

平成29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29年1月27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)を一番上へのせ、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。

化 学 (その1)

注 意 事 項

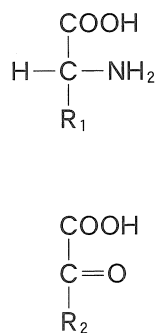
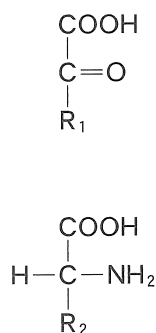
1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **5** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。
3. 原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, Na : 23.0, S : 32.1, Cl : 35.5, Fe : 55.9

1 次の文を読み、問に答えよ。

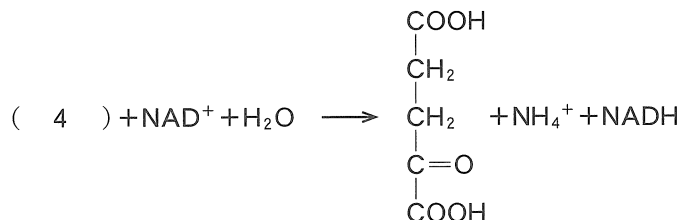
アミノ酸の代謝分解で生じる窒素の排泄法は3通りある。窒素をアンモニアとして排泄する魚類は、毒性の強いアンモニアをエラから絶えず水中に排泄できるため、その毒性はただちに希釈される。アンモニアの毒性をすぐに希釈できない環境で生活する生物は、アンモニアを毒性の低い物質へと代謝し、哺乳類は(1)として、鳥類は(2)として排泄している。

体内で不要となったアミノ酸のアミノ基の多くは、肝臓で図Aに示すアミノ基転移反応により、図Aに転移され(3)ができる。このアミノ基転移反応により、様々なアミノ酸のアミノ基の多くが一旦(3)として集められる。図Aの反応による図アへの主要なアミノ基転移反応には、(4)のアミノ基を図Aに転移して図イを生じるものと、(5)からアミノ基を図Aに転移して図ウを生じるものがある。(3)は以下の図Bで示した反応により酸化され、排泄すべき第一の窒素原子を含むアンモニウムイオンを生じる。アンモニウムイオンは、炭酸水素イオンとともに図エのカルバモイルリン酸へと合成されたのち図オと結合し、図カに示すシトルリンとなる。(1)の2つのアミノ基のうち1つはアンモニウムイオン由来、もう一つは(4)由来である。(4)のアミノ基がシトルリンの側鎖末端の酸素原子の位置に入り図キが合成され、その後図キから図クがはずれ(6)が生じる。その後(6)が加水分解し、(1)と図オを生じる。(1)は肝細胞から血液に乗り、腎臓から尿中に排泄される。

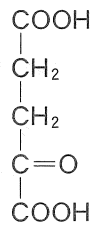
A



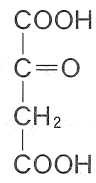
B



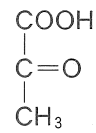
ア



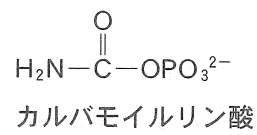
イ



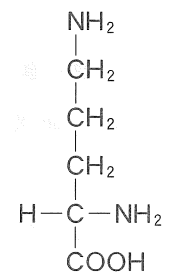
ウ



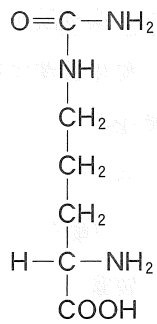
エ



オ

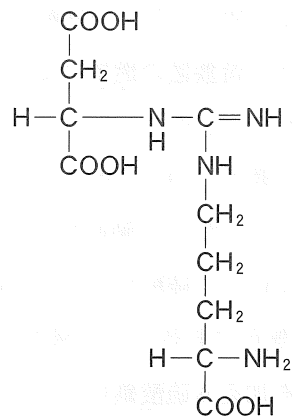


カ

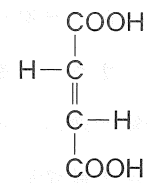


シトルリン

キ



ク



問 1 (1) (2)にあてはまる物質名を記せ。

問 2 (3) (4) (5) (6)にあてはまるアミノ酸を以下から選び記せ。

Ala, Arg, Asn, Asp, Cys, Gln, Glu, Gly, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Pro,
Ser, Thr, Trp, Tyr, Val

問 3 図オは生体内ではタンパク合成に利用されないアミノ酸である。このアミノ酸の一般名およびIUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)命名法による名称を記せ。立体配置のL-, D-の記載は必要ない。

2 次の文を読み、問に答えよ。

硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸を作用させると得られる(1)は空気より重い無色の気体で、腐卵臭に似た悪臭をもち有毒である。(1)は水に少し溶け、水溶液は弱い(2)性を示す。(1)は金属イオンと反応してその金属ごとに特有な色の硫化物の沈殿を生じるため、金属イオンの検出や分離に用いられる。銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に(1)を吹き込むと、溶液のpHに関わらず、(3)の黒色沈殿を生じる。(1)の硫黄原子の酸化数は(4)であり、酸化されやすく強力な還元剤として働く。

二酸化硫黄は(5)色、刺激臭のある有毒な気体で亜硫酸ガスと呼ばれ、銅に濃硫酸を加えて加熱すると得られる。また、工業的には、黄鉄鉱の燃焼によって得られる^a。二酸化硫黄は還元作用があるため紙や繊維の漂白に用いられる。^bしかし、(1)との反応で、酸化剤として作用する際には、二酸化硫黄の硫黄原子の酸化数は(6)から(7)へと変化する。

二酸化硫黄を、白金または酸化バナジウムなどの触媒を用いて酸素の存在下で酸化すると(8)になる。(8)は水と激しく反応して硫酸を生じる。硫酸を98.0%(質量パーセント濃度)含む濃硫酸は、密度1.84 g/cm³の無色で粘性のある液体である。硫酸の硫黄原子の酸化数は(9)である。単体の鉄に希硫酸を加える硫酸鉄(Ⅱ)^cを生じる。この反応で鉄原子の酸化数は(10)から(11)へと変化している。

問 1 (1)(3)(8)の化学式(組成式)を記せ。

問 2 (2)(4)(5)(6)(7)(9)(10)(11)にあてはまる語句を記せ。

問 3 下線部 a の反応式を完成させよ。



問 4 下線部 b の反応式を完成させよ。ただし、黄鉄鉱の主成分は二硫化鉄であるとする。



問 5 下線部 c の化学式(組成式)を記せ。

問 6 濃硫酸 98.0%(質量パーセント濃度) 1 kg を製造するのに必要な黄鉄鉱(純度 100% の二硫化鉄とする)は何 kg 必要か求め、四捨五入により小数点以下 1 位で記せ。

3 次の文を読み、問に答えよ。

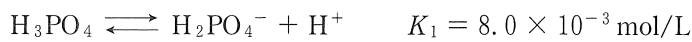
リンは単原子イオンにはなりにくく、共有結合で化合物をつくる元素である。脊椎動物ではリンは骨や歯の主要な構成成分 $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ として存在する。

リンの単体には様々な同素体があり、黄リン(白リン)と赤リンが代表的である。

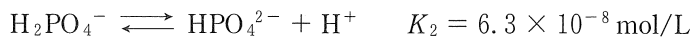
黄リン(白リン)はリン酸カルシウムを電気炉中でコークス(成分はCとする)とケイ砂(成分は SiO_2 とする)とともに強熱し、生じた気体のリンを水中で冷却することで得られる。黄リン(白リン)と赤リンはどちらも空気中で燃焼させると(1)が生成される。(1)を水溶液中で煮沸すると、リン酸(オルトリン酸)が生成される。

リン酸は3価の酸であるため、水溶液中で下記の3段階に電離する。それぞれの25℃での電離定数を示す。

第1段階



第2段階



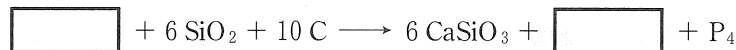
第3段階



必要なら次の値を使え。 $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{17} = 4.12$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $10^{-6.8} = 1.6 \times 10^{-7}$

問1 下線部aの物質名を記せ。

問2 下線部bの反応式を完成させよ。



問3 (1)にあてはまる分子の化学式(分子式)を記せ。

問4 リン酸に含まれるリン原子の酸化数を記せ。

問5 下線部cの反応式を記せ。

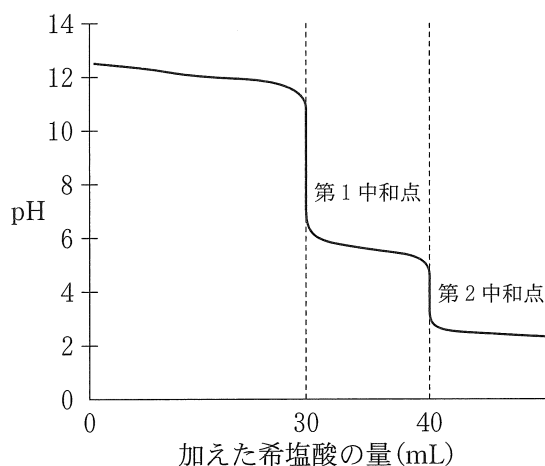
問6 25℃での0.10 mol/Lリン酸水溶液の水素イオン濃度[mol/L]を求めよ。答えは四捨五入により有効数字2桁で記せ。

問7 25℃の0.10 mol/Lリン酸水溶液をpH 6.8に調整した。25℃で、この水溶液中で存在する H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} の総和のうち、 HPO_4^{2-} は何%存在するか求めよ。なお、このリン酸水溶液の濃度では、電離定数 K_1 , K_2 , K_3 が適用される。pHの調整は、塩酸または水酸化ナトリウム水溶液で行った。答えは四捨五入により整数で記せ。

化 学 (その2)

4 次の文章を読んで、後の設問に答えよ。

炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)と、水酸化ナトリウム(NaOH)の混合水溶液 20 mL に対して、 0.10 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 30 mL、第2中和点までに 40 mL を要し、右図のような pH の変化が観察された。以下の問いに答えなさい。



問 1 第1中和点、第2中和点で生じた反応を化学反応式で示せ。なお、第1中和点では2つの化学反応式を答えよ。

問 2 第1中和点と第2中和点を見つけるのに適した指示薬を以下の括弧の中から選びそれぞれ答えよ。

(メチルオレンジ、ネスラー試薬、フェノールフタレイン、塩化コバルト、インジゴカーミン)

問 3 水溶液に含まれていた炭酸ナトリウムの濃度は何 mol/L か。四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。

問 4 水溶液に含まれていた水酸化ナトリウムの濃度は何 mol/L か。四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。

5 メタンとプロパンの混合気体 46 g を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が 3 : 5 の物質質量比で得られた。以下の設問に答えよ。

問 1 混合気体に含まれるメタンとプロパンの物質質量比を最も簡単な整数比で答えよ。

問 2 メタンは何 g あったか。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)。

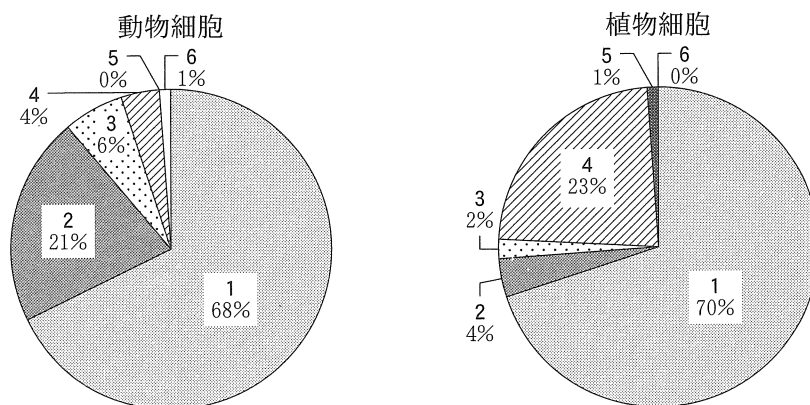
問 3 生成した二酸化炭素は何 g か。整数で答えよ(小数点以下が生じた場合には四捨五入せよ)。

問 4 燃焼による発熱量は 2446 kJ であった。メタンの燃焼熱が 891 kJ/mol とすれば、プロパンの燃焼熱は何 kJ/mol 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)。

生 物 (その1)

1 以下の文章を読んで、質問に答えなさい。

- (1) 生物の基本単位は細胞である。その動物細胞、植物細胞を構成している大部分は水分である。動物細胞(ヒトの肝細胞)および植物細胞(トウモロコシ)の構成成分の割合を図に示した。



問 1 図で、成分 1 は水分、成分 2 はタンパク質、成分 3 は脂質、成分 5 は無機塩類、成分 6 は核酸を表している。成分 4 は何を表しているのか、書きなさい。また、成分 4 が植物細胞で多いのはなぜか、その理由を 2 つ、それぞれ 20 字以内で書きなさい。

問 2 下線部 A に関して、植物および動物に関してこの説を初めて提唱した人物は誰か、それぞれの人物名を書きなさい。

- (2) タンパク質の最小単位はアミノ酸である。ペプチド結合によってアミノ酸が重合してできる分子をポリペプチドと呼び、このポリペプチドのアミノ酸配列をタンパク質の一次構造と呼ぶ。このポリペプチド鎖が折りたたまれる際に水素結合によって形成される規則的な立体構造 B が出る。これがタンパク質の二次構造である。

問 3 側鎖を R1, R2 とする 2 つのアミノ酸がペプチド結合で結合している化学式を書きなさい。その図の中でペプチド結合部分を四角で囲みなさい。

問 4 下線部 B に関して、このような規則的な立体構造にはどのようなものがあるか、2 つ書きなさい。

問 5 タンパク質の立体構造を決定する上で重要な働きをするものにジスルフィド(S-S)結合がある。ジスルフィド結合を生成するアミノ酸の名称を書きなさい。

- (3) アメリカの生化学者、アンフィンセンはリボヌクレアーゼ(RNase)を用いた試験管内の実験から、[タンパク質の立体構造はアミノ酸配列で決まり、その立体構造は自発的に作られる]という説を発表し、現在「アンフィンセンのドグマ」として知られている。この定説は多くのタンパク質において成り立っている。しかし、実際の細胞では他のポリペプチドとの相互作用により折りたたみに不都合が起こる場合がある。そこで細胞内にはポリペプチドが正しく折りたたまれるのを助けるタンパク質が存在する。

問 6 下線部Cについて、アンフィンセンは試験管内においてRNaseの溶液に変性剤を添加することにより酵素を失活させる実験を行った。この変性剤による変化は熱変性や酸、アルカリによる変性とは異なり可逆的な変性であることがわかっている。この後、どのような実験を行うとアンフィンセンのドグマが立証できるか、実験方法を30字以内で書きなさい。

問 7 下線部Dについて、このタンパク質の名称を書きなさい。

- (4) アンフィンセンのドグマに従わない例としてプリオンが知られている。プリオンによる疾患(プリオン病)は中枢神経系の感染性の病気であり、ヒトのクロイツフェルト・ヤコブ病(CJD)、ヒツジやヤギのスクレーピー、ウシの海綿状脳症(BSE)をはじめとして多くのほ乳類で見つかっている。ヒトのCJDとスクレーピー(scrapie)の病理学的な特徴が一致していることがプリオン病の解明の糸口となった。当初、プリオン病はウイルスによる病気と考えられており、ウイルスの発育が遅く、長い時間が経過して発症するものと考えられていた。ところがアメリカの神経学者であるプルシナーはゴールデンハムスター(ハムスター)の脳からスクレーピーの病原因子の抽出に成功し、この物質がウイルスではなくタンパク質であることを示し、プリオンと名付けた。さらにこのスクレーピーの原因となっているタンパク質(Prion Protein in scrapie; PrP^{sc})と全く同じアミノ酸配列を持ち、立体構造が異なるタンパク質が正常な神経細胞にも存在することが明らかとなり、これをPrP^c(cellular PrP)と表した。その後、PrP^{sc}とPrP^cとの関係を明らかにする目的で多くの実験が行われた。発症したハムスター及びマウスからPrP^{sc}を採取し、それぞれをHa PrP^{sc}、M PrP^{sc}とした。これらを別のハムスター及びマウスの脳に接種したところ、Ha PrP^{sc}を接種したハムスターは発症したが、マウスは発症しなかった。同様に、M PrP^{sc}を接種したマウスは発症したが、ハムスターは発症しなかった。次に正常マウスにHa PrP^cの遺伝子を導入したトランスジェニックマウスを作成し、これにHa PrP^{sc}、M PrP^{sc}を接種したところ、いずれの場合でも発症した。最後に、M PrP^cの遺伝子を欠損したノックアウトマウスを作成し、これにM PrP^{sc}を接種したが、発症しなかった。

- 問 8 下線部Eに関して、感染病原因子がウイルス、細菌という既知の病原微生物ではない事を証明するにはどのような方法があるか、その1例を20字以内で書きなさい。
- 問 9 この文章を読んで、プリオン病はどのようにして発症するものと考えられるか、PrP^{sc}とPrP^cとを使って、40字以内で書きなさい。なお、PrP^{sc}、PrP^cは2文字に相当するものとしなさい。
- 問10 下線部Fに示したように、プリオンの感染は種の壁は越えない、と考えられている。しかし、BSEを発症したウシのPrP^{sc}をヒトが摂取すると発症するのではないか、という可能性もある。この可能性を検討するには、マウスを用いてどのような実験を行えばよいか、PrP^{sc}とPrP^cとを使って、30字以内で書きなさい。なお、PrP^{sc}、PrP^cは2文字に相当するものとしなさい。

2 以下の文章を読んで、質問に答えなさい。

- (1) 植物の吸水は主に根で行われており、根の先端部にある(ア)から内部の細胞へと水は移動し、(イ)に入る。(ア)から(イ)に至る水分の経路には、細胞間隙を通る経路と細胞内を通る経路、の2つの経路がある。植物が根から吸収した水は植物の内部を上昇する。
B この水を上昇させる要因には根における(ウ)、蒸散による(エ)、および水分子の(オ)の3つがある。

問 1 (ア)~(オ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部Aに関して、この細胞膜よりも外側の空間は何と呼ばれるか、その語句を書きなさい。

問 3 下線部Bに関して、細胞内を通る経路ではどのような力で水が移動するのか、書きなさい。

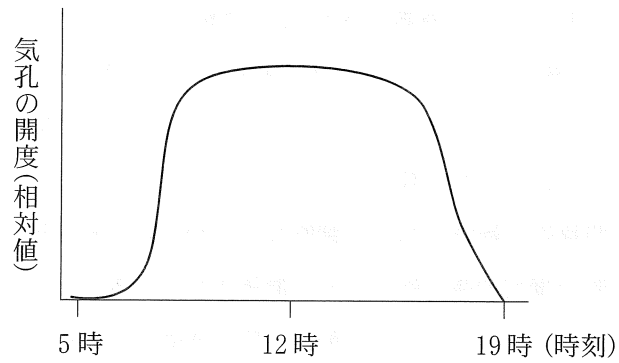
- (2) 気孔は二酸化炭素や酸素などの気体の交換、及び水の放出に関与している。気孔は2つの孔辺細胞に挟まれたすき間である。孔辺細胞は特徴的な構造を持っており、この構造のため、孔辺細胞が吸水して膨らむと孔辺細胞のすき間が広がり、その結果、気孔が開く。気孔の開閉には種々の要因が関与しているが、その1つに光がある。気孔は赤色光、青色光のいずれにも反応して開口するが、赤色光は強光の場合のみ開口効果があるが、青色光は弱光でも有効である。気孔開口に関する青色光の光受容体は孔辺細胞の(カ)である。(カ)は青色光を感知するとプロトンポンプを活性化する。このプロトンポンプは(キ)のエネルギーを用いて細胞内の(ク)を細胞外へ放出する。その結果、膜内外の電位差が大きくなると(ケ)チャンネルが開き、大量の(ケ)が細胞内に流入して、浸透圧が上がり、水が流入して気孔が開く。一方、気孔の閉鎖には植物ホルモンの1つである(コ)を介して行われる。植物で水分が不足すると(コ)が合成され葉での濃度が高まり、孔辺細胞に作用して、膨圧が低下して、気孔は閉じる。

問 4 (カ)~(コ)に適切な語句を入れなさい。

問 5 下線部Cに関して、孔辺細胞から成り、水を排出するための構造が植物にはある。この名称を書き、気孔との違いを書きなさい(字数制限なし)。

問 6 下線部Dに関して、気孔が開く原理がわかるように、細胞壁の厚みに注意して、1対(2個)の孔辺細胞の図を描き、解答欄の余白に気孔が開く原理についての簡単な説明を書きなさい(字数制限なし)。但し孔辺細胞の細胞内の構造は描く必要はない。

問 7 気孔の開閉には光の強さや湿度などさまざまな環境因子が関与している。ある日(晴れ, 最高気温: 25℃)の気孔の開き度合の日内変化を図に示した。この気孔の, 気温 25℃の雨の日の相対開度はどうなるか, 解答欄の図に描き入れなさい。



問 8 葉の裏側から孔辺細胞を含む表皮を剥離し, 細胞の生理反応が再現できるような液体培地に浮かべた。この液体培地の中に pH メーターのプローブ(探針)を入れ, 培地の pH を測定しながら青色光を照射した。この青色光照射により pH はどのように変化するか, 解答欄の図に描き入れなさい。

生 物 (その2)

3 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

生体膜は、細胞膜、核膜、細胞小器官などの膜に対してつけられた名称で、厚さがわずか8 nmの特筆すべき薄膜で、それが取り囲む細胞の物質の取り込みと排出を制御している。生体膜は二重の層でできており、その主成分はリン脂質とタンパク質で、いずれも(ア)領域と(イ)領域の両方をもつ両親媒性分子である。1972年にシンガーとニコルソンにより(ウ)という膜構造が提唱された。細胞は分子やイオンを外界とやりとりしなければならないが、この過程は膜の選択的透過性によって制御されている。(イ)物質は脂質に溶けるので膜を通過するが、極性分子やイオンは一般に、膜を通過するためには特異的な(エ)を必要とする。(エ)による物質の輸送には濃度勾配に従った拡散による(オ)と、エネルギー消費を伴い濃度勾配に逆行する(カ)がある。タンパク質や多糖類のような大きな分子では、一般に小胞に詰め込んで一括して輸送する機構によって膜を通過する。

問1 (ア)～(カ)に適切な語句を記入しなさい。

問2 下線について、どのような機構か具体的に二つ記載しなさい。

問3 水の膜透過にかかわる(エ)の具体的な物質を記載しなさい。

問4 真核細胞のさまざまな膜について正しいものはどれか。二つ選びなさい。

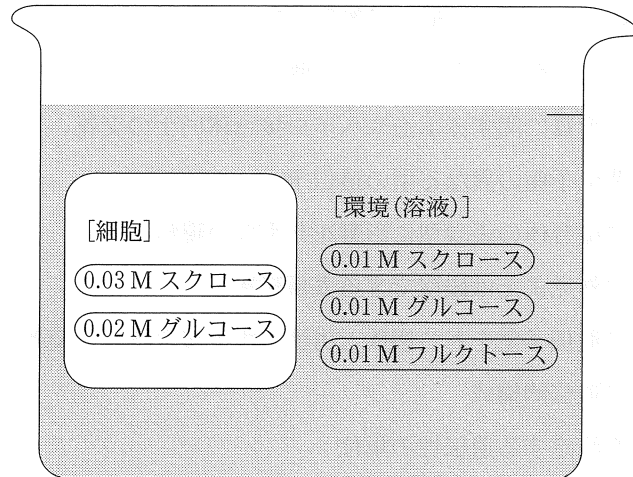
- a. リン脂質の組成には差がある。
- b. 膜ごとに特有なタンパク質がある。
- c. 特定の膜だけが選択的透過性を示す。
- d. リン脂質は特定の膜にだけ存在する。
- e. 特定の膜だけが両親媒性分子からなっている。

問5 膜の流動性を増加させる要因はどれか。

- a. 温度が低いこと。
- b. 糖脂質の含量比が高いこと。
- c. 飽和リン脂質の割合が大きいこと。
- d. 不飽和リン脂質の割合が大きいこと。
- e. 膜タンパク質の含量比が大きいこと。

問 6 水と単純な糖であるグルコースとフルクトースに対しては透過性で、二糖のスクロースに対しては不透過性であるような選択的透過性をもつ膜で包まれた人工的な細胞を用意し、下図のような溶液が入ったビーカーに浸けた。

以下の問に答えなさい。なお、図は浸けた瞬間の状態、図中の数値はそれぞれの組成を示している。(M の単位はモル/L)



- 溶液が細胞の中に入るか、外に出るかを、実線で示しなさい。
- 細胞外の溶液は、低張、等張、高張のどれか。
- この細胞をビーカーの中に入れ、十分な時間が経過すると、細胞の体積ははじめと比較してどのような状態となると考えられるか。次の①～③より選びなさい。なお細胞が崩壊することはないものとする。
 - 縮小している。
 - 膨張している。
 - 変化しない。
- 二つの溶液の溶質濃度は最終的にどうなるか。理由も含めて 30 字以内で答えなさい。

4 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。ただし、問2～問4(問3②は除く)確率は分数で答えなさい。

問1 次の①～⑩の用語に対応する記述を下記のa～jの中から選びなさい。

- ① 遺伝子 ② 対立遺伝子 ③ 遺伝子型 ④ 表現型
 ⑤ ホモ接合 ⑥ ヘテロ接合 ⑦ 劣性対立遺伝子 ⑧ 優性対立遺伝子
 ⑨ 検定交雑 ⑩ 一遺伝子雑種交雑

- a. 同一の対立遺伝子を2つ有する個体
 b. 単一の形質に関するホモやヘテロ接合体同士の交雑
 c. 同一遺伝子座の異なる型の遺伝子
 d. ヘテロ接合体の表現型に影響を与えない遺伝子
 e. 個体の外見または観察できる表現形質
 f. 未知の遺伝子型をもつ個体と劣性のホモ接合体との交雑
 g. 個体の遺伝的構成
 h. 形質を決定する遺伝性の単位
 i. ヘテロ接合体の表現型を決定する遺伝子
 j. 2つの異なる対立遺伝子を有する個体

問2 メンデルがエンドウを用いて研究した花の位置、茎の長さ、種子の形態の3つの形質について、それぞれの形質は独立に分配される遺伝子によって支配され、優性と劣性の表現型は以下のとおりである。

形 質	優 性	劣 性
花の位置	中軸(A)	頂生(a)
茎の長さ	長い茎(T)	短い茎(t)
種子の形態	丸型(R)	シワ型(r)

3つの形質すべてについてヘテロ接合体の株に自家受粉をおこなった場合、次世代の株に以下の形質はどのような確率で出現するか。

- ① 3つとも優性の表現形質のホモ接合体
 ② 3つの形質すべてについてヘテロ接合体
 ③ 中軸と長い茎についてホモ接合体で、種子の形態についてヘテロ接合体

問 3 トラは劣性の対立遺伝子により毛皮が着色しない(白虎)と斜視が起こる。表現型は正常で、この遺伝子座についてヘテロ接合体である2頭のトラが交配した。白虎と斜視に関する遺伝子は完全連鎖とする。

- ① その子供のトラが斜視となる確率を計算しなさい。
- ② 斜視のトラの中で白虎の出現確率は何%か。

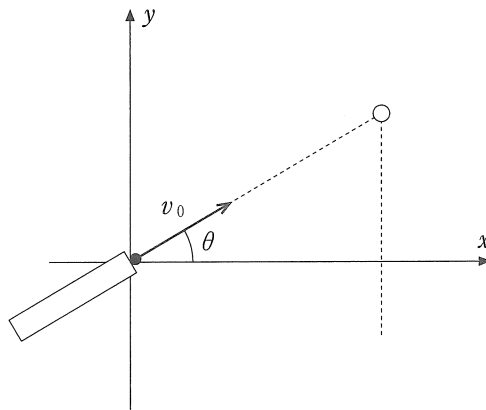
問 4 子供をもつことを考えている夫妻が、遺伝カウンセリングを希望した。2人とも同じ劣性の遺伝性疾患で兄弟が死亡している。夫妻はこの疾患を発症していない。以下の問に答えなさい。ただし、この遺伝性疾患は一对の対立遺伝子によって発症し、ホモ接合体は出生後死亡する。

- ① 夫妻の最初の子供が、この病気を発症する確率を計算しなさい。
- ② その後の遺伝子検査で、夫妻が二人ともキャリアであったことが判明した。夫妻から生まれる子供がこの病気になる確率を計算しなさい。

物 理 (その1)

1 放物運動に関する以下の問いに答えなさい。

A 図のように、白丸で示された小さな縫いぐるみをおもちゃの大砲でねらった。黒丸で示された弾丸が初速度 v_0 で水平に対して θ の角度に発射された瞬間に、縫いぐるみが同時に初速度 0 で落下した。途中で障害物がなければ必ず弾丸は縫いぐるみに衝突する。この事実から弾丸の軌道を以下のように求めてみた。大砲の筒先から鉛直方向に y 軸をとり、水平方向に x 軸を取ることにする。このとき以下の文章中の空欄 **(a)** ~ **(f)** に入る適当な式あるいは文字を解答欄に記しなさい。なお重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。



仮に重力がなかったとしたら、弾丸と縫いぐるみはどんな運動をするだろう。縫いぐるみは最初の場所にとどまる。一方弾丸の軌道は

$$y = \text{(a)}$$

となる。この軌道を A と名付ける。次に重力が通常のように存在する状況下で考え、この重力下の弾丸の軌道を B と名付ける。

弾丸が縫いぐるみに必ず衝突するという事実は次のことを意味する。すなわち任意の時間における縫いぐるみと弾丸の、無重力下の位置からの鉛直方向への変位は両者とも同じということである。

弾丸が撃ち出され、それと同じ瞬間に縫いぐるみが落下を始める時刻から時間を計ることにする。縫いぐるみは時間 t の間に **(b)** の距離だけ落下する。弾丸は水平方向に一定の速さ **(c)** で移動するから、 t と水平方向の移動距離 x の間には

$$t = \text{(d)}$$

という関係がある。よって B の軌道は

$$y = \text{(e)} x - \text{(f)} x^2$$

となる。これが求める式で、放物線を表す。

B

- (1) 図の (x, y) 平面の原点 O (大砲の筒先) から大きさ v_0 の初速度で水平に対して角度 θ の方向に弾丸を打ち上げる。ただし初速度の大きさ v_0 は一定にして、角度 θ をいろいろに変えて打ち上げたとする。その各軌道の最高点 (X, Y) を結ぶ曲線は下に示す式で表される楕円 C である。式の空欄 (g) ~ (i) に入る文字を解答欄に記しなさい。ただし $\frac{v_0^2}{2g}$ を a と置き換えて記しなさい。

$$\frac{X^2}{(g)} + \frac{\left(Y - (h)\right)^2}{(i)} = 1$$

- (2) (x, y) 平面の第一象限にある、上で求めた楕円 C の焦点の座標を a を用いて記しなさい。
- (3) 上の各軌道のうち、 x 軸に対して θ_0 の方向に投げあげた小物体は、第一象限にある楕円 C の焦点を通る。このとき $\tan \theta_0$ を、分母を有理化した分数の形で求めなさい。

2 物体はその温度を上げると長さや体積が変化する。例外はあるが、一般に物体は温度上昇に伴って膨張し、下降に伴って収縮をする。その程度を表す物理量に膨張率がある。膨張率には長さの変化に伴う線膨張率と、体積の変化に伴う体積膨張率がある。ここでは膨張率が正の場合だけを扱う。また融解や凝固、あるいは沸騰などの事象は起こらない場合を考える。なおここで扱う物質の膨張率はいずれも1に比べ非常に小さいものとする。このとき以下の問いに答えなさい。以下の問いで $|a| \ll 1$ であるとき、近似式 $(1 \pm a)^n \approx 1 \pm na$ (複号同順)が成立することを使いなさい。また以下で取り扱う温度 $t^\circ\text{C}$ は室温程度である。

いま均質な物質から出来ている固体や液体および気体を考える。ある物質で出来た固体の棒の長さが 0°C で l_0 、 $t^\circ\text{C}$ で l としたとき、その物質の線膨張率は以下の式の α として定義される。

$$l = (1 + \alpha t) l_0$$

また棒の体積が 0°C で V_0 、 $t^\circ\text{C}$ で V としたとき、その物質の体積膨張率は以下の式の β として定義される。

$$V = (1 + \beta t) V_0$$

- (1) 上の物質で出来た一辺の長さが l の立方体からなる固体を考え、その線膨張率 α と体積膨張率 β の間に成り立つ関係式を求めなさい。
- (2) 上の物質で出来た板を用意し、穴を開けた。そしてこの板の温度を一様に上げた。穴の面積は大きくなるか、変わらないか、あるいは小さくなるか。いずれかを答えなさい。
- (3) n モルの理想気体が一定圧力 p の元で、体積 V 、絶対温度 T にあるとき、気体定数を R とおくとその状態方程式は $pV = nRT$ と表すことが出来る。理想気体の体積膨張率はいくらか。単位に気をつけなさい。
- (4) 体積膨張率が β_s の液体Sの 0°C と $t^\circ\text{C}$ のときの体積をそれぞれ v_0 と v とする。この液体の 0°C と $t^\circ\text{C}$ のときの密度をそれぞれ d_0 と d と置いたとき d を d_0 、 β_s 、 t を使って表しなさい。

- (5) 液体の膨張を調べる装置に図に示すような膨張計というものがある。この装置は内径1 cmほどのガラス管の一端を閉じ、他端を細くして曲げて作る。いま膨張計の体積膨張率を β_g とする。 0°C で膨張計に目いっぱい入っていた溶液の質量は M_0 であった。膨張計と中に入っている溶液の温度を上げて $t^\circ\text{C}$ としたとき液体が膨張して膨張計からあふれ出た。あふれ出た液体の質量は ΔM であった。液体の体積膨張率を t 、 β_g 、 M_0 、 ΔM を使って表しなさい。



物 理 (その2)

3 以下の問いに答えなさい。

A 図1のように、屈折率 n_1 のガラス板 A の上下面に屈折率 n_2 のガラス板 B を密着させて空気中(屈折率を 1 とする)においた。ガラス板 A の端面の中心から単色光の光線を中心軸に対して入射角 i で入射させた。このとき以下の問いに答えなさい。ただし、この現象はこの図の平面内でおこっているとする。

- (1) ガラス板 A に入った光の屈折角を θ としたとき、 $\sin \theta$ はいくらとなるか。
- (2) 光がガラス板 A と B との境界面で全反射し進んでいくためには、 n_1 と n_2 の大小関係はどのようなものか。式で示しなさい。
- (3) 光が全反射し進んでいくためには入射角 i に制限がある。図1の地点 a で、A から B に入射する光の入射角が臨界角となるときの角 i を i_0 とするとき、 i は i_0 より小さくなければならない。このとき $\sin i_0$ を求めなさい。
- (4) 図のように光が進み全反射を繰り返した時、長さ l のガラス板 A の反対側の端面に到達するまでの時間を求めなさい。ただし、空気中での光の速さを c とする。
- (5) $0^\circ < i < 90^\circ$ のあらゆる入射角 i に対して全反射を起こさせるための条件を n_1 と n_2 を用いて示しなさい。

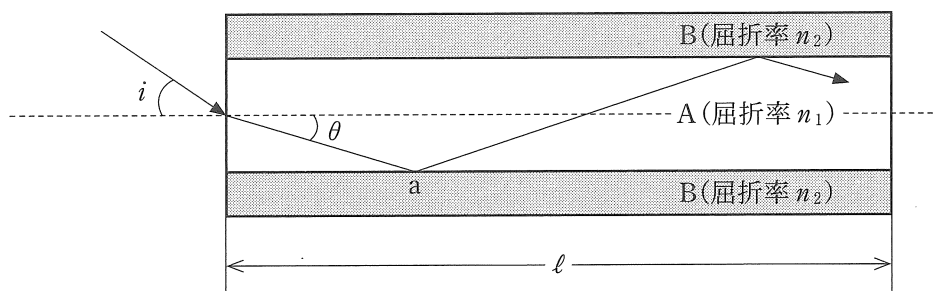


図 1

B 図2は電磁調理器(IH調理器)とその上に載せられた鍋の概略図である。これについて以下の問いに答えなさい。なお図2のトッププレートは単に鍋を載せている物であって、以下の設問には関係しない。

- (1) 鍋が加熱される仕組みを句読点も入れて40字以内で答えなさい。
- (2) どのような素材の鍋が電磁調理器に適しているか。素材の特徴を句読点も入れて20字以内で答えなさい。

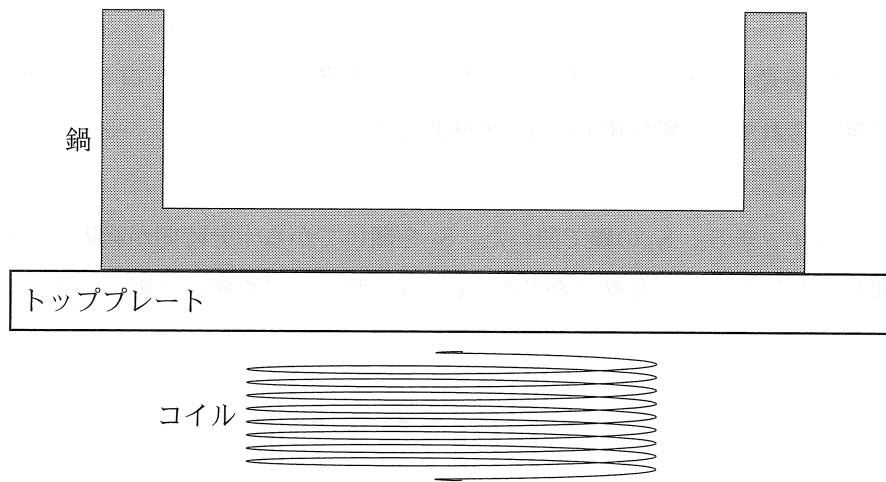


図2

4 図のような，抵抗値が R_1 , R_2 , R_3 の 3 つの抵抗，電気容量 C の 2 つのコンデンサー C_1 , C_2 ，内部抵抗の無視できる起電力 V の電池，およびスイッチ S_1 , S_2 からなる回路がある。はじめ 2 つのスイッチは開いていて，2 つのコンデンサーには電荷は蓄えられていなかった。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) S_1 だけを閉じた瞬間に a 点ならびに b 点を流れる電流を求めなさい。
- (2) 上の(1)の状態から時間が十分経過したときに，b 点を流れる電流を求めなさい。またコンデンサー C_1 , C_2 に蓄えられた電気量を求めなさい。
- (3) 次に， S_1 を閉じたまま S_2 を閉じて時間が十分経過したときに，コンデンサー C_1 , C_2 それぞれに蓄えられている電気量 Q_1 , Q_2 を求めなさい。
- (4) さらにスイッチ S_2 , S_1 の順で開いた。 S_1 を開いてから十分時間が経過するまでの間にすべての抵抗で生じたジュール熱の合計を， Q_1 , Q_2 および C を用いて表しなさい。

