

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 以下の動物のなかで新口動物であるものを①～⑧からすべて選べ。

- ① 海綿動物      ② 環形動物      ③ 棘皮動物      ④ 原索動物  
⑤ 節足動物      ⑥ 線形動物      ⑦ 軟体動物      ⑧ 扁形動物

問 2 植物の根の根冠のコルメラ細胞内にあり、重力刺激の感知に関与する細胞小器官として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① アミロプラスト      ② カロテン      ③ ストロマ  
④ フィトクロム      ⑤ 葉緑体

問 3 ヒトの血しょう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 血しょうの  $\text{Na}^+$  濃度は細胞内よりも低い。  
② 血しょうの塩類濃度は、海水の塩類濃度に近い。  
③ 肺胞の赤血球において、血しょう中の  $\text{HCO}_3^-$  から  $\text{CO}_2$  がつくられる。  
④ 血しょう中のグルコースの多くはヘモグロビンと結合して、組織に輸送される。

問 4 植物におけるアブシシン酸の働きとして適切でないものを①～④から1つ選べ。

- ① 葉の老化を誘導する。  
② 種子の発芽を抑制する。  
③ 孔辺細胞に作用して気孔を閉じさせる。  
④ 細胞壁を強化して病原体に対する物理的な障壁をつくる。

問 5 ヒトの排卵から胚発生についての記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

- ① 一次卵母細胞が卵巣から排卵される。  
② 卵核と融合できなかった精子核は、極体として放出される。  
③ 受精後、胚は桑実胚期に子宮内膜に着床する。  
④ 着床後、発生が進んだ胚は胎盤を通して母体と栄養分や老廃物の交換を行う。

問 6 バイオーム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。

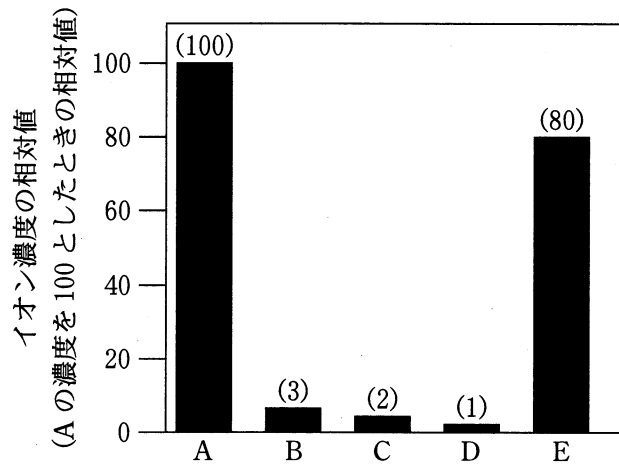
カ

- ① 針葉樹林は、ツンドラが広がる寒帯の地域に見られる。
- ② 雨季と乾季が繰り返される亜熱帯の地域には、雨緑樹林が見られる。
- ③ 亜熱帯多雨林は、年間を通して高温多湿である熱帯の地域に見られる。
- ④ ステップは、年降水量が1000 mmよりも少ない熱帯の地域に見られる。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 下図は、ヒトの細胞外液(体液のうち細胞成分を除いたもの)における、塩化物イオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、ナトリウムイオン、マグネシウムイオンの濃度(モル/L)の相対値を示したものである。図中のイオンEとして、最も適切なものを①~⑤から1つ選べ。

- ① 塩化物イオン                      ② カリウムイオン                      ③ カルシウムイオン  
 ④ ナトリウムイオン                  ⑤ マグネシウムイオン



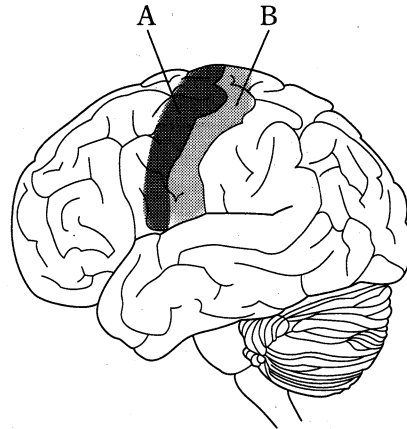
A~Eはイオンを示す  
ヒトの細胞外液のイオン組成

問 2 ヒトの腎臓は血しょうから不要な物質を取り除いて排出する役割を持っている。イヌリンは糸球体で濾過され、尿中に全て排出される物質である。イヌリンのこの性質を利用して、糸球体が1分間に濾過する血しょう量を調べた。イヌリンを持続的に静脈に注射し、一定時間後に測定したところ、血しょう中のイヌリン濃度は1 mg/mL、尿中のイヌリン濃度は70 mg/mLで安定し、尿の生成速度は1.5 mL/分であった。この時、糸球体が1分間に濾過した血しょう量は何 mLか、小数第1位を四捨五入した値で答えよ。例えば、答えが1.1 mLの場合は、

mL とせよ。

mL

問 3 下図はヒトの脳の左側側面の表面を模式的に示している。



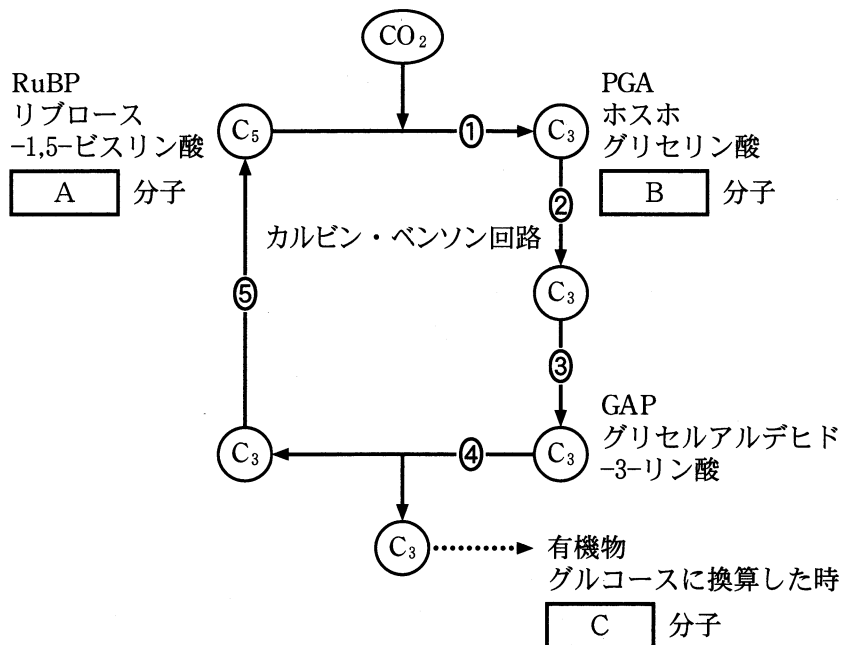
ヒトの脳 左側側面の表面

領域 A と B の説明として、最も適切なものを①～⑥からそれぞれ1つずつ選べ。

領域 A :       領域 B :

- ① 随意運動の中枢がある。
- ② 体の平衡を保つ中枢である。
- ③ 皮膚感覚の情報を処理する。
- ④ 呼吸運動やくしゃみの中枢がある。
- ⑤ 自律神経と内分泌系の中枢がある。
- ⑥ 言語や意志などの高度な精神活動に関係する。

問 4 下図はカルビン・ベンソン回路における炭素の流れを模式的に示している。



- (1) カルビン・ベンソン回路によって、18分子のCO<sub>2</sub>が固定され、有機物が合成されるとき、図中のA~Cに当てはまる分子の数を答えよ。例えば、値が1であったときは、  分子とせよ。

A:   分子

B:   分子

C:   分子

- (2) カルビン・ベンソン回路ではATPとNADPHが消費される。これらは図中の①~⑤のどの過程で使われるか、それぞれについてすべて選べ。

ATP:

NADPH:

Ⅲ 拒絶反応に関する以下の問いに答えよ。

マウスにおける組織適合抗原の遺伝子座の対立遺伝子に MHC-X と MHC-Y がある。これらのホモ接合体をそれぞれ MHC-XX 型、MHC-YY 型と表記する。MHC-XX 型と MHC-YY 型のマウスを用いて移植片に対する拒絶反応について調べ、以下の結果を得た。

- ・ MHC-XX 型の皮膚を別の MHC-XX 型のマウスに移植したところ、移植した皮膚は長期間定着した。
- ・ MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植したところ、移植した皮膚は移植後 10～13 日目に脱落した。

問 1 MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植する実験を行い、その 30 日後に同じマウスに再び MHC-XX 型の皮膚を移植した。この 2 回目の移植の結果として最も適切なものを①～④から 1 つ選べ。

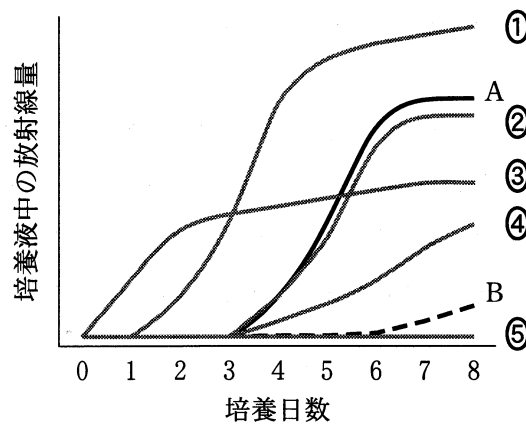
- ① 移植した皮膚は脱落しない。
- ② 移植した皮膚は移植後 5～8 日目に脱落する。
- ③ 移植した皮膚は移植後 10～13 日目に脱落する。
- ④ 移植した皮膚は移植後 60～68 日目に脱落する。

問 2 MHC-XX 型のマウスと MHC-YY 型のマウスを交配し、8 匹の仔を得た。得られた 8 匹の仔すべてに MHC-XX 型の皮膚を移植したとき、移植した皮膚に対して拒絶反応を引き起こすマウスは全体の何%か。最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。ただし、この拒絶反応において MHC-X と MHC-Y 以外の影響は考慮しないこととする。

- ① 0 %
- ② 25 %
- ③ 50 %
- ④ 75 %
- ⑤ 100 %

放射性標識された物質 F(放射標識物質 F)を含む培養液で細胞を培養すると、細胞は放射標識物質 F を取り込む。取り込まれた放射標識物質 F は、細胞が生存している間は細胞外へ放出されることはないが、細胞が死ぬと培養液中に放出される。これらの性質を利用して以下の実験を行い、移植片に対する拒絶反応について調べた。以下に実験の手順 I ~ III を示す。

- I. 細胞表面に MHC-X 抗原を発現する培養細胞(MHC-X 細胞)と細胞表面に MHC-Y 抗原を発現する培養細胞(MHC-Y 細胞)を、それぞれ放射標識物質 F を含む培養液で培養し、その後、放射標識物質 F を含まない培養液で 3 回洗浄した。
- II. MHC-XX 型の皮膚を MHC-YY 型のマウスに移植する実験を行い、その 30 日後に MHC-YY 型のマウスの白血球から、特定の種類の細胞(細胞 P)を選別・回収した。
- III. 手順 I で得られた  $1 \times 10^8$  個の MHC-X 細胞と手順 II で得られた  $1 \times 10^6$  個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定したところ、図の実線 A で示す結果が得られた。また、手順 I で得られた  $1 \times 10^8$  個の MHC-Y 細胞と手順 II で得られた  $1 \times 10^6$  個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定したところ、図の点線 B で示す結果が得られた。



問 3 細胞表面に MHC-X 抗原と MHC-Y 抗原の両方を発現する培養細胞(MHC-XY 細胞)を、放射標識物質 F を含む培養液で培養し、その後、放射標識物質 F を含まない培養液で 3 回洗浄した。これにより得られた  $1 \times 10^8$  個の MHC-XY 細胞と、上記の手順 II で得られた  $1 \times 10^6$  個の細胞 P を混ぜて、放射標識物質 F を含まない培養液で培養した。培養液中の放射線量を 24 時間ごとに測定して得られた結果として、最も適切なものを図の①~⑤から 1 つ選べ。ただし、MHC-XY 細胞が細胞表面に発現する MHC-X 抗原と MHC-Y 抗原の量は、上記の実験に用いた MHC-X 細胞と MHC-Y 細胞が発現する抗原の量とそれぞれ同じであったとする。 ウ

問 4 細胞 P は何か。最も適切なものを①～⑧から1つ選べ。

エ

- ① 単球
- ② 好中球
- ③ B細胞
- ④ 樹状細胞
- ⑤ キラー T細胞
- ⑥ ヘルパー T細胞
- ⑦ マクロファージ
- ⑧ 形質細胞(抗体産生細胞)

問 5 細胞 P が関わる拒絶反応に最も関連が深い語句を①～⑦から1つ選べ。

オ

- ① 自然免疫
- ② 自己免疫
- ③ アレルギー
- ④ 化学的防御
- ⑤ 細胞性免疫
- ⑥ 体液性免疫
- ⑦ 物理的防御



IV 肥満に関する以下の問いに答えよ。

HA 変異マウスは、正常なマウスと比較して体重が3倍以上となる、遺伝性の肥満マウスである。HA 変異マウスは、脂肪細胞から分泌されるホルモン A の遺伝子の塩基配列に変異を持ち、この変異が遺伝性肥満の原因となっている。

正常マウスと HA 変異マウスを、それぞれ下記の 2 群(ホルモン A 非投与群とホルモン A 投与群)に分け、1 日の餌の摂取量と体重を 20 日間にわたり調べた。この結果を図 1 に示す。

- ホルモン A 非投与群：ホルモン A を投与しない
- ホルモン A 投与群：正常なホルモン A を 1 日 1 回、20 日間投与し続ける

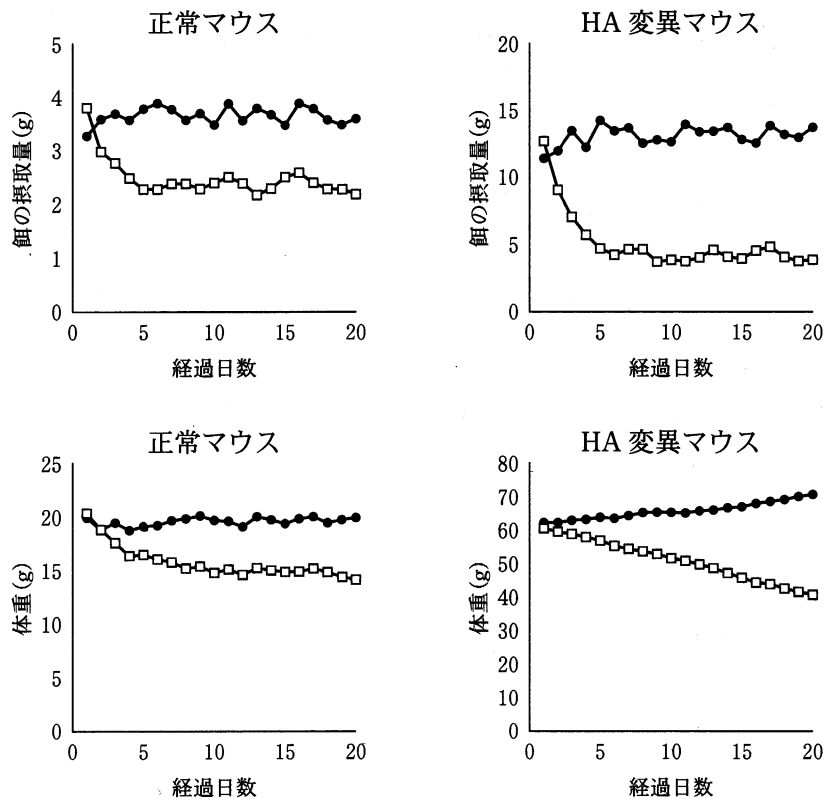


図 1

問 1 図 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。

ア

- ① 正常なホルモン A は摂食促進作用をもつが、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用が失われている。
- ② 正常なホルモン A は摂食促進作用をもち、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用がさらに高まっている。
- ③ 正常なホルモン A は摂食抑制作用をもつが、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用が失われている。
- ④ 正常なホルモン A は摂食抑制作用をもち、HA 変異マウスのホルモン A は変異によりその作用がさらに高まっている。

上述のホルモン A の受容体(ホルモン A 受容体)は、主に摂食をつかさどる脳領域に存在していることが知られている。HAR 変異マウスも、遺伝性の肥満マウスである。HAR 変異マウスはホルモン A 受容体の遺伝子の塩基配列に変異を持ち、この変異が遺伝性肥満の原因になっている。この変異により、HAR 変異マウスではホルモン A 受容体が全く機能しない。一方、このマウスは正常に機能するホルモン A を持ち、ホルモン A の血中濃度は正常マウスよりも高い。

問 2 上記の文中の下線部に示す「摂食をつかさどる脳領域」として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。  イ

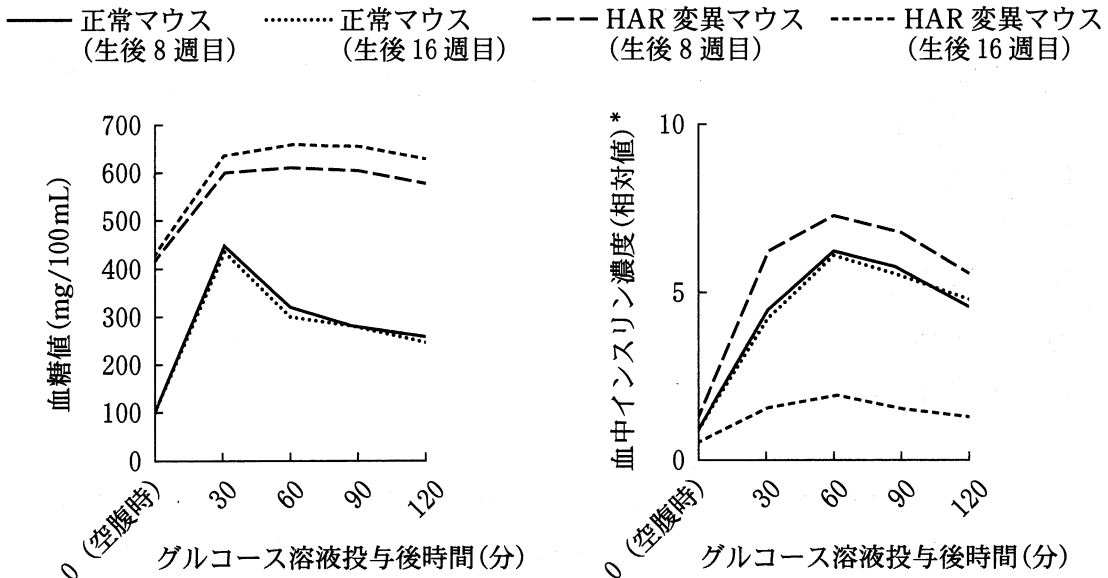
- ① 海馬
- ② 脳梁
- ③ 視床下部
- ④ 脳下垂体後葉
- ⑤ 脳下垂体前葉

問 3 同じ体重の HAR 変異マウスを、ホルモン A 投与群(正常なホルモン A を 1 日 1 回、20 日間投与し続けた群)と、ホルモン A 非投与群(ホルモン A を投与しない群)の 2 群に分け、1 日の餌の摂取量と体重を 20 日間にわたり調べた。ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、20 日目の餌の摂取量と体重はどうかと考えられるか、最も適切なものを①～⑤から 1 つ選べ。ただし、ホルモン A はホルモン A 受容体以外に作用しないものとする。また、投与したホルモン A の量は、上述の実験(図 1)で投与した量と同じである。  ウ

- ① ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量も体重もほぼ同じ。
- ② ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は多く体重は重い。
- ③ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は多く体重は軽い。
- ④ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は少なく体重は重い。
- ⑤ ホルモン A 投与群はホルモン A 非投与群に比べ、餌の摂取量は少なく体重は軽い。

正常マウスと HAR 変異マウスを用いてグルコース負荷試験を行った。グルコース負荷試験とは、空腹時に血糖値と血中インスリン濃度を測定し、測定直後に一定量のグルコース溶液を投与し、30 分ごとに血糖値と血中インスリン濃度の変化を調べる試験である。

生後 8 週目と生後 16 週目のグルコース負荷試験の結果を図 2 に示す。



\* 生後 8 週目の正常マウスにおける空腹時の血中インスリン濃度の値を 1 とした。

図 2

問 4 HAR 変異マウスでは、(1) 生後 8 週目までにどのようなことが起こったか、(2) 生後 8 週目までに起こったことに加えて、生後 9 ~ 16 週目にどのようなことが起こったか、図 2 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からそれぞれ 1 つ選べ。

- (1)  **エ**                      (2)  **オ**

- ① 正常マウスに比べてインスリンの分泌能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ② 正常マウスに比べてグルカゴンの分泌能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ③ 正常マウスに比べて肝臓でのグリコーゲン分解能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。
- ④ 正常マウスに比べて骨格筋や脂肪組織へのグルコースの取り込み能力が低下したため、グルコース溶液の投与によって上昇した血糖値の低下がおこりにくくなった。

# 物 理

I  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 ス ,  ツ ,  テ ,  ネ の解答は該当する解答群から最も適当なものの一つ選べ。

(1) ばね定数  $19.6 \text{ N/m}$  の軽いばねの一端をエレベーターの天井に固定し、他端に質量  $50 \text{ g}$  のおもりをつるす。以下の(a)~(c)において、エレベーター内から見て物体は静止していたとする。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) エレベーターが静止しているとき、ばねの自然長からの伸びは  ア .  イ cm である。

(b) 上昇するエレベーターが  $5.2 \text{ m/s}^2$  の加速度で加速しているとき、ばねの自然長からの伸びは  ウ .  エ cm である。

(c) 下降するエレベーターが  $4.8 \text{ m/s}^2$  の加速度で加速しているとき、ばねの自然長からの伸びは  オ .  カ cm である。

(2)  $0^\circ\text{C}$  における酸素の気体分子(分子量32)の2乗平均速度  $\sqrt{v^2}$  が  $4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$  であるとする。  $0^\circ\text{C}$  におけるヘリウムの気体分子(分子量4)の2乗平均速度は  キ .  ク  $\times 10^{\text{ケ}}$   $\text{m/s}$  である。また、  $273^\circ\text{C}$  におけるヘリウムの気体分子の2乗平均速度は  コ .  サ  $\times 10^{\text{シ}}$   $\text{m/s}$  である。

(3) 焦点距離  $4.0 \text{ cm}$  の凹面鏡の前方  $2.0 \text{ cm}$  の位置に物体を置くと、凹面鏡の  ス の  セ .  ソ  $\text{cm}$  の位置に倍率  タ .  チ の  ツ ができる。また、この凹面鏡の前方  $5.0 \text{ cm}$  の位置に物体を置くと、凹面鏡の  テ の  トナ  $\text{cm}$  の位置に倍率  ニ .  ノ の  ネ ができる。

ス ,  テ の解答群  
① 前方                      ② 後方

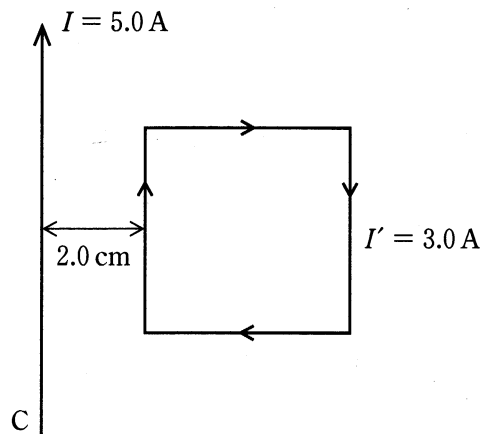
ツ ,  ネ の解答群  
① 正立の実像              ② 正立の虚像              ③ 倒立の実像              ④ 倒立の虚像

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。  の解答は該当する解答群から最も適当なものを一つ選べ。

(1) 図のように、直線状の導線 C に大きさ  $I = 5.0 \text{ A}$  の電流を矢印の向きに流す。導線 C から  $2.0 \text{ cm}$  離れた位置に一辺の長さが  $4.0 \text{ cm}$  の正方形のコイルを、導線 C に近い辺が導線 C と平行になるように置き、矢印の向きに大きさ  $I' = 3.0 \text{ A}$  の電流を流す。コイルが全体として受ける力の大きさは  .   $\times 10^{-\text{ク}}$  N, 向きは  となる。ただし、真空の透磁率を  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$  とし、コイルと電流  $I$  は同一平面内にあるとする。

の解答群

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| ① 電流 $I$ の方向    | ② 電流 $I$ と逆向きの方向  |
| ③ 電流 $I$ に近づく方向 | ④ 電流 $I$ から遠ざかる方向 |
| ⑤ 紙面の表から裏に向かう方向 | ⑥ 紙面の裏から表に向かう方向   |



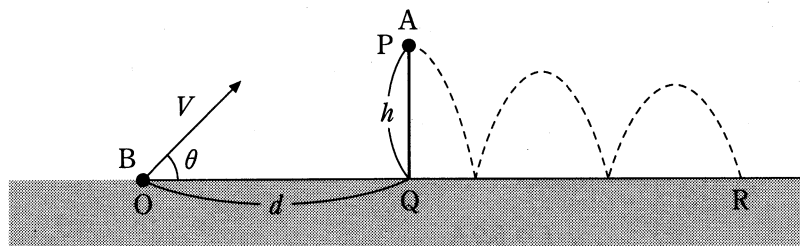
(2) (a) 核分裂反応  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^{139}_{53}\text{I} + 2{}^1_0\text{n}$  で得られる原子核 X の質量数  $A$  と原子番号  $Z$  はそれぞれ  と  である。

(b)  ${}^{131}_{53}\text{I}$  の半減期は 8 日である。 ${}^{131}_{53}\text{I}$  の量は  日後に  $\frac{1}{8}$  になる。

III  にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。

ただし、 ケ  ~  チ  については、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。

水平な床に対して垂直に固定された棒 PQ 上の点 P に質量  $m$  の小物体 A が置かれている。時刻  $t = 0$  において床にある点 O から、水平面に対する仰角  $\theta$ 、速さ  $V$  で質量  $rm$  の小物体 B を投げ上げたところ、物体 B は速さ  $u_0$  で物体 A と水平方向から衝突し、物体 A は水平方向に飛び出した。PQ =  $h$ 、OQ =  $d$  とし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。床および棒と物体の摩擦は考えないとする。



(a) 物体 B が物体 A に衝突した時刻は  $t =$   ア  であり、 $h =$   イ  ,  $\frac{h}{d} =$   ウ  の関係がある。

ア  の解答群

- ①  $\frac{V \cos \theta}{g}$    ②  $\frac{V \sin \theta}{g}$    ③  $\frac{V \tan \theta}{g}$    ④  $\frac{V \cos \theta}{2g}$    ⑤  $\frac{V \sin \theta}{2g}$    ⑥  $\frac{V \tan \theta}{2g}$

イ  の解答群

- ①  $\frac{V^2 \cos^2 \theta}{2g}$    ②  $\frac{V^2 \sin^2 \theta}{2g}$    ③  $\frac{V^2 \sin \theta \cos \theta}{2g}$   
 ④  $\frac{V^2 \cos^2 \theta}{g}$    ⑤  $\frac{V^2 \sin^2 \theta}{g}$    ⑥  $\frac{V^2 \sin \theta \cos \theta}{g}$

ウ  の解答群

- ①  $\sin \theta$    ②  $\cos \theta$    ③  $\tan \theta$    ④  $\frac{\sin \theta}{2}$    ⑤  $\frac{\cos \theta}{2}$   
 ⑥  $\frac{\tan \theta}{2}$    ⑦  $2 \sin \theta$    ⑧  $2 \cos \theta$    ⑨  $2 \tan \theta$

(b) 物体 A, B の衝突における反発係数を  $e$  とする。衝突直後の A, B の速度(右向きを正とする)

をそれぞれ  $v, u$  とすると,  $v = \frac{\text{エ}}{\text{オ}} \times u_0, u = \frac{\text{カ}}{\text{キ}} \times u_0$  である。

$r = \frac{2}{3}$  のとき, 衝突後に物体 B が左向きにはね返るための条件は  $e \frac{\text{ク}}{\frac{\text{ケ}}{\text{コ}}}$  である。

$\text{エ} \sim \text{キ}$  の解答群

- ①  $1+e$       ②  $1-e$       ③  $r(1+e)$       ④  $r(1-e)$       ⑤  $1+r$   
 ⑥  $1-r$       ⑦  $r+e$       ⑧  $r-e$       ⑨  $1+re$       ⑩  $1-re$

$\text{ク}$  の解答群

- ①  $<$       ②  $=$       ③  $>$

(c) 物体 A は物体 B と衝突した後, 水平な床との衝突を繰り返した。物体 A と床との反発係数を

$\frac{2}{3}$  とすると, 初めて床と衝突した後の物体 A の最高点は  $\frac{\text{サ}}{\text{シ}} \times h$  であり, 物体 A と床

との 1 回目の衝突から 2 回目の衝突までにかかる時間は  $\frac{\text{ス}}{\text{セ}} \times \sqrt{\frac{2h}{g}}$  である。また, 物

体 A が床と 3 回目に衝突する点を R とするとき, 点 Q と点 R の距離は  $\frac{\text{ソタ}}{\text{チ}} \times v \sqrt{\frac{2h}{g}}$

である。

IV  にあてはまる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。

断面積  $S$ 、長さ  $L$  の一様な導体の両端に一定の電圧  $V$  をかけたときの電気伝導について、導体中の自由電子の運動をモデル化して考える。導体には、質量  $m$ 、電荷  $-e$  の自由電子が、単位体積あたり  $n$  個分布しているものとして、以下の問いに答えよ。

(a) 導体内部に生じる電場の強さは  $E =$   **ア** であり、1 個の自由電子はこの電場から大きさ  $F_E =$   **イ** の力を受ける。自由電子には電場からの力のみがかかると仮定すると、導体内での自由電子の運動は  **ウ** となる。したがって、この仮定が正しいとすると、導体の一端に静止していた自由電子が、他端まで移動するのに要する時間は  $T_a =$   **エ** と表される。

**ア** ,  **イ** の解答群

- ①  $mV$       ②  $eV$       ③  $SV$       ④  $LV$       ⑤  $\frac{V}{m}$   
 ⑥  $\frac{V}{L}$       ⑦  $\frac{V}{S}$       ⑧  $\frac{eV}{L}$       ⑨  $\frac{eV}{S}$

**ウ** の解答群

- ① 等速運動      ② 等加速度運動      ③ 円運動  
 ④ 単振動      ⑤ ブラウン運動

**エ** の解答群

- ①  $\frac{L}{V}$       ②  $\frac{L}{mV}$       ③  $\frac{eV}{L}$       ④  $\frac{eV}{mL}$       ⑤  $\frac{eV}{mLS}$   
 ⑥  $L\sqrt{\frac{2m}{eV}}$       ⑦  $2\sqrt{\frac{mV}{eL}}$       ⑧  $m\sqrt{\frac{2L}{eV}}$       ⑨  $V\sqrt{\frac{eL}{2m}}$

(b) 自由電子は、電場の力により動きはじめると、導体内で熱振動している陽イオンと繰り返し衝突し、その運動が妨げられる。この衝突による影響を、落下する雨滴にはたらく空気抵抗と同様に扱い、自由電子にはその速さ  $v$  に比例した大きさ  $F_v = kv$  の抵抗力がはたらくものと考えよう。

自由電子は、電場の力によって加速されるが、抵抗力を受けることにより、やがて力がつりあい一定の速さ  $\bar{v} =$   **オ** で移動するようになる。

設問(a)で仮定したように、自由電子が電場の力のみを受けて運動する場合、導体内で静止していた自由電子が速さ  $\bar{v}$  となるまでに要する時間は  $T_b =$   **カ** と表される。

**オ** ,  **カ** の解答群

- ①  $mkV$       ②  $keV$       ③  $\frac{m}{k}$       ④  $\frac{SV}{k}$       ⑤  $\frac{eLV}{k}$   
 ⑥  $\frac{kV}{m}$       ⑦  $\frac{kV}{eL}$       ⑧  $\frac{eV}{kS}$       ⑨  $\frac{eV}{kL}$



(c) 設問(b)でみたように、自由電子は導体中を一定の速さ  $\bar{v}$  で移動するものと考え、導体中のある断面を時間  $\Delta t$  の間に通過する自由電子は、体積 **キ** の領域に含まれており、その個数は **ク** と表される。よって、導体を流れる電流は  $I =$  **ケ** と表される。

この電流の式と設問(b)の結果を用いると、導体にかけた電圧と電流との関係を表す **コ** の法則が導かれ、導体の抵抗は  $R =$  **サ** となることがわかる。また、 $R =$  **シ** で定義される抵抗率  $\rho$  を、設問(b)で求めた  $T_b$  を用いて表すと、 $\rho =$  **ス** となる。

**キ** ~ **ケ** の解答群

- ①  $SL$                       ②  $S\bar{v}$                       ③  $nSL$                       ④  $enSL$                       ⑤  $nS\bar{v}$   
 ⑥  $enS\bar{v}$                       ⑦  $S\bar{v}\Delta t$                       ⑧  $nS\bar{v}\Delta t$                       ⑨  $enS\bar{v}\Delta t$

**コ** の解答群

- ① キルヒホッフ                      ② クーロン                      ③ ローレンツ  
 ④ オーム                      ⑤ ヘルツ                      ⑥ レンツ  
 ⑦ ボルト                      ⑧ ファラデー                      ⑨ アンペール

**サ** の解答群

- ①  $\frac{enSL}{k}$                       ②  $\frac{enL}{Sk}$                       ③  $\frac{enS}{kL}$                       ④  $\frac{e^2nL}{Sk}$                       ⑤  $\frac{e^2nS}{kL}$   
 ⑥  $\frac{k}{enSL}$                       ⑦  $\frac{Sk}{enL}$                       ⑧  $\frac{kL}{enS}$                       ⑨  $\frac{kL}{e^2nS}$

**シ** の解答群

- ①  $\rho SL$                       ②  $\rho \frac{L}{S}$                       ③  $\rho \frac{S}{L}$                       ④  $\frac{\rho}{SL}$                       ⑤  $\frac{L}{\rho S}$   
 ⑥  $\frac{S}{\rho L}$                       ⑦  $\frac{1}{\rho SL}$                       ⑧  $\frac{nL}{\rho S}$                       ⑨  $\rho \frac{nS}{L}$

**ス** の解答群

- ①  $\frac{enT_b}{m}$                       ②  $\frac{enm}{T_b}$                       ③  $\frac{en}{mT_b}$                       ④  $\frac{e^2nm}{T_b}$                       ⑤  $\frac{e^2nT_b}{m}$   
 ⑥  $\frac{T_b}{enm}$                       ⑦  $\frac{m}{enT_b}$                       ⑧  $\frac{T_b}{e^2nm}$                       ⑨  $\frac{m}{e^2nT_b}$

# 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、7は $\boxed{0}\boxed{7}$ 、17は $\boxed{1}\boxed{7}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、7は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{7}$ 、17は $\boxed{0}\boxed{1}\boxed{7}$ 、107は $\boxed{1}\boxed{0}\boxed{7}$ と解答する。

原子量、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 Ar: 40.0

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

標準状態 ( $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $273 \text{ K}$ ) における  $1 \text{ mol}$  の気体の体積:  $22.4 \text{ L}$

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

問1 下の①~⑤のイオンのうち、イオン半径が最も小さいものを1つ選べ。  $\boxed{\text{ア}}$

- ①  $\text{Al}^{3+}$       ②  $\text{F}^-$       ③  $\text{Mg}^{2+}$       ④  $\text{Na}^+$       ⑤  $\text{O}^{2-}$

問2 酸素 3.84 g、窒素 4.48 g、アルゴン 4.80 g からなる混合気体が入った 3.50 L の密閉容器がある。この容器内を  $27^\circ\text{C}$  に保った時、以下の値を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、それぞれの気体は互いに反応しないものとする。

混合気体の全圧  $\boxed{\text{イ}}.\boxed{\text{ウ}}\boxed{\text{エ}}\times 10^{\boxed{\text{オ}}}$  Pa

混合気体の平均分子量  $\boxed{\text{カ}}.\boxed{\text{キ}}\boxed{\text{ク}}\times 10^{\boxed{\text{ケ}}}$

問 3 触媒に関する下の①～⑥の記述のうち、正しいものをすべて選べ。

コ

- ① 鉄の単体は、均一触媒の1つである。
- ② 生体内ではたらく酵素は、触媒の1つである。
- ③ 触媒は、反応前後で自身に変化する物質である。
- ④ 触媒は、自動車の排ガス浄化装置で利用される。
- ⑤ 触媒は、反応熱を小さくすることで反応速度を大きくする。
- ⑥ ハーバー・ボッシュ法では、白金が触媒として用いられる。

問 4 下の①～③の反応式のうち、下線部の物質がブレンステッド・ローリーの定義における酸としてはたらくものを2つ選べ。

サ

- ①  $\underline{\text{NH}_3} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
- ②  $\text{HNO}_3 + \underline{\text{H}_2\text{O}} \longrightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- ③  $\underline{\text{HCO}_3^-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$
- ④  $\underline{\text{HSO}_3^-} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
- ⑤  $\text{NaHCO}_3 + \underline{\text{NaOH}} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- ⑥  $\underline{\text{Cd}(\text{NO}_3)_2} + \text{Na}_2\text{S} \longrightarrow \text{CdS} + 2\text{NaNO}_3$
- ⑦  $2\text{FeCl}_3 + \underline{\text{SnCl}_2} \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{SnCl}_4$
- ⑧  $\text{CH}_3\text{COONa} + \underline{\text{NaHSO}_4} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

問 5 下の①～⑤の反応のうち、反応の前後を比べた時、酸化数の変化の絶対値が最も大きい原子を含むものを1つ選べ。

シ

- ① 亜鉛に塩酸を加えると、水素が発生する。
- ② 銅に濃硫酸を加えて加熱すると、二酸化硫黄が発生する。
- ③ 炭酸カルシウムに希塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。
- ④ 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱すると、塩素が発生する。
- ⑤ 塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を加えて加熱すると、酸素が発生する。

問 6 下の a ~ c の性質や特徴をもつ気体はどれか。それぞれに当てはまるものを①~⑦よりすべて選べ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

a 常温常圧で有色である。

ス

b 強い酸化作用をもつ。

セ

c 臭いがある。

ソ

- ① 塩素                      ② オゾン                      ③ 窒素                      ④ 二酸化硫黄  
⑤ 二酸化炭素              ⑥ フッ化水素              ⑦ 該当なし

問 7 ハロゲンに関する下の①~⑤の記述のうち、正しいものをすべて選べ。

タ

- ① フッ化水素の沸点は臭化水素より低い。  
② フッ化水素の水溶液は二酸化ケイ素と反応する。  
③ ハロゲンの単体の沸点はその分子量が大きいほど高い。  
④ フッ素の沸点は同程度の分子量をもつ硫化水素より高い。  
⑤ 臭化カリウムの水溶液にヨウ素を作用させると臭素が遊離する。

問 8 下の①~⑧の金属単体のうち、塩酸と反応しないが熱濃硫酸と反応するものはどれか。3つ選べ。

チ

- ① Ag                      ② Al                      ③ Au                      ④ Cu                      ⑤ Fe  
⑥ Hg                      ⑦ Ni                      ⑧ Pt

問 9 下の①~⑧の反応のうち、白色沈殿を生成するものはどれか。3つ選べ。

ツ

- ① クロム酸カリウム水溶液に、希硫酸を加える。  
② 硝酸銀水溶液に、塩化ナトリウム水溶液を加える。  
③ アミノ酸水溶液に、ニンヒドリン水溶液を加えて温める。  
④ 水酸化カルシウムの飽和水溶液に、二酸化炭素を通じる。  
⑤ 硝酸バリウム水溶液に、硫酸アンモニウム水溶液を加える。  
⑥ アセトンに、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温める。  
⑦ 塩化鉄(III)水溶液に、ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加える。  
⑧ 卵白水溶液に水酸化ナトリウムを溶かして加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加える。

問10 分子式  $C_4H_{10}O$  で表される化合物の構造異性体に関する下の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものをすべて選べ。 テ

- ① 構造異性体は7つある。
- ② 第一級アルコールは2つある。
- ③ 不斉炭素原子をもつ化合物は2つある。
- ④ 金属ナトリウムと反応し水素を発生するものは4つある。
- ⑤ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して紫色を呈するものは1つある。

問11 下の化合物①～⑧のうち、ヨードホルム反応を起こすものをすべて選べ。 ト

- |            |         |           |
|------------|---------|-----------|
| ① アセトアルデヒド | ② エタノール | ③ 酢酸      |
| ④ サリチル酸    | ⑤ フェノール | ⑥ 2-ブタノール |
| ⑦ マレイン酸    | ⑧ メタノール |           |

II 以下の問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

問 1 以下の文章を読み、下の問に答えよ。

元素の周期表の第  周期 8 族の鉄は、最外殻電子が  殻に  個配置する遷移元素である。鉄は、地殻中に 4 番目に多く存在する元素で、世界各地で鉄の鉱石が豊富に産出される。そのため、鉄は古くから利用されており、現在でも我々の生活のなかで最も多く利用される金属である。鉄の単体は、赤鉄鉱や磁鉄鉱を、コークスと  とともに溶鉱炉に入れ、熱風を吹き込んで得る。このような〔 I 〕によって得られた鉄は〔 II 〕と呼ばれ、これに酸素を吹き込むことにより〔 III 〕の含有量を減らした鋼をつくる。鋼は、硬くて粘りが強く、鉄骨やレールなど多方面で利用されている。その反面、さびて腐食しやすい欠点がある。そのため、鉄に  やニッケルを添加したステンレス鋼や、 でめっきを施したトタンなどに加工して利用されることも多い。

(1) 文中の  ,  に該当する数字をマークせよ。

(2) 文中の  に適切な語を、下の①~⑤より 1 つ選べ。

- ① K                      ② L                      ③ M                      ④ N                      ⑤ O

(3) 文中の  に入るものとして適切なものはどれか。下の①~⑦より 1 つ選べ。

- ① 氷晶石                      ② 生石灰                      ③ 消石灰                      ④ 石英  
⑤ 石灰水                      ⑥ 石灰石                      ⑦ セッコウ

(4) 文中の  ,  に適切な元素を、下の①~⑩よりそれぞれ 1 つずつ選べ。

- ① ニッケル                      ② 亜鉛                      ③ スズ                      ④ マグネシウム  
⑤ 銅                      ⑥ マンガン                      ⑦ クロム                      ⑧ 鉛  
⑨ アルミニウム                      ⑩ チタン

- (5) 文中の〔 I 〕～〔 III 〕に入る語句の組合せとして適切なものを下の①～⑧より1つ選べ。

キ

	〔 I 〕	〔 II 〕	〔 III 〕
①	製錬	銑鉄	炭素
②	製錬	銑鉄	ケイ素
③	製錬	鋳物	炭素
④	製錬	鋳物	ケイ素
⑤	精錬	銑鉄	炭素
⑥	精錬	銑鉄	ケイ素
⑦	精錬	鋳物	炭素
⑧	精錬	鋳物	ケイ素

- (6)  $\text{Fe}^{3+}$  を含む金属イオンの混合液 a と b がある。それぞれの混合液で、下線を引いたイオンだけをその化合物の沈殿として分離するにはどのような操作が適切か。下の①～⑩より最も適切なものをそれぞれ1つずつ選べ。

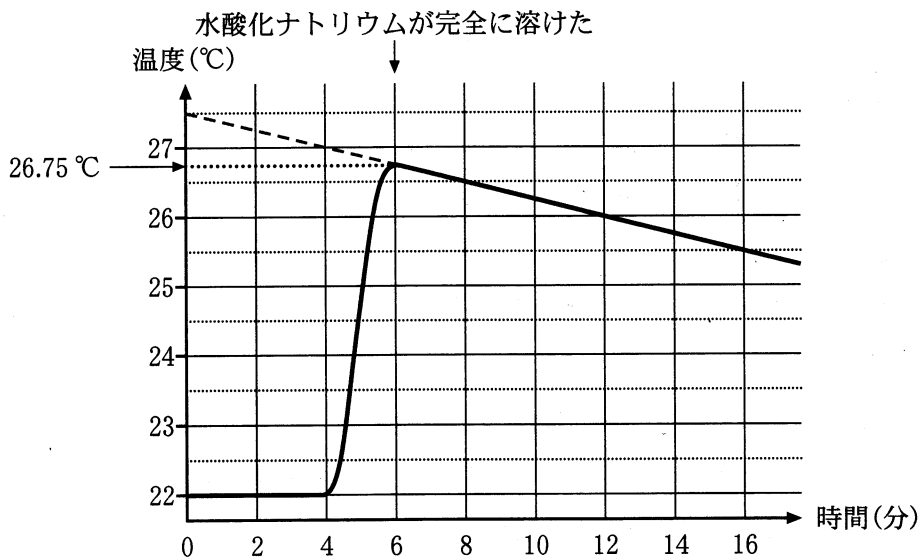
a.  $\text{Cu}^{2+}$      $\text{Zn}^{2+}$      $\text{Fe}^{3+}$     ク

b.  $\text{Pb}^{2+}$      $\text{Al}^{3+}$      $\text{Fe}^{3+}$     ケ

- ① 希塩酸を加える。
- ② 希硫酸を加える。
- ③ 濃硝酸を加える。
- ④ 少量のアンモニア水を加える。
- ⑤ 過剰量のアンモニア水を加える。
- ⑥ 炭酸アンモニウム水溶液を加える。
- ⑦ 酸性条件下で硫化水素を吹き込む。
- ⑧ 塩基性条件下で硫化水素を吹き込む。
- ⑨ 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- ⑩ 過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。

問 2 水酸化ナトリウムの純水への溶解熱を測定するために以下の実験を行った。

フタ付きの容器に純水 98.0 g を入れ、攪拌しながら、液温の測定を開始した。温度測定を開始してから 4 分後に水酸化ナトリウム 2.00 g を加え、攪拌しながら、温度測定を続けた。温度測定の結果を下図に示す。液温の上昇はすべて水酸化ナトリウムの溶解によるものとして、以下の問に答えよ。



(1) 下の①~④のうち、この実験に使う容器の材質として最も適切なものを1つ選べ。

- ① 銅
- ② ガラス
- ③ ステンレス
- ④ 発泡ポリスチレン

(2) この実験で発生した熱量は何 kJ か。小数点以下 2 桁で求めよ。ただし、水酸化ナトリウム水溶液の比熱は濃度に関わらず  $4.50 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  とする。

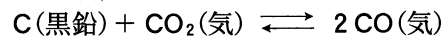
.   kJ

(3) 水酸化ナトリウムの水への溶解熱を小数点以下 1 桁で求めよ。

.  kJ/mol



問 3 赤熱した黒鉛と二酸化炭素から一酸化炭素が生じる反応は、下の反応式で示される平衡反応である。



赤熱した黒鉛 1.20 mol と二酸化炭素 0.80 mol を 1.00 L の密閉容器にいれ、一定温度 (1000 K) に保ち反応させた。一酸化炭素が 0.80 mol 生成したところで反応が平衡状態に到達した。

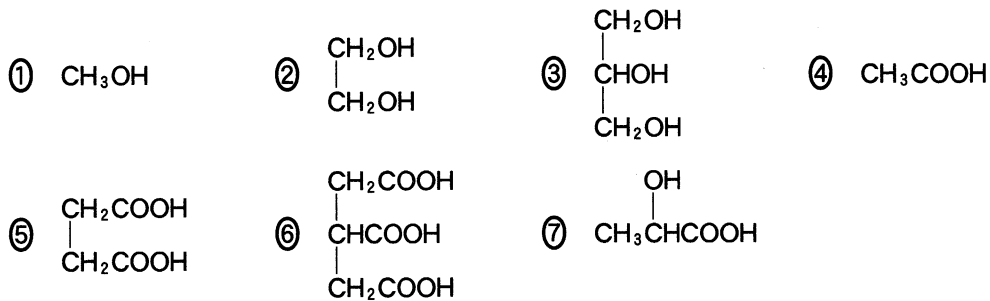
この反応の平衡定数を小数点以下 2 桁で求めよ。ただし、反応中、黒鉛は固体としてのみ存在し、黒鉛の体積は無視できるものとする。

.   mol/L

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。〔解答欄 **ア** ~ **コ**〕

油脂を十分量の水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、**ア** と高級脂肪酸のナトリウム塩が生成する。この反応を **イ** といい、この加水分解の反応は、**ウ** と強塩基との反応である。ここで生成したような高級脂肪酸のアルカリ金属塩がセッケンである。セッケンを水に溶かすと、その溶液は **エ** 性を示す。この時セッケン分子は、水の表面で **オ** 基の部分を空気に向け、水面に並ぶように配置する。水に溶けたセッケン分子の濃度が高くなると、水面に配置されなかった多数のセッケン分子は、水中でその **カ** 基の部分を外側に向け、**キ** 基同士を中心に向けて球状に配列する。このようにして形成された会合 **ク** をミセルと呼ぶ。

問 1 下の①~⑦のうち、文中の **ア** の構造式として適切なものはどれか。1つ選べ。



問 2 下の①~⑨のうち、文中の **イ** に適切なものはどれか。1つ選べ。

- ① アセタール化      ② 異化      ③ 結晶化  
 ④ けん化      ⑤ 硬化      ⑥ 転化  
 ⑦ 同化      ⑧ 軟化      ⑨ 乳化

問 3 下の①~⑦のうち、文中の **ウ** に適切なものはどれか。1つ選べ。

- ① アルコール      ② アルデヒド      ③ エーテル      ④ エステル  
 ⑤ 核酸      ⑥ カルボン酸      ⑦ 糖

問 4 下の①~⑤のうち、文中の **エ** に適切なものはどれか。1つ選べ。

- ① 強塩基      ② 強酸      ③ 弱塩基      ④ 弱酸      ⑤ 中

問 5 文中の **オ** ~ **キ** には、親水もしくは疎水の語が入る。下の①, ②からそれぞれ1つずつ選べ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

- ① 親水                      ② 疎水

問 6 下の①~⑨のうち、文中の **ク** に適切なものはどれか。1つ選べ。

- ① アノード                      ② アルカロイド                      ③ イソプレノイド  
④ カソード                      ⑤ カンナビノイド                      ⑥ コロイド  
⑦ ステロイド                      ⑧ ソレノイド                      ⑨ ハプロイド

問 7 主成分が高級脂肪酸ナトリウム塩からなるセッケンがある。このセッケンを純水に溶かしたセッケン水溶液(溶液 A)を作製し、(1)と(2)の実験を行った。以下の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

- (1) 溶液 A に、それと同体積のジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜた。しばらく静置したところ、ジエチルエーテル層と水層(水層 A)に分離した。この実験の結果、水層 A の pH は、溶液 A の pH に比べてどう変化するか。下の①~③から最も適切なものを1つ選べ。

**ケ**

- ① 高くなる                      ② 低くなる                      ③ 変化しない

- (2) 溶液 A に十分量の塩酸を加えて酸性にした溶液(溶液 B)に、それと同体積のジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜた。しばらく静置したところ、ジエチルエーテル層と水層(水層 B)に分離した。この実験の結果、高級脂肪酸はジエチルエーテル層と水層 B のどちらに多く含まれると考えられるか。下の①, ②から1つ選べ。 **コ**

- ① ジエチルエーテル層                      ② 水層 B