

令和8年度 入学試験問題

医学部（Ⅱ期）

理科

注意事項

1. 試験時間 令和8年3月7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)、解答用紙の種類は次のとおりです。
 - (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科目(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、受験票、試験問題(冊子)、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科目の解答用紙、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)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
 10. 試験終了後の会場退室に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

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 ~ 4 を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0, Sn = 119.0

1

セルロースは植物の細胞壁の主成分で、自然界に存在する天然高分子化合物である。

セルロースは多数のグルコースが1位と ① 位の—OHで脱水縮合しており、②—グルコースが縮合重合した構造を持つ高分子化合物である。セルロースの分子内では、となり合うグルコース同士の間で ②—1, ①—A 結合が形成されており、その分子量は数百万に達することもある。セルロースは、デンプンと異なり熱水に溶けない。

セルロースはデンプンに比べて加水分解されにくい、③を加えて長時間加熱すると加水分解されてグルコースになる。また、セルロースをセルラーゼで ④すると、二糖類の⑤を経て最終的にグルコースが得られる。ヒトはセルラーゼを持たないので、セルロースを消化できず栄養とはならないが、セルロースには食物繊維として便通をよくするなどのほたらきがある。

セルロースをBと反応させ、すべてのCをアセチル化するとDが生成する。Dは有機溶媒に溶けにくい、穏やかな条件で一部加水分解するとアセトンに可溶となる。このアセトン溶液を細孔から温かい空気中に押し出して乾燥させるとE繊維が得られる。このような天然繊維に置換基を結合させたものは、F繊維に分類される。

問 1 次の選択肢から、①～⑤に入る最も適切な語句を選び、記号で答えよ。

選択肢

- (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5 (カ) 6
(キ) D (ク) L (ケ) α (コ) β (サ) γ (シ) δ
(ス) 水酸化ナトリウム (セ) 炭酸水素ナトリウム (ソ) 希硫酸
(タ) 付加 (チ) アルカリ融解 (ツ) 脱水縮合 (テ) 加水分解
(ト) 酸化 (ナ) 還元 (ニ) 置換 (ヌ) マルトース
(ネ) スクロース (ノ) セロビオース (ハ) ラクトース
(ヒ) トレハロース

問 2 次の設問に答えよ。

1) A～Fに入る適切な語句を答えよ。

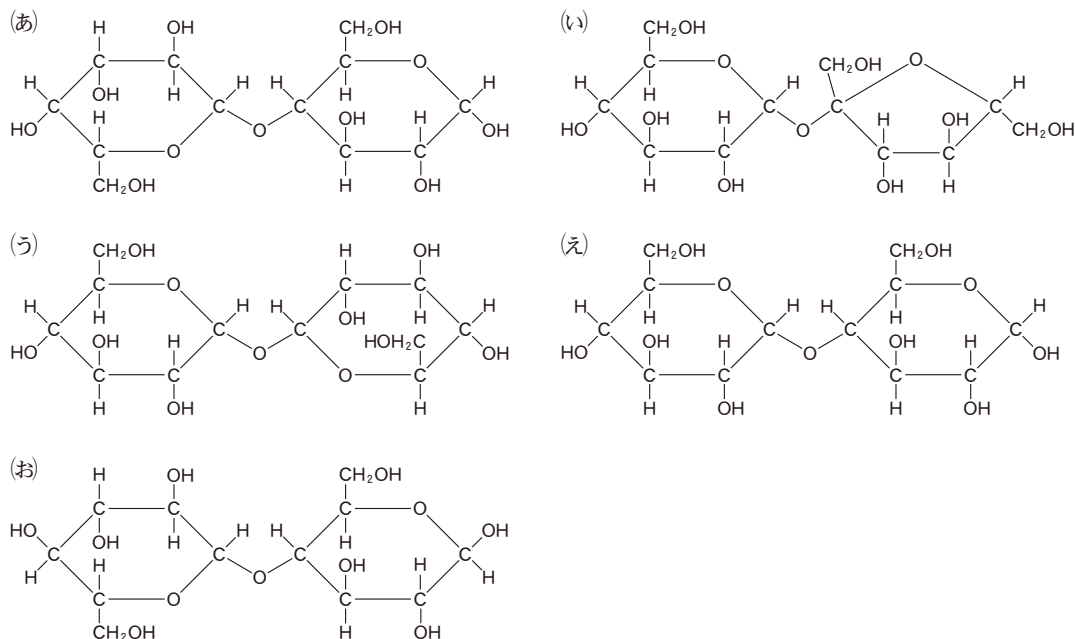
2) セルロース 1.62 g を十分量の B と反応させたところ、D が 2.30 g 得られた。この際の D の収率[%]を有効数字 3 桁で答えよ。なお、ここでいう収率とは、化学反応において得られる生成物の最大量(理論収量)に対して、実際に得られた生成物の量の割合[%]を指す。

3) 2) の反応の際に実際に消費された B の質量[g]を有効数字 3 桁で答えよ。

問 3 次の設問に答えよ。

1) ⑤の構造として最も適切なのはどれか。つぎの選択肢の中から選び、記号で答えよ。

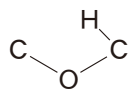
選択肢



2) 前問の選択肢(あ)～(お)の中で還元性を示すのはどれか。すべて記号で答えよ。

3) 例を参考にして、1)の選択肢のうち、2)で選んだものの中から還元性を示すのに最低限必要な共通の化学構造をそのまま抜き出して、解答欄に答えよ。

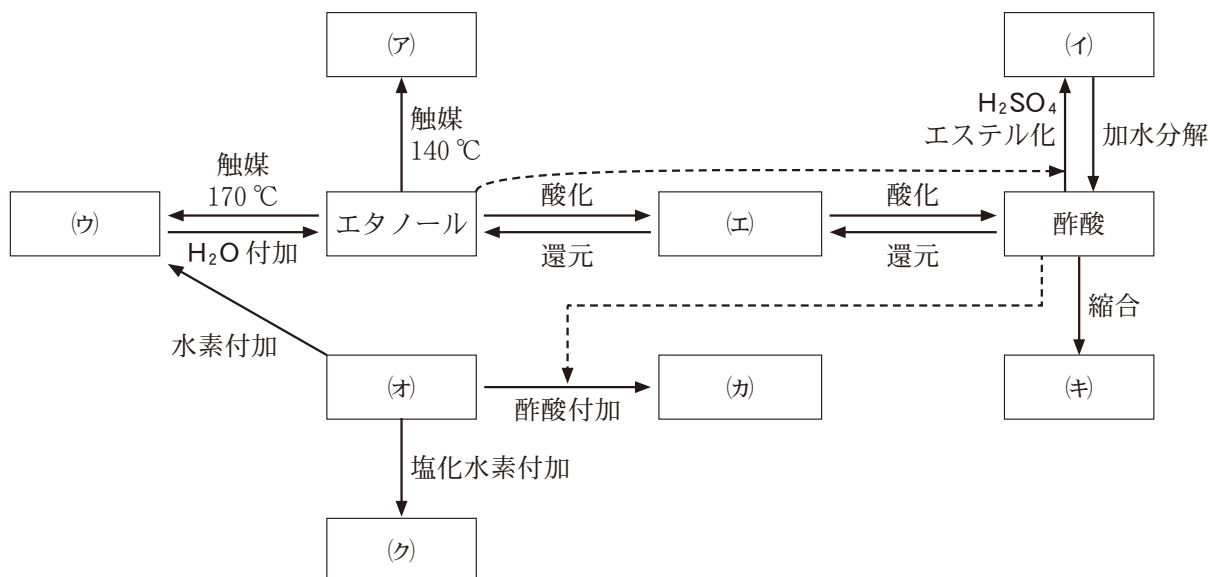
例



問 4 下線部(a)について、⑤をグルコースに変換する酵素の名称を答えよ。

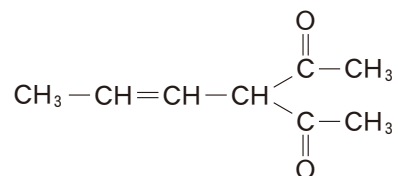
問 5 デンプンはヨウ素デンプン反応を示すが、セルロースは示さない。両者の構造の違いに着目して、60 文字以内で理由を答えよ。

次のエタノールを起点とする反応系統図について、あとの設問に答えよ。



問 1 例を参考にして、(ア)~(ク)に入る適切な化合物の構造式を答えよ。

例



問 2 エタノールから(ア)、(ウ)を合成する反応について、次の設問に答えよ。

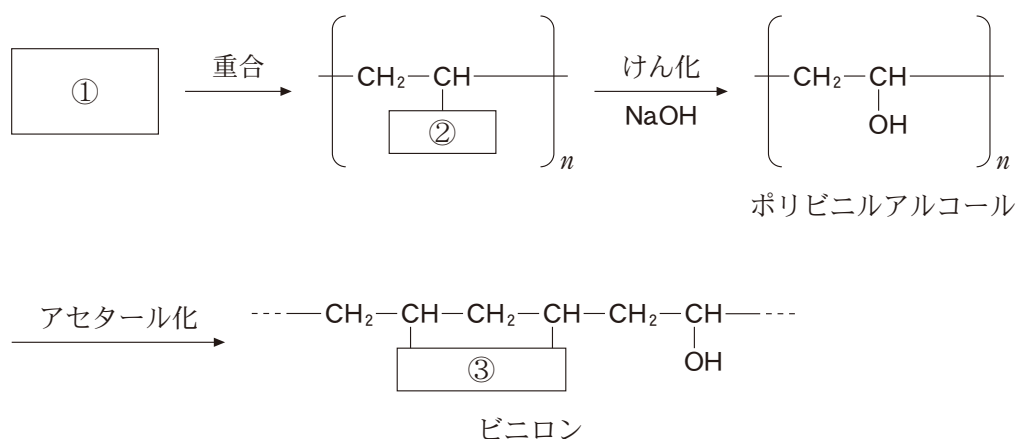
- 両反応で共通して触媒に用いられる物質の名称を答えよ。
- 次の文中の空欄に入る最も適切な語をいずれも漢字 5 文字で答えよ。

触媒存在下でエタノールを 170°C で反応させると ① が起こり、(ウ)が生じる。
 一方、温度を 140°C にすると ② が起こり、(ア)が生じる。

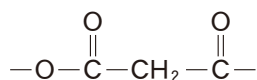
問 3 次の設問に答えよ。

1) (ア)～(ク)の中に付加重合により重合体を生じるものが4つ存在する。この際生じる重合体の名称を答えよ。

2) 1)の重合体の中の1つからビニロンが合成できる。①に入る化合物を(ア)～(ク)の中から選んで記号で答えるとともに、例を参考にして図の空欄②～③に入る構造式を補完して、合成経路図を完成させよ。



例



3) 平均重合度 5.00×10^3 のポリビニルアルコールを部分的にアセタール化して合成されたビニロン A がある。ビニロン A を分析したところ、1分子あたり平均 1.50×10^3 箇所にアセタール構造が生じていた。ビニロン A の平均分子量を有効数字3桁で答えよ。

4) 3)と同じ工場で生産されたが、3)とはロットの異なるビニロン B がある。ビニロン B を 10.0 g とり、そのヒドロキシ基 OH をすべてメチル化し、 OCH_3 に変換したところ、質量が 1.00 g 増加した。ビニロン B は、分子長がビニロン A よりも短く、平均重合度 3.00×10^3 のポリビニルアルコールを部分的にアセタール化して合成されたものであるとみなせることがわかっている。ビニロン B の1分子あたりには、平均して何箇所にアセタール構造が生じていると考えられるか。有効数字3桁で答えよ。メチル化により、ビニロン分子の主鎖の長さに変化は生じないものとせよ。なお、ロットが異なるとは、製品がつくられた時期・条件が異なることにより、製品の規格に違いが生じていることを意味する。

化 学 (その2)

3

$2.28 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の酢酸水溶液に濃度がわからないプロピオン酸水溶液を同じ体積だけ加えたところ、混合後の水溶液の水素イオン濃度は $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ となった。なお、混合後の水溶液の体積は、混合前の水溶液の体積の和に等しいものとする。

- (1) 混合後の酢酸イオンのモル濃度はいくらか。有効数字を3桁とし、以下の形式で答えよ。なお、□には数字が入るものとする。
- (2) 加えたプロピオン酸水溶液のモル濃度はいくらか。有効数字を3桁とし、以下の形式で答えよ。なお、□には数字が入るものとする。

なお、プロピオン酸 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$) の電離定数は $2.40 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、酢酸 (CH_3COOH) の電離定数は $2.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。また、 H_2O の電離は無視できるものとし、混合後の水溶液中の酢酸イオンとプロピオン酸イオンの濃度の和は水素イオン濃度に等しいものとする。

- (1) □.□□ $\times 10^{\square} \text{ mol/L}$
- (2) □.□□ $\times 10^{\square} \text{ mol/L}$

4 次の文章を読み、問 1 および問 2 に答えよ。

問 1 溶液中で化合物 A, B および C の間に次の化学平衡が成立するものとする。



①式の正反応(右向きの反応)の反応速度は A と B のそれぞれのモル濃度に比例する。C の生成速度を v_1 , その速度定数を k_1 とすると, A と B の初濃度がいずれも 3.0 mol/L のとき, 正反応開始直後における v_1 は $9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$ であった。一方, ①式の逆反応(左向きの反応)の反応速度は C のモル濃度の 2 乗に比例する。C の分解速度を v_2 , その速度定数を k_2 とすると, C の初濃度が 2.0 mol/L のとき, 逆反応開始直後における v_2 は $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$ であった。なお, min は時間の単位である「分」を表す。

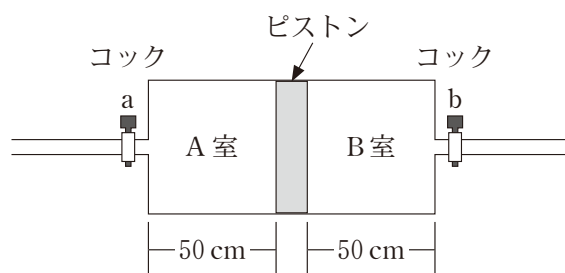
- (1) ①式の正反応および逆反応の速度定数 $k_1 [\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{min})]$ および $k_2 [\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{min})]$ を求めよ。
- (2) 正反応と逆反応の速度が等しいとき平衡になることを利用して①式の平衡定数 K を求めよ。
- (3) A と B の初濃度をいずれも 5.0 mol/L とし, 平衡に達したときの C のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を求めよ。

答えはいずれも有効数字 2 桁で示せ。必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$ を用いよ。

問 2 図のように両端にそれぞれコック a と b がついた断面積 20 cm^2 のピストンを備えた円筒容器がある。なお、コック a と b を開けると、ピストンの外の空気が自由に出入りできる（コックを開いているときに圧力は一定に保たれる）。コック a および b を開いた状態で、A、B 両室の空気は $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ である。この状態から(1)または(2)のように操作するとき、ピストンはそれぞれ何 cm 移動するか。ただし、ピストンは抵抗なく移動し、必要があれば加熱や冷却を行うことで、A 室および B 室は独立にそれぞれ一定の温度 ($27\text{ }^{\circ}\text{C}$ あるいは $57\text{ }^{\circ}\text{C}$) に保つことができるものとする。気体定数は $8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。また、熱力学温度 $T[\text{K}]$ とセルシウス温度 $t[^{\circ}\text{C}]$ の換算式は $T = t + 273$ とせよ。答えはいずれも有効数字 2 桁で示せ。

(1) コック a を閉じ、コック b を開いた状態から、空気の温度を A 室内は $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ に、B 室内は $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保つ。

(2) コック a および b を閉じた状態から、空気の温度を A 室内は $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ に、B 室内は $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保つ。



生 物（その1）

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

精子や卵などの動物の（ア）の形成は、発生の初期の段階に、精子や卵のおおもとになる（イ）細胞が生じるところから始まる。その後、雄の体が形成されるとき、体内に精巣がつくられる。すると、（イ）細胞は精巣に移動し、精原細胞となる。精原細胞は盛んに体細胞分裂^(a)を行い、その数を増やすが、一部は減数分裂を開始して、第一分裂、第二分裂を経て、精子となる。第一分裂では、2本の相同染色体が平行に並んで対合し、（ウ）が形成される。このとき対合している相同染色体の間の対合面^(b)で交さが起こり、染色体の一部が交換される乗換え^(b)が起こる場合がある。相同染色体の間で染色体が交さしている部分を（エ）という。このような現象^(c)が起こることによって、遺伝子の新たな組み合わせが生じることを、遺伝子の組換えという。

一方で、雌の体が形成されるとき、（イ）細胞は卵巣に移動し、卵原細胞となる。卵原細胞が体細胞分裂を行う過程で一次卵母細胞が現れ、減数分裂^(d)の第一分裂を開始し、（オ）を放出し、二次卵母細胞となる。その後、第二分裂を経て卵が形成される。

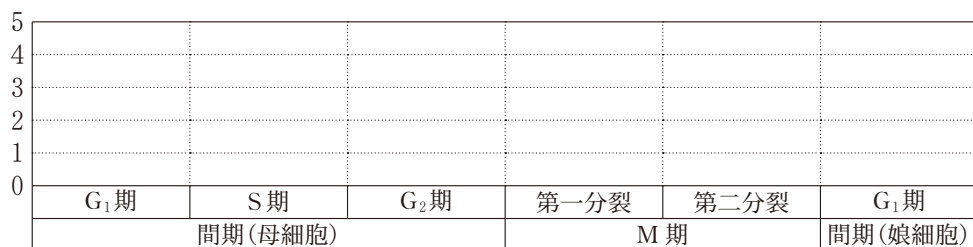
精子が卵に接触してから、精核と卵核が融合して接合子が形成されるまでの過程を受精という。精子の頭部が卵内に入ると、卵の表層に様々な変化が起こり、後に続く他の精子の侵入が防^(e)がれる。

問 1 （ア）～（オ）に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)で減数分裂における、細胞あたりの DNA 量(相対値)の変化はどのようなか。図 1 に実線を書き込み、グラフを完成させなさい。ただし、精子に含まれる DNA 量を 1 とする。

図 1

細胞あたりの DNA 量
(相対値)



問 3 下線部(b)に関して、染色体の乗換えが起こるのは次のうちのどの時期か。適切なものを1つ選びなさい。

- ① 減数分裂の第一分裂前期
- ② 減数分裂の第一分裂中期
- ③ 減数分裂の第一分裂後期
- ④ 減数分裂の第二分裂前期
- ⑤ 体細胞分裂の前期

問 4 下線部(c)に関して、次の文章の場合における、A と B の遺伝子間の組換え価(%)を計算しなさい。必要であれば、小数第二位を四捨五入し、小数第一位までの値を記しなさい。

ある2倍体生物の同じ染色体上にある2つの遺伝子には、それぞれAとa、Bとbの対立遺伝子がある。A、Bはそれぞれa、bに対して顕性である。表現型[AB]の純系の個体と[ab]の個体を交配し、得られたF₁の個体をさらに表現型[ab]の個体と交配したところ、得られた個体の表現型と個体数は、[AB]が230個体、[Ab]が35個体、[aB]が32個体、[ab]が235個体であった。

問 5 下線部(d)の結果、体細胞の染色体数が8本($2n = 8$)のキイロショウジョウバエでは、1組の雌雄から得られる受精卵の染色体の組み合わせは理論上何通りになるか、整数で答えなさい。ただし、染色体の乗換えは起こらなかったものとする。

問 6 下線部(e)に関して、受精時に精子と卵で生じる変化の組合せとして正しいものを1つ選びなさい。

精子の変化……………卵の変化

- ① 頭部の先体が壊れる……………表層粒の内容物の放出
- ② 尾部の脱落……………核小体の分解
- ③ 精子ミトコンドリアと卵ミトコンドリアの融合……………卵割の開始
- ④ 細胞質の肥大……………精子のRNAを分解

2 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ヒトの免疫は、(ア)と(イ)に分けられる。(ア)では、皮膚や粘膜、またはそこからの分泌物による物理的・化学的防御と、食細胞が行う食作用がある。(a)また、食細胞のほかに、(ウ)細胞は病原体に感染した細胞やがん細胞を直接攻撃し、排除する。(エ)細胞は、食作用で取り込んだ異物の情報を、リンパ節に移動してリンパ球に提示することで、(イ)を開始させる。(b) (イ)では、T細胞とB細胞がはたらき、リンパ節では(エ)細胞と接触し、活性化したヘルパーT細胞により、B細胞は形質細胞へと分化し、抗体を体液中に放出する。このようなB細胞が中心となって起こる、抗体による免疫反応を(オ)免疫という。(c)増殖したヘルパーT細胞は感染した組織に移動し、そこで(カ)から抗原の提示を受け、自分の型と一致すると、(カ)を活性化し、より活発に食作用を行うようになる。一方、ウィルスなどのように、細胞内に入りこんだ病原体は、(キ)のはたらきによって排除される。このようなT細胞が中心となって起こる、食作用の増強や感染細胞への攻撃などの免疫反応を(ク)免疫という。(d)

問 1 (ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)について、細菌やウィルスなどの異物が共通してもつ特徴を認識しているが、どこで認識しているか答えなさい。

問 3 下線部(b)について、このようなはたらきを何というか、また細胞表面のどこに情報を提示するか答えなさい。

問 4 下線部(c)に関する説明で、適切なものをすべて選びなさい。

- ① 予防接種に抗体は関与しない。
- ② 免疫グロブリンは可変部で抗原と結合する。
- ③ 感染するとB細胞の一部が記憶細胞として体内に残る。
- ④ 初感染よりも2回目の感染の方が、速やかに抗体産生が起こる。
- ⑤ 花粉症は抗体が好酸球に結合し、そこに花粉が反応することでヒスタミンが放出される。

問 5 下線部(d)に関する説明で、適切なものをすべて選びなさい。

- ① T 細胞は骨髄で分化する。
- ② 移植臓器の拒絶に関与する。
- ③ HIV はヘルパー T 細胞に感染して増殖する。
- ④ 感染しても T 細胞は記憶細胞として体内に残らない。
- ⑤ がんに対する免疫療法にこの免疫の仕組みが使われている。

問 6 ウマやウサギなどの動物に、少量の病原体や毒素を数回にわたって注射し、この抗体が含まれた動物の血清を、体内に侵入した毒素の無毒化や感染症の治療に使用することを何というか。また、この治療を再度行くと副作用を伴う場合があるが、その理由を 50 文字以内で答えなさい。

生 物（その2）

3 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ある一定の空間と時間の中で生活している同種の個体の集まりを個体群という。ヒト個体群における年齢構成は3つの型に分けられ、図1のような（ア）で示される。また、各年齢での生存率は異なり、図2に示す生存曲線で表すことができる。生存曲線は大別して3つの型に分けられ、生物種によって異なる。個体群の密度が高くなると、限られた生活場所や栄養分などの資源をめぐり同種の個体間の競争が強くなる。すると、同じ種の他の個体を排除して生活空間を占有する個体が現れる。この占有空間を（イ）とよぶ。また、個体間の争いを避けるために優位と劣位の序列をつける（ウ）を発達させている種もある。これらは個体群の維持に重要な役割を果たしている。

生態系内に存在する多種多様な生物群集には、それぞれの生態的地位(ニッチ)がある。これまでに数理理論やゾウリムシの飼育実験などから、ニッチが近い生物群集は共存しにくいことがわかっている。それは（エ）によって片方がもう片方を駆逐する現象が起こるからである。逆に、ニッチが近いものどうしが混在するとき、それらのニッチの重複の度合いが充分に小さくなれば、（エ）は緩和され共存が可能となる。このことは（オ）と呼ばれる。例えば、溪流に生息するイワナとヤマメは、それぞれ単独で生息する場合には、その分布域に重なる部分もあるが、両者がともに生息する河川では、水温約13℃を境界域として、下流にヤマメ、上流にイワナが分布することが知られている。

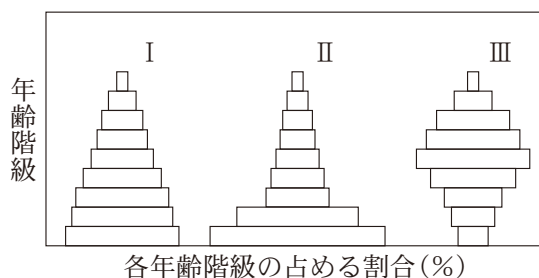


図1 ヒト個体群における年齢構成の3型

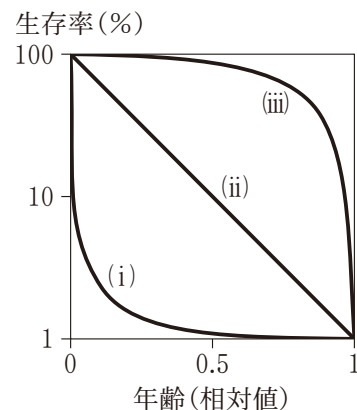


図2 3つの型の生存曲線

問 1 文中の(ア)～(オ)に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部Aに関して、図1にヒトの個体群の年齢構成の3つの型を示した。図中のⅠ、Ⅱ、Ⅲで示された個体群は、今後どのように変化すると予測されるか。それぞれ10字以内で答えなさい。

問 3 下線部Bの3つの型を図2に示した。(i)、(ii)、(iii)の型を代表する生物の特徴を表しているものを、次の選択肢からそれぞれすべて選びなさい。

- ① 全年齢を通しての死亡率がほぼ一定である。
- ② 多くの個体が生理的寿命近くまで生存できる。
- ③ 産卵・産子数が少なく、初期死亡率は低い。
- ④ 産卵・産子数が少なく、初期死亡率は高い。
- ⑤ 産卵・産子数が多く、それらを手厚く保護をする。
- ⑥ 産卵・産子数が少なく、それらの保護はしない。
- ⑦ 産卵・産子数が多く、それらの保護はしない。
- ⑧ ヒトなどの大型の哺乳類に多い型である。
- ⑨ 爬虫類や小型の鳥類に多い型である。
- ⑩ 海産無脊椎動物に多い型である。

問 4 下線部Cのような場合、一定地域内で個体の分布はどのような分布様式を示すか答えなさい。

問 5 下線部Dに関して、3種のゾウリムシを用いて以下の実験を行い、それぞれの個体数の変化を調べた。

【実験 a】 ゾウリムシとヒメゾウリムシを単独および混合して飼育し、餌としては2種が共通して利用する細菌を与えた。また、2種が利用する資源はよく似ていた。個体数(相対値)は図3に示す。

【実験 b】 ゾウリムシとミドリゾウリムシを単独および混合して飼育し、餌としては、酵母に加え【実験 a】と同種の細菌を混合した餌を与えた。このとき、ゾウリムシは主に表層や中層で細菌を食べ、ミドリゾウリムシは主に下層や容器の側面で酵母を食べる傾向にあった。個体数(相対値)は図3に示す。

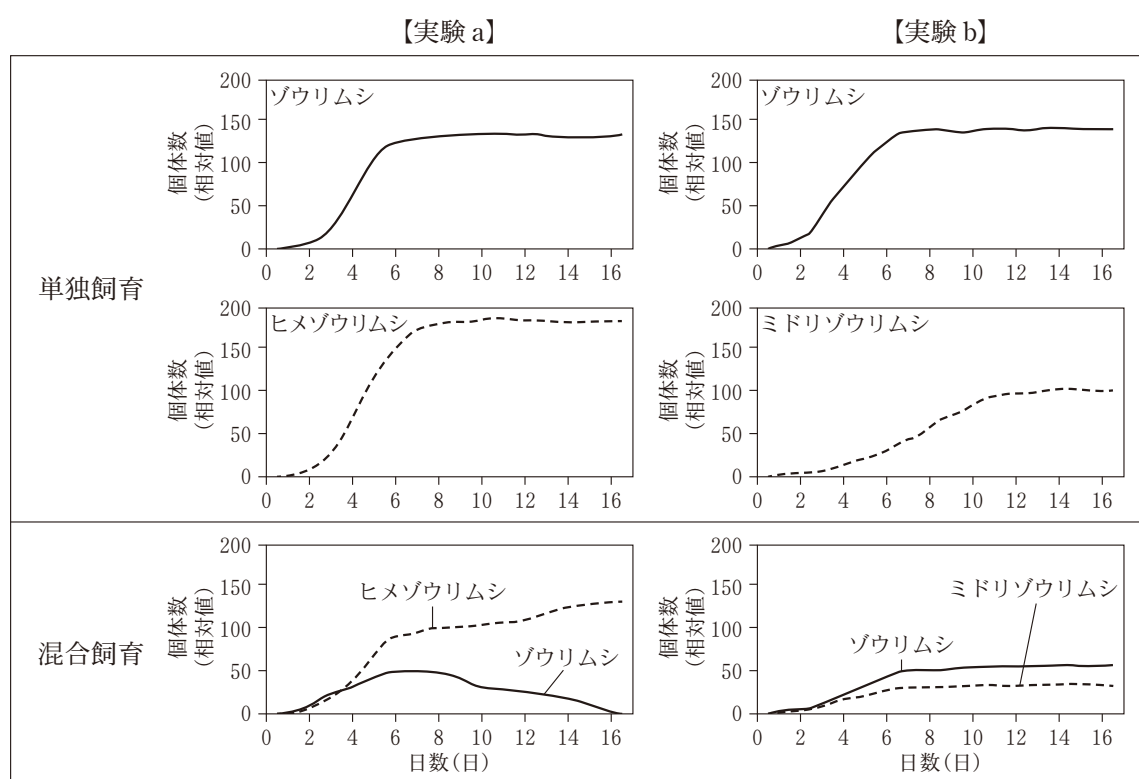


図3 ゾウリムシ3種の個体数(相対値)

- (1) 3種のゾウリムシの実験について、3種とも単独飼育した場合より、混合飼育した方が個体数は小さくなっている。どのような理由が考えられるか、答えなさい。
- (2) 【実験 a】において、混合飼育した場合に、ゾウリムシの個体数は、最終的にゼロとなったが、どのような理由が考えられるか、答えなさい。
- (3) 【実験 b】において、混合飼育におけるゾウリムシの個体数は、単独飼育より少ないものの安定していたのは、どのような理由が考えられるか、答えなさい。

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

脊椎動物においては、自律神経やホルモンが体内のさまざまな器官の働きを調節し、体液の恒常性を維持しているが、中でも血液中のグルコース濃度(血糖濃度)を正常な範囲に保つことは重要である。ホルモンは、内分泌腺と呼ばれる特定の器官で産生され、血液中に分泌され、作用を及ぼす器官に達し、その働きを調節する。例えば、ヒトの血液中には 100 mL あたり約 100 mg のグルコースが含まれており、ほぼ一定の値を示す。血糖濃度の調節に関与するホルモンは、すい臓から分泌されるインスリンとグルカゴンである。これらのホルモンは、いずれも負のフィードバック^Aによって制御される内分泌制御経路で働いている。

血液の血糖濃度がある一定の量を下回ると、間脳視床下部の血糖調節中枢から交感神経や脳下垂体へとその情報が伝えられ、その結果、副腎髄質から(ア)、副腎皮質から(イ)、すい臓のランゲルハンス島の(ウ)細胞からグルカゴンが分泌され、血糖濃度が上昇する。逆に血糖濃度が上昇した場合、すい臓のランゲルハンス島の(エ)細胞からインスリンが分泌される。インスリンは、脳細胞を除く体の細胞のほとんどすべてを刺激して血液から細胞内へグルコースの(オ)を促進する。また、インスリンは(カ)や骨格筋でのグリコーゲンの(キ)を促進すると共に、組織中のグルコースの(ク)を促進することによっても血糖濃度を低下させる。グルカゴンは主として(カ)に働く。血糖濃度が正常範囲以下に下がると、グルカゴンは(カ)にシグナルを伝達してグリコーゲンの(ク)を促進する。その結果、血糖濃度が増加し正常範囲内に戻る。

問 1 文中の(ア)～(ク)に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部Aの調節機構について、血液中のチロキシン濃度が上昇した場合、どのようなフィードバック調節が起こるか、説明しなさい。

問 3 血糖濃度調節がうまく働かないと糖尿病と呼ばれる疾患になる場合がある。この疾患では、腎小体でろ過されるグルコース量が細尿管で(あ)される量を上回って、血糖濃度が常に高い状態となり、尿中にグルコースが排出されることもある。図 1 に健常者とインスリン抵抗性が原因となって発症したⅡ型糖尿病患者の食事前後の血糖濃度(実線)と血中のインスリン濃度(破線)を調べた結果を示した。

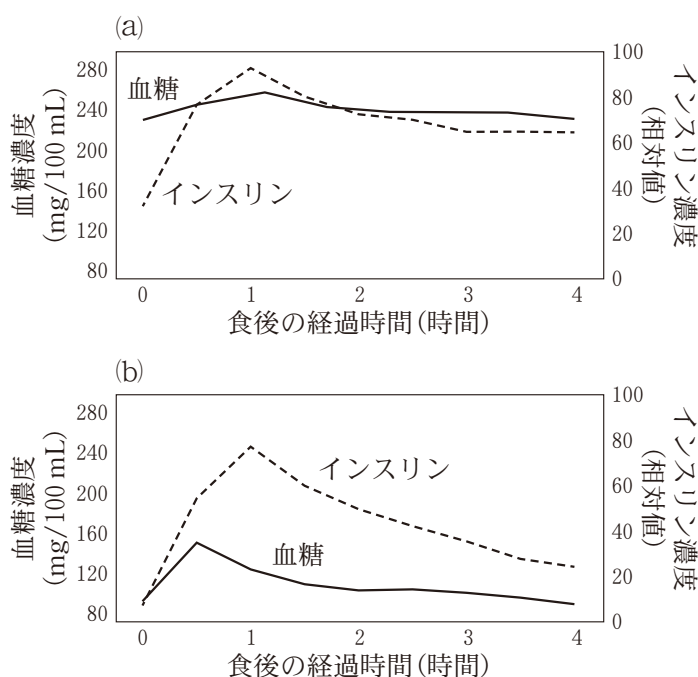


図 1 食後の血糖濃度およびインスリン濃度

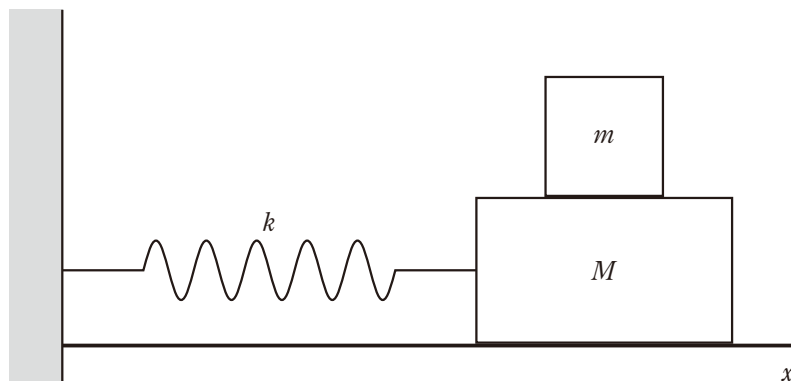
- (1) 文中の(あ)に適切な語句を答えなさい。
- (2) 図 1 において、Ⅱ型の糖尿病患者のグラフは(a), (b)のどちらか答えなさい。
- (3) インスリン抵抗性とはどのような状態であるか、簡単に説明しなさい。
- (4) 図 1 を参考に、Ⅰ型の糖尿病患者の食事前後の血糖濃度(実線)と血中のインスリン濃度(破線)を記入して解答欄のグラフを完成させなさい。
- (5) (4)の糖尿病患者にインスリンを経口投与した場合、(i)血糖濃度を下げることができるかどうか答えなさい。また、(ii)その理由を 50 字以内で説明しなさい。
- (6) 自己免疫によって、ランゲルハンス島の(エ)細胞が破壊されたことが原因となって発症した糖尿病は何型であるか答えなさい。

物 理 (その 1)

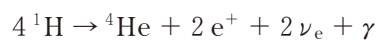
1

図のように、摩擦のない水平面上に質量 M の台車が置かれ、ばね定数 k のばねで壁に接続されている。台車の上に質量 m の小物体が置かれており、台車と小物体の間の静止摩擦力は十分大きく、運動中もすべりが生じず、両者は一体となって運動する。重力加速度を g とする。ばねが自然長のときを $x = 0$ とし、右向きを正の向きとして台車の変位 $x(t)$ を表す。時刻 $t = 0$ にばねを自然長から x_0 だけ圧縮して台車を静かに離したところ、台車と小物体は単振動を始めた。

- (1) 台車と小物体をひとつの系とみなして、位置 x のときの加速度を $a = \ddot{x}$ として、運動方程式を立てなさい。また、その角振動数 ω を求めなさい。
- (2) 単振動の周期 T を求めなさい。
- (3) 台車が振動中に到達する最大加速度 $a_{\max}$ を求めなさい。
- (4) 台車の変位 x_0 の位置にある瞬間に、小物体だけを台車から鉛直上方に静かに持ち上げて取り除いたとする。(a)その後の台車の運動がどのような運動になるか 20 字以内で説明しなさい。また、(b)そのときの新しい角振動数 ω' を求めなさい。(c)そのときの最大振幅 A を求めなさい。



太陽内部では主として水素原子核(陽子)が核融合を起こし、ヘリウム原子核が生成されている。以下では次の反応を代表反応として考える。



ここで ^1H は水素原子核, ^4He はヘリウム原子核, e^+ は陽電子, ν_{e} は電子ニュートリノ, γ は光子である。陽電子は電子と対消滅し、そのエネルギーは γ 線として放射されるとみなす。ニュートリノはほとんど相互作用しないため、そのエネルギーは太陽の光度には寄与しない。ただしエネルギー収支上は存在し、全反応エネルギーから差し引いて考えるものとする。

水素原子核の質量 $m_{\text{p}} = 1.01\ \text{u}$

ヘリウム原子核の質量 $m_{\text{He}} = 4.00\ \text{u}$

$1\ \text{u} = 9.31 \times 10^2\ \text{MeV}/c^2$

アボガドロ数 $N_{\text{A}} = 6.02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

太陽の光度 $L = 3.90 \times 10^{26}\ \text{W}$

電子ボルト換算 $1\ \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J}$

質量換算 $1\ \text{u} = 1.66 \times 10^{-27}\ \text{kg}$

上記データを用いて、以下の問いに答えなさい。

- (1) なぜこの核融合反応で太陽は光り輝くエネルギーを得ることができるのか。結合エネルギーの増大と質量欠損を用いて、100 字以内で説明しなさい。
- (2) 4 個の陽子と 1 個のヘリウム原子核の質量差(質量欠損)を求めなさい。なお、単位は u で答えなさい。
- (3) (2)での質量欠損に対応するエネルギーを MeV 単位で求めなさい。
- (4) ニュートリノが反応エネルギーの 2.0 % を運び去るとき、太陽が 1 秒間に起こす反応回数を求めなさい。
- (5) 太陽質量を $2.00 \times 10^{30}\ \text{kg}$ として、太陽の 10 % が水素で構成されていると仮定し、その水素をすべて核融合で使い切るとする。太陽の寿命を年で見積りなさい。

物 理 (その2)

3

図のように、電池 E_1 (起電力 20 V)、 E_2 (起電力 4.0 V)、抵抗 R_1 ($100\ \Omega$)、 R_2 ($25\ \Omega$)、 R_3 ($30\ \Omega$)、可変抵抗 R ($R[\Omega]$)、電流計 A 、および、スイッチ S が接続されている直流回路がある。ただし、電池および電流計の内部抵抗は無視できるものとする。

A

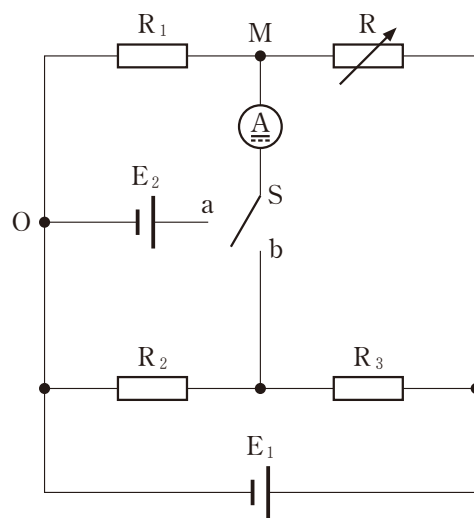
スイッチ S を a 側に入れた状態にする。

- (1) 電流計に電流が流れないようにしたとき、点 O に対する点 M の電位を求めなさい。
- (2) 電流計に電流が流れないようにしたとき、可変抵抗 R の大きさを求めなさい。
- (3) 電流計に 0.16 A の電流が図の上から下に向かって流れたとき、可変抵抗 R の大きさを求めなさい。

B

スイッチ S を a 側から、 b 側に切りかえた状態にする。

- (4) 電流計に電流が流れないようにしたとき、可変抵抗 R の大きさを求めなさい。
- (5) 可変抵抗 $R = 70\ \Omega$ にしたとき、回路全体の消費電力を求めなさい。
- (6) 可変抵抗 $R = 70\ \Omega$ にしたとき、電流計に流れる電流の大きさを求めなさい。



☒

ミリカンは、20 世紀の初めに電気素量を計測するための実験を行った。この実験にならって、図 1 のような装置を使って考える。霧吹きから油滴を吹き込み、上側の電極にあけられた穴を通して、油滴を落下させる。X 線を油滴に照射すると、照射によって生じた空気中のイオンが油滴に付着し、油滴はさまざまな程度に帯電する。

- (1) 図 1 のように、電極間に電場をかけず、油滴の一つについて、その運動を顕微鏡で観察を行った。油滴は、鉛直方向に落下し、その油滴の速さはある一定の値 v_0 [m/s] であった。空気の抵抗力は速さに比例し、その比例定数は k [kg/s] であるとする。この油滴の質量を m [kg]、重力加速度の大きさは g [m/s²] として、 v_0 を k , m , g で表しなさい。空気の浮力は無視してよいものとする。
- (2) 次に、図 1 のスイッチ S を閉じて、電極間に強さ E [V/m] の電場をかけた。落下していた油滴は上昇に転じ、上昇する速さはある一定値 v_1 [m/s] になった。この油滴の電荷 q [C] を k , v_0 , v_1 および E を用いて表しなさい。
- (3) 図 2 は v_0 と v_1 の測定を繰り返し行って得られた q の値である。図 2 の値を用いて、電気素量 e の値を求めなさい。有効数字 2 桁で答えなさい。
- (4) 真空中の磁束密度 0.057 T の一様な磁場中に、 1.0×10^7 m/s の速さでこの磁場に垂直に入射してきた電子は、半径 1.0 mm の円運動を行った。問(3)の結果を用いて、電子の質量 m_e を求めなさい。この真空中には電場はなく、重力の影響は無視できるものとする。

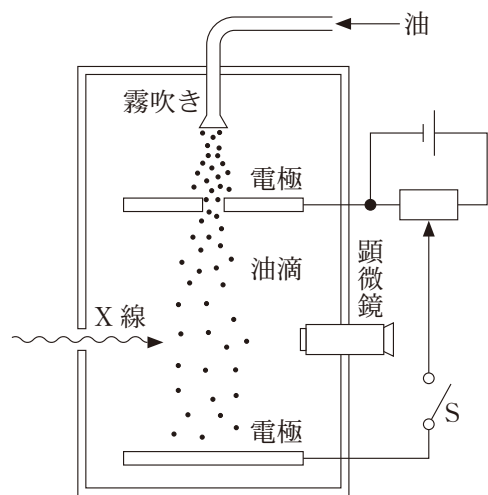


図 1

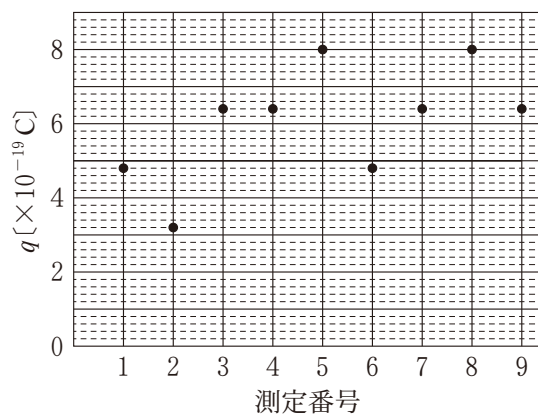


図 2