

一般選抜 1次 1月21日 理科

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 ヒトのゲノムを構成する塩基対の数として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ア

- ① 約 3000 万 ② 約 3 億 ③ 約 30 億 ④ 約 3000 億 ⑤ 約 3 兆

問 2 オーキシシン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。

イ

- ① おもに植物体の葉部で合成される。
② 極性移動により茎の中を基部から先端へと移動する。
③ 細胞壁のセルロース繊維どうしの結びつきを強くする。
④ 側芽の成長を促進する植物ホルモンの合成を抑制する。

問 3 交感神経が働いたときにおきることとして、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

ウ

- ① 瞳孔の縮小
② 気管支の収縮
③ 立毛筋の収縮
④ 心臓の拍動の抑制
⑤ 胃のぜん動の促進

問 4 細胞膜における物質の透過性と輸送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。

エ

- ① ナトリウムポンプはカリウムイオンを細胞の中から外へ移動させる。
② 水分子はアクアポリンを介した受動輸送によって細胞膜を通過する。
③ 酸素や二酸化炭素のほとんどはイオンチャネルを介して細胞膜を通過する。
④ インスリンなどのペプチドホルモンはエンドサイトーシスによって標的細胞に取り込まれることにより作用する。

問 5 動物の細胞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。

オ

- ① 細胞内での小胞輸送は拡散によって行われる。
- ② 食作用で取り込んだ細菌などの異物は滑面小胞体で分解される。
- ③ 一般に、消化酵素などの分泌が盛んな細胞ではゴルジ体が発達している。
- ④ 細胞の膜タンパク質の多くはミトコンドリアに付着しているリボソームによって合成される。

問 6 生態系と生物群集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。

カ

- ① 植物食性動物を食べる動物食性動物を一次消費者という。
- ② 光・水・土壌・温度などが生物の生息する環境に影響を及ぼすことを環境形成作用という。
- ③ 生息地において、ある個体群が指数関数的かつ無限に個体数を増やすことを集中分布という。
- ④ 個体群における時間経過にともなう個体数の変化をグラフに表したものを個体群の成長曲線という。

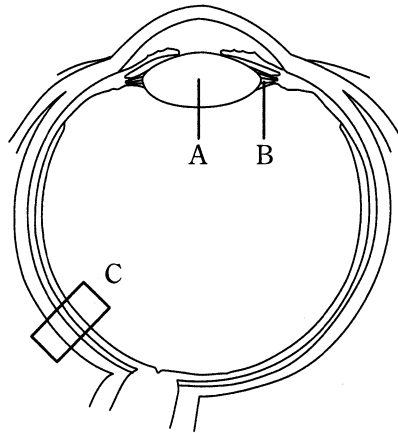
問 7 受精に関する記述として、最も適切なものを①～④から1つ選べ。

キ

- ① カエルでは、植物半球から卵に精子が進入する。
- ② ウニでは、精子と卵の細胞膜が融合した後に表層反応が起こる。
- ③ ヒトでは、一次卵母細胞に精子が進入した後に受精が完了する。
- ④ 被子植物では、重複受精によって2つ以上の $2n$ の細胞が生じる。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 はヒトの眼を模式的に表している。



水平断面を上から見たところ

図 1

- (1) 図1のAは、発生過程において以下のどれに由来するか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。
- | |
|---|
| ア |
|---|

- ① 外胚葉 ② 神經堤細胞 ③ 中胚葉 ④ 內胚葉

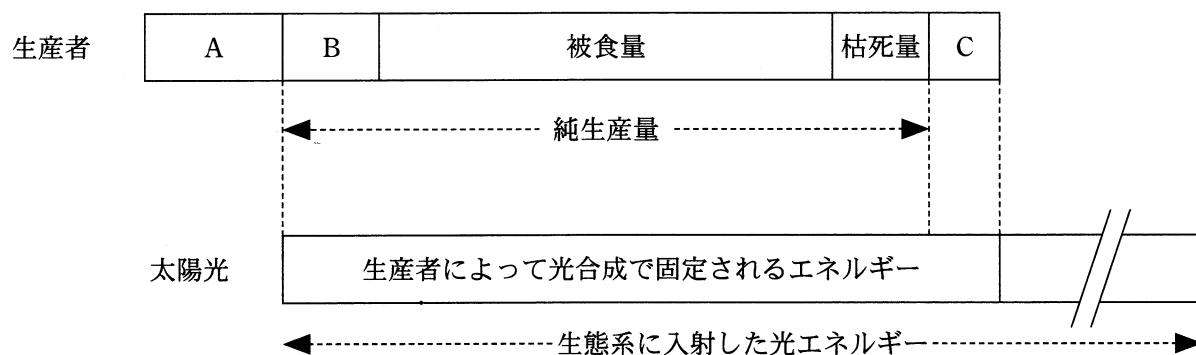
- (2) 図1のBに関する文として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 暗い時には B が弛緩することで、瞳孔が拡大する。
- ② ある一方に B が収縮することで、眼球をその方向に向ける。
- ③ 毛様筋が弛緩することで、B が緊張し、水晶体の厚みが減少する。
- ④ B が弛緩することで、ガラス体の形状が変わり、これにより近くのものゝ網膜上に像を結ぶ。

- (3) 図1のCの部位の網膜において眼球の中心部に最も近い位置にある細胞は何か、最も適切なものを①～④から1つ選べ。
- | |
|---|
| ウ |
|---|

- ① 色素細胞 ② 視細胞 ③ 視神経の細胞 ④ 連絡神経細胞

問 2 以下の図は、ある生態系における生産者の利用した太陽の光エネルギーと生産者の有機物(エネルギー)の収支を模式的に表している。



(1) 図中の B に当てはまるものとして最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

エ

- ① 呼吸量
- ② 成長量
- ③ 同化量
- ④ 不消化排出量

(2) 生産者のエネルギー効率を表したものとして最も適切なものを①～⑦から 1 つ選べ。

オ

- ① $((A + \text{純生産量} + C) / \text{生態系に入射した太陽の光エネルギー}) \times 100$
- ② $((A + \text{純生産量}) / \text{生態系に入射した太陽の光エネルギー}) \times 100$
- ③ $((\text{純生産量} + C) / \text{生態系に入射した太陽の光エネルギー}) \times 100$
- ④ $(\text{純生産量} / \text{生態系に入射した太陽の光エネルギー}) \times 100$
- ⑤ $(\text{純生産量} / \text{生産者によって光合成で固定されるエネルギー}) \times 100$
- ⑥ $((B + C) / \text{生産者によって光合成で固定されるエネルギー}) \times 100$
- ⑦ $(B / \text{生産者によって光合成で固定されるエネルギー}) \times 100$

問 3 ショウジョウバエの胚における前後軸は卵(受精前の卵)においてすでに決まっている。この前後軸の形成に重要な役割を果たす母性効果遺伝子 a , b , c の mRNA の卵における分布を図 1 に、それらの mRNA から翻訳されたタンパク質 A, B, C の初期胚における分布を図 2 に示す。初期胚におけるタンパク質 B の分布は、母性効果遺伝子 b の mRNA の翻訳を抑制する働きを持つタンパク質 A の分布により決まる。また、タンパク質 C はタンパク質 B の分布に影響しない。

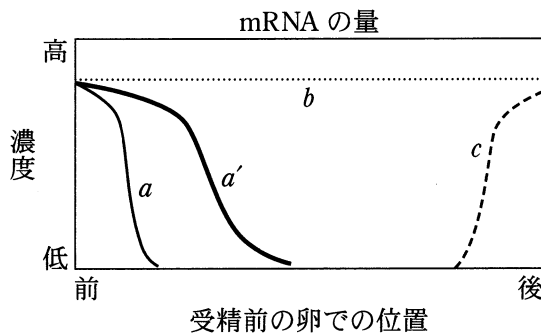


図 1

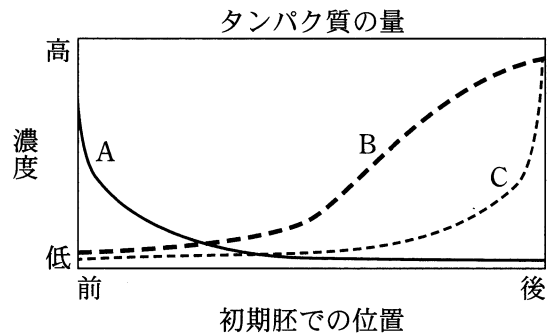


図 2

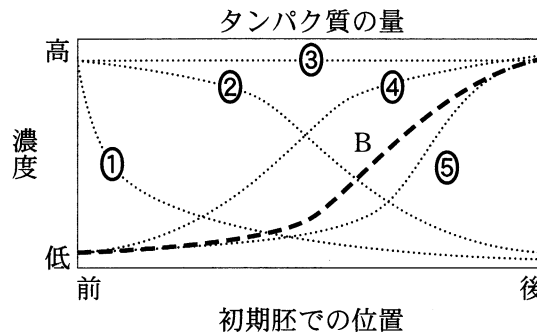


図 3

(1) 卵における母性効果遺伝子 a の mRNA の分布が a' の様に変化した場合(図 1), 初期胚におけるタンパク質 B の分布はどのようになるか、図 3 の①～⑤より最も適切なものを 1 つ 選べ。図 3 の B は a の mRNA の分布が変化しない場合の B の分布を示す。 カ

(2) 卵における母性効果遺伝子 a の mRNA の発現がなかった場合、初期胚におけるタンパク質 B の分布はどのようになるか、図 3 の①～⑤より最も適切なものを 1 つ 選べ。

キ

Ⅲ 以下の問いに答えよ。

問 1 ショウジョウバエのある 1 つの常染色体上に α 遺伝子座と β 遺伝子座があり、別の常染色体上に ϵ 遺伝子座がある。 α 遺伝子座には A と a という対立遺伝子、 β 遺伝子座には B と b という対立遺伝子、 ϵ 遺伝子座には E と e という対立遺伝子がある。なお、 α 遺伝子座と β 遺伝子座の間の組換え価は 32.0 % である。

遺伝子型が AABBEe の雌と遺伝子型が aabbEE の雄を交配し、 F_1 雌を作製した。 F_1 雌の減数分裂は正常に行われた。

- (1) F_1 雌が産生する卵の遺伝子型を考えると、 α 、 β 、 ϵ の 3 遺伝子座の対立遺伝子の組合せは最大何種類あるか答えよ。例えば値が 12 のときは , 5 のときは とせよ。

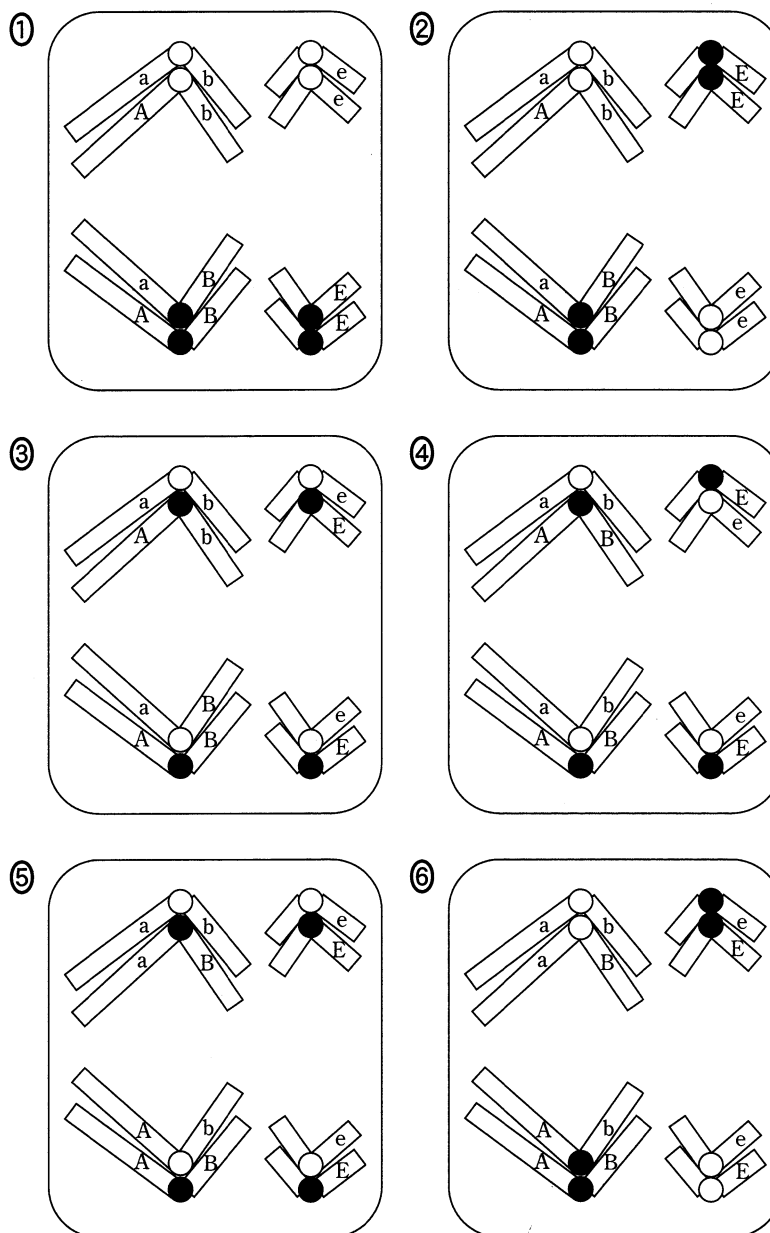
種類

- (2) F_1 雌が産生する卵が十分多数あった際、産生される卵全体に占める、遺伝子型が aBe の卵の割合(%)はいくらか、小数第一位を四捨五入した値で答えよ。例えば値が 12.3 のときは , 0.5 のときは とせよ。

%

- (3) F_1 雌の減数分裂により、遺伝子型が aBe の卵が形成された。この卵のもとになった一次卵母細胞において、注目している2対の相同染色体はどのようにふるまったと考えられるか。それら染色体のふるまいが適切に示されている減数第一分裂後期の模式図を①～⑥から2つ選べ。なお、図中の染色体には各遺伝子座の対立遺伝子が記されている。また染色体上の丸印は動原体を表し、●は F_1 雌がもつ染色体のうちその雌親由来の染色体上に形成された動原体、○は F_1 雌がもつ染色体のうちその雄親由来の染色体上に形成された動原体を示す。

オ



問 2 メダカのおスとメスはそれぞれ遺伝的に決まった性特異的な配偶行動を持つ。メダカのおスはメスに対し特徴的な求愛行動(おス型配偶行動)をとり、これをメスが受け入れるとメスは特徴的な受け入れ行動(メス型配偶行動)をとる。こうした配偶行動の後、メスとおスはそれぞれ放卵と放精にいたる。

メダカが性特異的な配偶行動をとるためには、生殖巣(卵巣、精巣)から分泌される性ホルモン(ホルモン A とホルモン B)が、脳内に分布するそれぞれのホルモンの受容体を活性化することが必要である。ホルモン A と B はそれぞれの受容体にのみ結合する。メスにおいてホルモン A の働きを阻害すると、そのメスはおスの求愛を受け入れず、他の正常なメスに対して求愛行動(おス型配偶行動)をとるようになることが知られている。

以下のメダカを用いて、配偶行動、ホルモンの分泌、脳におけるホルモン受容体の分布を調べると、表 1 に示す結果となった。

- ・野生型のメダカ(野生型)
- ・ホルモン A の合成を阻害する薬剤を含む餌を与え続けた個体(A 阻害)
- ・ホルモン B の合成を阻害する薬剤を含む餌を与え続けた個体(B 阻害)
- ・ホルモン A と B の合成を阻害する薬剤を含む餌を与え続けた個体(AB 阻害)

	配偶行動	ホルモン A の分泌	ホルモン B の分泌	ホルモン A の受容体の 分布	ホルモン B の受容体の 分布
(ア)野生型のメス	メス型配偶行動	○	○	○	○
(イ)野生型のおス	おス型配偶行動	X	○	X	○
(ウ)A 阻害のメス	おス型配偶行動	X	○ 野生型のメスと同じ	○ 野生型のメスと同じ	○ 野生型のメスと同じ
(エ)A 阻害のおス	おス型配偶行動	X	○ 野生型のおスと同じ	X	○ 野生型のおスと同じ
(オ)B 阻害のメス	メス型配偶行動	○ 野生型のメスと同じ	X	○ 野生型のメスと同じ	○ 野生型のメスと同じ
(カ)B 阻害のおス	いずれの配偶行動も示さない	X	X	X	○ 野生型のおスと同じ
(キ)AB 阻害のメス	いずれの配偶行動も示さない	X	X	○ 野生型のメスと同じ	○ 野生型のメスと同じ
(ク)AB 阻害のおス	いずれの配偶行動も示さない	X	X	X	○ 野生型のおスと同じ

表 1

注意：○は「有り」、X は「無し」を示す。

- (1) 表1(ウ)のオス型配偶行動を示すようになったメスを、その後、通常の餌(ホルモンAの合成を阻害する薬剤を含まない)で飼育したところ、野生型のメスと同じ量のホルモンAを分泌するようになった。このメダカはどのような配偶行動を示すと考えられるか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 カ

- ① オス型配偶行動を示す。
- ② メス型配偶行動を示す。
- ③ オス、メス両方の配偶行動を示す。
- ④ オス、メスどちらの配偶行動も示さない。

- (2) 表1の結果から考えられることとして最も適切なものを①～④から1つ選べ。 キ

- ① 野生型のメスでは、ホルモンAが働いた結果、ホルモンBの働きが抑制されている。
- ② 野生型のメスでは、ホルモンAが働いた結果、ホルモンBの分泌が抑制されている。
- ③ 野生型のオスでは、ホルモンBが働いた結果、ホルモンAの働きが抑制されている。
- ④ 野生型のオスでは、ホルモンBが働いた結果、ホルモンAの分泌が抑制されている。

- (3) 卵巣を除去した野生型のメスはどのような配偶行動を示すと考えられるか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。ただし、卵巣の除去は、その後の生存や生育に影響しない。

ク

- ① オス型配偶行動を示す。
- ② メス型配偶行動を示す。
- ③ オス、メス両方の配偶行動を示す。
- ④ オス、メスどちらの配偶行動も示さない。

- (4) 脳においてホルモンA受容体が分布しない変異体がある。この変異体のメスは正常な卵巣をもつ成魚に育つ。このメスはどのような配偶行動を示すと考えられるか、最も適切なものを①～④から1つ選べ。 ケ

- ① オス型配偶行動を示す。
- ② メス型配偶行動を示す。
- ③ オス、メス両方の配偶行動を示す。
- ④ オス、メスどちらの配偶行動も示さない。

IV 聴覚に関する文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトの耳には音波を受け取る聴覚器がある。音波は空気圧の振動(変化)であり、音の大きさは振幅に対応し、音の高さは1秒間の振動数(ヘルツ)に対応する(図1a)。ヒトの耳では、音波はまず外耳道を伝わり、耳小骨の振動に変換される。その振動はリンパ液の振動として内耳のうずまき管内を伝わる。

図1bは、ヒトのうずまき管の断面図である。矢印ア、イが示すコルチ器には音波により電気的な信号を発生する聴細胞(有毛細胞)が存在する。この電気的な信号が聴細胞とシナプス結合している聴神経を興奮させ、その興奮は聴覚の中樞へと伝えられる。

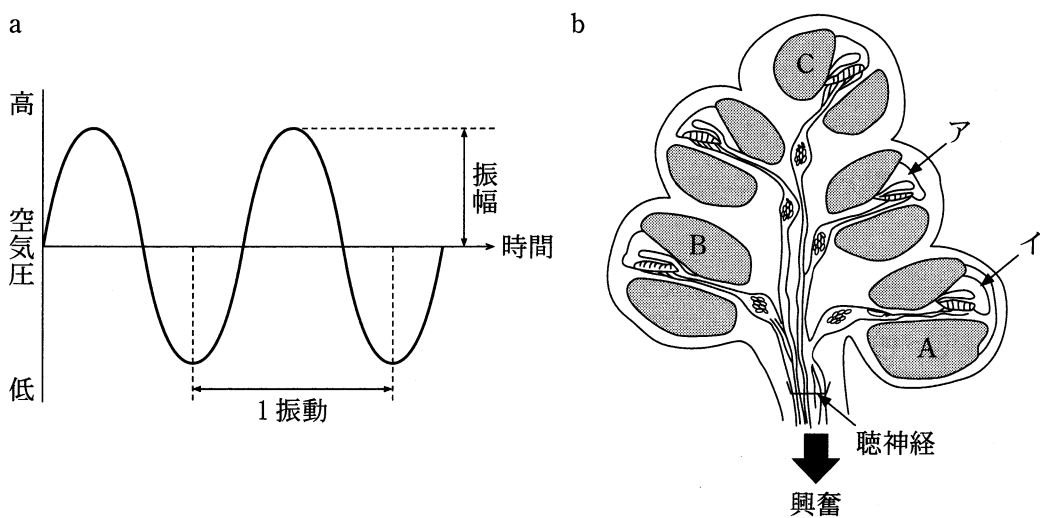


図1

問1 聴覚器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。

ア

- ① ヒトは 35,000 ヘルツの音波を聞くことができる。
- ② 聴細胞の感覚毛は特定の物質が結合すると屈曲する。
- ③ 基底膜の幅はうずまき管の先端にいくほど狭くなる。
- ④ 耳小骨と結合する卵円窓の振動がうずまき管内のリンパ液を揺らす。

問2 音波によるリンパ液の振動は、うずまき管の基部から前庭階を通ってうずまき管の先端部に至った後、鼓室階を通って再びうずまき管の基部へ戻る。うずまき管内のA～Cの位置(図1b)のリンパ液の振動が伝わる順序として、最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。

イ

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① A—B—C | ② A—C—B | ③ B—A—C |
| ④ B—C—A | ⑤ C—A—B | ⑥ C—B—A |

問 3 聴神経は、特定の高さの音がある大きさ以上になると興奮する。この時の最小の音の大きさを閾刺激という。図 1b のアの位置の聴細胞とシナプス結合している聴神経を聴神経(ア)とする。聴神経(ア)における閾刺激を調べるために、聴神経(ア)の膜電位を測定する実験を行った。刺激する音の高さを一定にし、図 2 のように音の大きさを徐々に上げたところ、音の大きさがある水準を超えたときに、刺激音に対する聴神経(ア)の興奮がはじめて記録された。

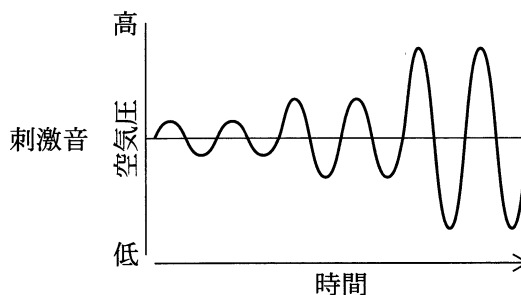
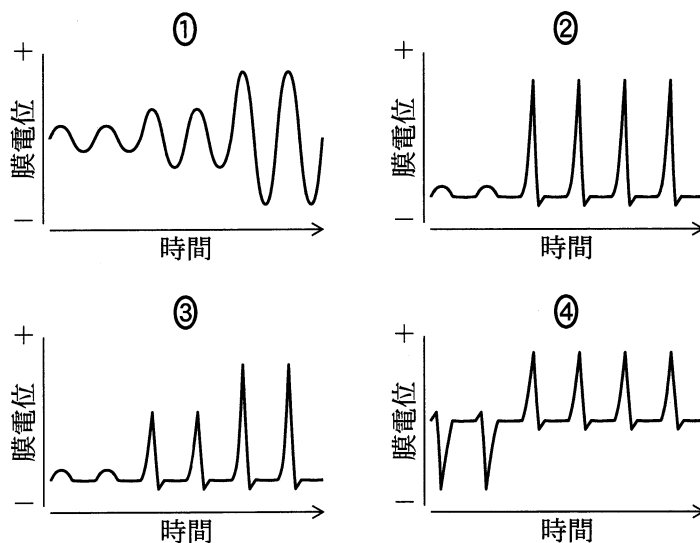


図 2

聴神経(ア)で記録された膜電位として、最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

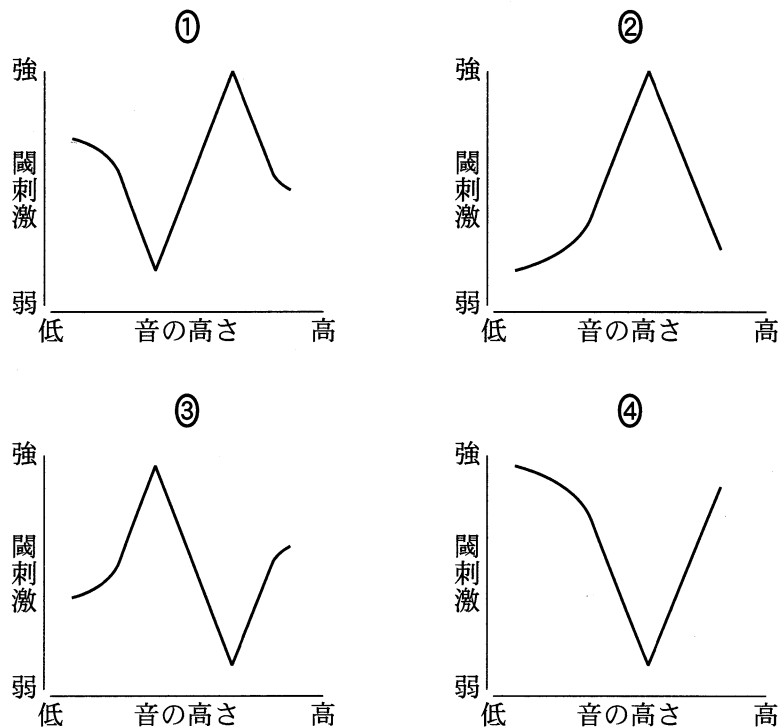
ウ



問 4 図 1 b の聴神経(ア)における音の高さと閾刺激の関係を示す曲線として最も適切なものを

①～④から 1 つ選べ。

エ



問 5 図 1 b のイの位置の聴神経において観察された音の高さと閾刺激の関係を示す曲線は、聴神経(ア)における音の高さと閾刺激の関係を示す曲線に対してある方向に移動する。どの方向に移動するか、最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

オ

- ① 左方向に移動する。
- ② 右方向に移動する。
- ③ 上方向に移動する。
- ④ 下方向に移動する。

物 理

I 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。分数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。

- (1) 表面があらい板を水平面内で、板上の点 O のまわりで回転させるとする。点 O から 30 cm 離れた位置に質量 20 g の小物体を置き、板の回転速度をしだいに大きくしていったところ、角速度 $\omega = 4.5 \text{ rad/s}$ を超えたとき、小物体がすべりだした。重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ として以下の問題に答えよ。

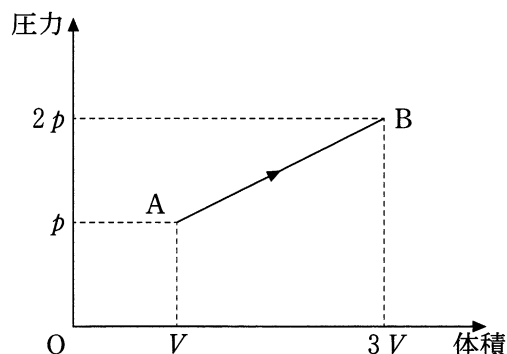
(a) $\omega = 4.5 \text{ rad/s}$ のとき、小物体にはたらく摩擦力の大きさは ア . イ $\times 10^{-\text{ウ}}$ N である。

(b) 小物体と板との間の静止摩擦係数は エ . オ $\times 10^{-\text{カ}}$ である。

- (2) 単原子分子からなる理想気体が図のような A $\rightarrow$ B の状態変化をした。状態 A の体積と圧力は V と p 、状態 B の体積と圧力は $3V$ と $2p$ である。この状態変化で気体が外部にした仕事は

キ pV 、気体の内部エネルギーの変化は クケ pV 、気体が外部から吸収した熱量は コ

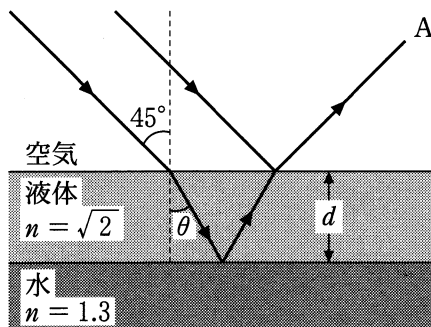
サシ pV である。
ス



- (3) 図のように空気に対する屈折率が 1.3 の水面に、空気に対する屈折率 $\sqrt{2}$ の液体で厚さ d の薄い膜をつくり、液体膜の表面に入射角 45° で光を当てた。以下の問題に答えよ。

(a) 空気と液体の境界での屈折角 θ は セソ $^\circ$ である。

(b) A から下向きに 45° 方向の水面を見たとき、空気中での波長が $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光が明るく見えるような最も小さい d の値は タ . チ $\times 10^{-\text{ツ}}$ m である。

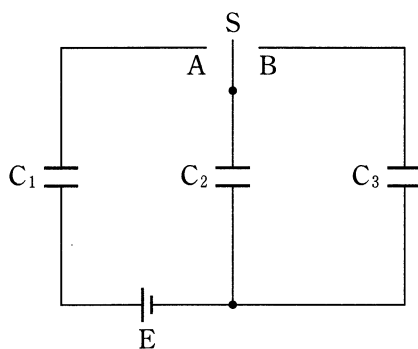


Ⅱ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

- (1) 図のように、電気容量 $C_1 = 2.0 \mu\text{F}$, $C_2 = 3.0 \mu\text{F}$, $C_3 = 4.0 \mu\text{F}$ の3つのコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 , スイッチ S , および起電力が 50 V の電源 E を接続した回路がある。どのコンデンサーにも初めは電荷が蓄えられていないとして、以下の問題に答えよ。

(a) スイッチを A に入れしばらく時間が経ったとき、 C_1 に蓄えられる電気量は ア . イ $\times 10^{-\text{ウ}}$ C であり、 C_2 の両端の電位差は エ オ V となる。

(b) スイッチを A から B に切り替えしばらく時間が経ったとき、 C_2 に蓄えられる電気量は カ . キ $\times 10^{-\text{ク}}$ C であり、 C_3 の両端の電位差は ケ . コ V となる。



- (2) 仕事関数が 1.8 eV の金属の表面に真空中での波長が $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を当てる。真空中の光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ として以下の問題に答えよ。

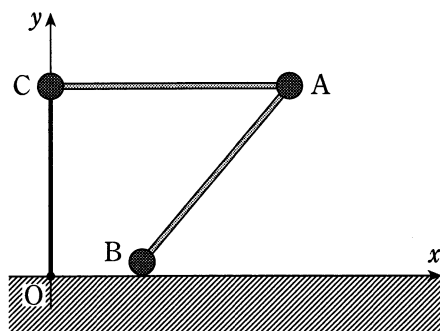
(a) この光の光子1個のエネルギーは サ . シ eV である。

(b) 金属の表面から飛び出した光電子の最大の運動エネルギーは ス . セ eV である。

- (3) ${}^{238}_{92}\text{U}$ は ${}^{218}_{86}\text{Rn}$ になるまでに α 崩壊を ソ 回, β 崩壊を タ 回行う。

Ⅲ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数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。ただし カ ケ コ ス ソ 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。

図のように、質量 $2m$ の小球 A に、質量 $3m$ の小球 B、および質量 m の小球 C が軽くて変形しない棒で接続されており、これらの棒は $\angle BAC$ の大きさが変化しないように小球に固定されている。小球 B を水平な床の上に置き、床上の点 O に一端を固定した軽くて伸縮しない糸を小球 C に取り付けて、小球 C に対し鉛直下向きの糸の張力がかかるようにすると、小球 A と C が同じ高さで静止した。点 O を原点とし、水平方向を x 軸、鉛直上向きを y 軸の正の方向にとった座標系を考え、小球および棒は xy 平面内のみを動けるものとする。重力加速度の大きさを g 、小球 C に付けた糸の長さを h 、小球 AC 間の距離を ℓ 、小球 B の x 座標が $\frac{1}{3}\ell$ であるとして、問題に答えよ。



- (a) 3つの小球とそれらを接続する棒からなる物体系の重心 G の座標は $\left(\frac{\text{ア}}{\text{イ}} \ell, \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} h \right)$ である。物体系において、各小球にはたらく重力の合力は、大きさ $F_G = \text{オ} mg$ の重力が 1 点 G にはたらくものとして扱うことができる。小球 B にはたらく床からの垂直抗力の大きさを N 、小球 C にはたらく糸の張力の大きさを T とすると、 カ が成り立つ。糸の張力および重力による、小球 B が置かれた点のまわりの力のモーメントの大きさは、それぞれ $\frac{\text{キ}}{\text{ク}} \times \text{ケ}$ と コ である。これらの結果から、糸の張力と垂直抗力の大きさは、それぞれ $T = \text{サ} mg$ 、 $N = \text{シ} mg$ と求められる。

カ の解答群

- ① $N = F_G$ ② $N = T$ ③ $T = F_G$ ④ $F_G = T + N$
 ⑤ $N = T + F_G$ ⑥ $T = N + F_G$ ⑦ $T = 2F_G$

, の解答群

- ① Nh ② $N\ell$ ③ Th ④ $T\ell$ ⑤ mgh ⑥ mgl ⑦ F_Gh ⑧ $F_G\ell$

- (b) 小球ACを接続する棒の一点Pに少量の粘土を付着させると、小球Cにはたらく糸の張力は 。また、小球Bが床から受ける垂直抗力は 。付着させた粘土を含めた物体系の重心の y 座標は 。

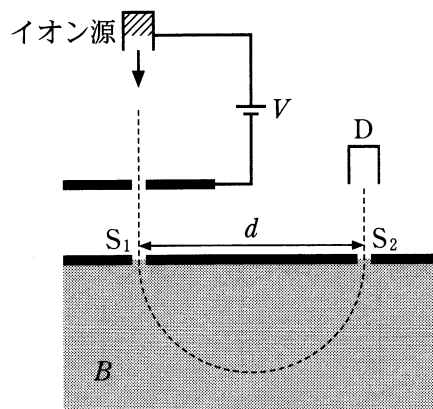
また、点Pに代えて小球Cに粘土を付着させる場合、付着させた粘土の総質量が m を超えると、物体系は静止状態を保てず転倒する。ただし、付着させた粘土の大きさはじゅうぶん小さく、質点として扱うものとする。

~ の解答群

- ① 大きくなる
② 小さくなる
③ 粘土付着前と変わらない
④ 点Pの位置に依って大きくなる場合も、小さくなる場合もある

IV 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。 ア ~ カ , および ク 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。

真空中に置かれた図のような装置で, イオン源から初速0で放出された電気量 q , 質量 m の陽イオンを電位差 V で加速して, スリット S_1 からスリット面に垂直に入射させる。装置の着色部分には紙面に垂直な方向に一様な磁束密度 B の磁場(磁界)がかけられている。イオンは磁場中で半円の軌道を描いた後, スリット S_1 から距離 d 離れたスリット S_2 を通過して, 検出器 D で検出された。以下では, 重力を無視するものとする。



- (1) 電位差 V で加速された後のイオンの速さ v は ア である。イオンの軌道が図のようになるとき, 磁場の向きは イ の方向である。磁場の中でイオンは半径 ウ の等速円運動をするので, イオンがスリット S_1 から入射してスリット S_2 から出るまでにかかる時間は エ $\times$ オ である。

ア の解答群

- ① $\sqrt{\frac{qV}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$ ③ $\sqrt{\frac{mV}{q}}$ ④ $\sqrt{\frac{2mV}{q}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{mq}{V}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{2mq}{V}}$

イ の解答群

- ① 紙面の表から裏 ② 紙面の裏から表

ウ , オ の解答群

- ① $\frac{mv}{qB}$ ② $\frac{qv}{mB}$ ③ $\frac{qB}{mv}$ ④ $\frac{mq}{vB}$ ⑤ $\frac{m}{qB}$ ⑥ $\frac{q}{mB}$ ⑦ $\frac{B}{qm}$

エ の解答群

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ 2 ⑤ $\frac{\pi}{4}$ ⑥ $\frac{\pi}{2}$ ⑦ π ⑧ 2π

(2) 以下では、加速のための電位差 V と磁束密度の大きさ B を固定して測定を行うものとする。

(a) 電気量が等しく、質量が m_1 , m_2 の2つのイオン源を用いて、スリット間の距離を測定するとそれぞれ d_1 , d_2 であった。陽イオンの質量比 $\frac{m_1}{m_2}$ は カ である。

(b) 質量比が $m_1 : m_2 = 4 : 1$ で電気量が q_1 , q_2 の2つのイオン源を用いて、スリット間の距離を測定するとそれぞれ d_1 , d_2 であった。電気量の比 $\frac{q_1}{q_2}$ は キ $\times$ ク となる。

カ , ク の解答群

① $\frac{d_1}{d_2}$ ② $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ ③ $\sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$ ④ $\frac{d_2}{d_1}$ ⑤ $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$ ⑥ $\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

(3) あるイオンについて測定した結果、磁束密度の大きさ $B = 0.10 \text{ T}$, 電気量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 電位差 $V = 1000 \text{ V}$, スリット間の距離 $d = 1.0 \text{ m}$ であった。このイオンの質量を統一原子質量単位 u で表すと、ケ . コ $\times 10^{\text{サ}}$ u である。ただし、 $1 u = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ とする。

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問に指定されている解答欄の形式に従うこと。

例1：解答欄が指数表記の場合、320、32、3.2、0.032は、各々、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{1}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{2}\boxed{1}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{0}\boxed{2}\boxed{1}$ 、201は $\boxed{2}\boxed{0}\boxed{1}$ と解答する。

原子量および定数など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 F：19.0 Na：23.0 Mg：24.0

Cl：35.5 Cu：63.5 Ag：108 I：127

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa・L/(K・mol)または、 8.31 Pa・m³/(K・mol)

標準状態(1.01×10^5 Pa, 273 K)における1 molの気体の体積：22.4 L

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{セ}}$ 〕

問1 以下の文章の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{オ}}$ に適切な語を下の選択肢からそれぞれ選べ。

水素と他の元素との化合物を水素化合物という。非金属元素の水素化合物は、 $\boxed{\text{ア}}$ 結合からなり、常温、常圧下で $\boxed{\text{イ}}$ のものが多い。一方、陽性の強い金属元素の水素化合物は、 $\boxed{\text{ウ}}$ 結合からなる。この化合物では、水素の電子配置は $\boxed{\text{エ}}$ と同じであり、水素の酸化数は $\boxed{\text{オ}}$ である。

< 選択肢 >

- | | | | | |
|--------------------|--------|----------|----------|----------------|
| $\boxed{\text{ア}}$ | ① 共有 | ② イオン | ③ 水素 | ④ 配位 |
| $\boxed{\text{イ}}$ | ① 気体 | ② 液体 | ③ 固体 | |
| $\boxed{\text{ウ}}$ | ① 共有 | ② イオン | ③ 水素 | ④ 配位 |
| $\boxed{\text{エ}}$ | ① 水素原子 | ② リチウム原子 | ③ ヘリウム原子 | ④ 水素イオン |
| $\boxed{\text{オ}}$ | ① +2 | ② +1 | ③ 0 | ④ -1 ⑤ -2 |

問 2 下の①～⑤の文のうち誤りを含むものを2つ選べ。

カ

- ① リン酸の結晶は潮解性がある。
- ② フッ化水素の水溶液は強酸性を示す。
- ③ 一酸化窒素は水に溶けると硝酸になる。
- ④ 二酸化炭素は炭酸カルシウムと希塩酸との反応で生じる。
- ⑤ 二酸化ケイ素は炭酸ナトリウムと加熱すると塩を生じる。

問 3 硫酸に関する(1)～(4)の文は、硫酸のどのような性質を示したものか。下の①～⑤より、それぞれ1つ選べ。ただし、同じものを2回以上選んでも良い。

- (1) 銅に濃硫酸を加えて熱すると、二酸化硫黄が発生する。
- (2) エタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、エテンが生成する。
- (3) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると、二酸化硫黄が発生する。
- (4) 濃硫酸に水蒸気を含んだ水素ガスを通じると、乾燥した水素が得られる。

キ

ク

ケ

コ

- ① 吸湿性 ② 不揮発性 ③ 酸化作用 ④ 脱水作用 ⑤ 強酸性

問 4 金属イオンの周囲に、陰イオンや非共有電子対を持つ分子が配位結合したイオンを錯イオンという。錯イオンは、配位子となる陰イオンや分子の数により様々な構造をとる。テトラアンミンジクロリドコバルト(Ⅲ)イオンは、1つのコバルト(Ⅲ)イオンに2つの塩化物イオンと4つのアンモニア分子が配位した錯イオンである。この錯イオンには、配位子の位置の異なる異性体(幾何異性体)がある。この錯イオンが正八面体の構造をとっているとき、幾何異性体の数を答えよ。

サ

シ

個

問 5 次の①～⑤の操作のうち、黒色沈殿を生じるものを2つ選べ。

ス

- ① アンモニア性硝酸銀水溶液にアセチレンを通じる。
- ② 塩基性条件下でアセトンにヨウ素を加え、加熱する。
- ③ フェーリング液にアセトアルデヒドを加え、加熱する。
- ④ 塩化銅(Ⅱ)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱する。
- ⑤ システイン水溶液に水酸化ナトリウムを加え加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。

問 6 5種類の金属イオン(Ag^+ , Ba^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+})を含む混合水溶液に、図1に示す操作をおこなって金属イオンを分離した。ろ液aとろ液bに分離される金属イオンに共通する性質を、下の文①～⑦から2つ選べ。 セ

- ① 黄緑色の炎色反応を示す。
- ② 希硫酸を加えると白色沈殿が生成する。
- ③ ヨウ化カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生成する。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると白色沈殿が生成する。
- ⑤ クロム酸カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生成する。
- ⑥ チオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色の水溶液となる。
- ⑦ ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると濃青色沈殿が生じる。

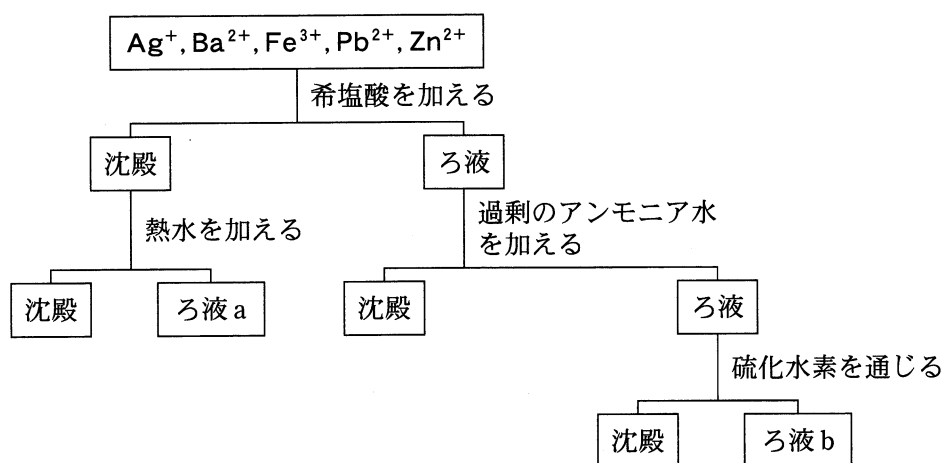


図 1

Ⅱ 以下の問に答えよ。〔解答欄 ～ 〕

問 1 理想気体と実在気体に関する下の①～⑤の文のうち、正しいものを1つ選べ。

- ① 理想気体の体積は、温度が一定ならば、圧力に比例する。
- ② 理想気体の密度は、圧力が一定ならば、絶対温度に反比例する。
- ③ 実在気体は、標準状態に比べ十分に高温かつ高圧では理想気体とみなせる。
- ④ 実在気体の体積は、圧力、温度、物質量が同じ理想気体の体積より常に大きい。
- ⑤ 理想気体の体積は、圧力が一定ならば、温度を 20 ℃ から 40 ℃ に変化させると 2 倍になる。

問 2 図 2 は、水分子のみを通す半透膜で仕切った U 字管の模式図を示している。U 字管の一方には、塩化マグネシウム 4.75 g を純水に完全に溶かして、溶液の体積を 300 mL とした水溶液を入れた。もう一方には、塩化マグネシウム水溶液の液面と同じ高さまで純水を入れた。この液体の高さを 0.1×10^5 Pa の大気圧、27 ℃ の下で変化させないためには、どちら側にどれだけの圧力を加える必要があるか。圧力を加える側を①または②から選べ。また加える圧力を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、調製した塩化マグネシウム水溶液は、希薄溶液として考え、電解質は水中で完全に電離しているものとする。

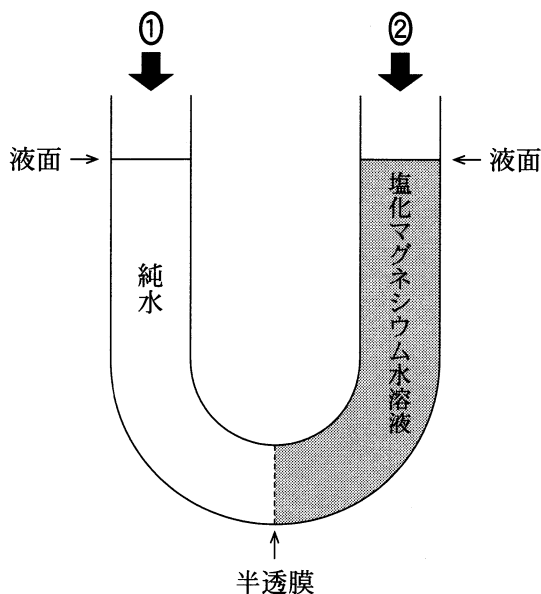


図 2

圧力を加える側 ① 純水側 ② 塩化マグネシウム水溶液側

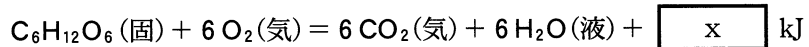
加える圧力 . $\times 10^{\text{カ}}$ Pa

問 3 種々の物質の生成熱および燃焼熱を表 1 に示した。

表 1

生成熱 [kJ/mol]		燃焼熱 [kJ/mol]	
水 (液)	286	水素 (気)	286
水 (気)	242	炭素 (黒鉛)	394
二酸化炭素 (気)	394	メタン (気)	891
グルコース (固)	1273	エタン (気)	1561

グルコースが完全燃焼して二酸化炭素 (気) と水 (液) になるときの熱化学方程式は、

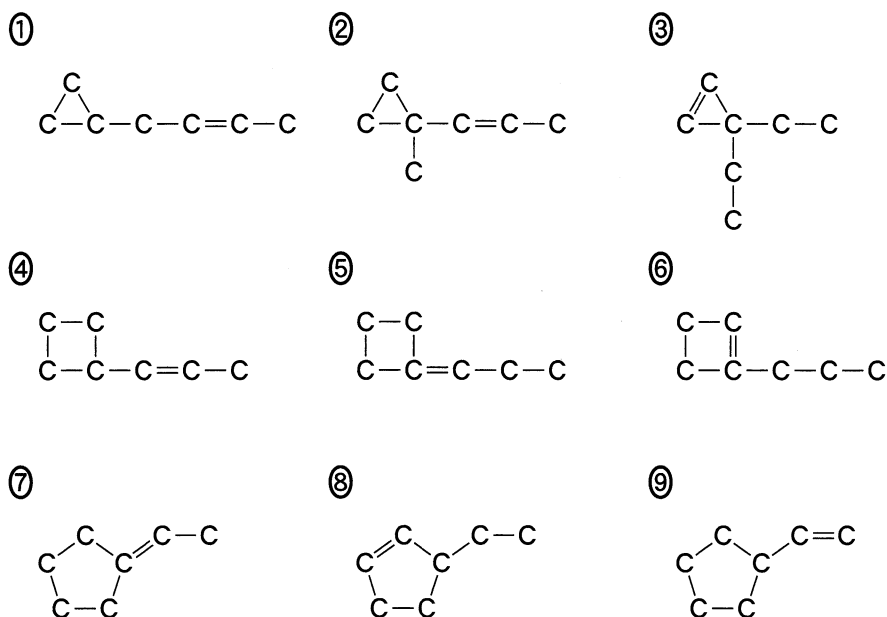


と表せる。

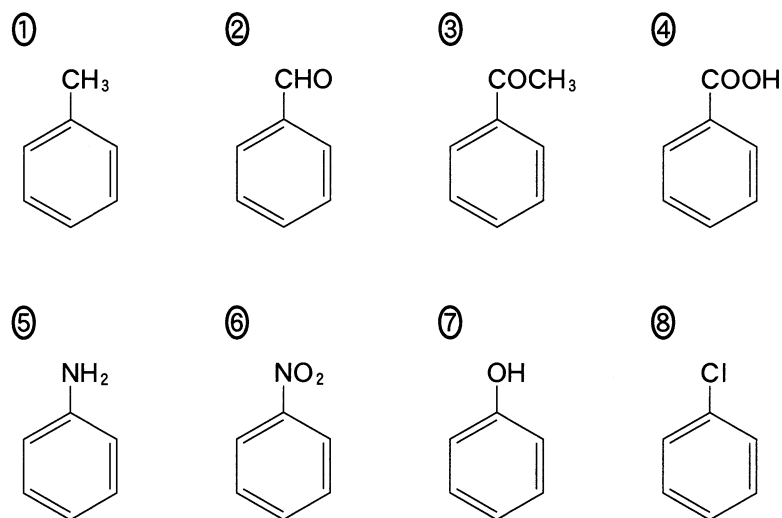
表 1 の値を用いて、式中の $\boxed{\text{x}}$ を有効数字 4 桁で求めよ。ただし $\boxed{\text{キ}}$ は符号とし、符号が+の時は①を、-の時は②をマークせよ。

$\boxed{\text{キ}} \quad \boxed{\text{ク}} \quad \boxed{\text{ケ}} \quad \boxed{\text{コ}} \quad \boxed{\text{サ}} \text{ kJ}$

問 4 分子式 C_7H_{12} で表される化合物 A に、ニッケルを触媒として水素を反応させると分子式 C_7H_{14} のシクロアルカン誘導体が生じた。また、化合物 A をオゾン分解すると分子式 C_2H_4O と C_5H_8O の化合物を生じた。ここで生じた化合物 C_5H_8O に、白金を触媒として水素を反応させると分子式 $C_5H_{10}O$ の化合物を生じ、この化合物はシクロペンタンの水素原子 1 つをヒドロキシ基で置換した化合物と一致した。化合物 A の構造として適するものを下の①～⑨から選べ。ただし、水素原子は省略してある。 シ



問 5 ベンゼンの一置換体にさらに置換反応を行う場合、既に存在している置換基の種類により、2 つ目の置換基の入りやすい位置が異なる。下の①～⑧のうち、オルト・パラ配向性を示す置換基をもつものを、4 つ選べ。 ス



問 6 アミノ酸およびペプチドに関する文①～⑧のうち、誤りを含むものを2つ選べ。

セ

- ① グリシンには鏡像異性体がない。
- ② アミノ酸はニンヒドリン反応を示す。
- ③ チロシンはキサントプロテイン反応を示す。
- ④ 鎖状のジペプチドはビウレット反応を示す。
- ⑤ システインは穏やかに酸化するとジスルフィド結合を作る。
- ⑥ アラニンは pH 9.0 の緩衝液中において陽イオン交換樹脂に吸着する。
- ⑦ アラニン(分子式 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$)のみからなる鎖状のトリペプチドの分子式は、 $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_4$ である。
- ⑧ 3 種類の L 体の中性アミノ酸を各 1 分子ずつ含む鎖状のトリペプチドには、6 種類の構造異性体がある。

Ⅲ 以下の問に答えよ。〔解答欄 ア ～ シ〕

問 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ジアゾ化とは、ジアゾニウム塩を得る反応である。その一例として、塩化ベンゼンジアゾニウムの合成反応がある。その反応は、ア の希塩酸溶液を冷却しながら イ と反応させる。

この反応により得られた塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液に ウ 水溶液を加えると、赤橙色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼンが生成する。この反応をジアゾカップリングといい、反応によってアゾ化合物が得られる。アゾベンゼンなど芳香族アゾ化合物は、色素となるものが多く、アゾ染料やアゾ顔料、pH 指示薬などとして有用である。

(1) 文中の ア ～ ウ に適切な語をそれぞれ選べ。

- | | | | |
|---|-----------|---------|-------------|
| ア | ① アニリン | ② 安息香酸 | ③ スチレン |
| | ④ ニトロベンゼン | ⑤ フェノール | ⑥ ベンゼンスルホン酸 |

- | | | | |
|---|------------|------------|------|
| イ | ① 亜硝酸ナトリウム | ② 塩化ナトリウム | ③ 硝酸 |
| | ④ 硝酸ナトリウム | ⑤ 水酸化ナトリウム | ⑥ 硫酸 |
| | ⑦ 硫酸ナトリウム | | |

- | | | | |
|---|-------------------|------------------|---------|
| ウ | ① <i>p</i> -クレゾール | ② クロロベンゼン | ③ サリチル酸 |
| | ④ サリチル酸ナトリウム | ⑤ ナトリウムフェノキシド | ⑥ ベンゼン |
| | ⑦ ベンジルアルコール | ⑧ ベンゼンスルホン酸ナトリウム | |

(2) アゾ化合物に共通する構造はどれか。次の①～⑧から 1 つ選べ。ただし、R と R' は炭化水素を主とする置換基を表す。 エ

- | | | | |
|---|--|---|--|
| ① $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$ | ② $\text{R}-\text{C}=\text{C}-\text{R}'$ | ③ $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{R}'$ | ④ $\text{R}-\text{C}=\text{CH}-\text{CN}$ |
| ⑤ $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}'$ | ⑥ $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}'$ | ⑦ $\text{R}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}'$ | ⑧ $\text{R}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}'$ |

- (3) 下線部Aにおいて、冷却せずに反応すると、塩化ベンゼンジアゾニウムは分解する。その時に生成する有機化合物の性質に関して、適するものを①～⑦から3つ選べ。 オ

- ① 水によく溶ける。
- ② 水溶液は、弱い酸性を示す。
- ③ ナトリウムを加えると、水素を発生する。
- ④ さらし粉水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
- ⑤ フェーリング液を還元して、赤色沈殿を生じる。
- ⑥ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色を呈する。
- ⑦ アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して、銀を析出する。

問 2 図3に示した電気分解装置について、以下の問に答えよ。

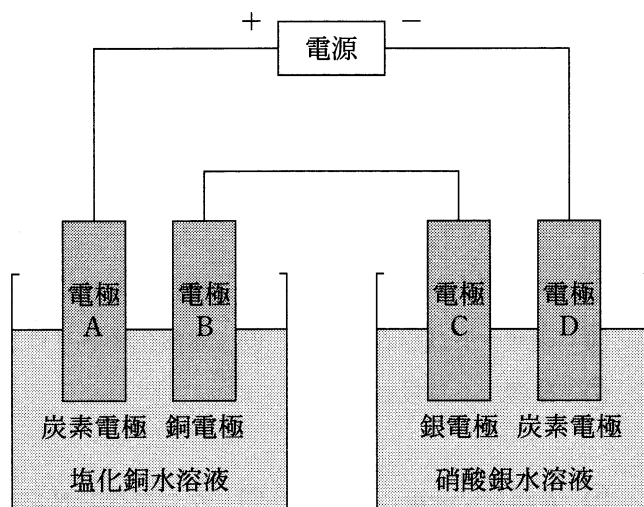


図3

- (1) 次の反応①～⑦のうち、電気分解装置に電流を通じたときに、電極Aで起こる反応を1つ選べ。 カ

- | | |
|---|---|
| ① $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ | ② $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ |
| ③ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ | ④ $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ |
| ⑤ $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ | ⑥ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ |
| ⑦ $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$ | |

- (2) 電気分解装置に、0.50 A の電流を 1930 秒間通じた。このとき、装置全体で発生する気体の体積は、標準状態でいくらか。発生する気体は水に溶解しないものと考え、解答は有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ケ は符号とし、+ の時は①を、- の時は②をマークせよ。また、ゼロ乗の時は 10 の指数を + 0 とせよ。

キ . ク $\times 10^{\text{ケ} \text{ク}}$ L

- (3) 次の文の空欄 サ と シ に入る数字をマークせよ。

電気分解装置に一定の電流を通じた。通電による電極 B と電極 C の質量変化の関係は、通電前の質量変化を原点(図 4 の●)にとった時、図 4 のグラフ サ に示した直線 シ で表わされる。ただし、電極の質量には表面に付着している固体の質量を含める。

グラフ サ の選択肢 ① I ② II ③ III ④ IV

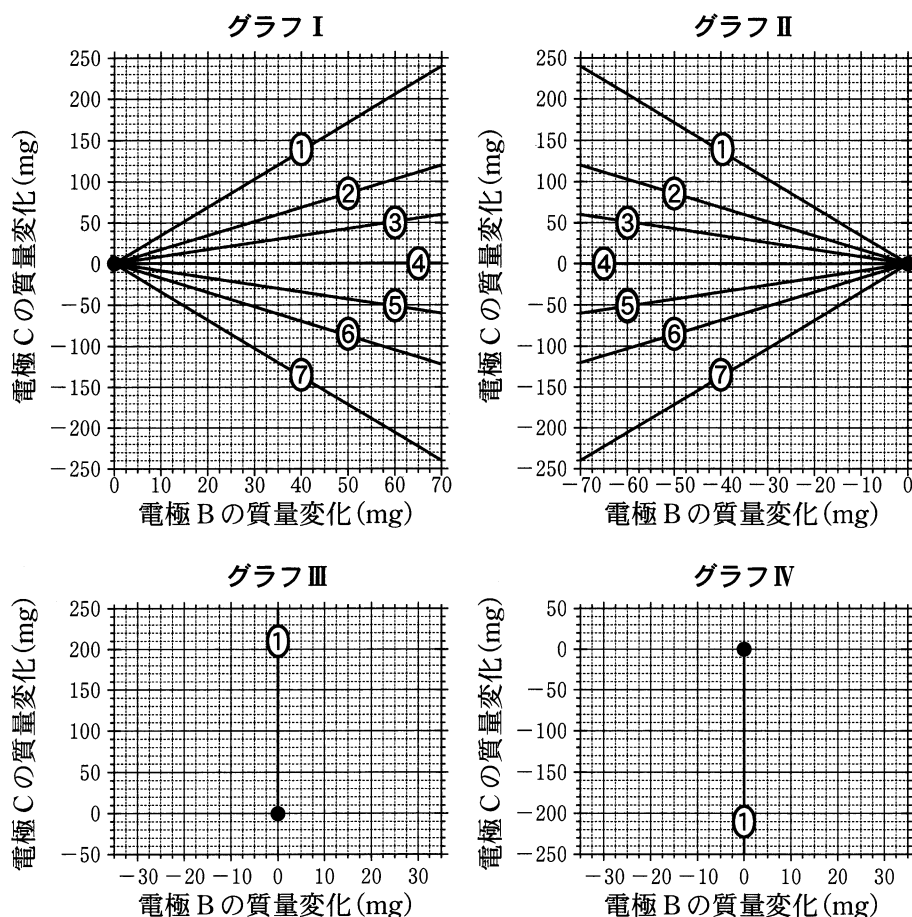
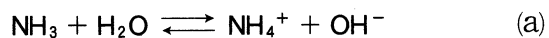


図 4

IV 以下の文を読み、問に答えよ。〔解答欄 ア ~ キ〕

アンモニアを純水に溶かすと、アンモニアは水溶液中において以下の式(a)のような電離平衡にある。この水溶液中のアンモニアの濃度を C (mol/L) とするとき、以下の問に答えよ。



ただし、アンモニアの電離度は十分小さいものとせよ。25℃におけるアンモニアの電離定数 K_b 、および水のイオン積 K_w はそれぞれ、 $K_b = 2.00 \times 10^{-5}$ mol/L、 $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ mol²/L² を用いよ。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ を用いよ。

問 1 水溶液中のアンモニアの電離度を α とするとき、アンモニアの電離定数 K_b は、 α とアンモニアの濃度 C を用いて下のように表される。ア として最も適するものを下の①~⑩から選べ。

$$K_b = \text{ ア }$$

- | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $\frac{1}{C\alpha^2}$ | ② $2C\alpha$ | ③ $\frac{2C}{\alpha}$ | ④ $C\alpha$ | ⑤ $\frac{C}{\alpha}$ |
| ⑥ $C\alpha^2$ | ⑦ $\frac{C}{\alpha^2}$ | ⑧ $\frac{\alpha}{C}$ | ⑨ $\frac{\alpha}{2C}$ | ⑩ $\frac{\alpha^2}{C}$ |

問 2 C (mol/L) のアンモニア水溶液の pH は、 C 、 K_b 、および K_w を用いて下のように表される。イ ~ エ として最も適するものを下の①~⑩から、それぞれ選べ。同じものを2回以上選んでもよい。

$$\text{pH} = \text{ イ } \log_{10} (\text{ ウ }) - \log_{10} (\text{ エ })$$

- | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{3}$ | ② $\frac{1}{2}$ | ③ 2 | ④ 3 | ⑤ C |
| ⑥ K_b | ⑦ K_w | ⑧ CK_b | ⑨ $\frac{C}{K_b}$ | ⑩ $\frac{C}{K_w}$ |

問 3 アンモニアを異なる濃度で純水に溶かし、25℃における pH の値の差が 0.50 となる 2 つのアンモニア水溶液を調製したい。どのようなアンモニア濃度の水溶液を調製すればよいか。2 つの水溶液のアンモニア濃度 [mol/L] の組み合わせとして適するものを下の①～⑩からすべて選べ。

オ

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 0.10, 0.30 | ② 0.10, 0.50 |
| ③ 0.10, 1.00 | ④ 0.15, 0.45 |
| ⑤ 0.15, 0.75 | ⑥ 0.15, 1.50 |
| ⑦ 0.15, 1.80 | ⑧ 0.25, 0.50 |
| ⑨ 0.25, 1.25 | ⑩ 0.25, 1.50 |

問 4 0.200 mol/L のアンモニア水溶液 500 mL と、0.400 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 500 mL を混合した。この混合した水溶液の pH を求めるためには、混合した水溶液中における塩化アンモニウムの電離および加水分解、式(a)で表されるアンモニアの電離平衡を考える必要がある。以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) 混合した水溶液の 25℃における pH を求めよ。最も適する数値を下の①～⑩から選べ。

カ

- | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| ① 7.00 | ② 7.50 | ③ 8.00 | ④ 8.50 | ⑤ 9.00 |
| ⑥ 9.50 | ⑦ 10.00 | ⑧ 10.50 | ⑨ 11.00 | ⑩ 11.50 |

(2) 混合した水溶液に 5.00×10^{-2} mol の塩化水素を通じ、すべてを水溶液に吸収させた。塩化水素を吸収させた水溶液の 25℃における pH を求めよ。最も適する数値を下の①～⑩から選べ。ただし、塩化水素を通じたことによる水溶液の体積変化はないものとせよ。

キ

- | | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|
| ① 6.60 | ② 7.10 | ③ 7.60 | ④ 8.10 | ⑤ 8.60 |
| ⑥ 9.10 | ⑦ 9.60 | ⑧ 10.10 | ⑨ 10.60 | ⑩ 11.10 |