

平成30年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 平成30年1月26日、午後1時30分から3時50分まで
 2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1)、(その2)
 - 生物(その1)、(その2)
 - 物理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)
- 以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
 4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
 5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
 6. 休憩のための途中退室は認めません。
 7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上にのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
 8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙(選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2))、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
 9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

平成30年度医学部選抜I期入学試験

問題文 訂正

化学（その1）

1の構造式の例は

2の構造式の例を参照のこと

※訂正があるので、板書書きをしたうえで、アナウンスをしてください。聞き取れなかったと質問された場合は、この用紙を見せて口頭で話さないでください。

平成30年度医学部選抜I期入学試験

問題文 訂正

物理 (その2)

3 (5)

(誤) $5.0 \times 10^{-8} \text{ m}$, $6.0 \times 10^{-8} \text{ m}$

(正) $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$, $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$

※訂正があるので、板書書きをしたうえで、アナウンスをしてください。聞き取れなかったと質問された場合は、この用紙を見せて口頭で話さないでください。

化 学 (その1)

注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。
3. 原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, Al : 27.0, Cl : 35.5, Cu : 63.5, Ag : 108

1 次の文を読み、問に答えよ。

動物は、グルコースを利用して解糖系-クエン酸回路により、ATPを合成しエネルギー源としている。グルコースが不足すると、まず肝臓に貯蔵されていたグリコーゲンを分解してグルコースを作り、血糖値を維持し、次いでタンパク質からグルコースを作る糖新生の経路が活性化して血糖値を維持する。貯蔵脂肪は必要時に脂肪酸として血液中に放出され、細胞に取り込まれ、ミトコンドリア内で β 酸化され、アセチル CoA となる過程でエネルギーを産生する。アセチル CoA がクエン酸回路に入るためには、オキサロ酢酸が必要となるため、動物では、脂質は実質的な糖新生の材料とはならない。

一方、植物細胞には、脂質から糖新生への経路がある。植物細胞では、クエン酸回路の迂回経路として以下の反応がある。まずイソクエン酸がグリオキシル酸とコハク酸へと分裂する。グリオキシル酸は、リンゴ酸シンターゼの作用でアセチル CoA と反応し、リンゴ酸へと合成される。その後リンゴ酸はオキサロ酢酸へと代謝される。コハク酸はフマル酸へと代謝され、次いでリンゴ酸へと代謝された後、オキサロ酢酸を生じる。オキサロ酢酸はピルビン酸へと代謝され、糖新生の材料となる。

植物細胞では、カルビン経路の中間代謝産物から生じたグリコール酸が酸化してグリオキシル酸となり、これにアミノ基が転移し、グリシンが合成される経路がある。タデ科やアカザ科の植物にナトリウム塩やカルシウム塩として多く含まれるシュウ酸は、グリオキシル酸が酸化することで生じる。シュウ酸は2価の酸あるいは還元剤として作用する。シュウ酸は、(A)イオンと結合し、尿中で結晶となり尿路結石の原因となることがある。また、還元作用を持つため硫酸酸性水溶液中で過マンガン酸カリウムと反応し、水と二酸化炭素を生じる。シュウ酸は2価の酸

第1段階 $K_1 = 5.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

第2段階 $K_2 = 5.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

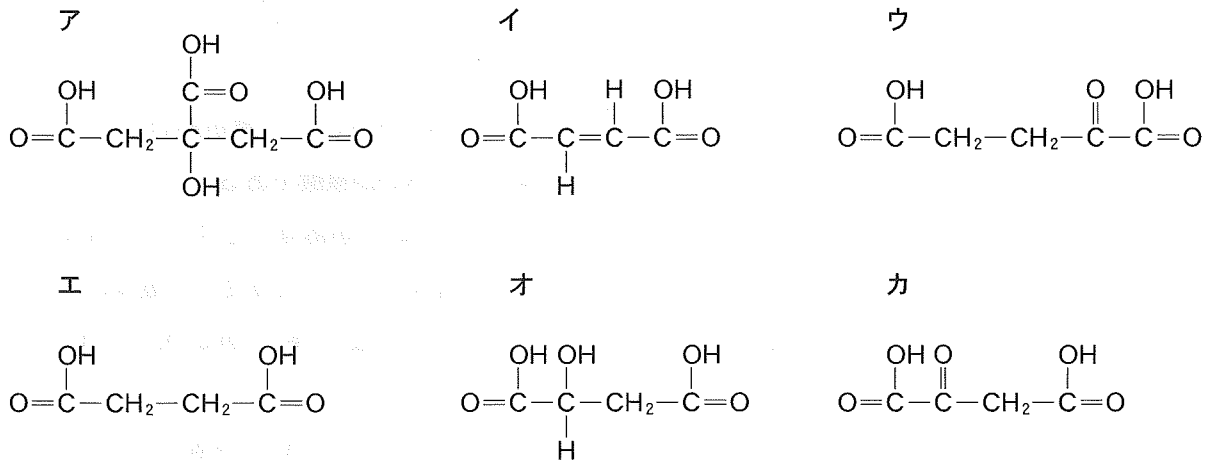


図 1

- 問 1 リンゴ酸は図 1 のア～カのうちどれか。記号で記せ。
 問 2 シュウ酸の構造式を例にならって記せ。
 問 3 グリコール酸の構造式を例にならって記せ。
 問 4 グリオキシル酸の構造式を例にならって記せ。
 問 5 A に当てはまる元素の名称を記せ。
 問 6 下線部 1 の反応は、脱炭酸反応、加水分解反応、脱水反応、のうちどれか。選んで記せ。
 問 7 下線部 2 の化学反応式を完成させよ。



- 問 8 2 価の酸の水素イオン濃度を求める際に、第 2 電離定数 K_2 が第 1 電離定数 K_1 より 10000 倍以上小さい場合は、第 2 電離定数 K_2 を無視して、 $[\text{H}^+] = \sqrt{C \times K_1}$ で近似することが可能である。しかし、シュウ酸のように第 2 電離定数が大きい場合には、厳密に第 2 電離定数による効果を含めた計算が必要となり、 K_1 、 K_2 、 K_w (水のイオン積)、および C (濃度 mol/L) を用いて、4 次式で表すことができる。式を完成させよ。

$$[\text{H}^+]^4 + \square [\text{H}^+]^3 + \square [\text{H}^+]^2 - \square [\text{H}^+] - \square = 0$$

- 問 9 1.0 mol/L シュウ酸水溶液の pH を 5.0 に調整した。25 °C で、この水溶液中に存在するシュウ酸、シュウ酸水素イオン、シュウ酸イオン、のうち最も多いのはどの分子か、そしてそれは総和の何%を占めるか。答えは四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

2 次の文を読み、問に答えよ。

核酸塩基とペントースが結合したものを(ア)とよび、それにリン酸が結合したものを(イ)と呼ぶ。(イ)同士がホスホジエステル結合したものが核酸である。

DNAを構成する塩基としてプリン塩基には(ウ)と(エ)があり、ピリミジン塩基には(オ)と(カ)とがある。2本鎖DNAでは、プリン塩基の1つとピリミジン塩基の1つが(キ)により相補鎖を形成しており、(ウ)と(オ)は(キ)が2つ、(エ)と(カ)は(キ)が3つある。

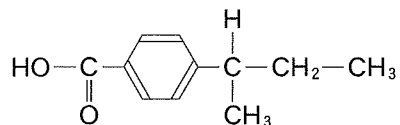
2本鎖DNAにおいて突然変異が生じる原因の一つとして、(カ)が脱アミノ化して(ク)へと変化する作用機構がある。(ク)は次のDNA複製時に(ウ)と相補鎖を形成する。もう一度DNA複製が起きると変異導入前は、(エ)―(カ)であったものが(ウ)―(オ)となる。この現象が以下の6塩基対からなる配列で起きると、変異前はAsnValであったものが、(ケ)へと変異する。

5' AATGTA 3' ← タンパク産物を規定する鎖。

3' TTACAT 5' ← mRNA合成の鋳型となる鎖。

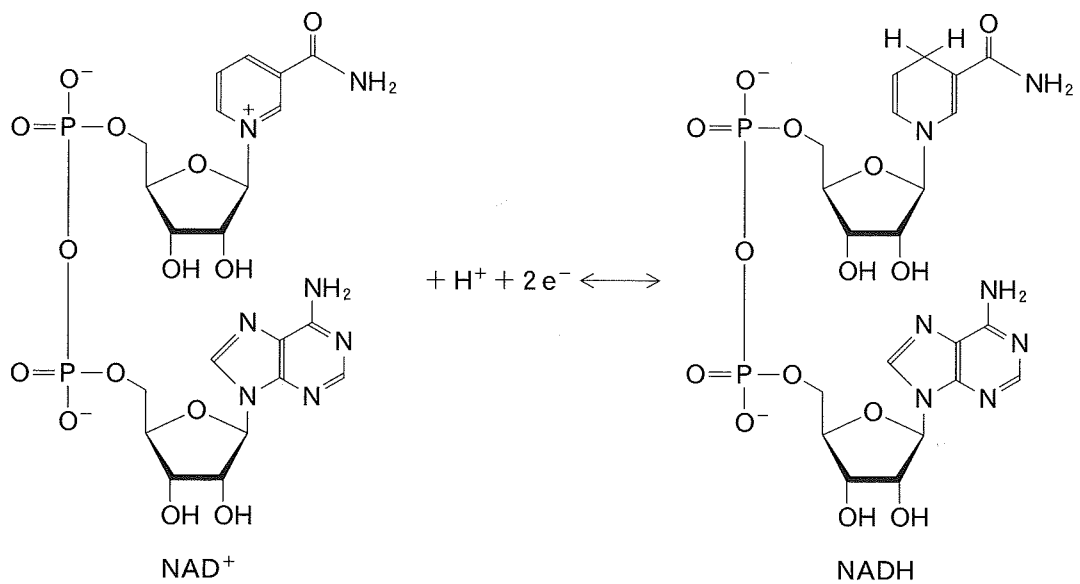
(イ)はリン酸供与体としてのアデノシン3リン酸(ATP)や、補酵素の一つであるニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD)を構成する材料となる。NADは図Aに示すように酸化型のNAD⁺あるいは還元型のNADHとなりうるため、酸化還元反応の補酵素として機能する。

構造式の例



コドン表は以下を使え。

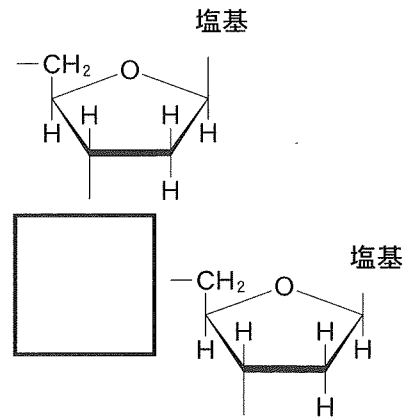
1 st	2 nd				3 rd
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	—	—	A
	Leu	Ser	—	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G



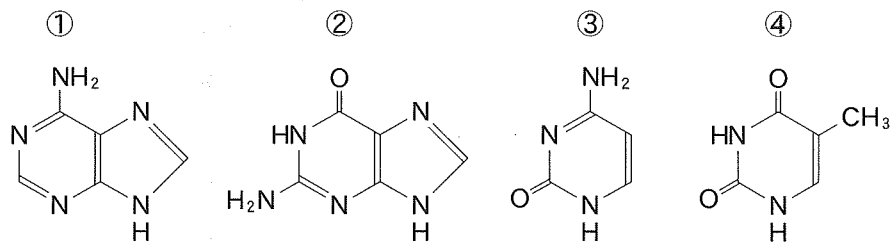
図A

問 1 (ア)~(ケ)にあてはまる語句を記せ。

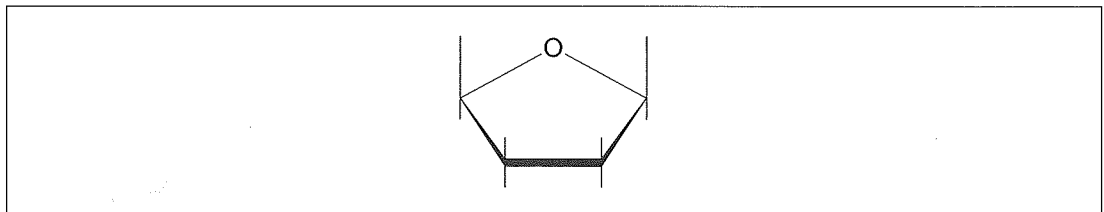
問 2 下図の□部分にあてはまるホスホジエステル結合の構造を例にならって記せ。



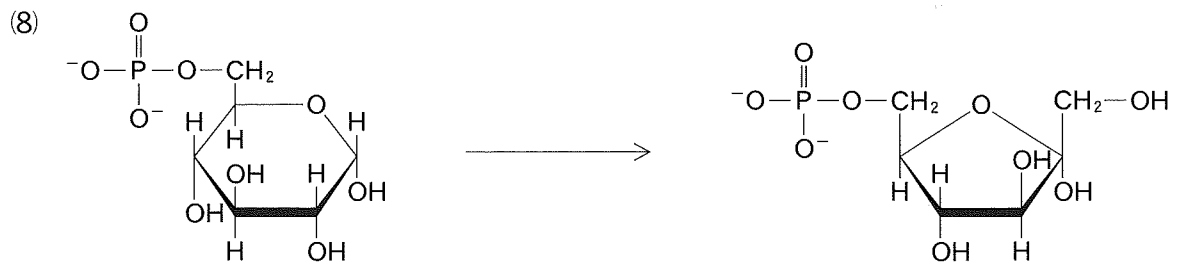
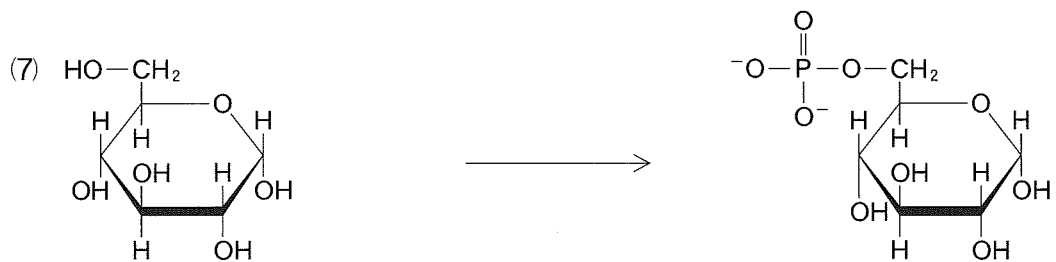
問 3 5' AGTCCG 3' に相補的な 6 塩基配列の塩基を次の①~④から選び、5' から 3' 方向へ並べ番号で記せ。

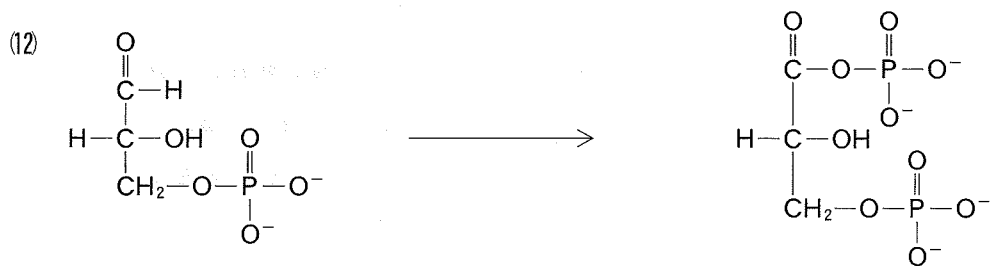
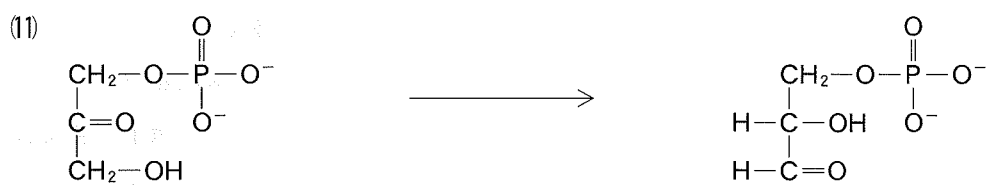
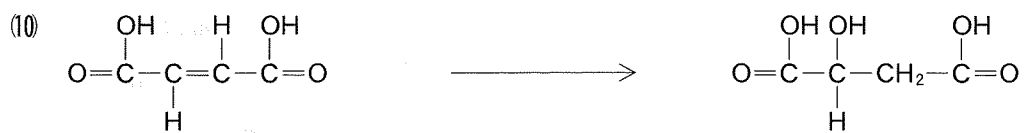


問 4 ATP の構造を完成させよ。構造式は例にならえ。



問 5 次に示す(1)~(12)の生体内での反応のうち、NADを補酵素とする酸化還元反応を5つ選び、番号で記せ。





化 学 (その2)

3 以下の問題に答えよ。

問 1 炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)と、水酸化ナトリウム(NaOH)の混合液 30 mL に対して、 0.30 mol/L の希塩酸(HCl)を用いて滴定をおこなったところ、第 1 中和点までに 50 mL、第 2 中和点までに 70 mL を要した。混合液に含まれていた炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの濃度はそれぞれ何 mol/L か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 以下の a, b に適切な値を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

面心立方格子を形成する金属であるアルミニウムの、単位格子の 1 辺の長さを $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、 1.0 cm^3 中には (a) 個のアルミニウム原子が含まれることになり、その密度は (b) g/cm^3 と求められる。なお、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

問 3 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて塩化銅(II)水溶液を電気分解したところ、陽極の白金板上に 21.3 g の塩素が発生した。陰極では何 g の銅が析出したか。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。ただし発生した塩素は水溶液には不溶とする。

問 4 1 mol のエタノールを完全燃焼させると 1368 kJ の熱を発生する。水の生成熱は 286 kJ/mol 、エタノールの生成熱は 278 kJ/mol であるとき、黒鉛の燃焼熱 [kJ/mol] を整数で求めよ (小数点以下が出た場合は四捨五入せよ)。ただし、エタノールおよび水は液体、水素、酸素、および二酸化炭素は気体とする。

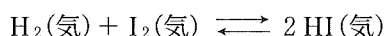
問 5 124 g のメタンとプロパンの混合気体を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が 4 : 7 の物質質量比で得られた。以下の設問に答えよ。

a. 混合気体に含まれるメタンとプロパンの物質質量比を求めよ。

b. 生成した二酸化炭素は何 g か。整数で答えよ (小数点以下が生じた場合には四捨五入せよ)。

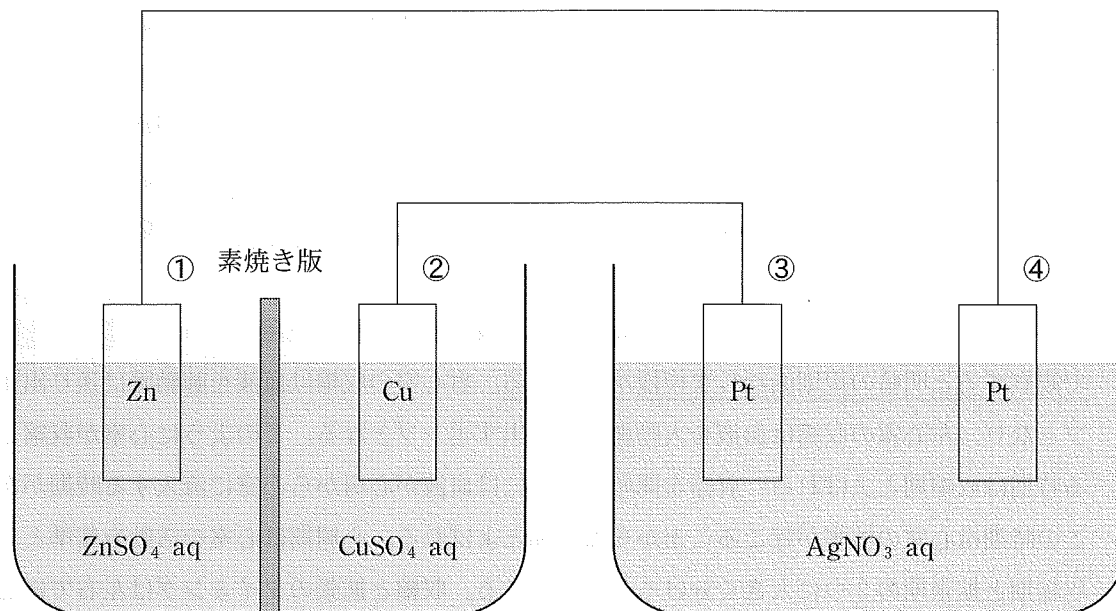
問 6 容積 1.5 L の真空容器に、ドライアイス 8.8 g をいれて密栓し、 27°C に保ったところ、ドライアイスがすべて気体になった。このときの容器内の圧力は何 Pa か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

問 7 5.0 L の密閉容器に水素 6.0 mol、ヨウ素 3.0 mol を入れ、ある一定温度に保つと、ヨウ化水素 4.0 mol を生じ、下記の反応が平衡状態になった。



この温度における上記の反応式の平衡定数を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

- 4 図のようなダニエル電池を電源とする電気分解装置を用いて硝酸銀水溶液を電気分解したところ、白金板に0.54 gの銀が析出した。以下の問いに答えよ。ただしファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。



- 問 1 銀が析出した白金板電極の番号を①～④の数字で答えよ。
- 問 2 流れた電気量は何 C か。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。
- 問 3 ダニエル電池で正極となる電極の番号を①～④の数字で答えよ。
- 問 4 ダニエル電池の銅板電極では銅の質量が変化している。
質量は何 g 変化したか、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。
なお、銅板の変化を増加あるいは減少で答えよ。
- 問 5 電解槽ではある気体が発生した。気体が発生した電極の番号、発生した気体の名称(分子式)と標準状態での体積(L)を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお発生した気体は水溶液には不溶とし、標準状態における気体 1 mol の体積を 22.4 L とする。

生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトの心臓は2つの心房と2つの心室からなる。大静脈から右心房に入った血液は、次に右心室に流入し、肺動脈を經由して肺に到達する。血液は肺から肺静脈を経て左心房に入り、次に左心室に流入する。心臓の要所には弁が存在する。心房と心室の間には房室弁があり、右心房と右心室の間にある房室弁を三尖弁、左心房と左心室の間にある房室弁を僧帽弁とよぶ。さらに左右の心室の出口にはそれぞれ動脈弁があり、右心室の出口には肺動脈弁、左心室の出口には大動脈弁が存在する。

心臓には心筋があり、心臓はその収縮により血液のポンプ作用を発揮する。心筋繊維を顕微鏡で観察すると明暗の規則的なしま模様が見られる。^①右心室の収縮は血液を肺動脈に送り出すポンプとなり、左心室の収縮は血液を大動脈に送り出すポンプとなる。このように心室が収縮している時期は収縮期とよばれる。収縮を開始する前には血液が心房から心室に流入する時期があり、この時期は心室の拡張が起こることから拡張期とよばれる。心周期は心室の活動を基準として、収縮期と拡張期の2つに大きく分けることができる。収縮と拡張のタイミングは左右でほとんど同じである。

心臓は規則的なリズムで拍動し、このリズムは(ア)という部分によって作られる。(ア)には交感神経と副交感神経が分布し、心臓の拍動数が調節されている。交感神経からの信号は拍動数を増加させ、副交感神経からの信号は拍動数を低下させる。交感神経の末端からは(イ)という神経伝達物質が分泌され、副交感神経の末端からは(ウ)という神経伝達物質が分泌され、(ア)に作用する。心臓の拍動数はホルモンによる調節も受けており、(エ)から分泌されるアドレナリンは拍動数を増加させる。

血液の移動には弁の適切な開閉が必要である。左心房と左心室での血液の流れと弁の動きを考えてみる。左心室の収縮が始まると左心室内圧は急激に上昇し、(オ)弁が閉鎖する。少し遅れて(カ)弁が開き、左心室から血液が送り出される。やがて左心室の収縮が弱まり、左心室内圧が低下して(カ)弁がすばやく閉じる。左心室はもはや血液を送り出すことはできない。左心室の弛緩が始まり、左心室内圧が左心房内圧よりも(キ)すると(オ)弁が開き、血液は左心房から左心室に流入する。

弁の動きは心音にも関係する。聴診器で心臓の音を聞くと第1音と第2音とよばれる心音が聞こえる。第1音は房室弁、すなわち僧帽弁と三尖弁の閉鎖による振動に由来し、第2音は動脈弁、すなわち大動脈弁と肺動脈弁の閉鎖による振動に由来する。そこで心音と心周期の関係を考えると、第1音と第2音の間は(ク)期である。

肺胞で血液中に取り込まれた酸素は、主として赤血球中のヘモグロビンに結合して運ばれる。酸素と結合しているヘモグロビンは酸素ヘモグロビンとよばれる。酸素は水溶液に溶けにくく、したがって血しょう中に物理的に溶解して運ばれる酸素は少ない。酸素ヘモグロビンを多く含む

血液は鮮紅色をしており、動脈血とよばれる。酸素と結合していないヘモグロビンを多く含む血液は暗赤色をしており、静脈血とよばれる。一部の例外を除き、動脈には動脈血が流れ、静脈には静脈血が流れている。

全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合を酸素飽和度といい、酸素飽和度と酸素濃度（あるいは酸素分圧）の関係をグラフに表したものをヘモグロビン酸素解離曲線という。ヘモグロビン酸素解離曲線はふつう S 字形を呈し、二酸化炭素濃度の影響を受けて左右への移動が起こる。例えば、二酸化炭素濃度が高い場合、ヘモグロビンと酸素は結合（ケ）なり、ヘモグロビン酸素解離曲線は（コ）に移動する。またヘモグロビンの種類が異なるとヘモグロビンと酸素の結合性が異なる。例えば胎児では胎盤を通じて酸素が供給される。胎盤は肺に比べて酸素濃度が極めて低い環境である。胎児のヘモグロビンはこのような低酸素環境に適している。

②

問 1 文字の（ア）～（コ）に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①でこのような特徴を示す筋を何とよぶか。漢字で書きなさい。

問 3 房室弁の役割を 20 字以内で説明しなさい。

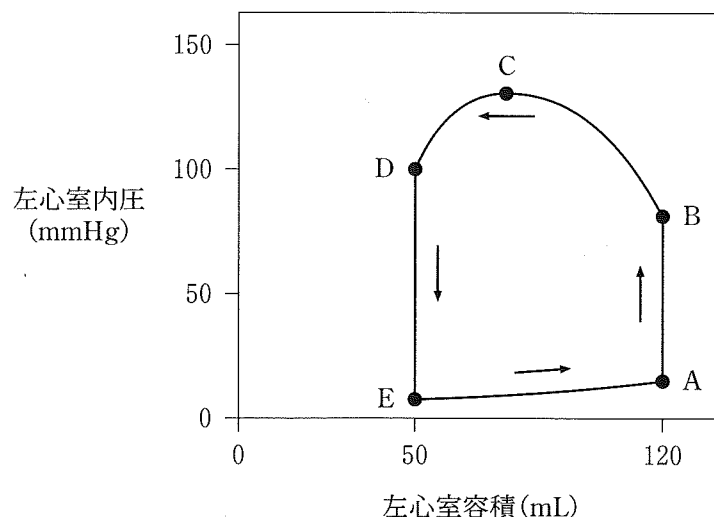
問 4 三尖弁が開いているのは収縮期と拡張期のいずれか答えなさい。

問 5 図は安静時の健康な成人における 1 つの心周期での左心室容積と左心室内圧の変化を示した模式図である。心周期ごとに A → B → C → D → E → A をくり返す。この図で第 1 音と第 2 音が聞こえるのはどの時期か。それぞれ A～E から適切なものを選び、記号で答えなさい。

問 6 図で A から始まり、B、C、D、E を経て A に戻るまでの時間を 0.75 秒とする。このとき、1 分間に心臓が送り出す血液量を答えなさい。

問 7 動脈血が流れる静脈の名称を書きなさい。

問 8 下線部②に関連し、胎児のヘモグロビンは母体のヘモグロビンに比べてどのような性質をもつか 10 字以内で説明しなさい。



2 次の(1)~(4)の植物ホルモンに関する文章を読み、以下の問いに答えなさい。

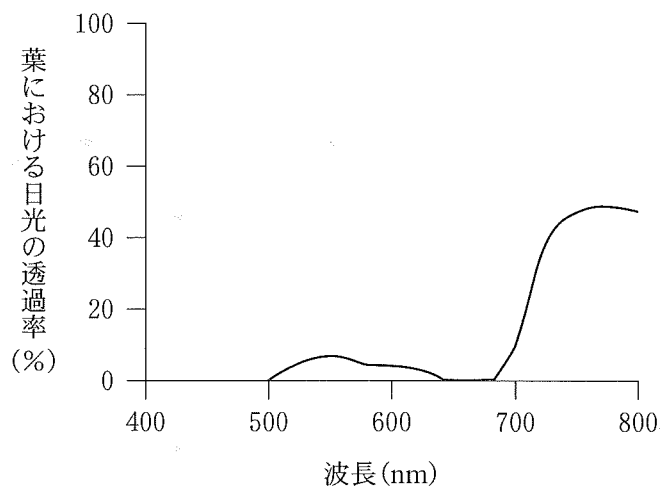
(1) 動物のホルモンは、特定の器官で生産され、血行によって運ばれ、離れた場所にある特定の標的器官に作用し、少量で特異的効果を発揮する物質とされる。一方、植物にも同様なはたらきをもつ生理活性物質が存在し、植物ホルモンと総称される。植物ホルモンは、植物のある部分でつくられ、植物体のほかの部分に運ばれ、植物の成長や環境変化に対する反応を調節する。

問 1 動物と同様、植物も様々な環境変化にさらされる。環境変化に対応するとき、動物は有するが植物は有さない能力は何か。5字以内で書きなさい。

(2) 種子は発芽の条件がそろうまで休眠している。植物ホルモンの(ア)には種子の休眠を維持する作用がある。種子には、レタスのように発芽に光を必要とする光発芽種子もある。光発芽種子の発芽を促進する効果があるのは赤色光(波長が660 nm 付近の光)で、遠赤色光(波長が730 nm 付近の光)にはこの効果を打ち消す作用がある。光を感知する物質は(イ)とよばれる色素タンパク質で、光受容体としてはたらく。(イ)は赤色光吸収型のPr型と遠赤色光吸収型のPfr型の2つの型をとり、光の吸収により相互に変換される。Pfr型の(イ)の割合が増えると、(ウ)の合成が誘導され、発芽が促進される。

問 2 (ア)~(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問 3 図は光の波長と葉における透過率の関係を示したグラフである。図を参考にして、森林の地表面(林床)がどのような環境にあるとき、Pfr型の(イ)の割合が増えるか、30字以内で説明しなさい。



(3) 頂芽が成長しているとき、下方の側芽の成長が抑制されている。この現象を(エ)といい、植物ホルモンが関与する。とりわけ頂芽でつくられて基部方向に移動するオーキシンの関与が知られている。茎におけるオーキシンの移動には極性がある。この極性移動によってオーキシンは上の(オ)からその下の(カ)へ移動する。そこで、オーキシンをつくっている頂芽を切り取ると、下方にある側芽は成長を開始する。しかし、(エ)においては、頂芽でつくられたオーキシンが側芽に移動して直接的に側芽の成長を抑制するのではない。研究によると、頂芽に由来するオーキシンは、側芽の成長に必要な(カ)の合成を抑制し、それにより側芽の成長を抑制すると考えられている。

問 4 (エ)~(カ)に適切な語句を入れなさい。

問 5 (エ)の現象の利点を 30 字以内で書きなさい。

問 6 以下の条件①, ②で側芽が成長するかそれぞれ答えよ。成長する場合は○, 成長しない場合は×を記入しなさい。

① 頂芽を切り取った切り口にオーキシンを与える。

② 頂芽が存在している状態で、側芽に(カ)を与える。

問 7 茎でのオーキシンの極性移動では、オーキシンを(オ)内から(オ)外へ排出するオーキシン排出輸送体の(オ)での局在に特徴がある。この局在について 20 字以内で説明しなさい。説明には(オ)に入る語句を含めること。

(4) (キ)やアブシシン酸は、葉の老化を促進する植物ホルモンである。葉の老化が進むと、(キ)の作用によって、葉柄の付け根に(ク)とよばれる特別な細胞層が形成される。(ク)の細胞では、細胞壁の接着をゆるめる酵素の合成が促進され、葉が脱離する。

問 8 (キ), (ク)に適切な語句を入れなさい。

問 9 (キ)について書かれた文を(a)~(e)からすべて選び、記号で答えなさい。

(a) 屈性を制御する。

(b) 単為結実を促進する。

(c) 肥大成長を促進する。

(d) 果実の成熟を促進する。

(e) 気体として放出される。

生 物 (その2)

3 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

細胞呼吸を構成する多くの化学反応は3つの主要な段階に分類できる。すなわち、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系である。解糖系の過程では、グルコース1分子が2分子の(ア)と呼ばれる化合物に分解される。クエン酸回路では、(ア)は(イ)内で、CoA(補酵素A)が加わって、 C_2 化合物の(ウ)となり、これが C_4 化合物の(エ)と結合して C_6 化合物の(オ)となる。1分子の(オ)が再び(エ)に変わるまでの過程で、脱水素酵素により外された水素で補酵素が還元され、3分子の(カ)と1分子の(キ)がつくられる。これらは電子伝達系でのATP合成に利用される。解糖系とクエン酸回路では少量のATPが直接つくられるが、電子伝達系では放出されるエネルギーを使って大量のATPが合成される。

問1 (ア)～(キ)を適切な語句で埋めなさい。

問2 グルコースを与えられた酵母菌を好氣的環境から嫌氣的環境に移した。この菌がATPを同じ速度で合成し続けるためには、嫌氣的環境ではどのくらいのグルコースが消費されなければならないか。ただし、電子伝達系ではグルコース1分子あたり28ATPがつけられたとする。30字以内で答えなさい。

問3 ATP合成酵素によるATP合成に用いられる直接のエネルギー源はどれか。

- a. リン酸のADPへの転換
- b. 電子伝達系を下る電子の流れ
- c. 酵素の電子に対する親和性
- d. グルコースと他の有機化合物の酸化
- e. ATP合成酵素をもつ膜を介した H^+ 濃度勾配

問4 電子伝達系に電子が流れるとき、次のうちどれが起こるか。

- a. NAD^+ が酸化される。
- b. 電子が自由エネルギーを獲得する。
- c. マトリックスのpHが上昇する。
- d. ATP合成酵素が能動輸送によって水素イオンを輸送する。
- e. シトクロムがADPをリン酸化してATPをつくる。

問 5 電子伝達系の最後の電子受容体は何か。

問 6 電子伝達系で、酸素 1 分子が水に変換される過程で使われる H^+ の数はいくつか。

問 7 異化過程に由来するほとんどの CO_2 はどの過程で放出されるか。

a. 解糖系

b. クエン酸回路

c. 乳酸発酵

d. 電子伝達系

e. 酸化的リン酸化

4 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

DNAの遺伝情報は、塩基の相補性に従ってRNAへと転写される。このとき、DNA中の塩基の相補性とは異なる塩基の対が見られ、DNAの塩基の(ア)がRNAの塩基の(イ)と対をつくる。遺伝情報の翻訳過程では、コドンと呼ばれるRNAの3つ組塩基がそれぞれポリペプチド中の1個のアミノ酸を指定する。アミノ酸を指定するコドンに加えて、遺伝暗号には開始シグナルとなる1個のコドンと翻訳終了を指定する3個の終止コドンがある。遺伝暗号には重複があり、大部分のアミノ酸は2つ以上の指定コドンが存在する。

表は mRNA の遺伝暗号表である。

一番目の塩基 (5' 末端側)	二 番 目 の 塩 基				三番目の塩基 (3' 末端側)
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } 終 止 UAG }	UGU } システイン UGC } UGA } 終 止 UGG } トリプトファン	U C A G
C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } イソロイ AUC } シン AUA } AUG } メチオニン	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラギ AAC } ン AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G
G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギ GAC } ン酸 GAA } グルタミン GAG } 酸	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U C A G

次の問に答えなさい。

問1 (ア), (イ)を埋めなさい。

問2 下線のコドンを具体的に記述しなさい。

問3 DNA分子を構成する2本の重合体の鎖はポリヌクレオチドとよばれ、ヌクレオチドとよばれる多数の単量体の連結によりできている。ヌクレオチドを構成する3成分は何か答えなさい。

問4 (ウ)～(オ)を埋めなさい。

鋳型となるDNAの塩基配列がGTAとすると、このDNAから転写されたRNA分子の塩基配列は(ウ)である。タンパク質合成の過程では、tRNAがmRNAコドンと結合する。tRNAアンチコドンの塩基配列は(エ)である。このtRNAに結合しているアミノ酸は(オ)である。

問 5 セリン-ロイシン-アラニンのアミノ酸配列に対応する mRNA の塩基配列は何通りあるか。

問 6 次の a ~ e の分子が主として関与する 1 ~ 3 の反応過程を正しく組み合わせなさい。

a. リボソーム

1. DNA 複製

b. rRNA

2. 転写

c. DNA ポリメラーゼ

3. 翻訳

d. RNA ポリメラーゼ

e. mRNA

物 理 (その 1)

1 以下の問いに答えなさい。

A 図 1 に示す極く薄い物質で出来た円錐の内部における円錐振り子を考える。長さ l のひもの先に質量 m の小球をつけて水平面上で半径 r の円運動を行わせた。小球は円錐内部面に接触しながら、角速度 ω で回転している。円錐の内側表面はなめらかである。ひもは伸び縮みせず、その質量は無視できるほど小さい。円錐の母線は水平面と角度 θ をなす。重力加速度の大きさを g とする。このとき以下の問いに答えなさい。なお設問(1)~(3)の答えは文字式で表しなさい。設問(4)の答えは単位を含む数値で答えなさい。

- (1) ひもの張力の大きさを求めなさい。
- (2) 円錐内側表面が小球に加える抗力の大きさを求めなさい。
- (3) 角速度の大きさが減少すると、小球は円錐の内側面を離れる。そのときの角速度の大きさを求めなさい。
- (4) 角速度が設問(3)の値のとき、小球が描く円軌道の半径は 0.300 m であった。ひもの長さ l を 1.30 m としたとき、小球が行う円運動の周期を数値計算して求めなさい。このとき $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ としなさい。また $2.5^{\frac{1}{4}} \doteq 1.26$ であることを使いなさい。

B 宇宙には超高速で自転していて、その自転周期が実際に観測されている特異な天体がある。自転の周期がわかっているので、その天体の密度を以下のようにして推し量ることができる。ただしこの天体は一樣な密度 d を持つ半径 r の球形をしていると仮定する。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 以下の文章の のうち(a), (b), (d), (e)に当てはまる適当な文字式を、また(c)に当てはまる適当な式をそれぞれ解答欄の所定の位置に記しなさい。なお万有引力定数を G とする。

いま、この天体の赤道上に静止している小物体 A を考える(図 2 参照)。この小物体の質量を m とする。A は天体本体(天体本体の質量を M とする)からの万有引力と抗力 N を受けて等速円運動を行っている。よって A が行う回転運動の運動方程式は以下のようなになる。ただし A の速さを v とする。

$$m \frac{v^2}{r} = \text{ (a) } \quad (1)$$

A の速さ v はこの天体の自転周期 T および半径 r を使って次のように表される。

$$v = \text{ (b) } \quad (2)$$

Aがこの天体の一部を構成し続けているためには抗力 N について次の条件式が必要である。

すなわち、

$$(c) \quad \boxed{} \quad (3)$$

また天体が一様な密度 d をもっているものと仮定すると、天体の質量 M は以下のように表すことができる。

$$M = \boxed{(d)} \quad (4)$$

以上の式を使うことにより、この天体の密度について π , G および T を用いて以下の式を得ることができる。

$$d > \boxed{(e)} \quad (5)$$

(2) 下表にいくつかの物質および天体のおおよその密度を示す。上の天体の周期が 1.19×10^{-3} s としたら式(5)から、この天体の密度は下表にあるどの物質あるいは天体と同程度と考えられるか。記号で答えなさい。なお万有引力定数 G の値を 6.67×10^{-11} N \cdot m²/kg² としなさい。

記号	種類	密度 (kg/m ³)
(イ)	空気	1.2
(ロ)	水	1.0×10^3
(ハ)	地球の中心部	9.5×10^3
(ニ)	金	1.9×10^4
(ホ)	太陽の中心部	10^5
(ヘ)	白色わい星	$10^8 \sim 10^{15}$
(ト)	原子核内部	$10^{16} \sim 10^{17}$

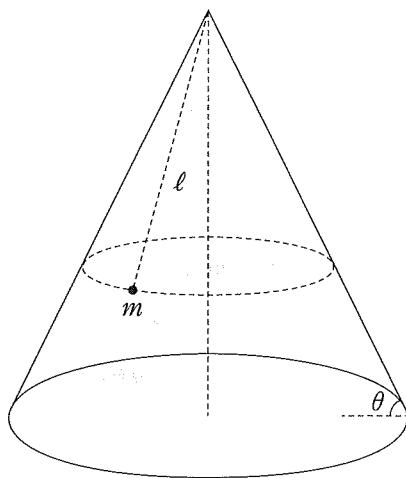


図 1

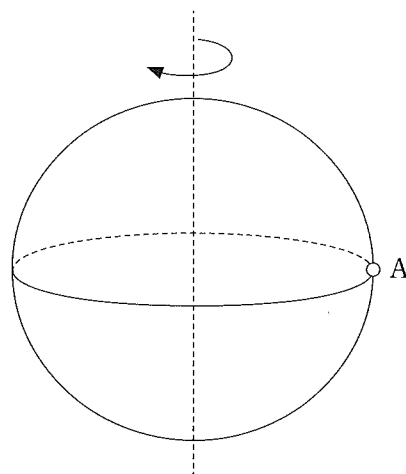
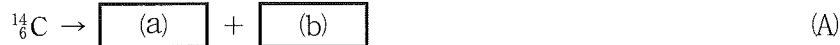


図 2

2 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

大気中の二酸化炭素には炭素 ^{12}C とよばれる通常の炭素以外に、炭素 ^{14}C という同位体が含まれている。大気中の ^{12}C に対する ^{14}C の比率 $\alpha = \frac{^{14}\text{Cの個数}}{^{12}\text{Cの個数}}$ は長期にわたり一定に保たれている。植物の組織内にも同じ比率で ^{12}C と ^{14}C が存在する。しかし植物が枯れたり、伐採されると炭素は取り込まれなくなり、 ^{14}C は β 崩壊していくので死んだ植物内で α は時間とともに減少する。この核反応式は下のようになる。



この崩壊のありさまは次のように考えてみるができる。いま野球場に6万人の人間が入っている。彼らは全員サイコロを持っていて1分おきに一齐にそれを振る。もしも1の目が出たらその人は野球場から退場する。サイコロの目の出る確率がすべて等しいとしたら、1分ごとに人間がおよそ $\frac{5}{6}$ の割合に減っていく事がわかる。どの人が野球場に残るのかは予想がつかないが人数は図に示すように減少する。

原子核の崩壊も野球場に残っている人数変化のように起こり、最初の原子核の数 N は減り続ける。崩壊は

$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad (\text{B})$$

という式に従うと考えられる。ここで k は原子核ごとに決まった一定値を取る崩壊を特徴づける定数である。これにより、ある時刻に存在した原子数が N_0 個とすると時間 t の $N(t)$ は次のようになる。

$$N(t) = \boxed{\text{(c)}} \quad (\text{C})$$

原子数が最初の半数 $\frac{N_0}{2}$ になるまでの時間を T とすると定数 k は T と $\log_e 2$ を用いて

$$k = \boxed{\text{(d)}} \quad (\text{D})$$

と表すことができる。この k を用いると式(C)は N_0 , T , t を使って

$$N(t) = \boxed{\text{(e)}} \quad (\text{E})$$

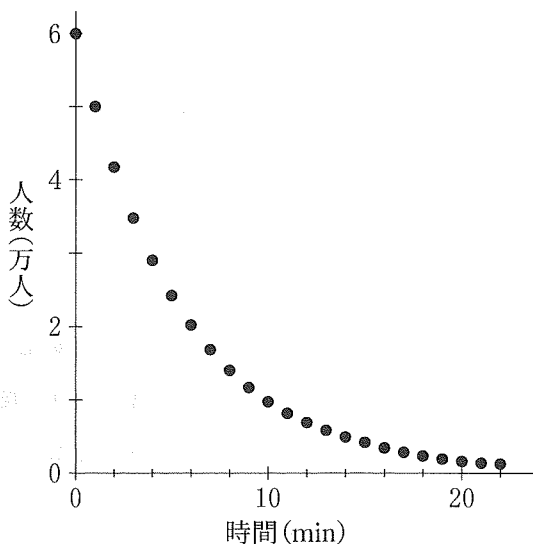
と変形できる。この式から最初 N_0 個あった原子が時間 T ごとに半減していくことがわかる。そこで時間 T を $\boxed{\text{(f)}}$ という。

(1) 文章中の $\boxed{\phantom{\text{(f)}}}$ の(ア)(イ)に入るもっとも適当な語句を解答欄に記しなさい。

(2) 核反応式(A)を完成させなさい。ただし(a)には崩壊してできた原子核を、 $^{14}_6\text{C}$ のように質量数と原子番号を添えて書き入れなさい。また電子、陽子、中性子および電磁波を表す記号をそれぞれ e^- , p , n および γ として、いずれかを(b)に入れなさい。なお式(A)の右辺にはさらに反ニュートリノという電気量が0、質量はほかの粒子に比べはるかに小さい物質が入る。しかしこの物質はこの問題で問われていることとは全く関係しないので、記載していない。

(3) 式(C), (D)および(E)にある の(c), (d)および(e)に当てはまる数式を書き入れなさい。
 必要なら下の【参考】を参照しなさい。

(4) 古代の遺跡から出土した土器に付着していた穀物に含まれる炭素 14 の比率 a がもとの比率の $\frac{3}{5}$ であった。この穀物が収穫されたのは今から何年前か。ただし炭素 14 の (1) を 5.70×10^3 年としなさい。なお $\log_{10} 2 = 0.3010$, $\log_{10} 3 = 0.4771$ としなさい。



【参考】 自然対数の底 e を使った x の関数である指数関数 e^{ax} は以下の二式を満たす。ただし $a (\neq 0)$ は x に依らない定数で, C は積分定数である。

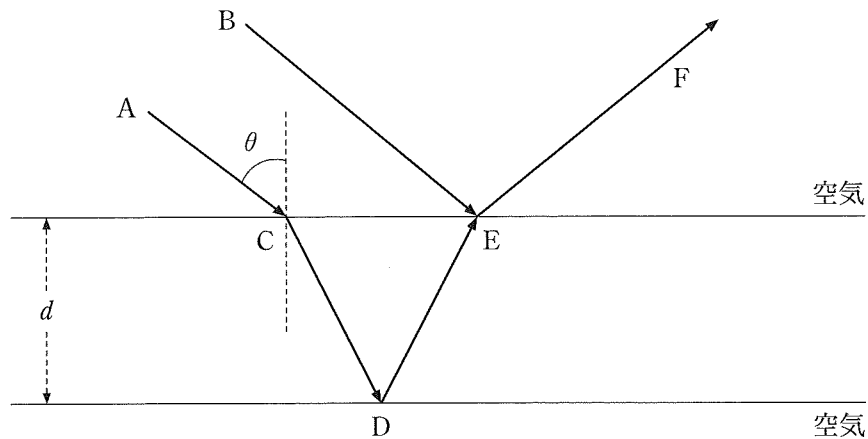
$$\frac{d}{dx} e^{ax} = a e^{ax}$$

$$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$$

物 理 (その2)

3 図のように、空気中(その屈折率を1とする)に厚さが d で屈折率 n の薄膜(ただし $n > 1$)を置き、空気中から波長 λ の正弦波の単色平行光線を入射角 θ で入射させた。薄膜に入射、屈折し、Dの空気との境界で反射する経路 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$ をとる光と、薄膜で反射する経路 $B \rightarrow E \rightarrow F$ をとる光の干渉を考える。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 薄膜の中における光の波長はいくらか。
- (2) 二つの光線による光路差を d , θ , n を用いて示しなさい。
- (3) 二つの光線の反射による位相の変化量の差はいくらか。
- (4) Fの方向から見た光が最も弱くなる条件を示しなさい。ただし必要なら自然数として $m = 1, 2, 3, \dots$ を使いなさい。
- (5) 厚さ d を求めるため光を垂直に入射させ、光の波長を変化させたところ、反射光の明暗が変化した。波長が $5.0 \times 10^{-8} \text{ m}$ のときに反射光が暗くなり、波長を少しずつ大きくしていき、 $6.0 \times 10^{-8} \text{ m}$ の時に再び暗くなった。薄膜の屈折率 n を 1.7 として d を求めなさい。



4 ダイオードに関する以下の問いに答えなさい。

A 図1に示される電流(I)—電圧(V)特性をもつ半導体ダイオードD, 内部抵抗の無視できる直流電源E, 抵抗値 $100\ \Omega$ の抵抗R, 電気容量 $30.0\ \mu\text{F}$ のコンデンサーC, スイッチSを用い, 図2のような回路を構成した。なお, 設問(1), (2)および(3)はスイッチを開いた状態で行った。図1に示すようにダイオードに流れる I は, $V \leq 0\text{ V}$ では0であり, $0\text{ V} \leq V$ ではOとPを通る直線に沿って変化をするものとし, OとPの座標(V, I)はそれぞれO($0\text{ V}, 0\text{ mA}$)とP($1.00\text{ V}, 50.0\text{ mA}$)である。いずれの解答にも単位を記入しなさい。

- (1) 直流電源Eの電圧 E を 3.00 V にしたとき, ダイオードDの両端間電圧とDで消費される電力を求めなさい。
- (2) 電源Eの電圧を $0 \leq E \leq 5.00\text{ V}$ の範囲で変えたときダイオードDを流れる電流 I が E とともにどう変わるかを解答欄のグラフに書き入れなさい。
- (3) 電源を図3に示すような最大値 5.00 V を持つ交流電源に交換した。この時, 抵抗Rに流れる電流(I)の時間(t)変化を解答欄のグラフに図示しなさい。なお, 図2中の \rightarrow 方向を電流の流れる正の向きとする。
- (4) 設問(1)の状態からスイッチSを閉じて十分に時間がたった。この時, コンデンサーCに蓄えられた電気量ならびに静電エネルギーを求めなさい。

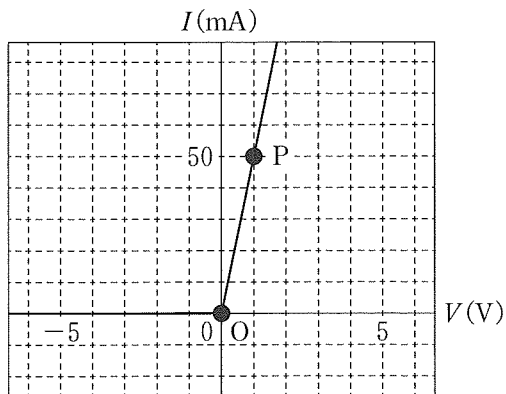


図1

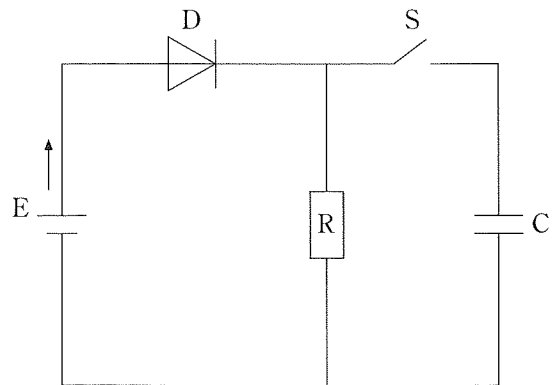


図2

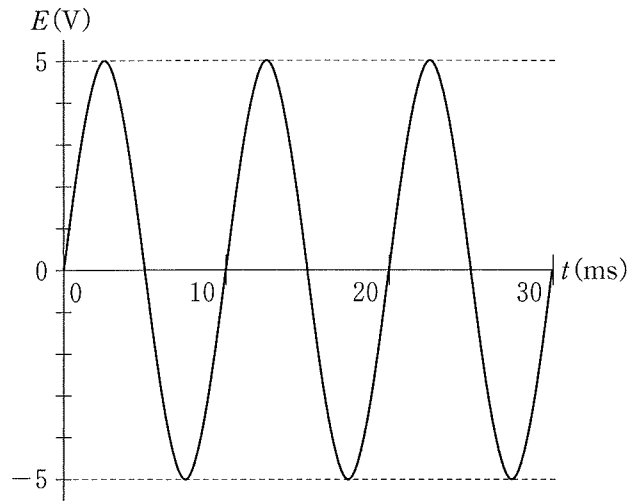


図 3

B 抵抗 R に図 4 のような電流が流れた。**A** と同じ特性のダイオードだけを用いて、このような電流を得るために図 5 の破線内に回路図を完成させなさい。ただしダイオードは複数個用いて構わない。

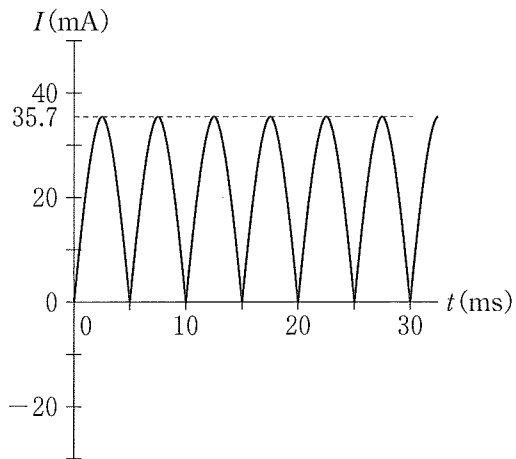


図 4

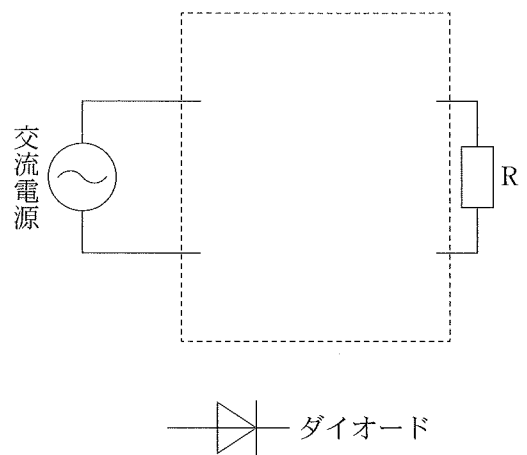


図 5