

生物学

問題 1

(1)

A	表皮（表皮組織）	B	さく状組織
C	海綿状組織	D	維管束（通道組織）
表側	E 側		

(2)

C₃ 植物は葉肉細胞のカルビン・ベンソン回路のみで CO₂ の還元をおこなう。最初に CO₂ からホスホグリセリン酸（PGA、C₃ 化合物）が合成される。C₃ 植物の場合、気温が高く、乾燥した条件では気孔が閉じてしまい、葉肉細胞中の CO₂ 濃度が低下するため、光合成活性が低下する。

(3)

C₄ 植物では、葉肉細胞内の C₄ 回路により外気の CO₂ からリンゴ酸などの C₄ 化合物が合成される。その C₄ 化合物は維管束鞘細胞へ運ばれ、再度、CO₂ に変換され、その CO₂ は維管束鞘細胞内でカルビン・ベンソン回路の基質として利用される。このため、C₄ 植物は、高温、乾燥条件においても維管束鞘細胞内で CO₂ 濃度を高く保ち、光合成の効率が低下することを防いでいる。

(4)

CAM 植物は、昼間に気孔を閉じ、夜間に気孔を開き、外気から CO₂ を取り込む。葉肉細胞内で、取り込まれた CO₂ はリンゴ酸（C₄ 化合物）に変換され、液胞に蓄えられる。昼間、液胞に蓄えられていたリンゴ酸は CO₂ に変換され、その CO₂ はカルビン・ベンソン回路の基質として利用される。このような代謝経路はベンケイソウ型有機酸代謝経路（CAM）とよばれ、CAM 植物はこの代謝経路により、昼間は気孔からの蒸散を防ぎながら、強い乾燥状態でも光合成をおこなうことができる。

生物学

問題 2

(1)

ア	体細胞	イ	減数
ウ	極体	エ	受精
オ	3	カ	植物極
キ	8	ク	魚

(2)

雄	で	は	、	一	次	精	母	細	胞
か	ら	減	数	分	裂	に	よ	り	、
精	細	胞	が	4	個	生	じ	、	変
態	に	よ	り	精	子	が	形	成	さ
れ	る	。							

(3)

卵	割	は	卵	黄	の	少	な	い	動
物	極	側	か	ら	始	ま	り	、	動
物	極	と	植	物	極	を	通	る	面
で	、	灰	色	三	日	月	環	を	二
分	す	る	よ	う	に	起	こ	る	。

(4)

E	S	細	胞	は	、	初	期	胚	か
ら	未	分	化	な	細	胞	を	取	り
出	し	、	培	養	と	選	別	を	繰
り	返	す	こ	と	で	作	製	さ	れ
る	。	i	P	S	細	胞	は	、	体
細	胞	に	い	く	つ	か	の	遺	伝
子	を	人	為	的	に	導	入	す	る
こ	と	で	、	初	期	化	し	て	作
製	さ	れ	る	。					

化学

問題 1

(1)

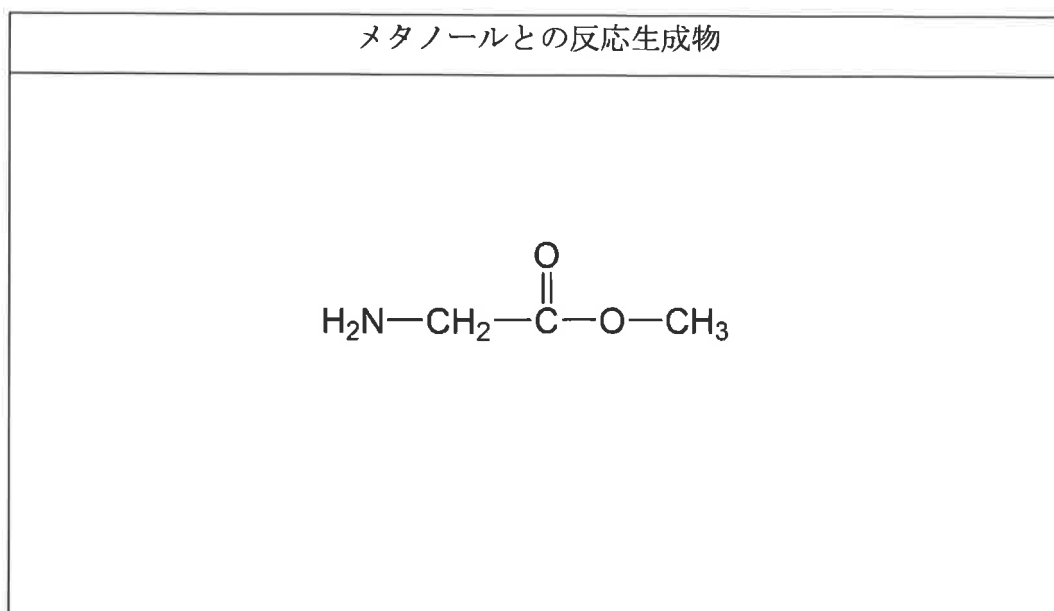
L-アラニンの立体的な配置	L-システインの立体的な配置
<i>S</i>	<i>R</i>

(2)

α -アミノ酸の名称	グリシン
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OH}$	

(3)

無水酢酸との反応生成物
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OH}$



(4)

(a)

A	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
B	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{C}-\text{O}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
C	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{O}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

(b)

$$K_1 = \frac{[B][H^+]}{[A]}$$

$$K_2 = \frac{[C][H^+]}{[B]}$$

(c)

$$K_1 \times K_2 = \frac{[B][H^+]}{[A]} \times \frac{[C][H^+]}{[B]} = \frac{[C][H^+]^2}{[A]}$$

等電点では $[A] = [C]$ であるから、

$$\frac{[C][H^+]^2}{[A]} = [H^+]^2 = K_1 \times K_2$$

$$[H^+] = \sqrt{K_1 \times K_2}$$

K_1 は $1.0 \times 10^{-2.3}$ mol/L、 K_2 は $1.0 \times 10^{-9.7}$ mol/L より、

$$\begin{aligned} [H^+] &= \sqrt{K_1 \times K_2} = \sqrt{1.0 \times 10^{-2.3} \times 1.0 \times 10^{-9.7}} = \sqrt{1.0 \times 10^{-12}} \\ &= 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

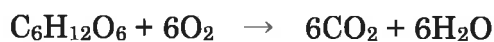
よって、 $\text{pH} = 6.0$

答 6.0

化学

問題 2

(1)



(2)

$$(-394 \times 6) + (-286 \times 6) - (-1286) = -2794$$

答 -2794 kJ/mol

(3)

この反応は(2)より発熱反応なのでエンタルピーは減少する。また、固体が液体と気体に変化しているので、エントロピーは増加する。エンタルピーが減少しエントロピーが増加する反応はギブズエネルギーが減少するので自発的に進行する。したがって不可逆反応である。

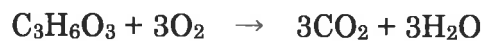
(別解)

ギブズエネルギー変化 ΔG 、エンタルピー変化 ΔH 、温度 T 、エントロピー変化 ΔS のあいだには次の関係が成り立つ。

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G < 0$ になる反応は自発的であり、すなわち不可逆反応である。

(4)



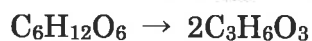
(5)

$$(-394 \times 3) + (-286 \times 3) - (-694) = -1346$$

答 -1346 kJ/mol

(6)

グルコースから乳酸への解糖の反応式は



である。したがって、解糖の反応エンタルピーは

$$(-2794) - (-1346 \times 2) = -102$$

(別解) グルコースと乳酸の生成エンタルピーの差が解糖の反応エンタルピーになる。したがって、解糖の反応エンタルピーは

$$(-1286) - (-694 \times 2) = -102$$

答 -102 kJ/mol

(7)

グルコースの完全酸化で得られるエネルギーは解糖よりも非常に大きいのでエネルギー効率がよい。

物理学

問題 1

(1)

小物体が P 点上にあるときの地面からの位置は $R \cos \theta_P$ である。力学的エネルギー保存の法則より

$$mgR = \frac{1}{2}mv_P^2 + mgR \cos \theta_P$$

$$v_P = \sqrt{2gR(1 - \cos \theta_P)}$$

答 $\sqrt{2gR(1 - \cos \theta_P)}$

(2)

速さ v_P で半径 R の円運動する物体にかかる向心力 F_P は

$$F_P = m \frac{v_P^2}{R}$$

なので (1) より

$$F_P = 2mg(1 - \cos \theta_P)$$

答 $2mg(1 - \cos \theta_P)$

(3)

中心方向を正として

$$mg \cos \theta_P - N_P = 2mg(1 - \cos \theta_P)$$

$$N_P = mg(3 \cos \theta_P - 2)$$

答 $mg(3 \cos \theta_P - 2)$

(4)

小物体が円筒から離れる瞬間の小物体にかかる垂直抗力は 0 となるので、
(3)より

$$mg(3 \cos \theta_B - 2) = 0$$

$$\cos \theta_B = \frac{2}{3}$$

答 $\frac{2}{3}$

物理学

問題 2

(1)

(a)

音源から観測者へ向かう音波の進行方向を正として、

$$f_1 = \frac{V}{V - v_A} f_A$$

与えられた値を音波の進行方向を考慮して代入して、

$$f_1 = \frac{340}{340 - 20.0} \times 864 = 918$$

答

$$f_1 = 918 \text{ Hz}$$

(b)

音源から観測者へ向かう音波の進行方向を正として、

$$f_2 = \frac{V}{V - v_A} f_A$$

与えられた値を音波の進行方向を考慮して代入して、

$$f_2 = \frac{340}{340 - (-20.0)} \times 864 = 816$$

答

$$f_2 = 816 \text{ Hz}$$

(2)

音源から観測者へ向かう音波の進行方向と同じ向きで風速 v_W [m/s] の風がある場合、媒体の移動が音波の速さに及ぼす影響を考慮して、観測者が観測する音の振動数 f_3 [Hz] は以下のようにあらわされる。

$$f_3 = \frac{V + v_W}{V + v_W - v_B} f_B$$

与えられた値を音波の進行方向を考慮して代入して、

$$f_3 = \frac{340 + 25.0}{340 + 25.0 - 15.0} \times 700 = 730$$

答

$$f_3 = 730 \text{ Hz}$$

(3) (a)

反射板が受け取る音の周波数 f_4 [Hz] は、

$$f_4 = \frac{V - v_p}{V - v_c} f_c$$

与えられた値を、音源から反射板へ向かう音波の進行方向を考慮して代入して、

$$f_4 = \frac{V - v_p}{V - v_c} f_c = \frac{340 - (-5.00)}{340 - (-15.0)} \times 710 = 690$$

答

$$f_4 = 690 \text{ Hz}$$

(b)

観測者が受け取る音の周波数 f_5 [Hz] は、

$$f_5 = \frac{V}{V - v_p} f_4$$

(3)の(a)の解答と与えられた値を、反射板から観測者へ向かう音波の進行方向を考慮して代入して、

$$f_5 = \frac{340}{340 - 5.00} \times 690 = 700.2 \dots$$

答

$$f_5 = 700 \text{ Hz}$$