

【自然科学総合】

I.

【出題の意図】

身体の働きを支えるカルシウムや神経伝達に関する基礎的な知識とともに，神経伝達に関する実験結果を正しく解釈し，考察する素養を問うた。

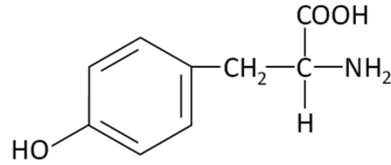
【解答例】

問 1.

- (1) ア： 接着結合（アドヘレンスジャンクション）  
イ： デスモソーム  
ウ： ギャップ結合  
エ： 密着結合（タイトジャンクション）  
オ： 血液脳関門（BBB）
- (2) ギャップ結合で連結された片方の細胞が傷害を受け細胞質  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が過剰に増大しても，ギャップ結合が閉じるので，もう片方の細胞に  $\text{Ca}^{2+}$ が過剰に流れ込み傷害を与えるのを防ぐことができる。
- (3-1) 血液脳関門では血管内皮細胞間が強固に密着しているために，物質の透過が制限される。しかし，油水分配係数が高い物質，つまり脂溶性が高い物質は血管内皮細胞を超えることができ，脳への移行が高くなる。
- (3-2) 血管内皮細胞にはグルコースを輸送する特殊なシステム（トランスポーターなど）が発達しているため，グルコースは油水分配係数が低いにもかかわらず細胞膜を通ることができ，脳への移行が高くなる。

問 2.

(1)



(2)

	名称	番号
i)	L-ドパ (L-ジヒドロキシフェニルアラニン)	④
ii)	ドパミン	③
iii)	ノルアドレナリン (ノルエピネフリン)	②
iv)	アドレナリン (エピネフリン)	⑥

(3) カテコールアミン (カテコラミン)

- (4)
- ・シナプス前細胞 A における活動電位の発生には細胞外  $\text{Ca}^{2+}$  は必要ない。
  - ・シナプス後細胞 B のシナプス後電位の発生には、シナプス前細胞 A の活動電位発生だけでは不十分である。
  - ・シナプス前細胞 A の活動電位が生じなくても、シナプス前細胞 A の  $\text{Ca}^{2+}$  の上昇のみでシナプス後細胞 B のシナプス後電位が発生する。
- これらのことから、シナプス前細胞 A からの神経伝達物質の放出には、シナプス前細胞 A の活動電位発生が直接寄与するのではなく、シナプス前細胞 A 内の  $\text{Ca}^{2+}$  の増大が必要でありかつ十分である。

## II.

### 【出題の意図】

物理，原子，医療技術に関する基礎的な知識とともに，物理的な現象の記述を読解し，考察する素養を問うた。

### 【解答例】

問 1.

(答え)  $30^\circ$

(計算過程)

斜面上に立っている人の体重による重力を  $W$  とすると，斜面に垂直な力  $F_n$  は下記の式で表せる。

$$F_n = W \cdot \cos \theta$$

靴と板の間に生じる静止摩擦力 ( $F_f$ ) は，摩擦係数を  $\mu_s$  とすると，下記の式で表せる。

$$F_f = \mu_s \cdot F_n = \mu_s \cdot W \cdot \cos \theta = 0.6 W \cdot \cos \theta$$

滑りを生じる力は，斜面に平行に働く力 ( $F_p$ ) であり，下記の式で表せる。

$$F_p = W \cdot \sin \theta$$

斜面上の人が滑らないためには， $F_f$  が  $F_p$  以上である必要のため， $F_f = F_p$  となる角度が最大の角度となり，下記の式で表せる。

$$W \cdot \sin \theta = 0.6 W \cdot \cos \theta$$

$$\tan \theta = 0.6$$

三角関数表から，この時の  $\theta$  は  $30^\circ$  と  $31^\circ$  の間であるので，斜面の最大角は  $30^\circ$  となる。

問 2.

(1)

①： 電子

②： 陽子

③： 中性子

④： 核力

⑤： 同位体 (アイソトープ)

⑥： 放射線

⑦： 放射性崩壊 (放射性壊変)

⑧： 放射性同位体 (ラジオアイソトープ)

⑨： 84

⑩： 218

(2) 60 年後

問 3.

①： d

②： h

③： a

④： f

⑤： k

問 4.

- (1) 鳥の頭部を水で濡らすと、水が蒸発する際に気化熱が奪われ、頭部の温度が下がり、頭部内に充満しているジクロロメタンの蒸気が凝縮する。

この凝縮により頭部の圧力が下がり、尾部のジクロロメタン蒸気との間に圧力差が生じ、ジクロロメタンの液体が頭部に吸い上げられる。

液体が上昇するに従って鳥全体の重心が上に移動することで、鳥が前傾する。

傾きが増し、ガラス管の尾部内の断端が尾部のジクロロメタンの液面上に露出すると、ガラス管内に蒸気が入り込むようになり、ガラス管内の液体が下降して尾部に戻る。

その結果、鳥の重心が下がり、鳥は再び起き上がる。

この運動が繰り返される。

- (2) a

(3)

(答え) 375 [g · cm<sup>2</sup>]

(計算過程)

$$\begin{aligned} \text{慣性モーメント } I &= \int_{-L/2}^{L/2} \rho x^2 dx = \left[ \frac{1}{3} \rho x^3 \right]_{-L/2}^{L/2} \\ &= \frac{1}{3} \rho (L/2)^3 - \frac{1}{3} \rho (-L/2)^3 = \rho L^3 / 12 = ML^2 / 12S \\ &= 375 \text{ [g} \cdot \text{cm}^2] \end{aligned}$$

ただし、密度  $\rho = M/(SL)$ 、質量  $M = 20 \text{ g}$ 、棒の全長  $L = 15 \text{ cm}$ 、  
断面積  $S = 1 \text{ cm}^2$

### III.

#### 【出題の意図】

緑藻類の分布依存的な接合孢子形成に基づいた生物多細胞化への進化に関する英文原著論文の抜粋を題材に、英文の読解力と基礎的な生命科学と数学の知識、及び、考察力を問うた。

#### 【解答例】

問 1. ア : multicellularity

日本語訳 : 緑藻類における単細胞の適応は、多細胞化への進化的移行を形成する。

問 2. 基準 : 4 細胞より多い、或いは、5 細胞以上。

根拠 : 単細胞藻類の典型的な無性生活環には、母細胞が分裂して 4 つの娘細胞になるパルメロイドと呼ばれる段階があるため。

問 3. Fig.3b

問 4.

イ : predation

ウ : nitrogen

エ : water

オ : turbulence

カ : population

キ : growth

ク : extracellular

ケ : matrix

コ : unicellular

問 5.

(1) プロリンは側鎖が 5 員環の中に組み込まれた環状構造であり、置換基が大きいため、プロリンやプロリンの前の残基のコンフォメーションが制限されてバックボーン の  $\phi$  角が  $\sim 65^\circ$  となる。

(2)  $\Omega$  : 120 度

サ : 3

(3) 植物の ECM にはプロリンが多く含まれており、プロリンはらせんの表面で連続した疎水性の帯を形成するため、アクセスしやすい疎水性表面との水素結合により分裂した細胞同士が結合し多細胞化すると考えられる。