

平成 28 年度
入学試験問題

理 科

注 意 事 項

(1) 出題科目およびページは、下表のとおりです。

科 目	頁	科 目	頁	科 目	頁
物 理	1～11	化 学	1～11	生 物	1～21

(2) 解答欄にマークする時は、HB の黒鉛筆（シャープペンシルは〔HB〕0.5 mm 以上の芯であれば使用可）で正確に記入してください。

(3) マークにおける正しい例・悪い例。






イ 正しい例

例えば 3 と解答したいならば

1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
---	---	---	---	---	---	---	---


 のように記入ワクを正確に塗りつぶしてください。

ロ 悪い例

1	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	○印で囲む
2	① ②  ④ ⑤ ⑥ ⑦	∨印をつける
3	① ②  ④ ⑤ ⑥ ⑦	正確に塗っていない
4	① ②  ④ ⑤ ⑥ ⑦	記入がナナメになっている
5	① ②  ④ ⑤ ⑥ ⑦	上下のワクをつきぬけている
6	① ②  ④ ⑤ ⑥ ⑦	中心を塗りつぶしていない

このような記入をしないでください。

(4) 一度記入したマークを訂正する場合は、プラスチック製消しゴムで完全に消してから記入してください。

1		②	③	④	⑤	⑥	⑦
---	---	---	---	---	---	---	---

 のように×印をしても消したことになります。

(5) 解答は、解答用紙の所定欄に記入し、その他の部分には何も書かないでください。

(6) 解答用紙を折りまげたり、破ったり汚したりしないでください。

C 1 — 理科

理工・薬・農・医・
生物理工・工

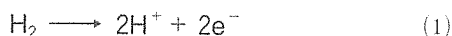
(平成28年 3 月 8 日実施)

化 学

(解答番号 ~)

I 燃料電池に関する次の文章を読み、空欄 ~ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。原子量は $H=1.0$ 、 $O=16$ 、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。標準状態 (0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体のモル体積 (1 mol あたりの体積) は 22.4 L/mol とする。

[1] 水素などの燃料と酸素などを外部から供給し、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を燃料電池という。リン酸型の水素-酸素燃料電池の (水素極) と (酸素極) では、それぞれ(1)式、(2)式で表される反応が起こる。



これらの反応は、水の電気分解の逆反応である。2つの電極を導線でつないだ外部回路に電子 2 mol が流れるとき、 [mol] の水素 H_2 が、 で水素イオンとなって電解液 (リン酸水溶液) 中を移動し、 で [mol] の酸素 O_2 と反応して [mol] の水 H_2O を生成する。

いま、この燃料電池の と に、それぞれ水素 H_2 と空気 (空気中の酸素 O_2 のモル分率を 0.20 とする) を供給して運転させる。このとき、水素と空気中の酸素は、いずれも供給した量の 70% だけが(1)式、(2)式の反応に利用されるものとする。

1 分間に供給する水素の体積が標準状態で 0.64 L である場合、この時間内に、標準状態で [L] の体積の空気を供給する必要がある。また、1 分間に

外部回路を流れる電子の物質量は $\boxed{7}$ [mol] となるから、外部回路に $\boxed{8}$ [A] の電流を取り出すことができる。この条件で25時間運転させると、質量 $\boxed{9}$ [kg] の水が生じる。

$\boxed{1}$, $\boxed{2}$ に対する解答群

- ① 陰極 ② 正極 ③ 負極 ④ 陽極

$\boxed{3}$ ~ $\boxed{5}$ に対する解答群

- ① $\frac{1}{6}$ ② $\frac{1}{5}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{1}{2}$ ⑥ 1
 ⑦ 2 ⑧ 3 ⑨ 4 ⑩ 5 ⑪ 6

$\boxed{6}$ に対する解答群

- ① 0.32 ② 0.64 ③ 0.80 ④ 1.1 ⑤ 1.6 ⑥ 2.3
 ⑦ 3.2 ⑧ 4.6 ⑨ 6.4 ⑩ 8.0 ⑪ 16

$\boxed{7}$ に対する解答群

- ① 4.0×10^{-3} ② 8.0×10^{-3} ③ 1.6×10^{-2} ④ 2.0×10^{-2}
 ⑤ 2.8×10^{-2} ⑥ 4.0×10^{-2} ⑦ 5.7×10^{-2} ⑧ 8.0×10^{-2}
 ⑨ 1.1×10^{-1} ⑩ 1.6×10^{-1} ⑪ 4.0×10^{-1}

$\boxed{8}$ に対する解答群

- ① 3.5×10^{-1} ② 6.9×10^{-1} ③ 1.4 ④ 3.2
 ⑤ 6.4 ⑥ 13 ⑦ 32 ⑧ 64
 ⑨ 1.3×10^2 ⑩ 1.9×10^3 ⑪ 3.9×10^3 ⑫ 7.7×10^3

$\boxed{9}$ に対する解答群

- ① 0.054 ② 0.11 ③ 0.22 ④ 0.27 ⑤ 0.38 ⑥ 0.54
 ⑦ 0.77 ⑧ 1.1 ⑨ 1.5 ⑩ 2.2 ⑪ 5.4

〔2〕 燃料として用いる水素は、工業的には、たとえば、天然ガスの主成分であるメタンと水蒸気との反応、およびそれによって生成した一酸化炭素と水蒸気との反応により製造される。それらの反応の熱化学方程式は、表に示した生成熱より、(3)式、(4)式のように表される。

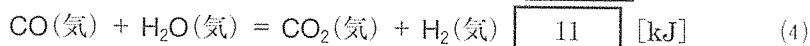
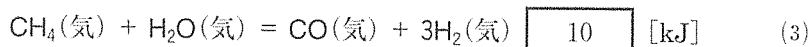


表 物質の生成熱

物質 (状態)	生成熱 [kJ/mol]
CH ₄ (気)	74.9
CO(気)	111
CO ₂ (気)	394
H ₂ O(気)	242

$\boxed{10}$, $\boxed{11}$ に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① -505 | ② -428 | ③ -278 | ④ -263 |
| ⑤ -206 | ⑥ -41 | ⑦ +41 | ⑧ +206 |
| ⑨ +263 | ⑩ +278 | ① +428 | ② +505 |

〔3〕 常温で気体である水素 H₂ を大量に貯蔵・運搬する場合には、高圧で圧縮したり低温で液体にするなど、その体積を減らす必要がある。

標準状態の水素を 0℃ に保ちながら圧縮し、0.080 L/mol のモル体積をもつ高圧の水素が得られたとする。このようにして得られた高圧の水素では、分子間力の影響は小さいものの、分子自身の体積の影響が強く現れる。したがって、この高圧水素の圧力は、水素を理想気体とみなした場合の圧力の値 $\boxed{12}$ 。

また、標準状態にある水素を、圧力を一定に保ちながら冷却していくと、-253℃ で 0.0708 g/cm³ の密度をもつ液体水素が得られる。この液体水素のモル

体積は、標準状態の水素のモル体積の $\boxed{13}$ である。

水素を吸収できる合金（水素吸蔵合金）を用いて、水素を貯蔵するときの体積を減らす方法もある。そのような性質をもつある合金に 3.5 g の水素を吸収させた状態での質量が 250 g、また、その状態での密度が 7.5 g/cm^3 であったとする。この場合、標準状態の水素と比べて、単位体積あたり、 $\boxed{14}$ 倍の質量の水素が合金内部に吸蔵されていることになる。

$\boxed{12}$ に対する解答群

- ① $2.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ より小さい
- ② $2.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ より大きい
- ③ $3.6 \times 10^6 \text{ Pa}$ より小さい
- ④ $3.6 \times 10^6 \text{ Pa}$ より大きい
- ⑤ $2.8 \times 10^7 \text{ Pa}$ より小さい
- ⑥ $2.8 \times 10^7 \text{ Pa}$ より大きい
- ⑦ $3.6 \times 10^7 \text{ Pa}$ より小さい
- ⑧ $3.6 \times 10^7 \text{ Pa}$ より大きい

$\boxed{13}$ に対する解答群

- ① $\frac{1}{3.2 \times 10^4}$
- ② $\frac{1}{1.6 \times 10^4}$
- ③ $\frac{1}{7.9 \times 10^3}$
- ④ $\frac{1}{3.2 \times 10^3}$
- ⑤ $\frac{1}{1.6 \times 10^3}$
- ⑥ $\frac{1}{1.3 \times 10^3}$
- ⑦ $\frac{1}{7.9 \times 10^2}$
- ⑧ $\frac{1}{6.3 \times 10^2}$
- ⑨ $\frac{1}{3.2 \times 10^2}$
- ⑩ $\frac{1}{1.6 \times 10^2}$
- ㉑ $\frac{1}{79}$

$\boxed{14}$ に対する解答群

- ① 48
- ② 6.7×10^2
- ③ 8.5×10^2
- ④ 1.2×10^3
- ⑤ 1.7×10^3
- ⑥ 2.4×10^3
- ⑦ 3.4×10^3
- ⑧ 4.8×10^3
- ⑨ 4.8×10^4

II 酸素および酸素の化合物に関する次の文章を読み、空欄 15 ~ 27 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。また、標準状態における気体のモル体積 (1 mol あたりの体積) は、22.4 L/mol とする。計算は 4 桁で行い、四捨五入して有効数字 3 桁で答えよ。

[1] 酸素は、空気や水、地殻中の岩石、有機化合物などの構成元素であり、地殻中で最も量の多い元素である。原子番号 8 の酸素原子には、互いに質量数が異なる 3 種類の安定な 15 (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) が存在する。したがって、これらの組み合わせにより、16 種類の酸素 O_2 が存在していることになる。酸素は、工業的には、液体空気を分留することにより得られるが、実験室では、過酸化水素水に触媒として酸化マンガン(IV)を加えて発生させ、17 により集気ビンに捕集する。一方、オゾン O_3 は、酸素の 18 であり、酸素 O_2 に紫外線を当てるか、乾燥酸素中で無声放電を行なうと生じる。オゾンは、特異臭のある気体で、分解して酸素 O_2 に変わり、このとき、強い酸化作用を示す。

15 , 18 に対する解答群

- ① 鏡像異性体 ② 構造異性体 ③ 同位体 ④ 同素体
⑤ 同族元素 ⑥ 同族体 ⑦ 放射性同位体

16 に対する解答群

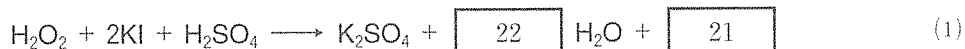
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

17 に対する解答群

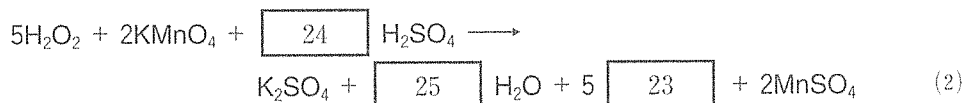
- ① 下方置換 ② 水上置換 ③ 上方置換

〔2〕 過酸化水素 H_2O_2 や二酸化硫黄 SO_2 は、反応する相手の物質によって、 および として、両方のはたらき方をすることが知られている。

たとえば、硫酸で酸性にした過酸化水素水溶液に、ヨウ化カリウム水溶液を加えると、(1)式にしたがい、 が生じる。このとき、過酸化水素は としてはたらいている。



一方、硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液に、過酸化水素を加えると、(2)式にしたがい、 が生じる。このとき、過酸化水素は としてはたらいている。



このような電子の授受にもとづく量的関係から、濃度が正確にわかっている過マンガン酸カリウム水溶液（標準溶液）を用いて、濃度不明な過酸化水素水の濃度を求めることができる。

実際に、ホールピペットを用いて、濃度不明な過酸化水素水 10.0 mL を、コニカルビーカーにとり、硫酸で酸性にしたのち、0.0200 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を、ビュレットから少しずつ滴下した。この反応を完全に終了させるために加えた過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量は、14.4 mL であった。したがって、この過酸化水素水のモル濃度は、 [mol/L] となる。

同様に、硫酸で酸性にした 1.00 mol の過マンガン酸カリウムを含む水溶液と、過酸化水素水を反応させたところ、1.00 mol の Mn^{2+} が生成し、気体である が発生した。この反応において、溶液の体積変化や発生した気体の水溶液への溶解は、無視できるものとする、このとき発生した の体積は、標準状態において、 [L] となる。

19 , 20 に対する解答群

- ① 塩基性酸化物 ② 還元剤 ③ 酸化剤 ④ 酸性酸化物

21 , 23 に対する解答群

- ① O₂ ② O₃ ③ H₂ ④ H₂S ⑤ SO₂
⑥ SO₃ ⑦ S ⑧ I₂ ⑨ KOH ⑩ HI

22 , 24 , 25 に対する解答群

(ただし、係数が1の場合は、省略せずに①を選べ。)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

26 に対する解答群

- ① 1.15×10^{-3} ② 3.47×10^{-3} ③ 5.56×10^{-3} ④ 7.20×10^{-3}
⑤ 1.15×10^{-2} ⑥ 3.47×10^{-2} ⑦ 5.56×10^{-2} ⑧ 7.20×10^{-2}
⑨ 1.15×10^{-1} ⑩ 3.47×10^{-1} ⑪ 5.56×10^{-1} ⑫ 7.20×10^{-1}

27 に対する解答群

- ① 8.96 ② 13.4 ③ 14.0 ④ 22.4 ⑤ 35.8
⑥ 37.3 ⑦ 44.8 ⑧ 56.0 ⑨ 112

Ⅲ 有機化合物に関する次の文章を読み、空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。また、原子量は $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $O=16$ とし、計算は3桁で行い、有効数字2桁で答えよ。

〔1〕 有機化合物は炭素、水素、酸素、窒素を主な成分元素として構成される。一般に、成分元素の種類は少ないが、極めて多くの化合物が存在する。これは炭素原子の原子価が 価であり、炭素原子どうしが安定な 結合で結びついて、鎖状や環状など、数多くの構造を有する化合物を作ることができるためである。
 結合は単結合だけでなく、二重結合や三重結合となることもある。

に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

に対する解答群

- ① イオン ② 共有 ③ 金属 ④ 水素 ⑤ 配位

〔2〕 C_3H_6O の分子式で表される有機化合物には不安定なものを含めると、11種類の異性体を考えることができる。すべての異性体のうち、環状構造を含むものはあわせて4種類あり、環状構造をもたない異性体は、すべて二重結合を含んでいることがわかる。また、二重結合を含んでいる異性体のうち、炭素-酸素原子間に二重結合を含む に分類される異性体は 種類あり、これらは還元することで に変化する。その他の二重結合を含む異性体は、すべて炭素原子間に二重結合を含み、これらは 種類ある。

11種類の異性体は全部で 種類の構造異性体に分けることができる。この中には、構成原子のつながり方や結合の種類は同じにもかかわらず、分子の立体的な形が異なる が 組存在している。これらはさらに、 組の と、不斉炭素原子を有する 組の に

分けることができる。

30 , 32 に対する解答群

- ① アルカン
- ② アルキン
- ③ アルケン
- ④ アルコール
- ⑤ エーテル
- ⑥ カルボニル化合物
- ⑦ シクロアルカン
- ⑧ シクロアルケン

31 , 33 , 34 , 36 , 37 , 39

に対する解答群

- ① 1
- ② 2
- ③ 3
- ④ 4
- ⑤ 5
- ⑥ 6
- ⑦ 7
- ⑧ 8
- ⑨ 9
- ⑩ 10
- ⑪ a 11

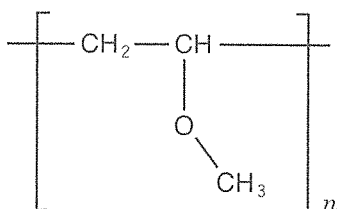
35 , 38 , 40 に対する解答群

- ① 幾何異性体
- ② 光学異性体
- ③ 同位体
- ④ 同素体
- ⑤ 立体異性体

(次ページに続く)

〔3〕〔2〕で挙げた炭素原子間に二重結合を有する異性体のうち、エーテル結合を含む化合物は、炭素原子どうしの二重結合を開きながら次々と 41 した形で重合することができる。これを 41 重合といい、これにより、図に示すような高分子化合物のポリメチルビニルエーテルが生成される。この時、得られたポリメチルビニルエーテルの平均分子量が 1.45×10^4 であった場合、単量体の分子式が C_3H_6O であることから、重合体の平均重合度を n とすると、

$$n = \text{42} \cdot \text{43} \times 10^{\text{44}}$$



ポリメチルビニルエーテル

41 に対する解答群

- ① 開環 ② 硬化 ③ 縮合 ④ 置換
⑤ 軟化 ⑥ 付加

42 , 43 , 44 に対する解答群

(ただし、指数が0の場合は⑩を選び、指数が1の場合は省略せずに①を選べ。)

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0