

平成 19 年度(※2007 年実施)自然科学総合問題

問題 1(物理)※模式図は解答に無関係なので省略

問 1 下の空欄に当てはまる適当な式を解答欄に記入しなさい。

一様な断面積  $A$  の容器に高さ  $h$  まで水を入れておき、容器の底にある断面積  $a$  の小さな孔から水を流出させるとき、その流出速度  $v$  は、トリチェリーの定理より

$$v = (2gh)^{1/2} \quad (g: \text{重力加速度})$$

である。

水を流出させた状態で、容器の底からの高さ  $x$  の時の流出速度  $v'$  は(空欄 A)である。

その時、時間  $dt$  の間に水位が  $dx$  だけ下がるとすると、水位の下がりによる容器内の水の減少量  $A dx$  と小孔からの水の流出量  $dV$  は一致するから、

$$dV = A dx = (\text{空欄 B})$$

である。

ゆえに  $dt$  は(空欄 C)であらわされる。

従って、水位が  $h$  から 0 になるまでの時間  $t$  は、(空欄 D)である。

問 2 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。

(1) 空欄(A)にあてはまる関係式を解答欄に記入しなさい。

昆虫の目は複眼であり、昆虫が外界の物体を識別するには、物体の形状の精度と物体をより明るく見る二つの条件の兼ね合いが必要でありこのときの波長が最適波長と考えられる。最適波長を計算するために、昆虫の複眼の横断面(模式図)をとり、複眼の半径を  $r$ 、個眼の直径を  $\delta$ 、光の波長を  $\lambda$  とすると、回折格子の理論より、回折される光の角度を  $\Delta \theta d$  とすると、光路差は、

$$\delta \sin \Delta \theta d = m \lambda \quad (\text{明帯、} m = 1, 2, 3, \dots, m)$$

$m = 1$  の時を考え、また  $\Delta \theta d$  が小さいときは、 $\sin \Delta \theta d \doteq \Delta \theta d$  と置けるので、上式は、

$$\delta \Delta \theta d = \lambda \quad \textcircled{1}$$

となる。

一方、隣り合う2つの個眼の中心を通る直線の交角を  $\Delta \theta g$  とすると、 $\tan \Delta \theta g = \delta / r$  であるから、 $\Delta \theta g$  が非常に小さい時には、 $\tan \Delta \theta g \doteq \Delta \theta g$  とおけるので、

$$\Delta \theta g = \delta / r \quad \textcircled{2}$$

となる。

①、②式は、 $\delta$  に関して相反関係にあるから、お互いに程よい関係の時が、明るさと解像力の調和の取れた条件と考えてよい。それは即ち、 $\Delta \theta g + \Delta \theta d$  が極値をとる時である。実際に微分を取って計算すると、

「空欄(A)」

という、 $r$ 、 $\delta$ 、 $\lambda$  に関する関係式が得られる。

(2) 昆虫には昼間に活動する昆虫であるトンボと、夜間に活動する昆虫である蚊などがある。両者はその最適波長が異なることが予測される。トンボと蚊の複眼に関する表 1 に示すデータと(1)で得られた  $r$ 、 $\delta$ 、 $\lambda$  に関する関係式を利用して、それぞれの最適波長を計算し、その計算結果の概略と、結果の妥当性について考えられることを解答用紙の所定の欄に 400 字以内で記述しなさい。

表 1. トンボと蚊の複眼と個眼のデータ

トンボ: 複眼の半径 3(mm)、個眼の直径 30( $\mu\text{m}$ )

蚊: 複眼の半径 0.7~0.8(mm)、個眼の直径 20~30( $\mu\text{m}$ )

## 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 炭素原子  $^{12}\text{C}$  には何個の陽子、中性子、電子があるか。

問 2  $0.0100\text{mol/l}$  の酢酸溶液  $40\text{ml}$  に  $0.0200\text{mol/l}$  の  $\text{NaOH}$  溶液  $10\text{ml}$  を加えた時の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  はいくらか。但し、酢酸の  $K_a$  は  $1.75 \times 10^{-5}$  とする。

問 3 正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。

- A) ペプチドとタンパク質は、ペプチド結合とも呼ばれるアミド結合をもつポリアミドである。
- B) タンパク質の一次構造はアミノ酸残基の配列であり、タンパク質の化学的性質において重要な役割を果たさない。
- C) タンパク質の二次構造は側鎖の官能基の相互作用によって形成される。
- D) タンパク質の三次構造はペプチド結合間の水素結合によって形成される。
- E) いくつかのタンパク質分子同士の相互作用の結果として四次構造が形成される。

問 4 正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。

- A) マルトースは 2 つの D-グルコース分子が  $\beta$ -グルコシド結合によって結合した二糖である。酵素によるでんぷんの分解によって生ずる。
- B) セロビオースは 2 つの D-グルコース分子が  $\alpha$ -グルコシド結合によって結合した二糖であり、セルロースの化学分解によって得られる。
- C) ラクトースは D-ガラクトース 1 分子と D-グルコース 1 分子が、 $\beta$ -グリコシド結合によって結合した二糖である。
- D) スクロースは D-グルコースと D-フルクトースが結合している二糖である。サトウキビなどから抽出される。
- E) セルロースは高等植物の細胞壁を形成する重要な多糖で、D-フルクトースが  $(1\beta-4)$  結合した非常に長い鎖である。

問 5 アスパラギン酸の等電点を計算しなさい。

但し、解離基の  $\text{pK}$  値 ( $25^\circ\text{C}$ ) は、 $\text{pK}_1(\alpha\text{-COOH})=1.99$ ,  $\text{pK}_2(\alpha\text{-NH}_3^+)=9.90$ ,  $\text{pK}_3(\text{側鎖、}\beta\text{-COOH})=3.90$  とする。

問 6 (1)~(12)に適切な語句を記入しなさい。

核酸は加水分解したときに得られる糖によって、2 つの型に区別することができる。(1)を持つものを RNA といい、(2)をもつものを DNA という。RNA と DNA では、含まれる塩基の種類もわずかに異なる。RNA と DNA はともに(3)、(4)、と(5)を持つが、4 番目の塩基として、RNA は(6)を持ち、DNA は(7)を持つ。DNA では、(8)と(9)の残基数は等しく、また(10)と(11)の残基数も等しい。

例外はあるが、核酸はヌクレオチドの線状ポリマーで、糖残基の 3' と 5' 位が(12)で架橋されてい

る。

問 7 化学反応の速度についての次の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- A) 与えられた温度における化学反応の速度は、反応に関係する物質の濃度だけに依存し、反応容器の大きさなどには無関係である。
- B) 化学反応の速度とは、反応する分子の熱運動の速度である。
- C) 触媒は反応熱を変化させる。
- D) 化学方程式から反応次数を推定できる。
- E) 化学平衡の状態においては、どのような反応でも正反応と逆反応の速度は等しい。

問 8 20%硫酸溶液(質量%、密度  $1.14\text{g/cm}^3$ )を  $200\text{cm}^3$  作りたい。98%濃硫酸(質量%、密度  $1.84\text{g/cm}^3$ )を何  $\text{cm}^3$  とって  $200\text{cm}^3$  に希釈すればよいか。

問 9 正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。

- A) ケトンカルボニル基に直接 2 個の炭素原子が結合した化合物である。
- B) 分子内のすべての結合が単結合で、一般式が  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  で表される鎖式飽和炭化水素のことをアルケンという。
- C) 分子内に 1 個の二重結合をもつ鎖式炭化水素をアルキンという。
- D) 分子内に三重結合 1 個をもつ鎖式炭化水素をアルカンという。
- E) ベンゼンを触媒とともに、強い条件で完全に水素化するとシクロヘプタンが得られる。
- F) 脂肪族炭化水素の水素原子を水酸基で置換した形の化合物をアルコールという。
- G) アルデヒドは酸化されてカルボン酸になりやすいので、還元性をもっている。

### 問題 3(生物)

問 1 次の文を読み、設問に答えよ。

生体は(A)「ホメオスタシス」を保つ仕組みをもつ。生命機能の最小単位である細胞では、細胞膜がホメオスタシスを保つ役割を果たす。細胞膜は(空欄 B)二重層と膜タンパクより構成される。膜タンパクは、多くが(C)「膜内で平面方向に移動が可能」であり、(D)「受容体」、酵素、物質輸送などの働きを有する。細胞内外の物質輸送には、物質により輸送形態が異なる。細胞膜は(空欄 E)透性の膜であるため大きい分子は通りにくい。濃度勾配に逆らう輸送ではエネルギーが必要であり、(空欄 F)輸送と呼ばれる。

ナトリウムイオン濃度は細胞(空欄 G)で高く、膜タンパクである(H)「ナトリウムカリウムポンプ」で維持されている。糖やアミノ酸の透過には、輸送体と呼ばれる膜タンパクが働く。このように、細胞膜は、イオン、糖やアミノ酸を(空欄 I)的に透過させ、ホメオスタシスを保っている。

- 1) 下線部(A)のホメオスタシスを 25 字以内で説明しなさい。
- 2) (B)に適切な語句を入れなさい。
- 3) 下線部(C)に関して、一部の膜タンパクはあるタンパクと結合することによって移動が制限される。これにより、膜タンパクが特定の場所で機能を果たすことが可能になる。膜タンパクと結合するタンパク名を記入しなさい。
- 4) 下線部(D)の受容体について 100 字以内で説明しなさい。
- 5) (E)に適切な語句を記入しなさい。
- 6) (F)に適切な語句を記入しなさい。
- 7) (G)に内または外のどちらかを記入しなさい。
- 8) 下線部(H)のナトリウムカリウムポンプはどのようなエネルギーを使うか。
- 9) (I)に適切な語句を記入しなさい。

問2 次の文を読み、設問に答えよ。

加齢に伴い臓器の構造や機能に変化がみられる。筋や骨の変化では、骨格筋線維が減少し、筋力低下や(A)「敏捷性運動能力の低下」が起こる、高齢者に見られる骨粗鬆症では、骨吸収が骨形成よりも優位となる。特に閉経後の女性では、(B)「エストロゲン」分泌低下が骨粗鬆症を進行させる。呼吸機能に関しては、肺活量の低下がみられる。また(空欄 C)は増大し感染症が起きやすくなる。循環器系では、加齢とともに血管の(空欄 D)が進展し血圧が上昇する。

加齢に関して細胞レベルでの解明も進んでおり、老年期疾患と(E)「アポトーシス」の関連が見いだされる。アルツハイマー型認知症は、(空欄 F)が脳内に蓄積し神経細胞のアポトーシスを誘導していることが報告されている。また(G)「活性酸素」がアポトーシスを誘導していることも明らかになってきている。活性酸素は、生体内でスーパーオキシドジスムターゼ(SOD)により代謝される。細胞質内には(空欄 H)、ミトコンドリア内には(空欄 I)が存在する。(空欄 J)硬化症では、SOD 遺伝子変異がみられ病態に活性酸素の関与が指摘されている。

1) 下線部(A)の機序を以下のキーワードを使って 50 字以内で説明しなさい。

キーワード:I 型線維、II 型線維

2) 下線部(B)のエストロゲンと骨形成との関係について、以下の文の空欄に適切な語句を記入しなさい。

(空欄)細胞には(空欄)体が存在し、エストロゲン存在下で骨形成が促進する。

3) (C)にあてはまるものを次の中から選びなさい。

1秒量、残気量、肺胞換気量

4) (D)に適切な語句を記入しなさい。

5) 下線部(E)についてネクローシスと対比して 150 字以内で説明しなさい。

6) (F)にあてはまるものを次の中から選びなさい。

プリオン、 $\beta$ アミロイド、鉄

7) 下線部(G)の活性酸素にはいくつか種類があるが、その内の 2 種類を挙げなさい。

8) (H)と(I)に、Cu,Zn-SOD もしくは Mn-SOD のどちらかを記入しなさい。

9) (J)にあてはまるものを次の中から選びなさい。

多発性、動脈、筋萎縮性側索