

物 理 (全3の2)

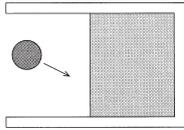


図2

2 1気圧のもとで、図2のように、質量 M (g)、温度 T_0 (°C) の物体を、質量 m_1 (g)、比熱 c_1 (J/(g·K))、温度 T (°C) の液体が入った容器に入れ、温度の変化を調べた。容器から熱は逃げないものとし、容器には熱が伝わらないものとする。つまり、熱は物体と液体の間だけで移動するものとする。また、物体や液体の比熱は温度によらずにそれぞれ一定とする。

I. はじめの物体の温度は液体の温度よりも高いとする。物体を液体に入れて十分に時間がたつと、物体と液体の温度はともに T (°C) となった。

(1) 物体が失った熱量はいくらか。

(2) 物体の比熱はいくらか。

II. 物体は氷で、はじめの氷の温度は液体よりも低いものとする。氷を液体に入れ十分に時間がたつたとき、液体の温度は 0 °C となった。

(3) 氷が得た熱量はいくらか。

(4) 氷が融解しなかった場合、氷の比熱はどのよう表されるか。

(5) 氷がすべて融解した場合、氷の比熱を c_2 (J/(g·K)) とすると、氷の融解熱はどのように表されるか。

物 理 (全3の1)

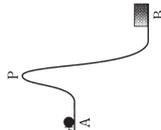


図1

1 図1のように、水平な平面上の点Aから、他端が壁に固定された軽いばねを用いて、質量 m の小物体を速さ v_0 で水平に打ち出す。図1の点Aと点Bは水平面上にあり、間は点Pで最高点となる曲線のレールでなめらかにつながれている。点Bのある水平面は点Aのある水平面よりも低い位置にある。打ち出された小物体は、レールを離れることなく運動し、点Pを越えて点Bに到達した。点Bには、小物体の運動エネルギーをすべて電気エネルギーに変換する装置Xが設置してある。点A、点P、点Bの基準水平面からの高さをそれぞれ h_A 、 h_P 、 h_B ($h_B > 0$) とする。重力加速度の大きさを g 、ばねのばね定数を k とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。物理量は国際単位系(SI)で表現してある。

(1) 点Pに達するための小物体の速さ v_0 の最小値はいくらか。

(2) 点Pに達するためにばねを自然の長さからいく以上縮める必要があるか。 v_0 を用いずに答えよ。

(3) 小物体が点Bのある水平面に達したとき、小物体の運動エネルギーと比べていくくら増加するか。

(4) 小物体が装置Xに達する直前では、小物体の重力による位置エネルギーのある水平面での重力による位置エネルギーと比べていくくら減少しているか。

(5) 小物体が点Aから装置Xに達したとき、生じる電気エネルギーはどのように表されるか。

(6) 1分あたり240個の小物体が装置Xに達して電気エネルギーが生じた。生じる電力は国際単位系でどのように表されるか。

物 理 (全3の3)

3 I. 図3のような箱(はく)検電器は、箱の引き方から帯電体の電荷の正負や電気量の大小を調べる装置である。その仕組みについて説明する次の文で、()内には適する語句を入れ、()からは最適なものを選んで文章を完成させなさい。

帯電していない箔検電器の上部の金属板に、負に帯電した塩化ビニル棒などの帯電体近づけると、金属版の電子の数は(ア)減少する・増加する・変わらない。一方、箔検電器の電気量の総量は(イ)増加する・減少する・変わらないため、帯電体から強い箔の電子の数は(ウ)減少する・増加する・変わらない。箔の電子同士には、(エ)引力がはたらく・斥力がはたらく・力ははたらかないため、箔は(オ)開く・閉じる・動かない。ここで、帯電体を近づけると、電子はもどおりに分布するため、箔は(カ)開く・閉じる・動かない。このように帯電体に近づけたとき、帯電体に近い側には帯電体と(キ)同符号・異符号の電荷が、遠い側には、帯電体と(ク)同符号・異符号の電荷が現れる。この現象を帯電体の(ケ)という。少し開いた箔検電器全体を金属板で囲んでその外側から正に帯電した帯電体を金属板に近づけると、箔は(コ)開く・閉じる・動かない。これは(サ)と呼ばれるはたらきによるものである。

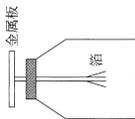


図3

II. はじめ、箔検電器に電荷を与えて箔を開いた状態にする。次に上部の金属板に正に帯電した帯電体を遠方から近づけたところ、箔は次第に閉じていき、やがて完全に閉じた。その後、棒をさらに金属板に近づけると箔は開いた。このような場合について、次の問いに答えなさい。

- (1) はじめの状態、金属板にある電荷と箔にある電荷は、同符号か、異符号か。
- (2) 箔が完全に閉じたとき、金属板にある電荷は、正か負かそれともゼロか。
- (3) はじめに箔検電器に与えた電荷は、正か負かそれともゼロか。
- (4) 棒をさらに金属板に近づけて箔が開いたときの箔の電荷は、正か負かそれともゼロか。
- (5) 最後の箔が開いた状態で、棒はそのままにして、金属板に手を触れてその後金属板から手を離す。棒はそのままにして、金属板に手を触れて箔が閉いた状態は、開いたままか、閉じたままか、しだいに開くか、しだいに閉じるか。

化 学 (全2の1)

全問をとおして、必要であれば次の原子量を用いよ、H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

1 以下の問いに答えよ。

- (1) 次の物質のうち、単体はどれか。
 (ア) アルミニウム (イ) 塩化ナトリウム (ウ) ドライアイス (エ) 水 (オ) メタン
- (2) 化学式が XZ_2 型の化合物をつくる元素Xと元素Zの原子番号の組合せはどれか。
 (ア) 1と17 (イ) 2と10 (ウ) 6と16 (エ) 8と12 (オ) 9と11
- (3) 少量の食塩を含む硝酸カリウムから、純粋な硝酸カリウムを得る際に最も適した分離操作はどれか。
 (ア) クロマトグラフィー (イ) 再結晶 (ウ) 蒸留 (エ) 抽出 (オ) ろ過
- (4) 極性分子はどれか。
 (ア) 窒素 (イ) 二酸化炭素 (ウ) メタン (エ) 硫化水素 (オ) 酸化水素
- (5) 次の化合物のうちカルボキシ基を含んでいるのはどれか。
 (ア) アニリン (イ) 安息香酸 (ウ) ニトロベンゼン (エ) フェノール (オ) ベンゼンスルホン酸

2 過酸化水素は水溶液中で $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ (式1)のように分解し、水と酸素を生成する。この反応を温度一定の条件下、過酸化水素の濃度 $[H_2O_2]$ を変えて行い、過酸化水素が分解する速度 v を測定したところ下表の結果が得られた。以下の問いに答えよ。

表 過酸化水素の濃度 $[H_2O_2]$ と過酸化水素が分解する速度 v との関係

$[H_2O_2]$ [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1.7	0.0014
3.4	0.0028
6.8	0.0056

- (1) (式1)の反応の速度式を $v = k[H_2O_2]^n$ および反応速度定数 k を用いて表せ。さらに、 k の値を有効数字2桁で求めよ。
- (2) (式1)の反応の条件を次の(A)、(B)のように変化させ、他の条件を変えずに実験を行うと、 v はどのように変化するか。以下の(ア)~(ウ)から選び、記号で答えよ。またそのように考えた理由を説明せよ。

- 反応条件の変化：(A) 反応温度を上げる (B) 触媒を加える
 v の変化：(ア) 大きくなる (イ) 変化しない (ウ) 小さくなる

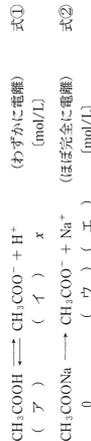
3 A~Eは金属元素であり、これらの単体は硬貨の材料として用いられている。A~Cは単体が酸の水溶液とも強塩基の水溶液とも反応する(ア)金属である。しかし、Aの単体は濃硝酸に対して(イ)となり、溶けない。また、A~Cの酸化物や水酸化物も、酸とも強塩基とも反応するが、Bの水酸化物は過剰のアンモニア水にも溶けて無色の溶液となる。AとCは、元素の化学的性質が原子番号とともに規則的に変化する(ウ)元素である。一方、B、D、Eは、周期表で同一周期の隣り合う元素間でも化学的性質が類似する(エ)元素である。DとEの単体は希硝酸とは反応しないが、濃硝酸に溶けて気体を発生する。化合物を形成するときには、Dは+1の酸化数、Eは+1と+2の酸化数をとる。Dのイオンを含むアンモニア水溶液にグルコース水溶液を加えて熱すると、Dの単体が析出する。この反応を(オ)反応という。また、Eのイオンを含む(カ)液にグルコース水溶液を加えて熱すると、Eのイオンが還元されて赤色沈殿を生じる。以下の問いに答えよ。

- (1) (ア)~(カ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) A、C、Dの金属元素を元素記号で答えよ。

化学 (全2の2)

4 水溶液の緩衝作用に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。ただし、水溶液の温度は25℃に保たれているものとする。

純水に強酸や強塩基を加えると、少量でもpHは大きく変化する。例えばpH7.0の純水1.0Lに10 mol/Lの塩酸を1.0 mL加えると、pHは(A)となる。一方で、酢酸CH₃COOHと酢酸ナトリウムCH₃COONaの混合水溶液は、少量の強酸や強塩基を加えても、そのpHはほぼ一定に保たれる緩衝作用を示す。このような水溶液を緩衝液という。酢酸と酢酸ナトリウムを混合して緩衝液をつくるとき、緩衝液中の酢酸および酢酸ナトリウムの電離前の濃度をそれぞれC₁(mol/L)とC₂(mol/L)とする。電離後の各成分の濃度は、水素イオン濃度[H⁺]をx(mol/L)とすると、式①と式②のようになる。



緩衝液中のすべての酢酸イオンの濃度は(イ)と(ウ)の和であり、xはC₁とC₂に對して十分小さいので、これらの濃度と酢酸の電離定数K_aの間に次の式③が成立する。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C_1 \cdot x}{C_2} \quad \text{式③}$$

式③を用いて、この緩衝液の作用を確認してみる。濃度が0.10 mol/Lの酢酸水溶液1.0Lに、酢酸ナトリウムの結晶0.30 molを溶かして緩衝液をつくと、この緩衝液のpHは(B)である。この緩衝液1.0Lに12.5 mol/Lの塩酸4.0 mLを加えるとpHは(C)になる。この場合、(オ)の原理によって平衡が動き、塩酸から生じるH⁺は(カ)と反応して(キ)が生成することにより[H⁺]はほとんど増加しない。このことから、この緩衝液の緩衝作用が確認できる。

- (1) (A)にあてはまる整数値を答えよ。ただし加えた塩酸による体積変化は無視できるものとする。
- (2) (ア)～(エ)にあてはまるモル濃度(mol/L)をC₁、C₂、xを用いて記せ。
- (3) (B)と(C)にあてはまる数値を有効数字2桁で求めよ。ただし、25℃でのK_aは2.7×10⁻⁵ mol/Lとし、酢酸ナトリウムの溶解による体積変化、および加えた塩酸による体積変化は無視できるものとする。必要であればlog₁₀3 = 0.48, log₁₀5 = 0.70を用いよ。
- (4) (オ)～(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

5 炭化水素にはいくつかの種類がある。C_nH_{2n+2}の一般式で表されるものは(ア)といわれ、このうちn = 1で表されるものは(イ)である。このように、共通の一般式で表される一連の化合物を(ウ)という。nが(エ)以上の(ア)では、同じ分子式で表されるが構造の異なる化合物がいくつかある。このような化合物を互いに構造異性体であるという。例えばn = 6の場合には(オ)種類の構造異性体が存在する。一方、C_nH_nの一般式で表され、また分子内の炭素原子間に二重結合を1つもつ環式炭化水素を(カ)という。以下の問いに答えよ。

- (1) (ア)～(カ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) ある炭化水素2.10 mgを完全に燃焼させると、二酸化炭素が6.60 mg得られた。0℃、1.013×10⁵ Paにおいて、この炭化水素1.05 gは0.560 Lの体積を占める気体である。この炭化水素に臭素水を加じると臭素水の色が消えた。この炭化水素の示性式を答えよ。

生物 (全2の1)

1 人類活動において石炭や石油などの(1)を燃やすと、(2)・窒素酸化物・硫黄酸化物などが排出され、これらは生態系に悪影響を及ぼす。(2)は地表から出る熱を吸収し地上に戻すことから(3)ガスと呼ばれ、地球の平均気温を上昇させている。(4)は地表から出る熱を吸収し地上に戻すこと、(2)の増加を促す原因のひとつである。一方で窒素酸化物や硫黄酸化物は、(4)や光化学スモッグの原因となり、大気や土壌だけでなく河川や海洋の生態も汚染する。また、かつて様々な工業目的に利用されたフロンは(3)に加えて、紫外線を吸収するほたけを持つ地球の(5)層に働きかけ、(5)層を薄くすることが知られている。

- 問1 文中の空欄(1)から(5)にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 下線aの(2)やフロン以外の(3)ガスを1つ答えなさい。
- 問3 下線bの(2)が植物の光合成などによって吸収され、有機物へと変換される過程を何とよいか、答えなさい。また、空欄(A)から(C)に適切な化学式を当てはめ、光合成の化学反応式を完成させなさい。
6(A) + 12H₂O → (B) + 6(C) + 6H₂O
- 問4 下線cの、水質を汚染する他の人為的要因には生活排水や工業排水もある。(7)から(9)を何とよいか、それぞれ答えなさい。
- (7) 排水に含まれる物質によって水中の栄養素が増えること。
- (8) (7)が原因で、海域でプランクトンが大量発生する現象。
- (9) (8)によって、水中から大きく減少する物質。
- 問5 下線dによって、発症の確率が上昇する病気を以下の①から⑤より2つ選び、番号で答えなさい。
① 花粉症 ② 糖尿病 ③ 白内障 ④ 日和見感染症 ⑤ 皮膚がん

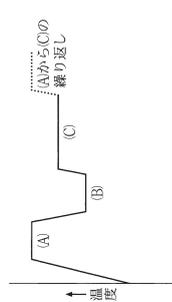
2 体液性免疫では、(1)により活性化された(2)が、(3)へと分化し、(4)を体液中に分泌するようになる。(4)は、全身に送られ、特定の(5)と特異的に結合する。一般に、ヒトの体内では、自己(5)に反応するリンパT細胞は、成熟過程で削除されたり、不活性化されるため、自己に対する免疫応答が抑制されている状態にあり、自己免疫疾患を発症することがある。

- 問1 文中の(1)から(6)に当てはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 下線aについて、以下の①から④のうち正しい記述を全て選び、記号で答えなさい。
(1) (4)は、ウイルス感染細胞の表面に提示された(5)と結合して、感染細胞を直接破壊する。
(2) (4)は、マクロファージ表面に提示された(5)と結合することで、その食作用を促進する。
(3) (4)は、ヘルパーT細胞と結合することで、T細胞を抑制し、病状を軽減させることができる。
(4) (4)が、移植された臓器の細胞表面に提示された(5)と結合して、細胞を直接破壊してしまうため、臓器移植の際の拒絶反応が現れる。
- 問3 (4)が、アレルゲンと呼ばれる(5)と結合することで、過敏で生体に不都合な免疫応答が起こってしまうことがある。
- 問4 下線bのような状態を何とよいか答えなさい。
問5 下線cの自己免疫疾患には、ハセドウ病や1型糖尿病などがある。ハセドウ病では、甲状腺に存在するホルモンA受容体に結合する(4)が産生されることで、甲状腺におけるホルモンBの過剰な産生・分泌が起こる。1型糖尿病では、ホルモンCを産生・分泌する膵臓のβ細胞が破壊されてしまう。
① 文中のホルモンA、ホルモンB、ホルモンCの名称をそれぞれ答えなさい。
② 文中下線dの膵臓のβ細胞と細胞の名称をそれぞれ答えなさい。

生 物 (全2の2)

- 3 DNAやRNAを構成する基本単位は(1)と呼ばれ、(2)、糖、リン酸からなる。DNAの(2)にはアデニン、グアニン、(3)、(4)の4種類があり、RNAは(4)の代わりに(5)を持っている。DNAは2本の(1)の鎖からなるらせん状の構造をしている。DNAが複製される時、ほどけた2本鎖DNAのそれぞれの鎖を鋳型として、(2)が決まった相手同上で対を形成しながら新しい鎖が作られていくので、結果として同じ配列からなる2組の2本鎖ができることになる。
- 問1 文中の空欄(1)から(5)に当てはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 下線のようなDNAの性質を向うか、答えなさい。
- 問3 アデニンと対を形成することができる(2)の名称を全て答えなさい。
- 問4 ある生物のDNA全体に含まれるアデニンが32%であり、片側の鎖に含まれるアデニンが35%であったとき、同じ鎖に含まれる(4)の比率(%)を答えなさい。
- 問5 真核細胞においてDNAを含む細胞小器官を全て答えなさい。
- 問6 (1)と同じ構造を持つ、生物のエネルギー分子を答えなさい。

4 PCRは微量な試料から任意のDNA領域だけを特異的に増幅する技術であり、現在の様々な科学的検査には欠かせない。一般的なPCRは図1のようにAからCの3つの温度変化を繰り返すことで行われる。この温度変化によって、2本鎖のDNAを1本鎖にする(図2の(ア)の反応)、短い1本鎖DNAである(ア)と解離した1本鎖DNAを結合させる(図2の(イ)の反応)、^(b)標差反応によるDNA鎖の伸長が行われる。



- 問1 文中および図2で示された(ア)および(イ)は、図1のAからCのどの段階で行われるか、記号で答えなさい。
- 問2 (ア)によって2本鎖DNAの塩基対の結合が解離する。この塩基対の結合の名称を答えなさい。
- 問3 文中(ア)の名称を答えなさい。
- 問4 図2で示されたDNAの場所をPCRで増幅したい場合、どの場所に(ア)を用意する必要があるか、図2の①から④の中から全てを連ねて番号で答えなさい。
- 問5 任意の15塩基からなる(ア)を設計した場合、この(ア)の配列と同じ配列は、ヒトゲノム中に確率的に何個存在するか、答えなさい。ヒトゲノムは30億塩基対とする。また 4^5 を 10^3 の近似値として用いなさい。
- 問6 下線(a)について、以下の①から⑥の検査のうち、PCRが用いられているものを全て選び、番号で答えなさい。
- ① 鼻拭い液にウイルスが存在しているかどうか調べる検査
 - ② 任意の2人に親子関係があるかどうか調べる検査
 - ③ 野菜に農薬が残留しているかどうか調べる検査
 - ④ 放射性物質の汚染検査
 - ⑤ 犯罪現場の遺留品から採取されたDNAが容疑者と一致するかどうか調べる検査
 - ⑥ ウイルスに対する抗体が血液中に存在するかどうか調べる検査
- 問7 下線(b)の酵素の名称を答えなさい。

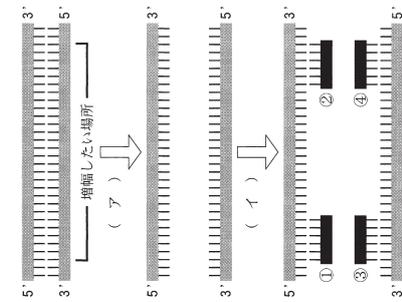


図2