

令和5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5年3月4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。

令和5年度入学試験問題 医学部（Ⅱ期）

理科

問題文 訂正

化学（その1）

問題冊子 P. 2 1行目

1 問2の問題文を訂正します。

（誤）エチレングルコールと・・・

（正）エチレングリコールと・・・

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，O：16.0，Na：23.0，Cl：35.5，Ca：40.0，Ni：59.0，

Cu：64.0，Ag：108

1

多くの高分子化合物は、小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さい分子を単量体(モノマー)とよび、単量体が次々に結合する反応を重合、重合で生じる高分子化合物を重合体(ポリマー)とよぶ。

問 1 次の単量体に関する設問に答えよ。

① ϵ -カプロラクタム

② プロペン

③ ヘキサメチレンジアミン・アジピン酸

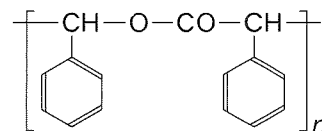
④ スチレン

1) 上記単量体の中で縮合重合するものを選び、①～④の番号で答えよ。また、この際に生じる重合体の名称を答えなさい。

2) 合成樹脂は加熱した際の性質から2つに分類することができる。上記単量体から合成される重合体はこの観点でいずれも共通した性質を有する。これらの重合体の性質を漢字4文字で答えなさい。

問 2 エチレングルコールとテレフタル酸を完全に反応させて得られた重合体 1.00 g を適当な溶媒に溶かして 500 mL の溶液とし、この溶液の浸透圧を 27 °C で測定したら 1.40×10^2 Pa を示した。この重合体は、一端が $-OH$ 基、他端が $-COOH$ 基で終わっているとする。アボガドロ定数 N_A を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 R を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。数値を答える場合は、四捨五入のうえ有効数字 3 桁として解答欄に記入せよ。

1) 右の例を参照して解答欄の重合体の構造式を完成させよ。



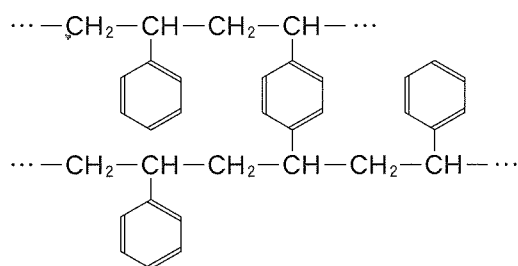
2) 重合体の分子量を計算せよ。

3) 重合体 1.00 g の中に含まれるカルボキシ基の数を答えよ。

4) 重合度 n ならびに重合体 1 分子に含まれるエステル結合の数を答えよ。

問 3 高分子化合物のうち、特別な機能を有するものを機能性高分子化合物とよぶ。代表的なものとしてイオン交換樹脂が存在する。イオン交換樹脂の合成と利用について、次の質問に答えなさい。

1) イオン交換樹脂を合成する場合、まず単量体から重合体を合成する。下図のような重合体を合成する場合に要する単量体の名称をすべて挙げ、その重合の様式を答えなさい。



2) 上記の重合体にある試薬を加えて加熱すると、イオン交換樹脂が合成される。この際に加える試薬として正しいものをつぎの選択肢から 1 つ選べ。

- ① 希塩酸 ② 濃塩酸 ③ 希硫酸 ④ 濃硫酸 ⑤ 希硝酸 ⑥ 濃硝酸

3) ある濃度の CaCl_2 水溶液 10 mL を、陽イオン交換樹脂に通し、その後、蒸留水で完全に洗浄した。流出液を合わせて 0.020 mol/L の NaOH 水溶液で滴定したら、25 mL 必要であった。この CaCl_2 水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めよ。ただし、四捨五入のうえ有効数字 2 桁として解答せよ。

天然の単糖には、炭素原子6個を有するものが多く、これらはヘキソース(六炭糖)とよばれる。ヘキソースには、グルコースやフルクトース、ガラクトースなどがある。これらはいずれも分子式(①)で示され、互いに異性体である。また、炭素原子5個の単糖はペントース(五炭糖)とよばれ、リボースなどが該当する。さらに、単糖には様々な誘導体が知られており、その中の一つであるデオキシリボースは分子式(②)で示される。単糖は、一般に無色の結晶で、甘味を示す。また、分子中にヒドロキシ基(-OH)が多く含まれるため、水によく溶ける。

二糖は2分子の単糖から成る。二糖には、マルトース、スクロース、セロビオースなどがある。これらは、分子式(③)で示され、互いに異性体である。二糖は、無色の結晶で、水に溶けやすく、甘味をもつものが多い。

多数の単糖が脱水縮合したものを多糖とよぶ。多糖にはデンプン、グリコーゲン、セルロースなどがある。

問 1 分子式①~③を答えよ。

問 2 上記説明文に登場する糖のなかでフェーリング液を加えても赤色沈殿が生じないものはどれか。該当するものすべてについて解答欄にチェックを付しなさい。

問 3 一般的にデンプンは温水に対して可溶性の成分と不溶性の成分を併せ持つ。次の問いに答えよ。

1) デンプンに含まれる不溶性成分の名称を答えよ。また、この不溶性成分には含まれるが、可溶性成分には含まれない化学結合の名称を答えよ。

2) デンプンから不溶性成分を一定量取り出し、この成分中に含まれる OH 基をすべてメチル化し OCH_3 基に変え、これを希硫酸存在下で完全に加水分解したところ、3種の単糖 A、B および C がそれぞれ 18.1 g、0.890 g および 1.01 g 生じた。また、この不溶性成分の分岐の数を測定したところ 1 分子あたり 4.12×10^2 であった。この不溶性成分の平均分子量を計算し、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で解答せよ。なお、B および C は等物質質量であり、希硫酸による加水分解では OCH_3 基は変化しないが、グルコースの 1 位に OCH_3 基がある場合だけは加水分解され OH 基に変換されるものとする。

問 4 一般的にセルロースは一様に水に不溶である。次に示したセルロースが水に溶けにくい理由について、①～③に入る適切な語句を語群から選び、記号で答えよ。

[セルロースが水に溶けにくい理由]

セルロースは、分子中にグルコースが ① を介して連なる ② 構造を有し、その分子間には ③ が生じるため、水に溶けにくい。

語群

ア らせん状	イ 直線状	ウ シート状	エ 環状
オ 配位結合	カ ファンデルワールス力	キ 水素結合	ク エステル結合
ケ 共有結合	コ α -グリコシド結合	サ β -グリコシド結合	

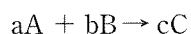
問 5 水溶液中のマルトースを加水分解してフェーリング液を加えたところ、14.6 g の赤色沈殿が生じた。すべてのマルトースが加水分解され、すべての加水分解産物がフェーリング試薬と反応したと仮定して、もとの水溶液に含まれるマルトースの質量[g]を計算しなさい。なお、四捨五入のうえ小数点以下第1位まで求めよ。

化 学 (その2)

3

A.

次の式で表される化学反応を一定の温度で観察した。



a, b, c は係数であり, 最も簡単な整数比となるように選ばれているものとする。

A および B の反応前の濃度を変えて反応速度を測定したところ, 表の結果となった。

表中の値は, 反応中のある時間における A と B のモル濃度と, その時点の C の生成速度 v [mol/(L・s)] である。

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L・s)]
1	0.10	0.10	0.40×10^{-3}
2	0.10	0.20	0.80×10^{-3}
3	0.20	0.20	3.2×10^{-3}
4	0.30	0.20	7.2×10^{-3}

問 1 この反応式の反応速度式を次の式で表すとき, 反応次数 x および y を求めよ。

$$v = k[A]^x[B]^y$$

問 2 速度定数 k を単位を付して小数点以下第 1 位まで求めよ。小数第 2 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。

問 3 $[A] = 0.40$ mol/L, $[B] = 0.30$ mol/L としたときの反応速度 [mol/(L・s)] を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

B.

0.300 mol/L の過酸化水素(H_2O_2)水溶液 10 mL に触媒を加え、過酸化水素の分解反応により発生した酸素を水上置換により捕集した。反応開始後、30 秒毎に捕集した酸素の体積の測定を行った。下記の表は 30 秒毎に測定した発生酸素の体積から、各時間における過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L] を算出した結果をまとめたものである。

分解反応は、反応温度を一定に保った状態で行い、酸素の水への溶解と過酸化水素水の体積変化は無視できるものとして以下の問に答えよ。

反応時間[s]	0	30	60	90	120
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	0.3000	0.2700	0.2430	0.2187	0.1969
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ の平均値 [mol/L]		0.2850	0.2565	0.2309	0.2078
平均の分解速度 [mol/(L・s)]		(ア)		(イ)	

問 1 表の(ア)：反応開始(0 秒)から 30 秒後までの過酸化水素の平均の分解速度と(イ)：反応開始 60 秒後から 90 秒後までの過酸化水素の平均の分解速度を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で求めよ。

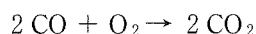
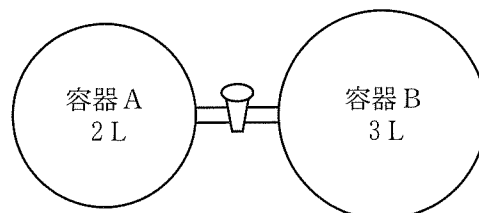
問 2 反応開始後の特定の時間 t [s] 時点での分解速度 v [mol/(L・s)] を、 t [s] における過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L] と、この反応の速度定数 k を用いた数式で答えよ。

問 3 この分解反応の反応速度定数(k)を四捨五入のうえ単位も含めて有効数字 3 桁で答えよ。

問 1 内容積が 2 L の容器 A と 3 L の容器 B は図のようにコックの部分で接続されている。容器 A には 27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の CO が充填されており、一方容器 B には 27°C , $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の O_2 が充填されている。

現在コックは閉じられている。

コックを開けた後、容器 A、容器 B を共に 27°C に保つと、両容器内の圧力が等しくなり平衡に達した。その後コックを閉じて、容器 A にもみ熱を加え容器内の混合気体に下記の反応をさせた。



容器 A 内の反応を十分にさせた後、再びコックを開け、容器 A、容器 B を共に十分な時間 27°C に保った。このときの容器全体の圧力は何 Pa となるか。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

なお、コックや接続管の容積は無視でき、気体は理想気体として扱うことができる。気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。また、容器 A で反応した気体は、 27°C に温度が戻された後に追加反応は起こらないものとする。

問 2 銀とニッケルが均一に含まれている粗銅 250 g を陽極に、純銅を陰極に用いて CuSO_4 水溶液中で電解精錬を行った。7.50 A の電流を 8 時間 34 分 40 秒流したところ、残った粗銅の質量が 170 g となり、陽極泥が 4.0 g 沈殿していた。この粗銅中の銅の質量パーセント濃度を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で求めよ。なおファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

問 3 半透膜で仕切った純溶媒と溶液に対して、これら 2 つの液体間に生じている浸透圧以上の圧力を溶液側に加えることにより、溶媒分子を溶液側から純溶媒側に移動させ、その結果溶液中から純溶媒を得る方法を逆浸透法という。この逆浸透法の技術を用いて、27.0℃の海水(溶液)から淡水(純溶媒)を得るには、何 Pa 以上の圧力を海水側にかける必要があるか。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

ただし、海水には溶質として 3.50 % の塩化ナトリウムだけが含まれ、完全に電離しているものとし、逆浸透を行なっている間の海水の密度は 1.02 g/cm^3 に維持される。

また浸透圧(Π)はファンツホッフの法則： $\Pi = cRT$ (ただし c は水溶液のモル濃度、 R は気体定数、 T は絶対温度)に従うものとする。

必要であれば、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ を用いよ。

問 4 天然に存在する塩素原子の同位体の質量数と存在比は表のようになっている。

質量数 12 の炭素原子からなるテトラクロロメタン(CCl_4)のなかで、最も多く存在する CCl_4 の同位体の存在比(%)を小数点以下第 1 位まで答えよ。小数第 2 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。

元素		同位体	質量数	存在比(%)
塩素	Cl	^{35}Cl	35	75.0
		^{37}Cl	37	25.0

問 5 酢酸をベンゼンに溶かすと酢酸分子の一部が 2 量体を形成するが、溶液中で 2 量体を形成した酢酸分子の割合は会合度 β ($0 < \beta \leq 1$) と表される。ベンゼン 100 g に酢酸 2.0 g を溶かしたところ 4.25℃ で凝固した。

ベンゼンの凝固点は 5.53℃、モル凝固点降下が $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ であるとき、酢酸の会合度 β を小数点以下第 1 位まで求めよ。小数第 2 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。

生 物（その1）

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ある腎臓の機能が正常な人に血中濃度が一定に保たれるようにイヌリンを点滴し、血しょう、原尿、尿における質量パーセント濃度(%)を測定した。また、体内に含まれている成分である尿素や(ア)～(ウ)に関しても同様に測定した。結果を表に記す。なお、イヌリンは糸球体でろ過されるが細尿管で再吸収されない物質である。

成分	質量パーセント濃度(%)		
	血しょう	原尿	尿
(ア)	8.0	0	0
尿素	0.03	0.03	2.1
(イ)	0.1	0.1	0
(ウ)	0.02	0.02	0.15
イヌリン	0.01	0.01	1.1

問 1 表中(ア)～(ウ)の組み合わせとして正しいのはどれか。ただし、それぞれの選択肢はアーイーウの順に物質名を記載している。

- a タンパク質—カリウムイオン—グルコース
- b タンパク質—グルコース—カリウムイオン
- c カリウムイオン—タンパク質—グルコース
- d カリウムイオン—グルコース—タンパク質
- e グルコース—タンパク質—カリウムイオン

問 2 尿素の濃縮率を計算しなさい。

問 3 この人の尿量は1日 1600 mLであった。1日あたりの原尿量は何 L か計算しなさい。

問 4 血しょう中の尿素は何 mg/mL か計算しなさい。ただし、血しょうの密度は 1.0 g/mL とする。

問 5 原尿中の尿素の1日の再吸収量は何 g か計算しなさい。この人の尿量は1日 1600 mL とし、原尿と尿の密度はいずれも 1.0 g/mL とする。

問 6 腎臓における再吸収に関する次の文で正しいものはどれか。すべて答えなさい。

- a. 腎小体は再吸収に関与しない。
- b. 集合管では水の再吸収は行われない。
- c. 原尿中の無機塩類は再吸収され毛細血管へ取り込まれる。
- d. 糖質コルチコイドはナトリウムイオンの再吸収を促進する。
- e. 心房の筋細胞から水とナトリウムの再吸収を抑制するホルモンが分泌される。

問 7 視床下部で産生され、体液濃度の調節に関与するホルモン名とその分泌部位、腎臓における作用部位も答えなさい。

問 8 水生動物は、海水や淡水などの環境で生息しており、その環境に合わせてさまざまな体液調節のしくみをもつようになった。例えば、淡水魚が生活する淡水は、魚の体液より濃度が低いので、えらなどから体内に水が侵入してくる。そこで、水はほとんど飲まず、えらから体内へ塩分を積極的に取り込んで体内環境の調節を行なっている。これら淡水魚は、体液の塩類濃度を一定に調節するためどのような尿をどれくらい排出しているか答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

＜実験 1＞

ブタのレバーに含まれるカタラーゼがはたらく条件を調べるために、以下の実験を行なった。

準備した物：ブタのレバー(米粒大に分けておく)、蒸留水、酸化マンガン(IV)、3% 過酸化水素水(体積%)、3.5% 塩酸(体積%)、4% 水酸化ナトリウム水溶液(質量%)、ガスバーナー、氷、ガラス棒、ビーカー、試験管

方法① 4本の試験管 A～D にレバー片を入れる。A と B には蒸留水 1 mL、C には塩酸 1 mL、D には水酸化ナトリウム水溶液 1 mL を入れる。B は加熱し、十分に冷ます。その後、4本の試験管に過酸化水素水 5 mL を入れ、気泡を観察する。

方法② 底にレバー片を付着させた 3本の試験管と過酸化水素水 5 mL を入れた 3本の試験管を用意し、各組を E～G とする。E は氷水(0℃)、F はぬるま湯(40℃)、G は熱湯(70℃)に保ったビーカーに 5 分間浸す。その後、各組の過酸化水素水を同温のレバー入りの試験管に流し込み、気泡を観察する。

方法③ 耳かき 1 杯程度の酸化マンガン(IV)が入った 3本の試験管と過酸化水素水 5 mL を入れた 3本の試験管を用意し、各組を H～J とする。H は氷水(0℃)、I はぬるま湯(40℃)、J は熱湯(70℃)に保ったビーカーに 5 分間浸す。その後、各組の過酸化水素水を同温の酸化マンガン(IV)入りの試験管に流し込み、気泡を観察する。

問 1 方法①～③の実験で気泡の発生が最も多く見られた試験管はそれぞれどれか。

問 2 この実験で観察された反応の化学反応式を記しなさい。

問 3 この化学反応におけるカタラーゼや酸化マンガンのはたらきを何と呼ぶか答えなさい。

問 4 試験管 G と試験管 J の結果の違いに関して、その理由を説明しなさい。

問 5 酵素の性質に関して正しいものはどれか。すべて選びなさい。

- a. 酵素は細胞外でも作用する。
- b. 酵素は反応の前後で消費されない。
- c. 酵素が活性化エネルギーを上昇させることで反応速度が速まる。
- d. 呼吸の脱水素酵素にはビタミンを成分とする補酵素を必要とするものがある。
- e. 生体内ではフィードバック調節が働き酵素の活性を調節している場合がある。

<実験 2>

乾燥パン酵母をすりつぶした液 A に 35℃ で 100 mL のグルコース水溶液を加え、10 分間放置した。気泡が発生してきたところでキューネ発酵管の盲管部に隙間なく注入した。気体の体積が^(a)10 mL 程度になってから、開口部より少量の(ア)水溶液を加え、開口部を親指でふさぎゆるやかに攪拌すると、気体が消失した。この反応液に 1 mL の(イ)溶液を添加し 60℃ の湯で 5 分間攪拌すると黄変し、消毒薬臭がした。

問 6 下線部(a)の化学反応式を書きなさい。

問 7 (ア)の物質として適当なものを選びなさい。

- a. 酢酸
- b. 塩酸
- c. 塩化カルシウム
- d. 塩化ナトリウム
- e. 水酸化ナトリウム

問 8 (イ)の物質を答えなさい。

次に乾燥パン酵母をすりつぶした A 液をセロハンの袋に入れ、ビーカー内の水に 24 時間浸した(ビーカー内の水の量は、袋の中の液の量よりも十分に多い)。セロハンの袋内の液を B、ビーカー内の液を C、C を濃縮して B と混ぜた液を D、D を煮沸した液と B を混ぜた液を E、E を煮沸した液と C を混ぜた液を F とした。

問 9 これらにグルコース水溶液を加えると気泡が発生する液を B~F からすべて答えなさい。

生 物 (その2)

3 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

真核生物の遺伝情報は DNA 上の塩基配列により決められている。細胞が分裂する場合、DNA の持つ遺伝情報は分裂した細胞に正確に伝えられる必要がある。この時に DNA から全く同じ DNA が作られる過程を複製という。一方、遺伝子の発現という場合は、DNA の遺伝情報を (ア) の配列に写す (イ) と呼ばれる過程を経て、その情報をもとにタンパク質を作ることを行う。遺伝子の発現の最終段階である (ウ) は RNA とタンパク質からなるリボソームでおこなわれる。(ウ) の過程では合成された (ア) がリボソームに移動し、そこで (エ) と呼ばれる比較的分子量の小さい RNA によって運ばれたアミノ酸が (ア) の配列情報に従って、次々とつながれていく。すなわち、(ウ) で最初に起こるのは、リボソームの小サブユニットの (ア) 上での移動である。リボソームの小サブユニットが最初の AUG 配列までくると、(オ) というアミノ酸を結合した (エ) が (カ) を介して (ア) のコドンに結合する。その後リボソームの大サブユニットが結合してペプチド鎖の伸長が可能になる。この過程を通じて塩基配列がアミノ酸配列に変えられる。

細胞分裂の過程で DNA が正確に複製されず塩基配列に変化を生じることや、まれではあるが
A 相補的でない塩基対ができることもある。このような場合の多くは DNA が複製される時に DNA 修復と呼ばれるしくみによって直ちに修復される。

問 1 (ア)～(カ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 原核細胞では核膜がないため (A) で (イ) が行われる。一般に原核生物の遺伝子には (B) は存在しない。そのため、原核細胞では DNA の塩基配列が (ア) に (イ) されると、ただちにタンパク質合成が開始される。(イ) されつつある (ア) の先端部にはリボソームが次々と付着し、それらが (ア) 上を移動してタンパク質を合成する。図 1 は原核細胞のタンパク質合成を模式的に示したものであり、環状 DNA のうち、アンチセンス鎖のみを示してある。

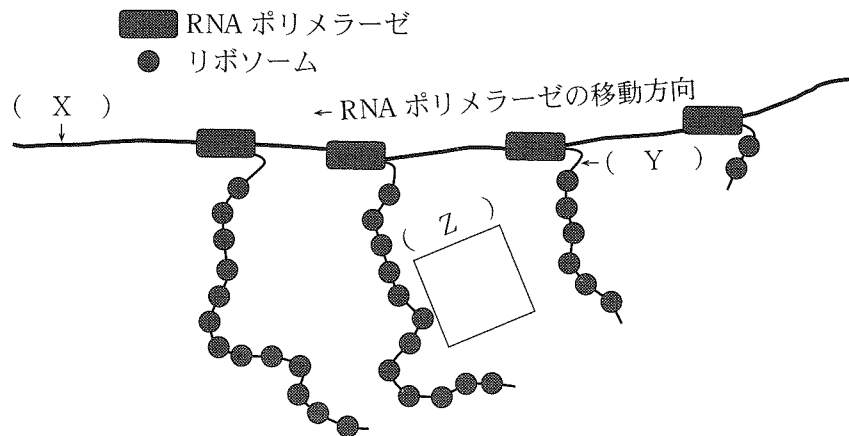


図1 原核細胞のタンパク質合成

- (1) 文中の(A), (B)に適切な語句を入れなさい。
- (2) 図1中の(X)および(Y)はそれぞれ何か答えなさい。
- (3) 図1中の(Z) 内にリボソームの移動方向を矢印で示しなさい。
- (4) (Y)に複数のリボソームが付着している状態は、生命活動をおこなう上でどのような利点があると考えられるか。30字以内で示しなさい。

問3 下線部Aの現象のことを何と呼ぶか答えなさい。

問4 問3の現象が起こっても、形質に影響を与えないことがある。どのような場合か答えなさい。

問5 下線部Aの現象により発症するヒトの疾患例として、血液中の酸素が不足すると赤血球が変形して毛細血管内でつまって血行障害を起こしたり、赤血球の膜が破れて貧血を起こしたりする疾患がある。この疾患の原因は *HBB* 遺伝子であり、患者は潜性(劣性)対立遺伝子(HbS)をホモ接合で持つ。アフリカなどのマラリア蔓延地域のヒト集団において、HbSヘテロ接合の個体はホモ接合の個体よりも高い適応度をもつことが知られている。その理由は、マラリア原虫は赤血球内での増殖ステージをもつが、HbSヘテロの個体の赤血球には、マラリア原虫に感染してもその増殖が抑えられる特徴があり、さらには日常の酸素分圧ではこの疾患を発症しないためである。

- (1) 疾患名を答えなさい。
- (2) この疾患では6番目のアミノ酸であるグルタミン酸が別のアミノ酸に置き換わっている。何に置き換わっているか答えなさい。
- (3) 適応度の高い表現型の遺伝子であるにもかかわらず、HbSヘテロの遺伝子型頻度がマラリア蔓延地域において増えすぎも減りすぎもせずに維持され続ける理由を簡単に答えなさい。
- (4) この(3)は「ハーディー・ワインベルグの法則」にそぐわない遺伝子型頻度の例と考えられているが、その理由を簡単に答えなさい。

問 6 放射線は DNA のヌクレオチド鎖を直接切断したり間接的に切断したりする。多量の放射線によって DNA の多くの部分に損傷が生じると、DNA 修復が追いつかなくなり、細胞は死滅することが多い。加えて、DNA においては 1 本鎖の部分が切断されやすいことも知られている。がんの治療では放射線を用いた治療が多くおこなわれているが、これはがん細胞が放射線の影響を受けやすいからである。これらのことから、がん細胞はどのような性質を有していると考えられるか簡単に説明しなさい。

4 下の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

大気中には、約(ア)%の窒素ガスと約(イ)%の二酸化炭素が含まれる。植物は大気中の窒素を直接利用することができない。そこで、植物はある種の細菌の働きによって作られた土壌中の(ウ)や硝酸イオンを吸収して代謝し、タンパク質やアミノ酸、核酸などの窒素化合物を産生する。これを(エ)という。細菌の中には大気中の窒素を取り込み、体内で代謝を行い、この窒素を利用して(ウ)を産生するものがある。これが(オ)といわれるもので、代表的な細菌としてはマメ科植物の根に共生する(カ)や土壌細菌の(キ)やクロストリジウム、ある種のシアノバクテリアなどが知られている。動物も大気中の窒素を直接利用することができず、窒素を植物や他の動物からタンパク質の形で摂取する。動物の体内でアミノ酸が代謝されると、(ウ)が出来る。(ウ)は毒性が高いので、ヒトでは尿素に変換されてから体外に排泄される。動物の排泄物や植物や動物の死骸に含まれる有機窒素化合物は、微生物によって分解され(ウ)に変えられる。さらに(ク)細菌によって(ウ)は、亜硝酸イオンや硝酸イオンに変化していく。この(ウ)や硝酸イオンは、再び植物に栄養素として利用される。嫌気的な環境下では(ケ)が亜硝酸イオン、硝酸イオンを窒素ガスに変化させて、大気中に放出する。このことを(コ)と呼ぶ。地球上の窒素量は、元素単位では一定であり、循環することによって生物に利用されている。しかしながら、現代では自然の循環バランスが崩れてきている。

問 1 (ア)～(コ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部Aに関して、

- (1) 原始大気の主成分であった二酸化炭素が現在このような割合となった理由を説明しなさい。
- (2) 現在、大気中の二酸化炭素濃度が上昇しており、二酸化炭素による温室効果が地球温暖化の原因となっている。二酸化炭素濃度が上昇した原因を答えなさい。
- (3) 温室効果とはどのようなものであるか。簡単に説明しなさい。

問 3 ある植物を土壌で生育させたところ、植物の体内で窒素含有率 15 % のタンパク質が 20 g 合成された。根から吸収された硝酸イオンが 500 g だった場合、硝酸イオンに含まれる窒素の何%がタンパク質合成に用いられた事になるか。小数第 1 位まで求めなさい。ただし原子量は $N = 14$, $O = 16$ とする。

問 4 下線部Bに関して、植物から動物への窒素の流れにおいて、陸では植物の吸収窒素量の一部が動物に移動するのに対し、海洋では大半が動物へ移動する。この違いが生じる理由を簡単に説明しなさい。

問 5 下線部Cに関して、(ク)細菌のように無機物を酸化して生じる化学エネルギーを用いて炭酸同化を行う細菌のことを何と呼ぶか答えなさい。

問 6 下線部Dに関して、循環バランスが崩れる原因として考えられるものを一つあげなさい。

物 理 (その1)

1 水素原子の電子(電荷 $-e$)は、原子核(電荷 $+e$)から電気力を受け等速円運動を行う。ただし $e > 0$ である。このとき以下の問いに答えなさい。なお、光の速さを c 、プランク定数を h 、クーロンの法則の比例定数を k 、電子の質量を m とする。

- (1) 電子の行う円運動の半径と電子の速さをそれぞれ r 、 v としたとき電子の運動方程式を示しなさい。

電子は「ある条件」を満たすとびとびの円軌道上にしか存在できない。その軌道上では電子は電磁波を放出せずに、安定に存在できる。電子がとるこの状態を定常状態という。

- (2) 電子が定常状態を保って軌道上を運動し続けるためには、電子が物質波として軌道の円周に沿って定常波を作っていないなければならない。このときに満たすべき「ある条件」を何というか。また、この条件を数式を使って示しなさい。その際に自然数 n を使いなさい。
- (3) 「ある条件」によって電子の軌道半径 r および電子の速さ v は n に依存する。そこで、それらをそれぞれ r_n 、 v_n と表すことにする。半径 r_n を m 、 n 、 h 、 k 、 e を用いて示しなさい。
- (4) 軌道半径が r_n の電子の力学的エネルギー E_n を m 、 n 、 h 、 k 、 e を用いて表しなさい。ただし、電子が原子核から無限に離れているときの電気力による位置エネルギーを 0 とする。
- (5) 電子が n 番目の軌道から n' 番目の軌道に移るとき光を放出した。 n と n' の関係を不等号を用いて示しなさい。また、この光の波長を λ としたとき、 $\frac{1}{\lambda}$ を求めなさい。

2

A 図1のように、長さ15 m、重さ 8.0×10^2 Nの変形しない板ADが支柱Bと支柱Cによって支えられている。重さ 6.0×10^2 Nの人がAからDに向かって移動している。なお、板の重心は板の中心にあるものとする。以下の問いに答えなさい。

- 1) この人がAから7.0 mの位置にいるとき、支柱Bと支柱Cが板を支える力の大きさは、それぞれいくらか。
- 2) この人がある位置に来た時に、板が支柱Bから離れた。このときの位置はAから何mの位置か。

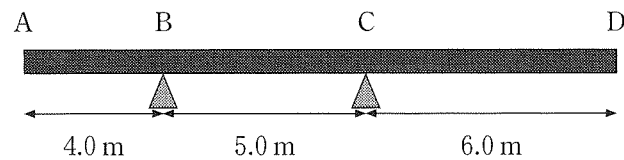


図1

- B** 図2のように、水平面に置かれた質量 $M[\text{kg}]$ の台車に糸をつけ、滑車を介して質量 $m[\text{kg}]$ のおもりをつるした。はじめは、おもりは床から $h[\text{m}]$ の高さにあった。なお、面は滑らかで、台車の車輪、滑車、糸の質量は無視できるものとする。車輪や滑車は滑らかに回転するものとし、重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。以下の問いに答えなさい。いずれの問いも単位も合わせて答えること。

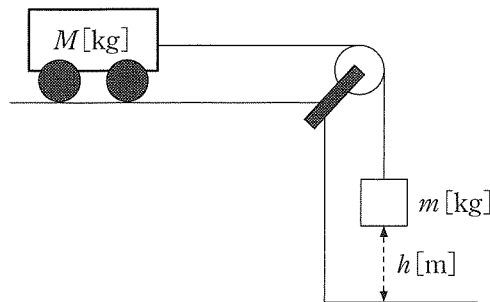


図 2

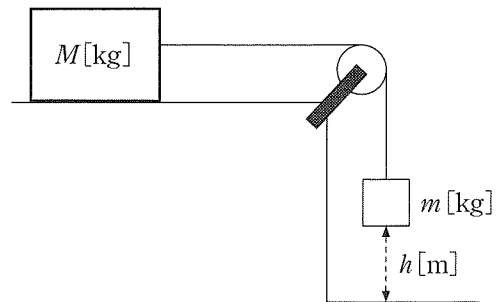


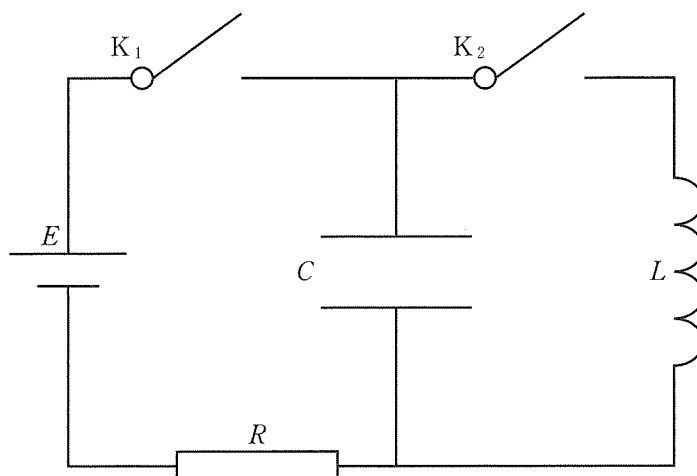
図 3

- 1) おもりが落下し始めたとき、台車に生じる加速度の大きさを求めなさい。また、このとき、糸が台車を引く張力の大きさを求めなさい。
- 2) おもりが床まで達したときの台車の速さを求めなさい。
- 3) 次に、台車を図3のように、同じ質量であるが車輪のない物体に交換した。同様に、おもりが床まで達したときの物体の速さを求めなさい。なお、水平面と物体との摩擦係数を μ とする。

物 理 (その2)

- 3 図のように、起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー C 、自己インダクタンス L のコイル L と、スイッチ K_1 、 K_2 からなる回路がある。

最初、スイッチ K_1 と K_2 はともに開いており、コンデンサー C には電荷は蓄えられていないものとする。電池やコイルの内部抵抗は無視できるものとする。



図

- (A) スイッチ K_1 を閉じる。
- (1) 直後に抵抗に流れる電流 I_0 を求めなさい。
 - (2) 電流が I_1 ($0 < I_1 < I_0$) になったとき、コンデンサーに蓄えられた電気量 Q_1 を求めなさい。
 - (3) 十分時間が経過した後、コンデンサーに蓄えられる電気量 Q_2 を求めなさい。
- (B) K_1 を閉じて十分時間が経過した後、 K_1 を開き、次に K_2 を閉じる。
- (4) 回路を流れる振動電流 I の最大値 I_2 を求めなさい。
 - (5) この電気振動の周波数を求めなさい。
- (C) K_1 を再び閉じて、 K_1 、 K_2 が閉じてから十分時間が経過した後、 K_1 を開いた。
- (6) コイルを流れる電流が最初に 0 になるまでの時間を求めなさい。
 - (7) その後のコンデンサーの電位差の最大値 V を求めなさい。

- 4 放射性元素 $^{235}_{92}\text{U}$ は α 崩壊または β 崩壊を繰り返して、最終的に安定した Pb の同位体となる。
最初、1 個の $^{235}_{92}\text{U}$ 原子核が 1 回目の崩壊で $^{231}_{90}\text{Th}$ 原子核と 1 個の粒子 X となる。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 粒子 X は何か。 $^{235}_{92}\text{U}$ と同様の表示法で示しなさい。

はじめの $^{235}_{92}\text{U}$ 原子核は静止しており、X の運動エネルギーが $8.0 \times 10^{-13} \text{ J}$ であった。

- (2) このときの $^{231}_{90}\text{Th}$ 原子核の運動エネルギーを求めよ。

続く崩壊では $^{231}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^x_{91}\text{Pa} \longrightarrow {}^y_{89}\text{Ac}$ となる。

- (3) 質量数 x, y はそれぞれいくらか。
- (4) $^{235}_{92}\text{U}$ が安定した Pb の同位体になったとき、その同位体は下記のうちのどれか。a ~ e の記号で答えなさい。
- a. $^{209}_{82}\text{Pb}$
 - b. $^{208}_{82}\text{Pb}$
 - c. $^{207}_{82}\text{Pb}$
 - d. $^{206}_{82}\text{Pb}$
 - e. $^{204}_{82}\text{Pb}$
- (5) $^{235}_{92}\text{U}$ が安定した Pb になるまでの間に繰り返される α 崩壊と β 崩壊の回数をそれぞれ答えなさい。
- (6) $^{235}_{92}\text{U}$ の量がはじめの $\frac{1}{16}$ になるまでに 2.8×10^9 年かかる。 $^{235}_{92}\text{U}$ の半減期を求めなさい。