

生物基礎・生物

問題 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 35 点)

肝臓は、消化管から吸収されたブドウ糖を（ア）という多糖類に変えて貯蔵したり、体内で余分となった（イ）が分解された際に生じる（ウ）を尿素に変換して排出する手助けをしたりするなど、物質の代謝において重要な役割を果たしている。また肝臓は、その多様な代謝機能を担うために、多くの種類の酵素を含んでいる。酵素は、主に（エ）が多数つながってできた高分子化合物である。酵素は、特定の化学反応を促進し、そのはたらきにより血糖濃度の調節や解毒作用などがおこなわれ、体内環境が保たれている。酵素が特定の物質にのみ作用する性質を（オ）という。

- (1) 文章中の（ア）～（オ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部について、肝臓に多く含まれるカタラーゼは、過酸化水素を水と酸素に分解する酵素である。この酵素の活性に関する以下の実験をおこなった。

【実験】

新鮮なトリの肝臓を蒸留水中ですりつぶしたものを酵素液とした。試験管 A～E には、酵素液を 1 mL と 3 % 過酸化水素水（体積 %）を 5 mL 加えた。試験管 F には、酵素液を 1 mL と 3 % 過酸化水素水（体積 %）を 5 mL 加え、希塩酸を添加した。試験管 G には、酵素液のかわりに蒸留水を 1 mL と 3 % 過酸化水素水（体積 %）を 5 mL 加えた。これらを次ページの表に示す条件で 10 分間反応させ、発生した酸素の体積を測定した。表は、各試験管の条件について、処理温度、酵素液の有無、希塩酸添加の有無と、測定した酸素の体積の相対値を示したものである。

表

試験管	温度 (°C)	酵素液	希塩酸	測定した酸素の 体積の相対値
A	4	あり	なし	5
B	25	あり	なし	15
C	40	あり	なし	20
D	50	あり	なし	4
E	70	あり	なし	1
F	40	あり	あり	1
G	40	なし	なし	1

次の(i) ~ (iv) の間に答えよ。

- (i) 試験管 A、B、C の結果から、カタラーゼの活性に関してどのようなことがいえるかを、比較した条件とその結果の関係に触れて答えよ。
- (ii) 試験管 B、C、D の結果から、カタラーゼの活性に関してどのようなことがいえるかを、比較した条件とその結果の関係に触れて答えよ。
- (iii) 試験管 E において、この反応後に 40 °C の条件でさらに反応を続けても、測定された酸素の体積の相対値は変化しなかった。この結果から、カタラーゼの活性に関してどのようなことがいえるかを、酵素の性質に触れて答えよ。
- (iv) 試験管 F の結果から、カタラーゼの活性に関してどのようなことがいえるかを、酵素の性質に触れて答えよ。

生物基礎・生物

問題 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 30 点)

植物や藻類などは、光エネルギーを用いて無機物から有機物を合成することができる。このはたらきを光合成という。①光合成において光エネルギーを吸収する色素は、光合成色素と呼ばれる。光合成は細胞の中の(ア)でおこなわれる。(ア)の内部には、袋状の膜構造からなるチラコイドと、基質部分の(イ)がある。光合成は、チラコイドにおける光が直接関係する反応段階と、(イ)における光が直接関係しない反応段階の 2 つに大きく分けられる。光合成の第一段階でおこる反応は、電子伝達と ATP の合成である。チラコイド膜上で光エネルギーによってクロロフィルが活性化され、光化学系 II から光化学系 I への電子伝達が引き起こされる。光化学系 II に電子を与えるのは(ウ)であり、(ウ)から電子が引き抜かれた結果として H^+ と(エ)が生じる。光化学系 I で伝達された電子は、酸化型補酵素である(オ)に渡され、還元型の(カ)が生成する。一方、②電子伝達と結びついた ATP の合成により、光エネルギーが(キ)エネルギーに変換される。

光合成の第二の段階の(イ)でおこる反応は、③二酸化炭素から有機物を合成する炭酸同化である。この反応には複数の酵素が関与しており(ク)回路と呼ばれる。

- (1) 文章中の(ア)～(ク)に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、ホウレンソウを用いた以下の実験をおこなった。

【実験】

ホウレンソウをすりつぶし、ジエチルエーテルを加えて色素を取り出した。この液をガラス毛细管で少量取り、薄層クロマトグラフィー(TLC)シートの原点にスポットした。石油エーテル：アセトン＝7：3(体積比)の展開液を入れた試験管に TLC シートを入れて展開液の前線が終点に達するまで静置したあと取り出した(図 1)。展開後の TLC シートには 5 種類の光合成色素が確認でき、そ

- (4) 下線部③について、図 2 は緑色植物の葉が受ける光の強さ (キロルクス) と二酸化炭素の吸収速度 ($\text{mg} / (100 \text{ cm}^2 \cdot \text{時})$) の関係を示したものである (呼吸速度は光の強さが増加するにつれて減少することが知られているが、図 2 では、呼吸速度は一定であるものとして示している)。この植物の葉 300 cm^2 に 20 キロルクスの光を 2 時間照射した。このときの光合成によって吸収された二酸化炭素の全量 (mg) を答えよ。解答には計算過程を記すこと。

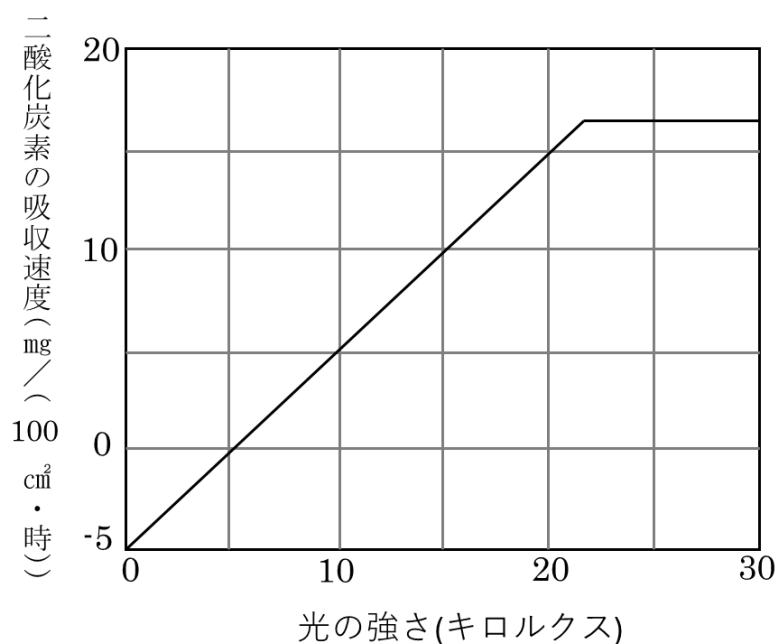


図 2 光の強さと二酸化炭素の吸収速度の関係

生物基礎・生物

問題 3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 35 点)

ある地域に生息する生物の集団と、それを取り巻く (ア) 環境を 1 つのまとまりとしてとらえたものを生態系という。生態系を構成する生物は、大きく (イ) と (ウ) に分けられる。(イ) は独立栄養生物とも呼ばれ、光エネルギーを利用して無機物から有機物を合成する。一方、(ウ) は他の生物から有機物を得る (エ) 生物であり、(ウ) のうち生物の遺骸や排出物を取り入れて無機物にする過程にかかわる生物を (オ) という。

これらの生物の間には捕食・被食の関係があり、こうした関係が次々とつながっていくことを ①食物連鎖という。また、(イ) を第一段階とした食物連鎖の各段階を (カ) といい、(カ) を下位のものから順に積み重ねて数量的な関係を表したものを生態ピラミッドという。

生物どうしの捕食・被食の関係は、生態系内の ②種多様性と密接にかかわっており、その維持に大きな影響を及ぼすような生物種をキーストーン種という。例えば、北太平洋のアリューシャン列島沿岸の海域には、ケルプ (ジャイアントケルプなど) の森が広がり、ケルプを食料や生息場所として利用する多様な生物が生息していた。また、ウニを好んで捕食するラッコも多数見られた。ところが、1990 年代に ③ラッコの個体数が激減したことで、この海域の生態系には大きな変化が生じた。その結果、④ラッコとは直接的な捕食・被食関係にないアザラシが姿を消すなど、様々な生物に広範な影響が及んだ。

- (1) 文章中の (ア) ～ (カ) に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、実際の生態系における捕食・被食の関係全体は食物連鎖ではなく食物網と表現される。その理由について説明せよ。
- (3) 下線部②は生物多様性における 3 つの階層の 1 つであり、生態系内に様々な生物種が生息することを表している。残り 2 つの生物多様性の階層の名称を答え、それぞれの意味を簡潔に説明せよ。

- (4) 下線部③について、ラッコの個体数激減からアザラシが海域から姿を消すまでの過程で生態系にどのような変化が生じたのかを、その理由とともに以下の語句をすべて用いて説明せよ。なお、変化が生じた順序に従って記載すること。

ケルブ 魚 ウニ

- (5) 下線部④のように、ある生物の個体数の変化が、その生物と直接的な捕食・被食関係にない他の生物の個体数に影響を及ぼす現象を指す用語を答えよ。

化学基礎・化学

問題 1 物質の成分と分離に関する以下の問に答えよ。原子量は $\text{Na} = 23.0$ 、 $\text{Cl} = 35.5$ とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 2 桁とせよ。

(配点 30 点)

(1) 次の物質 A~H を純物質と混合物に分類し、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

- | | | |
|----------|---------|------------|
| A 水素 | B エタノール | C ガソリン |
| D 木材 | E 塩酸 | F 酸化マグネシウム |
| G アンモニア水 | H 二酸化窒素 | |

(2) 次の分離・精製の操作 A~F に用いられる方法として最も適切なものを、下の枠の中から一つ選び、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

- A 砂の混ざった水から、砂と水を分離する。
- B 水道水の不純物（カルシウムやマグネシウム）を除去する。
- C 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取り出す。
- D 液体空気から、窒素や酸素を分離する。
- E 塩化ナトリウムとナフタレンの混合物から、ナフタレンを取り出す。
- F 植物の葉から、緑色の色素を取り出す。

蒸留	分留	昇華法	抽出	ろ過	再結晶
----	----	-----	----	----	-----

(3) 次の文章を読み、問に答えよ。

ろ紙やシリカゲルのような吸着剤に、物質が吸着される強さの違いを利用して、混合物から各成分を分離する操作を、クロマトグラフィーという。シリカゲルを薄く塗布したガラス板（薄層板）を用いる薄層クロマトグラフィーでは、まず、分離したい物質の混合物の溶液を薄層板につけて乾燥させる。次に、薄層板の一端を溶媒に浸すと、溶媒が薄層板を上昇する。このとき、シリカゲルへの吸着の強さの違いにより、物質が薄層板の異なる位置に分離される（展開という）。

図1は、3種類の油性インク（黒、青、赤）について、シリカゲルを吸着剤とし、エタノールを溶媒として用いた薄層クロマトグラフィー実験の方法とその結果である。薄層板に油性インクをつけ、乾燥させてから展開した。この実験結果とその考察に関する下の A～D の記述の中から誤っているものを二つ選び、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。

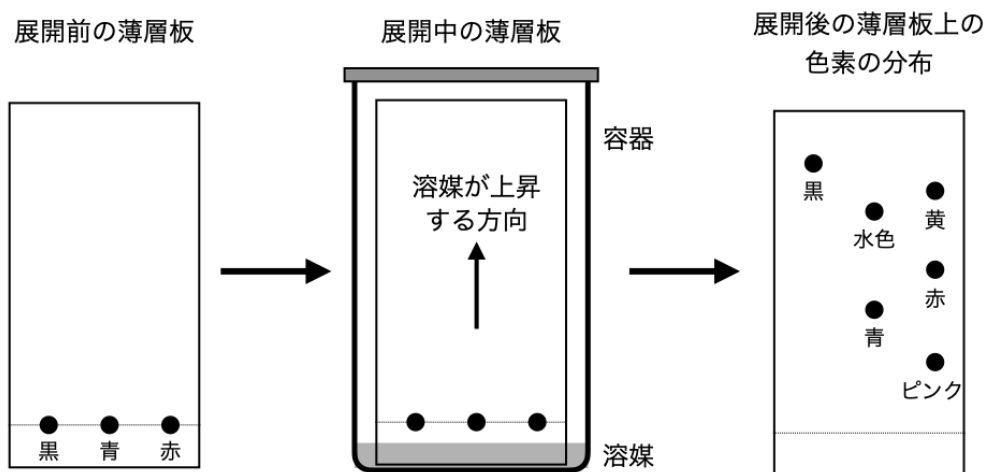


図1

- A 黒色インクの色素は1種類である。
- B 青色色素のほうが水色色素よりもシリカゲルに吸着しにくい。
- C 赤色インクの色素のうち、シリカゲルにもっとも吸着しやすい色素はピンクである。
- D 溶媒としてエタノールのかわりに水を用いても同じ実験結果が得られる。

- (4) 図 2 の装置を用いて、海水から純水を分離したい。次の問 (a)~(e) に答えよ。ただし、海水は質量パーセント濃度 3.5% の塩化ナトリウム NaCl の水溶液とみなすものとする。

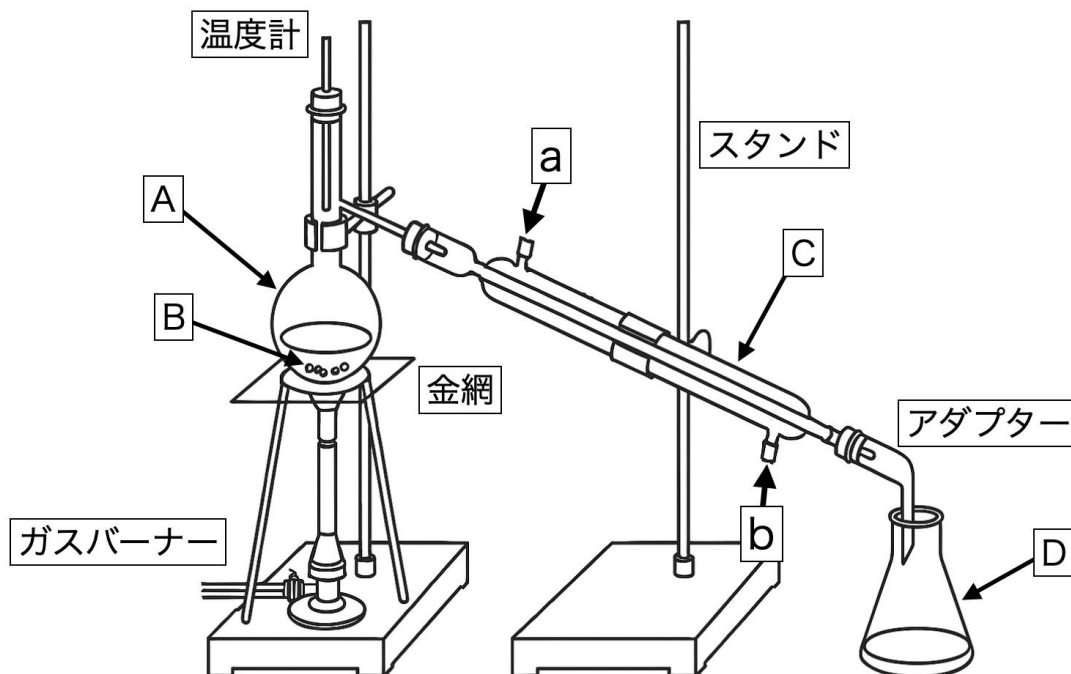


図 2

- (a) 図の A、B、C の名称をそれぞれ答えよ。
- (b) 冷却水は、a と b のどちらの方向から流し込むか。解答欄の記号を○で囲んで答えよ。
- (c) B を入れておく理由を簡潔に説明せよ。
- (d) この装置を用いて、100 g の海水から 75 g の純水を分離した。このとき、容器 A に残った液体における NaCl の質量パーセント濃度 [%] を求めよ。ただし、容器 A で蒸発した水蒸気はすべて容器 D に回収できたものとする。
- (e) (d) の分離操作ののち、容器 A に残った液体の体積を測定したところ、23 mL であった。この液体における NaCl のモル濃度 [mol/L] を求めよ。

化学基礎・化学

問題 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $N = 14.0$ 、 $O = 16.0$ 、 $S = 32.0$ とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 3 桁とせよ。

(配点 30 点)

身のまわりの物質の量を粒子の数で表すと、数が大きすぎて扱いにくい。そこで、化学では、 6.02×10^{23} 個の粒子を 1 まとまりとして扱い、1 mol と表現する。mol を単位として表した量を物質量という。1 mol 当たりの粒子の数を (ア) 定数といい、記号 N_A で表す。

気体の体積とその中に含まれる分子の数の間には、(ア) の法則とよばれる関係が成り立ち、(イ)・(ウ) のもとで同じ体積の気体には、気体の種類によらず、同じ数の分子が含まれる。標準状態である (エ) $^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で気体 1 mol の体積を測定すると、すべての気体ではほぼ 22.4 L になる。(ア) の法則は、空気のような混合気体にもあてはまる。

(1) 文章中の空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

(2) 空気を、窒素と酸素の分子の数が 4 : 1 の割合で含まれる気体とする。標準状態で空気よりも密度が小さい気体を、次の A~F のうちから三つ選び、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。

- | | | |
|---------|-------|--------|
| A 二酸化炭素 | B 水素 | C 硫化水素 |
| D アンモニア | E メタン | F プロパン |

- (3) メタンとプロパンの混合気体を十分な酸素で完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 28.0 L (標準状態)、水が 39.6 g 生成した。
- (a) メタンとプロパンの完全燃焼を化学反応式で記せ。
- (b) 生成した二酸化炭素と水の物質量 [mol] をそれぞれ求めよ。
- (c) この混合気体中のメタンとプロパンの物質量 [mol] をそれぞれ求めよ。

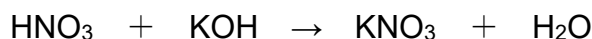
化学基礎・化学

問題 3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 2 桁とせよ。

(配点 40 点)

アレニウスは、「酸とは水に溶けて水素イオンを生じる物質であり、塩基とは水に溶けて (ア) を生じる物質である」と定義した。酸や塩基のような電解質が水に溶けているとき、溶解した電解質全体のうち、電離した電解質の割合を電離度といい、ほぼ完全に電離して電離度が 1 に近い酸や塩基を強酸、強塩基といい、電離度が小さい酸や塩基を弱酸、弱塩基という。

一方、強酸である硝酸 HNO_3 水溶液と強塩基である水酸化カリウム KOH 水溶液を混ぜると以下の反応が起こる。



このように酸と塩基が互いの性質を打ち消しあうことを中和といい、硝酸カリウム KNO_3 のような酸の (イ) イオンと塩基の (ウ) イオンが結びついた化合物を塩という。塩にはその組成によって、正塩や酸性塩、塩基性塩に分類できる。弱酸の塩である酢酸ナトリウムの水溶液に塩酸を加えると酢酸が生じるが、このような弱酸の塩に強酸を加えると弱酸が生じることを弱酸の (エ) という。

- (1) 文章中の空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる最も適切な語句を答えよ。なお、(イ) および (ウ) は、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。
- (2) 水溶液の酸性や塩基性の程度は水溶液中の水素イオン濃度に基づいた pH で表される。0.010 mol/L の塩酸 50.0 mL に 0.020 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 20.0 mL を加え、さらに水を加えて全体を 100.0 mL にした溶液の pH を求めよ。

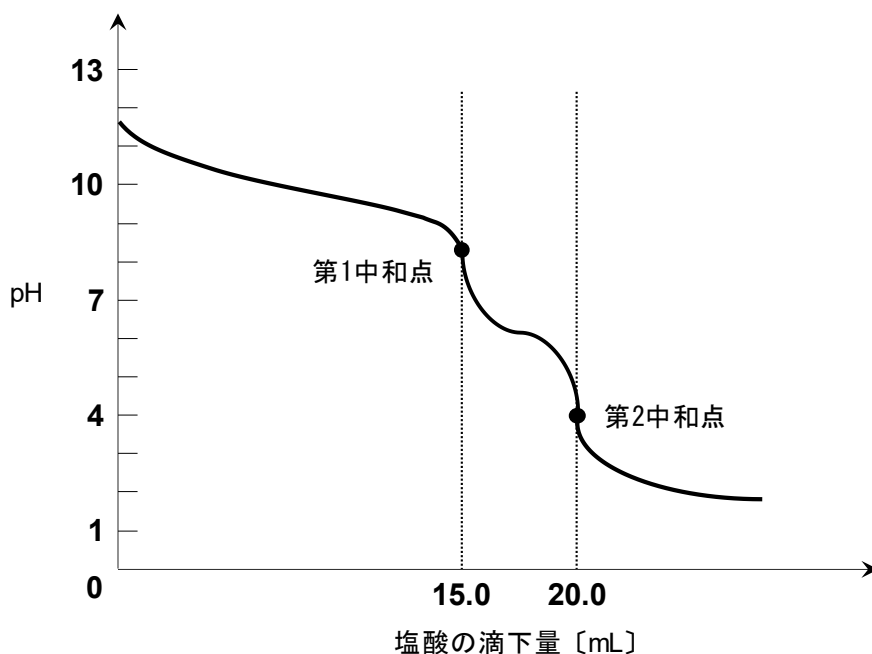
(3) 次の塩の組成式を記せ。また、それぞれの塩の水溶液は中性、酸性、塩基性のいずれを示すか、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

A) 硫酸ナトリウム

B) 塩化アンモニウム

C) 酢酸ナトリウム

(4) 濃度未知の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む混合水溶液がある。この水溶液 20.0 mL に指示薬フェノールフタレインを加え、0.100 mol/L の塩酸で滴定すると、終点（第 1 中和点）に達した。次に、指示薬メチルオレンジを加えて、0.100 mol/L の塩酸でさらに滴定したところ、終点（第 2 中和点）に達し、下図の中和滴定曲線が得られた。



(a) 第 1 中和点までに起こる二つの反応について、化学反応式を記せ。

(b) 第 1 中和点から第 2 中和点までに起こる反応について、化学反応式を記せ。

- (c) 指示薬の色の変化として適切な組み合わせを、次の①～④のうちから一つ選び、解答欄の番号を○で囲んで答えよ。

	最初の 滴定開始時	第 1 中和点	2 回目の 滴定開始時	第 2 中和点
①	赤色	無色	無色	黄色
②	無色	赤色	無色	黄色
③	赤色	無色	黄色	赤色
④	無色	赤色	黄色	赤色

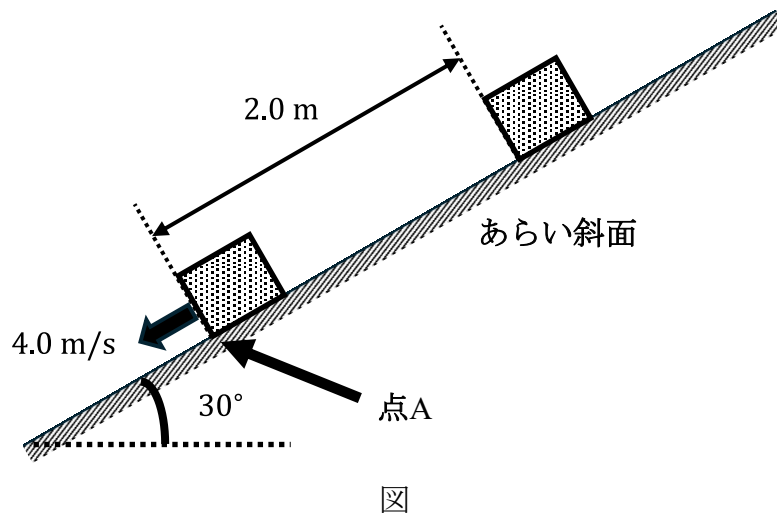
- (d) この混合水溶液 20.0 mL 中に含まれていた水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質質量 [mol] をそれぞれ求めよ。

物理基礎・物理

問題 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて説明せよ。また、解答に数値を用いる場合は、有効数字 2 桁で解答せよ。

(配点 35 点)

図のように、水平面から 30° 傾いたあらい斜面上に質量 4.0 kg の物体を置いたところ、物体は静かにすべりだした。斜面にそって距離 2.0 m だけすべり、点 A に達したとき、物体の速さは 4.0 m/s であった。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、 $\sqrt{3} = 1.7$ として計算せよ。



- (1) この物体にはたらく動摩擦力の大きさ F' [N] を動摩擦係数 μ' を用いて表せ。
- (2) この物体の加速度の大きさ a [m/s^2] を F' [N] を用いて表せ。
- (3) この物体がすべり始めてから点 A に達するまでに要した時間 t [s] を求めよ。

- (4) この物体がすべり始めてから点 A に達するまでの力学的エネルギーの変化量 ΔE [J] を求めよ。
- (5) (4)の結果をもとに、この物体にはたらく動摩擦力の大きさ F' [N] を求めよ。

物理基礎・物理

問題 2 次の問(1)、(2) に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。また、解答に数値を用いる場合は、有効数字 2 桁で解答せよ。

(配点 35 点)

(1) 下の図 1、2 はある正弦波の $y-x$ グラフおよび $y-t$ グラフを表したものである。

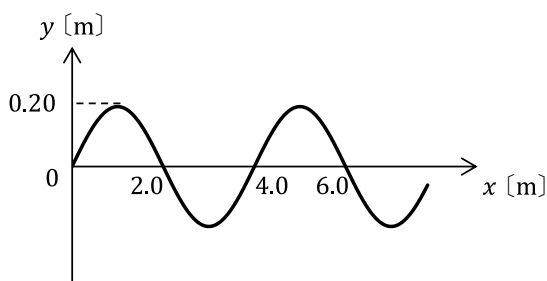


図 1 $t = 0$ における $y-x$ グラフ

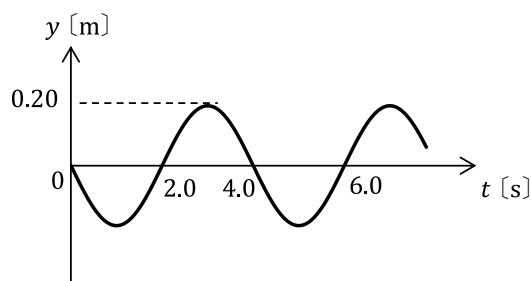


図 2 $x = 0$ における $y-t$ グラフ

- (a) この正弦波の振幅と波長を求めよ。ただし、解答は答えのみでよい。
- (b) この正弦波の周期と速さを求めよ。ただし、解答は答えのみでよい。
- (c) 図 1 の正弦波は x 軸の正の方向、負の方向どちらに進んでいるか。
- (2) 一定の張力で弦を張り、両端を固定した。固定端の間の長さは 2.0 m であり、弦の張力や線密度は変わらないものとする。
- (d) この弦を振動させてできる基本振動の波の波長を求めよ。
- (e) この弦を振動させてできる基本振動と 2 倍振動のうち、振動数の大きい方を答えよ。ただし、説明には「弦を伝わる波の速度」、「波長」という用語を用いること。

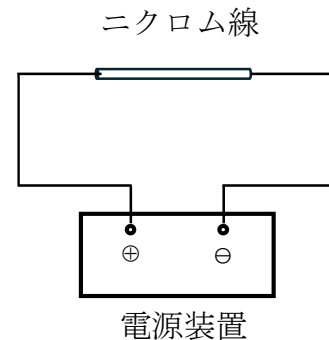
物理基礎・物理

問題 3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。また、解答に数値を用いる場合は、有効数字 2 桁で解答せよ。

(配点 30 点)

図のように、電源電圧が 30 V の直流電源に直径 0.20 mm のニクロム線 0.40 m をつないだところ、 2.0 A の電流が流れた。この回路に t 秒間電流を流したところ Q [J] の熱量が発生した。この熱量 Q [J] と同量の熱量を質量 100 g の水にすべて加えたところ、水の温度は $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 上昇した。ただし、電源装置の内部抵抗やニクロム線と電源装置をつなぐ導線の抵抗は無視してよく、水の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ であるとする。

- (1) ニクロム線の抵抗の値 [Ω] を求めよ。
- (2) 直径を変えずにニクロム線の長さを 2.0 倍にしたとき、抵抗の値は長さを変える前の何倍になるか求めよ。
- (3) 長さを変えずにニクロム線の直径を 2.0 倍にしたとき、抵抗の値は直径を変える前の何倍になるか求めよ。
- (4) 物質の抵抗率は温度によっても変わる。導体における温度による抵抗率の違いを「陽イオン」、「自由電子」、「熱運動」という 3 つの用語をすべて使って説明せよ。
- (5) Q [J] の値を求めよ。
- (6) 時間 t [s] を求めよ。



図

- (7) 電源電圧を変えないまま、同じ時間 t [s] で Q [J] より多くの熱量を発生させるためにニクロム線の長さのみを変えることを考えた。このとき、ニクロム線を長くする方がよいか、短くする方がよいか理由とともに述べよ。