

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 3 日 —

物 理
化 学
生 物

この中から 1 科目を選択して解答しなさい。

科 目		問 題 の ペ ー ジ
物	理	1 ～ 6
化	学	7 ～ 13
生	物	14 ～ 23

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

1

エネルギー代謝の調節に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

エネルギー代謝の調節には、血液中の (a) 濃度を一定の範囲内で維持する自律神経系とホルモンの働きが主に関与している。いずれも間脳の (b) と呼ばれる領域によって支配されている。自律神経系は、中枢神経系からの情報を末梢組織器官に伝える神経であり、交感神経と副交感神経の2種類が存在する。これらは同じ器官に分布していることが多く、一方が器官の働きを促進すれば、他方は抑制するというように、互いに反対の作用を発揮する。それぞれ、^(I)交感神経は (c) から、副交感神経は (c) ・延髄・ (d) の末端から出て内臓諸器官の働きを調節している。活動・緊張状態では交感神経の働きが優位になり、リラックスした状態では主に副交感神経の働きが優位になる。

一方、ホルモンはアミノ酸や脂質で構成されている物質で、 (e) から血液中に放出され、特定の器官に作用する。それぞれの器官には、特定のホルモンの作用を受ける標的細胞が存在している。アミノ酸が鎖状に連なってできたホルモンはその大きさに応じて ^(II) (f) や (g) に分類される。ホルモンの作用は、自律神経系に比べ、標的器官で反応が起こるまでに時間が掛かるが、持続的に働く。

激しい運動などによって血液中の (a) が消費されると、間脳の (b) がこれを感知し、これにより興奮した交感神経系を介して (h) から (i) が、膵臓の α 細胞からグルカゴンが分泌される。これらは、肝臓や筋肉の細胞に作用して、貯蔵されている (j) の分解を主に促進し、血液中の (a) を増加させる。さらに、間脳の (b) は、脳下垂体前葉を刺激して副腎皮質刺激ホルモンの分泌を促す。その結果、副腎皮質から糖質コルチコイドが分泌され、肝臓や筋肉において (g) の分解を促進する。^(III)

問1 文章中の空欄 (a) ～ (j) に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(I)のような作用を何というか、答えなさい。

問3 下線部(II)のように標的細胞が作用を受ける際に、特定のホルモンが結合するタンパク質の総称を何というか、答えなさい。

問4 分泌されたホルモンの作用を受け、標的細胞での効果や最終産物がふたたびそのホルモンの分泌量を正負に調節する機構を何というか、答えなさい。

問5 下線部(III)のように大きい分子を小さな分子へと分解し、エネルギーを得る過程の代謝を何というか、漢字2文字で答えなさい。

問6 下線部(III)の代謝が起こる際、副産物として生成される有毒な物質名①とこれを解毒する代謝系路名②をそれぞれ答えなさい。

問7 間脳の (b) が、副交感神経の働きを介して膵臓に働きかけた場合、どの細胞①から何というホルモン②が分泌されるか答えなさい。

問8 問7にある分泌されたホルモン②の構造を、句読点を含め30字以内で答えなさい。

3

抗体に関する次のⅠ、Ⅱの文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

Ⅰ. 抗体は2対のサブユニットからなるタンパク質である。内側の長い1対のサブユニットはH鎖であり、全長のほぼまん中の位置の前後で4つのジスルフィド結合(S-S結合)によりそれぞれL鎖、H鎖と結合している。H鎖同士^①の結合は近接した2つのS-S結合によっている。このため抗体は中央のヒンジ部(ちょうつがいの意味)と呼ばれる位置で折れまがることができる。H鎖とL鎖は可変部領域と定常領域にわけられる。

問1 文章中の二重下線を付した部分が明確になるようにして抗体の構造の模式図を図示しなさい。

問2 パパインとペプシンはH鎖の下線部①の部位をはさみきわめて近接した部位を切断する酵素である。パパインはヒンジ部側のH鎖を、ペプシンは反対側のH鎖を切断する。抗体の分子量を15万とした場合、(a)パパイン、(b)ペプシンで処理後に生じた産物のうち、可変部領域を含むものの分子量はそれぞれおよそいくらになるか答えなさい。

問3 分子量15万の抗体が結合する抗原の分子量を2.5万とした場合、抗体0.3mgに結合できる抗原の最大量は何mgか求めなさい。なお、抗原分子1つあたり1カ所の抗体結合部位を持つとする。

問4 H鎖とL鎖の可変部には、抗体間でアミノ酸配列が大きく異なる超可変領域と呼ばれる領域がそれぞれ3つずつある。この領域の役割を10字以内で答えなさい。

問5 L鎖とH鎖の可変部は別々の遺伝子によって規定され、L鎖はVとJ、H鎖はVとDとJという遺伝子のそれぞれ1つずつを組み合わせることで再編成してつくられる。L鎖のV遺伝子は300種類、J遺伝子は5種類存在し、H鎖のV遺伝子は300種類、D遺伝子は20種類、J遺伝子は6種類存在していると仮定すると、理論上何通りの抗体をつくることができるかを求め、例にならって上位3桁を四捨五入し、有効数字2桁の指数で答えなさい。

例：12345 → 1.2×10^4

問6 DNA上の様々な変化により、実際には問5で求めた値よりも多くの種類の抗体ができる。その原因となる現象の総称を答えなさい。

3

アンモニアは、工業的には触媒を用いて、式(i)の平衡反応を利用して製造される。



いま、体積可変の反応容器に 2.0 mol の窒素と 6.0 mol の水素を封入し、全圧を 1.0×10^7 Pa、温度を 277°C に保って放置すると、体積が 2.3 L になって平衡状態 I に達した。以下の各問いに答えなさい。

問 1 式(i)の反応の圧平衡定数 K_p と濃度平衡定数 K_c の関係を表す式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、 T は絶対温度、 R は気体定数である。

- A. $K_p = K_c \times (RT)^{-2}$ B. $K_p = K_c \times (RT)^{-1}$ C. $K_p = K_c$
D. $K_p = K_c \times (RT)$ E. $K_p = K_c \times (RT)^2$

問 2 平衡状態 I におけるアンモニアの物質量は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.0 mol B. 2.0 mol C. 3.0 mol D. 4.0 mol E. 5.0 mol

問 3 式(i)の平衡状態について記述した(ア)～(オ)のうち、正しいものはいくつあるか。ただし、式(i)の正反応は発熱反応である。A～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 温度を一定にして全圧を高くすると、アンモニアの生成量は増加する。
(イ) 温度を一定にして全圧を低くすると、アンモニアの生成量は減少する。
(ウ) 全圧を一定にして温度を高くすると、アンモニアの生成量は増加する。
(エ) 全圧を一定にして温度を低くすると、アンモニアの生成量は減少する。
(オ) 温度と全圧を一定にして触媒を増やすと、アンモニアの生成量は増加する。

- A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ

問 4 平衡状態 I から、全圧を 3.0×10^7 Pa、温度を 427°C に保って放置すると、体積が 1.1 L になって平衡状態 II に達した。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 平衡状態 II での反応容器中の気体の物質量は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.8 mol B. 3.1 mol C. 4.4 mol D. 5.7 mol E. 7.0 mol

(2) 平衡状態 II でのアンモニアの物質量は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.9 mol B. 1.7 mol C. 2.3 mol D. 2.8 mol E. 3.4 mol

4

以下の各問いに答えなさい。

問1 濃度のわからない酢酸水溶液 10.0 mL をホールビペットでビーカーに量り取り、そこに水 10.0 mL と指示薬を加えた。これに、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 20.0 mL を滴下したところ終点に達した。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 水酸化ナトリウム水溶液を 5.0 mL 滴下したときの溶液の pH はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、酢酸の電離定数 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L, $\log_{10} 2.7 = 0.43$, $\log_{10} 3.0 = 0.47$ を用いなさい。

A. 3.1 B. 3.6 C. 4.1 D. 4.6 E. 5.1 F. 5.6

(2) この滴定に用いる指示薬に関する記述の中で正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、メチルオレンジ、フェノールフタレインの変色域の pH は、それぞれ 3.1 ~ 4.4, 8.0 ~ 9.8 である。

- A. 中和点の pH は酸性側に偏り、中和点付近の pH の変化の幅はやや狭いため、酸性側に変色域のあるメチルオレンジを用いる必要がある。
- B. 中和点の pH は酸性側に偏っているが、中和点付近の pH の変化の幅は広いので、塩基性側に変色域のあるフェノールフタレインを用いてもよい。
- C. 中和点の pH は 7 であり、その前後で pH は急激に変化するため、変色域がこの範囲にあるフェノールフタレインとメチルオレンジのどちらも用いることができる。
- D. 中和点の pH は塩基性側に偏り、中和点付近の pH の変化の幅はやや狭いため、塩基性側に変色域のあるフェノールフタレインを用いる必要がある。
- E. 中和点の pH は塩基性側に偏っているが、中和点付近の pH の変化の幅は広いので、酸性側に変色域のあるメチルオレンジを用いてもよい。

問2 メタンに関する次の (ア) ~ (オ) の記述のうち、誤っているものはいくつあるか。A ~ E の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) メタン分子の中心にある炭素原子の電子配置はネオン原子の電子配置と同じである。
- (イ) メタン分子の C-H 結合には極性があるが、分子全体としては無極性である。
- (ウ) 液体状態のメタンでは、アンモニアや水と同じように分子間に水素結合が生じる。
- (エ) メタン分子の水素原子 2 個を塩素原子 2 個で置き換えると、異性体が 2 種類生じる。
- (オ) メタンは水によく溶け、弱酸性を示す。

A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ

Ⅱ. 遺伝情報を維持するためには、正確な DNA 複製が必須である。DNA 複製過程で起こる塩基配列の間違いは 10^9 塩基に 1 つにまで抑えられている。ヒト細胞の核内には約 (c) 塩基の DNA が存在するから、1 回の DNA 複製では (d) 個の間違ったヌクレオチドしか新生 DNA 鎖に取り込まれないことになる。これは DNA ポリメラーゼに備わっている校正機能が、相補結合できなかった塩基をもつヌクレオチドの取り込みを^①防止するメカニズムの 1 つだからである。

問 5 上記の文章の空欄 c, d に最も適切な数値を答えなさい。

問 6 下線部 ① について、ヒトでは数種類の DNA ポリメラーゼが存在するが、その全てに校正機能が備わっているわけではない。ここでひとつの実験を行った。10,000 塩基以上合成できる DNA ポリメラーゼに校正機能を人工的に欠失または付加させた DNA ポリメラーゼを作製し、様々な長さの鋳型 DNA を用いて合成された DNA 鎖の間違い箇所を検討し、以下の表に示した。

表. 校正機能の有無による DNA 合成の間違い箇所の一例

DNA ポリメラーゼの種類	合成された DNA の長さ		
	100 塩基	1,000 塩基	10,000 塩基
校正機能をもつ DNA ポリメラーゼ	0 箇所	0 箇所	1 箇所
校正機能をもたない DNA ポリメラーゼ	0 箇所	2 箇所	18 箇所

上記の数値を踏まえて、以下のヒト細胞に存在する DNA ポリメラーゼのうち、校正機能をもつ必要がある DNA ポリメラーゼと考えられるものを選んで、その番号を答えなさい。

1. 1 ヌクレオチドを合成する酵素
2. 10 ～ 30 ヌクレオチドを合成する酵素
3. 100 ヌクレオチド程度を合成する酵素
4. 3,000 ヌクレオチド以上を合成する酵素
5. プライマーを合成する酵素