

2021年度

香川大学医学部医学科第2年次

編入学試験問題冊子

教科等	ページ数
自然科学総合問題	8

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

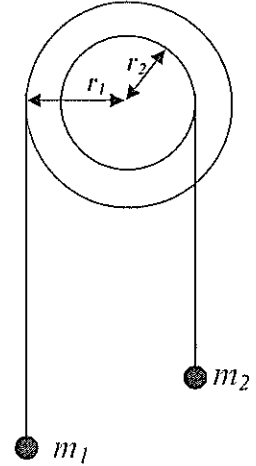
1. 解答は、解答用紙の所定の欄に、横書きではっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。

注意事項

1. 試験開始の合図の後、5枚すべての解答用紙に受験番号を必ず記入すること。
2. 用事があるときは、だまって手をあげて監督者の指示を受けること。
3. 試験が始まると、途中退室はできない。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

問題 1

問 1 右の図のように、水平軸のまわりに回転する輪軸（慣性モーメント I 、輪の半径 r_1 、軸の半径 r_2 ）に輪の周りと軸の周りに反対向きに糸を巻き付け、糸の自由端にそれぞれ質量 m_1 、 m_2 のおもり 1、2 をつけて放すとする。重力加速度を g とする。以下の問いに答えなさい。



- (1) おもり 1 および 2 について、それらの運動方程式を書きなさい。但し、時刻 t におけるおもり 1 および 2 のそれぞれの糸に沿った位置をそれぞれ x_1 、 x_2 （おもり 1 は鉛直下向きを、おもり 2 は上向きを正方向とする）とし、それらをつけている糸の張力をそれぞれ T_1 、 T_2 とする。
- (2) 輪軸の回転に関する運動方程式を書きなさい。但し、輪軸の回転角速度を ω （右図で反時計回り方向を正とする）とする。
- (3) おもり 1 および 2 の加速度を a_1 、 a_2 、 m_1 、 m_2 、 I 、および g を用いて表しなさい。
- (4) 時刻 0 で、おもりが静止していたとする。おもりが静止したままとなる条件を書きなさい。

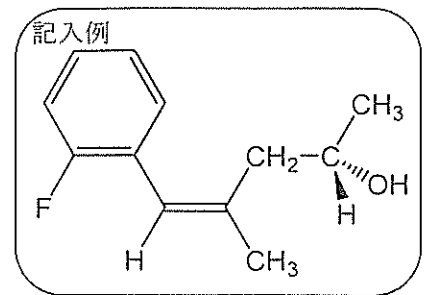
問2 定圧熱容量がそれぞれ C_A , C_B である2つの物体 A, B がそれぞれ温度 T_A , T_B の熱平衡状態にある(状態1), ただし $T_A \neq T_B$ とする。この2つの物体を接触させて熱平衡状態にする(状態2)。この系は断熱壁で囲まれ圧力一定とする。以下の問いに答えなさい。

- (1) 状態2における温度を T とするとき, 物体 A が受ける熱の大きさを求めなさい。
- (2) 温度 T を求めなさい。
- (3) 物体 A のエントロピー変化を求めなさい。
- (4) この系のエントロピー変化を求めなさい。
- (5) 物体 A と B の定圧熱容量が等しいとき, 温度 T を求めなさい。
- (6) (5) のとき, この系のエントロピー変化が正であることを示しなさい。

問題2 以下の問に答えなさい。

なお、特に指示のない限り、構造式は右に示した記入例にならって書きなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.6$, 気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。また、必要に応じて以下の値を用いなさい。

$$\sqrt{2} = 1.414, \quad \sqrt{3} = 1.732, \quad \sqrt{5} = 2.236$$



問1 以下に示した水溶液について、それぞれの溶液中の水素イオン濃度 (mol dm^{-3}) を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、酢酸の電離定数および水のイオン積を、それぞれ $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ および $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ とする。

- (1) 0.010 mol の酢酸と、0.030 mol の酢酸ナトリウムを含む 50 cm^3 の水溶液
- (2) 0.015 mol の酢酸ナトリウムを含む 500 cm^3 の水溶液
- (3) $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$ の水酸化ナトリウムを含む 100 cm^3 の水溶液

問2 エタノール (l) の 25°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における燃焼反応の ΔH が、 $-1366.7 \text{ kJ mol}^{-1}$ であるとき、この条件下での内部エネルギー変化 ΔU と、エタノールの標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、炭素 (黒鉛) および水素の燃焼反応の ΔH は、それぞれ $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$, $-285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ とし、燃焼によって水が生成する場合、その水は液体であるとする。

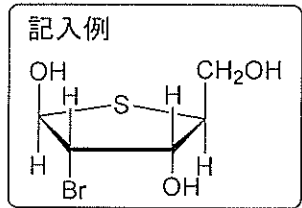
問3 次の化合物を塩基性の強い順に並べ、例にならって記号で答えなさい。

- (a) ammonia, (b) ethylamine, (c) aniline,
(d) pyrrole, (e) imidazole

記入例
(a) > (b) > (c) ...

問4 糖に関する以下の各問いに答えなさい。

(1) スクロースの構造式を、右の記入例にならって示しなさい。



(2) スクロース、マルトース、グルコース、およびリボースをそれぞれ 0.600 g ずつ含む混合水溶液に、過剰なフェーリング液を加え、加熱して完全に反応させたとき、生成する酸化銅 (I) の質量 (g) を、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

ただし、同条件でのグルコース 1 mol によるフェーリング液の還元によって、1 mol の酸化銅 (I) が生成するとする。

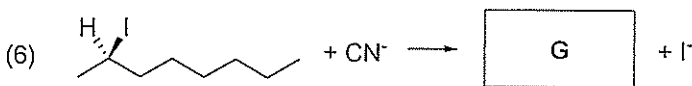
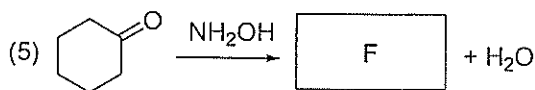
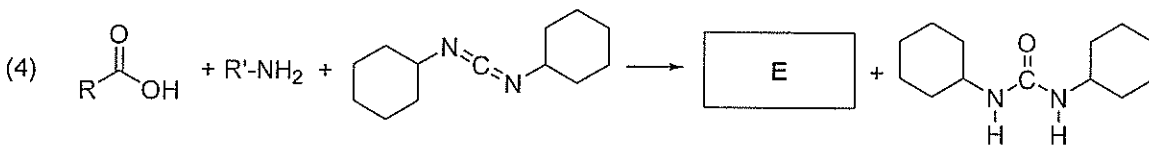
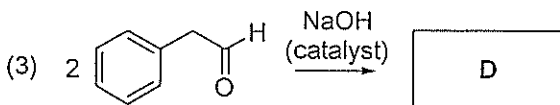
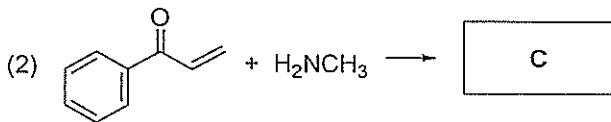
(3) グルコース 0.900 g を純粋な水 4.50 g に完全に溶解させた。24°C におけるこの水溶液の蒸気圧 (Pa) を、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、24°C における純粋な水の蒸気圧を 3.00 kPa とする。また、水溶液は理想溶液としてふるまい、溶液中のグルコースは揮発性を有さず分解しないとする。

問5 次の各反応式について、空欄に最も適切な有機化合物の構造式を書きなさい。



注) AとBは順不同

PLP: ピリドキサルリン酸



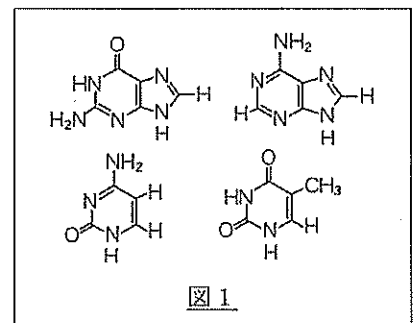
問題3 以下の文章を読んで問に答えなさい。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

私たちの身体がどのようにして形作られていくのか、その過程は我々哺乳類の間ですら大きく異なっているように見えるが、極言すれば、細胞分裂^①によって細胞がぎっしりと並んだ一枚のシート^②を作ることが、その手始めとなる。シートには必然的に表と裏ができる^③が、表は体表側となり、裏が体内側となる。また、平面の一方が頭側、対する方が尾側となる。シートの細胞の一部は、その後決まった場所から体内側へと潜り込んでいき、体内に存在するほとんどの組織^④を形成していく。例えば、潜り込んだ細胞群の一部は、その後再びシートを形成し、さらに折りたたまれて管状となり、消化管などの元となる。定められた部署で周囲を同僚の細胞達に囲まれながらひたすら働いている^⑤。消化器系の細胞だが、こうしてその成り立ちを振り返ると、彼らは生涯に1度だけ、体内を自由に遊走したことがある、ということになる。彼らの一部は、時に悪性化して転移能を獲得することがあるが、ひょっとすると、かつて味わった自由を忘れかねている^⑥ためかもしれない。

問1 下線部①について

(1) 細胞の分裂に先立って遺伝情報が複製される。

(i) 遺伝情報はDNAに4種の塩基の配列として書き込まれており、これらは2種ずつ互いに水素結合により対合している。この対合の様子を図1に示した4種の塩基の構造式を参考にして、解答欄に図示しなさい。なお、解答欄にはそれぞれの塩基の名称を英語もしくは英語を音写したカタカナで付記し、水素結合は点線で示すこと。



(ii) DNAの複製過程においてはRNAの合成が必要とされる局面がある。以下の語句のうち、この現象との関連が最も薄いものを1つ選び、その語句を選択した理由とともに記しなさい。

半保存的複製 複製フォーク 複製開始反応 不連続複製 末端複製問題

(iii) 真核生物の遺伝情報の複製開始はサイクリン依存性キナーゼにより制御されている。以下の語句のうち、サイクリン依存性キナーゼとの関連が最も薄いものを1つ選び、その語句を選択した理由とともに記しなさい。

ATP Rb サイクリン セリン・スレオニンキナーゼ ユビキチン

(2) 分裂期においては光学顕微鏡下でも観察できるダイナミックな変化と動きが特徴的である。

(i) 動物細胞においては、中心体が複製される。中心体の複製とDNAの複製との間には共通した点を認めることができるのだが、それは何か。この「問題3」に見られるすべての文章・語句から最も適切なものを抜き出し、解答欄に記しなさい。

(ii) 次に核膜が崩壊する。この「問題3」に見られるすべての文章・語句から、核膜の崩壊に最も密接に関連するものを抜き出し、解答欄に記しなさい。

(iii) 凝縮した染色体はその後活発に移動を繰り返すが、そのうちに赤道面に揃って並ぶようになる。活発に移動していた染色体がどのようにして赤道面に揃うようになるのか、この過程を以下の語句を少なくとも1度は用いて説明しなさい。

キネシン 染色体 中心体 微小管 動原体

- (iv) 赤道面に揃った姉妹染色体は一斉に分離して両中心体方向へとそれぞれ引き取られ、分裂面に収縮環が形成されて細胞が2つにくびり切られる。収縮環を構成する2種の主要なタンパク質は、骨格筋に認められるタンパク質と同じであるが、それぞれの名称を解答欄に記しなさい。
- (v) 収縮環の形成には Rho と呼ばれる低分子量Gタンパク質が重要な役割を果たしている。生体内では様々な種類のGタンパク質が重要な役割を果たしているが、これらGタンパク質に共通して認められる性質について知るところを箇条書きにして記しなさい。

問2 下線部②と③について

- (1) このような上皮系の組織においては、下記のように呼ばれている接着装置が認められ、定まった順序で配置されている。腸管上皮細胞を頂端側から基底側へと観察したときに、これらが現れる順番はどのようになっているか、例にしたがって解答欄に示しなさい。

(例：頂端①②③④基底)

① adherens junction ② desmosome ③ hemidesmosome ④ tight junction

- (2) 同じ細胞でも「表側」に面した部分と「裏側」に面した部分とでは役割が異なる。例えば、腸管上皮細胞では「頂端側」からグルコースを細胞内に取り込み「基底側」から放出する。取り込みにあたってはナトリウム-グルコース共輸送体が働き、放出に当たっては、これとは輸送機構が異なるグルコース輸送体が働く。

- (i) グルコースは多くの細胞にとって重要なエネルギー源であるが、「輸送体」などと総称される膜タンパク質がなければ細胞内に取り込むことはできない。その理由を説明しなさい。
- (ii) ナトリウム-グルコース共輸送体によって腸管内のグルコースは、よりグルコース濃度の高い腸管上皮細胞内へととりこまれる。なぜこのような取り込みが可能となるのか、説明しなさい。
- (iii) ナトリウム-グルコース共輸送体とグルコース輸送体はそれぞれ頂端側・基底側の細胞膜に埋め込まれていて、互いに混じり合うことはない。グルコース輸送体が頂端側の細胞膜にまで拡散すれば、取り込んだグルコースが腸管内に出ていってしまうであろう。問2(1)にあげた4種の接着装置のうち、このようなことがおこらないようにしている仕組みと最も関連性が高いものの番号を記し、選択した接着装置のどのような特質に拠るのか説明しなさい。
- (iv) このように、一つの細胞内に機能・形態が異なる部域が存在するとき、こうした隔たりのことを細胞極性と呼ぶ。以下の現象のなかで、細胞極性の重要性が高いものをすべて選んで、その番号を解答欄に記しなさい。

- ① 好中球が炎症部位へ遊走する
② 孔辺細胞により気孔が開閉する
③ 神経細胞から軸索が伸長する
④ 単球がマクロファージに分化する
⑤ 培養細胞がシャーレの底面に付着する

問3 下線部④について

- (1) こうして潜り込んだ細胞が内胚葉・中胚葉として組織構築を進めていく。体内の組織群は古くから「五臓六腑」と呼び習わされているが、以下の「五臓六腑」に属する組織のうち、主たる部分が中胚葉由来のものをすべて選んでその名称を解答欄に記しなさい。

肝 心 脾 肺 腎 胆 小腸 胃 大腸 膀胱 リンパ管

- (2) 体内に存在する組織もその一部は外胚葉由来であり、発生過程で体内に埋め込まれる。
(i) 以下の「」にくくられた文章はこうした過程の一部を記述したものであるが、少なくとも1つの誤りが含まれている。誤りをその理由とともに指摘して解答欄に記しなさい。

「外胚葉の一部は神経板となる。神経板と表皮外胚葉との境界付近が隆起するとともに神経板はその正中部分が落ち込むようにして湾曲し、やがて背側部分が閉鎖して神経管を形成する。この過程に前後して神経堤細胞が産生され、その一部は運動神経や感覚神経となる。」

- (ii) 以下の「」にくくられた文章はこうして作られた神経系についての記述であるが、少なくとも1つの誤りが含まれている。誤りをその理由とともに指摘して解答欄に記しなさい。

「神経系は大きく中枢神経系と末梢神経系に分けることができ、後者には生体の内部環境を安定な状態に保つ遠心性の自律神経系が含まれる。自律神経系は交感神経系と副交感神経系から構成され、使用される伝達物質は運動神経のそれと同じである。ほとんどの器官は双方の支配を受けており、その作用は多くの場合拮抗的である。」

問4 下線部⑤について

- (1) こうして働いている腸管上皮は3～4日で機能細胞が入れ替わるダイナミックな組織であり、腸陰窩に存在する幹細胞・前駆細胞から吸収細胞や杯細胞といった機能細胞が産生される。産生された機能細胞は後から生まれた機能細胞に押されるようにして絨毛先端へと移動し、やがて脱落していく。

- (i) この脱落は機能細胞のアポトーシスによるものである。以下の現象のなかで、アポトーシスの重要性が高いものをすべて選んで、その番号を解答欄に記しなさい。

- ① 運動不足で筋肉が減る
- ② オタマジャクシの尻尾がなくなる
- ③ 自己抗原に反応するT細胞がいなくなる
- ④ 古い赤血球が除去される
- ⑤ 大量の放射線を浴びた細胞が死ぬ
- ⑥ 指が5本に分かれる

- (ii) 杯細胞は粘液層の維持に重要な役割を果たしており、粘液の主成分であるMUC2と呼ばれる糖タンパク質を合成・分泌する。以下はMUC2の合成・分泌の素過程を記したものであるが、経時的に正しい順序に並び替えて、その番号を解答欄に記しなさい。

- ① MUC2を含む小胞が細胞膜と融合する。
- ② MUC2 mRNA にリボソームが結合する。

- ③ MUC2 mRNA が核膜孔を通過する。
 - ④ MUC2 mRNA が小胞体と近接する。
 - ⑤ MUC2 遺伝子から mRNA が合成される。
 - ⑥ MUC2 に O 型糖鎖が付加される。
 - ⑦ MUC2 がゴルジ体へ送られる。
- (2) 機能細胞を生み出す前駆細胞は周囲の前駆細胞とコミュニケーションをとりながら機能している。そして異常な振る舞いをする細胞は、周りの細胞から「押し出される」ようにして排除されることが知られている。こうした現象は「細胞競合」と呼ばれ、組織の均一性を担保する仕組みであるとともに、がん原性細胞の除去機構の一つとして注目されている。例えば、前駆細胞の一部で実験的に Ras という低分子量 G タンパク質を恒常的に活性化させたところ、こうした細胞が管腔側へと押し出される様子が観察される。
- (i) 以下の因子群のうち Ras と直接結合する因子をすべて選んで、その番号を解答欄に記しなさい。
 ① Cyclin D ② EGFR ③ Erk ④ Grb2 ⑤ Mek ⑥ Myc ⑦ Raf ⑧ Sos
- (ii) この実験では Ras を恒常的に活性化させた細胞をがん原性細胞のモデルとしているが、これはどのような考えに基づくものか、説明しなさい。なお、次の問題の解答にも留意すること。
- (iii) 大腸がんにおいては約 8 割に EGFR の高発現が認められ、リガンドとの結合を阻害する抗 EGFR 抗体が大腸がん治療薬として用いられている。同時に、大腸がんのおよそ 1/3 に Ras の活性化変異が認められるが、こうした患者では抗 EGFR 抗体は奏功しない。前問の解答文のうち、この現象を説明するのに最も適切な部分を 1 箇所、わかりやすく囲んで示しなさい。なお、囲む部分は可能な限り少なくすること。

問 5 下線部⑥について、こうした過去の経験は遺伝子発現の履歴として細胞に書き込まれ、細胞分裂後もそれぞれの細胞で維持されることが知られている。

- (1) 具体的にはヒストンや DNA への化学的修飾、という形で書き込まれていく。こうした修飾のうち、ヒストンと DNA に共通して認められる修飾を記しなさい。
- (2) 上記の DNA への修飾は、DNA を構成するすべての塩基におこなわれうるものではなく、特定の配列の特定の塩基に対して行われる。どのような配列のどの塩基に対しておこなわれるのか、以下の例にしたがって記しなさい。
 (例) GATC という配列の A
- (3) 上記のヒストンへの修飾はクロマチンの凝縮をもたらす。以下の因子群のうち、この現象にもっとも関連性の高いものを 1 つ選び、その番号を、その語句を選択した理由とともに解答欄に記しなさい。
 ① DNA methyl transferase ② Heterochromatin protein 1 ③ Histone acetyltransferase
 ④ Histone deacetylase ⑤ Histone methyltransferase