

平成 29 年度 入学試験問題

理 科 問 題 用 紙 (前期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～20頁
	生物 21～31頁

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

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。

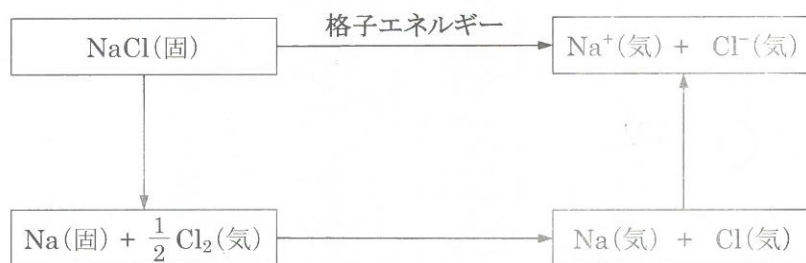
塩化ナトリウム NaCl と水酸化ナトリウム NaOH の結晶は、 Na^+ が Cl^- や OH^- と静電引力によって結合したイオン結晶である。

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 °C, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)

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。



図

NaCl や NaOH の結晶は、水に入れると陽イオンと陰イオンに電離して溶解する。特に NaOH の結晶は空気中に放置するだけでも (a) 水分を吸収して溶解する。イオン結晶の水への溶解は、例えば NaCl では、結晶表面の Na^+ に水分子の 原子が、 Cl^- に水分子の 原子がそれぞれ引きつけられて生成する水和イオンが水中に拡散していくことで起こる。

イオン結晶が水に溶解するときの溶解熱は、1 mol のイオン結晶を構成する陽イオンと陰イオンがすべて水和イオンになるときに発生または吸収する熱である。一方、気体状態のイオンが水に溶解して水和イオンになるときの反応熱がイオンの水和熱に相当する。したがって、NaCl と NaOH のそれぞれについて、格子エネルギーと溶解熱を用いて陽イオンと陰イオンの水和熱の合計量を求めることができ、それらを比較すると、 Cl^- と OH^- では の方が (b) 水和熱が大きいことがわかる。

また、NaOH と塩化水素 HCl の 1 mol ずつが (1) のように反応するときの反応熱 (25℃, 1.0×10^5 Pa) は kJ である。



以上の各エネルギーの関係にもとづくと、(2) の反応熱 (25℃, 1.0×10^5 Pa) は kJ と求められる。



表2 各種エネルギー (25℃, 1.0×10⁵ Pa)

エネルギーの種類	物質	[kJ/mol]
生成熱	NaCl(固)	411
	NaOH(固)	425
	HCl(気)	92
	H ₂ O(液)	286
溶解熱*	NaCl(固)	-4
	NaOH(固)	45
	HCl(気)	75
結合エネルギー	H-H	436
	H-Cl	432
	Cl-Cl	244
イオン化エネルギー	Na(気)	502
	H(気)	1318
昇華熱	Na(固)	107

* 溶媒が水のときの値

必要ならば表 1 および表 2 の各値を用いよ。

問 1 の名称を書け。また、Cl 原子 1 mol あたりの の値を kJ 単位で求めよ。

問 2 下線(a)の現象の名称を漢字 2 文字で書け。

問 3 および に適する元素記号を書け。

問 4 に入るイオンの名称を書け。また、下線(b)が生じる原因となる の性質を 1 つ挙げて 15 字以内で書け。

問 5 の値を求めよ。

問 6 の値を求めよ。

[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 G 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。

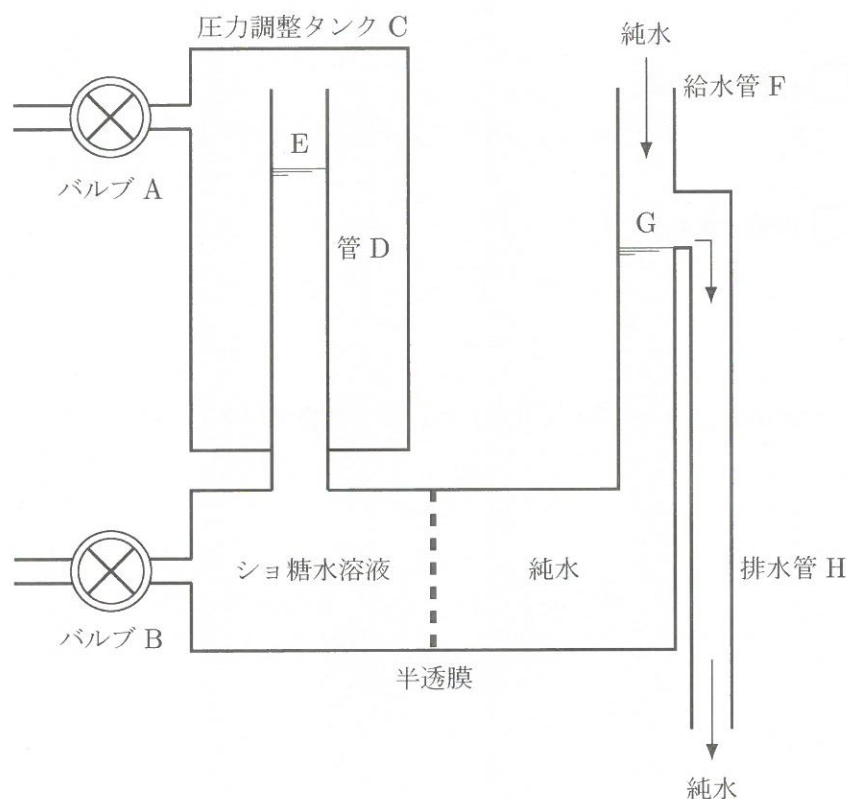


図 浸透圧実験装置の原理図

【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。

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。

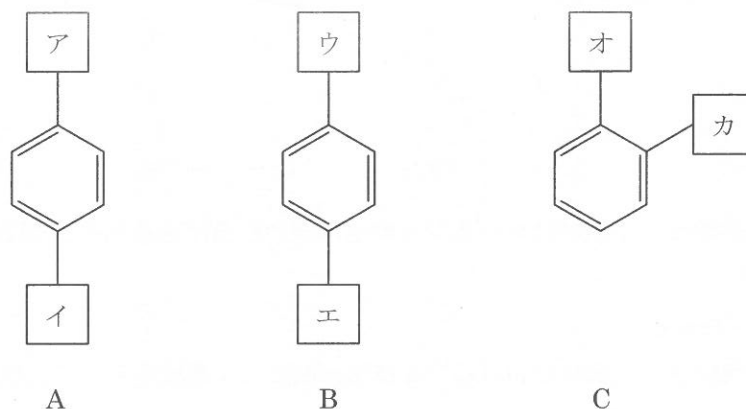
問 4 この装置に最初に入れたショ糖の物質質量[mol]を答えよ。

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。

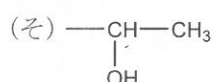
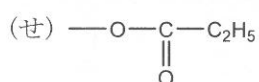
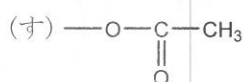
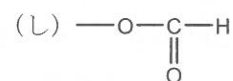
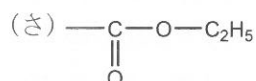
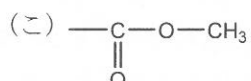
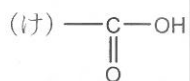
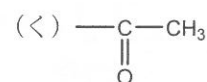
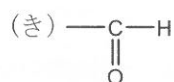
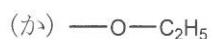
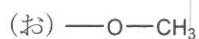
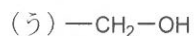
[III] 文章を読んで問いに答えよ。

分子式 $C_9H_{10}O_2$ で示される二置換ベンゼン化合物 A, B, C がある。下図のように A, B は 2 つの置換基が *p* 位に, C は *o* 位に結合している。A, B, C の構造を決めるために下記の (a) ~ (h) の実験を行った。



- (a) A, B, C はいずれも金属ナトリウムとは反応しない中性の化合物であった。
- (b) C は水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応し, 黄色結晶を生成した。
- (c) A, B, C を水酸化ナトリウム水溶液と加熱すると, A, B は加水分解されたが, C はされなかった。
- (d) A の加水分解後の溶液を酸性にしたところ, 酸性の化合物 D と酸性の化合物 E が生じた。
- (e) B の加水分解後の溶液を酸性にしたところ, 酸性の化合物 F と中性の化合物 G が生じた。
- (f) D のカルシウム塩を空気を断って熱分解すると, アセトンと炭酸カルシウムが生成した。
- (g) E は塩化鉄(III)水溶液で青色に呈色した。
- (h) F は過マンガン酸カリウムによる酸化によって, 常圧で $300^{\circ}C$ に加熱すると昇華性を示す 2 価のカルボン酸を生じた。

置換基群



問 1 (b) で生じた黄色結晶の名称および化学式を書け。

問 2 (a) および (b) の実験結果を同時に満たす部分構造式を、置換基群(あ)～(た)の中からすべて選び記号で答えよ。

問 3 D の名称を書け。

問 4 E の構造式を書け。

問 5 F の構造式を書け。

問 6 G の名称を書け。

問 7 A, B, C の各構造式にあてはまる ア ～ カ の部分構造式を置換基群(あ)～(た)の中から選び、それぞれ記号で答えよ。ただし、ア と イ、ウ と エ、オ と カ のそれぞれの組における順番は問わず、同じ記号を何度用いてもよい。

[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

リンの単体にはいくつかの同素体がある。その1つである [ア] は四面体型の分子であり、空气中で容易に発火するため、[イ] 中で保存する。酸素のない状態で [ア] を 250°C で加熱すると [ウ] が得られる。

[ア] を乾燥した空气中あるいは酸素中で燃焼させると、[a] が生じる。[a] は強力な脱水剤であり、水を加えて加熱するとリン酸を生じる。リン酸は、 $K_1 = 7.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 6.2 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 、 $K_3 = 2.1 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ の3つの電離定数をもつ3価の酸である。

カルボン酸がアルコールと脱水縮合してエステルを生成するのと同じように、リン酸もアルコールと脱水縮合してリン酸エステルを生じる。例えば農薬であるジクロロボスは図1のような構造をもつリン酸トリエステルである。

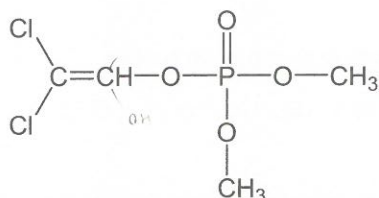


図1 ジクロロボス

図2に示すホスファチジン酸は、グリセリンの3つのヒドロキシ基のうち、2つが高級脂肪酸のエステル、1つがリン酸エステルになったものである。これが、さらにもう1分子のセリン（不斉炭素についている官能基が $-\text{CH}_2\text{OH}$ である α -アミノ酸）とリン酸エステルをつくったものはホスファチジルセリンとよばれ、細胞膜の成分の1つである。

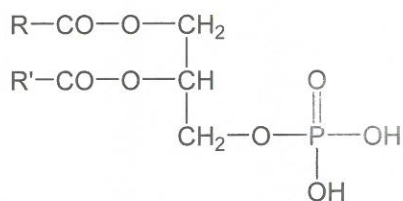


図2 ホスファチジン酸 (R, R' は炭素数の多い炭化水素基)

DNAには、図3のようにデオキシリボースに核酸塩基(図3ではⒶで表している)が共有結合した化合物1が含まれている。1分子の化合物1が、1分子のリン酸とリン酸エステル結合をつくったものを「エ」とよぶ。DNAは、「エ」が縮合重合したものである。DNA中には、アデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類の核酸塩基があり、アデニンとチミン、グアニンとシトシンがそれぞれ水素結合を形成することにより、2本のDNA鎖が二重らせん構造をとっている。DNA二重らせん中で、アデニンとチミンは図4のように、点線で示した2本の水素結合を形成している(デオキシリボース部分はⒷで表している)。

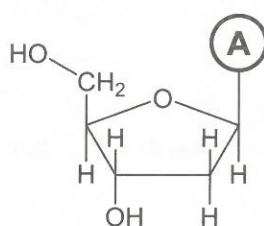


図3 化合物1 (環内の炭素原子Cは省略してある)

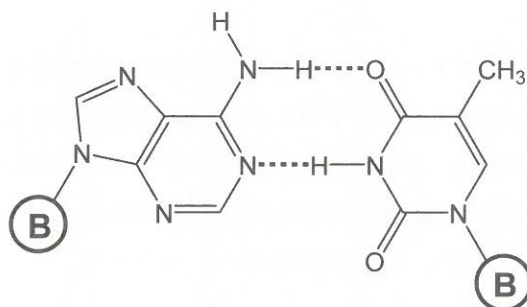


図4 アデニンとチミンの水素結合

問1 「ア」～「エ」に適切な語句を書け。

問2 「a」に適切な分子式を書け。

問3 0.1 mol/L のリン酸を含む水溶液の pH が 5 のとき、リンを含むイオンの中でもっとも物質量の多いもののイオン式を書け。

問4 ジクロロボスを完全に加水分解したときの生成物の中で、炭素を含むものの構造式を 2 つ書け。ただし、不安定な生成物は安定な形として書くこと。

問5 ホスファチジルセリンの構造式を書け。R, R' はそのままよい。

問6 通常の油脂は細胞膜を構成しないが、ホスファチジルセリンは細胞膜を構成することができる。それはホスファチジルセリンが通常の油脂と異なる性質を有していることに起因する。その理由を 20 字以内で書け。

問7 2 分子の化合物 1 が DNA と同じように縮合した構造式を書け。図 3 と同様に、環内の炭素原子 C は省略してかまわない。また、(A) はそのままよい。

問8 DNA 二重らせん中で、グアニンとシトシンは 3 本の水素結合を形成しているが、図 4 になって、解答用紙に図 5 のグアニンとシトシンの構造式を適切な位置と向きに並べて書き、水素結合を点線で示せ。その際、水素結合の長さなるべく同じになるように書くこと。必要ならば、構造式を回転させたり反転させたりしてもかまわない。また、(B) はそのままよい。

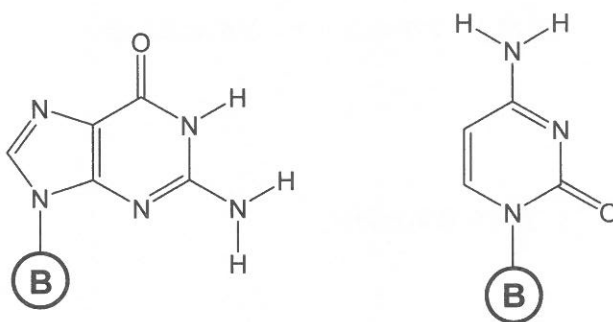


図5 グアニンとシトシン

(計 算 用 紙)