

奈良県立医科大学 後期

平成 27 年 度

試 験 問 題

理 科

(9時～12時)

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験科目、ページ、解答用紙数および選択方法は下表のとおりである。

科 目	ページ	解答用紙数	選 択 方 法
化 学	1～16	3 枚	左の3科目のうちから 2科目を選択せよ。
生 物	17～36	2 枚	
物 理	37～48	3 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない科目を含む全解答用紙(8枚)に受験番号と選択科目を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 選択科目記入欄に選択する2科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないものおよび3科目を選択または1科目のみを選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 物理を選択するものは、必要な計算等を解答用紙中の計算用余白で行え。採点の参考にする。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

化 学

化学の全問を通して、必要ならば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Ag = 108

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

【1】物質のもつ化学エネルギーは、化学反応により、熱、光、電気エネルギーなどに変換される。化学電池は物質のもつ化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置であり、電気分解は物質に電気エネルギーを加えて化学エネルギーに変換する操作である。化学電池は身近に使われており、なかには電子体温計に用いられる酸化銀電池や心臓ペースメーカーに用いられるリチウム電池のように、医療分野で馴染みの深い実用電池も存在する。化学電池や電気分解に関する次の設問に答えよ。

問 1 ボルタ電池に比べて、ダニエル電池の方が優れている点を、起電力と放電時間の観点から説明せよ。

問 2 亜鉛と銅を用いたダニエル電池の電池式を、例にならって記せ。

例：鉛蓄電池 $(-)\text{Pb}|\text{H}_2\text{SO}_4\text{aq}|\text{PbO}_2(+)$

問 3 次のア)～エ)に示す金属の組合せでダニエル型の電池を作った場合、(1)それぞれ正極となる金属はどちらか、元素記号で答えよ。また、(2)最も大きな起電力が得られる組合せはどれか、記号で答えよ。

ア) Cu, Fe

イ) Zn, Cu

ウ) Zn, Ag

エ) Fe, Ag

問 4 問 2 のダニエル電池を用いて、活物質の種類や電極を変えずに放電時間を長くしたい。電池をどのように改良すればよいのか、変更すべき点を記せ。

問 5 図1のように電解槽Ⅰには硝酸銀水溶液を、電解槽Ⅱには硫酸カリウム水溶液を入れて白金電極A～Dを用いて電気分解を行った。

ア) 電極Bに3.24gの銀が析出した。通電時間が16分5秒であったとすると、電流計(A)が示す電流の平均値を有効数字3ケタで求めよ。

イ) 電気分解で発生する気体の体積は全て合わせると標準状態で何Lになるか。その計算過程を示し、有効数字3ケタで求めよ。ただし、発生した気体は全て理想気体とする。

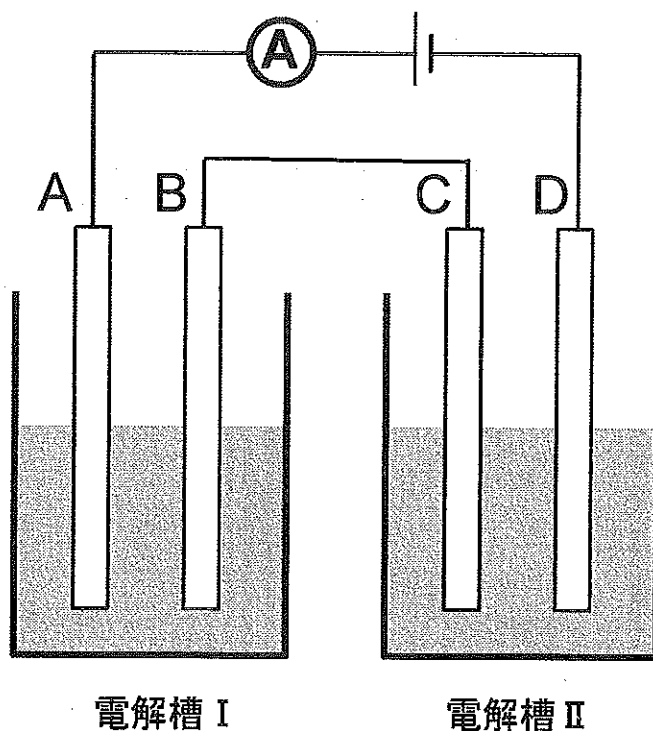


図 1

問 6 クリーンなエネルギー源として注目されているものの1つに、燃料電池がある。燃料電池は、燃焼による熱エネルギーを得るかわりに電気エネルギーを取り出す装置である。以下に示す電池式で表される燃料電池を考えたとき、各電極で起こる化学変化を、電子を含むイオン反応式で書け。



【2】 次の文章を読み、後述する問1～問3の設問に答えよ。ただし、円周率 3.14、重力加速度 10.0 m/s^2 、 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ における水銀の密度 13.5 g/cm^3 とする。

気体分子は熱運動によって空間を飛び回り、互いに衝突して、常に向きや速さ
 が変化する。個々の気体分子の速さはさまざまであるが、温度を(高く・低く)す
 れば、気体分子の平均速度は大きくなる。また、気体を容器に入れて、その容
 器内部の壁に気体分子が次々と衝突してはね返され、壁を外側に押す力がはたら
 く。単位面積あたりのこの力が気体の圧力である。地表を取り巻く大気の大気圧を
 大気圧というが、この存在は、トリチェリによって確認された。トリチェリの実
 験方法を応用して、さまざまな気体の圧力を測定することができる。また、圧
 力、温度、体積、物質質量のうち3つの値が決まれば、残る1つの値は気体の状態
 方程式によって求めることができる。

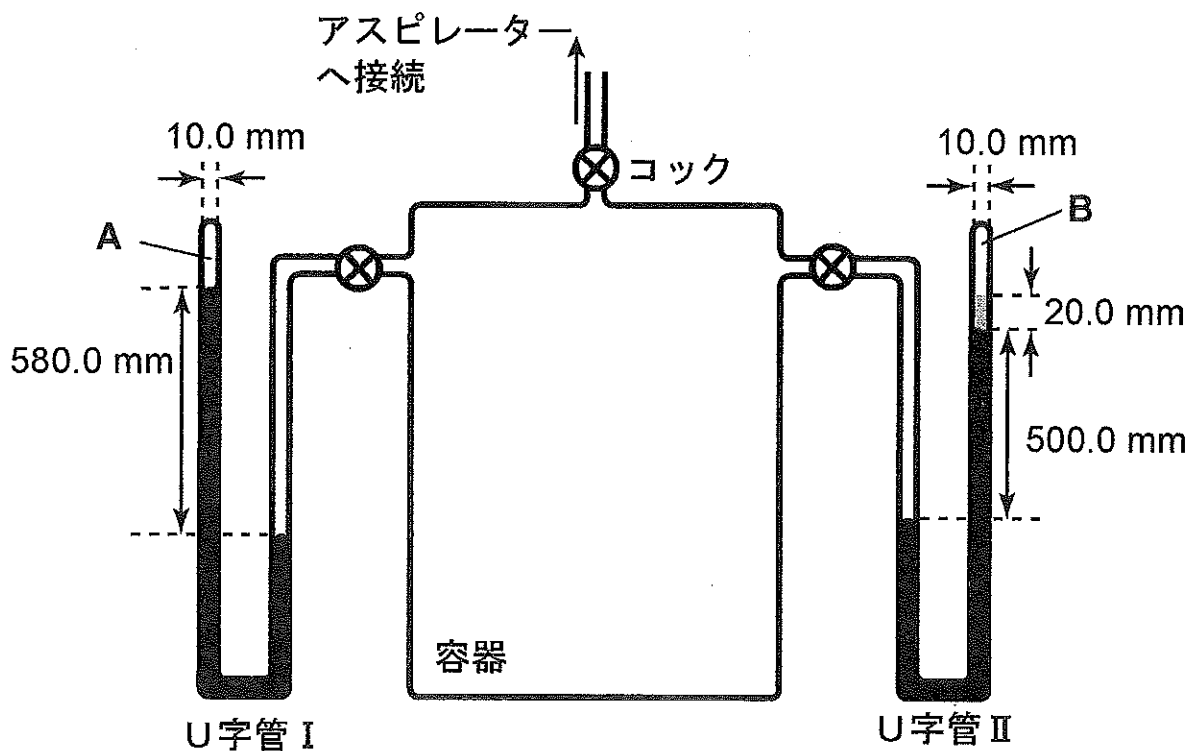


図 1

問 1 下線部(ア)について、適切な言葉を選べ。

問 2 下線部(イ)のため、前ページに示した図 1 の装置を作り、水銀を用いた 2 つの U 字管 I, II (ともに内径 10.0 mm) で圧力を測定した。大気圧下では、ともに閉端側が液体で完全に満たされていたが、U 字管 II の閉端側には、水銀に加えて揮発性のある透明な液体が誤って封入されていた。アスピレーターに接続したコックを開放して容器内の圧力を大気圧から減圧した。U 字管 I, II のコックを解放したところ、25 °C において、U 字管 I の水銀面の高低差は 580.0 mm, U 字管 II の水銀面の高低差は 500.0 mm, 透明な液体の高さは 20.0 mm でともに安定した。

- (1) 25 °C において、U 字管 I 内の A の部分の圧力は極めて低いが、厳密には真空ではない。その理由を簡潔に答えよ。
- (2) U 字管 I から計算される容器内の圧力は何 kPa か。A の部分は真空とみなして計算し、小数第 1 位まで求めよ。
- (3) 25 °C における透明な液体の密度を 0.90 g/cm^3 とすると、U 字管 II の閉端側 B の圧力は何 kPa か。計算過程を示し、小数第 1 位まで求めよ。
- (4) U 字管 II の透明な液体を取り出して調べたところ、主成分はベンゼンであったが、ある不揮発性、非電解質の物質 M がベンゼンに溶解しており、この液体の凝固点は 4.78 °C であった。取り出した液体のうち、 1020.0 mg を加熱してベンゼンを蒸発させたところ、 20.0 mg の物質 M が残った。これらの数値をもとに、物質 M の分子量を求めよ。なお、計算過程を示し、整数で答えること。ベンゼンの凝固点ならびにモル凝固点降下は 5.53 °C , $5.10 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とし、水銀とベンゼンは互いに混じりあわないものとする。
- (5) U 字管 II の閉端側 B の圧力は、封入された透明な液体が純粋なベンゼンであった場合と比較して、どうなると考えられるか。次の文章の空欄①, ②を埋めよ。

「ベンゼンに物質 M が溶解したことによる(①)により、物質 M が溶解したときの B の圧力は純粋なベンゼンの場合よりも(②)なる。」

問 3 下線部(ウ)について，実在気体では，理想気体の状態方程式($pV = nRT$)が厳密には成り立たない．圧力，温度の条件をどのようにすれば，実在気体を理想気体にもっとも近づけることができるか，下記から選り記号で答えよ．また，温度，圧力それぞれについて，その理由を述べよ．

(a) 低温・低圧，(b) 低温・高圧，(c) 高温・低圧，(d) 高温・高圧

(余 白)

【3】 消毒薬として使用されるオキシドールには、100 mL の溶液中に、過酸化水素が 2.5~3.5 g 含まれている。葉箱にあったオキシドールの過酸化水素濃度を正確に決定するために、次の A、B の酸化還元滴定の実験を行った。以下の文章を読み、設問に答えよ。

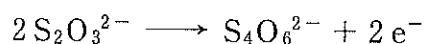
(実験 A)

- A-1. 5 mL のオキシドールを正確にはかりとり、コニカルビーカーにいれ、6.0 mol/L の硫酸を 1.0 mL 加えた。
- A-2. A-1 のコニカルビーカーに、1.0 mol/L のヨウ化カリウム水溶液を正確に 20 mL はかりとって加えた。
- A-3. A-2 の溶液に対し、1.0 mol/L のチオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 水溶液をビュレットに入れて滴下した。コニカルビーカー中の溶液の色が薄くなったときに少量のデンプン水溶液を加えさらに滴下を続けた。滴定の終点までに要したチオ硫酸ナトリウム水溶液の量は 9.0 mL であった。

(実験 B)

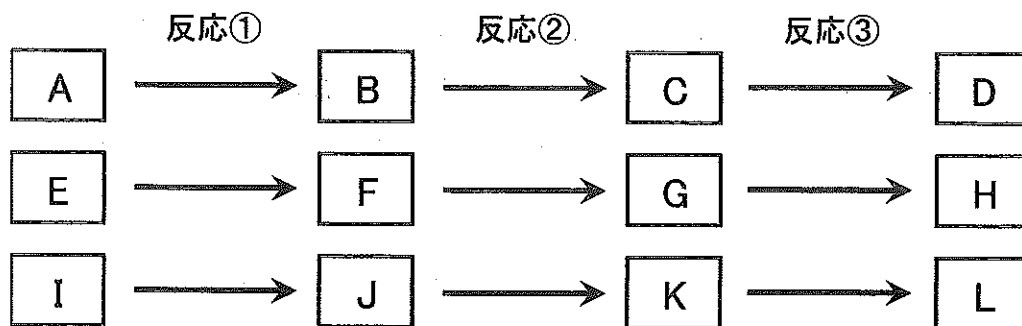
- B-1. 10 mL のオキシドールを正確にはかりとり、適切な器具を用いて、蒸留水で正確に 10 倍に希釈した。
- B-2. B-1 で希釈した水溶液を正確に 10 mL はかりとり、コニカルビーカーにいれ、6.0 mol/L の硫酸を 1.0 mL 加えた。
- B-3. B-2 の溶液を、0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。

- 問 1 実験操作A—1において、5 mLのオキシドールを正確にはかりとるために使用する器具をあげ、どのような操作をすればよいか説明せよ。ただし、使用する器具は洗浄済みで乾いているものとする。
- 問 2 実験操作A—2で生じた反応の化学反応式を書き、その中で酸化剤としてはたらく物質、還元剤としてはたらく物質の物質名をそれぞれ書け。
- 問 3 実験操作A—2では、オキシドールに含まれる過酸化水素に比べて、ヨウ化カリウムが過剰に加えられている必要がある。実験操作A—2で加えたヨウ化カリウムの量は十分だったかどうか、数値を示して説明せよ。
- 問 4 実験操作A—3において、滴定の終点はどのように判断すればよいか説明せよ。
- 問 5 実験に用いたオキシドール 100 mLの中には何 g の過酸化水素が含まれていたか。計算過程を示し、有効数字 2 ケタで答えよ。ただし、ヨウ化カリウムとチオ硫酸ナトリウムは反応しない。また、チオ硫酸ナトリウムが実験操作A—3において反応するときのイオン反応式は次の通りである。



- 問 6 実験操作B—3で生じた反応の化学反応式を書き、その中で酸化剤としてはたらく物質、還元剤としてはたらく物質の物質名をそれぞれ書け。
- 問 7 実験Aで過酸化水素濃度を決定したオキシドールを用いて実験Bを行った場合、滴定の終点までに必要とした過マンガン酸カリウム水溶液は何 mLか。計算過程を示し、有効数字 2 ケタで答えよ。

【4】 医薬品には、病気を治療する作用(主作用)がある一方で、副作用によって健康を損なう場合がある。副作用を抑えて効能を高めた医薬品を開発する手段の一つとして、医薬品の分子構造の一部を変化させる方法がある。分子構造が少しずつ異なる化合物D、H、Lを合成する方法を図1に示した。化合物A～Lの性質について書かれている以下の文章を読み、後述する問1～問10の設問に答えよ。



反応① 濃硝酸と濃硫酸の混合液(混酸)、または希硝酸と反応させる
 反応② 濃塩酸中でスズと反応させたのち、炭酸水素ナトリウムで塩基性にする
 反応③ 無水酢酸と反応させる

図1

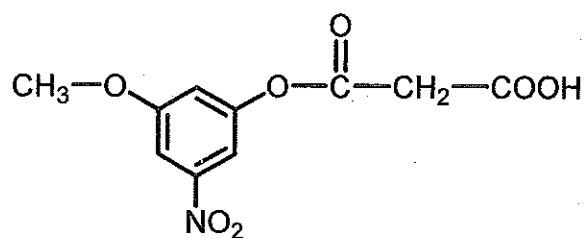
- 1 図1で示すように、化合物D、H、Lは、それぞれ異なる原料A、E、Iから、同様の3段階の反応によって合成できる。
- 2 化合物A～Lは、いずれも芳香族化合物であり、分子量は180よりも小さい。
- 3 化合物Cを希塩酸中、低温(4℃)に保ちながら亜硝酸ナトリウムと反応させたのち、加熱すると、窒素を発生しながら反応が進行し、化合物Eが得られる。
- 4 化合物Iは炭素、水素、酸素のみで構成され、銀鏡反応を示さない。また、ベンゼン環の炭素と酸素原子とが直接、単結合で結合している。
- 5 化合物F、Jは、どちらもベンゼン環上に2つ置換基を持ち、2つの置換基は互いにパラ位に存在する。

- 6 化合物Eから化合物Fを合成する反応では、①パラ異性体(化合物F)の他に、
オルト異性体も生成する。
- 7 化合物C, G, Kはいずれも塩基性の官能基を持ち、さらし粉と反応して呈色する。15.0 gの化合物Cを中和するために要した塩酸の量は、3.00 gの化合物Gを中和するために要した塩酸の量の5.86倍、5.00 gの化合物Kを中和するために要した塩酸の量の4.42倍であった。
- 8 化合物D, H, Lは同一の置換基を持ち、いずれも解熱鎮痛作用を示す。当初使われた化合物Dは、赤血球を溶解させるなどの副作用が強く、分子構造の一部を変化させた化合物H, Lが開発された。しかしその後、化合物Lに腎障害などの副作用が報告され、現在では化合物Hのみが一般に使用されている。

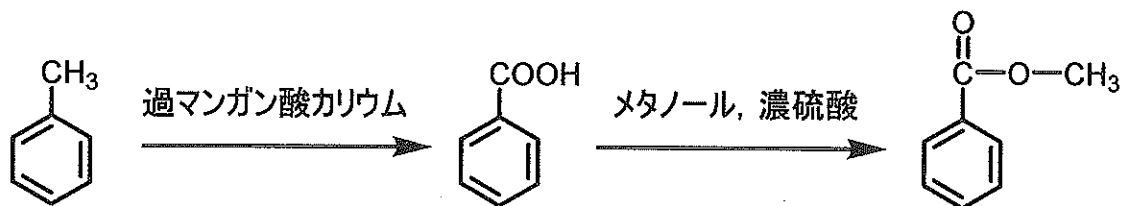
構造式と、構造式を含む反応式は下の例にならって書け。

例)

構造式



反応式



- 問 1 (1)硝酸, (2)亜硝酸ナトリウム, (3)窒素分子に含まれる窒素原子の酸化数をそれぞれ記せ.
- 問 2 化合物 A ~ L のうち, 塩化鉄(III)水溶液と反応して呈色する化合物を全て記号で記せ.
- 問 3 化合物 E は化合物 A を原料として合成することもできる. その方法を, 前ページの例にならって, 構造式を用いた反応式で書け. ただし, 化合物 C を経由しない方法を書くこと.
- 問 4 化合物 A から化合物 B を合成する反応では濃硝酸と濃硫酸の混合液(混酸)を使用するが, 化合物 E から化合物 F を合成する反応では希硝酸を使用する. 希硝酸を使用する理由は, 化合物 E に混酸を反応させると化合物 F とは別の化合物が生成するからである. 化合物 E に混酸を反応させたときに生成する化合物の名称と構造式を書け.
- 問 5 下線部①について, パラ異性体(化合物 F)に比べて, オルト異性体は沸点が低い. その理由を 50 字程度で説明せよ.
- 問 6 化合物 K の分子量を, 計算過程を示し求めよ.
- 問 7 化合物 I の構造式を書け. また, 化合物 I の異性体のうち, ベンゼン環を持ち, ヒドロキシ基を持たない化合物を全て構造式で書け.
- 問 8 化合物 D の化合物名を書け.
- 問 9 化合物 H の構造式を書け.
- 問 10 化合物 L の構造式を書け.

(余 白)

【5】 次の文章を読み、後述する問1～問6の設問に答えよ。

アルブミンは、血しょう*の中に最も多く存在する水溶性タンパク質である。その分子量は66000である。血しょう中に溶解している Na^+ 、 Cl^- などの電解質や、グルコース、アミノ酸に比べ、アルブミンの分子量は著しく大きいので、セロハン膜を透過できない。従ってアルブミン水溶液と水をセロハン膜で仕切ると、浸透圧が生じる。この浸透圧は、低分子成分の浸透圧と区別するためコロイド浸透圧とよばれ、生理的にも重要である。生体内では毛細血管の壁が半透膜に相当し、血液と細胞質のコロイド浸透圧を平衡に保つことで体液量を調節している。血しょう中のアルブミン濃度は約50 g/Lである。(A)の法則に従うと①すれば、コロイド浸透圧が計算できる。しかしこれは理想状態を仮定した場合の値であり、②実際の浸透圧は計算値よりも高めになる。

アルブミン分子は、表面に塩基性アミノ酸よりも酸性アミノ酸である(B)③や(C)が多数露出している。血液中におけるアルブミンの別の役割として、様々な物質を吸着して血液の流れに乗って運搬する働きがある。アルブミン分子表面の帯電した場所に荷電物質が結合し、また高級脂肪酸などはアルブミン分子内の(D)性の場所に結合する。血しょう中のタンパク質を定量する方法にビウレット法がある。これは、添加した(E)とタンパク質中の(F)が錯イオンを形成し(G)色に変化することを原理としている。

臨床ではヒト由来のアルブミン製剤が注射用の液体製剤として使用されているが、その代用物としてデンプンやデキストランなど多糖の水溶液が使用されている。これら多糖もアルブミンと同様に半透膜を透過できず、コロイド浸透圧を示す。しかしデンプンはそのまま投与しても体内にある酵素(H)によって速やかに分解されてしまうので、デンプンの一部のヒドロキシ基の構造を予め化学反応により変化させている。

*血液中の血球以外の成分のことで、血液の約55%の重さを占める。その90%近くが水分であり、残りは種々の電解質と、タンパク質を主体とした有機成分からなる。

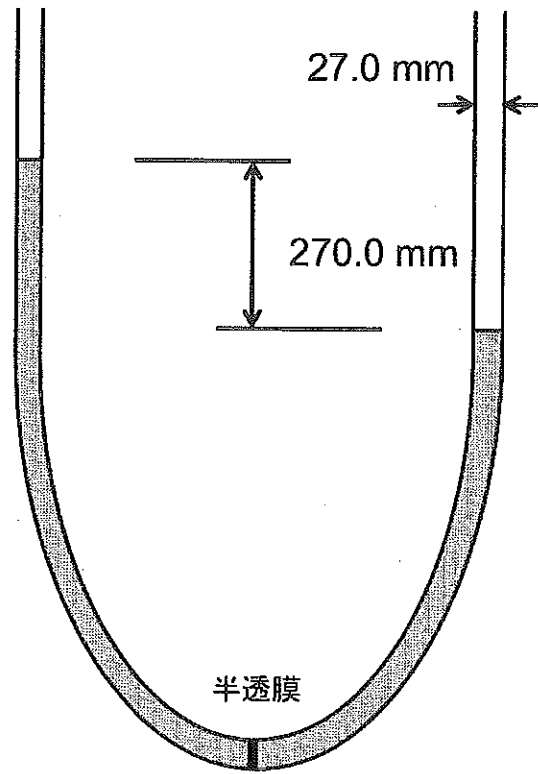


图1

- 問 1 空欄 A～H にあてはまる適切な語句を書け。
- 問 2 下線①について、アルブミン水溶液 (50.0 g/L) のコロイド浸透圧を求めよ。計算の過程を記し、mmHg 単位で、有効数字 3 ケタで答えよ。ただし、圧力 760 mmHg は 1.013×10^5 Pa に相当する。また、気体定数は 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)、温度は 37 °C とする。(医学では圧力の単位として mmHg が今でも多用される。)
- 問 3 下線②に関連して、図 1 に示す半透膜で仕切られた U 字管 (内径 27.0 mm) を用い、左側にアルブミン水溶液を、右側に水を同じ高さになるように多量に入れ、放置すると、アルブミン水溶液を入れた側は水面が上昇し、水を入れた側は水面が下降する。長時間放置すると動かなくなる。液面の高さの差が 270.0 mm に達して一定となったとき、アルブミン水溶液の濃度を測定すると、50.0 g/L であった。このときのコロイド浸透圧を簡潔な方法で求めよ。計算の過程を記し、mmHg 単位で、有効数字 3 ケタで答えよ。アルブミン水溶液の密度は水と同じ (1.00 g/cm^3) と仮定し、必要であれば水銀の密度 13.5 g/cm^3 を用いよ。
- 問 4 下線③に関連して、血液の pH は約 7.4 であるが、そのときアルブミンの電荷はどのようになっていることが予想されるか。等電点についても触れて 60 字以内で説明せよ。
- 問 5 下線④に関連して、天然のデンプンは温水に溶解しやすい成分と溶解しにくい成分がある。それぞれの成分の名称と構造の違いを 150 字以内で説明せよ。
- 問 6 下線④に関連して、天然のデンプンの検出法としてヨウ素デンプン反応が知られているが、その色調はデンプンの構造や分子量によっても異なる。ヨウ素デンプン反応のしくみと、色調が異なる理由を 180 字以内で述べよ。

(余 白)