

平成 17 年度(2005 年)自然科学総合問題

問題 1(物理) ※図は解答に無関係なので省略

以下の設問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

図 1 のように距離 L の平行な 2 枚の平面の間に濃度 c の溶液 M が満たされている。ここに垂直に入射した強度 I_0 の平行な光は、溶液 M の溶質分子に、一定の確率で衝突し吸収され、強度 I で透過したとする。この光の吸収について考える時に、境界面での反射や屈折を無視する。また、溶液を保持する容器による吸収、さらに溶液中での散乱、回折なども無視し、光が直進するものとする。

問 1 入射面から距離 x 進んだ光の強度を I とする。ここから距離 dx 進む間に变化した光の強度を dI とする。吸収される光の量はここを透過する光と溶質分子の衝突確率に比例するものとし、適当な比例定数を定め dI を dx で表せ。

問 2 吸収された光の量を表す指標として吸光度 A を次のように定める。

$$A = -\log(I/I_0)$$

A が溶液濃度 c に比例することを示せ。

問 3 下図のような、一辺 L の透明な立方体の容器の面 S の全面に平面波(平行光線)が垂直に入射したとする。図 1 の立方体は、面 S に平行で透明なしきり T で内部が 2 等分されている。入射面に近い側は濃度 c の光を吸収する溶液 M で満たされ、もう一方は光を吸収しない溶液 N で満たされている。図 3 の立方体ではしきり T は面 S に垂直で内部を 2 等分している。片側は濃度 c の溶液 M 、もう一方は溶液 N で満たされている。この 2 つの立方体の入射光の強度がともに I_0 の時、それぞれの立方体を透過した光の強度の大きさを計算により比較せよ。

問題 2(化学)

以下の設問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

問 1 環状構造を有する化合物を全て選べ。

A) エタノール B) コレステロール C) ジアシルグリセロール D) セラミド E) ホスファチジルイノシトール

問 2 α -炭素原子に結合する四つの置換基のなかに同一のものを複数持つアミノ酸を全て選べ。

A) アルギニン B) イソロイシン C) グリシン D) メチオニン

問 3 次の生理活性物質のなかで、化学構造が他と最も異なるものを一つ選べ。

A) アンジオテンシン B) インスリン C) エストロゲン D) ガストリン E) ブラジキニン

問 4 最も分子量の大きい化合物を選べ。

A) ガラクトース B) グルコース C) スクロース D) フルクトース E) マンノース

問 5 正しい記述を全て選べ。

- A) 高等真核生物では RNA のほとんどは tRNA ではなく mRNA である。
- B) 高等真核生物では遺伝子の転写制御は coding region で行われることが多い。
- C) DNA と RNA のヘテロダイマーは高等真核生物には存在しない。
- D) 高等真核生物の DNA は単鎖の分子として存在することが多い。
- E) コドンは 3 つのヌクレオチドの配列で構成される。

問 6 最も強い細胞内情報伝達機能を有するガス状物質を選べ。

A) 一酸化窒素 B) 塩化水素 C) オゾン D) 二酸化炭素 E) 硫化水素

問 7 ジスルフィド結合と最も関係がある化合物を選べ。

A) アスパラギン酸 B) トリプトファン C) システイン D) フェニルアラニン E) ロイシン

問 8 正しい記述を全て選べ。

- A) カルボン酸はアルカリ触媒の存在下にアルコールと反応してエステルを与える。
- B) エステル化反応は水の存在下では効率が悪い。
- C) カルボン酸に塩化チオニルを反応させるとヒドロキシ部分は酸素で置換される。
- D) 「一個の」カルボシキ基から水一分子が取れた状態を酸無水物という。
- E) アルデヒドを酸化するとカルボン酸が得られる。

問 9 炭素-ハロゲン化合物の反応について正しい記述を全て選べ。

A) ハロゲン化アルキルからハロゲン陰イオンを置換するのは、一般的に弱酸の陰イオンであ

る。

- B) ケトンとアルデヒドでは、一般に求核試薬との反応性がケトンの方が高い。
- C) SN2 求核置換反応ではワルデン反転が生じる。
- D) E2 反応と SN2 反応は並行して起こり、塩基が強いほど E2 反応が生じやすい。
- E) 求核体(nucleophile)は原子核を攻撃する電子対を持つ。

問 10 Cr³⁺イオンの検出に最も有用な物質を選べ。

- A) アルミニウム試薬
- B) Pb(CH₂CO₂)₂
- C) NH₄NCS
- D) NaBiO₃
- E) フェノールフタレイン

問題 3(生物)

以下の設問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

問 1 DNA の構造について、下記の文を読み、設問に答えよ。

DNA の構成単位は、(1)と糖とリン酸からなるヌクレオチドである。(1)にはアデニン、(2)(3)(4)の 4 種類があり、糖は、五炭糖で(5)という。ヌクレオチドは、糖とリン酸のところで互いに結合して長い鎖になる。この二本の鎖が、アデニンと(2)、(3)と(4)の塩基がそれぞれ結合し、ゆっくりとしたらせんを巻いている。このような構造を DNA の(6)という。らせん一回転(1ピッチ)の長さは 3.4nm で 10 対のヌクレオチド対がある。

真核細胞の DNA は、(7)と呼ばれる塩基性蛋白質の粒子に巻きつき、(8)という構造をとる。

1) (1)から(8)に適切な語を入れなさい。

2) ヒトの体細胞の DNA はおよそ 1.2×10^{10} 個のヌクレオチドからなる。ヒト体細胞の DNA 分子の全長はおよそ何 m か。数式も書くこと。

3) 遺伝子 DNA を詳しく解析するには、ある程度の量が必要である。病変組織などから採取した微量の DNA 断片から DNA 増幅装置を使い DNA をコピーすることによって、解析すべき目的の DNA を効率よく大量に得ることができる。

この遺伝子増幅法を何と言うか。また、この方法に必要な酵素を何と言うか。

問 2 免疫反応について、以下の設問に答えよ

1) 免疫反応に深く関係するものをすべて記号で選びなさい。

- A) 移植臓器拒否反応
- B) 花粉症
- C) ツベルクリン反応
- D) 気管支喘息
- E) 血液凝固

2) ワクチン(ワクチン療法)と抗血清(血清療法)について、300 字以内で説明しなさい。ただし、次の語句を必ず用いること。

(病原体、抗体、免疫、予防)

問 3 次の文を読み、設問に答えよ。

受精は、(1)の先の部位(膨大部)でおこなわれ、受精卵は、(1)の筋収縮や(2)運動によって

(3)に運ばれる。受精後約 1 週間、胞胚期の状態で(3)粘膜に付着し、胎盤がつくり始められる。これを(4)という。胞胚期の受精卵は、外側を覆う栄養膜と割球が一方に寄った内部細胞塊とに分かれる。内部細胞塊の細胞群は、ヒトのいずれの種類の細胞にも分化する能力を持っており、(5)と呼ばれる。

1) (1)から(5)内に適切な語句を入れなさい。

2) 胎盤の働きを 2 つ挙げなさい。

3) ヒトの発生過程において、次の器官は外胚葉、中胚葉、内胚葉のうち、どの胚葉から分化して形成されるか、分類しなさい。

(脊髄、骨格筋、表皮、心臓、肺、骨、肝臓、腎臓、膵臓)

外胚葉由来:

中胚葉由来:

内胚葉由来:

問 4 下記の文章を読み、設問に答えよ。

酵素は、生体内で化学反応を触媒する蛋白質である。酵素が作用する物質を(1)といい、(1)に作用して生じる物質を産物という。酵素はそれぞれ決まった(1)にしか働かない性質があり、これを酵素の(2)という。酵素の働きは、水素イオン濃度に敏感で、pH の変化により酵素活性の強さも変わる。最も強い活性を示す水素イオン濃度をその酵素の(3)という。また、温度を変化させて酵素活性を測定すると、0°C付近ではほとんど活性が見られず、温度を上げると酵素の活性は高くなり 40~45°Cで最高となる。しかし、「50°C以上では、急激に活性が低下する」。

酵素には、蛋白質の本体に、活性中心となる低分子の有機化合物が結合することにより初めて活性を示すものもある。この低分子有機化合物を(4)という。この場合、蛋白質本体部分は(5)といわれる。

1) (1)から(5)内に適切な語句を入れなさい。

2) 文中下線部、「50°C以上では、急激に活性が低下する」のはなぜか簡単に説明しなさい。

3) 酵素のアロステリック調節(効果)とは何か、100 字以内で説明しなさい。