

化 学

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合は例に従う。

例 ②と⑦と答えたいとき

解答番号	解 答 欄
4	<input type="radio"/> ① <input checked="" type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ <input checked="" type="radio"/> ⑦ <input type="radio"/> ⑧ <input type="radio"/> ⑨ <input type="radio"/> ⑩

例えば、 と表示のある問題に対して、計算等から得られた数値をマークする場合は例に従う。

例 38と答えたいとき

解答番号	解 答 欄
6	<input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input checked="" type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ <input type="radio"/> ⑦ <input type="radio"/> ⑧ <input type="radio"/> ⑨ <input type="radio"/> ⑩
7	<input type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④ <input type="radio"/> ⑤ <input type="radio"/> ⑥ <input type="radio"/> ⑦ <input checked="" type="radio"/> ⑧ <input type="radio"/> ⑨ <input type="radio"/> ⑩

2. 体積の単位リットルはLで表す。
 3. 必要があれば次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 P = 31 S = 32

Cl = 35.5 Cs = 133 Pb = 207

絶対温度 $T(K) = t(^{\circ}C) + 273$ ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 C/mol$

水のイオン積 $1.0 \times 10^{-14} mol^2/L^2(25^{\circ}C)$

1 次の問い(問1～6)に答えよ。

問1 赤褐色の臭素の蒸気を集気びんに入れ、窒素の入った集気びんをかぶせておく(図1ア)、上の集気びんの中がしだいに赤褐色になり、やがて均一な色となった(図1イ)。

この現象に関する次の記述a～dについて、正しいものには①を、誤っているものには②をそれぞれマークせよ。

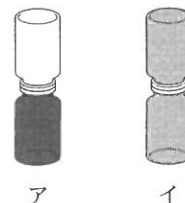


図1

- a 臭素分子のみが熱運動して均一になった。
- b 窒素分子のみが熱運動して均一になった。
- c 温度が高いと図1イの状態となるまでの時間は短い。
- d 図1イではすべての分子の熱運動は停止している。

1
2
3
4

問2 原子は、直径 $10^{\boxed{5}}$ m 程度の電氣的に中性な粒子である。原子の中心には陽子と中性子からなる直径 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m の原子核が存在し、そのまわりを電子が取りまくように存在している。原子の直径は、結晶中の原子間距離をX線を用いて測定することで精密に得られるが、結晶の密度からも概算で求められる。例えば、結晶の密度 1.88 g/cm^3 のCs原子の直径は $4.9 \times 10^{\boxed{5}}$ m と推定できる。

陽子1個の質量は $1.673 \times 10^{\boxed{6}}$ g であり、これは中性子1個の質量とほぼ等しい。一方、電子1個の質量は極めて小さく、陽子の約 $5.43 \times 10^{\boxed{7}}$ 倍である。

$\boxed{5}$ ～ $\boxed{7}$ に当てはまる数値として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。ただし、同じ解答番号には同じ数値が入るものとする。

- ① -24 ② -20 ③ -17 ④ -15
- ⑤ -13 ⑥ -10 ⑦ -8 ⑧ -4

問3 次の①～⑥に示す反応のうち、生成物が配位結合によって生じないものを2つ選び、一緒にマークせよ。 8

- ① アンモニアの蒸気に塩化水素ガスを触れさせると白煙を生じる。
- ② 酸化アルミニウムを水酸化ナトリウム水溶液に加えると酸化アルミニウムが溶解する。
- ③ 塩化銀をアンモニア水に加えると塩化銀が溶解する。
- ④ 炭酸カルシウムを塩酸に加えると炭酸カルシウムが溶解して気体が発生する。
- ⑤ 白色の硫酸銅(Ⅱ)が吸水すると青色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物を生じる。
- ⑥ 硝酸鉛(Ⅱ)水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加えると黄色沈殿を生じる。

問4 二酸化炭素の密度が気圧 $4.04 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで 4.73 g/L となった。このときの温度(°C)として最も近い値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし、温度 0°C 、気圧 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における乾燥した空気の密度は 1.29 g/L である。また、乾燥した空気は窒素と酸素の物質質量比 $8 : 2$ の混合物であるとみなし、気体は理想気体としてふるまうものとする。 9 °C

- ① 30 ② 110 ③ 180 ④ 250 ⑤ 380 ⑥ 460

問5 次の物質a～eについて、水溶液が酸性を示すものには①を、塩基性を示すものには②を、中性を示すものには③をそれぞれマークせよ。

- a NaHCO_3 10
- b CH_3COONa 11
- c KNO_3 12
- d NH_4Cl 13
- e Na_2SO_4 14

問 6 次の a～d のうち、反応して気体を発生する組合せはどれか。下の①～⑩のうちから 1 つ選べ。

15

- a マグネシウムと冷水
- b 亜鉛と高温の水蒸気
- c アルミニウムと濃硝酸
- d 銀と希硝酸

- ① a, b
- ② a, c
- ③ a, d
- ④ b, c
- ⑤ b, d
- ⑥ c, d
- ⑦ a, b, c
- ⑧ a, b, d
- ⑨ a, c, d
- ⑩ b, c, d

2 次の問い(問1, 2)に答えよ。

問1 自動車などに用いられている鉛蓄電池は、 を正極活物質、 を負極活物質とし、電解液として希硫酸を用いたものである。放電すると、正極で が され、負極で が され、両極には水に難溶な が生成する。

放電により起電力の下がった鉛蓄電池をもとの状態に戻すため、外部電源につないで10.0 Aの電流を流して充電した。この充電により、正極の質量は16.0 g し、また、電解液の質量は800 g、電解液中の硫酸の質量パーセント濃度は33.0 % になった。次の(1)~(3)に答えよ。

(1) ~ に当てはまるものとして最も適切なものを、次の①~⑦のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ解答番号には同じものが入るものとする。

- ① Pb ② PbO₂ ③ PbSO₄ ④ 酸化
⑤ 還元 ⑥ 増加 ⑦ 減少

(2) 下線部アについて、充電に要した時間は何分か。最も近い値を、次の①~⑩のうちから1つ選べ。 分

- ① 20 ② 40 ③ 60 ④ 80 ⑤ 100
⑥ 120 ⑦ 140 ⑧ 160 ⑨ 180 ⑩ 200

(3) 充電する前の電解液中の硫酸の質量パーセント濃度を求めよ。ただし、充電中の水の蒸発、および水の電気分解は無視できるものとする。 には十の位の数字を、 には一の位の数字を、 には小数第1位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。小数第2位以下がある場合には四捨五入せよ。

. %

問2 0.10 mol/Lの酢酸水溶液1.0 Lに酢酸ナトリウムを8.2 g 加え、緩衝液をつくった。ここで、酢酸ナトリウムを加えても水溶液の体積変化は無視できるものとする。また、すべての操作は25 °Cで行うものとする。次の(1), (2)に答えよ。必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, 25 °Cにおける酢酸の電離定数 2.7×10^{-5} mol/Lを用いよ。

(1) この緩衝液を100 mLとり、水を加えて200 mLに希釈すると、pHはどうなるか。希釈する前の緩衝液のpHを a としたとき最も適切なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。

- ① $a - 1.0$ ② $a - 0.3$ ③ $a + 0.3$ ④ $a + 1.0$ ⑤ $a \div 2$
⑥ a ⑦ $a \times 2$ ⑧ $(a + 7.0) \div 2$ ⑨ $\sqrt{a \times 7.0}$

(2) 希釈する前の緩衝液を100 mLとり、水酸化ナトリウムを0.10 g 加えると、pHは a に比べてどれだけ上昇するか。ただし、水酸化ナトリウムを加えても緩衝液の体積変化は無視できるものとする。 には一の位の数字を、 には小数第1位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。小数第2位以下がある場合には四捨五入せよ。 .

3 次の文章を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

窒素 N およびリン P はいずれも 族の元素で、価電子の数は で、酸化数は最低で , 最高で をとることができる。またこれらの元素は、生体内の DNA やタンパク質などの主要な成分元素の1つである。窒素の単体である N_2 は、N 原子どうしが三重結合で結合した分子で、常温ではほとんど不活性で安定である。一方、リンの単体には2種類の 体が存在する。1つは組成式 P で表される である。 は毒性が少ない粉末で、マッチ箱の側薬として用いられる。もう1つは分子式 P_4 で表される である。 は毒性が非常に高いロウ状の固体で、空气中で自然発火する性質がある。窒素 N やリン P には、水素化合物、酸化物、オキソ酸がそれぞれ存在する。

問1 次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) に当てはまる数値として最も適切なものを、次の①~⑧のうちから1つ選べ。
① 1 ② 2 ③ 13 ④ 14 ⑤ 15 ⑥ 16 ⑦ 17 ⑧ 18
- (2) に当てはまる数値として最も適切なものを、次の①~⑧のうちから1つ選べ。
① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 0
- (3) および に当てはまる数値として最も適切なものを、次の①~⑩のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。
① -3 ② -2 ③ -1 ④ 0 ⑤ +1 ⑥ +2 ⑦ +3 ⑧ +4 ⑨ +5 ⑩ +6
- (4) ~ に当てはまる語として最も適切なものを、次の①~⑦のうちからそれぞれ1つずつ選べ。ただし、同じ解答番号には同じ語が入るものとする。
① 同位 ② 同素 ③ 異性 ④ 青リン ⑤ 赤リン ⑥ 黄リン(白リン) ⑦ 緑リン

問2 下線部アについて、窒素 N の水素化合物にはアンモニア NH_3 があり、リン P の水素化合物にはホスフィン PH_3 がある。次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) アンモニア NH_3 とホスフィン PH_3 は電子式で表すと同じような結合様式で表すことができ、分子の形も同じ形である。

この2つの分子の形として最も適切なものを、次の①~⑤のうちから1つ選べ。

- ① 平面形 ② 正四面体形 ③ 三角錐形 ④ 直線形 ⑤ 折れ線形
- (2) アンモニア NH_3 とホスフィン PH_3 の性質を比較したときの記述として適切なものを、次の①~⑦のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。ただし、電気陰性度は $H = 2.2$, $N = 3.0$, $P = 2.2$ とする。
- ① アンモニア NH_3 もホスフィン PH_3 も分子間で水素結合しやすい。
② アンモニア NH_3 は分子間で水素結合しやすいが、 PH_3 は分子間で水素結合しにくい。
③ アンモニア NH_3 は分子間で水素結合しにくい、 PH_3 は分子間で水素結合しやすい。
④ アンモニア NH_3 もホスフィン PH_3 も分子間で水素結合しにくい。
⑤ 沸点の大きさは、アンモニア NH_3 < ホスフィン PH_3 である。
⑥ 沸点の大きさは、アンモニア NH_3 > ホスフィン PH_3 である。
⑦ アンモニア NH_3 とホスフィン PH_3 の沸点は非常に近い。

- (3) 質量パーセント濃度が % であるアンモニア水(密度 0.90 g/cm^3) 1.0 mL を 50 mL のメスフラスコにとって標線まで水を加えアンモニア水の希釈溶液をつくった。この希釈溶液 10 mL をビーカーにとって 0.10 mol/L 硫酸で中和滴定すると、中和に要する硫酸の滴下量は 12.70 mL になった。なお、この中和滴定では、指示薬として を用いた場合、中和点は確認できない。

に当てはまる数値として最も近いものを、次の①~⑥のうちから1つ選べ。

- ① 12 ② 16 ③ 20 ④ 24 ⑤ 28 ⑥ 30

に当てはまる語として最も適切なものを、次の①~④のうちから1つ選べ。

- ① メチルオレンジ ② フェノールフタレイン ③ メチルレッド ④ プロモチモールブルー

問 3 下線部イについて、窒素 N の酸化物には一酸化窒素 NO、二酸化窒素 NO₂ があり、リン P の酸化物には十酸化四リン P₄O₁₀ がある。

常温、常圧のとき、次の記述 a ~ e のそれぞれについて、NO、NO₂、P₄O₁₀ のどれが当てはまるか。最も適切なものを、下の①~⑧のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。同じ番号を繰り返し選んでもよい。

- | | |
|---------------------|----|
| a 気体である。 | 40 |
| b 液体である。 | 41 |
| c 固体である。 | 42 |
| d 無色または白色である。 | 43 |
| e 水と反応してオキソ酸になりやすい。 | 44 |

- ① NO のみ
 ② NO₂ のみ
 ③ P₄O₁₀ のみ
 ④ NO と NO₂ の 2 つ
 ⑤ NO と P₄O₁₀ の 2 つ
 ⑥ NO₂ と P₄O₁₀ の 2 つ
 ⑦ NO、NO₂、P₄O₁₀ のすべて
 ⑧ NO、NO₂、P₄O₁₀ のどれでもない

問 4 下線部ウについて、窒素 N のオキソ酸には硝酸 HNO₃ があり、リン P のオキソ酸にはリン酸 H₃PO₄ がある。次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 次の記述 a ~ e について、硝酸 HNO₃ の性質として正しいものに○、誤っているものに×をつけたときの組合せとして最も適切なものを、下の①~⑧のうちから 1 つ選べ。 45

- a 工業的にはハーバー・ボッシュ法により合成される。
 b 希硝酸と銅 Cu とを反応させると一酸化窒素 NO と水素 H₂ を生じる。
 c 鉄 Fe やコバルト Co が濃硝酸に溶解しないのは、金属表面に酸化被膜を生じるからである。
 d 硝酸に光を当てると分解して一酸化窒素 NO を生じ、徐々に黄色味を帯びてくる。
 e タンパク質を含む水溶液に濃硝酸を加えて熱すると黄色を呈する反応をビウレット反応という。

	a	b	c	d	e
①	○	○	○	○	○
②	○	○	○	○	×
③	○	○	×	○	×
④	○	×	×	○	○
⑤	×	○	○	○	○
⑥	×	○	○	×	○
⑦	×	×	○	○	×
⑧	×	×	○	×	×
⑨	×	×	×	×	○
⑩	×	×	×	×	×

(2) リン酸 H₃PO₄ を 200~300 °C に加熱すると、リン酸 2 分子が縮合した酸無水物である二リン酸 H₄P₂O₇ を生じる。リン酸 H₃PO₄ が電離して生じるリン酸イオン PO₄³⁻ の構造は、リン原子 P を中心とし、酸素原子 O が頂点に位置した正四面体形である。このことから、二リン酸 H₄P₂O₇ が電離して生じる二リン酸イオン P₂O₇⁴⁻ はどのような構造であると考えられるか。この構造と最も類似した構造をもつ物質を、次の①~⑧のうちから 1 つ選べ。 46

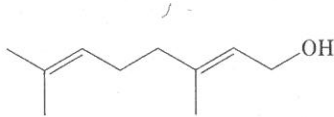
- | | | | |
|--------|------------|------------|------------|
| ① エタン | ② プロパン | ③ ジメチルエーテル | ④ ジエチルエーテル |
| ⑤ アセトン | ⑥ 2-プロパノール | ⑦ 無水酢酸 | ⑧ 無水フタル酸 |

4 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

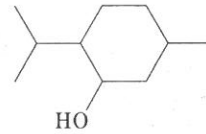
ゴムノキの樹液を加工して得られる天然ゴムの主成分はポリイソプレンであり、イソプレン C_5H_8 (図1 A) が付加重合した構造をもつ。イソプレンの繰り返し構造(イソプレン単位)を骨格とする天然化合物はイソプレノイドと総称され、動物・植物それぞれに由来する数多くの化合物が知られる。例えば、イソプレン単位2個で形成される物質として、ゲラニオール $C_{10}H_{18}O$ (バラ油などの成分) (図1 B)、メントール $C_{10}H_{20}O$ (ハッカ油の成分) (図1 C) など、イソプレン単位3個で形成される物質には、ネロリドール $C_{15}H_{26}O$ (とうかゆ(橙花油)などの成分) (図1 D) などが挙げられる。これらの化合物は、揮発性で特有のにおいをもつ。植物の独特の香気は、イソプレノイドを含めた多様な化合物の植物種ごとに異なる組成を反映したものである。また、栄養学上、ビタミンに分類される物質の中には、植物が産生するイソプレノイドを構造に含む化合物がある。さらに、コレステロール $C_{27}H_{46}O$ (図1 E) は、生命活動に重要な脂質の1種で、イソプレン単位6個で形成されるスクアレン $C_{30}H_{50}$ (図1 F) を経て合成される。コレステロールは動物自身で合成することができる。



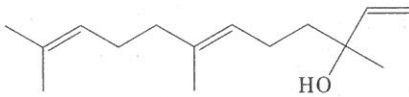
A イソプレン(右側は炭素原子, 水素原子を省略して表記した構造式)



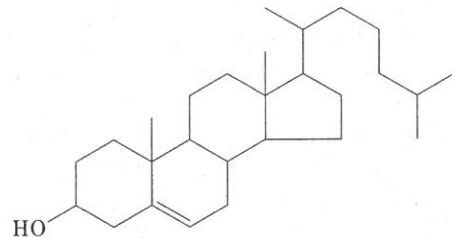
B ゲラニオール



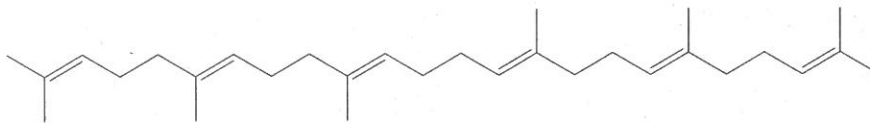
C メントール



D ネロリドール



E コレステロール



F スクアレン

図1 イソプレンおよびイソプレノイドの構造式(B～Fでは、イソプレンの右側の図と同様に炭素原子, 水素原子を省略して表記してある)

問1 イソプレノイドには、二重結合が回転できないことや不斉炭素原子の存在によって生じる異性体が見出される。ゲラニオール、メントール、ネロリドールにはこのような異性体がいくつあるか。それぞれ、1桁の数字をマークせよ。ただし、異性体の数にはゲラニオール、メントール、ネロリドールも含めて数えるものとする。

ゲラニオール メントール ネロリドール

問 2 下線部アについて、ビタミン A の前駆体である β -カロテン(図 2)に含まれるイソプレレン単位の数はいくつか。1 桁の数字をマークせよ。 50

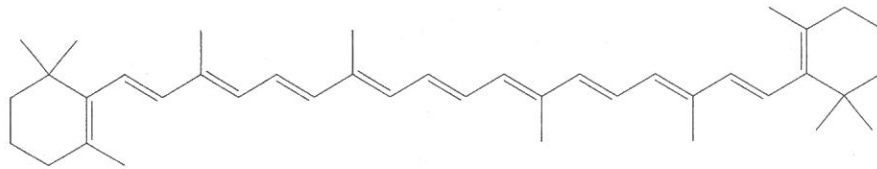


図 2 β -カロテンの構造式(炭素原子、水素原子を省略して表記してある)

問 3 コレステロールの性質として正しいものはどれか。次の①~④のうちから 2 つ選び、一緒にマークせよ。 51

- ① 揮発性が高い。
- ② 水に不溶である。
- ③ 脂肪酸とエステルをつくる。
- ④ 塩化鉄(III)水溶液によって呈色する。

問 4 スクアレンの二重結合のすべてに水素を付加すると飽和炭化水素であるスクアランが得られる。スクアレンとスクアランの混合物 1.26 g 中に含まれるスクアレンをスクアランにするためには標準状態で 67.2 mL の水素が必要であった。次の(1)、(2)に答えよ。

(1) この混合物中に含まれるスクアレンとスクアランの物質質量[mol]の比として最も適切なものを、次の①~⑨のうちから 1 つ選べ。 52

- ① 5 : 1 ② 4 : 1 ③ 3 : 1 ④ 2 : 1 ⑤ 1 : 1
- ⑥ 1 : 2 ⑦ 1 : 3 ⑧ 1 : 4 ⑨ 1 : 5

(2) この混合物 273 mg を完全燃焼させたときに生じる二酸化炭素の質量[mg]を有効数字 3 桁で求めよ。 53 には一の位の数字を、 54 には小数第 1 位の数字を、 55 には小数第 2 位の数字を、 56 には 1 桁のべき乗の数字をそれぞれマークせよ。小数第 3 位以下がある場合には四捨五入せよ。

53 . 54 55 $\times 10^{\text{56}}$ mg