

4 水素は、脱炭素社会を実現するために重要な役割を担うことが期待される燃料のひとつです。水素に関する次の問いに答えなさい。

問1 次の操作で水素が発生するものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) マグネシウムリボンに塩酸を加える
- (イ) 二酸化マンガンを過酸化水素水を加える
- (ウ) 石灰石に塩酸を加える
- (エ) アルミニウムに水酸化ナトリウム水溶液を加える
- (オ) 重そうにお酢を加える

問2 試験管にためた水素に火を近づけたあと、①②の操作をそれぞれ行くと、どのようなになりますか。変化しない場合は『変化しない』と答えなさい。

- ① 石灰水を入れる
- ② 青色の塩化コバルト紙を試験管の内側につける

水素燃料は、液体や固体にすることが難しいこと、爆発の危険性があることがデメリットです。これを解消するために、金属の中に水素を閉じこめて運搬や貯蔵をやすくする研究がされています。以下、金属や水素の小さな粒子は全て完全な球形と考えます。

ある金属 M は金属の小さな粒子が、図1のように規則正しく配列しています。図2は図1の構造をつくるための、最小のくり返し単位を切り取ったもので、これを『単位格子』といいます。『単位格子』は立方体をしています。図3は粒子の配置をわかりやすくするため、図2の粒子を小さい球状で表しました。

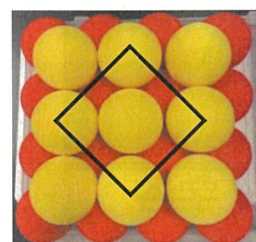


図1

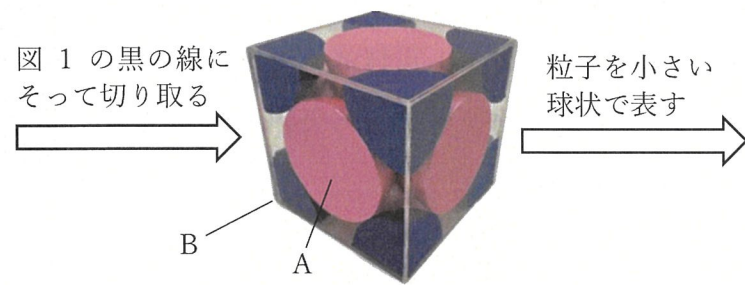


図2 単位格子①

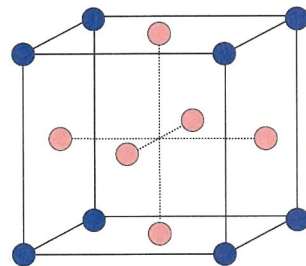


図3 単位格子②

※ 図1の黄色・赤色、図2の青色・ピンク色の球は、色は異なるがすべて金属 M の粒子

問3 次の文章中の(P)～(R)に入る数字を選び、記号で答えなさい。

図2の単位格子①では、ピンク色のAは球の $\frac{1}{2}$ であり、単位格子中の(P)か所に存在しています。青色のBは球の(Q)であり、各頂点に存在しています。AとBを合わせると、この単位格子中に(R)個分の粒子が存在することになります。

- (ア) 1 (イ) $\frac{1}{2}$ (ウ) $\frac{1}{4}$ (エ) $\frac{1}{8}$ (オ) $\frac{1}{16}$ (カ) 2
- (キ) 4 (ク) 6 (ケ) 8 (コ) 14

金属の粒子は球形をしているので、図2の『単位格子』の粒子の間にはすき間があります。このすき間に、図4のように水素の粒子(黄色)を閉じこめることができます。

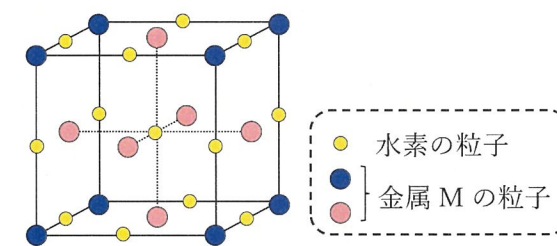


図4 すべてのすき間に水素を入れた様子

問4 次の文章中の(S)に分数を、【 】にはもっとも簡単な整数比を答えなさい。

『単位格子』の各辺のすき間にある水素の粒子は球の(S)が、中心には水素の粒子1つが閉じこめられていることがわかります。問3の答えと合わせて考えると、単位格子内に存在する金属 M と水素の粒子の個数の比は、【 : 】になります。

問5 問4では、すべてのすき間に水素の粒子が入った場合を考えましたが、安定して水素の粒子を閉じこめるために、すべてのすき間に粒子を入れることはありません。

金属 M に存在するすき間の $\frac{2}{3}$ に水素の粒子が閉じこめられているとします。14 g の金属 M から何 L の水素を取り出すことができますか。割り切れない場合は小数第2位を四捨五入し、小数第1位で答えなさい。

ただし、粒子1個の重さは、金属 M : 水素 = 56 : 1 であり、閉じこめられた1 g の水素の粒子から得られる気体の体積は12 L であるとして。また、閉じこめられた水素はすべて取り出せるものとします。