

物 理

I 次の文章を読み、 ～ に適切な数式あるいは数値を解答欄に記入せよ。また、 ～ には指定された選択肢からもっとも適切なものを一つ選び、解答欄にマークせよ。異なる設問では同じ選択肢をマークしてもよい。ただし、 ～ の解答欄に記入する数式は、文字定数として m, M, g, h, v_0, e, k のみを用いること。角度の単位はラジアン、ボールの質量を m 、重力加速度の大きさを g とする。円周率は π を用いて、ボールの大きさと空気抵抗は無視する。

[1] 図1のように、原点 O から高さ h の位置にある点 A からボールを水平に速さ v_0 で発射したところ、ボールはなめらかな水平面上の点 B に落下した。原点 O から点 B までの距離 OB は となる。ボールの落下直前の速度の鉛直成分の大きさは となる。ボールは点 B で水平面となす角 α ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$) で非弾性衝突し、水平面となす角 β ($0 < \beta < \frac{\pi}{2}$) ではね上がった。反発係数を e とすると、衝突においてボールは鉛直方向にのみ力を受けるので、衝突の前後でボールが失った力学的エネルギーは である。また、反発係数 e を角 α, β で表すと となることがわかる。

[2] 次に図2のように、ばね定数 k の十分に長いばねにつながった質量 M ($M > m$)の物体を点Bの位置に設置する。物体の表面と地中の側壁はなめらかで、その間にすきまはなく、物体は地中を鉛直方向にのみ動くものとする。物体は十分に小さく、最初物体の上面は水平面と同じ高さに静止している。このとき、ばねは自然長から だけ縮んだ状態にある。

あらためて点Aからボールを水平に速さ v_0 で発射した。ボールは物体と弾性衝突してはね上がった。衝突直前のボールの速度の鉛直成分の大きさを u とすると、衝突直後のボールの速度の鉛直成分の大きさは $\times u$ となる。衝突により物体が鉛直方向に速さ V で動き出したとすると、 V は $\times u$ となることわかる。 M を $\times m$ としたとき、ボールのはね上がる角は〔1〕の β と同じとなる。

図3のように、ボールとの衝突後、水平面から深さ H のところで物体が一瞬止まり、上昇を始めた。深さ H は V を用いて表すと と書ける。

[3] 図4のように、原点Oからボールを水平に速さ v_0 でなめらかな斜面にむけて発射した。斜面と水平面のなす角は $\frac{\pi}{6}$ である。ボールは斜面上にある点Cに落下した。発射から落下までにかかった時間は と表せ、距離OCは と表せる。点Cにおいてボールが反発係数 e ではね返ったとき、衝突前後でボールが失った力学的エネルギーは となる。

(このページは空白)

あ の選択肢

- ① $\frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$ ② $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$ ③ $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ ④ $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ ⑤ $\frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$ ⑥ $\frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$

い , う の選択肢

- ① 1 ② $\frac{m}{M+m}$ ③ $\frac{M}{M+m}$
④ $\frac{2m}{M+m}$ ⑤ $\frac{2M}{M+m}$ ⑥ $\frac{M-m}{M+m}$
⑦ $\frac{m-M}{M+m}$ ⑧ $\frac{2(M-m)}{M+m}$ ⑨ $\frac{2(m-M)}{M+m}$

え の選択肢

- ① 1 ② $\frac{e}{1+e}$ ③ $\frac{1-e}{1+e}$ ④ $\frac{e}{1-e}$
⑤ $\frac{1+e}{1-e}$ ⑥ $\frac{1+e}{e}$ ⑦ $\frac{1-e}{e}$

お の選択肢

- ① $\sqrt{\frac{k}{M}} V$ ② $\sqrt{\frac{M}{k}} V$ ③ $\sqrt{\frac{Mg}{k}} V$
④ $\sqrt{\frac{k}{Mg}} V$ ⑤ $\sqrt{\frac{M}{kg}} V$ ⑥ $\sqrt{\frac{kg}{M}} V$

か の選択肢

- ① $\frac{mv_0^2(1+e^2)}{2}$ ② $\frac{mv_0^2(1-e^2)}{2}$ ③ $\frac{mv_0^2(1+e^2)}{4}$
④ $\frac{mv_0^2(1-e^2)}{4}$ ⑤ $\frac{mv_0^2(1+e^2)}{8}$ ⑥ $\frac{mv_0^2(1-e^2)}{8}$

(このページは空白)

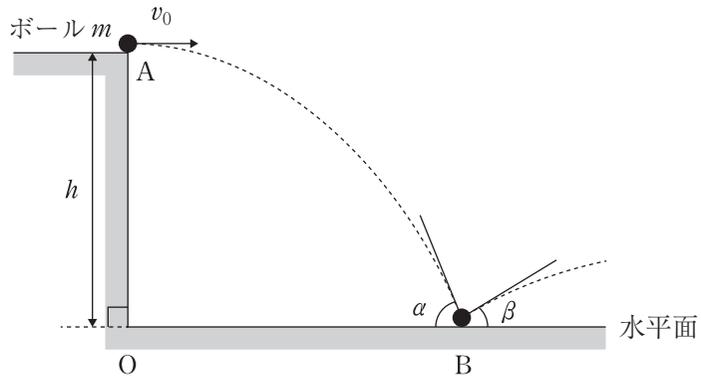


図 1

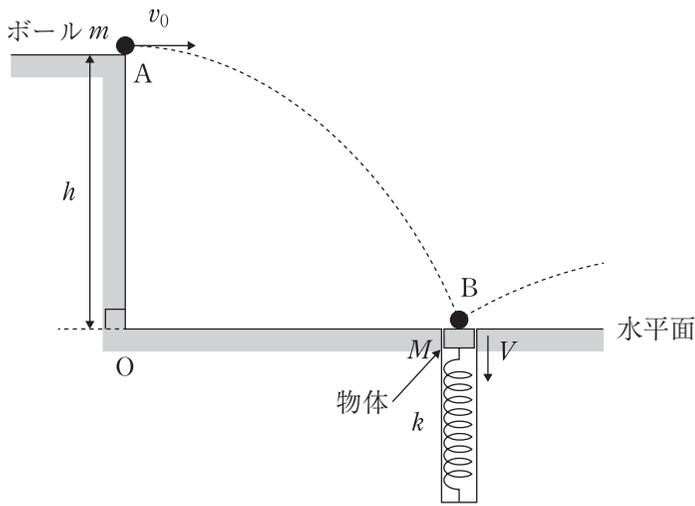


図 2

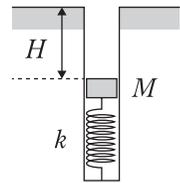


図 3

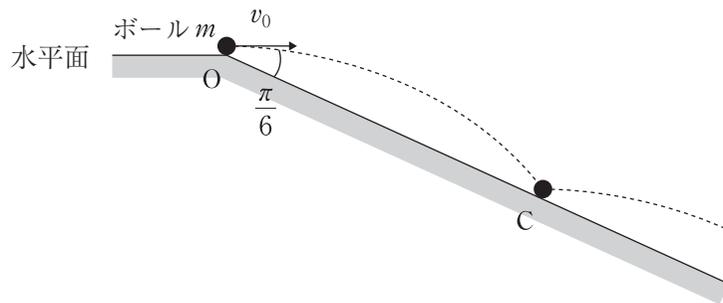


図 4

II 次の文章を読み、 ～ に適切な数式あるいは数値を解答欄に記入せよ。また、 ～ には指定された選択肢からもっとも適切なものを一つ選び、解答欄にマークせよ。異なる設問では同じ選択肢をマークしてもよい。

図1のように、起電力 V の電池、抵抗値 R の抵抗、コンデンサー、およびスイッチを接続した回路を考える。コンデンサーは面積の等しい3枚の極板 A_1 、 A_2 、 A_3 を間隔 d で平行に並べたもので構成されており、極板 A_1 および A_3 は接地されている。また、 A_1A_2 間および A_2A_3 間の電気容量を C とする。以下では、導線やコンデンサー、電池内部の抵抗は無視できるものとし、コンデンサーの隣り合う極板間に生じる電場はそれぞれ一様であり、端の影響は無視できるものとする。

[1] はじめの状態ではスイッチは開いており、コンデンサーの極板に電荷は蓄えられていないものとする。スイッチを閉じ、十分長い時間が経過したとき、極板 A_1 および A_3 の電位は となり、極板 A_2 の電位は となる。したがって、極板 A_1 および A_3 に蓄えられる電気量はともに ，極板 A_2 に蓄えられる電気量は となる。つまり、このコンデンサー全体の合成容量は となる。このとき、コンデンサーに蓄えられる全静電エネルギーは である。

電池のした仕事は運んだ電荷の静電気力による位置エネルギーの増加分と考えられるので、スイッチを閉じてからコンデンサーが充電されるまでの間に抵抗で発生したジュール熱は と見積もられる。

[2] 続いてこの状態でスイッチを開き、その後図2のように、極板 A_1 と A_2 の間隔を d に保ったまま、極板 A_2 と A_3 の間隔のみをゆっくり広げて $2d$ とした。このとき、 A_2A_3 間の電気容量は となる。また、極板 A_2 の電位は となり、極板 A_3 に蓄えられる電気量は となる。極板 A_2 と A_3 の間隔を広げるのに要した仕事は である。

〔3〕 さらに極板 A_2 と A_3 の間隔を $2d$ としたまま再びスイッチを閉じ、点 P を流れる電流を計測したところ、 \boxed{f} 。

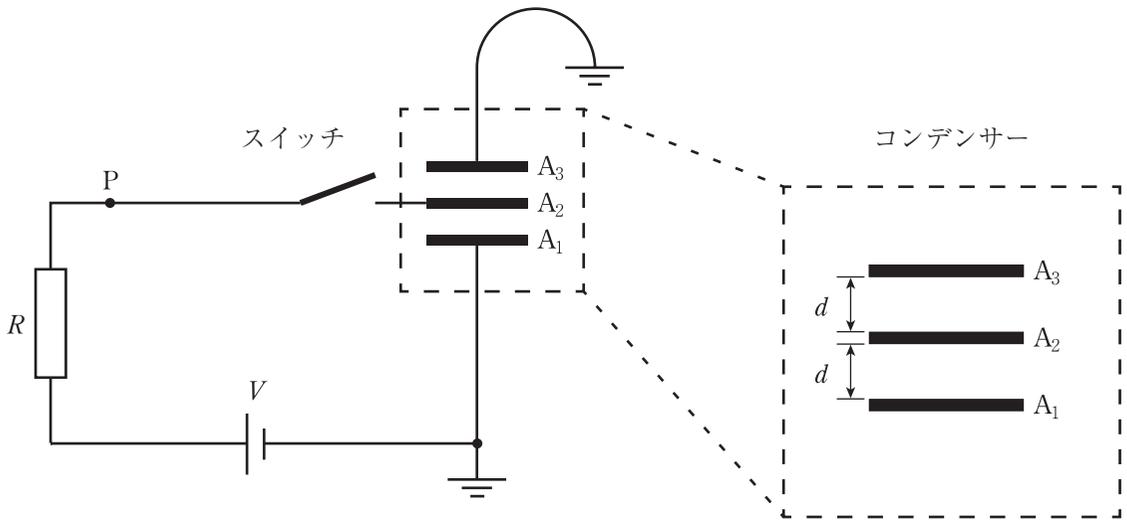


図 1

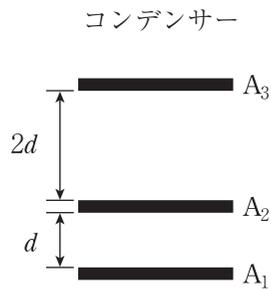


図 2

(このページは空白)

a , **b** , **e** に対する選択肢

- ① CV ② $2CV$ ③ $\frac{1}{2}CV$ ④ $\frac{1}{3}CV$ ⑤ $\frac{3}{2}CV$
⑥ $\frac{2}{3}CV$ ⑦ $-CV$ ⑧ $-2CV$ ⑨ $-\frac{1}{2}CV$ ⑩ $-\frac{1}{3}CV$
⑪ $-\frac{3}{2}CV$ ⑫ $-\frac{2}{3}CV$ ⑬ 0

c , **d** に対する選択肢

- ① C ② $2C$ ③ $\frac{C}{2}$ ④ $3C$ ⑤ $\frac{C}{3}$ ⑥ $\frac{3}{2}C$ ⑦ $\frac{2}{3}C$

f に対する選択肢

- ① 特になんの変化もなかった
② 右向きに $\frac{V}{R}$ の電流が流れ続けた
③ 左向きに $\frac{V}{R}$ の電流が流れ続けた
④ 十分長い時間の間に電気量 CV の移動に相当する電流が右向きに流れた
⑤ 十分長い時間の間に電気量 CV の移動に相当する電流が左向きに流れた
⑥ 十分長い時間の間に電気量 $\frac{CV}{2}$ の移動に相当する電流が右向きに流れた
⑦ 十分長い時間の間に電気量 $\frac{CV}{2}$ の移動に相当する電流が左向きに流れた
⑧ 十分長い時間の間に電気量 $\frac{3CV}{2}$ の移動に相当する電流が右向きに流れた
⑨ 十分長い時間の間に電気量 $\frac{3CV}{2}$ の移動に相当する電流が左向きに流れた
⑩ 角周波数 $\frac{1}{\sqrt{CR}}$ で振動する電流が流れた
⑪ 角周波数 $\sqrt{\frac{2}{CR}}$ で振動する電流が流れた
⑫ 角周波数 $\sqrt{\frac{2}{3CR}}$ で振動する電流が流れた

Ⅲ 次の文章を読み、 ～ に適切な数式あるいは数値を解答欄に記入せよ。 ～ には指定された選択肢からもっとも適切なものを一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし ～ の解答欄に記入する数式は、文字定数として $m, u, v_x, N, \Delta t, L$ のみを用いること。また N は十分大きな数とし、温度は絶対温度とし、気体定数は R とする。

質量 m の単原子分子 N 個からなる温度 T の理想気体が、図のように断面積 S のピストンのついた円筒状の容器に閉じ込められている。容器の壁面とピストンは断熱材でできており、 x 軸負方向にピストンを動かすと、気体が入っている部分の長さ L は減少する。

ピストンを x 軸負方向に十分ゆっくり動かしたときの気体の体積と温度の変化について、気体分子運動論の視点から考えてみよう。ただし、容器とピストンの表面はなめらかであり、気体分子への重力の影響は無視する。また気体分子と容器の壁およびピストンとの衝突は弾性衝突であるとする。

[1] ピストンが一定の速さ u で容器内の気体を圧縮している場合について、速度 $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ (ただし $v_x > 0$ とする) でピストンに向かって運動する 1 つの気体分子とピストンが衝突する過程に注目してみよう。弾性衝突では気体分子とピストンの間の反発係数は 1 なので、衝突前後において、ピストンからみた気体分子の相対速度の大きさは変化しない。このことから衝突後の気体分子の速さは $v_x + \text{あ} \times u$ となる。このときピストンの速さは気体分子の速さに比べて十分小さいので、1 回の衝突による 1 つの気体分子の運動エネルギーの変化は によって近似することができる。

[2] 次に、ある短い時間 Δt の間に、1つの気体分子がピストンに衝突する際の運動エネルギーの変化を考えてみよう。ただしここでは、 $u \ll v_x$ および $u\Delta t \ll L$ の条件が満たされているとする。この場合、気体分子がピストンとそれに向かい合う容器の壁の間を往復する時間は $\boxed{\text{b}}$ なので、1つの気体分子が Δt の時間内にピストンに衝突する回数は $\boxed{\text{い}}$ である。これより時間 Δt の間にピストンより得る運動エネルギーは気体分子1個あたり $\boxed{\text{c}}$ であり、これは気体分子がどの方向からピストンに衝突する場合でも成り立つ。

いま容器内で熱運動している全ての気体分子に対して、 v_x, v_y, v_z の2乗の平均を $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ とし、気体分子の速さ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ の2乗の平均を $\overline{v^2}$ とする。気体分子はかたよることなくあらゆる方向に不規則に運動するため、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \boxed{\text{う}} \times \overline{v^2}$ が成り立ち、全気体分子の平均運動エネルギー \overline{E} は $\boxed{\text{え}} \times \overline{v^2}$ と表すことができる。また時間 Δt の間にピストンとの衝突により得られる全気体分子の運動エネルギーの平均を $\overline{\Delta E}$ とかくと、 $\boxed{\text{c}}$ を全気体分子で平均すれば、 $\overline{\Delta E} = \boxed{\text{お}} \times \overline{E}$ となる。

[3] 一方、1 mol の単原子分子理想気体の場合、内部エネルギー U が ΔU だけ増加するとき、温度の上昇分 ΔT との間に関係式 $\boxed{\text{d}}$ が成り立つことが知られている。ここで \overline{E} は全気体分子の内部エネルギー U と等しく、 $\overline{\Delta E}$ は全気体分子の内部エネルギーの変化 ΔU と等しいとすると、時間 Δt の間にピストンを動かすことによる容器内の気体体積の減少分 $\Delta V (= Su\Delta t)$ と、もとの気体の体積 $V (= SL)$ の比である体積減少率 $\frac{\Delta V}{V}$ と温度の変化率 $\frac{\Delta T}{T}$ の間に $\frac{\Delta V}{V} = \boxed{\text{か}} \times \frac{\Delta T}{T}$ が成り立つことがわかる。この関係式よりピストンの運動によって断熱過程においてゆっくり圧縮された場合、容器内の気体の温度は $\boxed{\text{e}}$ ことがわかる。

(このページは空白)

a に対する選択肢

- ① $\frac{1}{2} muv_x$ ② $\frac{1}{2} mu (v_x + v_y + v_z)$ ③ $2mu^2$
④ $2muv_x$ ⑤ $mu (v_x + v_y)$ ⑥ $mu (v_x + v_y + v_z)$
⑦ $mu \frac{v_y}{v_x}$ ⑧ $mu \frac{\sqrt{v_y^2 + v_z^2}}{v_x}$

b に対する選択肢

- ① $\frac{L}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$ ② $\frac{2L}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}$ ③ $\frac{L}{v_x}$
④ $\frac{2L}{v_x}$ ⑤ $\frac{L}{2v_x + u}$ ⑥ $\frac{2L}{2v_x + u}$
⑦ $\frac{L}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}$ ⑧ $\frac{2L}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}}$

c に対する選択肢

- ① $mu^2 \frac{v_x \Delta t}{L}$ ② $mv_x^2 \frac{u \Delta t}{L}$ ③ $m (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) \frac{u \Delta t}{L}$
④ $mv_x \frac{u \Delta t}{L}$ ⑤ $mv_x \frac{uL}{\Delta t}$

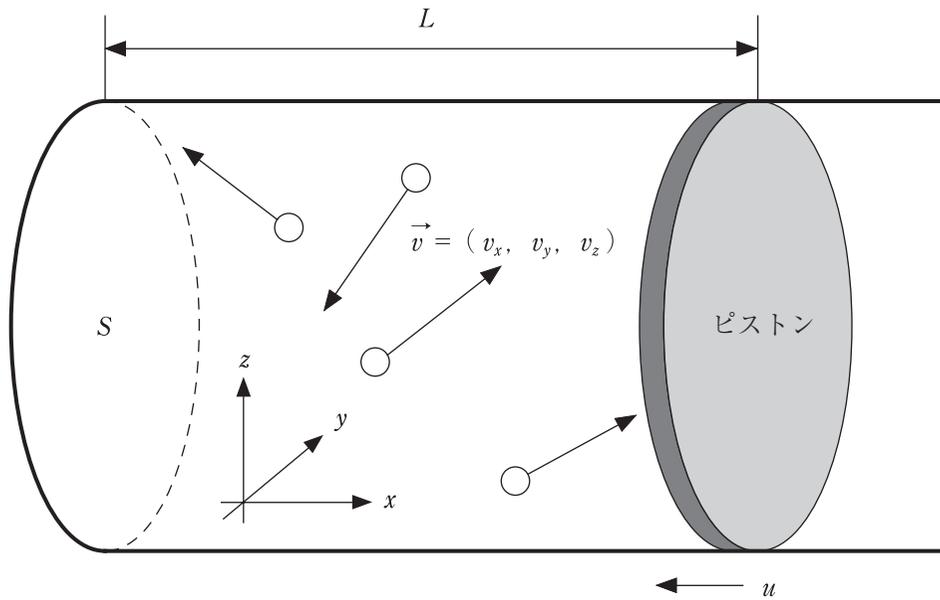
d に対する選択肢

- ① $\Delta U = \frac{1}{2} R \Delta T$ ② $\Delta U = R \Delta T$ ③ $\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T$ ④ $\Delta U = \frac{5}{2} R \Delta T$

e に対する選択肢

- ① 上昇する ② 変化しない ③ 下降する
④ 上昇してから下降する ⑤ 下降してから上昇する

(このページは空白)



☒

化 学

I 次の文章を読み、〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。

原子は、正の電荷をもつ原子核と、負の電荷をもつ電子で構成され、その種類を元素という。多くの元素には、同位体^(a)が存在し、地球上の物質を構成しているが、フッ素やナトリウムなど、自然界には同位体が存在しないものもある。

^(b) 同位体のなかでも、原子核が不安定で、放射線とよばれる粒子や電磁波を放出して、別の原子核に変わるものを放射性同位体と呼ぶ。放射性同位体は、ヘリウム原子核の流れであるアルファ線 (α 線)、電子の流れであるベータ線 (β 線)、電磁波の流れであるガンマ線 (γ 線) などの放射線を放出し、安定な元素になる。 α 線を放出して、他の原子核に変化することを α 壊変 (崩壊)^(c) という。 α 壊変の場合、質量数は 、原子番号は となる。また、 β 線を放出して他の原子核に変化することを β 壊変という。 β 壊変の場合、質量数は 、原子番号は となる。 γ 壊変の場合、質量数および原子番号は変化しない。

現在、放射性同位体は、放射線の性質を利用することで、医薬品として臨床診断や治療に用いられている。医薬品に用いられる代表的な放射性同位体として ^{18}F がある。天然には、フッ素は ^{19}F が 100 % であり、 ^{18}F は存在しない。そのため、 ^{18}F は加速した陽子を、重酸素水 ($\text{H}_2\text{^{18}O}$) に照射することによってつくられる。また、^(d) 放射性同位体が放射性崩壊してもとの半分の量になるのに要する時間を 半減期^(e) という。

〔1〕 文章中の ～ にあてはまる最も適当なものをそれぞれ下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 1 減少 ② 1 増加 ③ 2 減少 ④ 2 増加 ⑤ 3 減少
⑥ 3 増加 ⑦ 4 減少 ⑧ 4 増加 ⑨ 不変

[2] 文章中の下線部(a)について、ある元素 X の3つの同位体 nX , ${}^{n+1}X$, ${}^{n+2}X$ の存在比が7:2:1と仮定したとき、 n を用いた式で、元素 X の原子量を解答用紙の 内に記入せよ。ただし、各同位体の原子の相対質量はその質量数に等しいとする。

[3] 文章中の下線部(b)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

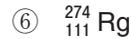
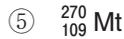
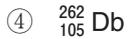
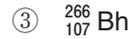
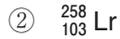
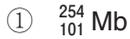
(i) フッ素はハロゲンに分類されるが、その単体の性質について、下の選択肢の中から正しいものを**2つ選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① フッ素の単体は赤褐色である。
- ② フッ素の単体は常温で液体である。
- ③ フッ素の単体はハロゲンのなかで最も沸点が低い。
- ④ フッ素の単体はハロゲンのなかで最も酸化力が弱い。
- ⑤ フッ素の単体は水素と低温・暗所でも爆発的に反応する。
- ⑥ フッ素の単体は水に溶けにくく、反応しにくい。

(ii) ナトリウムはアルカリ金属に分類されるが、その単体の性質について、下の選択肢の中から正しいものを**2つ選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ナトリウムの単体は炎色反応で赤色を示す。
- ② ナトリウムの単体は空気中の酸素や水と反応するため、石油中で保存する。
- ③ ナトリウムの単体はイオン化傾向が大きいので、天然に存在しない。
- ④ ナトリウムの単体はアルカリ金属のなかで、最も融点が低い。
- ⑤ ナトリウムの単体は水と激しく反応して、酸素を発生する。
- ⑥ ナトリウムの単体は塩化ナトリウムの熔融塩電解によって、陽極側に析出する。

〔4〕 文章中の下線部(c)について、日本人の研究チームが合成に成功した元素として、原子番号 113、質量数 278 のニホニウム (Nh) がある。Nh が 4 回 α 壊変したとき、どの元素になるか。下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。



〔5〕 文章中の下線部(d)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

(i) この反応では、 ${}^{18}\text{O}$ と ${}^{18}\text{F}$ の原子核にある陽子と中性子は以下のようになる。

${}^{18}\text{O}$ は、陽子 <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="ア"/> 個および中性子 <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="イ"/> 個である。
${}^{18}\text{F}$ は、陽子 <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="ウ"/> 個および中性子 <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="エ"/> 個である。

~ にあてはまる数の組み合わせを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

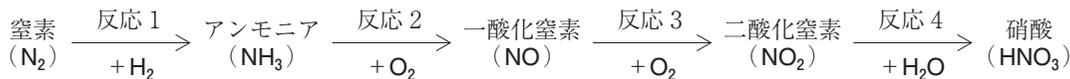
選択肢	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="ア"/>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="イ"/>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="ウ"/>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text" value="エ"/>
①	6	12	7	11
②	6	12	9	9
③	6	12	11	7
④	8	10	7	11
⑤	8	10	9	9
⑥	8	10	11	7
⑦	10	8	7	11
⑧	10	8	9	9
⑨	10	8	11	7

(ii) 水素の同位体には ^1H , ^2H , ^3H があり, 酸素の同位体には ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O がある。これらの同位体を組み合わせて水 (H_2O) をつくるとき, 考えられる H_2O は全部で何通りあるか。**整数**で解答用紙の 内に記入せよ。

[6] 文章中の下線部(e)について, ^{18}F の半減期を 110 分とすると, 放射性壊変してもとの $\frac{1}{8}$ の量となるまでに経過した時間 (分) を **整数**で解答用紙の 内に記入せよ。

II 次の文章を読み，〔1〕～〔4〕の問いに答えよ。

窒素や窒素化合物について，代表的な化学反応の概略を下図に示す。



図

反応 1 は，次の反応式により 窒素 (N₂) と水素 (H₂) が反応して，アンモニア (NH₃) が生成する過程を示している。^(a) NH₃ は水によく溶け，その水溶液は弱塩基性を示す。^(b)



反応 2～4 は NH₃ を原料として，硝酸 (HNO₃) をつくる過程を示している。この一連の工業的な製法を あ 法といい，このうち，反応 2 では，い を触媒として NH₃ を酸化して一酸化窒素 (NO) が生成する。反応 3 では，NO は空气中ですぐに酸化されて，二酸化窒素 (NO₂) になる。反応 4 では，次の反応式により，HNO₃ を得ることができる。



HNO₃ は強い酸性を示し，酸化剤としても反応する。そのため，塩酸には溶けない銅 (Cu) とも反応する。^(c) また，濃硫酸と混合した混酸は，有機化合物の置換反応である う に用いられ，爆薬や医薬品などの製造に利用されている。

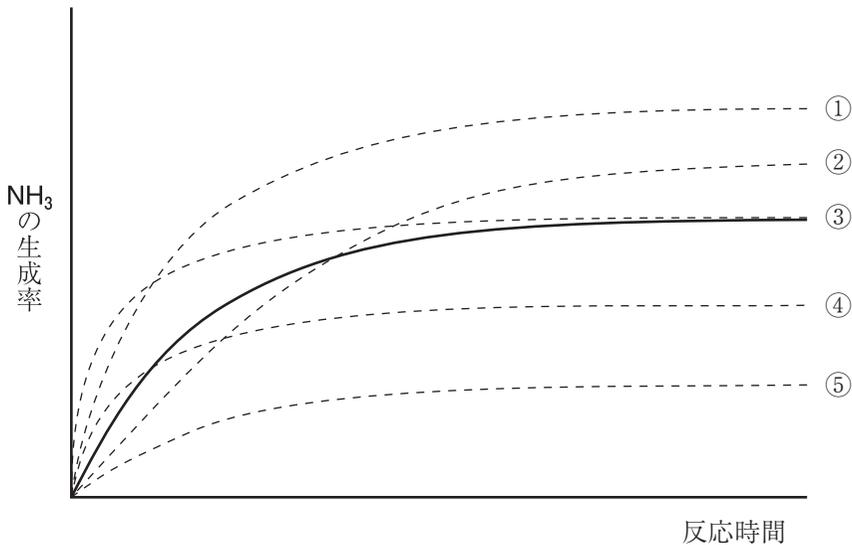
〔1〕 文章中の あ ～ う にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。

- | | | |
|--------------|------------|----------|
| ① ハーバー・ボッシュ | ② アンモニアソーダ | ③ オストワルト |
| ④ 酸化バナジウム(V) | ⑤ 白金 | ⑥ 四酸化三鉄 |
| ⑦ ハロゲン化 | ⑧ ジアゾ化 | ⑨ ニトロ化 |

〔2〕 文章中の下線部(a)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

(i) ある反応容器に、 N_2 と H_2 を分圧比 1 : 3 で入れ、温度 T_1 、圧力 P_1 のもとで反応させた。グラフの実線は、このときの反応時間と NH_3 の生成率の関係を示したものである。

次に、他の条件は変えないで圧力を P_1 より大きくしたときの反応時間と NH_3 の生成率の関係を示すグラフ (点線) として最も適切なものを選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

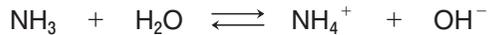


図

(ii) 容積 2.0 L の別の容器に、 N_2 と H_2 の混合気体を入れ、ある温度に保って放置すると、 NH_3 が生成し、1.0 mol の N_2 と 2.0 mol の H_2 が残って、平衡状態となった。反応前の N_2 の物質量 (mol) を、有効数字 2 桁で解答用紙の 内に記入せよ。ただし、平衡定数は $8.0 (\text{mol/L})^{-2}$ とする。

[3] 文章中の下線部(b)について、以下の文章を読み、(i) および (ii) の問いに答えよ。

アンモニアは水溶液中で次のように電離して平衡状態になる。



このとき、アンモニアのモル濃度を c [mol/L]、その電離度を α とすると、平衡状態での NH_3 、 NH_4^+ 、 OH^- の濃度は、 $[\text{NH}_3] = \boxed{\text{ア}}$ [mol/L]、 $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = \boxed{\text{イ}}$ [mol/L] となる。

また、アンモニアの電離定数 $K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$ に、これらの値を代入し、 α が 1 に比べて非常に小さいことを考慮すると、 K_b は、近似的に $\boxed{\text{ウ}}$ [mol/L] と表される。

(i) 文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる式を、 c および α を用いて、それぞれ解答用紙の $\boxed{\quad}$ 内に記入せよ。

(ii) 1.0 mol/L のアンモニア水の水素イオン濃度 (mol/L) を有効数字 2 桁で解答用紙の $\boxed{\quad}$ 内に記入せよ。ただし、アンモニアの電離定数は 2.5×10^{-5} mol/L、水のイオン積は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とする。

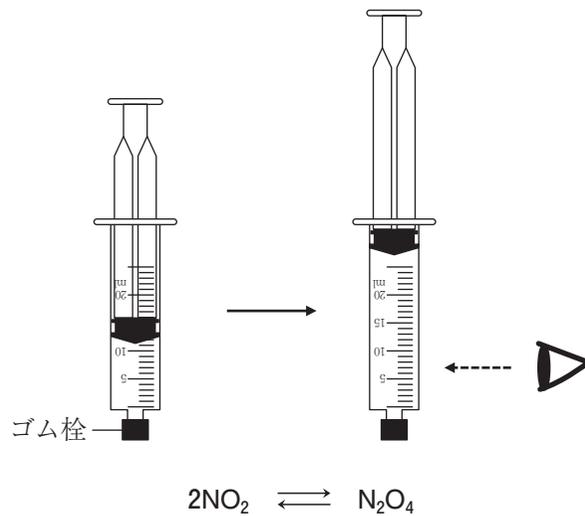
[4] 文章中の下線部(c)について、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

(i) 銅に濃硝酸 (HNO_3) を反応させると NO_2 が発生する。そのときの化学反応式は以下のとおりである。



この反応式の右辺を解答用紙の $\boxed{\quad}$ 内に記入せよ。

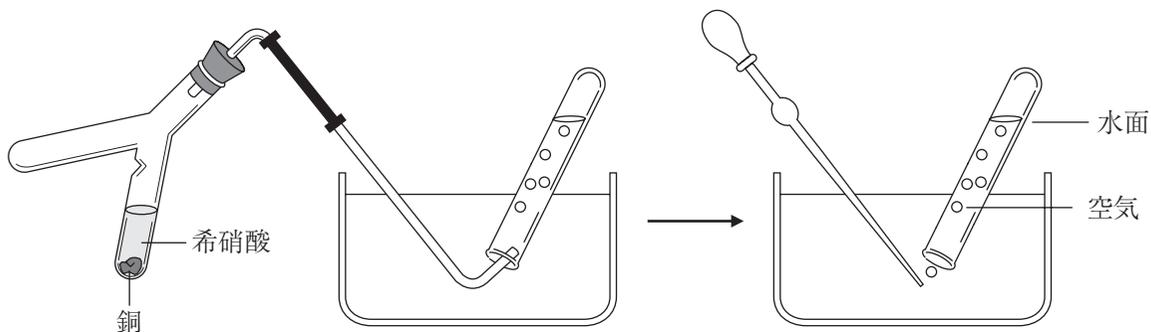
(ii) (i) で発生した NO_2 を、下図のように液体などの汚染のない注射器に捕集し、ゴム栓で密封した。次に、温度を一定に保ち、ピストンを引いて気体の体積を大きくして、図のように注射器の横から気体の色の変化を観察した。このときの気体の変化について、下の選択肢の中から最も適当なものを選び、その番号を解答用紙にマークせよ。ただし、この注射器の中では、 NO_2 と四酸化二窒素 (N_2O_4) が平衡状態になっている。



図

- ① 気体の色は薄くなり、その後、さらに薄くなった。
- ② 気体の色は薄くなり、その後、変化はなかった。
- ③ 気体の色は薄くなり、その後、濃くなった。
- ④ 気体の色は濃くなり、その後、薄くなった。
- ⑤ 気体の色は濃くなり、その後、変化はなかった。
- ⑥ 気体の色は濃くなり、その後、さらに濃くなった。

- (iii) 銅に希硝酸 (HNO_3) を反応させ、発生した無色の気体を、下図のような水上置換により容器に捕集した。次に、駒込ピペットを用いて、容器内に空気を入れた。空気を入れると水面は下がるが、その後捕集した気体が反応して、水面の高さが変化した。このときの変化について、下の選択肢の中から最も適当なものを選び、その番号を解答用紙にマークせよ。



図

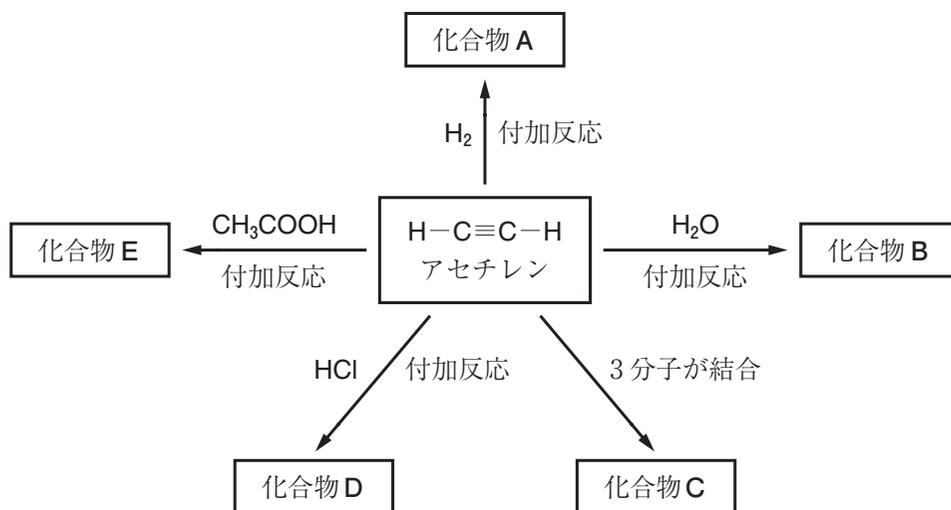
- ① 捕集した気体と空気中の窒素が反応して NH_3 が生じ、その反応熱で体積が膨張し、さらに水面が下がった。
- ② 捕集した気体と空気中の窒素が反応して NH_3 が生じ、それが水に溶けて、水面が上がった。
- ③ 捕集した気体と空気中の窒素が反応して NH_3 が生じ、それが水に溶けて、さらに水面が下がった。
- ④ 捕集した気体と空気中の酸素が反応して NO_2 が生じ、その反応熱で体積が膨張し、さらに水面が下がった。
- ⑤ 捕集した気体と空気中の酸素が反応して NO_2 が生じ、それが水に溶けて、水面が上がった。
- ⑥ 捕集した気体と空気中の酸素が反応して NO_2 が生じ、それが水に溶けて、さらに水面が下がった。

(このページは空白)

Ⅲ 次の文章を読み，〔1〕～〔8〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16

アセチレンは，鎖式不飽和炭化水素の〔あ〕に分類され，実験室では〔い〕に水を作用させて発生させることができる。また，アセチレンはさまざまな付加反応を生じる。その概略を以下に示し，化合物A～Eについて，それぞれの特徴を記載した。



化合物A ^(a) 化合物Aを臭素水に加えると，付加反応により，その溶液は〔う〕色から〔え〕色となる。また，化合物Aに硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えると，その溶液は〔お〕色から〔か〕色となる。

化合物B 化合物Bは，硫酸水銀(Ⅱ)触媒を用いてアセチレンに水を付加させて生成できるが，工業的には塩化銅(Ⅱ)および塩化パラジウム(Ⅱ)を触媒として，化合物Aを酸化してつくられる。^(b)

化合物C 化合物Cは，安定で付加反応を起こしにくい。しかし，白金またはニッケル触媒を用いて，^(c) 高压の水素を作用させると付加反応が生じる。

化合物D 化合物Dは、熱可塑性樹脂のモノマーとして利用される。この合成樹脂は電気絶縁性が高く電源コードの被覆材などに利用されている。^(d)

化合物E 化合物Eは、合成繊維であるビニロンの原料である。^(e)

[1] 文章中の および にあてはまるものとして最も適当なものを下の選択肢から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① アルキン ② アルカン ③ アルケン
④ 酢酸ナトリウム ⑤ エタノール ⑥ 炭化カルシウム

[2] 文章中の ～ にあてはまる色として最も適当なものを下の選択肢から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。ただし、同じ番号を2回使ってもよい。

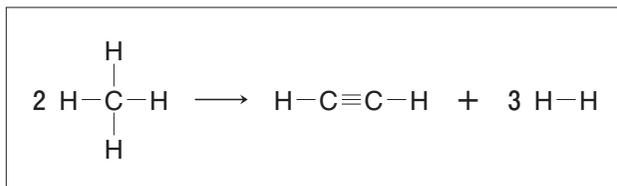
- ① 緑 ② 赤褐 ③ 赤紫 ④ 青 ⑤ 黒 ⑥ 無

[3] 文章中の下線部(a)について、化合物Aと臭素が反応して生じる化合物の名称を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 1-ブロモエタン
② 1,1-ジブロモエタン
③ 1,2-ジブロモエタン
④ 2,2-ジブロモエタン
⑤ 1,1,1,2-テトラブロモエタン
⑥ 1,1,2,2-テトラブロモエタン

- 〔4〕 文章中の下線部(b)について、化学反応式を解答用紙の 内に記入せよ。
 ただし、解答例のように、原子をすべて省略せずに表記し、原子間の結合はすべて線（価標）を用いて表せ。

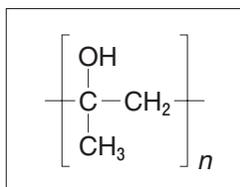
(解答例)



- 〔5〕 文章中の下線部(c)について、化合物Cの付加反応で生じた化合物の名称を解答用紙の 内に記入せよ。

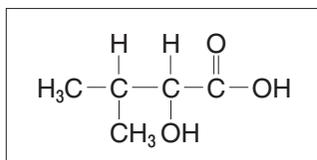
- 〔6〕 文章中の下線部(d)について、化合物Dをモノマーとする合成樹脂の構造を解答例にならって、解答用紙の 内に記入せよ。

(解答例)

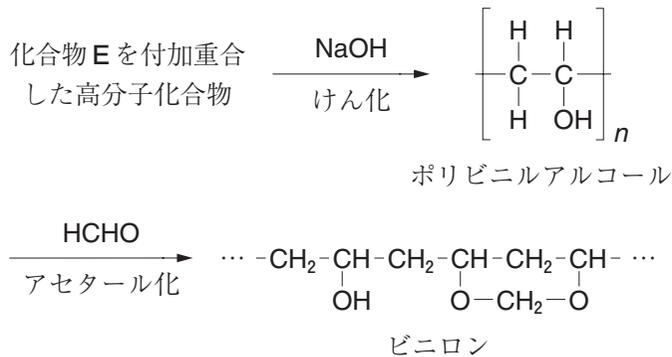


- 〔7〕 化合物Eの構造を解答例にならって、解答用紙の 内に記入せよ。

(解答例)



〔8〕 文章中の下線部(e)をつくるために、次の反応実験をおこなった。化合物Eをすべて付加重合して得られた高分子化合物 172 g に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全にけん化することにより、ポリビニルアルコールを得た。得られたポリビニルアルコールをホルムアルデヒド水溶液で処理した結果、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基のうち 30 % がアセタール化したビニロンが得られた。



この反応で得られたビニロンの質量 (g) として最も適当なものを下の選択肢から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 11.6 g ② 25.8 g ③ 45.8 g
 ④ 71.6 g ⑤ 91.6 g ⑥ 125.8 g

IV 次の文章を読み，〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23

高校の探究活動の一環として，現在の日常生活でも役立っている化学の発見に関する日本人研究者について調べ，それをプレゼンテーションすることになった。以下は高校生2人の会話である。

<p>高校生A：僕は，食卓にもあるうま味調味料を発見した池田菊苗について調べているよ。彼は，昆布からグルタミン酸を抽出し，その塩がうま味になっていることを発見したんだ。</p>	
<p>高校生B：グルタミン酸って，<u>アミノ酸</u>のところで出てきた物質だよな。 アミノ基とカルボキシ基が同じ炭素原子に結合している^(a)α-アミノ酸の一般的な構造式はこうだったよね（右図）。</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
<p>高校生A：上記のアミノ酸の構造式のなかにある側鎖RがHのときは，<input type="text" value="あ"/> という物質名で，側鎖Rの中にアミノ基を含むものには<input type="text" value="い"/>, 側鎖Rの中にカルボキシ基を含むものには<input type="text" value="う"/> やグルタミン酸があるんだ。グルタミン酸には<input type="text" value="え"/> があるため，1対の鏡像異性体が存在していて，うま味成分であるのは<input type="text" value="お"/> の方で，<input type="text" value="か"/> ではないんだ。天然に存在するアミノ酸は，ほとんどが<input type="text" value="お"/> なんだ。</p>	
<p>高校生B：僕は高峰讓吉について，調べているよ。彼の功績は，多方面に渡っているのだけれど，そのなかでも，消化酵素ジアスターゼ（アミラーゼ）を抽出・製品化した胃腸薬が有名だよ。酵素については化学の授業で学習したので興味があり，もっと深く調べようと思って いるんだ。</p>	
<p>高校生A：酵素ってなに？よく知らないな。</p>	

高校生 B：酵素は生体内で **き** として働き，その主成分は **く** なんだ。
 酵素が作用するには最適温度と最適 pH があって，ここから大きく外れると，そのはたらきを失うことがあるんだ。酵素は，特定の対象物質だけに作用する性質をもっているんだよ。^(b) 例えば，生体内の胃液に存在する **け** はタンパク質を分解し，また 糖類を分^(c) 解する酵素もあるんだ。

高校生 A：そうなんだ。僕も，アミノ酸の他に酵素についても調べてみるよ。

〔1〕 文章中の **あ** ~ **う** にあてはまる名称の組み合わせとして，最も適当なものを下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。

選択肢	あ	い	う
①	アラニン	セリン	アジピン酸
②	アラニン	セリン	アスパラギン酸
③	アラニン	リシン	アジピン酸
④	アラニン	リシン	アスパラギン酸
⑤	グリシン	セリン	アジピン酸
⑥	グリシン	セリン	アスパラギン酸
⑦	グリシン	リシン	アジピン酸
⑧	グリシン	リシン	アスパラギン酸

〔2〕 文章中の **え** ～ **か** にあてはまる語句の組み合わせとして、最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

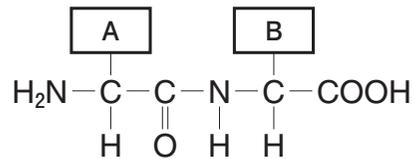
選択肢	え	お	か
①	C=C 結合	シス形	トランス形
②	C=C 結合	トランス形	シス形
③	C=C 結合	L 体	D 体
④	C=C 結合	D 体	L 体
⑤	不斉炭素原子	シス形	トランス形
⑥	不斉炭素原子	トランス形	シス形
⑦	不斉炭素原子	L 体	D 体
⑧	不斉炭素原子	D 体	L 体

〔3〕 文章中の下線部(a)について、(i) および (ii) の問いに答えよ。

(i) アミノ酸の性質について、**誤りを含む記述**を下の選択肢の中から**2つ**選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① アミノ酸はアルコールと反応してエステルを生じる。
- ② アミノ酸は無水酢酸と反応してアミドを生じる。
- ③ 酸性アミノ酸は塩基性側に、塩基性アミノ酸は酸性側に等電点をもつ。
- ④ 等電点ではアミノ酸分子のほとんどが双性イオンになっているので、電気泳動を行ってもどちらの極へも移動しない。
- ⑤ 等電点より pH を小さくした溶液で電気泳動を行うと、アミノ酸は陰極側へ移動する。
- ⑥ アミノ酸はビウレット反応を用いて検出できる。
- ⑦ アミノ酸はニンヒドリン反応を用いて検出できる。

(ii) 2分子の α -アミノ酸の縮合から生じた1価の酸とみなせるジペプチドがある。このジペプチド0.292 gを含む水溶液を0.100 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、20.0 mLを要した。これより、このジペプチドには2つの化学構造が考えられるが、これらのうち、分子量の大きい方の α -アミノ酸のカルボキシ基が残っているジペプチドの構造式について、 および を解答用紙の 内に記入せよ。



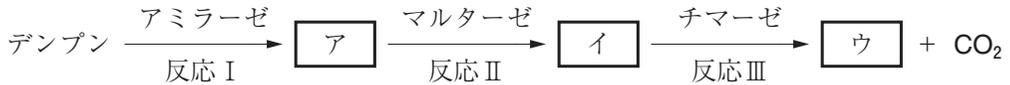
[4] 文章中の ~ にあてはまる語句の組み合わせとして、最も適当なものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

選択肢	<input type="text" value="き"/>	<input type="text" value="く"/>	<input type="text" value="け"/>
①	触媒	タンパク質	ペプシン
②	触媒	タンパク質	リパーゼ
③	触媒	デンプン	ペプシン
④	触媒	デンプン	リパーゼ
⑤	酸化剤	タンパク質	ペプシン
⑥	酸化剤	タンパク質	リパーゼ
⑦	酸化剤	デンプン	ペプシン
⑧	酸化剤	デンプン	リパーゼ

[5] 文章中の下線部(b)について、特定の物質だけに作用する酵素の性質を漢字5文字で解答用紙の 内に記入せよ。

〔6〕 文章中の下線部(c)について、酵素による糖類の分解に関する (i) ~ (iii) の問いに答えよ。

(i) 次に示す反応の概略図に関する記述として、**誤りを含むもの**を下の選択肢の中から**2つ選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。



- ① ア はマルトースである。
- ② イ はグルコースである。
- ③ ウ はメタノールである。
- ④ 反応 I の過程で生じる分子量がもとのデンプンより小さい多糖の混合物をデキストリンという。
- ⑤ 反応 III のチマーゼは酵素複合体であり、主に酵母に含まれている。
- ⑥ 反応 I, 反応 II, 反応 III はすべて加水分解反応である。

(ii) スクララーゼ (インベルターゼ) を用いて、スクロースを反応させたときに得られる生成物の組み合わせとして、最も適当なものを下の選択肢の中から**選び**、その番号を解答用紙にマークせよ。

選択肢	生成物	
①	グルコース	ガラクトース
②	グルコース	ラクトース
③	グルコース	フルクトース
④	フルクトース	ガラクトース
⑤	フルクトース	ラクトース
⑥	ガラクトース	ラクトース

(iii) (ii) の生成物は、等量混合物となる。この等量混合物の糖は何と呼ばれているか。漢字 3 文字で解答用紙の 内に記入せよ。

6. マークに際しては、マークした部分を機械が直接読み取って採点するので、下記の注意事項を読み、間違いのないようにしなさい。

1. マークする時は、HBの黒鉛筆(シャープペンシルはHBの0.5ミリ以上の芯)を使用しなさい。
2. だ円は次のように完全に黒くぬりつぶしなさい。
(ぬりつぶしがうすい場合は、解答が正しく読み取れないことがあります。)

ア	①	②	●	④	⑤
イ	①	②	●	④	●

(解答がひとつの場合 〈例えば③と解答したい場合〉)

(解答が複数の場合 〈例えば③と⑤の2つを解答したい場合〉)

3. マークする場合の悪い例 (次のようなマークは正解と判定されません。)

ア	①	②	○	④	⑤
イ	①	②	✓	④	⑤

○で囲む

✓印をつける

ウ	①	②	⊥	④	⑤
エ	①	②	●	④	⑤

線を引く

ぬりつぶしが不完全

4. 一度マークした解答を訂正する場合は、消しゴムで完全に消してからマークし直しなさい。

ア	①	②	✕	④	⑤
---	---	---	---	---	---

✕印をつけても消したことになります。

5. 解答用紙は折り曲げたり、汚したりしないようにしなさい。