令　和　8　年　度
医学部前期入学試験問題

理　　科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

（時間：2出題科目で120分）

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　出題科目，ページ及び選択方法は，下表のとおりです。

出　題　科　目	ページ	選　　択　　方　　法
「物理基礎・物理」	1 ～ 3	左の3出題科目のうちから，あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	4 ～ 6	
「生物基礎・生物」	7 ～ 9	

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

4　解答は，すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

5　字数制限のある設問では，指示がない限り句読点や英数字も1字につき解答欄1マスを使い解答しなさい。

6　問題冊子の余白は，計算等に用いて構いません。

7　試験終了後，解答用紙のみを回収します。

物理基礎・物理

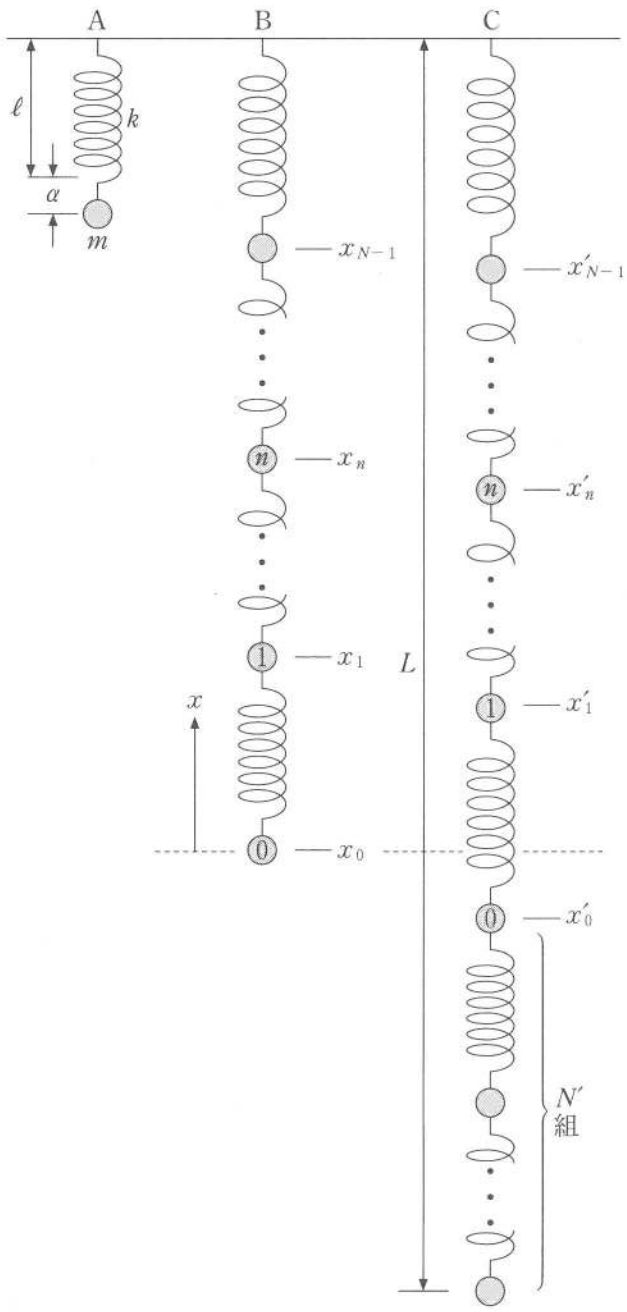
〔1〕 ばねに関する次の文章を読み，空欄 ア ～ エ を適切に埋め，下の問い(**問 1 ～ 3**)に簡潔な説明を付けて答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。なお，ばねの長さやおもりの位置は静止した状態のものとする。必要であれば，1から s までの自然数の和は $\dfrac{s(s+1)}{2}$ であることを用いてよい。

自然の長さが ℓ で質量を無視できるばね定数 k のばねと，大きさを無視できる質量 m のおもりを用いて図のA～Cで示すように天井にばねとおもりを吊り下げる。

Aでは，ばねにおもりを1個吊り下げている。ばねの自然の長さからの伸びは α であった。α は g，k，m を用いて $\alpha =$ ア と表される。

Bでは，ばねとおもりをそれぞれ N 個ずつ用いて交互につなぎ(このようにつなげたものを「N 組直列接続」と呼ぶ)，おもりが下になるように吊り下げている。Bの状態のおもりに下から順に0，1，2，…，n，…，$(N-1)$ と番号をつける。また，鉛直上向きに，0番のおもりの位置を原点とした x 軸を設定し，n 番のおもりの位置を x_n と表す。n 番のおもりと $(n-1)$ 番のおもりをつなぐばねの長さを ℓ_n とすると $\ell_n = x_n - x_{n-1}$ と表される。ℓ_n と x_n は ℓ，n，α を用いてそれぞれ $\ell_n =$ イ ，$x_n =$ ウ と表される。

Cでは，Bの状態の0番のおもりに「N' 組直列接続」をおもりが下になるように吊り下げている。このことにより全体のおもりの数は変わるが，おもりの番号は N' 組直列接続を吊り下げる前と同じとする。すなわち，天井から近い順に $(N-1)$，…，n，…，2，1，0とし，0番より下のおもりに番号はつけない。また，N' 組直列接続を吊り下げることにより0番のおもりの位置が変わるが x 軸の原点はBの状態における x_0 のままとする。Cの状態での n 番のおもりの位置を x'_n と表す。Cの状態での全体の長さ L は ℓ，N，N'，α を用いて $L =$ エ と表される。



問 1 x'_0 を N，N'，α を用いて表せ。

問 2 Bの状態を「一つのばね」とみなすとき，このばねのばね定数 K を m，g，N，α を用いて表せ。

問 3 x'_n を ℓ，n，N，N'，α を用いて表せ。

〔2〕 次の文章を読み，空欄［ ア ］～［ ケ ］を適切に埋め，下の問い(**問 1 ～ 3**)に簡潔な説明を付けて答えよ。ただし，［ ア ］には語句を入れよ。

図 1 のように，磁束密度の大きさが B の一様な磁場(磁界)が鉛直上向きにかけられた真空の空間で，電子が水平面内を円運動している。電子の質量は m，電荷は $-e$，円運動の半径は r であり，重力の影響は無視できるものとする。

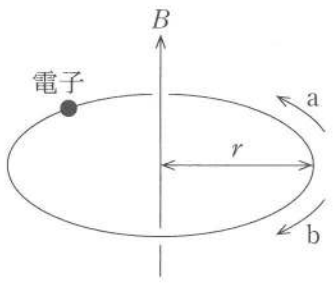


図 1

電子は磁場から［ ア ］力を受けており，それを向心力として等速円運動をしている。その速さは e，m，r，B を用いて［ イ ］と表され，回転の向きは［ ウ ］(図 1 の矢印 a，b から選べ)である。また，等速円運動の周期 T は e，m，B を用いて［ エ ］と表される。

問 1　$T = 2.4 \times 10^{-8}$ s，$B = 1.5 \times 10^{-3}$ T のとき，電子の比電荷 $\dfrac{e}{m}$ を求めよ。ただし，数値は有効数字 2 桁で示せ。

次に，磁束密度の大きさが B_0 の一様な磁場が鉛直上向きにかけられた真空の空間で，電子が水平面内を半径 R で円運動している状態から，図 2 のように，電子が円運動する軌道の内部(領域 1)の磁場と，電子が円運動している軌道上(領域 2)の磁場を別々に制御することで，軌道半径を R に保ったまま電子を加速することを考える。ただし，領域 2 の幅は無視できるほど狭く，領域 1 の半径は R とみなせるものとする。また，どちらの領域でも，磁場の向きは鉛直上向きで，領域内では一様であることを保ったまま磁場の大きさのみを変化させるものとする。

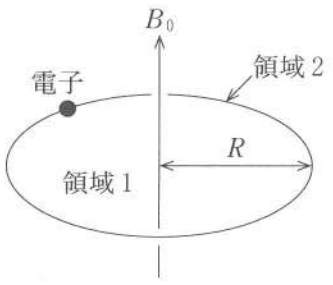


図 2

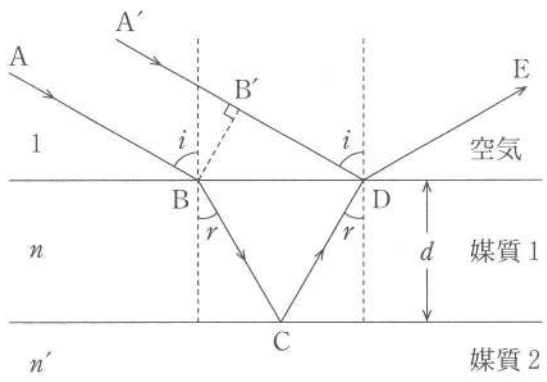
はじめに電子は磁束密度の大きさが B_0 の軌道上を，半径 R で円運動していたので，このときの電子の運動量の大きさ p は e，B_0，R を用いて［ オ ］と表される。ここで，領域 2 の磁場を変化させないで領域 1 の磁場のみを変化させた場合を考えてみる。微小時間 Δt の間に領域 1 の磁束密度の大きさを B_0 から B_1 に一定の割合で大きくするとき，軌道に沿って一周あたりに生じる誘導起電力の大きさは B_0，B_1，R，Δt を用いて［ カ ］と表される。これは軌道上に電場(電界)が生じたと考えることができ，この電場の大きさは B_0，B_1，R，Δt を用いて［ キ ］と表される。よって，軌道上の電子は電場により加速され，軌道半径が［ ク ］(大きく，小さく，から選べ)なることがわかる。軌道半径を一定に保つためには，同時に領域 2 の磁束密度の大きさを［ ケ ］(大きく，小さく，から選べ)する必要がある。ここでは，領域 2 の磁束密度の大きさを Δt の間に B_0 から B_2 に一定の割合で変化させることで，軌道半径を一定に保ったまま電子を加速した。

問 2　［ キ ］の電場により時間 Δt の間に加速された電子の，増加した運動量 Δp を e，B_0，B_1，R を用いて表せ。

問 3　B_2 を B_0，B_1 を用いて表せ。

〔3〕 次の文章を読み，空欄［ ア ］，［ イ ］を適切に埋め，下の問い(**問 1 ～ 6**)に簡潔な説明を付けて答えよ。

図のように，厚さ d の薄膜状の媒質 1 を媒質 2 の上に貼り付け，空気中から波長 λ の光を，媒質 1 に入射角 i で入射させる場合を考える。空気，媒質 1，媒質 2 の屈折率はそれぞれ 1，n，n' であり，$1 < n < n'$ の大小関係があるものとする。



A→B→C→D→E と進む光 1 と，A′→B′→D→E と進む光 2 を E で観察する。ただし，光 1 と光 2 は同一光源から出ており，B と B′ で同位相であるものとする。光 1 が B で屈折する際には，入射角，屈折率および屈折角 r の関係は，i，n，r を用いて［ ア ］と表される。また，光 1 が C で，光 2 が D で反射する際に，どちらも位相は［ イ ］(π ずれる，ずれない，から選べ)。

問 1　光 1 と光 2 の経路差が $2d\cos r$ であることを解答欄の図を利用して示せ。

問 2　E で光 1 と光 2 が強め合う条件を表す式を d，n，r，λ および k(= 1，2，3，…)を用いて表せ。

波長と入射角を様々に変えながら E で光 1 と光 2 が重なった光を観察することを想定しよう。

問 3　E で光 1 と光 2 が強め合うとき，λ^2 を d，i，k，n を用いて表せ。

媒質 1 に膜厚が $d = 0.50\ \mu\text{m}\ (= 0.50 \times 10^{-6}\ \text{m})$ のポリスチレンを用いた場合を考える。ただし，屈折率は光の波長によらず $n = 1.6$ とみなせるものとする。

問 4　問 3 で求めた波長 λ と入射角 i の関係を，縦軸に λ^2，横軸に $\sin^2 i$ をとって，$k = 1$ と $k = 2$ の場合について解答欄のグラフに示せ。

問 5　入射角を $i = \dfrac{\pi}{6}$ に保ち，波長を $\lambda = 0.70\ \mu\text{m}$ から徐々に長くしていったところ，$\lambda = \lambda_1$ のときはじめて E で光 1 と光 2 の強め合いが起こった。さらに波長を長くしていくと 2 回目の強め合いが起こることはあるか。あるかないかを記せ。ある場合は，2 回目に強め合ったときの波長の二乗 $(\lambda_2)^2$ を求め，有効数字 2 桁で示せ。ない場合は，その理由を記せ。説明のために必要であれば，問 4 解答欄のグラフに書き込みをして良い。

問 6　波長を $\lambda = 0.70\ \mu\text{m}$ に保ち，入射角を $i = \dfrac{\pi}{6}$ から徐々に大きくしていったところ，$i = i_1$ のときはじめて E で光 1 と光 2 の強め合いが起こった。さらに入射角を大きくしていくと 2 回目の強め合いが起こることはあるか。あるかないかを記せ。ある場合は，2 回目に強め合うときの入射角の正弦の二乗 $\sin^2 i_2$ を求め，有効数字 2 桁で示せ。ない場合は，その理由を記せ。説明のために必要であれば，問 4 解答欄のグラフに書き込みをして良い。

化学基礎・化学

〔1〕 次の文章1と2を読んで，下の問い(**問1～5**)に答えよ。

1. 金属に他の金属や非金属を融かしこんだものを合金(a)という。合金はもとの金属にない優れた性質をもつため，金属単体で用いるよりも合金にして利用することが多い。合金には，遷移元素だけでなく，典型元素も用いられる。例えば，鋼は主成分である鉄に炭素を約0.02～2％含み，純鉄に比べて強度があり，加工性に優れ，鉄骨や鉄道のレールなどに利用される。

問 1 下線部(a)の性質と用途について，**誤りを含むもの**を次の①～⑤のうちから**すべて**選び，数字で答えよ。

① 黄銅は銅に亜鉛を加えた合金であり，加工しやすく，金管楽器や5円硬貨などに利用される。

② 鉄にニッケルやアルミニウムなどを加えた合金は永久磁石の一種であり，スピーカーなどに利用される。

③ はんだ(無鉛)はスズに銀や銅を加えた合金であり，硬度が高いため金属加工用の切削工具などに利用される。

④ 青銅は銅にスズを加えた合金であり，さびにくく，銅像や釣り鐘を含む美術工芸品などに利用される。

⑤ ジュラルミンはニッケルを主成分とする合金であり，軽量で加工しやすく，航空機の機体などの構造材に利用される。

問 2 ステンレス鋼は鉄にクロムなどを加えた合金である。ステンレス鋼が鉄よりもさびにくい理由を，クロムの性質に着目して簡潔に説明せよ。

2. イオン化傾向が異なる2種類の金属を電極として，電解質の水溶液に浸した電池について考える。このうち，酸化反応が起こる電極を［ ア ］，還元反応が起こる電極を［ イ ］という。また，電池の電極間における電位差(電圧)を起電力(b)といい，この起電力の大きさは電極に使用される金属の種類で決まり，各金属の電位は共通の基準に対して比較される。この基準に対する電位を「標準電極電位」といい，標準状態(25 ℃，1.013×10^5 Pa，電極と同種の金属イオン濃度1 mol/Lの水溶液に浸した状態)の条件で測定される。標準電極電位の高い金属を電極に用いると［ イ ］となり，還元反応が起こる。一方，標準電極電位の低い金属を電極に用いると［ ア ］となり，酸化反応が起こる。

問 3 文章中の［ ア ］と［ イ ］に入る適切な語句を記入せよ。

問 4 次に示す①～⑤の実用電池は，一次電池または二次電池のどちらかである。それぞれの電池を一次電池または二次電池にすべて分類し，数字を解答欄に書け。

① アルカリマンガン乾電池　② ニッケル水素電池　③ リチウム電池

④ 酸化銀電池　⑤ 鉛蓄電池

問 5 下線部(b)について，表1は幾つかの金属の標準電極電位を示したものである。次の問い(i)と(ii)に答えよ。

(i) 表1の金属から2種類を電極として選び，電池を作るとき，起電力が最大となる金属の組み合わせと，その起電力を小数第2位まで求めよ。なお，起電力は水溶液の電解質やpHには依存しないものとする。解答では，金属の表記は元素記号をカンマで区切って記すものとし(例：Cu，Zn)，その順序は問わない。

(ii) (i)で選んだ組み合わせにおいて，［ ア ］となる電極では，その金属が反応によって消耗し，電池の寿命に影響を与える。このような現象が生じる金属と，その変化のしくみを簡潔に説明せよ。ただし，金属の表記は元素記号を用いること。

表1　各金属の標準電極電位

金属	標準電極電位(V)
Mg	− 2.36
Zn	− 0.76
Ni	− 0.26
Cu	+ 0.34
Ag	+ 0.80

〔2〕 次の文章1～3を読んで，下の問い(**問1～7**)に答えよ。

計算は有効数字2桁で求めよ。必要があれば，$\log_e 2 = 0.69$，$\log_e 10 = 2.3$ の値を使うこと。ただし，e は自然対数の底である。

1. 原子番号は同じでも，中性子の数が異なるために質量数が異なる原子どうしは，互いに同位体と呼ばれる。このうち，放射線とよばれる粒子や電磁波を放出しながら，他の原子核へと変化(壊変または崩壊)する同位体を放射性同位体という。例えば，ウラン $^{235}_{92}\mathrm{U}$ は［　ア　］を放出し，トリウム $^{231}_{90}\mathrm{Th}$ へと壊変する。
2. 大気中の二酸化炭素 CO_2 には，放射性同位体 $^{14}\mathrm{C}$ (a)が含まれている。$^{14}\mathrm{C}$ は，宇宙から飛来する放射線(宇宙線)の作用によって大気中に生じた中性子が，窒素原子 $^{14}\mathrm{N}$ と反応することにより生成される。生成された $^{14}\mathrm{C}$ は［　イ　］を放出して壊変し，$^{14}\mathrm{N}$ に戻る。このような生成と壊変のバランスにより，大気中の $^{14}\mathrm{C}$ の割合はほぼ一定に保たれる。植物は光合成を通じて，大気中から一定の割合で $^{14}CO_2$ を取り入れている。しかし，植物が枯死すると外部から $^{14}\mathrm{C}$ が供給されなくなるため，植物中の $^{14}\mathrm{C}$ は時間とともに壊変して減少していく。放射性同位体の数が，元の半分になるまでに要する時間を半減期という。このような性質を利用し，枯れた植物や木片などに含まれる $^{14}\mathrm{C}$ の割合から遺物や遺跡の年代を推定することができる。

問 1　文章中の［　ア　］と［　イ　］に入る適切な語句を，次の①～⑤のうちからそれぞれ選べ。

① X線　　② α線　　③ β線　　④ γ線　　⑤ 中性子線

問 2　下線部(a)の中性子の数を答えよ。

問 3　ある遺跡から発掘された木片中の $^{14}\mathrm{C}$ の割合は現在の大気中の $\frac{1}{8}$ であった。この木片は，何年前に枯れた木であると推定できるか。ただし，$^{14}\mathrm{C}$ の半減期を 5.7×10^3 年とし，植物が枯れてから現在に至るまで大気中の $^{14}\mathrm{C}$ の割合は一定であると仮定する。

3. 単位時間あたりに壊変する放射性同位体の数の変化量を壊変の速度という。壊変の速度は化学反応の速度(b)と同様に考えることができる。ただし，化学反応の速度が温度や圧力の影響を大きく受けるのに対して，壊変の速度は温度や圧力などの外的条件にほとんど影響を受けず，時刻 t における放射性同位体の数 N_t に比例する一次反応として進行する。壊変の速度に関する定数を k_D ($k_\mathrm{D} > 0$) とすると，式(1)の関係が成り立つことが知られている。

$$N_t = N_0 e^{-k_\mathrm{D} t} \quad \cdots \quad (1)$$

ただし，$t = 0$ における放射性同位体の数を N_0 とする。

問 4　下線部(b)に関する記述として**誤りを含むもの**はどれか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

① 反応速度式 $v = k_\mathrm{C}[\mathrm{A}]^a[\mathrm{B}]^b$ (k_C は化学反応の速度定数，[A]，[B]はAとBのモル濃度)の乗数(じょうすう) a と b の値は，該当する化学反応式の係数から決定される。

② 化学反応の温度が上がると，活性化エネルギー以上のエネルギーで衝突する分子の数の割合が急激に増加するため，反応速度が大きくなる。

③ 反応物の濃度や分圧が大きくなると，単位体積あたりの粒子の数が多くなり，それらの単位時間あたりの衝突回数が増加するため，反応速度が大きくなる。

④ 一般に，反応温度が10 K上がるごとに，反応速度はおよそ2～4倍になることが多い。

問 5　半減期を k_D で表せ。

問 6　福島第一原発事故の際に放出された放射性同位体の一つである $^{137}\mathrm{Cs}$ の半減期を30年とし，$^{137}\mathrm{Cs}$ の k_D を求めよ。なお，k_D の単位を年の逆数〔/年〕とする。

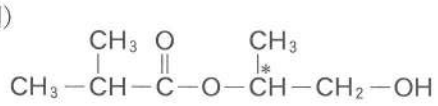
問 7　100 mgの $^{137}\mathrm{Cs}$ が壊変し，1 mgになるのに要する年数を求めよ。

〔3〕 次の文章1～6を読んで，下の問い(**問1～8**)に答えよ。

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。H　1.0，C　12，O　16

構造式は例にならって示すこと。なお，*の記号は不斉炭素原子を表しているが，その立体化学は考慮しなくてよい。

例)



1. 炭素，水素，酸素からなる分子量102の4種類のエステルA，B，C，D各306 mgを元素分析装置(a)で完全燃焼させたところ，いずれのエステルからも二酸化炭素660 mg，水270 mgが得られた。
2. エステルA 2.55 gを完全に加水分解したところ，カルボン酸E 1.85 gとアルコールF 1.15 gが得られた。
3. エステルBの加水分解により，カルボン酸Gおよびアルコール Hが得られた。カルボン酸Gは，アルコールFを酸化したときに得られる最終生成物と同一であった。さらに，アルコールHに濃硫酸を加えて160～170 ℃で脱水すると，主に炭化水素I(b)が生成した。この炭化水素Iに暗所で塩化水素HClを作用させたところ，構造異性体JおよびKの混合物が生成した(c)。
4. エステルCを加水分解すると，カルボン酸Lとアルコール Mが得られた。カルボン酸Lにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加温すると，銀鏡反応が確認された(d)。一方，アルコールMに硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を少量加えてよく振り混ぜても，過マンガン酸イオン MnO_4^- の赤紫色は消失しなかった。
5. エステルDの加水分解により，カルボン酸Lとアルコール Nが得られた。
6. アルコールF，H，M，Nにそれぞれヨウ素 I_2 と水酸化ナトリウムNaOH水溶液を加えて加熱したところ，F，H，Nからは特有の臭気をもつ黄色沈殿(e)が生成した。

問 1　下線部(a)について，有機化合物を完全燃焼させて生成した気体は，まず塩化カルシウムが充填された吸収管に通され，次にソーダ石灰が充填された吸収管の順序で通される。このとき，塩化カルシウムとソーダ石灰が吸収する化合物の名称をそれぞれ書け。これらの吸収管の順序を逆に連結すると，正確な元素の質量組成を求めることができない。その理由を説明せよ。

問 2　エステルA～Dの分子式を求めよ。

問 3　エステルA～Dの構造式をそれぞれ書け。なお，エステルA～Dに鏡像異性体が存在する場合，該当する不斉炭素原子に*の記号を記すこと。

問 4　下線部(b)に対して，中性や塩基性条件下で少量の過マンガン酸カリウム水溶液を加えると，水溶液の赤紫色が消失し，黒色沈殿が生じた。これらの条件における過マンガン酸イオン MnO_4^- はどのように反応するか。電子 e^- を含む化学反応式を書け。

問 5　下線部(c)について，主生成物Jと副生成物Kの構造式をそれぞれ書け。

問 6　下線部(d)の反応によって，カルボン酸Lから生成する2種の化合物を化学式で書け。

問 7　下線部(e)の化合物の名称を書け。

問 8　アルコールFから下線部(e)が生成する化学反応式を書け。なお，有機化合物は示性式で記してよい。

生物基礎・生物

〔1〕 次の文章を読み，下の問い(問1～5)に答えよ。

光刺激の受容器官である視覚器は広く生物界に分布している。視覚器の形態は，［ア］動物のミミズの分散光感覚器官，節足動物の昆虫の複眼，［イ］動物のプラナリアの杯状眼，さらには軟体動物や脊椎動物のカメラ眼などさまざまである。カメラ眼の一例であるヒトの眼の構造を図1に示す。外部からの光は角膜と［1］で屈折し，［2］を通過したのち網膜上に結像する①。網膜には光を感知する2種類の視細胞が存在する。［ウ］細胞は暗い所で働き明暗の区別を行う。錐体細胞は明るい所で働き色の識別に関与する。ヒトは光の波長によって感度の異なる3種類(青，緑，赤)の錐体細胞を有している②。［ウ］細胞にはロドプシン，錐体細胞にはフォトプシンという視物質が含まれ，これらはオプシンというタンパク質とビタミンAの誘導体である［エ］からなる。視細胞の［エ］は全て共通であるが，オプシンは少しずつアミノ酸配列が異なっており，この違いが異なる吸収特性を生じている。種々の生物のオプシン遺伝子のアミノ酸配列に基づいて作成された分子系統樹を図2に，ヒトとニワトリの錐体細胞の吸収波長特性を図3に示す。これらの図から，オプシンは大きく5種類のグループ(Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳおよびロドプシン)に分類され，それぞれ吸収波長が異なることがわかる。脊椎動物の共通祖先はロドプシンを除く4種類(Ⅰ～Ⅳ)のオプシンを有する4色型色覚であったが，その後，哺乳類は2種類のオプシンを失って2色型色覚となり③，やがてヒトを含む一部の霊長類は3色型色覚を獲得した④と考えられている。

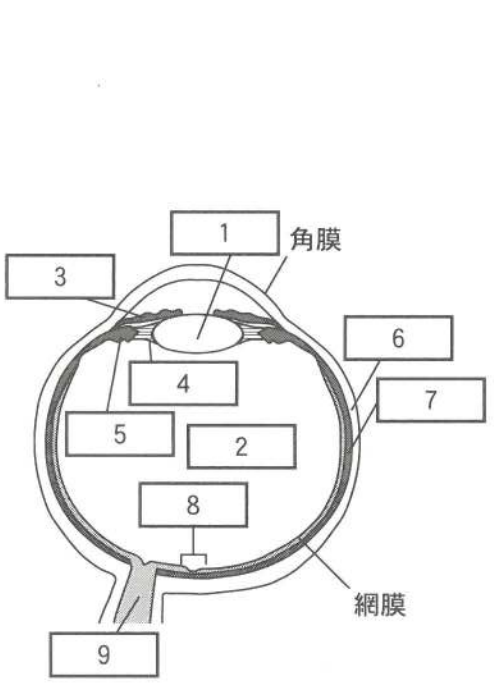


図1

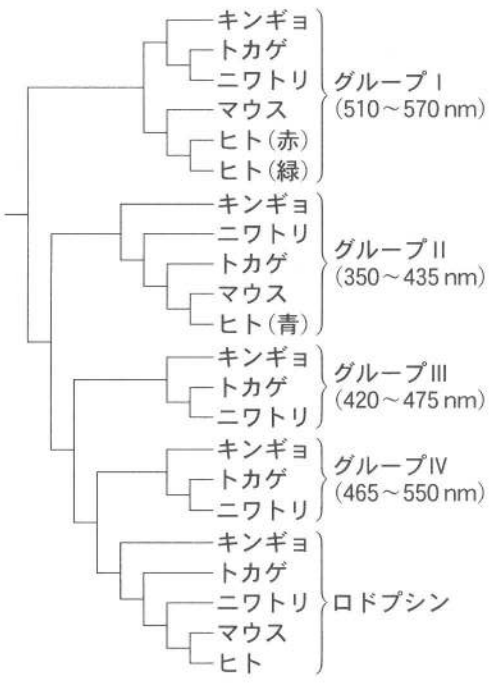


図2

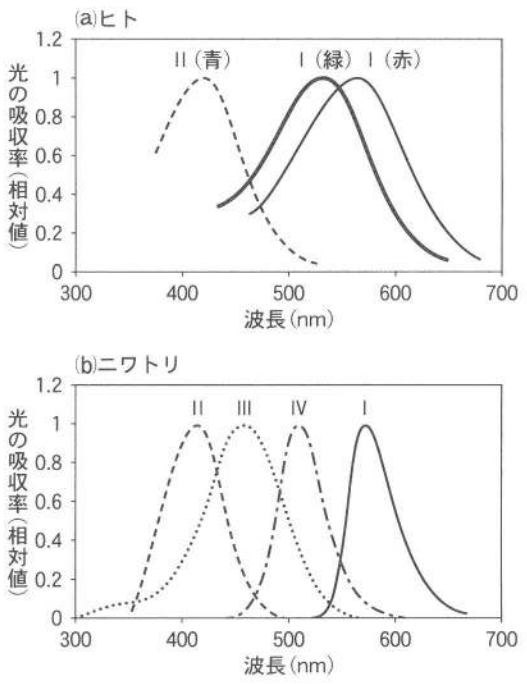


図3

カッコ内の数字は光の吸収率のピーク波長の範囲

問1 文中の［ア］～［エ］および図1の［1］～［9］に入る適切な語句を記せ。なお，文中の［1］と［2］は，図中の空欄［1］と［2］と一致する。

問2 下線部①について，網膜上に結像する光の遠近調節に関与する構造を図1から3つ選び番号で答えよ。また，明暗調節に関与する構造を，図1から1つ選び番号で答えよ。

問3 下線部②について，錐体細胞はそれぞれ最もよく吸収する波長が異なり，強く吸収する光に対しては強く反応する。一般に色を識別する際に，複数の種類の錐体細胞を必要とするのはなぜか，簡潔に説明せよ。

問4 図2および図3について，以下の(1)～(4)に答えよ。

(1) 全オプシンの祖先型から，最も初期に分岐したのは何オプシンと考えられるか。Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳおよびロドプシンの中から1つ選べ。

(2) キンギョ，トカゲ，ニワトリ，マウス，ヒトの色覚を比較したとき，色の識別能が最も低いと考えられるのはどの生物か，理由とともに答えよ。

(3) 下線部③の過程に最も関係が深いと考えられる進化上の出来事を次の1～5から1つ選べ。

1. 変温性から恒温性への変化　　2. 昼行性から夜行性への変化　　3. 夜行性から昼行性への変化
4. 樹上生活から地上生活への変化　　5. 水中生活から陸上生活への変化

(4) 下線部④について，図2を用いて，ヒトが2色型から3色型色覚を獲得した過程について説明せよ。以下の単語をすべて用いること。　　単語：突然変異，遺伝子重複，吸収波長，祖先タンパク質

問 5 サルの一種マーモセットは，ロドプシンの他に青色オプシンの遺伝子を常染色体に持ち，さらにX染色体上に別のオプシンの遺伝子座が1つ存在する。この遺伝子座には，543 nm(緑色)，556 nm(黄色)，563 nm(橙色)の波長の光を吸収する3種の異なるオプシン遺伝子が対立遺伝子として存在する。この3種の遺伝子はお互いに顕性(優性)で，ヘテロ接合型では両者が発現する。なお，マーモセットはヒトと同様に雄ヘテロ型(XY型)の性決定を行う。以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) マーモセットの雄の色覚は何色視か，理由とともに答えよ。

(2) マーモセットの雌の色覚は最大何色視になる可能性があるか，理由とともに答えよ。

〔2〕 次の文章を読み，下の問い(**問1～6**)に答えよ。

植物の群集は時間と共に変化し，植生が失われた裸地にはやがて草本類が生え，低木類が侵入し，最終的には高木で構成される森林となる。このような植生の変化の過程を［ア］と呼ぶ。［ア］が進んで安定した植生は［イ］と呼ばれ，日本では高山などを除き，森林が［イ］となる。①［ア］の考え方では低木類のあとに生える成長の速い樹木である［ウ］は徐々に［エ］に置きかわり，［エ］が［イ］林を構成することになる。

しかし，原生林と言われるような［ア］の進んだはずの発達した森林は［エ］ばかりではなく，多数の［ウ］を含む多様性の高い森林であることが多い。そこには［ア］以外のメカニズムが働いている。発達した森林では，高木が枯死したり，台風などにより倒れたりして林冠に穴の空いた場所，すなわち［オ］が形成される。②［オ］は森林の多様性の維持に不可欠の場所である。

森林の中には［オ］に強く依存する先駆樹種と呼ばれる樹木種群がある。広義の先駆樹種は［ア］初期に出現する［ウ］を含むが，ここで言う先駆樹種は［ウ］の性質に加えて，(1)土の中で何年も休眠でき，(2)鳥などによって広域に種子が散布され，(3)光発芽種子をつける，という特徴を持つ。光発芽には［カ］とよばれる色素タンパク質が関与する。［カ］にはPr型(不活性型)とPfr型(活性型)の2つの状態があり，赤色光(波長650～680 nm)を受けるとPr型がPfr型に，遠赤色光(波長710～740 nm)を受けるとPfr型がPr型に変化する。Pfr型の［カ］が植物ホルモンである［キ］の合成を促すことで休眠が解除されて発芽が促進される。この光発芽の性質は森林内の光の質に適応している。図は閉鎖した森林の林外(森林の葉群より上)と林床における光の波長ごとの強さを示したものである。光発芽には赤色光と遠赤色光との比率が重要であることが知られていて，③林外と林床ではこの比率が大きく異なる。［オ］の中の波長特性は林外に似たものになる。先駆樹種は［ア］が進んだ［イ］林の中を歩いていても普通はあまり見かけるものではないが，④森林の更新プロセスにうまく適応しており，マイノリティーではあるが確実に森林内に存続することができる。

問 1　文中の［ア］～［キ］に入る適切な語句を記せ。

問 2　日本の夏緑樹林における代表的な［ウ］と［エ］をそれぞれ1種ずつ記せ。

問 3　下線部①の［ウ］が［エ］に置き換わる理由を説明せよ。

問 4　下線部②の［オ］により森林の多様性が維持される仕組みを説明せよ。

問 5　下線部③について，赤色光の波長を660 nm，遠赤色光の波長を730 nmとしたときの林外と林床における赤色光の光の強さ(r)と遠赤色光の光の強さ(fr)の比(r/fr)をそれぞれ図から読み取って計算せよ。なお，図から読み取った値と計算式も示し，四捨五入して小数第一位まで求めること。

問 6　下線部④について，先駆樹種がどのように［オ］に始まる森林の更新過程に適応して存続しているのかを，本文中の(1)から(3)の性質を含めて説明せよ。なお，発芽には温度も重要な要素であるが，ここでは考慮しない。

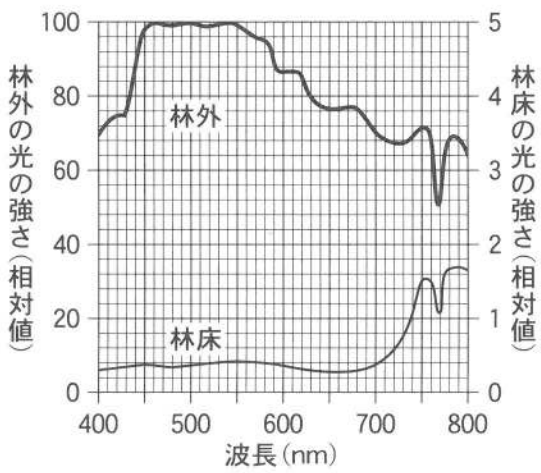


図　林外(太線)と林床(細線)の波長別の光の強さ

〔3〕 次の文章を読み，下の問い(**問 1 ～ 6**)に答えよ。

食物に含まれるタンパク質は，消化によって最終的にアミノ酸にまで分解され，吸収される。細胞内に取り込まれたアミノ酸は主にタンパク質の合成に用いられるが，細胞内では同時に①タンパク質の分解も行われている。フェニルアラニン水酸化酵素(PAH)は，②補酵素と酸素分子を利用して，フェニルアラニンからチロシンを生成する酵素である。チロシンから，さらにノルアドレナリンやアドレナリンが合成される(図 1)。ノルアドレナリンは交感神経から放出される［ ア ］として，アドレナリンは［ イ ］から分泌されるホルモンとして知られている。アミノ酸代謝異常症の 1 つにフェニルケトン尿症がある。この疾病の多くは③PAH 遺伝子の突然変異に起因する。④フェニルケトン尿症では，フェニルアラニンがチロシンに代謝されなくなり，フェニルアラニンが血液中に蓄積する。その一部はフェニルケトン類に変化して，尿中に排出されるが，⑤血液中のフェニルアラニン濃度が上昇すると，大脳の発達などに影響を及ぼす。

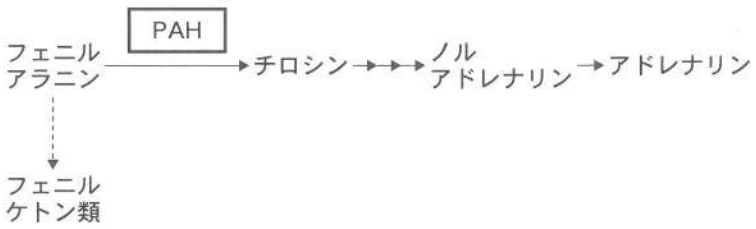


図 1　フェニルアラニンとチロシンの代謝
実線の矢印は各酵素による合成を示し，点線の矢印は分解を表す

1,222
健常者　5′−AUACCUCGGCCC−3′
患　者　5′−AUACCUUGGCCC−3′

図 2　PAH 遺伝子の mRNA 塩基配列の一部

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
					C
	ロイシン		(終止)	(終止)	A
			(終止)	トリプトファン	G
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
					C
			グルタミン		A
					G
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
					C
	メチオニン		リシン	アルギニン	A
					G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
					C
			グルタミン酸		A
					G

図 3　コドン表

問 1　文中の［ ア ］と［ イ ］に入る適切な語句を記せ。

問 2　下線部①について，細胞内においてタンパク質の分解を行う代表的な細胞小器官を答えよ。

問 3　下線部②に関して，補酵素は酵素に結合してその働きを助ける低分子である。呼吸に関わる補酵素の名称を 2 つ記せ。

問 4　下線部③について，以下の(1)～(3)について答えよ。

(1)　ヒト PAH の mRNA は開始コドンから終止コドンまで 1,359 塩基である。この mRNA が翻訳されてできるタンパク質のアミノ酸数を答えよ。ただし，翻訳後修飾による切断は考えなくて良い。

(2)　健常者とフェニルケトン尿症患者の mRNA 配列の一部を比較した結果を図 2 に示す。図 2 に示された領域の健常者の PAH のアミノ酸配列を図 3 を用いて答えよ。ただし，翻訳は塩基配列の左端から進行する。

(3)　患者は PAH 遺伝子の開始コドンの 5′ 末端から数えて 1,222 番目の塩基に突然変異(C→U)が生じていた(図 2)。その結果，患者の PAH では何番目のアミノ酸にどのような変化が生じたか，図 3 を用いて答えよ。

問 5　下線部④について，フェニルケトン尿症は常染色体潜性(劣性)遺伝する。この対立遺伝子を A と a とする。ある集団におけるヘテロ接合体の頻度は $\frac{1}{150}$ であった。この集団内のある家族では，男性 1，女性 2 および女性 5 は発症せず，男性 4 はフェニルケトン尿症を発症した(図 4)。以下の(1)～(4)について答えよ。

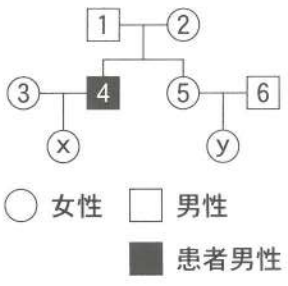


図 4　フェニルケトン尿症患者の家系図

(1)　男性 1 の遺伝子型を答えよ。

(2)　男性 4 が，まったく血縁関係がなく，発症していない女性 3 と結婚した場合，生まれてくる女性 x が発症する確率を分数で求めよ。

(3)　女性 5 がもつ可能性のある遺伝子型とその比を求めよ。

(4)　女性 5 が，まったく血縁関係がなく，発症していない男性 6 と結婚した場合，生まれてくる女性 y が発症する確率を分数で求めよ。

問 6　下線部⑤について，新生児に対する血液検査でフェニルアラニン濃度を調べることで，フェニルケトン尿症の早期診断が可能である。フェニルアラニン濃度が高いと診断された場合には，治療が必要となる。以下の(1)と(2)について答えよ。

(1)　新生児のフェニルケトン尿症の患者に対してどのような食事を与えるべきか説明せよ。

(2)　成人のフェニルケトン尿症の患者に対する治療法の 1 つとして，フェニルアラニンを分解する酵素を皮下注射する方法がある。この酵素は経口投与では効果がない。その理由を説明せよ。