

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2017年度

第2回 全統記述模試問題

理 科

(物理基礎 化学基礎) (1科目 30分)
(生物基礎 地学基礎)

2017年9月実施

(物 理 化 学) (1科目 60分)
(生 物 地 学)

試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かず、下記の注意事項をよく読むこと。

注 意 事 項

1. 問題冊子は86ページである(物理基礎 1～6ページ、化学基礎 7～11ページ、生物基礎 13～18ページ、地学基礎 19～24ページ、物理 25～34ページ、化学 35～47ページ、生物 49～65ページ、地学 67～86ページ)。
2. 解答用紙は別冊になっている。(解答用紙冊子表紙の注意事項を熟読すること。)
3. 本冊子に脱落や印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れ等があれば、試験監督者に申し出ること。
4. 理科の「基礎を付した科目」のみを受験する場合は、1時間目の前半30分(2科目の場合は1時間目60分)が受験時間となる。「基礎を付した科目」と「基礎を付していない科目」の組み合わせで受験する場合は、1時間目が「基礎を付していない科目」の受験時間となる。

※「基礎を付した科目」と「基礎を付していない科目」の組み合わせで受験する場合は、それぞれ1科目ずつに限る。

5. 試験開始の合図で解答用紙冊子の理科の解答用紙を切り離し、下段の所定欄に **氏名**・**在**・**卒高校名**・**クラス名**・**出席番号**・**受験番号**(受験票の発行を受けている場合のみ)を明確に記入すること。なお、氏名には必ずフリガナも記入のこと。
6. 解答には、必ず黒色鉛筆を使用し、解答用紙の所定欄に記入すること。解答欄外に記入された解答部分は、採点対象外となる。
7. 試験終了の合図で上記5.の事項を再度確認し、試験監督者の指示に従って解答用紙を提出すること。

河合塾



1761220114110000

化 学

1 (配点 25点)

次の文を読み、問1～問6に答えよ。

周期表の 族に属する窒素およびリンは、カリウムとともに肥料の三要素とよばれ、植物の生育に欠かせない元素である。

窒素は、体積比で空気の約78%を占めており、工業的には液体空気の により得られる。窒素は常温では反応性が低いが、鉄を主成分とした触媒を用いて高温・高圧下で窒素と水素を反応させるとアンモニアを得ることができ、この工業的なアンモニアの製法は 法とよばれる。① アンモニアと二酸化炭素を反応させると、窒素肥料の一つである尿素が合成できる。 アンモニアは、硝酸など様々な窒素化合物の合成にも利用される。

リンは、天然にはリン酸カルシウムを主成分とするリン鉱石として存在する。リン酸カルシウムは水に溶けにくいですが、リン酸カルシウムを硫酸で処理することで水に溶けやすい リン酸二水素カルシウム に変化させ、これを肥料として用いる。

問1 空欄 に適する数を記せ。

問2 空欄 に適する語を次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) 分留(分別蒸留) (イ) 溶媒抽出 (ウ) 再結晶 (エ) 酸化

問3 空欄 に適する語を次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) アンモニアソーダ (イ) オストワルト (ウ) 接触

(エ) ハーバー・ボッシュ

問4 下線部①の反応に関連する各化合物の生成熱および各結合の結合エネルギーの値を次の表に示す。これについて、下の(1)～(3)に答えよ。

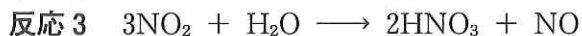
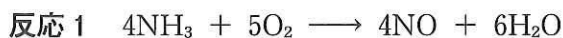
化合物	生成熱
NH ₃ (気)	46 kJ/mol
CO ₂ (気)	394 kJ/mol
CO(NH ₂) ₂ (固)	334 kJ/mol
H ₂ O(液)	286 kJ/mol

結合	結合エネルギー
H—H	436 kJ/mol
N—H	391 kJ/mol

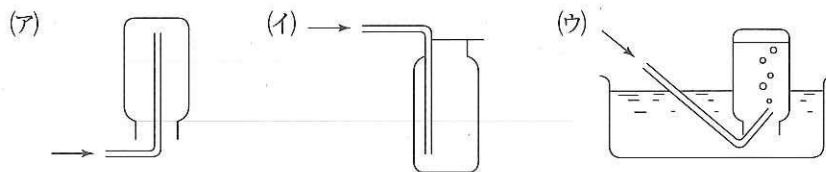
- (1) NH₃(気)の生成熱を表す熱化学方程式を記せ。ただし、式中の各物質の状態を明記すること。
- (2) 窒素分子中のN≡N結合の結合エネルギーは何kJ/molか。四捨五入により整数で記せ。
- (3) 下線部①の反応を熱化学方程式で表すと次のようになる。この式中の反応熱Q[kJ]の値を求め、四捨五入により整数で記せ。



問5 硝酸は、工業的には次の反応1～3を用いて合成されている。これについて、下の(1)～(3)に答えよ。



- (1) 反応3で生じるNOは、すべて回収されて反応2で用いられる。反応1～3を組み合わせて、アンモニアから硝酸が生じる反応を一つの化学反応式で記せ。
- (2) (1)の化学反応式に基づいて計算すると、質量パーセント濃度63.0%の濃硝酸を10.0 kg 製造するのに必要なアンモニアの体積は標準状態で何Lか。四捨五入により有効数字3桁で記せ。ただし、標準状態における1 molの気体の体積は22.4 Lとし、また、硝酸の分子量は63.0とする。
- (3) 二酸化窒素は、実験室では、銅と濃硝酸の反応により発生させることができる。これについて、次の(i), (ii)に答えよ。
- (i) 二酸化窒素は何色の気体か。最も適切な色を次の(ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。
- (ア) 黄緑色 (イ) 淡青色 (ウ) 赤褐色 (エ) 紫色 (オ) 無色
- (ii) 二酸化窒素の捕集法を表す図として最も適切なものを、次の(ア)～(ウ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

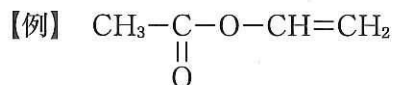


問6 下線部②のリン酸二水素カルシウムの化学式を記せ。

化学の問題は次のページに続く。

2 (配点 25点)

次の I, II に答えよ。ただし、構造式は次の【例】にならって記せ。



I 次の文を読み、問 1～問 5 に答えよ。

分子内に 1 個の三重結合をもつ鎖式炭化水素は あ とよばれ、そのうち最も炭素数の小さいアセチレンは、工業的にはナフサの熱分解などによってつくられる。

次の図 1 に示すように、アセチレンの三重結合には様々な物質が付加する。ニッケルを触媒として水素を付加させると、エチレンを経てエタンが生成する。塩化水銀(II)を触媒として塩化水素を付加させると、炭素間二重結合をもつ化合物 X が生成する。硫酸水銀(II)を触媒として水を付加させると、ビニルアルコールが生成するが、ビニルアルコールは不安定で、ただちに異性体であるアセトアルデヒドに変化する。このように、炭素間二重結合を形成している炭素原子にヒドロキシ基が結合したアルコールは一般に不安定であり、ただちにカルボニル化合物に変化する。

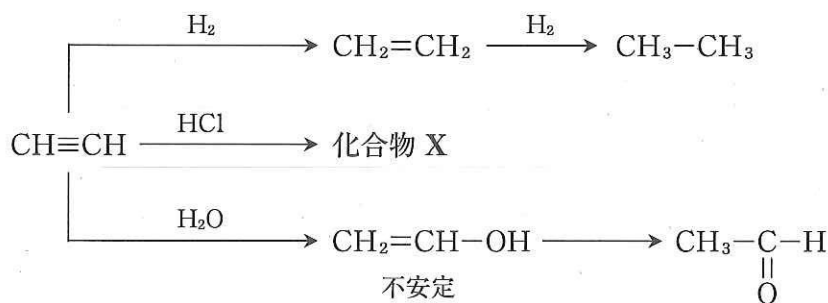


図 1

問 1 空欄 あ に適する語を記せ。

問 2 化合物 X の名称を記せ。

問 3 アセチレンは、実験室では、炭化カルシウム CaC_2 に水を加えてつくられる。この反応を化学反応式で記せ。

問4 アセトアルデヒドは、工業的に、かつてはアセチレンに水を付加させて合成されていたが、現在では、塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)の水溶液を触媒として、図1中の有機化合物のうちのいずれかを酸素で酸化することにより合成されている。この有機化合物の名称を記せ。

問5 硫酸水銀(Ⅱ)を触媒としてプロピンに水を付加させると、次の図2に示すように、化合物Yを経てアセトンが得られるが、同時にプロピオンアルデヒドも得られる。これについて、下の(1)、(2)に答えよ。

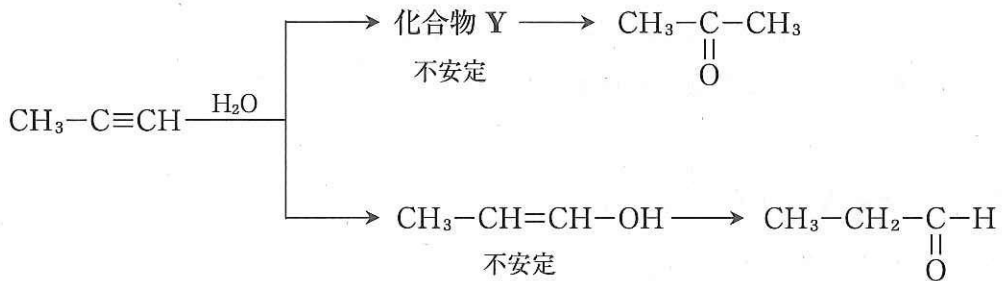


図2

- (1) 化合物 Y の構造式を記せ。
- (2) 次の (i), (ii) の有機化合物の性質に該当するものを、下の (ア) ~ (オ) のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。
 - (i) アセトン (ii) プロピオンアルデヒド
 - (ア) 臭素水に通じると臭素水の赤褐色が消える。
 - (イ) 金属ナトリウムを加えると水素が発生する。
 - (ウ) フェーリング液を還元する。
 - (エ) ヨードホルム反応を示す。
 - (オ) 水に溶けにくい。

II 次の文を読み、問6～問8に答えよ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$ とする。

2つのエステル結合と1つの不斉炭素原子をもつ化合物Aがある。Aの分子量は158で、元素の質量組成は、炭素53.2%、水素6.3%、酸素40.5%であった。

Aを加水分解すると、化合物B、C、Dが得られた。B、C、Dに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、BとCでは気泡が発生したが、Dでは変化が見られなかった。B、C、Dにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、BとDでは黄色沈殿が生じたが、Cでは変化が起こらなかった。Dは銀鏡反応に陽性で、Dを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、Cが生成した。

問6 化合物Aの分子式を記せ。

問7 化合物Cの構造式を記せ。

問8 化合物Aの構造式を記せ。

化学の問題は次のページに続く。

3 (配点 25点)

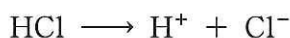
次の I、II の文を読み、問 1～問 6 に答えよ。ただし、[X] は平衡状態における水溶液中の X のモル濃度 [mol/L] を表す。また、必要があれば、次の値を用いよ。

$$\text{酢酸の電離定数 } K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 7 = 0.85$$

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{21} = 4.58$$

I 塩化水素は水に非常によく溶ける気体で、その水溶液を塩酸という。塩化水素は強酸であり、水溶液中では次式のように完全に電離する。



したがって、0.010 mol/L の塩酸の水素イオン濃度は塩酸の濃度と等しく、pH は 2.0 である。また、0.010 mol/L の塩酸を水で 10^2 倍 (100 倍) に薄めた塩酸の水素イオン濃度は mol/L となり、pH は である。しかし、0.010 mol/L の塩酸を水で 10^6 倍 (100 万倍) に薄めた塩酸の水素イオン濃度は薄めた塩酸の濃度と等しくならない。これは を無視できなくなるためである。

問 1 空欄 , に適する数値を記せ。 は四捨五入により有効数字 2 桁で、 は四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

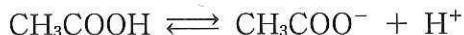
問 2 下線部の塩酸の pH として最も適当なものを、次の (ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) $\text{pH} > 8$ (イ) $\text{pH} = 8$ (ウ) $7 < \text{pH} < 8$ (エ) $\text{pH} = 7$

(オ) $\text{pH} < 7$

問 3 空欄 に適する語句を、「水素イオン」の語を用いて、10 字以上 20 字以内で記せ。

II 酢酸は弱酸であり、水溶液中では次式のように一部が電離した平衡状態になる。



酢酸の電離定数 K_a は次の (i) 式で表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \dots\dots (i)$$

酢酸の電離度は酢酸水溶液の濃度によって変化するが、電離定数は濃度によらず一定であり、電離定数を用いれば、任意の濃度の酢酸水溶液中の酢酸の電離度や水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求めることができる。

c [mol/L] の酢酸水溶液中の酢酸の電離度を α とすると、 c が非常に小さい場合を除いて、水溶液中の酢酸濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、酢酸イオン濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 c と α を用いて、それぞれ次式で表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \boxed{\text{え}}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = c\alpha$$

これらを (i) 式に代入すると、 K_a は、 c と α を用いて、次式で表される。

$$K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

通常の濃度では、 α は 1 に比べて十分小さいので、 $1-\alpha \doteq 1$ と近似することができ、このとき、 α は、 c と K_a を用いて、次式で表される。

$$\alpha = \boxed{\text{お}}$$

したがって、 $[\text{H}^+]$ は、 c と K_a を用いて、次式で表される。

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{か}}$$

問 4 空欄 $\boxed{\text{え}}$ ~ $\boxed{\text{か}}$ に適する式を記せ。

問 5 0.10 mol/L の酢酸水溶液について、次の (1), (2) に答えよ。ただし、酢酸の電離度 α は 1 に比べて十分小さいものとする。

(1) α はいくらか。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(2) pH はいくらか。四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

問 6 0.10 mol/L の酢酸水溶液を水で 10^3 倍 (1000 倍) に薄めた酢酸水溶液について、次の (1), (2) に答えよ。

(1) α はいくらか。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(2) pH はいくらか。四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

4 (配点 25点)

次のⅠ、Ⅱに答えよ。

Ⅰ 次の文を読み、問1、問2に答えよ。

理想気体は分子間力がはたらかず、分子の大きさがないと考えた仮想的な気体である。これに対し、実在気体では分子間力や分子の大きさの影響が無視できないため、標準状態における1 molの気体の体積を理想気体と実在気体で比較すると、水素では理想気体よりも 、アンモニアのような極性分子では理想気体よりも なる。

実在気体は、圧力を すると、分子間の平均距離が大きくなり、分子間力および分子の大きさの影響が小さくなるため、理想気体に近いふるまいをする。また、実在気体は、温度を高くすると、理想気体に近いふるまいをする。

問1 空欄 ~ に適する語を、それぞれ「大きく」、「小さく」のうちから選んで記せ。

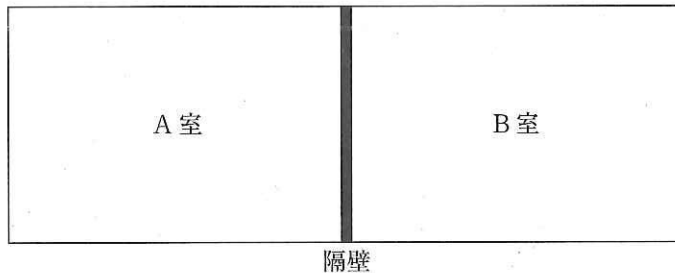
問2 下線部について、その理由を述べた次の文の に適する語句を10字以内で記せ。

温度を高くすると、気体分子の になり、分子間力の影響を無視できるようになるためである。

II 次の文を読み、問3～問7に答えよ。答の数値は、四捨五入により有効数字2桁で記せ。ただし、気体はすべて理想気体とし、液体の水の体積は無視できるものとする。また、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、水の飽和蒸気圧は次の表の値とする。

温度 [°C]	27	67
水の飽和蒸気圧 [Pa]	3.5×10^3	2.5×10^4

次の図のように、滑らかに動き、固定もできる隔壁によってA室とB室に分割された容器(全容積 16.6 L)がある。この容器を用いて以下の操作1～操作4をこの順に行った。



操作1 A室とB室の容積がともに8.3 Lとなる位置に隔壁を固定した状態で、A室に水素 0.020 mol と酸素 0.010 mol を、B室にある量の窒素を封入し、A、B両室の温度を 27 °C に保った。

操作2 A、B両室の温度を 27 °C に保ったまま、隔壁の固定をはずすと、隔壁は左へ移動し、A室の容積 : B室の容積 = 1 : 3 となる位置で停止した。

問3 操作1終了後のA室の圧力は何 Pa か。

問4 操作2終了後のA室の圧力は何 Pa か。

問5 B室に封入した窒素の物質量は何 mol か。

操作3 隔壁の固定をはずしたまま、A室内の水素を完全燃焼させたのち、A、B両室の温度を 67°C に保った。

操作4 隔壁の固定をはずしたまま、A、B両室の温度を 27°C に保った。

問6 操作3終了後のA室の気体の体積は何Lか。また、A室の圧力は何Paか。

問7 操作4終了後のA室の気体の体積は何Lか。