

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 被子植物の細胞と脊椎動物の細胞の両方に存在するものを①～⑤から2つ選べ。

- ① 細胞壁                      ② 中心体                      ③ ミトコンドリア  
④ 葉緑体                      ⑤ リボソーム

問 2 ヒトのインスリンはA鎖とB鎖の2本のポリペプチド鎖からなるタンパク質である。このような複数のポリペプチド鎖の組み合わせからなるタンパク質の構造は何と呼ばれるか、①～⑥から1つ選べ。

- ① 一次構造                      ② 二次構造                      ③ 三次構造  
④ 四次構造                      ⑤  $\alpha$ ヘリックス                      ⑥  $\beta$ シート

問 3 動物細胞のアクチンフィラメントが関与するものとして適切なものを①～⑤から2つ選べ。

- ① 筋の収縮  
② 繊毛の動き  
③ デスモソーム  
④ べん毛の動き  
⑤ 細胞分裂時の細胞質分裂

問 4 被子植物では重複受精が起こる。この時に生じる胚乳核の染色体数として最も適切なものを

①～⑤から1つ選べ。ただし、花粉母細胞の染色体数は $2n$ とする。

- ①  $1n$   
②  $2n$   
③  $3n$   
④  $4n$   
⑤ 染色体を持たない。

問 5 植物の気孔を開閉させる環境要因の一つは光である。気孔を開かせる働きのある光とその光受容体の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。

- ① 青色光とクリプトクロム  
② 青色光とフィトクロム  
③ 青色光とフォトトロピン  
④ 赤色光とクリプトクロム  
⑤ 赤色光とフィトクロム  
⑥ 赤色光とフォトトロピン

問 6 ヒトの卵は減数分裂の途中で停止した状態で排卵され、その後、精子の侵入とともに減数分裂を再開する。ヒトでは、卵の減数分裂のどの段階で精子が侵入するのか、最も適切なものを

①～⑥から1つ選べ。

- ① 第一分裂前期                      ② 第一分裂中期                      ③ 第一分裂後期  
④ 第二分裂前期                      ⑤ 第二分裂中期                      ⑥ 第二分裂後期

問 7 以下の a～e は生物の進化の過程で起きた出来事である。a～e が起きた順として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- a 三葉虫の繁栄                      b ハ虫類の出現                      c 哺乳類の出現  
d 被子植物の出現                      e エディアカラ生物群の出現

- ① a→b→e→c→d  
② a→e→b→d→c  
③ e→a→b→c→d  
④ e→a→b→d→c  
⑤ e→b→a→d→c

問 8 類人猿とヒトの間には顕著な違いが存在している。類人猿とヒトを比較した場合、ヒトのみに見られる特徴として適切な記述を①～⑤から2つ選べ。

- ① おとがいを持たない。  
② 犬歯が顕著に大きい。  
③ 顕著な眼窩上隆起がある。  
④ 骨盤が横に広がっている。  
⑤ 大後頭孔が頭骨の真下に開口する。

問 9 ヒトの体は免疫系によって守られている。免疫に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 好中球は食作用により異物を取り込み、分解する。  
② 樹状細胞はヘルパーT細胞により活性化され、抗体を産生する。  
③ キラーT細胞は抗原抗体反応により刺激され、形質細胞へと分化する。  
④ ヘルパーT細胞はウイルスに感染した細胞を認識し、直接攻撃して排除する。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 動物の生存曲線は種によって様々であるが、大別すると図 1 に示す A, B, C 型に区分することができる。図 1 の横軸は、最大寿命を 100 に換算した時の年齢を、縦軸は出生数を 1000 個体に換算した時の生存数を示している。上記の型の説明として最も適切なものを①～⑥から 1 つ選べ。

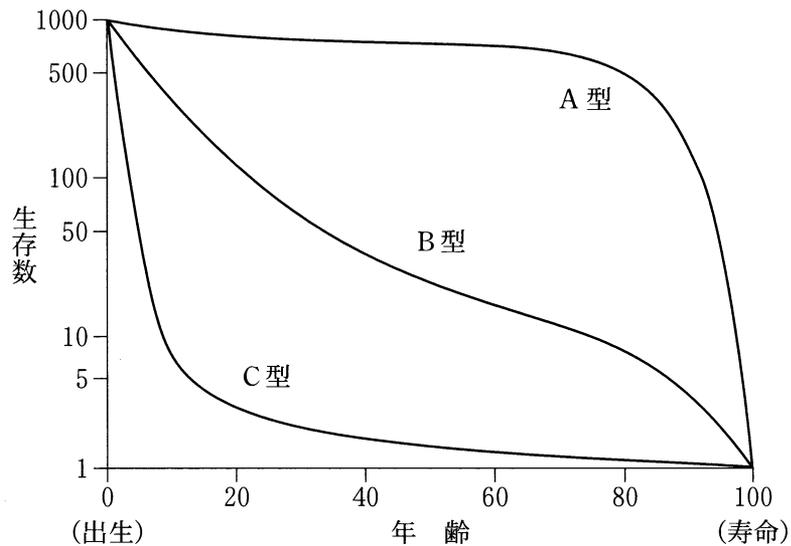


図 1

- ① A 型の生物種は生涯を通して死亡率がほぼ一定で、少数の卵や子を産み、親が子を保護する。
- ② A 型の生物種は発育初期における死亡率が高く、多数の卵や子を産み、親が子を保護する。
- ③ B 型の生物種は幼若個体の死亡率が高く、他の型に比べて老齢個体の比率が高い。
- ④ B 型の生物種は生涯を通して死亡率がほぼ一定で、他の型に比べて老齢個体の比率が高い。
- ⑤ C 型の生物種は発育初期における死亡率が低く、多数の卵や子を産む。
- ⑥ C 型の生物種は発育初期における死亡率が高く、多数の卵や子を産む。

問 2 イモリの眼は連鎖的な誘導によって段階的に作られることが知られている。図 2 はこの連鎖的誘導を模式的に示している。図中の **イ** ~ **オ** にあてはまる最も適切な用語を ①~⑤ からそれぞれ 1 つ選べ。

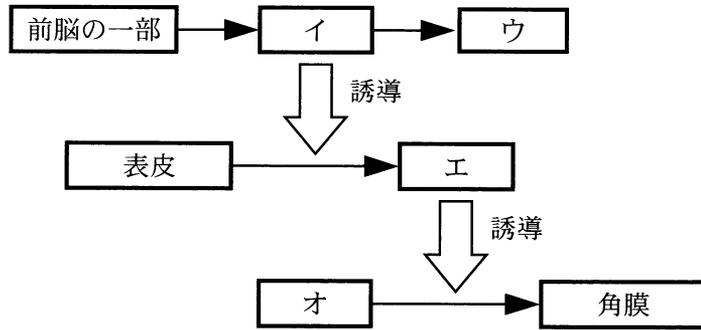


図 2

- |          |         |       |      |      |      |
|----------|---------|-------|------|------|------|
| <b>イ</b> | ① 眼胞・眼杯 | ② 水晶体 | ③ 体節 | ④ 表皮 | ⑤ 網膜 |
| <b>ウ</b> | ① 眼胞・眼杯 | ② 水晶体 | ③ 体節 | ④ 表皮 | ⑤ 網膜 |
| <b>エ</b> | ① 眼胞・眼杯 | ② 水晶体 | ③ 体節 | ④ 表皮 | ⑤ 網膜 |
| <b>オ</b> | ① 眼胞・眼杯 | ② 水晶体 | ③ 体節 | ④ 表皮 | ⑤ 網膜 |

問 3 甲状腺はあるホルモンを分泌する。図 3 はこのホルモンの分泌を調節する経路の一部を模式的に示している。図中の **カ** , **キ** にあてはまる最も適切な用語を A 群 ①~⑦ から、**ク** にあてはまる最も適切な用語を B 群 ①~⑥ からそれぞれ 1 つ選べ。ただし、図中の  $\rightarrow$  はホルモンの分泌を、 $\Rightarrow$  はホルモンの作用を示している。

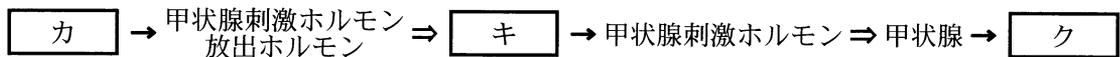


図 3

A 群

- ① 視床
- ② 視床下部
- ③ 松果体
- ④ 脳下垂体前葉
- ⑤ 脳下垂体後葉
- ⑥ 副腎皮質
- ⑦ 副腎髄質

B 群

- ① アドレナリン
- ② オキシトシン
- ③ 鉱質コルチコイド
- ④ チロキシン
- ⑤ 糖質コルチコイド
- ⑥ バソプレシン

問 4 図4はカルビン・ベンソン回路により炭素が固定され有機化合物(グルコース)が合成される過程を模式的に示したものである。

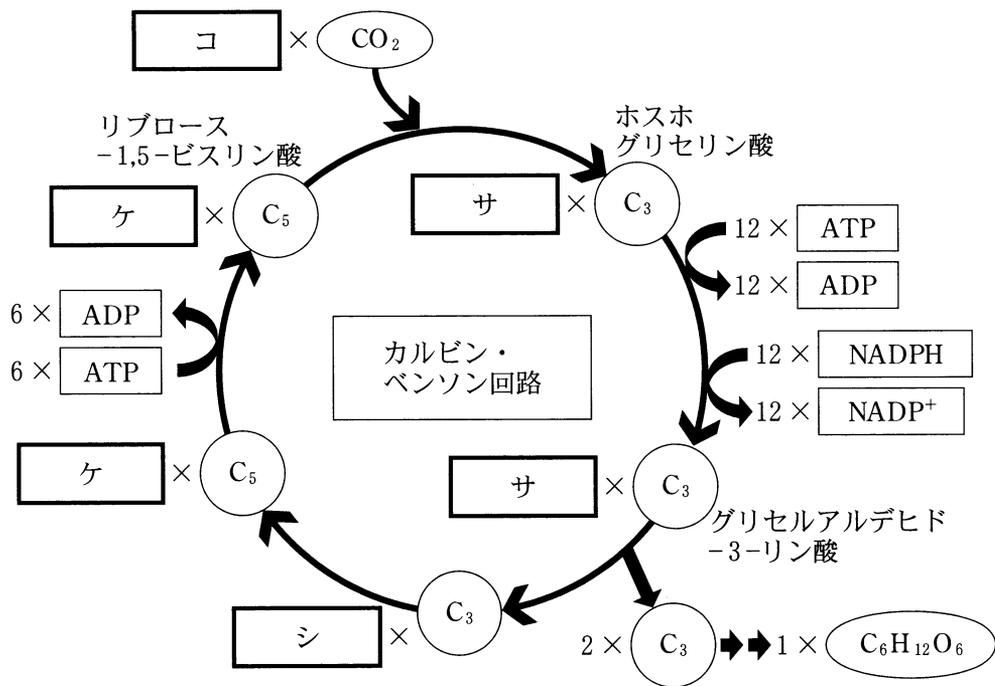


図4

図中の **ケ** ~ **シ** には1分子のグルコースを合成するために必要な分子の数があてはまる。**ケ** ~ **シ** に入る最も適切な数を①~⑥からそれぞれ1つ選べ。

<b>ケ</b>	①	1	②	2	③	3	④	4	⑤	6	⑥	8
<b>コ</b>	①	1	②	2	③	3	④	4	⑤	6	⑥	8
<b>サ</b>	①	2	②	4	③	5	④	8	⑤	10	⑥	12
<b>シ</b>	①	2	②	4	③	5	④	8	⑤	10	⑥	12

カルビン・ベンソン回路において90 mgのグルコースを合成するためには、何 mgの二酸化炭素を固定する必要があるか、グルコースの分子量を180、二酸化炭素の分子量を44として答えよ。例えば、値が50 mgの時は    とせよ。

mg

問 5 遺伝暗号の解読のために人工 RNA を用いてポリペプチド鎖を合成する実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) C と A を交互に繰り返した人工 RNA からは、トレオニンとヒスチジンを交互に繰り返すポリペプチド鎖が合成された。
- (2) AAC を繰り返した人工 RNA からは、アスパラギンのみからなるポリペプチド鎖、グルタミンのみからなるポリペプチド鎖、トレオニンのみからなるポリペプチド鎖が合成された。

実験結果(1)と(2)から、トレオニンのコドンはどれと考えられるか、①～⑤から適切なものをすべて選べ。

- ① AAA      ② AAC      ③ ACA      ④ CAA      ⑤ CAC

Ⅲ 以下のA～Dの文章を読み、問いに答えよ。

A 酸素の運搬は血液の重要な機能の1つであり、赤血球に存在するヘモグロビンが主にこの役割をになう。ヘモグロビンは肺胞で酸素と結合し、血流を介して末梢の組織に酸素を運搬する。図1の実線はヘモグロビンの酸素解離曲線を示している。

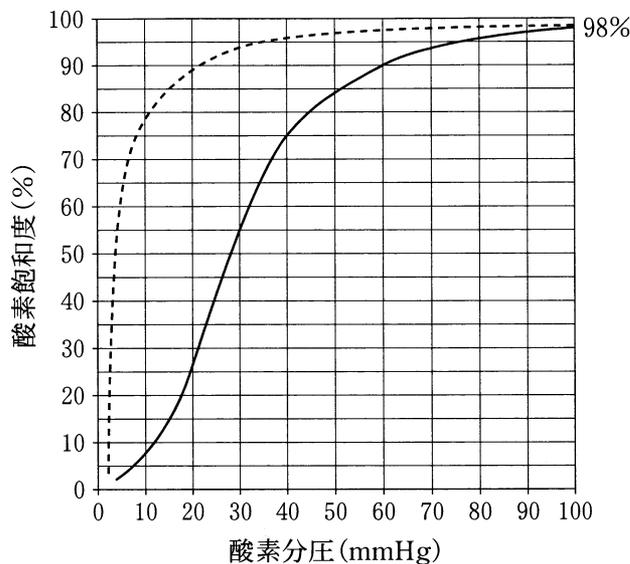


図1

問1 血液100 mLに含まれるヘモグロビンは、肺胞で受け取った酸素のうち何 mLを末梢の組織に供給できるか、図1のグラフを利用して計算せよ。ただし、ヘモグロビンは血液100 mLあたり15 g存在し、1 gのヘモグロビンは酸素飽和度が100%の場合1.4 mLの酸素と結合できるとする。肺胞における血液の酸素分圧は100 mmHg、末梢の組織を流れる血液の酸素分圧は40 mmHgとする。なお、ヘモグロビンの酸素飽和度に対し酸素分圧以外の条件が与える影響を考慮する必要はない。また、肺胞から末梢の組織まで運ばれる間の酸素の損失はないとする。解答は、小数第2位を四捨五入した値で答えよ。例えば、答えが1.23の場合は   .  とせよ。

.  mL

問 2 図 1 の点線は、ヒトがもつ別の酸素結合タンパク質であるミオグロビンの酸素解離曲線である。もし、ヒトの赤血球に含まれる酸素運搬に関わる分子がヘモグロビンではなく、全てミオグロビンであった場合、酸素の供給にどのような影響を与えられるか、最も適切な記述を①～④から 1 つ選べ。 

エ
---

- ① ヘモグロビンと同程度に、末梢の組織に酸素を供給できる。
- ② 肺胞において大量の酸素と結合できるため、末梢の組織への酸素の供給がヘモグロビンに比べて大きく増加する。
- ③ 末梢において酸素を大量に放出できるため、末梢の組織への酸素の供給がヘモグロビンに比べて大きく増加する。
- ④ 末梢において酸素をわずかにしか放出できないため、末梢の組織への酸素の供給がヘモグロビンに比べて大きく低下する。

B 生物は、その細胞の構造により真核生物と原核生物に分けることができる。さらに、タンパク質のアミノ酸配列や DNA の塩基配列による系統解析にもとづき、原核生物は細菌と古細菌に分けることができる。

問 3 文中の下線部(a), (b)に当てはまる生物の組み合わせとして最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① (a) アゾトバクター (b) ネンジュモ
- ② (a) アメーバ (b) アゾトバクター
- ③ (a) クラミドモナス (b) アメーバ
- ④ (a) ゾウリムシ (b) アオカビ
- ⑤ (a) ゾウリムシ (b) オオカナダモ

問 4 細菌と古細菌に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 細菌と古細菌は、ともに核膜を持たない。
- ② 細菌は系統的に古細菌よりも真核生物に近縁である。
- ③ 細菌は細胞壁を持つが、古細菌は細胞壁を持たない。
- ④ 細菌はミトコンドリアを持たないが、古細菌はミトコンドリアを持つ。

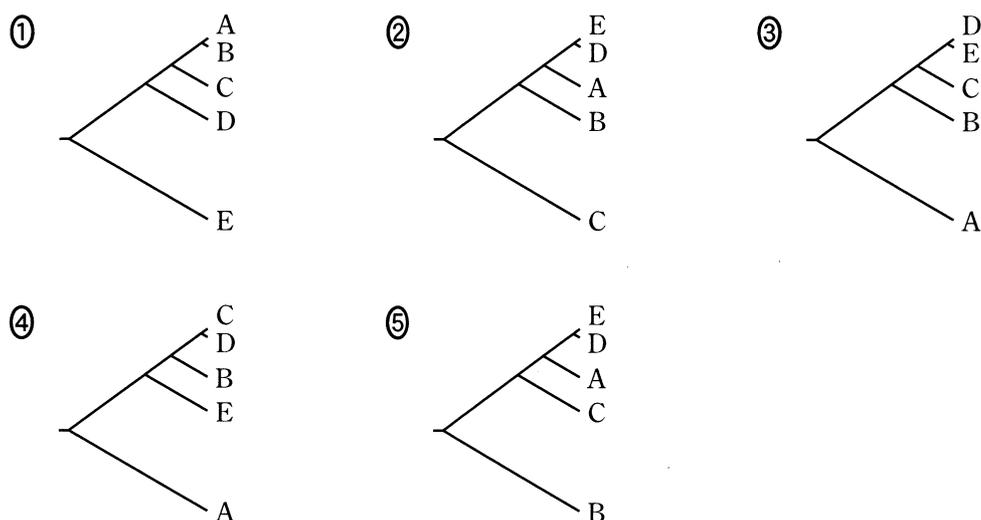
C 5種類の細菌，フォルミディウム・テヌエ(シアノバクテリア)，緑膿菌，コレラ菌，チフス菌，大腸菌において，あるタンパク質のアミノ酸 550 個の配列について比較を行った。2 種間ごとにそれぞれのアミノ酸配列を比較して，異なっているアミノ酸の数を調べ，その結果を表 1 に示した。

	緑膿菌	コレラ菌	チフス菌	大腸菌
フォルミディウム・テヌエ (シアノバクテリア)	215	264	261	264
緑膿菌		115	123	111
コレラ菌			79	80
チフス菌				9

表 1

問 5 このタンパク質のアミノ酸配列の違いにもとづいて作成される分子系統樹として，最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。ただし，分子系統樹にある A はフォルミディウム・テヌエ(シアノバクテリア)，B は緑膿菌，C はコレラ菌，D はチフス菌，E は大腸菌とする。

キ



問 6 大腸菌とチフス菌は，その共通祖先から 1 億年前に分岐したと考えられている。このタンパク質のアミノ酸が 1 つ置換するのに要する時間は一定であるとしたとき，緑膿菌と大腸菌がその共通祖先から分岐したのは何億年前か計算せよ。ただし，計算には緑膿菌と大腸菌を直接比較したデータを用いよ。また，一度変化したアミノ酸が再び変化することを考慮する必要はない。解答は，小数第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば，値が 1.23 の場合は

0 1 . 2 とせよ。  
ク ケ . コ 億年前

D ショウジョウバエのF遺伝子座には2つの対立遺伝子があり、その正常遺伝子をF、劣性突然変異遺伝子をfとあらわす。fのホモ接合体(ff)は雌雄ともに成体まで発生する。しかしff雌はF遺伝子の機能を完全に失っているために生殖能力がなく、生殖能力をもつ雄と交配しても子を得ることができない。一方、ff雄には生殖能力があり、生殖能力をもつ雌と交配すると、子を得ることができる。FFとffの雌を詳細に観察し、下記の結果を得た。

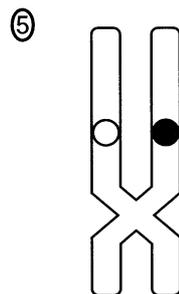
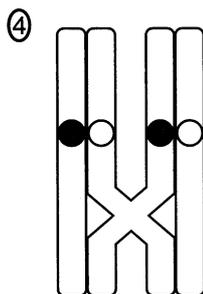
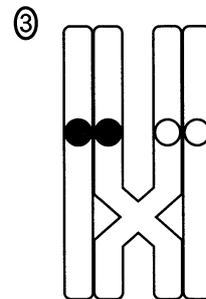
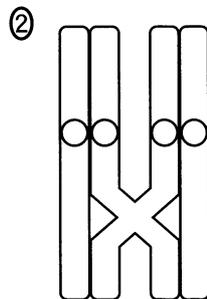
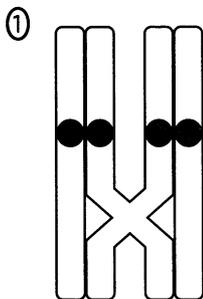
観察1：FF雌とff雌はともに正常に発達した卵巣をもっていた。いずれの場合も、卵巣内には卵形成過程の様々な時期の卵があった。それらの中で卵形成が最も進んでいる卵は、減数第一分裂中期であった。

観察2：交尾後のFF雌が産んだ卵では胚発生は正常に進んでいた。しかし、交尾後のff雌が産んだ卵では、精子が卵細胞質へ侵入していたが、卵は減数第一分裂中期で止まったままで、胚発生はまったく進んでいなかった。

観察3：未交尾のFF雌が産んだ卵は減数第二分裂を完了した状態で停止していたが、未交尾のff雌が産んだ卵は減数第一分裂中期で停止していた。

問7 ff雌が産んだ卵はどのような状態の染色体をもつか、その1つの二価染色体をあらわす模式図として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。なお、染色体上の○と●はそれぞれff雌の雌親由来と雄親由来の染色体上の動原体を示し、染色体間の交わりは乗換えをあらわす。

サ



問 8 未交尾の FF 雌が産んだ卵の核に含まれる DNA 量を 1 としたとき、未交尾の ff 雌が産んだ卵の DNA 量として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。

- ①  $1/4$       ②  $1/2$       ③ 1      ④ 2      ⑤ 4

問 9 F 遺伝子座にある 2 つの対立遺伝子に関する説明と観察結果から考えられることとして最も適切な記述はどれか、①～④から 1 つ選べ。

- ① 卵形成と精子形成の両方に F 遺伝子のはたらきが必要である。  
② 卵形成の過程全体を通して F 遺伝子のはたらきが必要である。  
③ 一次卵母細胞で減数分裂を停止させるために、F 遺伝子のはたらきが必要である。  
④ 一次卵母細胞で相同染色体を分離させるために、F 遺伝子のはたらきが必要である。

問10 F 遺伝子の染色体上での位置を三点交雑により決定した。実験には、遺伝子座 F と同じ染色体上に存在する、遺伝子座 A の翅脈が乱れる優性突然変異と、遺伝子座 B の剛毛が短くなる優性突然変異を用いた。はじめに、遺伝子座 A の優性突然変異と遺伝子座 B の優性突然変異を同時にもつ染色体と、突然変異 f をもつ染色体がヘテロ接合となる雌をつくった。次にこれを、f をホモ接合にもち、遺伝子座 A と B に関してはすべて正常な遺伝子をもつ雄と交配した。この交配から得られた子の表現型と個体数を表 2 に示す。

翅脈	剛毛	雌		雄	
		生殖能力あり	生殖能力なし	生殖能力あり	生殖能力なし
正常	正常	10	390	372	0
乱れ	短い	377	7	359	0
乱れ	正常	183	34	208	0
正常	短い	30	169	223	0

表 2

このときの 3 つの遺伝子座の正しい並び方を①～③から選べ。

- ① F—A—B                      ② A—F—B                      ③ F—B—A

遺伝子座 A と遺伝子座 F 間の組換え価ならびに遺伝子座 B と遺伝子座 F 間の組換え価をそれぞれ計算せよ。値は小数第 1 位を四捨五入した整数で答えよ。例えば、値が 10.2 のときは   , 0.8 のときは   とする。

AF 間の組換え価：   %

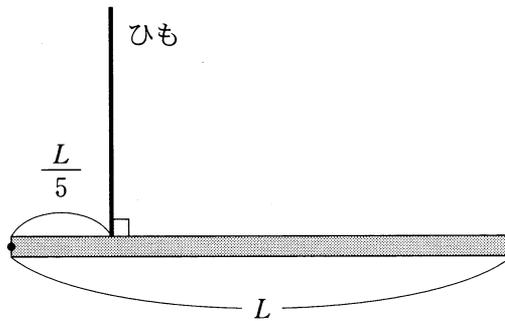
BF 間の組換え価：   %

# 物 理

I  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。分数以外の数値で解答する問題には有効数字3桁で答えよ。

(1) 図1のように長さ  $L$ 、質量  $m$  の一様な棒の左端を、棒がそのまわりで自由に回転できるように固定し、棒の左端から  $\frac{L}{5}$  の位置にひもを付け、水平に静止させた。ひもは鉛直方向を向いているとする。重力加速度の大きさを  $g$  とすると、ひもの張力は、 $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} mg$  であり、棒の左

端に加わる力の大きさは  $\frac{\text{ウ}}{\text{エ}} mg$  となる。



(2) 熱を通さない2つの容器 A, B が、コック C の付いた細い管でつながっていて、最初コック C は閉じられている。細い管もコック C も熱を通さないとする。A と B の体積はそれぞれ、 $9.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  と  $3.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  であり、単原子分子からなる理想気体が封入されている。A の気体の圧力は  $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は  $360 \text{ K}$  であり、B の気体の圧力は  $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は  $300 \text{ K}$  である。コック C を開いてからじゅうぶん時間が経過したとき、気体の圧力は  .   $\times 10^5 \text{ Pa}$  であり、温度は    $\text{ K}$  である。

(3)  $x$  軸方向に伝わる波による媒質の変位  $y[\text{m}]$  が、座標  $x[\text{m}]$  と時刻  $t[\text{s}]$  の関数として

$$y = 1.50 \sin 2\pi(4.00t - 0.200x)$$

で与えられる。この波の振幅は  .   $\text{ m}$ 、周期は  .   $\times 10^{-\text{フ}}$   $\text{ s}$ 、波長は  .   $\text{ m}$ 、速さは  .   $\times 10^{\text{ネ}}$   $\text{ m/s}$  である。

II  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

- (1) 図1のような、 $10\ \Omega$ と $30\ \Omega$ の3つの抵抗と $10\ \text{V}$ と $20\ \text{V}$ の2つの内部抵抗の無視できる電池からなる回路がある。 $10\ \Omega$ の抵抗を流れる電流の大きさは  .   $\times 10^{-\text{イ}}$  A であり、 $10\ \text{V}$ の電池を流れる電流の大きさは  .   $\times 10^{-\text{カ}}$  A である。また、A点とB点の電位差は   V となる。

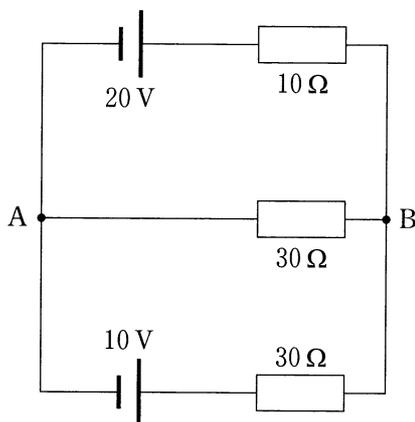


図1

- (2) 電子の質量を  $9.1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$ 、電気素量を  $1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$  として以下の問題に答えよ。静止した電子を  $18.2\ \text{kV}$  の電圧で加速し、陽極に衝突させ、X線を発生させた。陽極に衝突する直前の電子の速さは  .   $\times 10^{\text{サ}}$  m/s である。また、発生するX線の最大エネルギーは  .   $\times 10^{\text{セ}}$  eV である。

- (3) 統一原子質量単位を  $u$  とすると、陽子の質量は  $1.0073\ u$ 、中性子の質量は  $1.0087\ u$  である。原子核  ${}^3_2\text{He}$  の質量が  $3.0149\ u$  なので、 ${}^3_2\text{He}$  の質量欠損は  .   $\times 10^{-\text{フ}}$   $u$  となる。

- (4) 次のような反応で原子核 X が生成された。



原子核 X の原子番号は   , 中性子数は   , 質量数は   である。

III  にはあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答えよ。ただし、 ソ  ~  チ  については、最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

図1のように、互いに等しい質量  $m$  を持ち、バネ定数  $k$  の軽いバネで接続された物体 A と B が、水平で滑らかな机の上に置かれている。物体 A と B にそれぞれ取り付けられた伸縮しない軽い糸が、机の縁に固定された滑車にかけられており、これらの糸によって質量  $7m$  の物体 C が吊り下げられている。物体 A と B は、これらの中点 O を中心として左右対称に水平方向に運動し、物体 C は、点 O の真下を鉛直方向に運動する。3つの物体はいずれも滑車に接触することはない、物体の大きさは無視できるものとする。バネの自然長を  $L$ 、重力加速度の大きさを  $g$ 、滑車は摩擦なく回転し、その質量は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

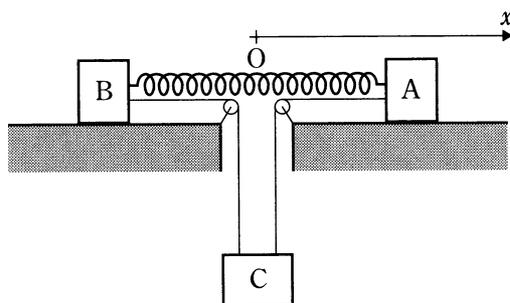


図1

(a) 3つの物体がつりあって静止しているとき、物体 A と C を結ぶ糸の張力は  $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} mg$  で

あり、点 O と物体 A の距離は  $\frac{\text{ウ}}{\text{エ}} L - \frac{\text{オ}}{\text{カ}} \frac{mg}{k}$  と表わされる。

(b) 3つの物体がつりあって静止した状態で2本の糸を同時に切ると、物体 A と B は左右に振動しはじめた。この振動の周期  $T_1$  は  $T_1^2 = \text{キ} \pi^2 \frac{m}{k}$  を満たし、振動中の物体 A の速さの

最大値  $V_1$  は  $V_1 = \frac{\text{ク}}{\text{ケ}} \frac{gT_1}{\pi}$  と表わされる。

(c) 設問(a)で考えたつりあいの状態から物体Cを距離  $d$  だけ下の位置に静止させて静かに手を放すと、糸がたるむことなく物体Cは上下に振動しはじめた。この振動の周期  $T_2$  は

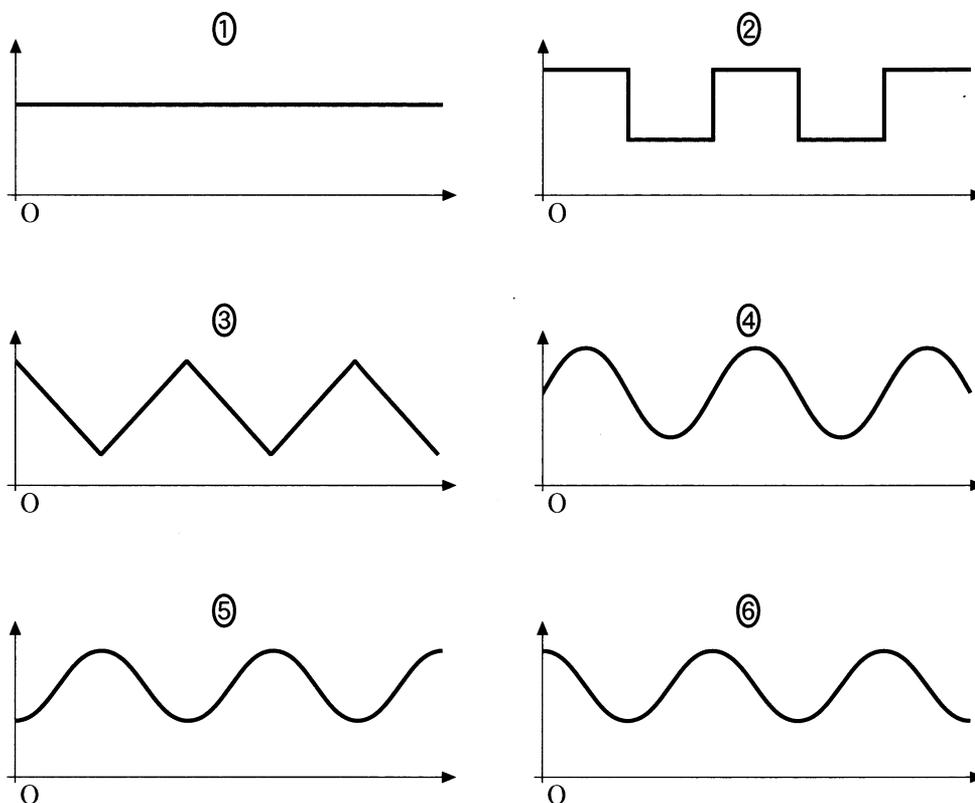
$$T_2 = \boxed{\text{コ}} \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ であり、振動中の物体Cの速さの最大値 } V_2 \text{ は } V_2 = \frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} d \sqrt{\frac{k}{m}}$$

である。振動中に糸がたるまないのは、 $d \leq \frac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}} \frac{mg}{k}$  を満たすときである。また、横軸

に物体が振動しはじめてからの時間、縦軸に物体AとCを結ぶ糸の張力をとったグラフは

ソ である。

ソ の解答群



(d) 設問(c)で考えた運動の最中、物体 C が上向きに速さ  $V_2$  を持った瞬間に 2 本の糸を同時に切ると、物体 A と B は糸を切る前とは異なる振動をはじめた。糸を切った後の物体 A の振動の周期を  $T_3$ 、物体 A の速さの最大値を  $V_3$  とすると、夕 と 子 が成り立つ。

夕 の解答群

- ①  $T_1 = T_2 = T_3$     ②  $T_1 > T_2 = T_3$     ③  $T_2 > T_1 = T_3$     ④  $T_3 > T_1 = T_2$   
 ⑤  $T_2 = T_3 > T_1$     ⑥  $T_1 = T_3 > T_2$     ⑦  $T_1 = T_2 > T_3$     ⑧  $T_1 > T_2 > T_3$   
 ⑨  $T_2 > T_3 > T_1$     ⑩  $T_3 > T_1 > T_2$

子 の解答群

- ①  $V_1 = V_2 = V_3$     ②  $V_1 > V_2 = V_3$     ③  $V_2 > V_1 = V_3$     ④  $V_3 > V_1 = V_2$   
 ⑤  $V_2 = V_3 > V_1$     ⑥  $V_1 = V_3 > V_2$     ⑦  $V_1 = V_2 > V_3$     ⑧  $V_1 > V_2 > V_3$   
 ⑨  $V_2 > V_3 > V_1$     ⑩  $V_3 > V_1 > V_2$

IV  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する場合は、既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。ただし、 ア  ~  ク , および  サ ,  シ の解答は解答群の中から最も適当なものを1つ選べ。

極板間の距離  $d$ 、電気容量  $C_0$  の平行板コンデンサー C、電圧  $V$  の電池、スイッチ S を図1のように接続した。コンデンサー C は二枚の金属極板 A、B からなり、極板の面積は十分大きく、極板間は真空とする。コンデンサー C が帯電していない状態でスイッチ S を閉じてじゅうぶん時間がたった状態を 始めの状態 とする。

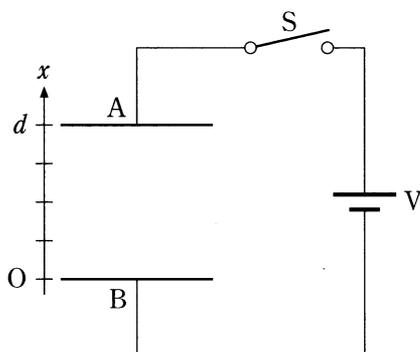


図1

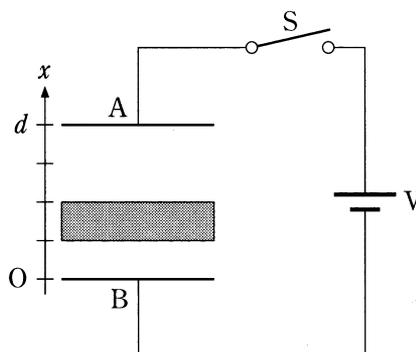


図2

(1) 図2のように極板 B から  $\frac{d}{4}$  離れた位置に、極板 A、B と同じ断面で厚さ  $\frac{d}{4}$  の帯電していない金属板 P を極板 A、B と平行に挿入する。この過程をスイッチ S の状態について分けて考える。

(a) 始めの状態 からスイッチ S を閉じたままで金属板 P を挿入した場合は、

AB 間の電位差は  ア  。コンデンサーに蓄えられる電気量は  イ  。AP 間の電場の強さは  ウ  。

(b) 始めの状態 からスイッチ S を開いた後で金属板 P を挿入した場合は、

AB 間の電位差は  エ  。コンデンサーに蓄えられる電気量は  オ  。AP 間の電場の強さは  カ  。

ア  ~  カ  の解答群

- ① 減少する                      ② 変わらない                      ③ 増加する

(c) 始めの状態 からスイッチ S を閉じたまま金属板 P を挿入した後の状態について、横軸に極板 B からの距離  $x$ 、縦軸に AB 間の電場の強さをとったグラフは  キ  であり、縦軸に B を基準とする電位をとったグラフは  ク  である。

金属板 P が挿入されたコンデンサーの電気容量は  $\frac{\text{ケ}}{\text{コ}} C_0$  である。

(2) (1)の金属板 P の代わりに、図 2 の同じ位置に金属板 P と同形で比誘電率 2 の誘電体 Q を挿入する場合を考える。誘電体は帯電してないとする。

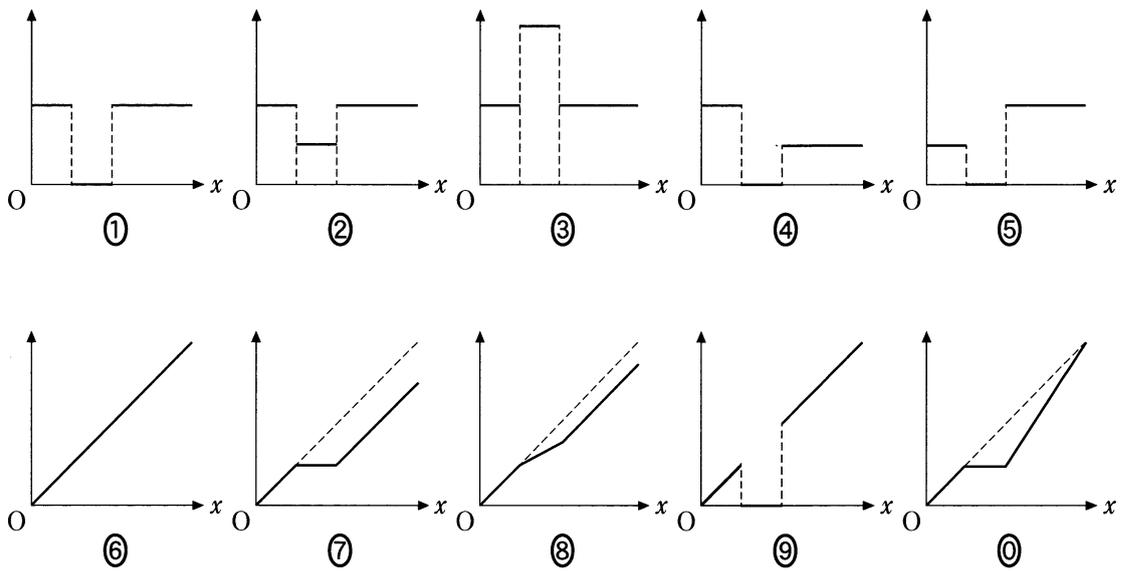
(d) 始めの状態からスイッチを閉じたまま図 2 のように、極板 B から  $\frac{d}{4}$  離れた位置に、誘電体 Q を極板 A, B と平行に挿入した。

このとき、横軸に極板 B からの距離  $x$ 、縦軸に AB 間の電場の強さをとったグラフは

であり、縦軸に B を基準とする電位をとったグラフは  である。

誘電体 Q が挿入されたコンデンサーの電気容量は  $\frac{\text{ス}}{\text{セ}} C_0$  である。

, , ,  の解答群



- (e) 始めの状態からスイッチを閉じたまま図3のように、極板 B から  $\frac{d}{4}$  離れた位置に、誘電体 Q を極板 A, B と平行にゆっくり挿入し、極板 A, B と誘電体 Q がちょうど半分だけ重なる位置で止めた。この間にジュール熱は発生しないとする。

誘電体 Q の挿入前後で極板 A に移動した電気量は  $\frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タチ}}} C_0 V$  であり、誘電体 Q を入

れるときに外力がした仕事の大きさは  $\frac{\boxed{\text{ツ}}}{\boxed{\text{テト}}} C_0 V^2$  である。

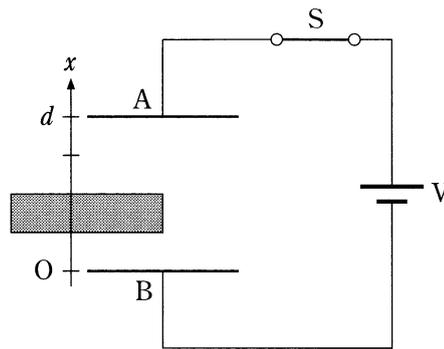


図 3

# 化 学

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例：解答欄が指数形式の場合、290、29、0.029は、各々

.  ×10 ,  .  ×10 ,  .  ×10<sup>-</sup> と記す。

：指数の符号を選択するとき、+は①を、-は②を塗りつぶす。また、ゼロ乗のときは、+0とせよ。

：解答欄が2桁の場合、7は   , 17は   と記す。

：解答欄が3桁の場合、7は    , 17は    ,  
107は    と記す。

特に指定しない限り、原子量および定数は以下の値を使用すること。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 S : 32.0 Cl : 35.5 Mn : 55.0

Fe : 56.0 Cu : 63.5 Zn : 65.0 Ag : 108 Sn : 119 Pb : 207

気体定数 :  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 以下の問に答えよ。[解答欄  ~  ]

問 1 アルミニウムについての記述のうち、正しいものをすべて選べ。

- ① 酸化物は塩酸に溶ける。
- ② 酸化物は水によく溶ける。
- ③ 水酸化物は青白色である。
- ④ 水酸化物は過剰のアンモニア水に溶ける。
- ⑤ 単体は濃硝酸と反応して水素を発生する。
- ⑥ 単体は過剰の水酸化ナトリウム水溶液と反応して錯イオンを形成する。

問 2 金属元素 A は硫化物や酸化物として天然に多く存在する。単体は粗精製物から電解精錬によって生産される。この際に、陽極泥として金や銀の単体が回収される。金属元素 A について以下の間に答えよ。

(1) A のイオンの水溶液に過剰のアンモニア水を加えた。この時生成した錯イオンの形を以下から 1 つ選べ。

- ① 直線形                      ② 折れ線形                      ③ 正三角形                      ④ 正方形  
 ⑤ 三角錐形                      ⑥ 正四面体形                      ⑦ 正八面体形                      ⑧ 正十二面体形

(2) (1)の溶液の色に最も近いものを選べ。

- ① 淡青色                                      ② 深青色                                      ③ 淡緑色  
 ④ 黄褐色                                      ⑤ 赤紫色                                      ⑥ 赤褐色

問 3 有機化合物の異性体に関する記述のうち、正しいものをすべて選べ。

- ① アラニンには光学異性体が存在しない。  
 ② 1-ブテンには幾何異性体が存在する。  
 ③ ブタンと 2-メチルプロパンは互いに構造異性体である。  
 ④ エタノールとジメチルエーテルは互いに光学異性体である。  
 ⑤ マレイン酸とフマル酸は互いに幾何異性体である。  
 ⑥ フタル酸とテレフタル酸は互いに幾何異性体である。

問 4 次の文章を読み、  ~  に当てはまる数値を答えよ。

図 1 に示したペプチドは、  個のアミノ酸からなるペプチドで、  種類のアミノ酸の単位が含まれる。立体異性体の区別を無視して考えた場合、図中の  種類のアミノ酸を 1 個ずつ含む鎖状ペプチドは、    通り考えられる。

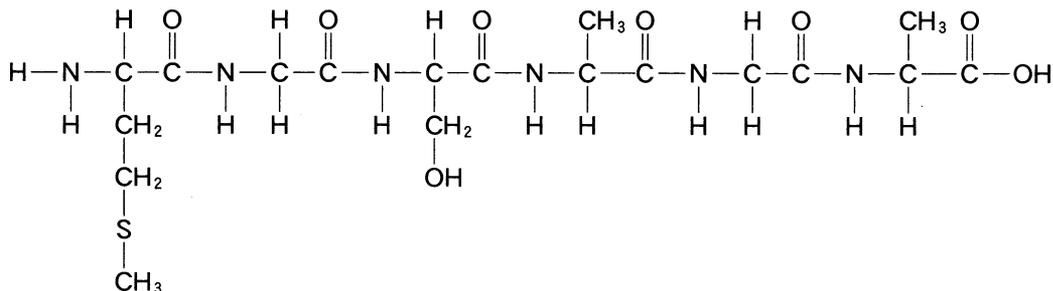
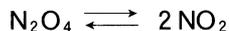


図 1

問 5 次の物質のうち、固体が分子結晶となるものをすべて選べ。

- ① 水                      ② ヨウ素                      ③ ナフタレン                      ④ 二酸化炭素  
⑤ グラファイト                      ⑥ 硫酸カリウム                      ⑦ 二酸化ケイ素

問 6 四酸化二窒素が二酸化窒素に分解する反応を観察した。



密閉された体積一定 (1 L) の容器に 0.165 mol の四酸化二窒素を入れた。十分に時間が経過すると、四酸化二窒素の量が 0.04 mol で変化しなくなった。この反応の平衡定数を求めよ。ただし、 は符号とする。また、適切な単位を以下の選択肢から選べ。

$$\text{} . \text{} \text{} \times 10^{\text{} \text{}}$$

単位

- ① mol/L                      ② L/mol                      ③ (mol/L)<sup>2</sup>  
④ (L/mol)<sup>2</sup>                      ⑤ なし

問 7 次の反応で生成する正塩を考える。この正塩の水溶液が塩基性を示すものをすべて選べ。

- ① HCl + NH<sub>3</sub>  
② H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + Cu(OH)<sub>2</sub>  
③ CH<sub>3</sub>COOH + NaOH  
④ HNO<sub>3</sub> + KOH  
⑤ CO<sub>2</sub> + KOH

問 8 結合エネルギーについての記述のうち、正しいものをすべて選べ。

- ① 結合エネルギーは、共有結合の形成に必要なエネルギーである。  
② 結合エネルギーは、イオン結合の切断に必要なエネルギーである。  
③ 分子の持つエネルギーは、ばらばらの原子より結合エネルギーの分だけ小さい。  
④ 気体の化学反応の反応熱は、反応に関与する物質の結合エネルギーから計算できる。  
⑤ 水溶液中の化学反応の反応熱は、反応に関与する物質の結合エネルギーから計算できる。

問 9 図 2 に、化合物 B の水への溶解度曲線を示した。温度  $T_1$  °C で化合物 B を純水に溶かし、質量パーセント濃度 30 % の溶液を調製した。この溶液 500 g を  $T_2$  °C まで冷却すると化合物 B は何 g 析出するか。整数で答えよ。ただし、化合物 B は結晶水を含まないものとする。

テ ト g

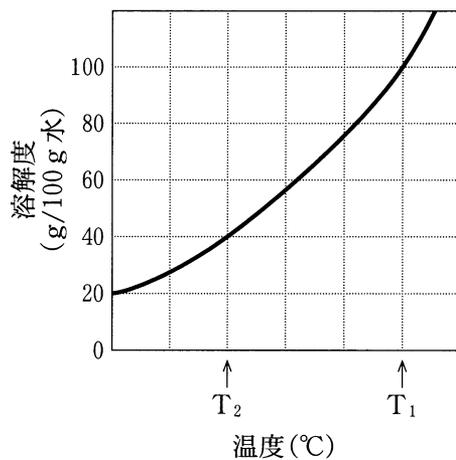


図 2

問10 図3はある物質の状態図である。図中の矢印で示した点Pの状態から、温度を一定に保ったまま圧力を上昇させて行くと、物質の状態はどのように変化するか。適切なものを選び。

ナ

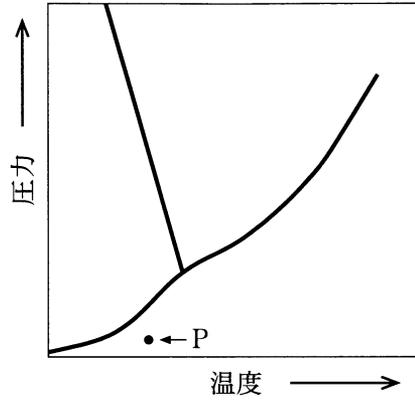


図3

- ① 固体 → 液体 → 気体
- ② 固体 → 気体 → 液体
- ③ 液体 → 気体 → 固体
- ④ 液体 → 固体 → 気体
- ⑤ 気体 → 固体 → 液体
- ⑥ 気体 → 液体 → 固体
- ⑦ 固体のまま
- ⑧ 液体のまま
- ⑨ 気体のまま
- ⑩ 該当なし

II 以下の間に答えよ。[解答欄  ~ ]

問 1 次の文章を読んで問に答えよ。

電池は、酸化還元反応に伴って発生する化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。図4に示したように、電解質の水溶液と2種類の電極から構成され、電流が電極1から電極2へ向かって流れる電池では、電極1が( a )となる。この場合、電極2には、電極1と比べ、金属のイオン化傾向が( b )単体か、または同一元素からなる場合は酸化数の( c )元素を含む物質が使われる。

電池は放電のみ可能な一次電池と、放電と充電が行える二次電池の2種類に分類できる。代表的な二次電池である鉛蓄電池では、放電に伴って生成する物質が電極に析出する。そのため、放電後に外部電源と接続して充電し、再度放電可能な状態にすることができる。

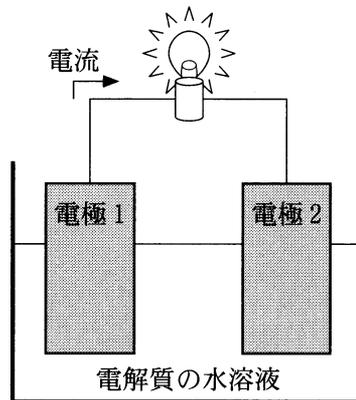


図4

(1) 文章中の空欄( a ), ( b ), ( c )に入る語として適切な組合せを1つ選べ。

選択肢	( a )	( b )	( c )
①	正 極	大きい	大きい
②	正 極	大きい	小さい
③	正 極	小さい	大きい
④	正 極	小さい	小さい
⑤	負 極	大きい	大きい
⑥	負 極	大きい	小さい
⑦	負 極	小さい	大きい
⑧	負 極	小さい	小さい

(2) 次に示した電池のうち、起電力が最も小さいものを選び。

イ

- ① (−) Zn | ZnSO<sub>4</sub>aq | SnSO<sub>4</sub>aq | Sn (+)
- ② (−) Ni | NiSO<sub>4</sub>aq | SnSO<sub>4</sub>aq | Sn (+)
- ③ (−) Sn | SnSO<sub>4</sub>aq | CuSO<sub>4</sub>aq | Cu (+)
- ④ (−) Zn | ZnSO<sub>4</sub>aq | CuSO<sub>4</sub>aq | Cu (+)
- ⑤ (−) Zn | ZnCl<sub>2</sub>aq, NH<sub>4</sub>Claq | MnO<sub>2</sub> (+)

(3) 次に示した電池のうち、二次電池はどれか。すべて選べ。

ウ

- ① 燃料電池
- ② アルカリマンガン乾電池
- ③ ニッケル・カドミニウム電池
- ④ ニッケル・水素電池
- ⑤ リチウム電池
- ⑥ 酸化銀電池(銀電池)
- ⑦ マンガン乾電池

(4) 鉛蓄電池の放電の際、電子が 1.0 mol 流れた場合、正極の質量は何 g 増加するか。有効数字 2 桁で答えよ。

$$\boxed{\text{エ}} . \boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ g}$$

問 2 電気分解槽を並列につないだ装置を組み立てた(図 5)。 $5.00 \times 10^{-1} \text{ A}$  で  $3.86 \times 10^4$  秒間通電すると、電極 IV では  $2.54 \text{ g}$  の金属が析出した。電源から発生した電流はすべて電気分解に消費されたものとして、以下の問に答えよ。ファラデー定数を  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

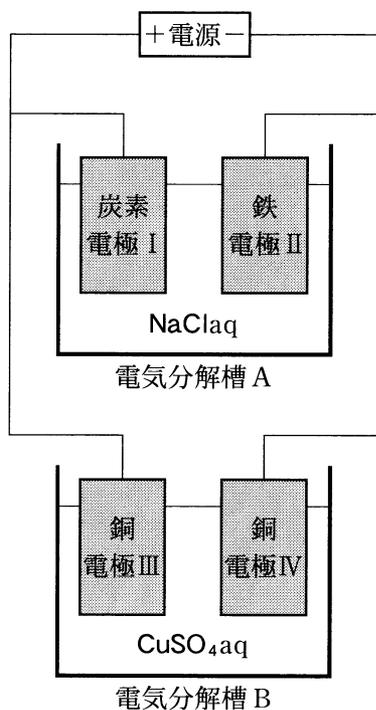


図 5

(1) 電極 II で起こる変化として適切なものをすべて選べ。  キ

- ① 電極付近の pH が大きくなる。
- ② 電極付近の pH が小さくなる。
- ③ 水素が発生する。
- ④ 酸素が発生する。
- ⑤ 塩素が発生する。
- ⑥ ナトリウムが析出する。
- ⑦ 電極がイオンとなり溶け出す。

(2) 通電によって電気分解槽 A に気体が発生する。この気体の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 コ は符号とする。

ク .  ケ  $\times 10^{\text{ コ } \text{ サ}}$  mol

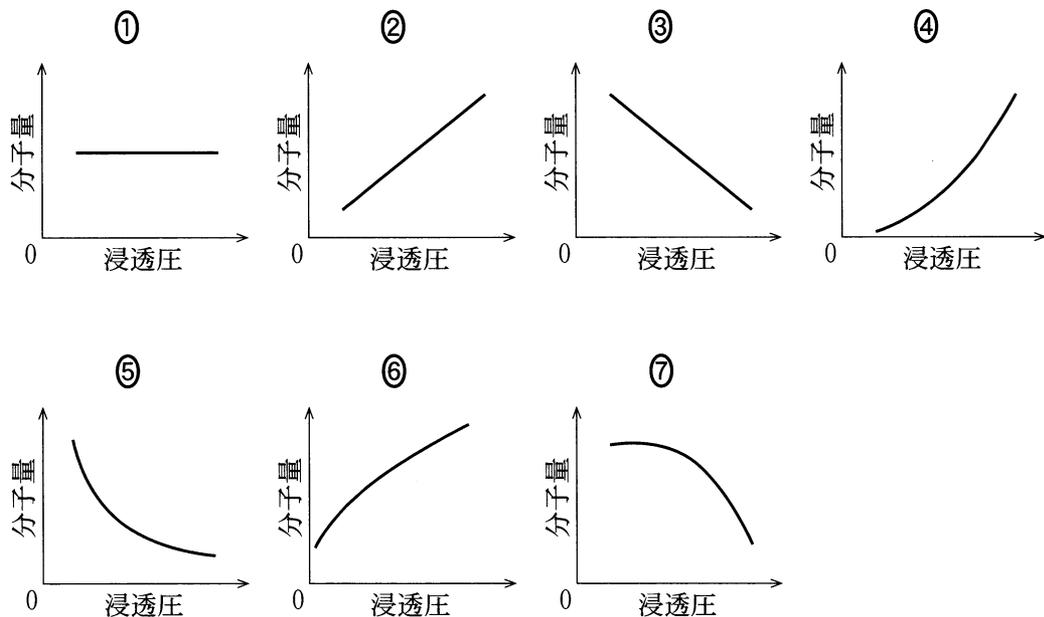
Ⅲ 以下の間に答えよ。[解答欄  ~ ]

問 1 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

(1) 希薄溶液の浸透圧に関する以下の記述のうちで正しいものをすべて選べ。ただし、溶質は溶媒をかえても完全に溶けているものとする。

- ① 同一の溶質，溶媒であれば質量パーセント濃度が異なっても等しい。
- ② 溶媒を水からエタノールにかえると上昇する。
- ③ 溶質の電離度に影響されない。
- ④ 溶液量を増加させても変化しない。
- ⑤ 溶液の温度を上げると上昇する。

(2) 分子量と浸透圧の関係を示した図として適切なものを一つ選べ。ただし、その他の条件は一定であり、溶質は非電解質とする。



(3) U字管を半透膜で仕切り，一方に溶媒，他方に同じ溶媒で調製した溶液を入れた。このU字管の溶液側の液面から浸透圧以上の圧力をかけたところ，溶液側から溶媒のみが移動した。この現象の名称を答えよ。ただし，加える圧力は半透膜が耐える範囲とする。

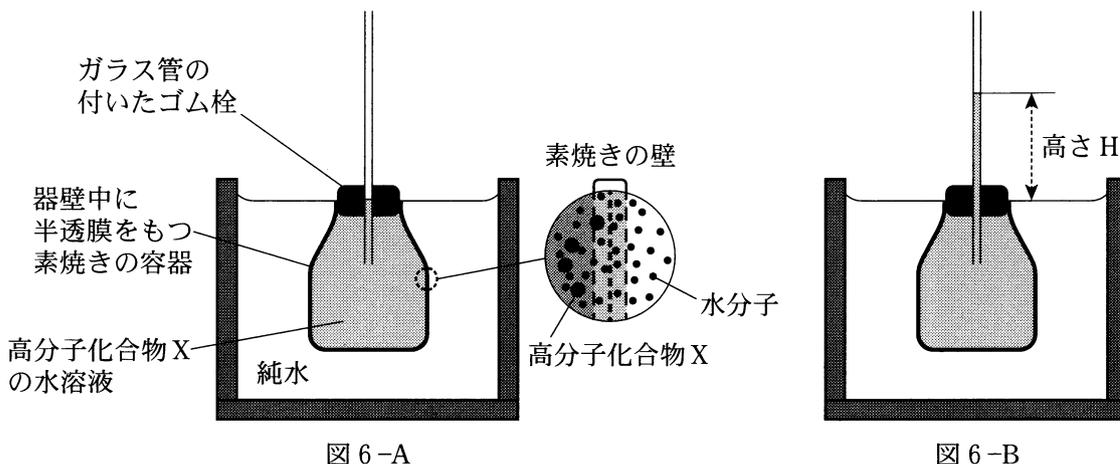
- ① 透析
- ② 逆浸透
- ③ イオン交換
- ④ 塩析
- ⑤ 凝析

問 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

浸透圧測定により化合物の分子量を調べるため、以下の実験を行った。

分子量が不明な非電解質の高分子化合物 X を 4.00 g はかり取り、純水に溶かして全量を 100 mL とした。この水溶液の密度は  $1.52 \text{ g/cm}^3$  であった。

この水溶液の全量を図 6-A のような素焼きの容器と細いガラス管からなる装置に入れた。素焼き容器の器壁は水分子のみが通過できる半透性をもっている。この装置をひとまわり大きな容器に入れ、ガラス管内の水面まで純水を入れた。しばらく放置したところ、ガラス管内の液面が徐々に上昇し、外側の液面との差  $H$  のところで停止した(図 6-B)。これらすべての実験は  $27^\circ\text{C}$ 、1 気圧の下で行った。



- (1)  $H$  が  $2.72 \text{ cm}$  であったとすると、この水溶液の浸透圧を有効数字 2 桁で求めよ。ただし水銀の密度を  $13.6 \text{ g/cm}^3$  とし、1 気圧を  $76.0 \text{ cmHg}$ 、および  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  とする。また、ガラス管は十分に細く、水の浸透に伴う溶液の体積変化はないものとする。

.   $\times 10^{\text{$  Pa

- (2) 高分子化合物 X の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。

.    $\times 10^{\text{$

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。[解答欄  ~ ]

合成染料の歴史は、1856年にイギリスのパーキンがアニリンにニクロム酸カリウムを反応させて偶然に得られた紫色の合成染料(モーブ)に始まるとされる。

現在、合成染料として広く利用されているアゾ染料の一部は、アニリンから合成される。まず、ベンゼンをニトロ化するとニトロベンゼンが生成する。得られたニトロベンゼンを還元すること<sup>1)</sup>でアニリンあるいはアニリンの塩が合成される。アニリンを5℃以下の低温において、希塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えてジアゾ化することにより、塩化ベンゼンジアゾニウムが得られる。この塩化ベンゼンジアゾニウムと( A )とのカップリング反応によって合成される*p*-ヒドロキシアゾベンゼン(*p*-フェニルアゾフェノールともいう)が、アゾ染料の一つである。

pH 指示薬として用いられるメチルレッドも同様な反応により合成される。それは、( B )をジアゾ化し、その後( C )とのカップリングにより生成される。以下にメチルレッドの構造式を示した(図7)。

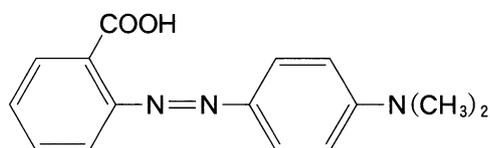


図7

(1) 下線部1)の反応の際に、ベンゼン以外に反応容器内に加える必要のある物質を2つ選べ。

- |            |       |            |
|------------|-------|------------|
| ① アンモニア水   | ② 希塩酸 | ③ ジエチルエーテル |
| ④ 水酸化ナトリウム | ⑤ 水素  | ⑥ 窒素       |
| ⑦ 濃硝酸      | ⑧ 濃硫酸 | ⑨ 水        |

(2) 下線部2)の反応に使用できる触媒と反応物の組み合わせをすべて選べ。

- |               |           |              |
|---------------|-----------|--------------|
| ① スズと水酸化ナトリウム | ② スズと濃塩酸  | ③ 鉄と水酸化ナトリウム |
| ④ 鉄と濃塩酸       | ⑤ ニッケルと酸素 | ⑥ ニッケルと水素    |

(3) 文章中の( A )に当てはまる化合物を1つ選べ。

- |          |              |               |
|----------|--------------|---------------|
| ① 安息香酸   | ② クレゾール      | ③ サリチル酸       |
| ④ トルエン   | ⑤ ナトリウムエトキシド | ⑥ ナトリウムフェノキシド |
| ⑦ ナфтаレン | ⑧ フェニルアラニン   | ⑨ フェノール       |
| ⑩ ベンゼン   |              |               |

(4) ニトロベンゼン，アニリン，塩化ベンゼンジアゾニウムの構造式はどれか。下の解答群からそれぞれ1つ選べ。

ニトロベンゼン

エ

アニリン

オ

塩化ベンゼンジアゾニウム

カ

(5) 図7から推定して，文章中の( B )と( C )に当てはまる化合物はどれか。下の解答群からそれぞれ1つ選べ。

( B )

キ

( C )

ク

[解答群] 同じものを何度使用しても良い。

