

2024年度

理 科

医療・保健系統(医学部医学科受験者用)

46 物理(1～6ページ)

47 化学(7～22ページ) 問 題 冊 子

48 生物(23～37ページ)

注 意 事 項

- (1) 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
- (2) 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
- (3) 解答は別に配付する解答用紙の該当欄に正しく記入すること。ただし、解答に関係のない語句・記号・落書き等は解答用紙に書かないこと。
- (4) 解答用紙上部に印刷してある受験系統コード、受験番号、氏名(カタカナ)を確認し、氏名欄に氏名(漢字)を記入すること。もし、印刷に間違いがあった場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。

[解答用紙記入例(選択式の場合)]

例 1. [語群]が二桁で〔11〕大阪〔12〕佐賀〔13〕長崎〔14〕東京 とある場合

問 X	A		B		C	
	16	17	18	19	20	21
	/	2	/	4	/	/

Aの解答が佐賀の場合 → (17)

Bの解答が東京の場合 → (19)

Cの解答が大阪の場合 → (21)

例 2. [語群]が一桁で(1) 大学 (2) 中学校 (3) 高校 (4) 小学校 とある場合

問 X	a	b	c
	51	52	53
	/	4	2

aの解答が大学の場合 → (51)

bの解答が小学校の場合 → (52)

cの解答が中学校の場合 → (53)

47 化 学

- 1** 次の問 1 ～問 3 に答えよ。解答はそれぞれの解答群より適するものを 1 つずつ選び、番号で答えよ。

問 1 次の記述(a)～(e)のうち、正しいものの組み合わせはどれか。下の(1)～(9)から選び、番号で答えよ。

- (a) 熱した銅線は、塩素ガスに触れると、酸化されて塩化銅(Ⅱ)となる。
- (b) 鉄の赤さびは、鉄原子が還元されて生じた物質である。
- (c) 硫化水素は、強い酸化作用をもつ。
- (d) 過酸化水素は、過マンガン酸カリウムに対して、還元剤としてはたらく。
- (e) 硫酸鉄(Ⅱ)における硫黄原子の酸化数は、+ 2 である。

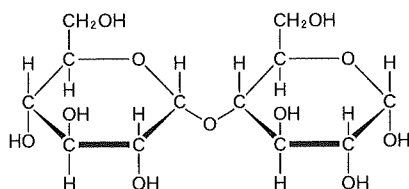
- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (1) a と b | (2) a と c | (3) a と d |
| (4) a と e | (5) b と c | (6) b と d |
| (7) b と e | (8) c と d | (9) c と e |

問 2 密閉容器中の水の状態に関する次の記述(a)～(d)のうち、正しいものの組み合わせはどれか。下の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。ただし、(a)～(d)の記述中に示した操作の前後は、気液平衡の状態にあるものとする。

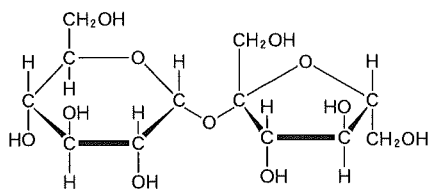
- (a) 温度を上げると、水分子の運動が激しくなるので蒸発する水分子の数は凝縮する水分子の数より多くなる。
- (b) 温度と容器の体積を一定に保ち、不活性ガスを注入し、全圧を高くすると、水蒸気圧は小さくなる。
- (c) 温度一定で容器の体積を小さくし静置すると、液体の水の量が増える。
- (d) 温度一定で容器の体積を小さくし静置しても、水蒸気圧の変化はない。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (1) a と b | (2) a と c | (3) a と d |
| (4) b と c | (5) b と d | (6) c と d |

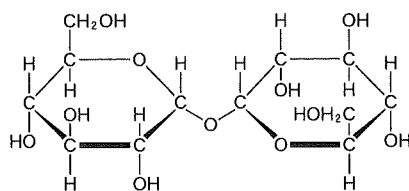
問 3 セロビオースは、 β -グルコースの1位の-OH基と α または β -グルコースの4位の-OH基が脱水縮合した構造をもつ。セロビオースの構造はどれか。次の(1)～(4)から選び、番号で答えよ。



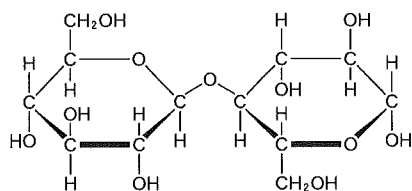
(1)



(2)



(3)



(4)

- 2 次の文を読み、下の問1～問3に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, $K = 39.0$, $Ca = 40.0$ とする。

水素 H を除く、リチウム Li からフランシウム Fr までの1族の元素をアルカリ金属という。アルカリ金属の単体は、周期表の他の金属元素の単体に比べて融点が **ア**。 Li からセシウム Cs までのアルカリ金属どうしを比べた場合、原子番号が **イ** なるにしたがって融点が高くなる。これは、 **ウ** が大きくなると、金属の単位体積あたりの自由電子の数が相対的に少なくなり、 **エ** が弱くなるからである。アルカリ金属は、電子を1個放出して1価の陽イオンとなり、 **オ** 元素と同じ電子配置になる傾向がある。そのため、アルカリ金属の単体は強い **カ** をもち、常温で乾燥した空气中でさえすぐに酸化されることから天然には存在しない。一般に、アルカリ金属イオンの塩化物^(a)や硝酸塩は、水に溶けやすい。

ベリリウム Be とマグネシウム Mg を除く2族の元素のうち、カルシウム Ca からラジウム Ra までの金属をアルカリ土類金属という。アルカリ土類金属の化合物は、天然には難溶性の塩や酸化物^(b)として存在し、工業的には肥料や無機材料として広く利用されている。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **カ** に最も適するものを、次の(11)～(31)から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|------------|---------------|-----------|
| (11) 高 い | (12) 低 い | (13) 大きく |
| (14) 小さく | (15) 電気陰性度 | (16) 分子間力 |
| (17) 電子親和力 | (18) 原子半径 | (19) 電 荷 |
| (20) 極 性 | (21) 共有結合 | (22) 金属結合 |
| (23) 配位結合 | (24) イオン結合 | (25) 水素結合 |
| (26) ハロゲン | (27) 貴ガス(希ガス) | (28) 金 属 |
| (29) 遷 移 | (30) 酸化力 | (31) 還元力 |

問 2 下線部(a)について、次の図1は、塩化ナトリウム NaCl 、塩化カリウム KCl 、硝酸ナトリウム NaNO_3 および硝酸カリウム KNO_3 の溶解度曲線をそれぞれ示している。下の問(i)および(ii)に答えよ。ただし、溶解度は異なる複数の塩が共存しても変わらないものとする。

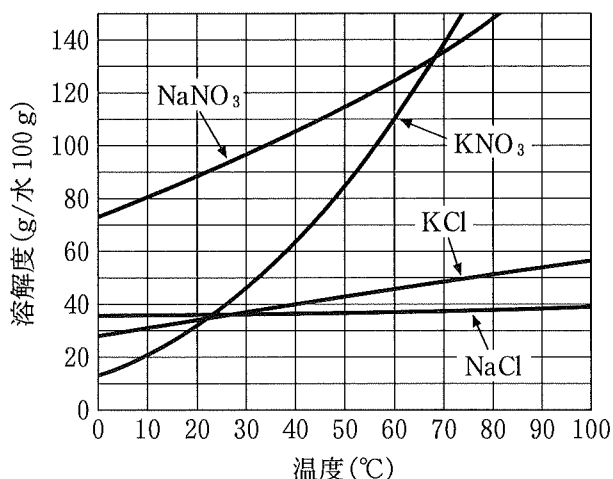


図 1

(i) 0.8 mol の NaCl 、 KCl 、 NaNO_3 、 KNO_3 のうち、60 °C の水 100 g に完全に溶解するものの組み合わせはどれか。正しいものを次の(32)～(41)から選び、番号で答えよ。

- | | |
|--|--|
| (32) NaCl と KCl | (33) NaCl と NaNO_3 |
| (34) NaCl と KNO_3 | (35) KCl と NaNO_3 |
| (36) KCl と KNO_3 | (37) NaNO_3 と KNO_3 |
| (38) NaCl と KCl と NaNO_3 | (39) NaCl と KCl と KNO_3 |
| (40) KCl と NaNO_3 と KNO_3 | (41) すべて |

(ii) 100 g の水に 0.25 mol の KCl と 0.35 mol の NaNO_3 を混合し、完全に溶解するまで加熱した後、溶液をゆっくりと冷却した。最初に析出する物質の化学式を記せ。ただし、水は蒸発しないものとする。

問 3 下線部(b)について、シュウ酸カルシウム一水和物 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ に関する次の実験の文を読み、下の問に答えよ。

実験 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 10.57 mg を正確にはかり取り、酸素がない条件で一定の速さで室温から 900 °C まで加熱すると、下の図 2 のような質量変化が観察された。

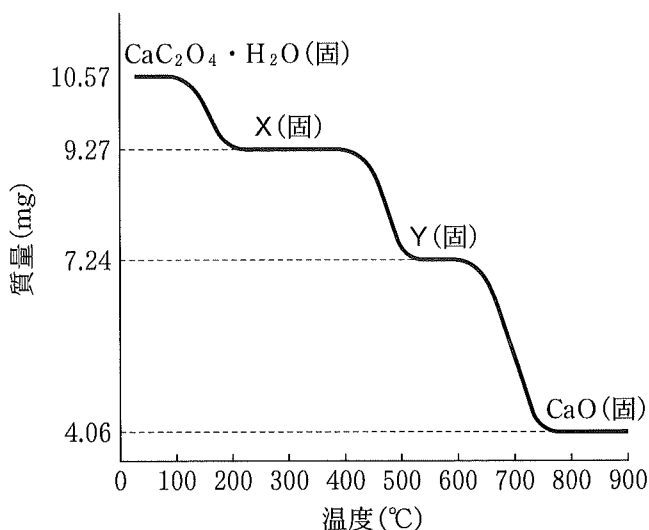
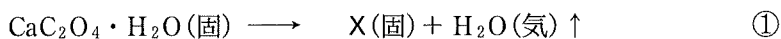


図 2

100 °C から 210 °C 付近では、下の①式の化学反応が進行し、 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ が脱水され白色固体 X が得られた。400 °C から 530 °C 付近では、②式が進行し、白色固体 X が白色固体 Y と気体 A に分解された。610 °C から 770 °C 付近では、③式が進行し、白色固体 Y が酸化カルシウム CaO と気体 B に分解された。



問 気体 A と B および白色固体 X と Y の化学式をそれぞれ記せ。なお、気体 A と B は、Ca を含まないそれぞれ異なる化合物であり、白色固体 X と Y は、Ca を含む化合物である。また、図 2 中の破線は、それぞれの反応が完了したときの固体の質量 (mg) を示している。

- 3 次の文を読み、下の問1～問5に答えよ。ただし、水のイオン積 K_w を $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ とする。

酢酸 CH_3COOH 水溶液のモル濃度 $c \text{ mol/L}$ を調べるために、次の操作により、 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を用いて中和滴定を行った。

操作

- 1 CH_3COOH 水溶液 10 mL を正確にコニカルビーカーにとり、 pH 指示薬を数滴加えた。
- 2 0.10 mol/L の NaOH 水溶液をビュレットに入れ、 CH_3COOH 水溶液に少しずつ滴下し、振り混ぜて pH メーターで溶液の pH を測定した。振り混ぜても溶液の色が消えなくなったとき、加えた NaOH 水溶液の体積は $V \text{ mL}$ であった。その後さらに NaOH 水溶液を加えた。

加えた NaOH 水溶液の体積と pH の関係から、次の図の滴定曲線が得られた。

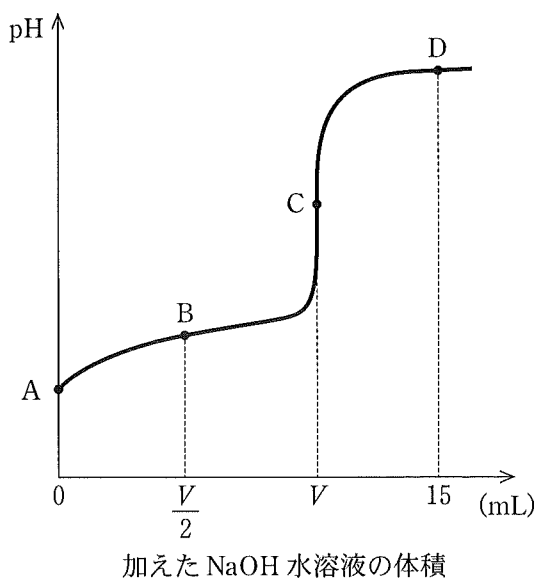


図 滴定曲線

問 1 図の点 A に関する次の文を読み、文中の空欄 あ ～ え に最も適するものを下の(11)～(28)から選び、番号で答えよ。

水溶液中において、塩酸などの強酸は、ほぼ完全に電離しているが、弱酸である CH_3COOH は一部しか電離しておらず、次の電離平衡の状態にある。



この平衡状態での CH_3COOH の電離定数 K_a は各成分のモル濃度を用いて、 $K_a =$ あ と表される。 CH_3COOH のモル濃度を $c \text{ mol/L}$ 、電離度を α とすると、 K_a は c と α を用いて $K_a =$ い と表される。 CH_3COOH は弱酸であるため、 α は 1 に比べて非常に小さく、 $K_a =$ う と近似することができる。したがって、 CH_3COOH 水溶液の pH は K_a と c を用いて $\text{pH} =$ え と表される。

$$(11) \quad \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}$$

$$(12) \quad \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$(13) \quad \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$(14) \quad \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}^+]}$$

$$(15) \quad \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

$$(16) \quad \frac{1-\alpha}{c\alpha^2}$$

$$(17) \quad \frac{1}{c(1-\alpha)}$$

$$(18) \quad \frac{1}{c\alpha^2}$$

$$(19) \quad \frac{1}{c}$$

$$(20) \quad c(1-\alpha)$$

$$(21) \quad c\alpha^2$$

$$(22) \quad c$$

$$(23) \quad \sqrt{\frac{K_a}{c}}$$

$$(24) \quad \sqrt{cK_a}$$

$$(25) \quad \sqrt{\frac{c}{K_a}}$$

$$(26) \quad -\frac{1}{2}(\log_{10} c - \log_{10} K_a)$$

$$(27) \quad -\frac{1}{2}(\log_{10} c + \log_{10} K_a)$$

$$(28) \quad -\frac{1}{2}(\log_{10} K_a - \log_{10} c)$$

問 2 図の点 B に関する次の文を読み、下の問(i)および(ii)に答えよ。

点 B では NaOH との中和で生じる酢酸ナトリウム CH_3COONa と未反応の CH_3COOH の混合溶液になっており、NaOH 水溶液を滴下しても pH はほとんど変化しない。 CH_3COONa は水溶液中で次の②式のように電離する。



点 B の水溶液中でも①式の CH_3COOH の電離平衡が成り立っている。ここに CH_3COONa の電離で生じた多量の CH_3COO^- が加わると、①式の平衡は左に移動するため、 CH_3COOH の電離はほとんど無視できるようになる。このとき、水溶液中の電離していない CH_3COOH のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は、NaOH で中和されていない CH_3COOH のモル濃度と等しく、また、 CH_3COO^- のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は、NaOH との中和で生じる CH_3COONa のモル濃度と等しいと近似できる。したがって、 CH_3COOH の電離定数は $K_a = \boxed{\text{あ}}$ と表されるから、点 B での $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ と $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ がわかれば、 $[\text{H}^+]$ を求めることができる。

(i) 下線部(a)について、このような作用の理由を説明するイオン反応式として正しいものはどれか。次の(1)～(4)から選び、番号で答えよ。

- (1) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{OH}^-$
- (2) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NaOH}$
- (3) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- (4) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$

- (ii) 下線部(b)について、点Bでの $[H^+]$ は、前述の K_a 、 c 、 V を用いてどのように表されるか。正しいものを次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

$$(1) \quad \frac{K_a(100c - V)}{V}$$

$$(2) \quad \frac{K_a(200c - V)}{V}$$

$$(3) \quad \frac{K_a(200c - V)}{2V}$$

$$(4) \quad \frac{100c - V}{K_a V}$$

$$(5) \quad \frac{200c - V}{K_a V}$$

$$(6) \quad \frac{200c - V}{2K_a V}$$

問 3 図の点Cに関する次の文を読み、下の問(i)～(iv)に答えよ。

点Cでは、 CH_3COONa の水溶液になっており、電離によって生じた CH_3COO^- の一部が H_2O と反応する。^(c)そのため、点Cでの水溶液は塩基性を示す。 H_2O と反応する CH_3COO^- は少ないため、 $[CH_3COO^-]$ は CH_3COONa のモル濃度で近似できる。このときの $[H^+]$ は、 CH_3COOH の電離定数を K_a 、水のイオン積を K_w 、 CH_3COONa のモル濃度を $c_s \text{ mol/L}$ とすると

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{c_s}}$$

と表すことができる。温度一定のとき K_a および K_w は一定の値となるので、点Cにおける CH_3COONa のモル濃度がわかれば、中和点での溶液のpHを求めることができる。

- (i) CH_3COOH 水溶液の濃度 $c \text{ mol/L}$ は、図の V を用いてどのように表されるか。正しいものを次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

$$(1) \quad V \times 10^{-3}$$

$$(2) \quad V \times 10^{-2}$$

$$(3) \quad V \times 10^{-1}$$

$$(4) \quad V$$

$$(5) \quad V \times 10$$

$$(6) \quad V \times 10^2$$

(ii) 下線部(c)について、このような反応を何というか。

(iii) 点Cにおける水溶液のpHはいくらか。小数点以下第2位まで答えよ。ただし、 V を10 mL, CH_3COOH の電離定数 K_a を $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

(iv) 使用したpH指示薬として最も適するものはどれか。次の(1)~(4)から選び、番号で答えよ。

(1) メチルオレンジ

(2) メチルレッド

(3) フェノールフタレイン

(4) ブロモチモールブルー

問4 図の点Dにおける水溶液のpHはいくらか。小数点以下第2位まで答えよ。ただし、 V を10 mLとする。

問5 文中の操作で、 CH_3COOH 水溶液と同じモル濃度の塩酸10 mLに、 0.10 mol/L の NaOH 水溶液を加えて中和点に達したときの NaOH 水溶液の体積を V' mLとすると、 V と V' の関係を表すのはどれか。正しいものを次の(1)~(3)から選び、番号で答えよ。

(1) $V > V'$

(2) $V = V'$

(3) $V < V'$

- 4 合成高分子化合物について述べた次の文を読み、下の問 1 ～問 7 に答えよ。
ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$ とする。

合成高分子化合物とは、分子量が約 1 万以上の人工的に合成される物質であり、小さな構成単位の子である単量体が **ア** 結合で数百以上も繰り返してつながった構造をもつ。この繰り返しの数を **イ** 度とよぶ。また、合成高^(あ)分子化合物はさまざまな分子量をもつ分子の集合体であり、その分子量は **ウ** 分子量で表される。

実際の高分子合成反応の高分子鎖が成長する過程について考える。たとえばナイロン 66 を合成するような **エ** 重合では、ある一つの単量体が別の単量体と、小さな分子を脱離させながら結合して、その末端部分とさらに別の単量体が作用し、同じように結合することで分子の鎖が伸びる。このため、一つの単量体には結合するための官能基が少なくとも 2 個必要である。この重合には、分子^(い)内に同じ官能基を 2 個もつ 2 種類の単量体が交互に重合する様式(様式 I)と、分子内に異なる官能基を 2 個もつ 1 種類の単量体が重合する様式(様式 II)等がある。

またフェノール樹脂の合成では、フェノールと化合物 X を用いて、酸触媒あるいは塩基触媒存在下で反応が連続的に進行する。酸触媒を用いた重合の最初の段階では、次の式のようにフェノールのオルト位の水素の 1 つが X の炭素に置換され、生じた中間体 Y が別のフェノールのオルト位と脱水反応を起こして連結する。このような重合を **A** とよぶ。



問 1 文中の空欄 ア ～ エ に最も適する語句を次の(11)～(22)から選び、番号で答えよ。

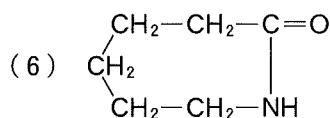
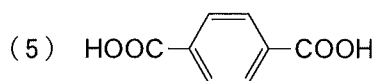
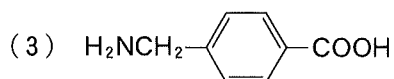
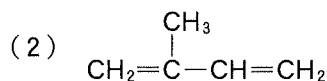
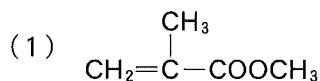
- | | | |
|----------|---------|---------|
| (11) イオン | (12) 水素 | (13) 共有 |
| (14) 会合 | (15) 重合 | (16) 凝集 |
| (17) 平均 | (18) 反復 | (19) 合計 |
| (20) 付加 | (21) 開環 | (22) 縮合 |

問 2 下線部(あ)に関して、合成高分子化合物について述べた次の記述(a)～(e)のうち、誤っているものの組み合わせはどれか。下の(1)～(9)から選び、番号で答えよ。

- (a) 熱可塑性樹脂の多くは、加熱しても明確な融点を示さない。
- (b) 熱可塑性樹脂の多くは、分子間を架橋した網目状の立体構造をもつ。
- (c) 合成繊維に用いられる分子には、成形・加工の方法の違いによって合成樹脂に用いられるものもある。
- (d) 熱硬化性樹脂の多くは、加熱しても軟らかくならないので、成形・加工は分子量が小さい段階で行う。
- (e) 熱硬化性樹脂は、分子鎖が規則的に配列した結晶構造になるため硬化する。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) aとb | (2) aとc | (3) aとd |
| (4) aとe | (5) bとd | (6) bとe |
| (7) cとd | (8) cとe | (9) dとe |

問 3 下線部(い)について，様式Ⅰと様式Ⅱで エ 重合させることが理論的に可能な単量体はどれか。次の(1)～(6)のうち，様式Ⅰでは2種類，様式Ⅱでは1種類をそれぞれ選び，番号で答えよ。



問 4 実験室でナイロン 66 を合成する重合反応では，ヘキサメチレンジアミンを水酸化ナトリウム水溶液に溶かした溶液を調製し，これにアジピン酸ジクロリド $\text{ClCO}(\text{CH}_2)_4\text{COCl}$ をヘキサンに溶かした溶液を静かに加えて，2つの溶液の界面に生じた膜をピンセットで静かに引き上げると，糸状のナイロン 66 が得られる。ヘキサメチレンジアミンを 1.16 g，アジピン酸ジクロリドを 1.83 g 用いたとき，理論的に得られるナイロン 66 の質量は何 g か。次の(1)～(6)のうち最も近い値を選び，番号で答えよ。

(1) 2.26 g

(2) 2.63 g

(3) 2.81 g

(4) 2.99 g

(5) 3.17 g

(6) 3.35 g

問 5 文中の空欄 A にあてはまる語句を記せ。

問 6 化合物 X の名称を記せ。

問 7 中間体 Y の構造式を解答例にならって記せ。