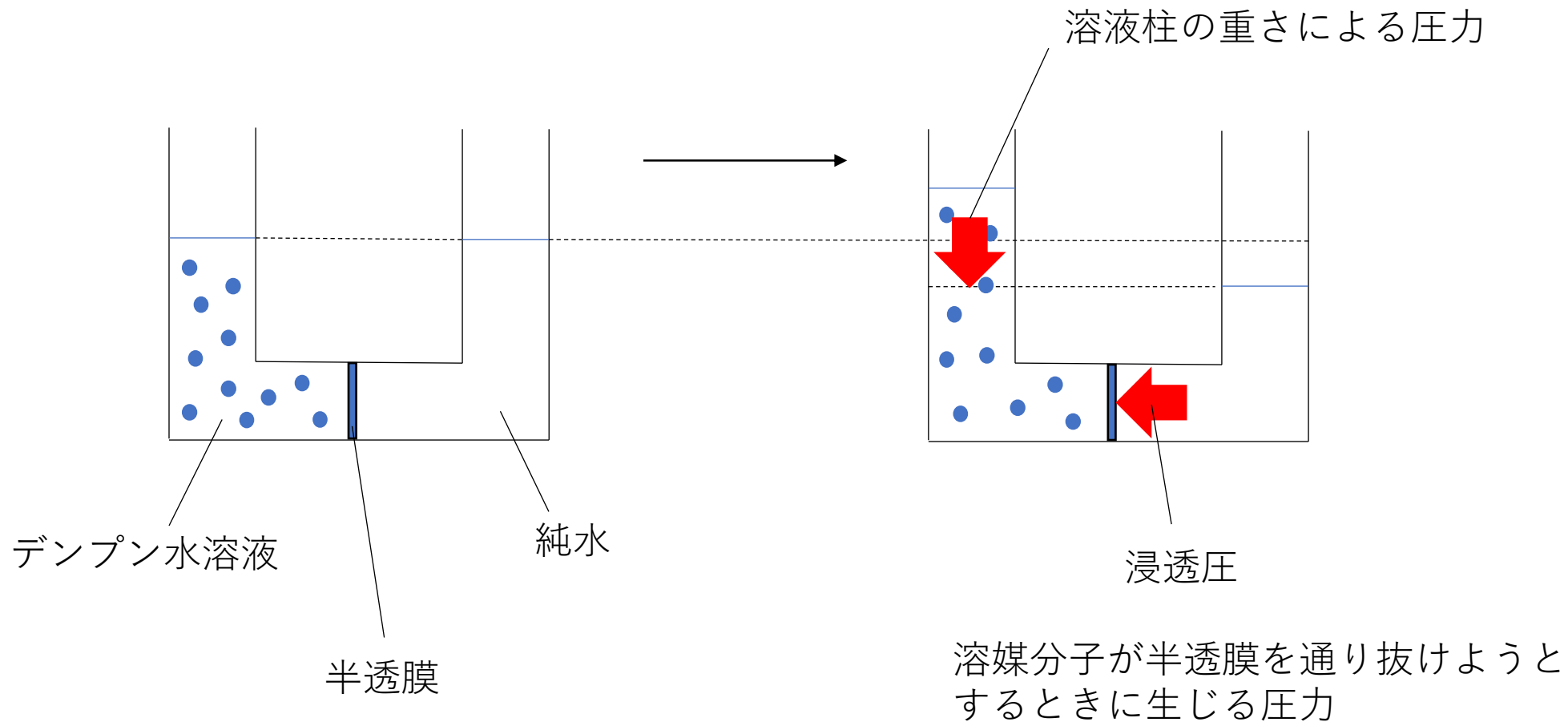


浸透の基本ルール

濃いものを薄めるように溶媒が移動する



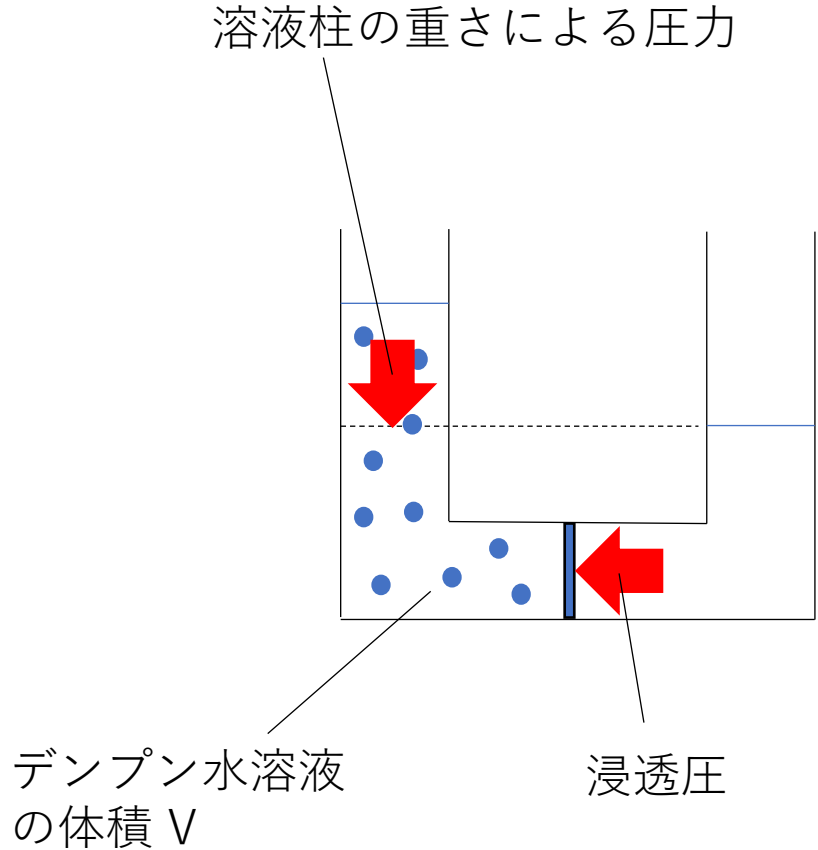
(溶液柱の重さによる圧力) = (浸透圧)



液面差がSTOP!

ファントホッフの法則

溶液の浸透圧は溶液のモル濃度と絶対温度に比例し、
溶媒や溶質の種類には無関係である



式にすると

浸透圧： π (Pa)

溶液のモル濃度： c (mol/L)

絶対温度： T (K)

$$\pi = c R T$$

溶液の体積： V (L)

溶質の物質質量： n (mol)

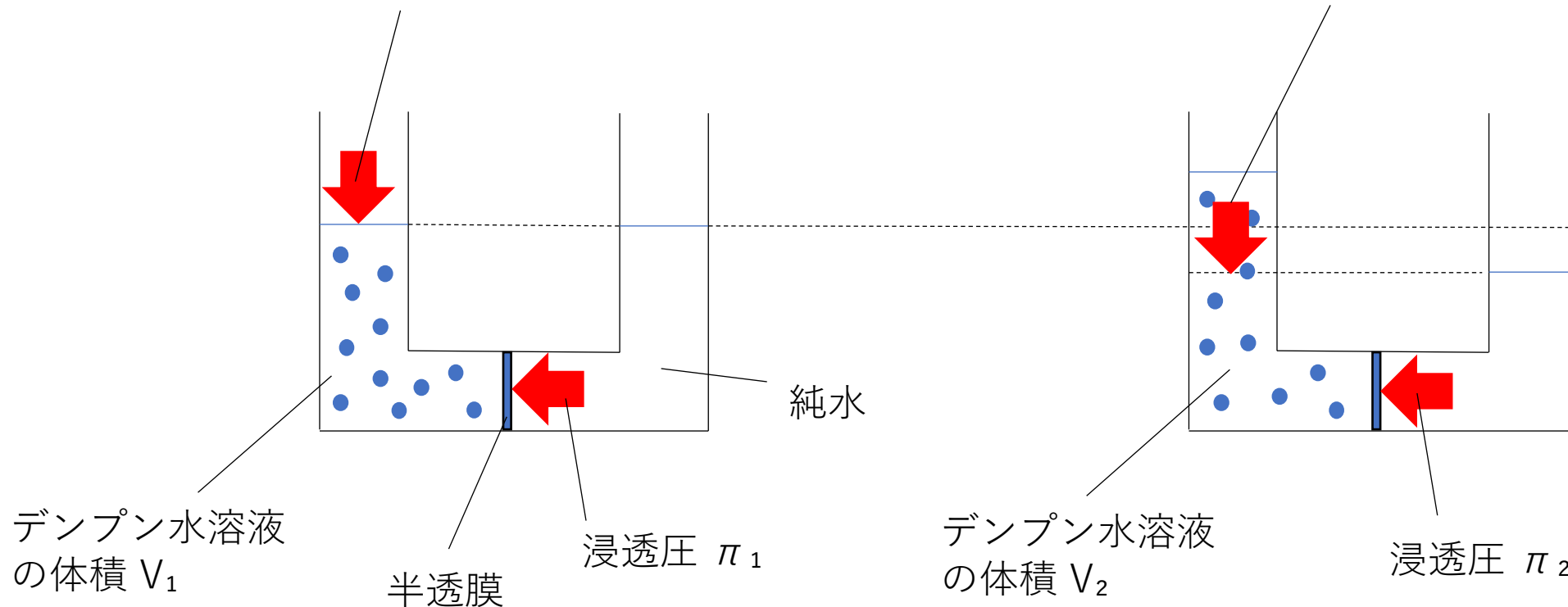
$$\pi V = n R T$$

〈液面差なし〉

〈液面差あり〉

液面差がつかないように加えた圧力

溶液柱の重さによる圧力



$$\pi V = n R T$$

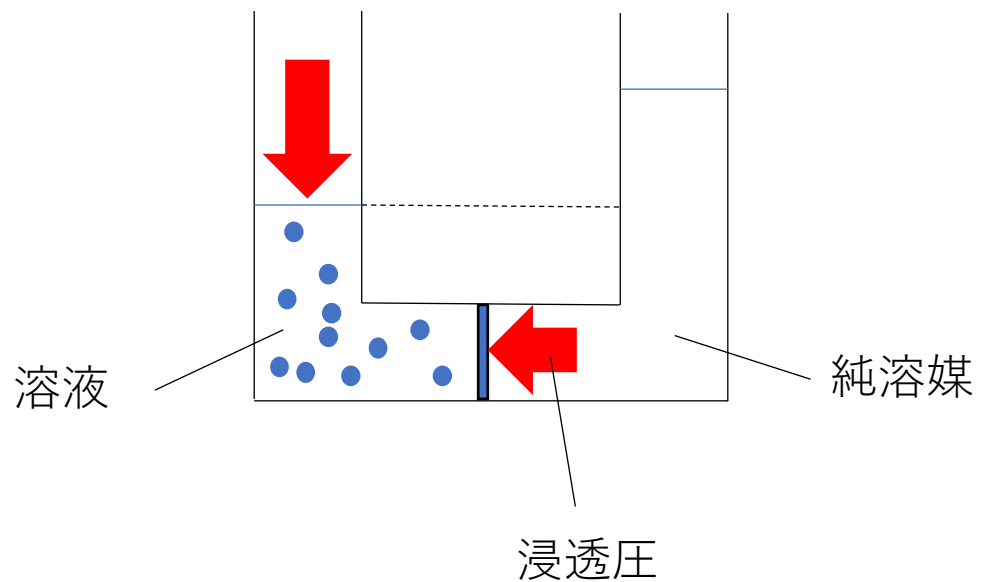
$$\pi V = (\text{一定})$$



$$\underline{\pi_1 V_1 = \pi_2 V_2}$$

逆浸透

溶液側に浸透圧より大きな圧力を加えて、
溶液中の溶媒分子を純溶媒側へ移動させる



使用例

海水の淡水化

電子工業用の超純水

製薬用の無菌水

化 学

必要があれば、以下の数値を用いよ。

原子量	H : 1.00	C : 12.0	N : 14.0	O : 16.0	Na : 23.0	P : 31.0	Cl : 35.5
気体定数 R	$8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$						
水のイオン積	$1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$						
0°C	273 K						
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$		$\log_{10} 3 = 0.48$				

[I] 文章を読んで問いに答えよ。

塩化ナトリウム NaCl と水酸化ナトリウム NaOH の結晶は、 Na^+ が Cl^- や OH^- と静電引力によって結合したイオン結晶である。

1 mol のイオン結晶中のイオン結合を切断し、互いに遠く引き離して静電引力を及ぼさない状態にするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。 NaCl および NaOH の格子エネルギーは表 1 に示すように非常に大きく、これらの結晶中で陽イオンと陰イオンが強く結合していることがわかる。

表 1 格子エネルギー (25℃, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)

物質	[kJ/mol]
NaCl (固)	787
NaOH (固)	900

NaCl (固) から Na^+ (気) と Cl^- (気) を得るために、図のように、まず NaCl (固) を Na (固) と Cl_2 (気) に分解して、さらに気体状の Na 原子と Cl 原子とし、それらの原子からイオンを生成する過程を経たと仮定したとき、その全過程に要するエネルギーは NaCl の格子エネルギーと等しい。この関係を用いて、 NaCl (固) の生成熱および格子エネルギー、 Na (固) の昇華熱、 Cl_2 分子の結合エネルギー、 Na 原子のイオン化エネルギーから Cl 原子の ア を求めることができる。

[II] 図のようなガラス製の浸透圧実験装置を組み立て、バルブ B から適当な量のシヨ糖水溶液を、また給水管 F から純水を入れて、実験 1 と実験 2 を実施した。図において、シヨ糖水溶液と純水とを分ける点線は、溶媒のみを透過させる半透膜を表す。この半透膜は圧力がかかっても変形しない構造である。給水管 F には純水が連続して静かに流され、G からあふれ出る純水は排水管 H を通って排水される。このため、純水の水位は常に G の位置に保たれる。水面 G には常に大気圧がかかっている。シヨ糖水溶液の区画と圧力調整タンク C とをつなぐ管 D は、高さ 1 cm につき 1.00 mL の溶液が入る太さである。溶液と純水によって生じる圧力（水圧）は落差 1 cm 当たり 100 Pa で、どちらも同じとする。実験 1 と実験 2 の文章を読み、問いに答えよ。ただし、大気圧は 0.1000 MPa、温度は 27.0 °C で一定とする。また、溶液は常に均一で、希薄溶液がしたがう法則が成り立つとし、液面 E は常に管 D 内にあるものとする。なお、特に指定がなければ数値の答えは有効数字 2 桁で書くこと。

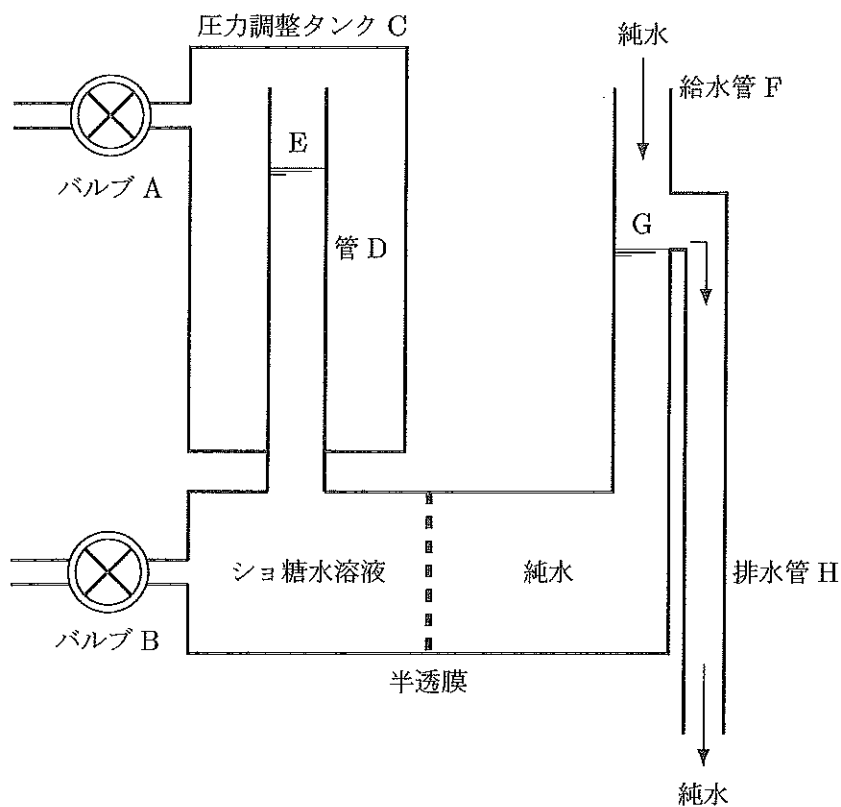


図 浸透圧実験装置の原理図

【実験 1】

バルブ B を閉じ、バルブ A から空気を出し入れして圧力調整タンク C 内の圧力を 0.1100 MPa に調整すると、液面 E の高さは液面 G よりも 20.0 cm 高いところで一定となった。

【実験 2】

続けて、C 内の圧力を 0.1300 MPa に再調整したところ、液面 E の高さは液面 G よりも 20.0 cm 低いところで一定となった。

問 1 実験 1 と実験 2 の平衡時におけるショ糖水溶液の浸透圧をそれぞれ MPa の単位で答えよ。

問 2 実験 1 と実験 2 の平衡時におけるショ糖水溶液のモル濃度をそれぞれ答えよ。

問 3 液面 E と液面 G の高さが等しくなるのは、ショ糖水溶液の体積が何 mL のときか答えよ。

問 4 この装置に最初に入れたショ糖の物質量[mol]を答えよ。

問 5 液面 E と液面 G の高さを等しくするには、圧力調整タンク C 内の圧力を何 MPa にすればよいか、有効数字 3 桁で答えよ。

問 6 実験 2 において、平衡状態に達するまでの間にこの装置内で生じた現象を漢字 3 文字で書け。

水分子は通過できるが溶質粒子は通過できない半透膜で純水と水溶液を仕切って放置すると、水分子が半透膜を通過して純水側から水溶液側に拡散する。この現象を浸透という。このとき水溶液側に適当な大きさの圧力を加えると、水分子の浸透を抑えることができる。この圧力が水溶液の浸透圧に相当する。

非電解質の希薄溶液の浸透圧は、溶媒や溶質の種類に関係なく、溶液のモル濃度と絶対温度に比例する。これを の法則といい、浸透圧を Π [Pa]、溶液のモル濃度を c [mol/L]、絶対温度を T [K]、気体定数を R [Pa·L/(K·mol)] とすると、次の①式が成り立つ。

$$\Pi = cRT \quad \dots \text{①}$$

また、溶質の物質量を n [mol]、溶液の体積を V [L] とすると、次の②式が成り立つ。

$$\Pi V = \text{ } \quad \dots \text{②}$$

一方、塩化ナトリウムなどの電解質の希薄溶液の場合、①式の c および②式の n として、溶液中に存在するすべての溶質粒子(分子やイオン)のモル濃度および物質量を用いる必要がある。

問1 空欄 に適する人名を次の(ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) アボガドロ (イ) アレニウス (ウ) ファントホッフ

(エ) ヘス (オ) ヘンリー

問2 空欄 に適する文字式を記せ。

問3 次の(1)、(2)に答えよ。ただし、NaClのモル質量は58.5 g/mol、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、答の数値は四捨五入により有効数字2桁で記せ。

(1) 0.10 mol/Lのグルコース水溶液の27℃における浸透圧は何Paか。

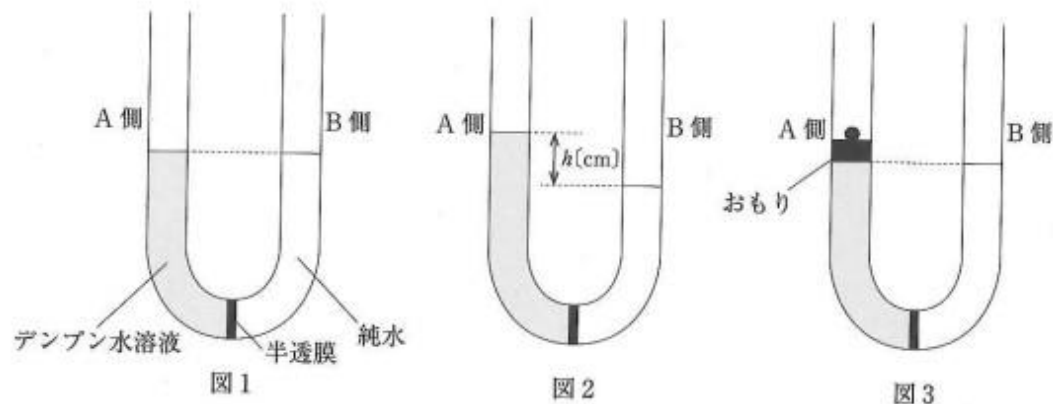
(2) 27℃において、(1)のグルコース水溶液と同じ浸透圧を示す塩化ナトリウム水溶液を100 mLつくるには、何gの塩化ナトリウムが必要か。ただし、塩化ナトリウムは水溶液中で完全に電離するものとする。

水分子やグルコース分子は通過できるが、デンプン分子は通過できない半透膜がある。この半透膜で中央を仕切った断面積が 4.0 cm^2 で均一な太さの U 字管を用いて、 27°C の一定温度のもとで、次の実験 1～3 を行った。ただし、気体定数 $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、水および水溶液の密度は $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、 1.0 cm の高さの水柱がその底面におよぼす圧力は 98 Pa とする。

実験 1 U 字管の左側(これを A 側とする)にデンプン 1.0 g を溶かした水溶液 200 mL を、右側(これを B 側とする)に A 側と液面の高さが一致するように純水 200 mL を入れた(図 1)。これを長時間放置したところ、A 側の液面が B 側の液面より $h[\text{cm}]$ 高くなったところで液面の高さが変化しなくなった(図 2)。

実験 2 実験 1 終了後、A 側と B 側の液面の高さが一致するように A 側の溶液の上におもりを乗せた(図 3)。このとき A 側の液面にかかるおもりの重さによる圧力は $4.9\times 10^2 \text{ Pa}$ であった。

実験 3 実験 2 終了後、B 側の純水にグルコース(分子量 180) 0.18 g を溶かしてからおもりを取り除いた。これを長時間放置したところ、A 側と B 側の液面の高さの差が $h'[\text{cm}]$ になったところで液面の高さが変化しなくなった。



次の文を読み、問 4～問 6 に答えよ。ただし、答の数値は四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問 4 実験 2 の結果から算出されるデンプンの分子量はいくらか。

問 5 h の値はいくらか。ただし、 $\sqrt{30}=5.48$ とする。

問 6 実験 3 で長時間放置した後の A 側と B 側の液面の高さおよび h' について述べた次の文中の空欄 に適する文字(A または B)、 に適する数値を記せ。ただし、グルコースを溶かしたときの溶液の体積変化は無視できるものとする。

液面の高さは 側の方が高く、 h' は h の 倍になる。

【II】 図のようなガラス製の浸透圧実験装置を組み立て、バルブ B から適当な量のショ糖水溶液を、また給水管 F から純水を入れて、実験 1 と実験 2 を実施した。図において、ショ糖水溶液と純水とを分ける点線は、溶媒のみを透過させる半透膜を表す。この半透膜は圧力がかかっても変形しない構造である。給水管 F には純水が連続して静かに流され、G からあふれ出る純水は排水管 H を通って排水される。このため、純水の水位は常に G の位置に保たれる。水面 E には常に大気圧がかかっている。ショ糖水溶液の区画と圧力調整タンク C とをつなぐ管 D は、高さ 1 cm につき 1.00 mL の溶液が入る太さである。溶液と純水によって生じる圧力（水圧）は落差 1 cm 当たり 100 Pa で、どちらも同じとする。実験 1 と実験 2 の文章を読み、問いに答えよ。ただし、大気圧は 0.1000 MPa、温度は 27.0℃ で一定とする。また、溶液は常に均一で、希薄溶液がしたがう法則が成り立つとし、液面 E は常に管 D 内にあるものとする。なお、特に指定がなければ数値の答えは有効数字 2 桁で書くこと。

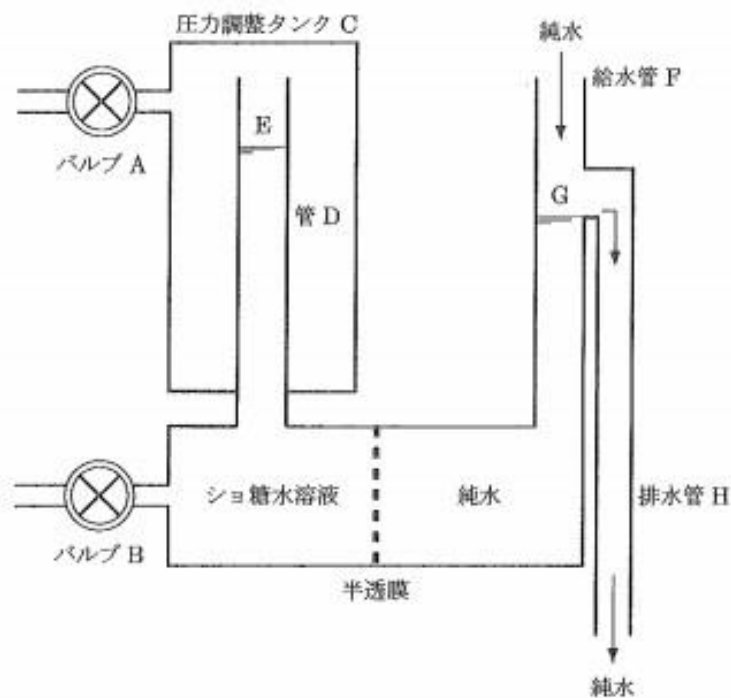


図 浸透圧実験装置の原理図

【実験 1】

バルブ B を閉じ、バルブ A から空気を出し入れして圧力調整タンク C 内の圧力を 0.1100 MPa に調整すると、液面 E の高さは液面 G よりも 20.0 cm 高いところで一定となった。

【実験 2】

続けて、C 内の圧力を 0.1300 MPa に再調整したところ、液面 E の高さは液面 G よりも 20.0 cm 低いところで一定となった。

$$\text{気体定数 } R \quad 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

問 1 実験 1 と実験 2 の平衡時におけるショ糖水溶液の浸透圧をそれぞれ MPa の単位で答えよ。

問 2 実験 1 と実験 2 の平衡時におけるショ糖水溶液のモル濃度をそれぞれ答えよ。

問 3 液面 E と液面 G の高さが等しくなるのは、ショ糖水溶液の体積が何 mL のときか答えよ。

問 4 この装置に最初に入れたショ糖の物質質量 [mol] を答えよ。

問 5 液面 E と液面 G の高さを等しくするには、圧力調整タンク C 内の圧力を何 MPa にすればよいか、有効数字 3 桁で答えよ。

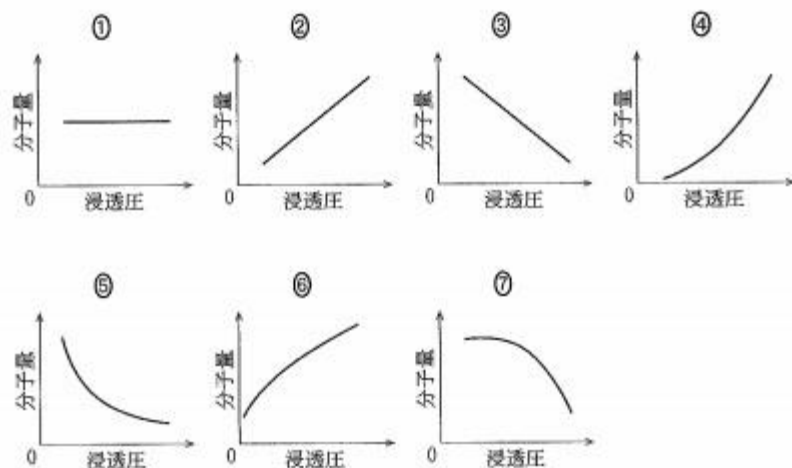
問 6 実験 2 において、平衡状態に達するまでの間にこの装置内で生じた現象を漢字 3 文字で書け。

問 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

- (1) 希薄溶液の浸透圧に関する以下の記述のうちで正しいものをすべて選べ。ただし、溶質は溶媒をかえても完全に溶けているものとする。 ア

- ① 同一の溶質、溶媒であれば質量パーセント濃度が異なっても等しい。
 ② 溶媒を水からエタノールにかえると上昇する。
 ③ 溶質の電離度に影響されない。
 ④ 溶液量を増加させても変化しない。
 ⑤ 溶液の温度を上げると上昇する。

- (2) 分子量と浸透圧の関係を示した図として適切なものを一つ選べ。ただし、その他の条件は一定であり、溶質は非電解質とする。 イ



- (3) U字管を半透膜で仕切り、一方に溶媒、他方に同じ溶媒で調製した溶液を入れた。このU字管の溶液側の液面から浸透圧以上の圧力をかけたところ、溶液側から溶媒のみが移動した。この現象の名称を答えよ。ただし、加える圧力は半透膜が耐える範囲とする。

ウ

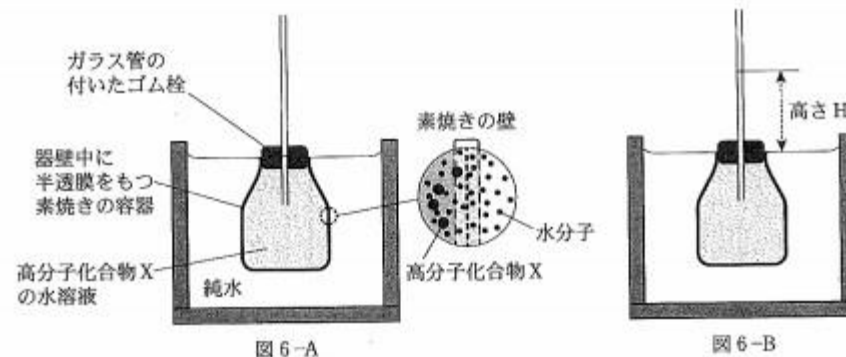
- ① 透析 ② 逆浸透 ③ イオン交換
 ④ 塩析 ⑤ 凝析

問 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

浸透圧測定により化合物の分子量を調べるため、以下の実験を行った。

分子量が不明な非電解質の高分子化合物 X を 4.00 g はかり取り、純水に溶かして全量を 100 mL とした。この水溶液の密度は 1.52 g/cm^3 であった。

この水溶液の全量を図 6-A のような素焼きの容器と細いガラス管からなる装置に入れた。素焼き容器の器壁は水分子のみが通過できる半透性をもっている。この装置をひとまわり大きな容器に入れ、ガラス管内の水面まで純水を入れた。しばらく放置したところ、ガラス管内の液面が徐々に上昇し、外側の液面との差 H のところで停止した(図 6-B)。これらすべての実験は 27 °C、1 気圧の下で行った。



- (1) H が 2.72 cm であったとすると、この水溶液の浸透圧を有効数字 2 桁で求めよ。ただし水銀の密度を 13.6 g/cm^3 とし、1 気圧を 76.0 cmHg、および $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。また、ガラス管は十分に細く、水の浸透に伴う溶液の体積変化はないものとする。

エ . オ $\times 10^{\text{カ}}$ Pa

- (2) 高分子化合物 X の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。

キ . ク ケ $\times 10^{\text{コ}}$