

# 理

## 1

### (物理基礎)

図1のように、水平面から角度  $\theta (> 0)$  をなして固定された滑らかな斜面上に、軽くて伸び縮みしない糸のついた質量  $m$  の物体 A を置いた。その糸を斜面の上端に固定した滑らかな滑車に通し、糸の他端に質量  $M$  の物体 B をつるした。物体 A を斜面の下端 O でおさえおき、時刻  $t = 0$  に静かに離すと、物体 B は鉛直下向きに運動を始め、物体 A は斜面を上昇し始めた。また、以下の問題中、物体 A が斜面の上端に達することはなく、物体 B も落下を続けるものとする。物体 A のはじめの位置 O を原点として、斜面に沿って上向きに  $x$  軸をとる。重力加速度の大きさを  $g$  とし、物体の大きさと空気抵抗は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 物体 A にはたらく重力の斜面に平行な成分の大きさを求めよ。
- (2) 物体 A の加速度を  $a$ 、糸の張力を  $T$  として、物体 A の運動方程式を書け。
- (3) 鉛直下向きを正として、物体 B の運動方程式を書け。
- (4) 加速度  $a$  を求めよ。
- (5) 糸の張力  $T$  を求めよ。
- (6) 時刻  $t$  における物体 A の速度  $v$  と位置  $x$  を、それぞれ  $M$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $t$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- (7) 物体 A が斜面を上昇するための条件式を、 $M$ 、 $m$ 、 $\theta$  を用いて表せ。

次に、物体 A が斜面上の点  $x = l$  を通過した瞬間に糸を静かに切った。その後の物体 A の運動について以下の問いに答えよ。

- (8) 位置エネルギーの基準面を原点 O を通る水平面とし、点  $x = l$  を通過した瞬間の物体 A の力学的エネルギーを  $M$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $l$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- (9) 物体 A が到達する最高点の  $x$  座標を  $M$ 、 $m$ 、 $l$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- (10) 糸を切ってから最高点に到達するまでの時間を  $M$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $l$ 、 $\theta$  を用いて表せ。

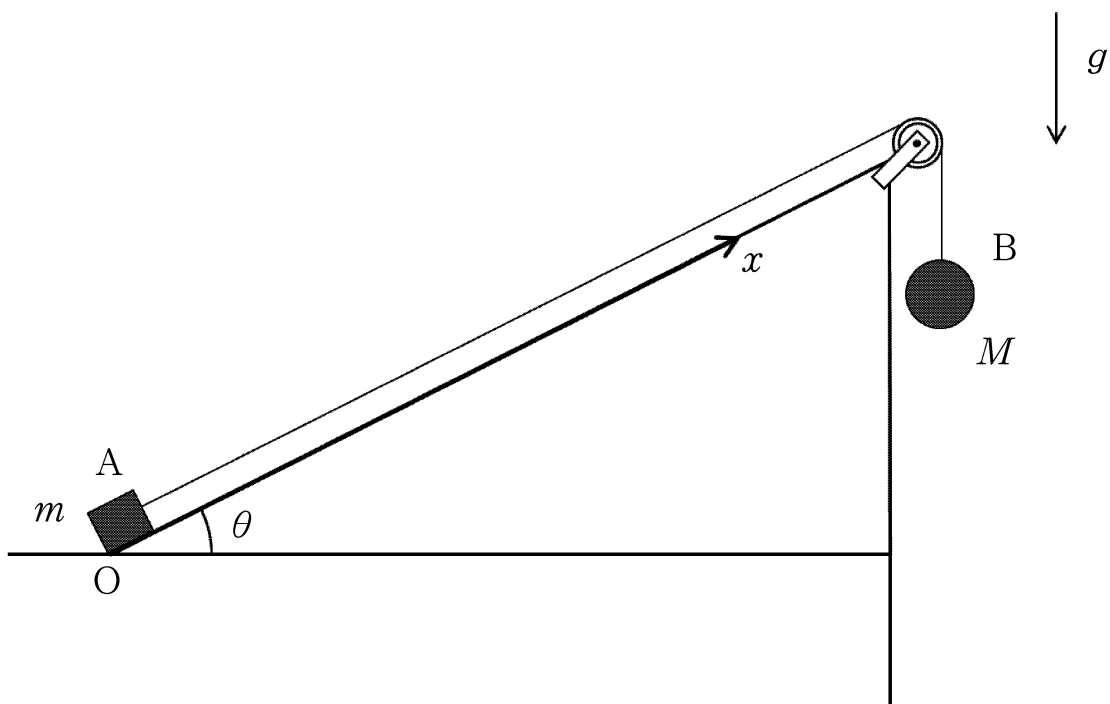


图 1

図2に示すように、磁束密度の大きさが $B$ である鉛直上向きの一様な磁場内に、間隔が $l$ の平行な2本の導線レールを水平面から角度 $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ )だけ傾けて固定した。この導線レールの下端に抵抗値 $R$ の抵抗器と電池をつないだ。質量 $m$ の導体棒を水平に保って2本の導線レール上に静かに置いた後の導体棒の振る舞いについて、以下の2つの場合を考える。ただし、導線レールと導体棒の抵抗と電池の内部抵抗はゼロとする。また、回路を流れる電流は充分小さく、その電流が作る磁場の影響は考えない。導体棒は導線レール上を滑らかに滑ることができるものとし、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさは $g$ とする。以下の文中の空欄(1)～(5)、(7)、(9)、(10)には適切な数式を、(6)には適切な語句を記入し、(8)は記号で答えよ。

- 電池の起電力を $E_0$ とした場合、導体棒は導線レール上で静止した。このとき、回路を流れる電流は□(1)と表される。磁場によって導体棒に流れる電流が力を受け、その大きさは $E_0, R, l, B$ を用いて□(2)と表すことができ、この力の導線レールに平行な成分の大きさは(2)の□(3)倍となる。一方、導体棒にはたらく重力の導線レールに平行な成分の大きさは□(4)である。したがって、導線レールに平行な成分についての力のつり合いから、電池の起電力 $E_0$ は $R, l, B, \theta, m, g$ を用いて□(5)と表される。
- 電池の起電力を $E_1$ とした場合、導体棒は導線レールに沿って下方に滑り始め、しばらくすると一定の速さ $v$ になった。ただし、導体棒は導線レールの下端に到達しないものとする。このとき、回路を貫く磁束が時間的に変化するため、回路には起電力が生じる。この起電力を□(6)といい、その大きさは $v, l, B, \theta$ を用いて□(7)と表され、導体棒でのその向きは{(8)イ.  $P \rightarrow Q$ , ロ.  $Q \rightarrow P$ }となる。この起電力と電池の起電力によって回路を流れる電流の大きさは $v, l, B, \theta, E_1, R$ を用いて□(9)と表される。したがって、導線レールに平行な成分についての力のつり合いから、この導体棒の速さ $v$ は $E_1, l, B, \theta, R, m, g$ を用いて□(10)と表される。

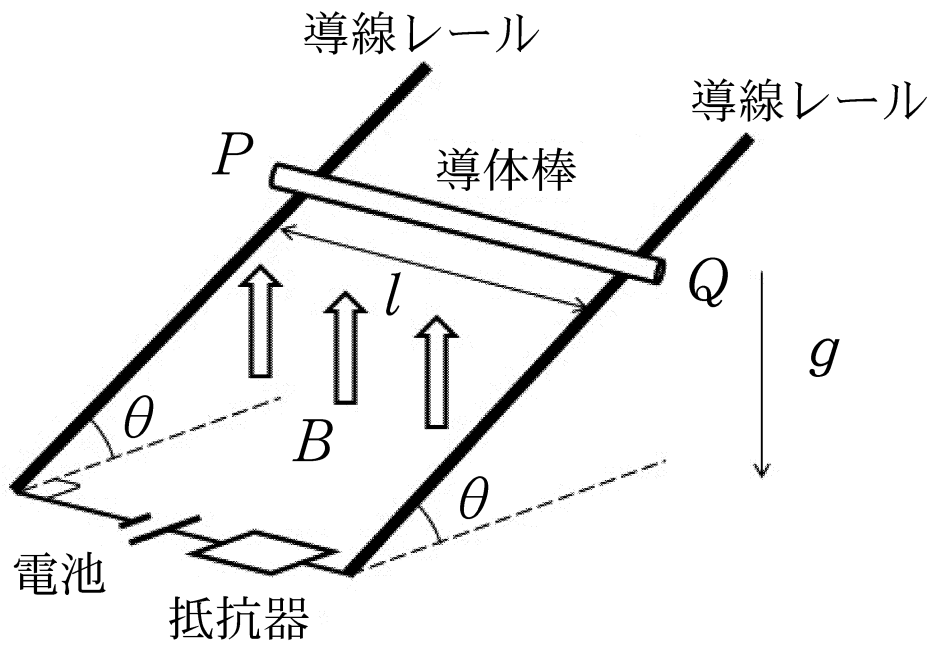


図2

# 理

## 3

### (化学基礎)

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(6)の各設問に記号で答えよ。

(1) 次の a ～ e の原子のうち、 $^{16}\text{O}$  と中性子の数が等しいものを記号で答えよ。

a.  $^{12}\text{C}$     b.  $^{13}\text{C}$     c.  $^{14}\text{N}$     d.  $^{15}\text{N}$     e.  $^{17}\text{O}$

(2) 次の a ～ e の元素のうち、K 殻に 2 個、L 殻に 8 個、M 殻に 7 個の電子配置を持つものを記号で答えよ。

a. F    b. S    c. Al    d. Cl    e. Ar

(3) 次の a ～ e の数値は元素の原子番号である。価電子の数がもっとも多いものを記号で答えよ。

a. 9    b. 15    c. 16    d. 18    e. 19

(4) 次の a ～ e の分子のうち、非共有電子対の数が窒素分子の非共有電子対の数と同じものを記号で答えよ。

a. 水素    b. 塩化水素    c. 塩素    d. 水    e. 二酸化炭素

(5) 次の a ～ e の物質のうち、総電子数がもっとも多いものを記号で答えよ。

a.  $\text{Cl}_2$     b.  $\text{NaCl}$     c.  $\text{CO}_2$     d.  $\text{H}_2\text{S}$     e.  $\text{SO}_2$

(6) 次の a ～ e の金属単体のうち、常温では水と反応しないが、高温の水蒸気と反応するものを記号で答えよ。

a. Ca    b. Cu    c. Zn    d. Sn    e. Pb

2. 質量パーセント濃度が20.0%の水酸化ナトリウム水溶液の密度は $1.22 \text{ g/cm}^3$ である。これに関し、次の(1)～(5)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{Na} = 23$ とする。

- (1) この水酸化ナトリウム水溶液100 mLの質量は何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (2) この水酸化ナトリウム水溶液を100 mLつくるには、水酸化ナトリウムが何 g 必要か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (3) この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は何 mol/Lか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (4) この水酸化ナトリウム水溶液100 mLを中和するのに、 $2.0 \text{ mol/L}$ の硫酸水溶液は何 mL必要か。有効数字 2 桁で答えよ。
- (5) この水酸化ナトリウム水溶液を用いて $2.0 \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液を100 mLつくるには、この水溶液は何 mL必要か。有効数字 2 桁で答えよ。

3. エタノール  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  9.2 gを完全燃焼させると、二酸化炭素と水が生成する。これに関し、次の(1)～(4)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ ,  $\text{C} = 12$ ,  $\text{O} = 16$ , 標準状態での 1 molの気体の体積は $22.4 \text{ L}$ とする。なお、計算結果はいずれも有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) この反応を化学反応式で答えよ。
- (2) この反応で生成する水の物質量 (mol) を答えよ。
- (3) この反応で生成する二酸化炭素の質量 (g) を答えよ。
- (4) この反応に必要な酸素の体積は、標準状態で何 Lか答えよ。

次の各設問に答えよ。

1. 図4の反応経路(1)～(4)の空欄  ～  に該当する有機化合物の物質名を答えよ。

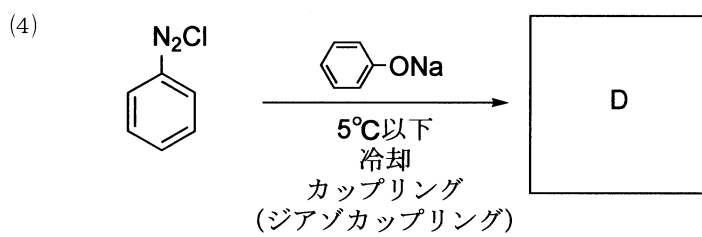
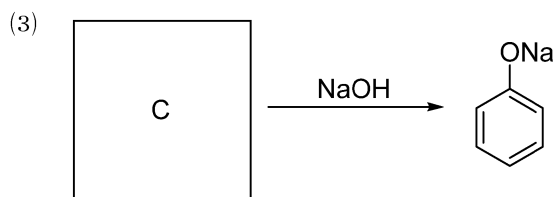
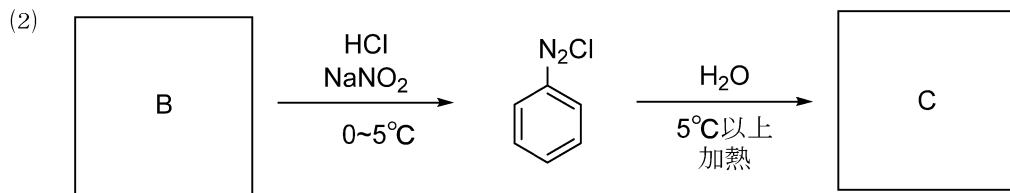
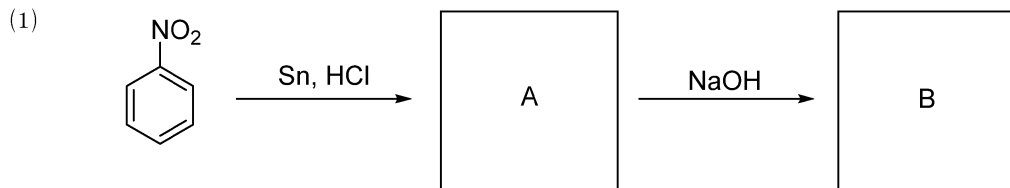
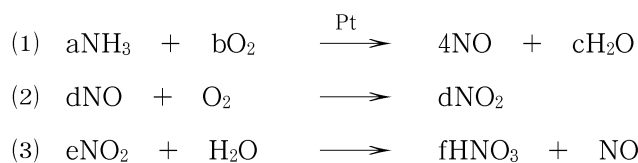


図4

2. 硝酸は、アンモニアを原料として、次の化学反応式(1)～(3)の工程を経て工業的に製造されている。これに関し、次の問1～問3の各設問に答えよ。



問1 化学反応式(1)～(3)の係数  $a \sim f$  に該当する整数を答えよ。

問2 この(1)～(3)の反応による硝酸の工業的製法の名称を答えよ。

問3 化学反応式(1)～(3)をまとめて1つの化学反応式で答えよ。

3. 27°Cにおいて、1.0 Lの容器の中に3.2 gの酸素、5.6 gの窒素、4.0 gのアルゴンからなる混合気体が入っている。全ての気体が理想気体であるものとして、次の(1)～(5)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $N = 14$ ,  $O = 16$ ,  $Ar = 40$ , 気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。なお、計算結果はいずれも有効数字2桁で答えよ。

(1) 混合気体中の酸素の分圧 (Pa) を答えよ。

(2) 混合気体中の窒素の分圧 (Pa) を答えよ。

(3) 混合気体中のアルゴンの分圧 (Pa) を答えよ。

(4) 混合気体の全圧 (Pa) を答えよ。

(5) この混合気体の平均分子量を答えよ。



生物の共通性と多様性に関する次の文章を読み、下記の設問（問1～問5）に答えよ。

地球上には、数千万種と言われる多種多様な生物が存在しているが、すべての生物に共通した特徴がいくつかある<sup>1</sup>。一方で、地球上の気候は多様であり、生物分布はそれぞれの地域の気候に対応している。南北に長く標高差も大きい日本列島では、植生分布も多様である。北海道内の植生も一様ではなく、東部では（ア）や（イ）などの常緑（ウ）林が分布しているが、大半の地域では常緑（ウ）に落葉（エ）が混じった移行帯の混交林がみられ、南西部の低地に限っては、本州東北部と同様に（オ）、（カ）などの落葉（エ）からなる（キ）林が広がる。これらバイオームを構成する植物は、無機物である水と（ク）から光エネルギーを用いて、デンプンなどの有機物を作る反応である（ケ）を行う独立栄養生物であり、生態系の中では（コ）者として、（サ）者である従属栄養生物の動物たちを支えている。

このような生態系のバランスは、人間活動により近年大きく崩れている。たとえば、外来生物と呼ばれる生物が、移入先で分布を広げ、生態系をかく乱して生物の多様性に大きな影響を与える場合がある<sup>2</sup><sup>3</sup>。

問1 下線部1に関して、以下にあげた①～④の中で、すべての生物が持つ共通の特徴を2つ選び、番号を解答欄に書き入れなさい。

- ① 細胞からできている。
- ② DNAを遺伝情報として用いている。
- ③ 酸素を用いて有機物を分解しエネルギーを得る呼吸を行う。
- ④ 2個体の配偶子（生殖細胞）が合体しなければ新たな個体は誕生しない。

問2 文章中（ア）～（キ）の空欄に当てはまる語句を以下から選び記入せよ。

照葉樹 夏緑樹 針葉樹 広葉樹 シラビソ トドマツ エゾマツ クスノキ  
タブノキ ミズナラ ブナ

問3 文章中、（ク）～（サ）の空欄にもっとも適切な語句を記入せよ。

問4 下線部2について、以下の問に答えよ。

- (1) 生態系において、食物網の上位にあってとくに生態系のバランスを保つのに重要な役割を果たしている生物種を何と呼ぶか。
- (2) 人間活動により個体数を減らし絶滅のおそれがある野生生物の種の一覧を何と呼ぶか。
- (3) 人間活動により石油や石炭などの化石燃料が大量に消費されていることで、濃度が上昇し続けている大気の成分を漢字5文字で記せ。

問5 下線部3の外来生物がもたらす影響について下記の問に答えよ。

宮城県北部に位置する伊豆沼（いずぬま）は、数々の水生植物が群生し、水鳥や魚類の生息に適した湿地環境が形成されている。沼では漁業が営まれ、1980年代まで多くの魚類やエビ類が漁獲されていた。しかし、釣りなどの目的で各地に放流され分布を広げた外来魚のオオクチバスが定着し、1990年代後半以降、急速な個体数増加と在来魚類への捕食が認められたため、2000年代に定置網での捕獲を実施した。図1は、1日あたりのオオクチバス捕獲数推移(2001～2009年)、図2は、伊豆沼に生息する代表的魚類(タモロコ、モツゴ、タナゴ類)の1日あたり漁獲量推移(1996～2010年)を示している。なお、この期間に水質など自然環境に大きな変化は無かった。また、ここでオオクチバスの捕獲数は、沼に生息するオオクチバスの個体数の動向を反映していると仮定する。

これらの結果から、オオクチバスの駆除が伊豆沼に生息する魚類の種類と個体数にどのような変化をもたらしたか50文字以内で説明せよ。

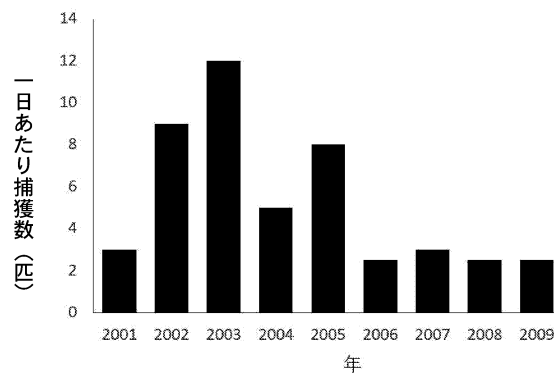


図1. 伊豆沼におけるオオクチバス捕獲数推移

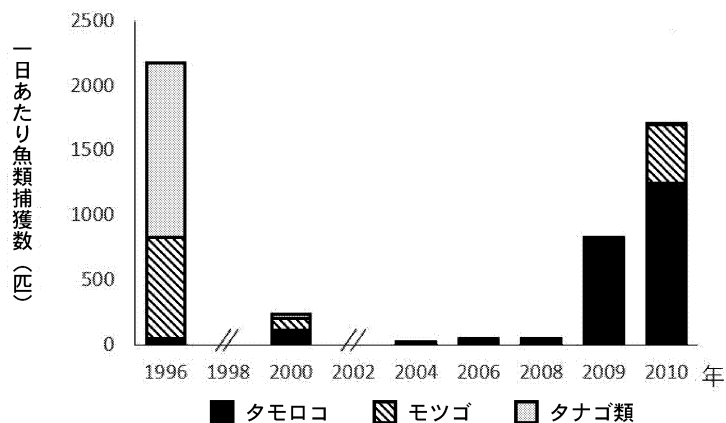


図2. 伊豆沼に生息する代表的魚類の漁獲量推移

注) 1998年と2002年はデータが無い

(公財) 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 (2013年)「湖沼復元を目指すための外来魚防除・魚類相復元マニュアル～伊豆沼・内沼の研究事例から～」を改変

生命現象と物質に関する次の文章を読み、下記の設問（問1～問7）に答えよ。

多細胞生物の細胞の中には核やミトコンドリア、ゴルジ体など様々な細胞小器官が存在している。これらの細胞小器官はすべて脂質分子が2層に並んだ膜<sup>2</sup>できている。ミトコンドリアを構成する内外2枚の膜のうち、内側の膜に埋めこまれたさまざまなタンパク質分子の働きによってATPの合成<sup>4</sup>が行われている。細胞を構成する物質は水のほかに、タンパク質、核酸、脂質、炭水化物といった有機物である。タンパク質は、多数のアミノ酸が鎖状につながって、複雑な立体構造をしている分子であり、長いもので数千個が結合している。タンパク質を構成するアミノ酸には、構造及び化学的性質の異なるものが20種類あり、結合したアミノ酸の並び方<sup>5</sup>（種類と数、および配列の順序）によって、多様なタンパク質ができる。タンパク質の立体構造は、その機能と密接な関係を持っている。タンパク質のある特定の部位に特定の物質だけが結合するという性質は、生体内化学反応を促進する酵素や、膜での物質輸送にかかわる輸送タンパク質、情報伝達にはたらく受容体、生体防御にはたらく抗体などで見られる。タンパク質は特定の立体構造を持つことによってその機能を発揮することができるので、タンパク質のはたらきは温度やpHなどの分子の立体構造を変化させる条件に影響を受ける。

問1 下線部1のような特徴を持つ細胞を何と呼ぶか。もっとも適切な語句を記入せよ。

問2 下線部2について、以下の設問に答えよ。

- (1) 下線部2のような構造を持つ膜を何と呼ぶか。もっとも適切な語句を記入せよ。
- (2) これと直接関連性のないものを次の①～④からひとつ選び、番号で答えよ。

- ① リン脂質
- ② 網膜
- ③ 細胞膜
- ④ エキソサイトーシス

問3 下線部3の説明としてもっとも適切なものを次の①～⑥からひとつ選び、番号で答えよ。

- ① 有機物を分解することによりATPを作る。解糖系と呼ばれる。
- ② 有機物を分解することによりATPを作る。クエン酸回路と呼ばれる。
- ③ ATPに加え、FADH<sub>2</sub>やNADHも作る。クエン酸回路と呼ばれる。
- ④ ATPに加え、FADH<sub>2</sub>やNADHも作る。電子伝達系と呼ばれる。
- ⑤ 酸化リン酸化によるATP合成を行う。電子伝達系と呼ばれる。
- ⑥ 酸化リン酸化によるATP合成を行う。解糖系と呼ばれる。

問4 下線部4について、以下の設問に答えよ。

(1) 下線部4に関する以下の文章の空欄 ( a ) ~ ( d ) にもっとも適切な語句を記入せよ。

ATPは、( a ) と ( b ) がリン酸結合することで合成される。この結合は ( c ) と呼ばれ、切断時にはそのエネルギーが ( d ) される。

(2) ATP がエネルギー通貨と言われる理由を30文字以内で記せ。

問5 下線部5に関する以下の文章の空欄 ( e ) ・ ( f ) にもっとも適切な数字あるいは語句を記入せよ。

図1は、ある短いタンパク質の全長を指定するDNA領域の鋳型鎖の塩基配列である。翻訳開始コドン (AUG) はアミノ酸メチオニンを指定、ここで使われる停止コドンはUAGである。このタンパク質を構成するアミノ酸の数は ( e ) 個、また翻訳開始から数えて3番目のアミノ酸は ( f ) である。なお、RNAポリメラーゼは鋳型鎖を3'→5'の方向に移動し、鋳型鎖に相補的なRNA鎖を5'→3'の方向に順に合成していく。リボソームではmRNAが5'→3'の方向で読まれつつ翻訳が進行する。スプライシングや翻訳後のアミノ酸の除去も起こらないものとする。

3'—TACGGATACAAGTAGCACTTGTGGTTAATC—5'

図1

問6 下線部6に関し、各分類ではたらく代表的なタンパク質の組合わせとしてもっとも適当なものを次の①～④からひとつ選び、番号で答えよ。

	化学反応	物質輸送	情報伝達	生体防御
①	イオンチャンネル	リゾチーム	免疫グロブリン	インスリン受容体
②	リゾチーム	イオンチャンネル	免疫グロブリン	インスリン受容体
③	イオンチャンネル	リゾチーム	インスリン受容体	免疫グロブリン
④	リゾチーム	イオンチャンネル	インスリン受容体	免疫グロブリン

問7 下線部7に関する以下の文章の空欄 ( g ) ・ ( h ) にもっとも適切な語句を記入せよ。

タンパク質の分子の立体構造が何らかの要因で変わると、その性質や機能も変化することが多い。高温や酸・アルカリなどによってタンパク質の立体構造が変化すると、性質や機能も変化する。これをタンパク質の ( g ) という。また ( g ) によって機能を持ったタンパク質がはたらき ( 活性 ) を失う。これを ( h ) という。