数の総和を S とする。問題に与えられている操作を行った後に，黒板に書かれている自然数の総和を T とすると $T<S$ となり，総和は減少する。総和は自然数だから，S 回以内に操作は終了する。

さて，黒板に書かれている 2 個の自然数によって，以下の(1)〜(4)の 4 通りに分類できる。

(1)「書かれている両方の数が偶数の場合」

(2)「書かれている両方の数が奇数の場合」

(3)「$2n-1$ と $2n$（n はある自然数）が書かれている場合」

(4)「奇数 $2l-1$ と偶数 $2n$ が書かれていて $l \neq n$ の場合」

さらに，ゲームを進めていくと，1 個以下の数が黒板に書かれている状態になるが，それを

(5)「黒板に 1 個の偶数だけが書かれている場合」

(6)「黒板に 1 個の奇数だけが書かれている場合」

(7)「黒板に書かれた数がなくなり , 操作を行ったプレーヤーが負けるとき」

という 3 つの場合に分類して考える。

以下に，(1)，(2)，(3)，(5)の場合は先手必勝であり，(4)，(6)の場合は後手必勝であることを証明する。

それには，「(1)，(2)，(3)，(5)のいずれの状態からも，うまい操作を工夫すれば(4)または(6)の状態にできる」ことと，反対に，「(4)，(6)の状態からどのような操作を行っても(1)，(2)，(3)，(5)または (7)の状態になってしまう」ことを証明すればよい。そうすれば，先手は(1)，(2)，(3)または(5)の状態を常に保つことができるので負けになることはなく，後手は常に(4)，(6)または(7)のいずれかの状態であって，有限回で操作は終了するから，後手はいずれ(7)の状態になって負けになることがわかる。

(1)，(2)の状態のときは，小さいほうの数から 1 を引けば(4)の状態になる。

(3)の状態のときは，$2n$ から 1 を引くと，それは消されて(6)の状態になる。

⑸の状態からは，必ず⑹の状態になる。

⑹の状態の場合，書かれている奇数が1ならば，それから1を引くしかなく，⑺の状態になって，手番のプレーヤーの負けになる。書かれている奇数が3以上ならば，かならず⑸の状態になる。

最後に，⑷の場合を考える。プレーヤーは $2l-1$ から1を引くか，$2n$ から1を引くかしかない。$2n$ から1を引いた場合は⑵の状態になる。

$2l-1$ から1を引いた場合は，$2l-1=1$（つまり $l=1$）なら⑸の状態になる。また，$2l-1=2n+1$（つまり $l=n+1$）の場合も $2l-1$ から1を引くと $2n$ と等しくなるのでそれが消されて⑸の状態になる。$l \geqq 2$ で $l \neq n+1$ ならば，$2l-1$ から1を引くと⑴の状態になる。

以上で，証明が完了した。

問2

奇数 x が黒板に書かれていて $x+1$ が黒板に書かれていないとき，x を**良い奇数**と呼ぶことにし，奇数 x と偶数 $x+1$ が黒板に書かれているとき x を**悪い奇数**と呼ぶことにする。

以下の4つの状態(あるいは場合)を考える。

(a)「黒板に書かれている数はすべて偶数である」

(b)「黒板には2つの良い奇数が書かれていて，それ以外の数はすべて偶数である」

(c)「黒板には1つの良い奇数が書かれていて，それ以外の数はすべて偶数である」

(d)「黒板に書かれた数がなくなり，操作を行ったプレーヤーが負けるとき」

(a)，(b)の状態は先手必勝，(c)の状態は後手必勝であることを証明する。

それには，「(a)，(b)からうまい操作を行えば(c)の状態にできる」ことと，反対に，「(c)の状態からどのような操作を行っても(a)または(b)または(d)の状態になってしまう」ことを証明すればよい。

(a)の状態からは，どの数に対して操作を行っても奇数が1つ生じ，その奇数は良い奇数であるので，(c)の状態になる。

(b)の状態からは，小さいほうの奇数から1を引くと，奇数が1つだけ残り，残った奇数は良い奇数のままであるので，(c)の状態になる。

(c)の場合を考える。もし，奇数から1を引くと，それは偶数になるか，あるいは黒板から消されて，(a)または(d)の状態になる。

もし，偶数から1を引くとそれは良い奇数になる。このとき，もともと書かれていた良い奇数が，悪い奇数になることはない。したがって，(b)の状態になる。

以上で，証明が完了した。

【解説】

問 1　例えば，次のように考えれば，容易に解答にたどりつくと思う。

黒板に書かれている２つの数を a，b（ただし $a>b$）とする。ゲームの局面を，座標平面上の格子点(a, b)に対応させる。黒板に１つの数 a しか書かれていない状態は$(a, 0)$で表す。

そして，その局面(a, b)が先手必勝なら○を，後手必勝なら●を書き込んでいく。x 軸上の格子点$(a, 0)$については，次の図のようになることはすぐわかる。

●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

上の図を以下の(ア)，(イ)，(ウ)のように上に伸ばしていく。一般に，相手を●の状態に追い込めれば，自分が勝つことに注意する。

(ア)　格子点(a, b)について，$a \geqq b+2$，$b \geqq 1$ の場合には，その下$(a, b-1)$か左$(a-1, b)$に●が書かれていれば，そちらに向かって操作をすればよいので，(a, b)には○を書く。

(イ)　他方，下$(a, b-1)$も左$(a-1, b)$も○の場合は，(a, b)は後手必勝なので●を書く。

(ウ)　格子点$(a, a-1)$ $(a \geqq 2)$については，$(a, a-1) \to (a-1, 0)$と移動することができるので，$(a-1, 0)$が○か●かが関係してくる。対角線(a, a)上には$(a, 0)$と同じ色の丸をあらかじめ書いておくと，(ア)，(イ)と同じように$(a, a-1)$が○か●かを決定できる。

例えば，$b=1$ のところを a が小さいほうから順に決めていくと次の図のようになる。

1	●	○	○	●	○	●	○	●	○	●
0	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

同様に $b=2$ の行は次のようになる。

2		○	●	○	●	○	●	○	●	○
1	●	○	○	●	○	●	○	●	○	●
0	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

この作業を，$b=3$，4，...，10と進めていくと次の表が完成する。

10										○
9									●	○
8								○	●	○
7							●	○	○	●
6						○	●	○	●	○
5					●	○	○	●	○	●
4				○	●	○	●	○	●	○
3			●	○	○	●	○	●	○	●
2		○	●	○	●	○	●	○	●	○
1	●	○	○	●	○	●	○	●	○	●
0	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

問２　上の**問１**の考え方を発展させていけば，自然に解答に到達する。場合分けを正しく行うことがポイントである。悪い奇数についての考察を，うっかり忘れる答案が多いと思われる。つまり，奇数が１つだけの状態を後手に渡すことができるが，その時，その奇数 a の次の偶数 $a+1$ が含まれないことがポイントである。もし，悪い奇数 a が１個だけある状態を後手に渡すと，後手はその１つ上の偶数 $a+1$ から１を引くことができる。すると，良い奇数が１つだけの状態を先手に渡すことができ，後手必勝になってしまう。本質的に大きな問題ではないかもしれないが，この点に触れていない答案には多少のキズがある。

解答例以外の戦術も考えられるが，証明が複雑になる。

なお，このゲームはいろいろな変形が可能である。例えば，勝敗のルールを逆にして，最後の数を黒板から消したほうが勝つことにするとどうなるか，など考えてみると楽しい。

問１

01110011

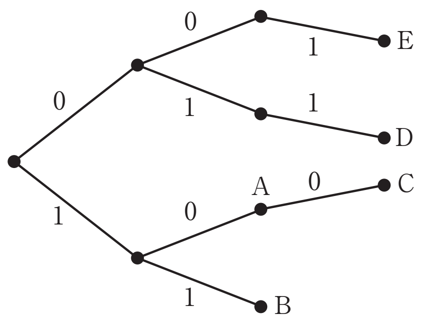
問２

ウ

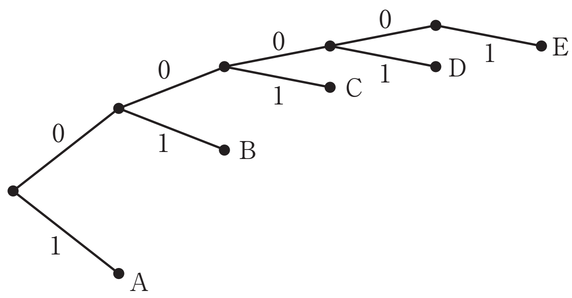
問３

符号(Ⅲ)と符号(Ⅴ)

問４



符号（Ⅳ）



符号（Ⅴ）

問５

符号(Ⅶ)と符号(Ⅸ)

問６

正しいもの：(ア)

誤ったものと反例の解答例：

(イ)　「A」=「1」,「B」=「10」,「C」=「110」,「D」=「1110」,「E」=「11110」とすると,「AB」=「110」と「C」=「110」が同じ符号語になるなど一意的に復号できない場合がある。

(ウ)　「ABABDDCE」を符号(Ⅱ)で符号化すると,「000001000001011011010100」となり, 24文字からなる符号語が得られる。一方, 一意的復号可能な符号のうち符号(Ⅲ)では「1011101100100101000」となり19文字, 符号(Ⅴ)では「1011010001000100100001」となり22文字となる。このことから, 符号(Ⅱ)が最も短く符号化できる符号語であるとは

いえない。

㈡ 「AAAA」という文字列を考えると，最も短く符号化できるのは符号(V)で，「1111」の４文字である。一方，符号(Ⅱ)では，「000000000000」の12文字に符号化される。すなわち，$L=3M$ となる場合もあるため，$L\leqq 2M$ が常に成立するとは限らない。

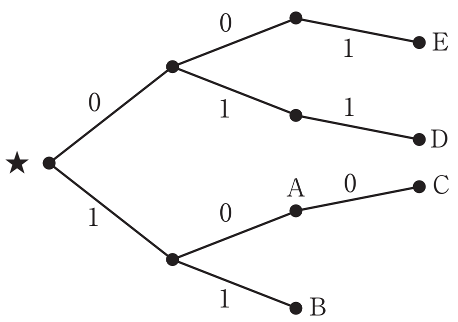
【解説】

問１　「C」=「01」，「D」=「11」，「B」=「001」，「E」=「1」であるため「CDBE」=「01110011」となる。

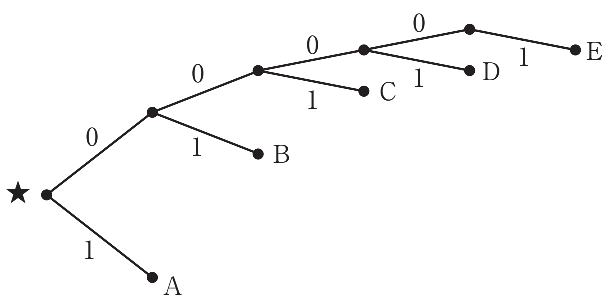
問２　(ウ)の「DAB」を符号化すると「11000001」が得られる。この符号語に対応する文字列は，「DAB」の他にも「EEAB」がある。(ア)，(イ)，(エ)についてはいずれも一意的に復号できる。

問３　符号(Ⅳ)では，「10011」に対応する文字列として，「AD」と「CB」の２つの文字列があり，一意的な復号とはいえない。符号(Ⅲ)と符号(Ⅴ)では，こうしたことは起こらない。

問４　２分木表現では，左端の端点「★」を起点として，上下２つに分かれる枝が右方向に広がっていく。対応する符号語がない場合は枝を伸ばさない(書かない)。



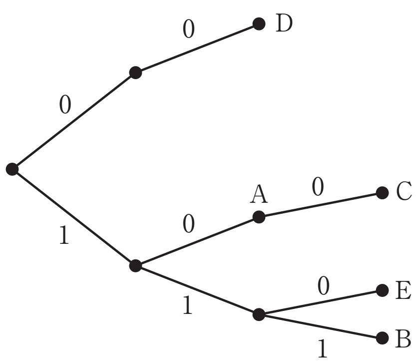
符号（Ⅳ）



符号（Ⅴ）

問５　図２の符号(Ⅵ)の２分木表現の例に従うと，表７の符号(Ⅶ)，表９の符号(Ⅸ)では，すべての符号語が「葉」に位置している。

一方，表８の符号(Ⅷ)は，右図のとおり「A」の符号語「10」が葉の位置にないため，「1000」という符号語を復号する際には，場合分けと判別が必要となる。



問６　解答例の説明のとおり。

問１

① ア

② イ

③ エ

④ ウ

⑤ 4

問２

⑥ 10

⑦ 18

⑧ 9

⑨ 20

⑩ 17

⑪ 16

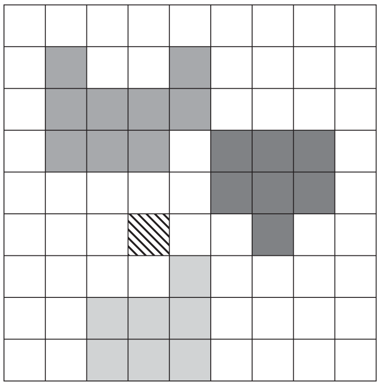
問３

⑫ Number[i,　j]＝count

【解説】

問１

①～④は隣接と連結の定義について確認した。設問⑤では右図の通り４つのブロックがある。



問２

⑥～⑦については，図６にステップ１の手続きを適用すると右図のようになる。

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	2	0	0	0	0
0	3	4	5	6	0	0	0	0
0	7	8	9	0	10	11	12	0
0	0	0	0	0	13	14	15	0
0	0	0	16	0	0	17	0	0
0	0	0	0	18	0	0	0	0
0	0	19	20	21	0	0	0	0
0	0	22	23	24	0	0	0	0

⑧～⑪については，図９および図11についてステップ２を必要な回数繰り返すと下図のようになる。

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	5	0	0	0	0	0
0	4	7	8	9	0	0	0	0
0	0	8	9	11	12	0	0	0
0	0	0	0	12	12	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	16	0
0	0	0	0	0	18	19	20	20
0	0	0	0	0	19	20	20	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

図９

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	9	0	0	9	0	0	0	0
0	9	9	9	9	0	0	0	0
0	9	9	9	0	17	17	17	0
0	0	0	0	0	17	17	17	0
0	0	0	16	0	0	17	0	0
0	0	0	0	24	0	0	0	0
0	0	24	24	24	0	0	0	0
0	0	24	24	24	0	0	0	0

図 11

問３

配列 Number には，ステップ２の手続きを経て得られた数字が記録されている。一方，変数 count の値は，黒の画素を見つけたときに１ずつ増えるように設計されているので，ス

テップ１の手続きによって黒の画素に割り当てられた数字を表している。黒のブロックを数えるには，ステップ２を経ても数字が変化しない画素を数えればよく，そのためには変数 count と配列 Number[i，j] を比較すればよい。