

生物学

問題 1

(1)

ア	オペロン	イ	プロモーター
ウ	mRNA	エ	リプレッサー (抑制因子)
オ	オペレーター	カ	ヌクレオソーム
キ	クロマチン	ク	基本転写因子

(2)

i)

lacZ 遺伝子のリプレッサーがラクトースの代謝産物と結合し、オペレーターと結合できなくなったことで、RNA ポリメラーゼがプロモーターと結合できるようになり、*lacZ* 遺伝子 (β -ガラクトシダーゼ) が発現して X-gal を分解したため。

(2)

ii)

lacZ 遺伝子 (β -ガラクトシダーゼ) は発現したが、X-gal が存在せず青色の物質を生じなかったため。

iii)

培地⑤ではグルコースを加えておらず正の調節がはたらき、かつラクトースを加えておらず負の調節がはたらいている。この状況で青色のコロニーを生じなかった (白色のコロニーを生じた) ことから、*lacZ* 遺伝子では正の調節と負の調節が同時に起こると発現は抑制される (負の調節が優先される) と考えられる。

(3)

トリプトファンが（十分に）存在するとき。

(4)

すべての遺伝子が常に発現するわけではなく、発生・成長の段階や外部環境、その細胞が存在する部位に応じて、そのときに必要な遺伝子だけが発現するように調節タンパク質が遺伝子の発現を制御しているため。

生物学

問題 2

(1)

	名称	代表的な樹種
A	針葉樹林	d), h)
B	夏緑樹林	i), k)
C	照葉樹林	b), e)
D	亜熱帯多雨林	a), f)

(2)

種子の散布力	まず、風散布種子などの散布力の高い種子が定着するが、森林が形成されると、風散布種子は林内に到達しにくくなり、代わりに動物散布や重力散布型の種子（または散布力の低い種子）が多くなる。
乾燥への耐性	まず、乾燥への耐性が強い種が定着するが、植生が発達して地表面に直射日光が当たらなくなり、土壌が湿潤になると、湿潤な環境を好む種（または乾燥への耐性が弱い種）が定着するようになる。

(2)

耐陰性	まず、日当たりの良い環境を好む種（または耐陰性の弱い種）が定着するが、森林が形成されると地表付近の光量が低下するため、耐陰性の強い樹種に変わる。
-----	--

(3)

名称	気候の特徴
硬葉樹林	夏は乾燥し、冬は雨が多い。

(4)

種名	ホッキョクギツネ	フェネックギツネ
耳の大きさ	小さい	大きい
利点	体外への熱の放出を抑制し、低温下でも体温を維持しやすい。	体外への熱の放出を促進し、高温下でも体温を維持しやすい。

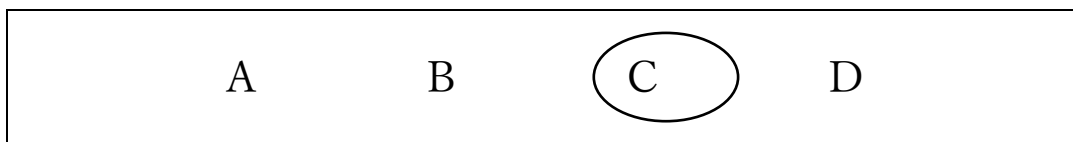
(5)

b), c), f)

化学

問題 1

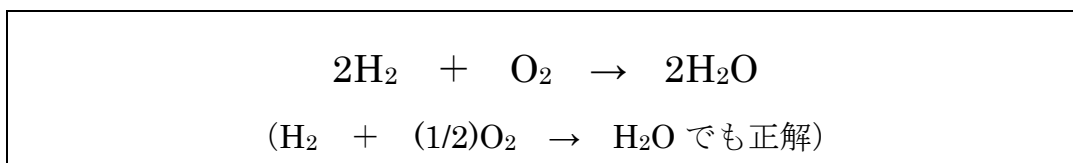
(1)



(2)

負極における イオン反応式	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
正極における イオン反応式	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

(3)



(4)

この運転で生じた H_2O の物質量は、 H_2O のモル質量 = 18 g/mol より

$$72 \text{ g} \div 18 \text{ g/mol} = 4.0 \text{ mol}$$

(2) の正極での反応式より、4 mol の電子が流れると、2 mol の H_2O が生じるので、この運転で流れた電子の物質量は

$$4.0 \text{ mol} \times (4/2) = 8.0 \text{ mol}$$

電気量は、ファラデー定数を用いて

$$8.0 \text{ mol} \times 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol} = 7.72 \times 10^5 \text{ C}$$

求める電気エネルギーは

$$7.72 \times 10^5 \text{ C} \times 0.80 \text{ V} = 6.176 \times 10^5 \text{ J} \approx 6.2 \times 10^5 \text{ J} \text{ (有効数字 2 桁)}$$

答 $6.2 \times 10^5 \text{ J}$

(5)

(3) より、2 mol の H_2 から 2 mol の H_2O が発生するので、この運転で消費された H_2 の物質量は、4.0 mol (生成した H_2O の物質量と等しい)

4.0 mol の H_2 の燃焼で発生するエネルギーは、燃焼エンタルピーより

$$4.0 \text{ mol} \times 286 \times 10^3 \text{ J/mol} = 1.144 \times 10^6 \text{ J}$$

変換効率は、(4) より

$$\frac{6.2 \times 10^5 \text{ J}}{1.144 \times 10^6 \text{ J}} = 0.5419 \dots \approx 0.54 = 54 \%$$

(有効数字 2 桁)

答 54 %

(6)

4.0 mol の H_2 の体積は、理想気体の状態方程式より

$$\frac{4.0 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} \approx 9.97 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

水素吸蔵合金は 1200 倍の体積の H_2 を吸蔵できるので、水素吸蔵合金の体積を cm^3 で表すと、 $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$ より

$$\frac{9.97 \times 10^{-2}}{1200} \times 10^6 \text{ cm}^3$$

この水素吸蔵合金の密度は、 6.0 g/cm^3 なので、求める質量は、

$$6.0 \text{ g/cm}^3 \times \frac{9.97 \times 10^{-2}}{1200} \times 10^6 \text{ cm}^3 = 499 \text{ g} \approx 5.0 \times 10^2 \text{ g}$$

(有効数字 2 桁)

答 $5.0 \times 10^2 \text{ g}$

化学

問題 2

(1)

ア	やすい / にくい	イ	ビニロン
ウ	付加	エ	ポリビニルアルコール
オ	ホルムアルデヒド	カ	シス / トランス
キ	硫黄	ク	弾性ゴム

(2)

	A	B
名称	イソプレン	クロロプレン
構造式	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$

(3)

加硫

(4)

(a)

合成ゴム C	スチレンブタジエンゴム
化合物 D	スチレン
化合物 E	1,3-ブタジエン

(b)

スチレン（分子量 104）と 1,3-ブタジエン（分子量 54）の物質量の比が 2:1 であることから、重合度 n のスチレンブタジエンゴムの分子量は $262n$ となる。したがって、

$$262n = 5.24 \times 10^4$$

$$n = 200$$

含まれるベンゼン環は $200 \times 2 = 400$ となる。

答 400

(c)

スチレンと 1,3-ブタジエンの物質量の比を $1:z$ としたとき、重合度 n のスチレンブタジエンゴムの分子量は $(104 + 54z)n$ となる。臭素が付加するのはブタジエン部分のみであることから、

$$\frac{25}{(104 + 54z)n} \times nz \times 80 \times 2 = 50$$

$$z = 4$$

答 4

物理学

問題 1

(1)

斜面の傾き θ より、斜面に沿う向きの分力の大きさは、

$$mg \sin \theta$$

答 $mg \sin \theta$

(2)

(1)より、小球の斜面に沿う向きの加速度は $g \sin \theta$ なので、

$$L = \frac{1}{2} t_1^2 g \sin \theta \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$$

答 $t_1 = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$

(3)

小球が下端から飛び出したときの速度を v_s とすると、

$$v_s = t_1 g \sin \theta$$

$$v_x = v_s \cos \theta = t_1 g \sin \theta \cos \theta$$

$$v_y = v_s \sin \theta = t_1 g \sin^2 \theta$$

答

 $v_x = t_1 g \sin \theta \cos \theta, v_y = t_1 g \sin^2 \theta$

(4)

斜面下端から飛び出した後の小球の y 方向の運動は鉛直投げ下ろしである。

v_y と t_2 を用いて、床から斜面下端までの高さ H を表わすと

$$H = v_y t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 \Rightarrow g t_2^2 + 2v_y t_2 - 2H = 0$$

$$t_2 = \frac{-v_y \pm \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g}$$

$t_2 > 0$ であることから、

$$t_2 = \frac{-v_y + \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g}$$

衝突直前の小球の速度の y 成分 V_y の大きさは

$$V_y = v_y + g t_2$$

答

$$t_2 = \frac{-v_y + \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g}, \quad V_y = v_y + g t_2$$

(5)

床に最初に衝突した後の小球の y 方向の運動は鉛直投げ上げである。
 床で衝突後に最高点 H に達するまでの時間を t_3 、衝突直後の小球の速度の y 成分の大きさを V'_y とすると、 H は次式で表される。

$$H = V'_y t_3 - \frac{1}{2} g t_3^2 \dots \textcircled{1}$$

また、最高点での速度の y 成分は0になることから、

$$0 = V'_y - g t_3 \Rightarrow t_3 = \frac{V'_y}{g} \dots \textcircled{2}$$

①に②を代入すると

$$H = \frac{V_y'^2}{g} - \frac{V_y'^2}{2g} \Rightarrow V'_y = \sqrt{2gH}$$

衝突直前と衝突直後の小球の速度の y 成分の大きさをそれぞれ V_y 、 V'_y とすると、反発係数 e は、反発係数の定義より

$$e = \frac{V'_y}{V_y}$$

答

$$V'_y = \sqrt{2gH}, \quad e = \frac{V'_y}{V_y}$$

物理学

問題 2

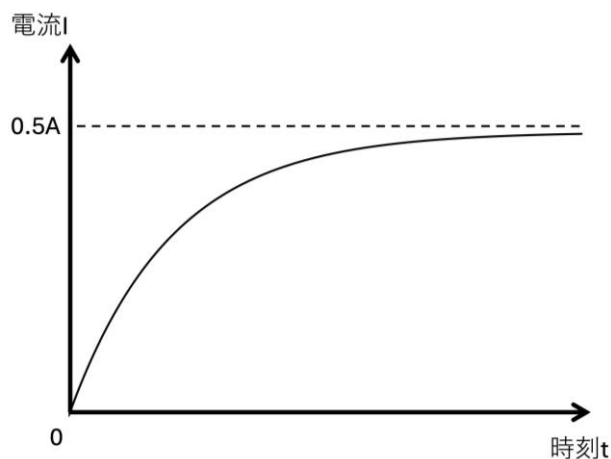
- (1) スイッチ S2 を閉じた直後、コンデンサーの電荷は 0 C なので、コンデンサーの電極間の電位差も 0 V である。よって、抵抗 R の電圧降下が電池 E の電圧と等しい。オームの法則より、電流 I の大きさは $I = \frac{E}{R} = \frac{5.0}{10} = 0.50$ A と計算できる。
- 答 0.50 A

- (2) じゅうぶん時間が経つと、コンデンサーに電荷が蓄えられ、コンデンサーの電極間の電位差 V は電池 E の電圧と等しくなる。電荷 Q と電気容量 C 、電位差 V の間には $Q = CV$ なる関係があるので、 $C = 2.0 \times 10^{-7}$ F を代入して、 $Q = 2.0 \times 10^{-7} \times 5.0 = 1.0 \times 10^{-6}$ C を得る。
- 答 1.0×10^{-6} C

- (3) じゅうぶん時間が経つと、コイルに流れる電流は一定となり、コイルの誘導起電力は 0 となる。よって、オームの法則より、電流 I の大きさは $I = \frac{E}{R} = \frac{5.0}{10} = 0.50$ A と計算できる。コイルに蓄えられるエネルギー U は $U = \frac{1}{2}LI^2$ で計算できるので、 $I = 0.50$ A と $L = 0.20$ H を代入して、 $U = \frac{1}{2} \times 0.20 \times 0.50^2 = 2.5 \times 10^{-2}$ J を得る。
- 答 2.5×10^{-2} J

(4)

時刻 $t = 0$ で、電流 I は 0 であり、徐々に増加し、じゅうぶん時間が経つと、一定値 0.50 A に漸近する。これをグラフに示すと以下のようなになる。



(5)

スイッチ S_2 を閉じる直前、コイルに流れる電流は 0 になっている。ここで、スイッチ S_2 を閉じると、コイルとコンデンサーからなる閉回路が作られる。この時、下線部①で蓄えられた電荷が放電され、コイル L に電流が流れる。コンデンサーの電荷が 0 に到達しても、電流の変化を阻害するようにコイルに誘導起電力が生じるため、電流が流れ続け、コンデンサーに再び電荷が蓄えられる。その後、回路には逆向きの電流が流れ、これを繰り返す電気振動が発生する。