

# 令和4年度 入学試験問題

## 理科（後期）

試験時間	120分
問題冊子	物理 1～6頁
	化学 7～16頁
	生物 17～27頁

### 注意事項

1. 指示があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題冊子および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. スマートフォン等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題冊子および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題冊子の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題冊子および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題冊子は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

令和4年度(後期)

化学

解答用紙

採点欄	1	2	3	4

[ I ]	問1	(1) 極性分子 :		無極性分子 :		
		(2)				
		(3)				
問2	ア	イ	ウ	エ		
	オ	カ	キ			
問3						

[ II ]	問1					
	問2	ア	イ	ウ	エ	オ
		カ	キ	ク	ケ	コ
		サ	シ	ス	セ	ソ

[ III ]	問1	ア	イ	ウ	エ	オ	
		カ	キ	ク	ケ	問2	cm <sup>3</sup>
	問3	A		E		F	
		H			J		

[ IV ]	問1	ア	イ	ウ	エ	オ
		カ	キ	ク	ケ	
	問2					問5
	問3					
問4						

# 化 学

必要があれば、以下の数値を用いよ。

原子量	H : 1.00	C : 12.0	N : 14.0	O : 16.0	Br : 80.0
気体定数 $R$	$8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$				
ファラデー定数 $F$	$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$				
アボガドロ定数 $N_A$	$6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$				
水のイオン積 $K_w$	$1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$				
$0^\circ\text{C}$	273 K				
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$				

[ I ] 各問いに答えよ。

問1 分子の極性に関する以下の問いに答えよ。

(1) 以下の分子を極性分子と無極性分子に分類せよ。

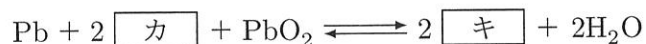


(2)  $\text{HCl}$  は極性分子であり、 $\text{Cl}_2$  は無極性分子である理由を書け。

(3)  $\text{CCl}_4$  は極性分子と無極性分子のどちらか、理由とともに書け。

問2 ア ~ キ に入る語句または化学式を書け。

電池を放電したのちに、外部から ア エネルギーを加えて起電力を回復する操作を イ といい、イ を行うことができる電池を二次電池という。代表的な二次電池である鉛蓄電池では、ウ 極活物質に  $\text{PbO}_2$ 、エ 極活物質に  $\text{Pb}$  が用いられる。電池全体の反応は次式で表され、イ の際には オ 向きに反応が進む。



問3 硝酸アルミニウムの水溶液，硝酸亜鉛の水溶液，硝酸鉛(II)の水溶液があったが，これら3種類の水溶液のどれがどれかわからなくなってしまった。それぞれがどの水溶液か判別する方法を簡潔に述べよ。

[ II ] 文章を読んで問いに答えよ。アンモニア  $\text{NH}_3$  の電離定数  $K_b$  を  $2.0 \times 10^{-5}$  mol/L, 酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  の電離定数  $K_a$  を  $2.0 \times 10^{-5}$  mol/L とする。また, [ ] はモル濃度 [mol/L] を表す。

ビーカーに 4.0 mol/L アンモニア水溶液を 3 滴, フェノールフタレイン溶液 1 滴を入れ, 蒸留水を加えて 30.0 mL としたら, 溶液は紅色を呈した。ここに酢酸アンモニウムを 0.23 g 加えたら溶液の紅色が薄くなった。溶液の色が薄くなったのは pH が変化したためである。

それでは pH がどのくらい変化するかを計算してみよう。はじめに調製したアンモニア水溶液の濃度は, 1 滴の容量を 0.050 mL とすると, [ア] mol/L である。アンモニアは水溶液中で (1) 式の電離平衡を生じる。



したがって, 溶液中でアンモニアは  $\text{NH}_3$  分子と  $\text{NH}_4^+$  イオンの状態で存在している。この溶液ではアンモニアの電離度は十分に小さいので, 溶液中のアンモニア分子濃度を  $[\text{NH}_3] \doteq$  [ア] mol/L と近似すると, 溶液の pH は [イ] と計算される。

一方, 酢酸アンモニウムを加えたときの溶液の pH は次のようにして計算される。なお, アンモニア水溶液に酢酸アンモニウムを溶解しても体積変化は起こらないものとする。

まず, この溶液において  $\text{NH}_3$  分子と  $\text{NH}_4^+$  イオンの合計濃度であるアンモニアの全濃度を  $C_B$  とおくと,

$$C_B = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] = \text{[ウ]} \text{ mol/L}$$

となっている。また, 溶液中で (2) 式の平衡が生じて, 酢酸が  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子と  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  イオンの状態で存在している。



ここで,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子と  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  イオンの合計濃度である酢酸の全濃度を  $C_A$  とおくと,

$$C_A = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \text{[エ]} \text{ mol/L}$$

である。

一方, 溶液は全体として電気的中性になっており, 次式で表される電荷均衡が成立している。

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + \text{[オ]} = [\text{OH}^-] + \text{[カ]} \quad (3)$$

いま, 酢酸の電離度 (全濃度  $C_A$  [mol/L] のうちの  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  の割合) を  $\alpha_A$ , アンモニアの電離度 (全濃度  $C_B$  [mol/L] のうちの  $[\text{NH}_4^+]$  の割合) を  $\alpha_B$  とおくと, (3) 式から

$$\frac{C_A}{C_B} = \text{[キ]} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-]}{\text{[ク]}} \quad (4)$$

の関係が導かれる。

ここで、溶液はフェノールフタレインによって薄紅色を呈する程度のアルカリ性であるから、 $\boxed{\text{ケ}} \ll [\text{OH}^-]$  が成立すると考えられる。また、溶液中での酢酸の電離度を考えてみると、例えば溶液が中性で  $\text{pH} = 7$  であったと仮定すると、

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \boxed{\text{コ}}$$

であるので、溶液が弱アルカリ性であっても十分に  $\alpha_A \doteq \boxed{\text{サ}}$  と近似できると考えられる。さらには、この溶液では  $[\text{OH}^-] \ll \boxed{\text{シ}}$  が成り立つ。よって、(4)式から次の関係が近似的に導かれる。

$$\frac{C_A}{C_B} \doteq \boxed{\text{ス}}$$

$\boxed{\text{ス}}$  は  $[\text{OH}^-]$  およびアンモニアの  $K_b$  を用いて次式で表される。

$$\boxed{\text{ス}} = \boxed{\text{セ}}$$

したがって、アンモニア水溶液に酢酸アンモニウムを溶解することにより、溶液の  $\text{pH}$  は  $\boxed{\text{イ}}$  から  $\boxed{\text{ソ}}$  になると算出される。

問1 下線部で  $\text{pH}$  が変化するのなぜかを説明せよ。

問2  $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ソ}}$  に入る式、文字または数値を書け。



[III] 文章を読んで問いに答えよ。

アルカンは一般に反応性が低く、臭素化するためには光照射しながら臭素  $\text{Br}_2$  を反応させる必要がある。環状化合物でも五員環のシクロペンタンや六員環のシクロヘキサンと臭素との反応性は低い。しかし、炭素原子 3 つから形成される三員環の ア は光がなくても臭素と反応し、ジブロモ体 (2 つの Br が導入された化合物) が得られる。この反応が進行するのは、三員環の炭素原子の結合角 ( $\text{C}-\text{C}-\text{C}$ ) は約 イ 度とひずみがあり、エネルギー的に不安定であるためである。同様に ウ 員環のシクロブタンも炭素原子間の結合角は約 エ 度であるため、光なしで臭素との反応によりジブロモ体を得られる。さらに過剰量の塩基で処理すると 2 つの Br が 2 分子の  $\text{HBr}$  として脱離し、1,3-ブタジエンが生成する。

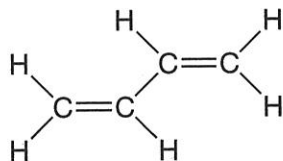
シクロブタンの水素原子 1 つをメチル基に置換したメチルシクロブタンと臭素との反応では、2 種類のジブロモ体 A と B が得られる。それぞれから 2 分子の  $\text{HBr}$  を脱離させると、A からは片方の二重結合がシス型のジエン C, トランス型のジエン D, およびシス-トランス異性体をもたないジエン E の 3 種類のジエンが生成する。一方、B からは 1 種類のジエン F が生成する。F は オ と呼ばれ、これを重合して得られるポリマーは天然ゴム (生ゴム) の主成分である。天然ゴムは カ 型二重結合を含み弾性に富む。しかし キ 型二重結合を多く含む合成ゴムは弾性に乏しい。弾性を高めるためには ク 原子を導入して架橋構造に誘導する。この操作を ケ という。

ジブロモ体 B の 2 つの Br をそれぞれヒドロキシ基に置換すると、2 つのヒドロキシ基と 1 つの不斉炭素原子をもつ G が得られる。G の片方のヒドロキシ基の脱水反応により不斉炭素原子のないアルケン H が、他方のヒドロキシ基の脱水反応により不斉炭素原子 1 つをもつアルケン I が得られる。アルケン H のヒドロキシ基をニリン酸化すると、生体内でコレステロールやカロテノイドなどの合成原料となる炭素数 5 の J が得られる。

問 1 ア ~ ケ に入る語句または数値を書け。

問 2 シクロブタン 11.2 g をすべてジブロモ体に変換するのに必要な臭素の量を体積 [ $\text{cm}^3$ ] で答えよ。小数第 2 位を四捨五入すること。ただし、臭素の密度は  $3.10 \text{ g/cm}^3$  とする。

問 3 化合物 A, E, F, H, J の構造式を書け。下図 (1,3-ブタジエン) の構造の書き方にならって書くこと。



1. 首先，我们考虑函数  $f(x) = x^2 + 2x + 1$  的图像。该函数是一个开口向上的二次函数，其顶点位于  $(-1, 0)$ 。我们可以观察到，该函数的图像与 x 轴相切于点  $(-1, 0)$ ，并且与 y 轴相交于点  $(0, 1)$ 。此外，该函数的图像还经过点  $(-2, 1)$  和  $(-3, 4)$ 。因此，我们可以得出结论，该函数的图像是一个开口向上的抛物线，其顶点位于  $(-1, 0)$ 。



2. 其次，我们考虑函数  $f(x) = x^2 + 2x + 1$  的导数。该函数的导数为  $f'(x) = 2x + 2$ 。我们可以观察到，该导函数的图像是一个开口向上的直线，其斜率为 2，且与 y 轴相交于点  $(0, 2)$ 。此外，该导函数的图像还经过点  $(-1, 0)$  和  $(-2, 2)$ 。因此，我们可以得出结论，该导函数的图像是一个开口向上的直线，其斜率为 2。



[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

頭痛や発熱などの症状を緩和するために用いる医薬品を [ア] 療法薬という。一方、病原菌を死滅させるなど、病気の原因を取り除く医薬品を [イ] 療法薬という。[イ] 療法薬の例としては、スルファニルアミド骨格をもつ [ウ] や、ペニシリンのような [エ] がある。[ウ] は、細菌の生命活動に必要な葉酸の合成にかかわる酵素(ヒトにはない酵素)を阻害する。またペニシリンは、細菌の細胞壁の合成にかかわる酵素(ヒトにはない酵素)を阻害する。このように、病原菌に対しては毒性を示し、ヒトには毒性を示さない性質を [オ] 毒性という。

ヒトに感染するウイルスは、ヒトの細胞を利用して自己を複製させる。複製の大部分をヒトのもつ増殖機構に依存しているため、ウイルスに対する [イ] 療法薬をつくることは非常に難しいとされていた。アシクロビル(図1)は、ヘルペスウイルスや水痘-帯状疱疹ウイルスに対する画期的な治療薬として1970年代に開発された。アシクロビルには核酸塩基である [カ] が含まれているが、糖の部分がデオキシリボースより  $C_{\text{キ}}H_{\text{ク}}O_{\text{ケ}}$  だけ小さくなっている。アシクロビルは、ヒドロキシ基がウイルス由来の酵素によりリン酸化されたのち、(1)ウイルスのDNAに取り込まれることにより、ウイルスの増殖を阻害する。このヒドロキシ基のリン酸化はヒト細胞内の酵素では起こらない。

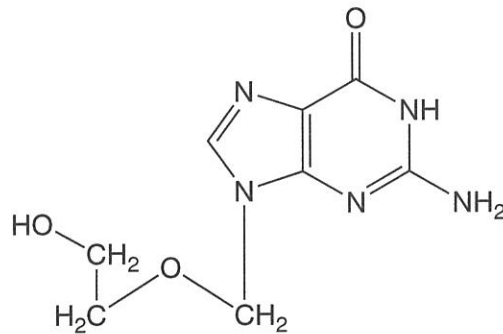


図1 アシクロビル

アジドチミジン(図2)はヒト免疫不全ウイルスに対する世界で最初の治療薬である。アジドチミジンもアシクロビルと同様に、ヒドロキシ基がリン酸化されたのち、ウイルスの逆転写酵素(ヒトにはない酵素)により、(2)ウイルスのDNAに取り込まれることにより、ウイルスの増殖を阻害する。

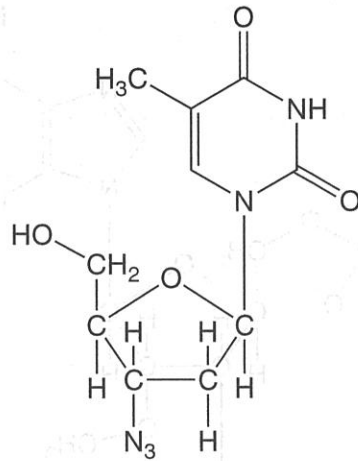
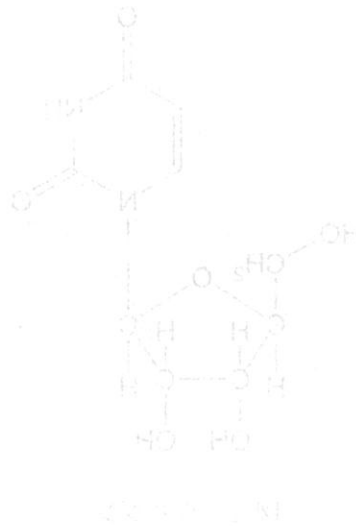


図2 アジドチミジン

タンパク質合成にはたらく RNA には<sup>(3)</sup>3種類の代表的なものがあるが、タンパク質を合成する際に DNA の塩基配列を写し取り核の外に出ていくものを伝令 RNA (mRNA) という。mRNA は、ウイルスのタンパク質の一部をヒト細胞内で合成することにより、ウイルスに対する免疫を獲得するためのワクチンとして最近使われるようになった。ただし、mRNA をワクチンとして利用するにはいくつかの工夫が必要であった。まず、mRNA の安定化や翻訳促進には<sup>(4)</sup>キャップ構造 (図3) が必要であるが、これを人工的に効率よく mRNA に付加することができるようになった。また、一度に大量の RNA が細胞内に入ると、その RNA は自然免疫により分解されてしまう。そこで、mRNA のウリジン (図4) を<sup>(5)</sup>N<sup>1</sup>-メチルシュードウリジンにかえることによって、自然免疫を回避し、大量のタンパク質を作ることが可能となった。



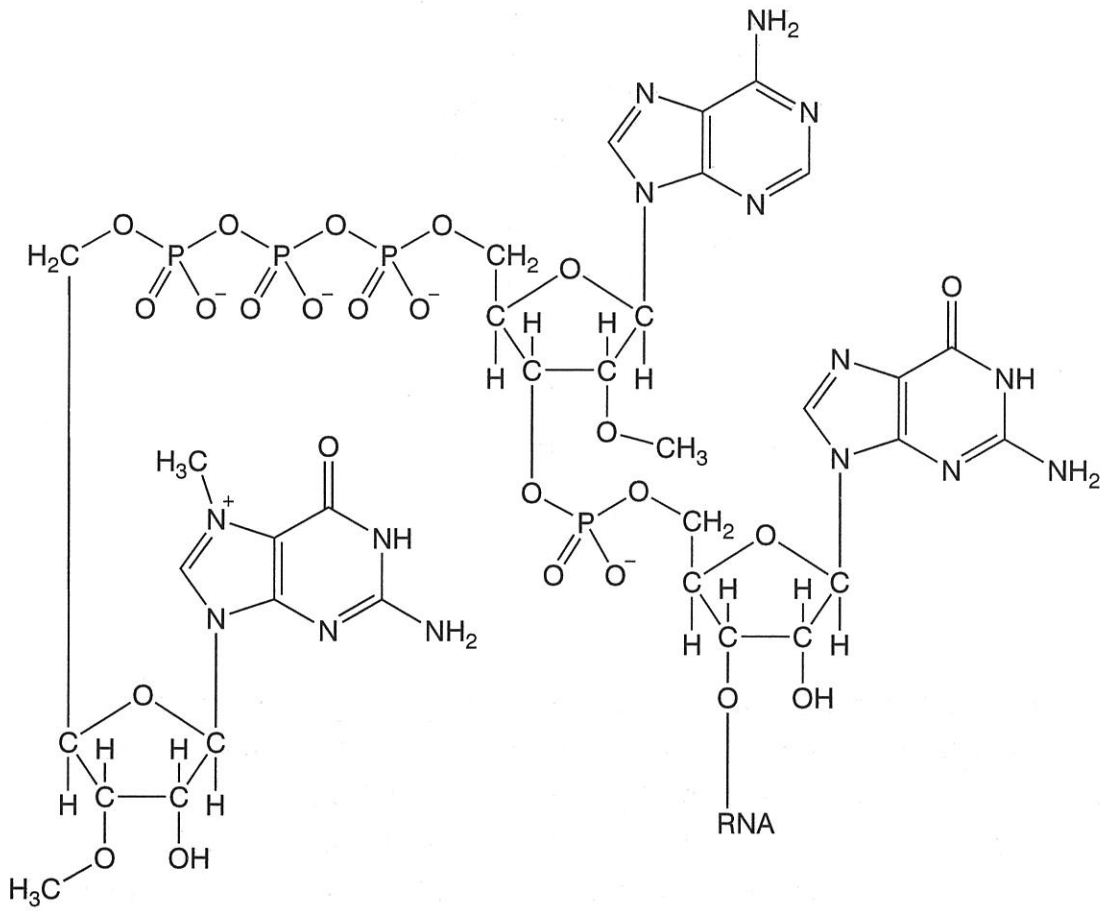


図3 キャップ構造

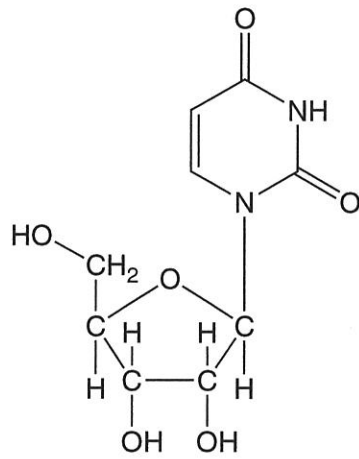


図4 ウリジン

問1  ア  ~  ケ  に入る数字, 語句, 名称を書け。

問2 下線部(1), (2)で, アシクロビルやアジドチミジンがウイルスの DNA に取り込まれると  
なぜウイルスの増殖が阻害されるのか説明せよ。

問3 下線部(3)の代表的な RNA のうち, mRNA 以外の 2 つの名称を書け。

問4 下線部(4)のキャップ構造 (図 3) において, 通常の RNA と異なる構造上の特徴をできる  
だけあげよ。

問5 ウリジン (図 4) はウラシルの 1 位の窒素原子 (N1) がリボースに結合している。シュード  
ウリジンはウラシルの 5 位の炭素原子 (図 4 で N1 を 1 番目として反時計回りに環の原子を数  
えて 5 番目の原子) がリボースと結合したものである。さらに  $N^1$ -メチルシュードウリジン  
は N1 がメチル化されている。下線部(5)の  $N^1$ -メチルシュードウリジンの構造式を書け。