

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：1 出題科目 60 分 2 出題科目 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た科目について解答しなさい。
- 3 各科目の問題冊子のページ、解答用紙および計算用紙の枚数は、下表のとおりです。

出 題 科 目	問題冊子(ページ)	解 答 用 紙	計 算 用 紙
「物理基礎・物理」	1～6	3 枚	1 枚
「化学基礎・化学」	7～14	3 枚	1 枚
「生物基礎・生物」	15～19	2 枚	

- 4 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 6 問題冊子の余白は適宜利用して構いません。
- 7 試験終了後、解答用紙および計算用紙(物理、化学)を回収します。

物理基礎・物理

- 〔1〕 小球が床あるいは斜面と衝突する場合について、以下の問1～7に答えよ。ただし、小球の質量を m 、重力加速度の大きさを g 、小球と床との衝突および小球と斜面との衝突における反発係数を e とする。また、小球の大きさ、小球と床との間および小球と斜面の間にはたらく摩擦力、空気の抵抗は無視できるものとする。

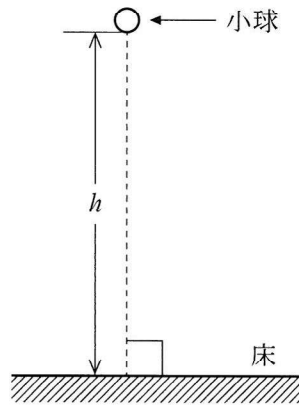


図1

図1のように、滑らかで水平な床に対して、小球を床より高さ h の位置から自由落下させた。

問1 小球が床に初めて、つまり1回目の衝突をした直後における小球の速さを e 、 g 、 h 、 m のうち必要なものを用いて表せ。

問2 小球が床に1回目の衝突をしてから2回目の衝突をするまでにかかる時間を e 、 g 、 h 、 m のうち必要なものを用いて表せ。

問3 小球が床に1回目の衝突をしてから2回目の衝突をするまでの間において、小球が最高点に達したときの床からの高さを h_1 、2回目の衝突をしてから3回目の衝突をするまでの間において、小球が最高点に達したときの床からの高さを h_2 とする。

(1) h_1 を e 、 g 、 h 、 m のうち必要なものを用いて表せ。なお、解答欄には簡潔な説明を付けよ。

(2) $\frac{h_2}{h_1}$ を e 、 g 、 h 、 m のうち必要なものを用いて表せ。

次に、水平な床が斜面に変わるとどうなるかについて考える。図2のように水平面から角度 θ だけ傾いた滑らかな斜面に対して、小球を自由落下させた。小球は鉛直距離 h だけ落下した点 O にて斜面と1回目の衝突をした後、斜面上の点 A_1 と2回目の衝突をした。その後は、斜面上の点 A_2 と3回目の衝突をした。図2のように、点 O から斜面に沿って下向きに x 軸を、斜面から垂直上向きに y 軸をとる。また、1回目の衝突から2回目の衝突の間における小球の斜面からの距離の最大値を H_1 、2回目の衝突から3回目の衝突の間における小球の斜面からの距離の最大値を H_2 とする。

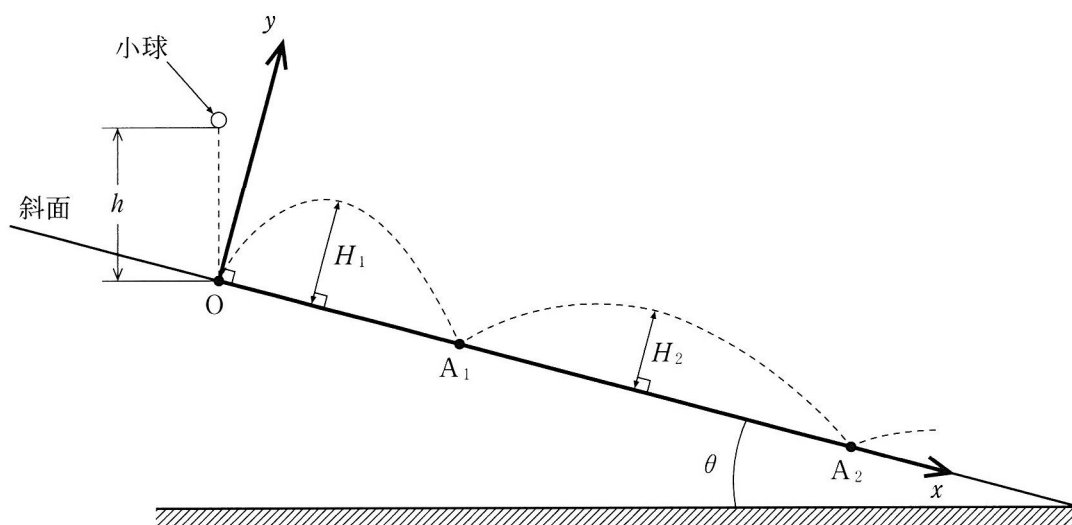


図2

問4 以下の(1)~(3)の各量を e, g, h, m, θ のうち必要なものを用いて表せ。

- (1) 斜面と1回目の衝突をする直前における小球の速度の x 成分および y 成分
- (2) 重力加速度の x 成分および y 成分
- (3) 斜面と1回目の衝突をした直後における小球の速度の x 成分および y 成分

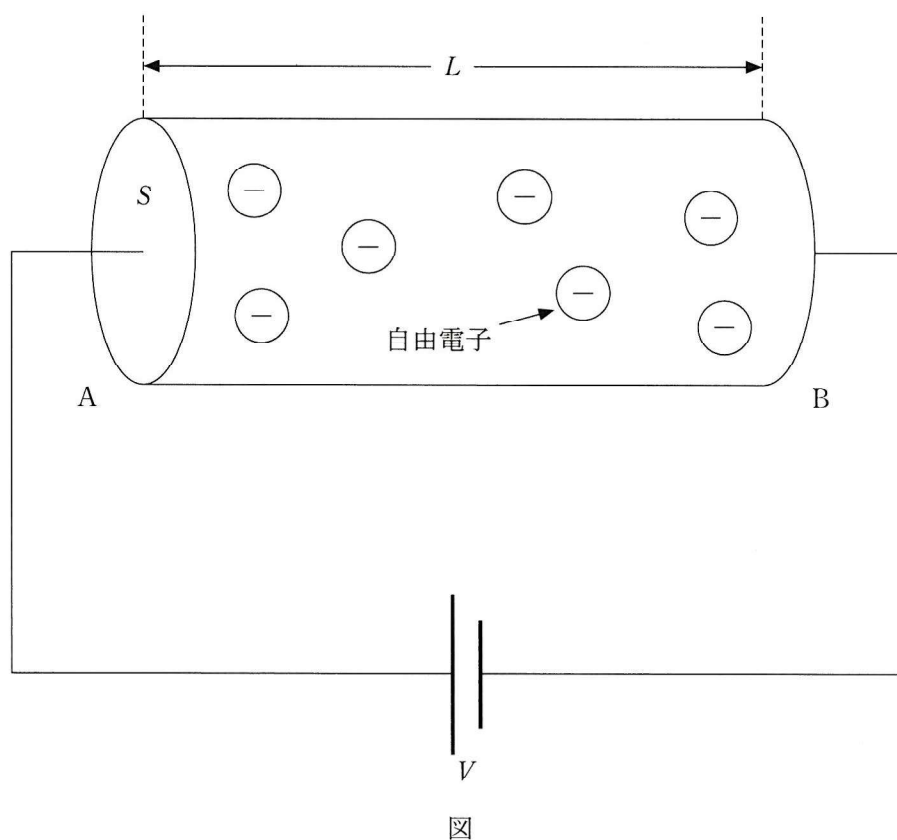
問5 小球が斜面上の点 O で衝突してから点 A_1 で衝突するまでにかかる時間を e, g, h, m, θ のうち必要なものを用いて表せ。

問6 H_1 を e, g, h, m, θ のうち必要なものを用いて表せ。なお、解答欄には簡潔な説明を付けよ。

問7 H_1 と H_2 の関係が $\frac{H_2}{H_1} = \frac{3}{4}$ であるとき、 $\sqrt{3} = 1.73$ と近似して e の値を求めよ。

〔2〕 次の文章を読み、以下の問1・2に答えよ。

図のように長さ L 、断面積 S の一様な円柱状の導体棒内に電気量 $-e$ の自由電子が存在している。この導体棒における単位体積あたりの自由電子の数を n とする。導体棒の両端 A と B の間に電圧 V を加えると、自由電子は を受けて加速され、同時に、導体棒中の陽イオンなどと衝突を繰り返して とみなせる力を受ける。そして、導体棒の中の と が釣り合うと、全自由電子は平均として一定の速さ v_d で運動する。このとき、 は速さに比例する力(比例係数を k とする)とみなすことができる。以下では、すべての自由電子に等しく と の力がかかっているとみなせるものとする。



問 1 次の(1)~(5)に答えよ。

- (1) 文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ は何の力が該当するか。適切な言葉で埋めよ。
- (2) 導体棒内の1個の自由電子が受ける $\boxed{\text{ア}}$ の大きさを e, k, n, L, S, V のうち必要なものを用いて表せ。また、この力の向きを解答欄に矢印で表せ。
- (3) v_c を e, k, n, L, S, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) オームの法則が成り立つとき、導体棒の抵抗 R を e, k, n, L, S, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) この導体棒の長さ L は 7.0 cm 、断面の直径は 2.0 cm 、抵抗 R は 5.0Ω である。また、この導体棒の単位体積あたりの自由電子の数 n は $1.0 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ である。比例係数 k の値を kg/s の単位でかつ有効数字2桁で求めよ。ただし、円周率を 3.1 として、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

問 2 図の導体棒について、自由電子が電場からされる単位時間あたりの仕事を考える。

- (1) 導体棒中の自由電子1個が電場からされる単位時間あたりの仕事 P を e, k, n, L, S, V のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 導体棒中の全自由電子が電場からされる仕事率の総和 P_{total} を e, k, n, L, S, V のうち必要なものを用いて表せ。

[3] 以下の問 1・2 に答えよ。

問 1 ドップラー効果を利用して運動している物体の速さを測定する方法について考えてみよう。

図 1 のように、観測者、振動数 f の音波を発する音源、移動できる反射体が同一直線上に配置されている。観測者と音源は地面に対して静止しており、反射体はこの直線上を観測者や音源から一定の速さ u で遠ざかっている。このとき、観測者が反射体で反射した音波と音源から直接届く音波と一緒に観測したところ、周期 T のうなりが観測された。空気中の音速を V 、風はないものとして、次の (1)、(2) に簡潔な説明を付けて答えよ。

(1) u を f 、 T 、 V を用いて表せ。

(2) $f = 4.00 \times 10^2 \text{ Hz}$ 、 $T = 1.25 \times 10^{-1} \text{ s}$ 、 $V = 3.41 \times 10^2 \text{ m/s}$ として、 u を km/h の単位でかつ有効数字 3 桁で求めよ。

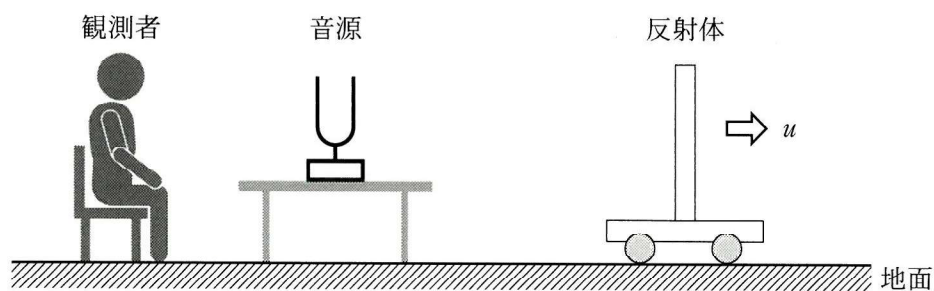


図 1

問 2 次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えよ。

原子核の中には自ら放射線を出して他の原子核に変わるものがあり、この変化を放射性崩壊という。原子核が崩壊する確率は原子核の種類によって異なり、原子核の数が元の数の半分に減少するまでの時間を半減期という。初めに存在した原子核の数が N_0 であった場合、時間 t だけ経過したときに崩壊せずに残っている原子核の数 N は、半減期 T を用いて、 $N = \boxed{\text{ア}}$ で表される。この半減期を利用した植物の年代測定について考えてみよう。

大気中にはごく微量の放射性炭素 ^{14}C が存在し、 ^{14}C は $\boxed{\text{イ}}$ して ^{14}N となり減少していく。安定同位体である ^{12}C の数は変わらない。以下では、 ^{12}C の数に対する ^{14}C の数の比を R とし、大気中の R を R_a 、植物内の R を R_p と表す。

植物は光合成によって大気中の炭素を取り込んでおり、 R_p はその時の R_a と等しいと考えられる。植物の生命活動が終了すると炭素の取り込みは停止する。この後、植物内の ^{14}C の数は減少していくのに対して ^{12}C の数は変化しない。このことから、現在の R_p を測定することによって、その植物の生命活動が終了した時期を推定することができる。

(1) 文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ を適切に埋めよ。ただし、 $\boxed{\text{ア}}$ には数式を、 $\boxed{\text{イ}}$ には下の選択肢から適切な言葉を選び①~③の番号を入れよ。

- ① α 崩壊
- ② β 崩壊
- ③ γ 壊変(γ 線放出または γ 崩壊)

(2) R_a が時間によらず常に一定に保たれていたと仮定する。 R_a とある植物の R_p の推移が図2であった場合、この植物の生命活動が終了した時点Xは現在から何年前と推定されるか。 ^{14}C の半減期を 5.7×10^3 年として有効数字2桁で求めよ。

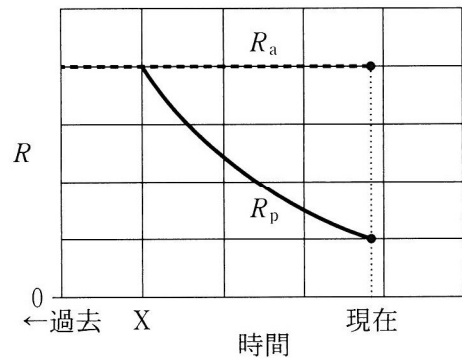


図 2

(3) R_a が図3の(a)・(b)のどちらかのように推移してきたと仮定する。この植物の生命活動が終了した時点が、 R_a が一定として推定した時点Xよりも過去になると推定できるのは、(a)・(b)のどちらか。適切な方を選び、簡潔な説明をつけて答えよ。ただし、 R_a と R_p の現在の値は、(2)の現在の値と同じである。なお、解答欄の図は必要に応じて使用してもよい。

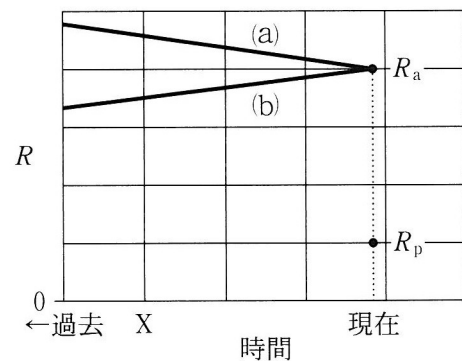


図 3

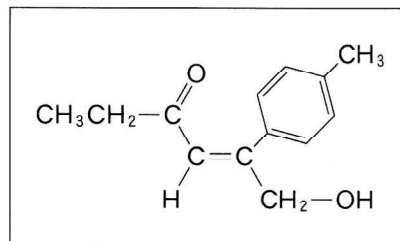
化学基礎・化学

〔注意〕

1. 必要があれば、以下の数値を用いよ。

$$\text{ファラデー定数 } F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

2. すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。
3. 有機化合物の構造式は、右図にならって示せ。



〔1〕 次の各問に答えよ。

問 1 希塩酸に加えると二酸化炭素を発生する化合物の化学式を一つ書け。

問 2 食塩水にその水溶液を加えると白色沈殿を生じる化合物の化学式を一つ書け。

問 3 以下の記述(1)~(3)に対して適切なものを選択肢(a)~(e)から選び記号で答えよ。答えは1つとは限らない。

(1) 元素の周期表において最も反応性の低い族

- (a) 1族 (b) 2族 (c) 16族 (d) 17族 (e) 18族

(2) イオン結合を形成するときに2価の陽イオンになる原子

- (a) F (b) Mg (c) Li (d) Al (e) S

(3) 常温・常圧で単体が二原子分子の状態で安定に存在するもの

- (a) ヘリウム (b) 窒素 (c) アルゴン (d) 臭素 (e) カルシウム

問 4 pHが13.00である水酸化バリウムBa(OH)₂水溶液のモル濃度を有効数字2桁で答えよ。水酸化バリウムは水溶液中で完全に電離しており、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。計算の過程も示せ。

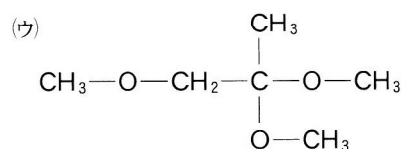
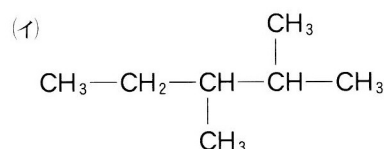
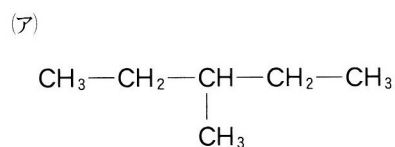
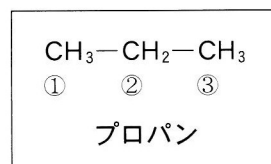
問 5 塩化アンモニウム NH_4Cl と水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ を混合すると、刺激臭を持つ気体が発生し、温度が低下した。

(1) この反応の化学反応式を書け。

(2) この反応が吸熱反応であるにもかかわらず自発的に進行する理由を以下の語句をすべて用いて説明せよ。

語句：エントロピー，気体，固体，分子の数

問 6 プロパンは3つの炭素原子を持つが、①と③の炭素原子は結合している原子と原子団(3つの水素原子と1つのエチル基 $-\text{CH}_2\text{CH}_3$)が同じであり、化学的な環境が等しい。これを互いに等価であるという。一方、②の炭素原子は結合している原子と原子団(2つの水素原子と2つのメチル基 $-\text{CH}_3$)が異なるので、①と③の炭素原子と等価ではない。したがってプロパンには化学的に非等価な炭素原子が2種類存在するといえる。この考え方に基づき、以下の化合物(ア)~(ウ)には化学的に非等価な炭素原子が何種類存在するか答えよ。



問 7 以下の化合物(a)~(g)のうち、その構造中に二重結合を含まないものはどれか、記号で答えよ。答えは1つとは限らない。

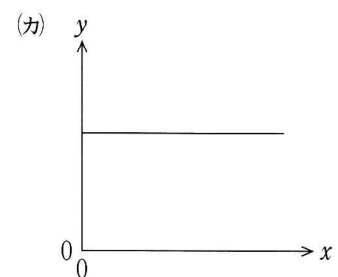
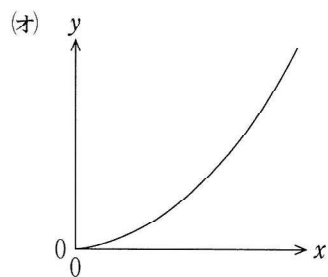
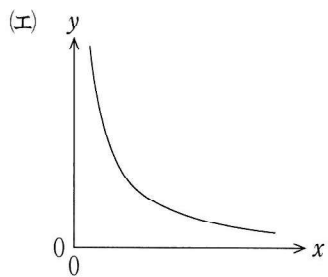
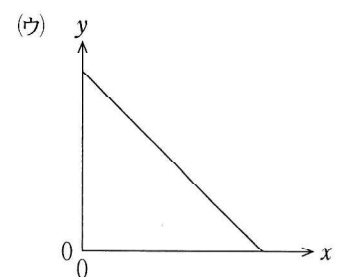
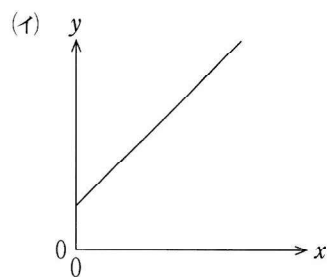
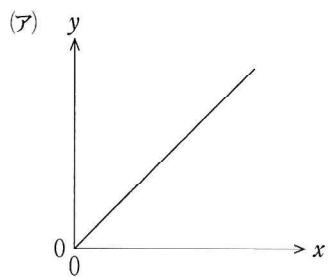
- | | | | |
|-----------|--------------|----------|-----------|
| (a) ギ酸 | (b) ジエチルエーテル | (c) アセトン | (d) エタノール |
| (e) 酢酸エチル | (f) プロペン | (g) ヘプタン | |

問 8 一定量の気体について、圧力、体積、温度のうち任意の2種類を変数 x , y とし、その関係をグラフに示す。(1), (2) について、指定された x と y の関係を表したグラフとして最も適切なものを下のグラフ群 (ア)~(カ) から選べ。ただし、 x , y として指定されたもの以外の値は変化しないものとする。

(1) 圧力 x [Pa] と体積 y [L]

(2) 温度 x [°C] と体積 y [L]

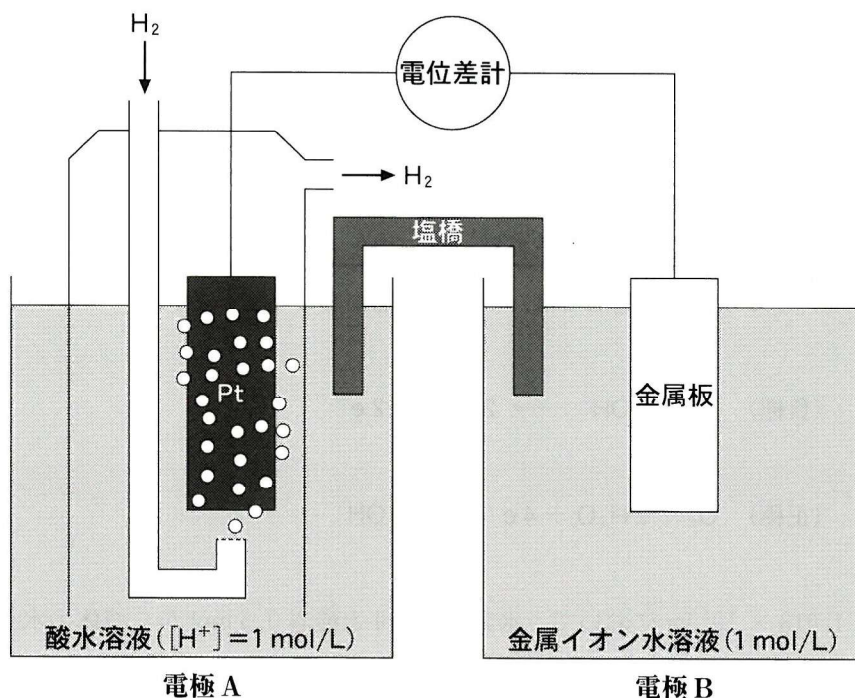
グラフ群



〔2〕 次の記述を読み、問1～問7に答えよ。

多くの金属は、空气中に放置すると酸素や水などと反応して酸化される。金属の「酸化のされやすさ」には違いがあり、その定量的な指標となるのが「標準電極電位」である。標準電極電位は、25℃において水素イオン(H^+)濃度1 mol/Lの水溶液に浸した白金板に 1.013×10^5 Paの水素を通してつくる標準水素電極(電極A)を基準とし、これに、ある金属をその金属イオンの1 mol/L水溶液に浸した電極(電極B)を接続したときに生じる電位差である(模式図1)。基準となる標準水素電極の電位を0Vとすると、例えば、亜鉛の標準電極電位は -0.763 V、銅の標準電極電位は $+0.337$ Vとなる。すなわち、 されやすい金属ほど標準電極電位の値は小さくなる。したがって、希硫酸に を加えると水素が発生して溶けるが、 を加えても変化がない。

模式図1

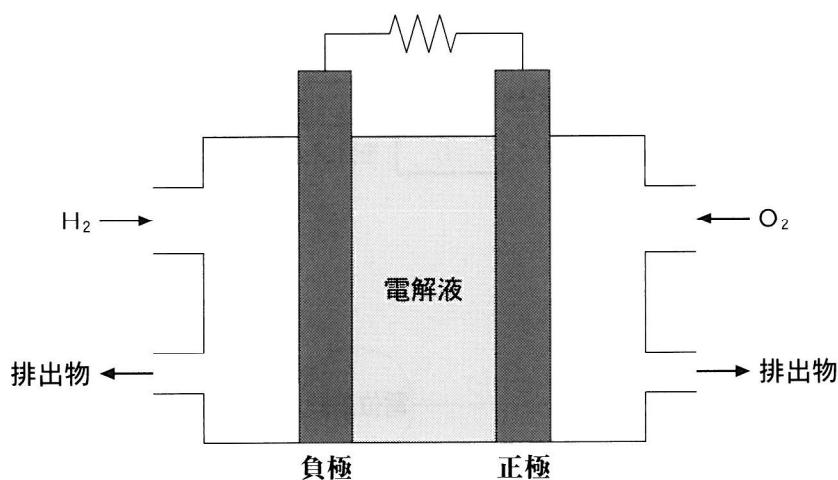


硫酸銅水溶液に亜鉛板を入れると酸化還元反応が起こり、化学エネルギーが放出される。この反応における酸化反応と還元反応を別々の場所で行わせ、両者を導線でつないで電子の流れを生じさせることによって化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができる。このような装置を電池^(a)という。

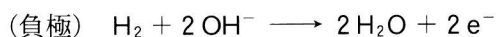
亜鉛板を浸した1 mol/Lの硫酸亜鉛水溶液と、銅板を浸した1 mol/Lの硫酸銅(II)水溶液を素焼き板で仕切り、亜鉛板と銅板を導線でつなぐと、電子は導線を通して に流れ、 の電池となる。この電池の起電力は二つの電極の標準電極電位の差であり、負極の電位を基準(0V)としたときの正極の電位として表す。したがって、この電池の起電力は Vと求められる。

電池の理論上の起電力は、対応する酸化還元反応におけるエネルギー変化からも算出することができる。例えば、水素-酸素燃料電池(模式図2)では、水素と酸素から水が生成する酸化還元反応において生成する化学エネルギーを電気エネルギーに変換している。この電池においては、水素が され、酸素が される。

模式図2



現在、電解液が異なる数種類の燃料電池が実用化されているが、電解液に水酸化カリウム水溶液を用いたアルカリ型燃料電池では、以下の反応が^(b)おこっている。



25℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、水素 1.0 mol と酸素 0.5 mol から液体の水 1.0 mol が生成するとき、理論上は 237 kJ の化学エネルギーを電気エネルギーに変換できる。このエネルギーと起電力との関係は、「エネルギー[J] = 流れた電気量[C] × 起電力[V]」であるため、燃料電池の起電力は V である。

問1 模式図1に示した装置において、電極Bの金属として亜鉛、銅を用いた時それぞれについて、電極A、電極Bでおこる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

問2 金属 Al, Pb, Na, Fe をその標準電極電位の値が大きい順に並べよ。

問 3 下線部(a)について、エネルギーには、①化学エネルギー、②電気エネルギーの他にも、③熱エネルギー、④光エネルギー、⑤力学的エネルギーなどがあり、これらは相互に変換される。以下の(1)~(3)におけるエネルギー変換を例にならって示せ。

例：電池 ① → ②

- (1) 水力発電所における発電
- (2) ホタルの発光
- (3) 光合成

問 4 空欄(ア)~(キ)について、解答欄に示された二つの語句のうち、適切な方を○で囲め。

問 5 空欄(A)に当てはまる数値を有効数字2桁で答えよ。

問 6 空欄(B)に当てはまる数値を有効数字2桁で答えよ。計算の過程も示せ。

問 7 下線部(b)について、電解液にリン酸 H_3PO_4 水溶液を用いたリン酸型燃料電池では、電解液内で水素イオン(H^+)の移動がおり、正極において水が発生する。負極および正極でおこる反応を、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

[3] 次の記述を読み、問 1 ~ 問 8 に答えよ。

アルケン^(a)は二重結合を 1 個持つ鎖式不飽和炭化水素である。単結合でつながれた炭素原子どうしはその結合を回転軸として自由に回転できるのに対し、二重結合でつながれた炭素原子どうしは自由に回転することができない。その結果、炭素数 4 以上のアルケンではシス-トランス異性体の存在が可能となる。

炭素数 4 のアルケンの異性体を化合物 A, B, C, D とすると、化合物 A と化合物 B はシス-トランス異性体の関係にあり、化合物 A はシス型、化合物 B はトランス型である。また、これらの化合物に白金 Pt などの触媒の存在下、水素を付加させると、化合物 A, B, C からは同一の化合物 E が、化合物 D からは化合物 F が生成する。

化合物 A, B, C, D の分子式は同一であるが、それらの安定性は同一ではなく、生成エンタルピー ($\Delta_f H$) の値が異なる。生成エンタルピー ($\Delta_f H$) とは、25 °C, 1.013×10^5 Pa において 1 mol の物質がその成分元素の単体から生成するときのエンタルピー変化 (ΔH) である。化合物 A, B, C, D の生成エンタルピー ($\Delta_f H$) はいずれも負の値であるが、その絶対値が大きいほど安定な物質であるといえる。化合物 A, B, C, D の生成エンタルピー ($\Delta_f H$) を直接求めることは困難であるが、化合物 A, B, C については、水素を付加させたときに同一の化合物 E を生成するため、その際の反応エンタルピー ($\Delta_r H$) を比較すれば、それらの生成エンタルピー ($\Delta_f H$) の差を求めることができる。1 mol の化合物 A, B, C に、25 °C, 1.013×10^5 Pa において 1 mol の水素を付加させたときの反応エンタルピー ($\Delta_r H$) は、それぞれ -118.5 kJ/mol, -114.6 kJ/mol, -125.9 kJ/mol である。

一方、化合物 D については、水素を付加させたときに化合物 A, B, C の場合と同一の化合物 E を生成しないためこの方法を適用することはできないが、燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) を比較することで、生成エンタルピー ($\Delta_f H$) の差を求めることができる。燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) とは、25 °C, 1.013×10^5 Pa において 1 mol の物質が完全燃焼するときのエンタルピー変化 (ΔH) であり、化合物 C と化合物 D の燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) は、それぞれ -2716.8 kJ/mol, -2699.5 kJ/mol である。

問 1 下線部 (a) について、以下の問いに答えよ。

- (1) アルケンの一般式を、炭素数を n ($n \geq 2$) として書け。
- (2) $n - 2$ のアルケンは、160~170 °C に加熱した (ア) に (イ) を加えることで合成することができる。(ア)、(イ) に当てはまる化合物名を書け。

問 2 化合物 A~F の構造式を書け。

- 問 3 1 mol の化合物 **C**, **D** それぞれに対して 1 mol の臭素 を反応させると, 化合物 **C** からは化合物 **G** が, 化合物 **D** からは化合物 **H** が生成した。化合物 **G**, **H** の構造式を示し, 不斉炭素原子には * 印をつけよ。
- 問 4 下線部 (b) について, 化合物 **A** に対する水素の付加反応は吸熱反応, 発熱反応のどちらであるかを答えよ。
- 問 5 下線部 (c) について, 1 mol の化合物 **C** を完全燃焼させるときに必要な酸素, および生成する二酸化炭素と水それぞれの 電子式 とその 物質質量 を書け。
- 問 6 化合物 **A** ~ **D** を安定な順に並べよ。
- 問 7 化合物 **A** の燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) の値を有効数字 4 桁で求めよ。計算の過程も示せ。
- 問 8 化合物 **D** の生成エンタルピー ($\Delta_f H$) の値を有効数字 2 桁で求めよ。ただし, 炭素 (黒鉛) の燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) は -393.5 kJ/mol , 水素の燃焼エンタルピー ($\Delta_c H$) は -285.8 kJ/mol とする。計算の過程も示せ。

生物基礎・生物

〔1〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

経口摂取されたデンプンは、唾液や膵液に含まれる酵素Aの作用によりデキストリンや物質Aに分解され、物質Aは小腸上皮に存在するマルターゼにより分解されグルコースとなり小腸上皮から血液中に吸収される。血液中のグルコース濃度である血糖濃度は、食事の前後で経時的に変化するが、食後1時間かけて上昇し血液中から細胞内に取り込まれることにより低下する。グルコースは細胞活動に必要なエネルギー産生に不可欠な物質であり、神経系やホルモンより一定範囲の濃度で自律的に調整される。

成人において、空腹時(食事摂取前)の血糖濃度は100 mg/100 mL前後であり、食後でも140 mg/100 mLを超えないように調整される。血糖濃度を下げるホルモンとして、膵臓内にあるランゲルハンス島のB細胞から分泌されるインスリンがある。インスリンが分泌されると、肝細胞や筋細胞にグルコースが取り込まれ中性脂肪や物質Bへの合成が進み血糖濃度は低下する。血糖濃度を下げるホルモンはインスリンのみだが、上昇させるホルモンは複数存在する。

B細胞自体が血糖濃度上昇を感知しインスリンを分泌するだけでなく、視床下部が血糖濃度上昇を検知し神経を通じてB細胞からのインスリン分泌を誘導する2重のしくみで調整される。

高い血糖濃度が長期間継続する状態を糖尿病と呼ぶ。糖尿病は、ウイルス感染などを引き金に自己のランゲルハンス島のB細胞に対する免疫反応が起こり細胞Xによるランゲルハンス島のB細胞破壊の結果、インスリンの分泌が枯渇してしまうI型と、生活習慣による高血糖状態の継続によりインスリンの分泌の相対的な不足とインスリン自体の作用低下により高血糖になるII型に分類される。

問1 下線部①について、(a)と(b)の問いに答えよ。

(a) 酵素A・物質Aのそれぞれの名称を答えよ。

(b) 複雑な物質を単純な物質に分解し、生体利用できるようにする代謝過程を何というか答えよ。

問2 下線部②の説明文のように、体内環境を一定の状態に保とうとする性質を何というか答えよ。

問3 (ア)の神経は何か、名称を述べよ。

問 4 細胞内に取り込まれたグルコースは物質 B に変換され細胞内に蓄えられる。物質 B の名称を答えよ。

問 5 下線部③について、血糖濃度を上昇させるホルモン名と分泌臓器組織名との組み合わせで正しいものはどれか。以下の組み合わせから 2 つ 選び、番号で答えよ。

分泌臓器(細胞)	—————	ホルモン名
(1) 副腎皮質	—————	アドレナリン
(2) 膵臓の A 細胞	—————	グルカゴン
(3) 副腎皮質	—————	糖質コルチコイド
(4) 下垂体	—————	甲状腺ホルモン
(5) 精巣	—————	成長ホルモン

問 6 細胞性免疫による自己免疫が発動したとき、標的細胞を直接攻撃する細胞 X の名称を答えよ。

〔 2 〕 次の文章を読み、問 1 ～ 問 5 に答えよ。

神経系を構成する基本単位はニューロン(神経細胞)である。ニューロンは核のある(ア)とそこから伸びる突起から構成される。枝分かかれた短い突起は(イ)、長く伸びた突起は(ウ)と呼ばれる。(ウ)の多くは筒状のシュワン細胞で包まれている。シュワン細胞が(ウ)に何重にも巻きついて出来た(エ)が見られる神経線維は有髄神経線維と呼ばれる。有髄神経線維には、(エ)がところどころ途切れた部分があり、この部分を(オ)という。(エ)の見られない神経線維は無髄神経線維と呼ばれる。有髄神経線維では(エ)が電気的な絶縁体として働き、興奮が(オ)をとびとびに伝導するため、無髄神経線維よりも興奮の伝導速度が(カ)くなる。

図 1 は、運動神経や感覚神経の異常が疑われる場合に実施される神経伝導検査を示している。この検査は、神経の途中を皮膚の上から電気で刺激し、その反応(活動電位)を記録することで、有髄神経の異常の有無を評価する(図 2)。図 1 において、健康な成人の手首と肘の二か所で、親指の付け根にある筋肉 A を支配している運動神経 B を電気で刺激したところ、筋肉 A に装着した電極には図 2 の活動電位が記録された。なお、図 1 に示された位置で皮膚に装着した記録電極(◎)と基準電極(○)の電位差を測定した。図 2 には、電気刺激をした時間から、筋肉 A の活動電位波形の立ち上がりまでの時間も示してある。図中の 1 ミリ秒は、1 秒の千分の一の長さの時間である。

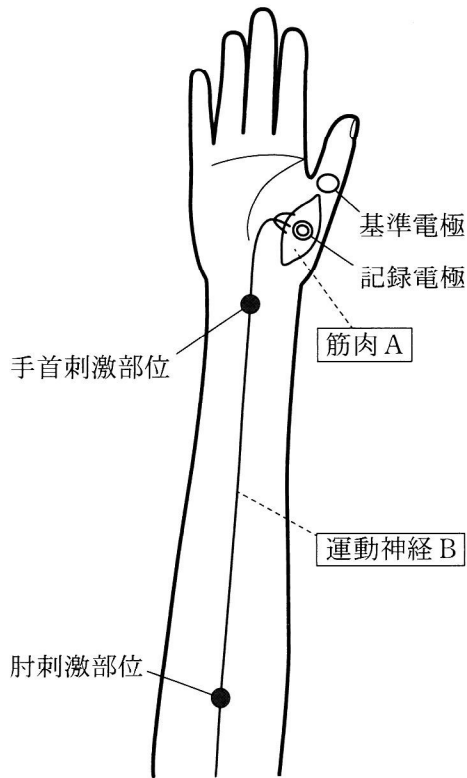


図1 神経伝導検査

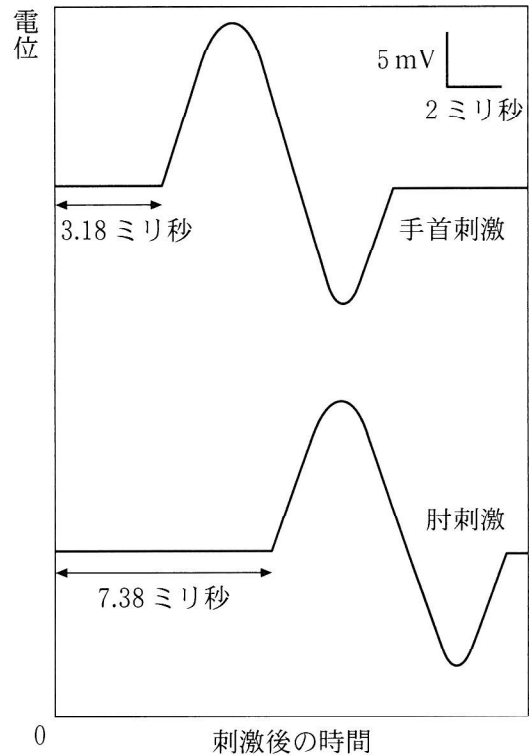


図2 筋肉 A における運動神経 B の活動電位記録

問 1 上の文章中の(ア)~(カ)に入る適当な語句を答えよ。

問 2 「前神経細胞からの信号を受け取る働き」を持つのは、上の文章中の(ア)~(オ)のどれか記号で答えよ。

問 3 下線部について、有髄神経線維における興奮の伝導様式の名称を答えよ。

問 4 運動神経 B の伝導速度(メートル/秒)を有効数字 2 桁で求めよ。手首と肘の二か所の電気刺激部位は 24 センチメートル離れていた。

問 5 神経と筋の接合部はシナプスの一種であり、シナプスでは神経伝達物質という化学物質で隣の細胞へと情報が伝わる。興奮性の神経伝達物質を一つ答えよ。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

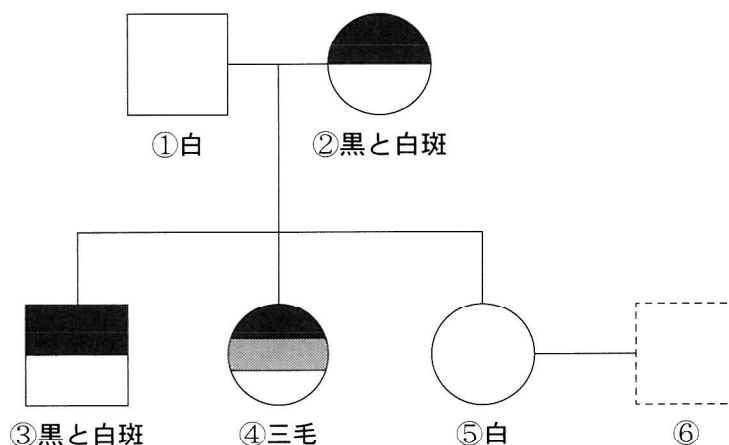
哺乳類の発生過程においては、受精卵が細胞分裂を繰り返して細胞の数がある程度を超えた時点で、雌でのみそれぞれの細胞がもつ2本のX染色体のうち1本が凝集して不活性化し、その染色体上のほとんどの遺伝子が発現しなくなる。このX染色体の不活性化において、2本のX染色体のうちのどちらが不活性化されるかは、細胞ごとにランダムに決まる。さらに、一度不活性化されたX染色体は細胞分裂を経てもその不活性化状態が維持され、次世代の細胞に伝達される。したがって、哺乳類の雌の体には、母親由来のX染色体が不活性化された細胞群と、父親由来のX染色体が不活性化された細胞群が斑(まだら)状に存在することになる。この例として、三毛猫の毛色のパターン(茶、黒、白斑)が挙げられる。猫の毛色をつかさどる遺伝子は複数あるが、三毛猫に見られる茶、黒、白斑の毛色に関わる対立遺伝子は主に3組が存在し、ひとつは常染色体上にある \underline{W} と w 、二つめは \underline{W} と w とは別の常染色体上にある \underline{S} と s 、そして三つめは、X染色体上にある \underline{O} と o の3組である。遺伝子 \underline{W} をもつ個体(遺伝子型が $\underline{W}\underline{W}$ もしくは $\underline{W}w$)^①では、他の遺伝子にかかわらず全身が白色になり、 w は他の遺伝子による毛色に影響しない。遺伝子 \underline{S} は白斑の有無に関与し、遺伝子 \underline{S} をもつ個体(遺伝子型が $\underline{S}\underline{S}$ もしくは $\underline{S}s$)では白斑が現れ、 s は他の遺伝子による毛色に影響しない。また、遺伝子 \underline{O} が発現している細胞では茶色となり、遺伝子 o が発現している細胞は黒毛になる。通常三毛猫は雌に限られ、雄の三毛猫は非常にまれであるが、これは、雌の三毛猫の2本のX染色体上にある対立遺伝子 \underline{O} が不活性化された細胞群は黒色となり、 o が不活性化された細胞群が茶色となるためである。^②

問1 下線部①について、 \underline{O} と o 遺伝子のように、遺伝子が性染色体上に存在し、性別によって遺伝の仕方が異なる遺伝形式の名称を答えよ。

問2 毛色を決める遺伝子が \underline{W} と w 、 \underline{S} と s 、 \underline{O} と o の3組の対立遺伝子のみとしたとき、雌の三毛猫(茶、黒、白斑)の遺伝子型を全て答えよ。(例： $\underline{W}w/\underline{S}s/\underline{O}o$)

問3 下線部②について、猫は通常18対の常染色体と2本の性染色体を持ち、常染色体と性染色体の組み合わせは雄では $36 + XY$ 、雌では $36 + XX$ である。雄の三毛猫で生じた可能性のある常染色体と性染色体の組み合わせを一つ答えよ。(例： $36 + XY$)

問 4 ある猫の系図を下に示した。次の(1)~(2)に答えよ。



○は雌を，□は雄を，模様は毛色を示す。

図

(1) 図の①と②で示されている両親の子について、③~⑤の個体以外で生じる可能性のある全ての毛色を次の選択肢の中から選び、雌猫、雄猫それぞれについて記号で答えよ。ただし、配偶子形成時に組換えや突然変異は起きないものとする。

- (a) 茶一色 (b) 黒一色 (c) 白一色 (d) 茶と白斑
 (e) 黒と白斑 (f) 茶と黒 (g) 三毛(茶と黒と白斑)

(2) ⑤の白猫に三毛猫を産ませたい場合、確率が最も高いのはどのような毛色の雄猫⑥とかけ合わせた時か。(1)の選択肢の中から全て選び、記号で答えよ。