

2025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	7

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、6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、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

問題 1

問 1 1 種類の分子からなる熱平衡状態の系について考える。系の温度 T は一定、ボルツマン定数を k とする。

(1) 圧力を P 、単位体積あたりの分子数を n とあらわす。これらの関係式を理想気体の状態方程式を使って答えなさい。

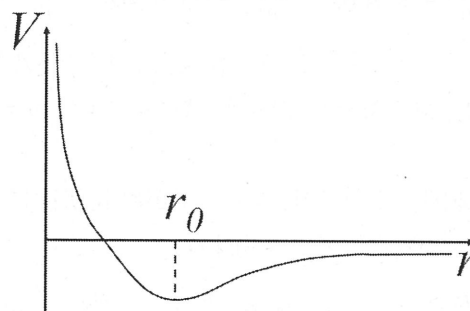
x 軸に直交した 2 枚の平面をとりその距離を dx とする。各分子 1 個に x 方向に力 F がかかっているとする。

(2) 分子に働く力の合計が 2 平面間の圧力の差 dP となることから、 dP と dx との関係式を求めなさい。

(3) (1)(2)から、 dn と dx の関係式を導きなさい。また、 n と位置エネルギー $V(x)$ の関係式を求めなさい。ただし、 $V(x) = -\int F dx$ である。

任意の 2 つの分子 i, j 間に働く力が両分子の距離 r_{ij} だけで決まり、ポテンシャル関数 $V(r_{ij})$ は図のよう

(4) 分子間に働く力の概略を r の関数として描きなさい。



多数の分子がある系について考える。分子間に働く力は 2 つの分子間のみであるとする (3 つ以上の分子間に働く特有の力はないものとする)。

(5) $V(r_0)$ の大きさと kT とが同程度とすると、分子数と分子の相互の距離 r との関係の概略を図示しなさい。

(6) $|V(r_0)| \ll kT$ のとき、および、 $|V(r_0)| \gg kT$ のとき、系の状態について理由とともに書きなさい。

問2 核磁気共鳴の原理について、以下の問に答えなさい。

一定の磁場 B の空間に磁気モーメント μ の粒子を置いた (B 、 μ はベクトルとする)。

- (1) 磁気モーメントが磁場から受けるモーメント N を答えなさい。
(2) 最初磁場と磁気モーメント μ_0 とが直交しており、磁場から受けた仕事により磁気モーメントが μ となったとする。位置エネルギーの増加を答えなさい。

- (3) 磁気モーメントに関する微分方程式を書きなさい。角運動量 L とモーメント N とは $N = \frac{dL}{dt}$,

荷電粒子の角運動量 (L) と磁気モーメントは磁気回転比を γ として $\mu = \gamma L$ と表わされる。

単位体積当たりの磁気モーメントの平均である磁化ベクトルを M とする。

すなわち、 $M = N_0 \langle \mu \rangle$ である。 N_0 は単位体積当たりの粒子数。

- (4) 磁化ベクトルに関する微分方程式を書きなさい。

磁場の方向を z 方向とする。(4)の式は：

$$\frac{dM_x}{dt} = \gamma M_y B_z, \quad \frac{dM_y}{dt} = -\gamma M_x B_z, \quad \frac{dM_z}{dt} = 0$$

と成分ごとに書かれる、添え字はベクトルの各成分 x 、 y 、 z を示す。

- (5) M_x 、 M_y 、 M_z をそれぞれ求めなさい。 $\omega = \gamma B_z$ 、時刻 0 において、 $(M_x, M_y) = (M_0, 0)$ とする。

外的要因により磁化ベクトルが励起状態にあり、その x 、 y 成分の大きさは横緩和時間 T_2 で減衰すると仮定する。すなわち：

$$\frac{dM_x}{dt} = -\frac{M_x}{T_2} + \gamma M_y B_z, \quad \frac{dM_y}{dt} = -\frac{M_y}{T_2} - \gamma M_x B_z$$

と近似する。

- (6) 磁化ベクトルの x 、 y 成分が

$$M_x = M_0 \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) \cos(-\omega t), \quad M_y = M_0 \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) \sin(-\omega t)$$

となることを示しなさい。時刻 0 において、 $(M_x, M_y) = (M_0, 0)$ とする。

磁化ベクトルの z 成分は縦緩和時間 T_1 で平衡状態になると仮定し $M_z = M_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right)$ と表される。

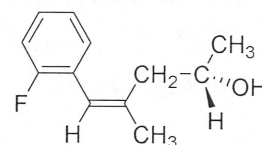
- (7) 時刻 0 からの磁化ベクトル M の時間変化について x - z 平面上および z 軸正方向から見た概略図を描きなさい。

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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, 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。

記入例

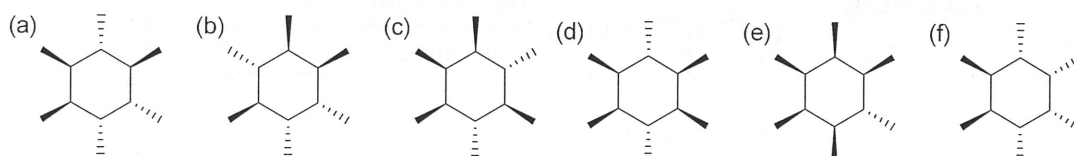


$\ln 2 = 0.693$, $\ln 3 = 1.099$, $\ln 5 = 1.609$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$, $\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$

問 1 以下の各問に答えなさい。

- (1) 一定温度 T において $n \text{ mol}$ の理想気体が、体積 V_1 から V_2 まで十分にゆっくりと変化した。この過程における理想気体のエントロピー変化を、 n , R 等の記号を用いて示しなさい。
- (2) 300 K において容積可変の密閉容器に入っている 0.50 mol のアルゴンが、2.0 倍の体積に膨張すると同時に 360 K まで十分にゆっくりと変化した。この過程におけるアルゴンのエントロピー変化 (J K^{-1}) を有効数字 2 桁で答えなさい。なお、アルゴンは理想気体としてふるまい、定圧熱容量、定容熱容量はいずれも温度に依存せず、それぞれ $20.8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $12.5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であるとする。また、計算過程も示しなさい。

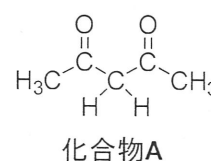
問 2 以下の化合物の立体異性体のうち、キラルであるものをすべて選び、記号で答えなさい。



問 3 以下の各問に、有効数字 2 桁で答えなさい。

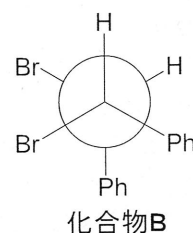
- (1) 大気圧下、298 K における、 $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の安息香酸水溶液の pH を答えなさい。なお、この条件における安息香酸の $\text{p}K_a$ は 4.2 であるとする。
- (2) 大気圧下、298 K における、 $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の硫酸水溶液中の水素イオン濃度 (mol dm^{-3}) を答えなさい。なお、この条件において第一段階の電離が完全に進行し、第二段階の電離定数は $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとする。また、計算過程も示しなさい。
- (3) 大気圧下、298 K において、酢酸について $0.120 \text{ mol dm}^{-3}$, HCl について $0.050 \text{ mol dm}^{-3}$ である水溶液がある。この溶液中の酢酸イオンの濃度 (mol dm^{-3}) を答えなさい。なお、この条件における酢酸の酸解離定数は $1.75 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとする。また、計算過程も示しなさい。

問 4 右の化合物 A は $\text{p}K_a = 9$ 程度の酸性を示す。こうした酸性を示す理由について、解答欄内に、適切な図を用いて簡潔に説明しなさい。



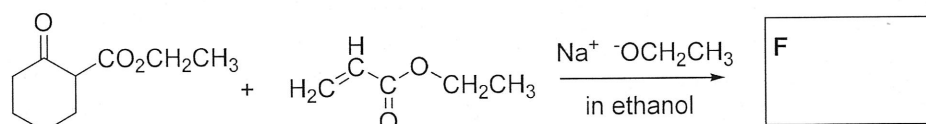
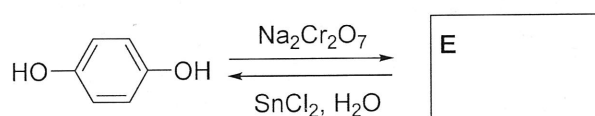
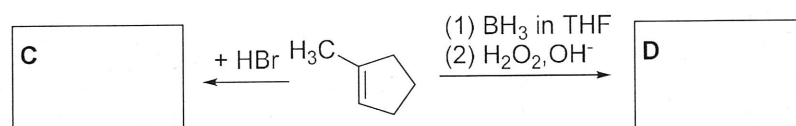
問5 以下の各問に答えなさい。

- (1) 右の Newman 投影式で示された化合物 **B** について、エタノール中、KOH で処理したところ、E2 脱離が進行した。得られたアルケンの構造式を、立体構造がわかるように示しなさい。

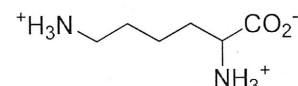


- (2) 上記(1)に示した脱離反応について、化合物 **B** および KOH の反応溶液中の濃度をそれぞれ $\frac{2}{3}$ 倍とすると、反応速度は何倍になると期待されるか、答えなさい。

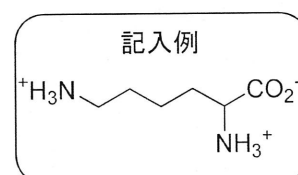
問6 以下の反応によって主生成物として得られる有機化合物 (**C**~**F**) の構造式を示しなさい。また、化合物 **D** については立体構造がわかるように示しなさい。なお、鏡像異性体が生成する場合は、それらを区別して示さなくても良い。



問7 右に示したアミノ酸について、以下の各問に答えなさい。なお、 $\text{p}K_{\text{a}}(\alpha\text{-CO}_2\text{H}) = 2.18$, $\text{p}K_{\text{a}}(\alpha\text{-NH}_3^+) = 8.95$, $\text{p}K_{\text{a}}(\text{側鎖}) = 10.53$ であるとする。



- (1) このアミノ酸の等電点を計算して示しなさい。
- (2) このアミノ酸は、 $\text{pH} = 7.0$ の条件下での電気泳動でどのような挙動を示すか、解答欄内に簡潔に答えなさい。
- (3) このアミノ酸について、(**ア**) 等電点、および (**イ**) $\text{pH} = 12.0$ の水溶液中で最も多く存在する化学種の構造を、右の記入例にならって示しなさい。



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。

なお、必要であれば、解答欄に適切な図を書き入れて説明の補助としてもよい。

「私たちの身体はおよそ 60 兆個の細胞からつくられています。」2012 年に公開された理化学研究所作成のムービーの冒頭のアナレーションです。ところが 2018 年に公開されたアニメ「はたらく細胞」は「人間の身体の中には約 37 兆 2 千億個もの細胞たちが今日も元気に働いている」というアナレーションから始まります。それぞれの数は一体どこから出てきて、どうしてこの間に変わったのでしょうか？調べて見ると「60 兆個」の根拠は明確ではなく、細胞のおおよその大きさ（10 μm ）よりなる立方体の重量を 1 ng として体重 60 kg の成人がこの立方体で埋め尽くされていたとすればこの程度の数、というおおよその見積もりだったようです。これに対して「37 兆個」の方は、2013 年に発表された論文（E. Bianconi *et al.*, *Ann. Hum. Biol.* **40**, 463-471）に拠るもので、この論文の著者達が過去に発表された論文を渉猟し、そのデータを元に人体各組織の細胞数を推計して積算したものです。この論文では 70 kg・30 才のヒトをモデルとしたので、先の推定に基づけば 70 兆個となるとところが数えてみたら半分くらいになったというわけですが、それでも的外れではなかった、ということにもなります。こうした数十兆個の細胞よりなる個体が元をたどれば 1 個の受精卵から作られていて、分裂して仲間を増やしつづ互いに役割分担をしながらその身体が形作られていく有り様は興味深く、その機構の解析が現在も進められています。

問1 37 兆個のうちの 7 割ほどを占め、数が最も多い細胞の名称を記しなさい。

問2 37 兆個の最初の 1 個は雌雄の配偶子の融合により形成される。

- (1) 哺乳類における卵形成過程を以下の語句をすべて使って簡潔に説明しなさい。なお、卵は早い時期に形成され始めるが、個体が性的に成熟するまではその過程の途中で停止した状態で保持されている。解答に当たっては、卵形成過程のどこで停止しているのかがわかるように記載すること。

一次卵母細胞 減数分裂 始原生殖細胞 二次卵母細胞 有糸分裂 卵原細胞

- (2) 雌雄の配偶子の融合を受精と呼ぶ。

(i) 受精時に卵では細胞内カルシウムイオン濃度が局所的に増加するが、この過程には細胞小器官の一つが重要な役割を担っている。この細胞小器官の名称を記しなさい。

(ii) この機構の一部はアドレナリンによって受容体を発現する細胞のプロテインキナーゼ C（以下 PKC と略記する）が活性化される機構と共通している。アドレナリンが結合した受容体によってどのように PKC が活性化されるのか説明しなさい。

(iii) 受精後精子によって持ち込まれた父親由来の細胞小器官のうち、受精卵の卵割に最も重要な役割を果たすことになる細胞小器官の名称を記しなさい。

- (3) 配偶子の融合により形成された受精卵は卵割を繰り返して細胞数を増やし、分化・移動・誘導を経て組織・個体が形作られていく。

- (i) この過程で認められる哺乳類の原腸陥入（原腸形成）とはどのような現象か、30 字程度で説明しなさい。なお、字数を解答欄に記したりする必要はない。
- (ii) 体細胞分裂時、複製された染色体は分裂前には激しく運動しているが、分裂直前に赤道面に整列する。激しく運動していた染色体がどのようにして赤道面に整列するようになるのか、その機構について説明しなさい。

問 3 分裂しながら様々な細胞を生み出していく組織形成の有り様を解析するために、特定の時期に DNA の複製をおこなっていた細胞を標識して検出し、観察をおこなうことがある。

- (1) この目的のために 5-ブロモデオキシウリジン（以下 BrdU と略記する）が用いられる。BrdU は 5-ブロモウラシルにデオキシリボースが結合したヌクレオシドであり、細胞に速やかに取り込まれてリン酸化される。細胞が S 期にあり DNA の複製が行われていると、DNA ポリメラーゼによって特定の塩基に対合して複製中の DNA に組み込まれる。この時 5-ブロモウラシルと対合する塩基は何か、その名称を記しなさい。
 - (2) BrdU が組み込まれた DNA は BrdU に特異的に結合する抗体（抗 BrdU 抗体）を用いて検出する。抗 BrdU 抗体はマウスに BrdU を含んだ物質を投与することにより調製することができるが、生体内で DNA 合成に用いられているヌクレオシドを含んだ物質を BrdU と同様に投与しても、マウスは通常これらヌクレオシドに対する抗体を産生しない。それはなぜか、50 字程度で説明しなさい。なお、字数を解答欄に記したりする必要はない。
 - (3) 抗 BrdU 抗体を用いた検出を、活発に細胞分裂する培養細胞（以下細胞 A と呼ぶ）を用いて、細胞 A が十分に増殖を継続できる条件で以下のようにおこなった。まず、細胞 A を 2 群に分け、ひとつの群はそのまま、もうひとつの群には培養液に BrdU を添加して 1 時間培養した。その後、それぞれの細胞から培養液を取り除き、等張の緩衝液で洗浄後、生体反応を停止させる処理等を行った後、抗 BrdU 抗体を加えて反応させた。その後緩衝液で洗浄し、適切な方法で抗 BrdU 抗体が結合している領域が着色されるようにした。この実験方法を以下 BrdU 染色と呼ぶこととする。培養液に BrdU を添加しなかった群では細胞は染色されなかったが、BrdU を加えて 1 時間培養した群では、その一部の細胞の核が染色された。同様の実験を BrdU の添加時間を 12 時間にしておこなうと、より多くの細胞の核がより強く染色されるとともに、核以外の領域に複数の染色が認められた。同様の実験を培養した神経細胞を用いて行くと、核の染色はほとんど認められなかったが、核以外の領域の複数の染色は細胞 A と同様に観察された。次に BrdU 添加時間をどこまで短くできるかを調べるために同様の実験をおこなった。すると、添加時間が 30 分ならば、核の染色が認められる細胞が添加時間 1 時間の時よりやや少ない割合で認められたが、それより短くすると染色は認められなくなった。また、別の解析をおこなったところ、細胞 A の 1 回の細胞周期に要する時間は 25 時間で、増殖が継続している状態では 70%の細胞が G1 期に、20%の細胞が S 期に、10%の細胞が G2/M 期にあることがわかった。
- (i) BrdU 添加時間 1 時間の時に核が染色された細胞の割合（%）を推計し、そのように推計

した理由とともに記しなさい。

(ii) BrdU 添加時間 12 時間の時に核が染色された細胞の割合 (%) を推計し、そのように推計した理由とともに記しなさい。

(iii) BrdU を 12 時間添加したときに現れる核以外の染色は、ある細胞小器官に由来するものである。この細胞小器官の名称を記し、なぜ染色されたかを説明しなさい。

- (4) 次に、マウスを用いて同様の実験をおこなった。妊娠マウスの腹腔内に BrdU を投与すると、投与された BrdU は胎児を含む全身にすみやかに行き渡り、投与後 1 時間を経過すると体液から消失する。妊娠 10 日目のマウスおよび妊娠 16 日目のマウスのそれぞれの腹腔内に BrdU を 1 回投与し、出生した子マウスを 2 週間飼育した。その後、これら子マウスから脊髄と大脳を適切な方法で単離し、BrdU 染色をおこなって脊髄運動神経と大脳新皮質の興奮性神経の染色を観察した。その結果、10 日目に BrdU 投与を受けた子マウスでは、運動神経の一部の核に染色が認められたが、大脳新皮質の興奮性神経には染色は認められなかった。これに対し、16 日目に BrdU 投与を受けた子マウスでは、運動神経には染色が認められなかったが、大脳新皮質の興奮性神経の一部の核に染色が認められた。

(i) 培養した神経細胞を用いた実験では BrdU を添加しても核に染色は認められなかった。これに対して、これらの子マウスの神経の一部の核では染色が認められた。それはなぜか、説明しなさい。

(ii) 10 日目に BrdU 投与を受けた子マウスで大脳新皮質の興奮性神経に染色が認められなかったのはなぜだと考えるか、記しなさい。

(iii) 16 日目に BrdU 投与を受けた子マウスで脊髄の運動神経に染色が認められなかったのはなぜだと考えるか、記しなさい。