

Zoom on-line 参加者

三回生(?) 一名

計一名

質問内容

三回生

前回時間がなくて聞けなかったサッカーボール、 C_{60} 、電子のド・ブロイ波の波長の計算を教えてください。それぞれについて、質量や、速度、エネルギーが与えられている。計算式は分かっているが答が合わない。

回答内容

三回生

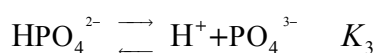
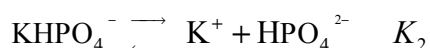
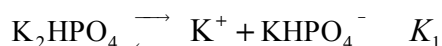
まず学生がサッカーボールについて計算した式を見ながら、質量、長さ、時間、速度の単位がそれぞれ kg 、 m 、 s 、 $m \cdot s^{-1}$ と正しくとられているか確認した。サッカーボールについて与えられた数値は正しい単位に換算されていたが、単純な計算間違いで正しい結果が得られていないだけであった。

C_{60} 、電子についても同様に計算すればよいのだが、電子の場合にはエネルギーが eV で、またド・ブロイ波の波長が pm や $\text{\AA}$ 単位で与えられているので、わからなくなってしまっていたようだ。

ド・ブロイ波の波長は式 $\lambda = h/p = h/mv$ で与えられるのが、どんな場合でも質量、長さ、時間、速度の単位はそれぞれ kg 、 m 、 s 、 $m \cdot s^{-1}$ で、エネルギーは J で計算すると、波長 λ は常に m 単位で得られる。得られた結果を pm や $\text{\AA}$ 単位に換算すればよい。 $1eV$ が何 J になるか、 $1\text{\AA}$ が何 m になるかは、単位の換算表が物理化学の本には載っているのをそれを見るとよい、と回答。

なお、プロトン均衡式については下記の一文を参考にするように言って、質問学生に添付ファイルで送っておいた

リン酸の解離平衡を考慮した K_2HPO_4 水溶液中のプロトン均衡式、電荷均衡式の導出



I. 電荷均衡式

$$[K^+] + [H^+] = [KHPO_4^-] + 2 \times [HPO_4^{2-}] + 3 \times [PO_4^{3-}] + [OH^-]$$

II. 物質保存則 (C_0 は試料濃度で、 K_2HPO_4 のモル数)

(1) K について

$$[\text{K}^+] + [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] = 2C_0$$

(2) リン酸根 (PO_4) について

$$[\text{K}_2\text{HPO}_4] + [\text{KHPO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = C_0$$

I.II から導かれるプロトン均衡式

以下に示す計算から、プロトン均衡式として下式が得られる。この式の意味を考えてみるとよい(プロトン均衡)。

$$[\text{H}^+] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{K}^+] + [\text{H}^+] = [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{K}^+] + [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] = 2C_0$$

$$[\text{K}_2\text{HPO}_4] + [\text{KHPO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = C_0$$

$$[\text{K}^+] + [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] = 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] + 2 \times [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}]$$

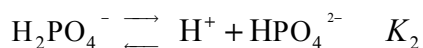
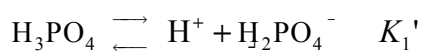
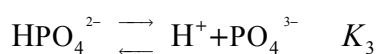
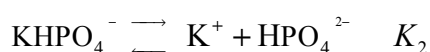
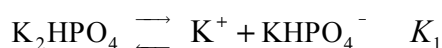
$$[\text{K}^+] - [\text{KHPO}_4^-] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}]$$

$$[\text{K}^+] - [\text{KHPO}_4^-] + [\text{H}^+] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

$$2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{H}^+] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

$$\therefore [\text{H}^+] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

リン酸の存在を考慮した場合の均衡式



} リン酸の解離平衡

I. 電荷均衡式

$$[\text{K}^+] + [\text{H}^+] = [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

II. 物質保存則 (C_0 は試料濃度で、 K_2HPO_4 のモル数)

(1) K について

$$[\text{K}^+] + [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] = 2C_0$$

(2) リン酸根 (PO_4) について

$$[\text{K}_2\text{HPO}_4] + [\text{KHPO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{H}_3\text{PO}_4] = C_0$$

K を含む項の消去

$$[\text{K}^+] + [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] = 2 \times [\text{K}_2\text{HPO}_4] + 2 \times [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}] \\ 2 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 \times [\text{H}_3\text{PO}_4]$$

上式を整理して

$$[\text{K}^+] - [\text{KHPO}_4^-] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}] + 2 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 \times [\text{H}_3\text{PO}_4]$$

この式を電荷均衡式に代入して

$$[\text{K}^+] + [\text{H}^+] = [\text{KHPO}_4^-] + 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

$$[\text{K}^+] - [\text{KHPO}_4^-] + [\text{H}^+] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

$$2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 2 \times [\text{PO}_4^{3-}] + 2 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 \times [\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}^+] = 2 \times [\text{HPO}_4^{2-}] + 3 \times [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-] \\ + [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

$$\therefore [\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 \times [\text{H}_3\text{PO}_4] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

よって、プロトン均衡式として下式が得られる。

$$[\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2 \times [\text{H}_3\text{PO}_4] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

6 月 13 日 (2024) 学修相談実施報告

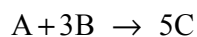
Zoom on-line 参加者

四回生一名

計一名

質問内容

物理化学の授業で、以下の反応式で表される反応について、



速度式を求め、A、B、C 相互の反応速度の関係を求めよ、という課題が与えられたがわからないので教えてほしい。

回答内容

反応式に現れる化合物のうち、どれか一つを選び、それを基準に考える。与えられた反応式では A を基準にとると、反応速度は単位時間に反応する A の量であるから、下式で定義される。

$$\frac{d[\text{A}]}{dt}$$

反応機構等に関して情報がなければ、一般的に速度は反応式においてそれぞれの反応物の化学量論係数の冪乗の積に比例すると考えてよいので反応速度は下式のように表される。

$$\frac{d[A]}{dt} = -k_r[A][B]^3$$

化学反応式の化学量論係数から、Bのなくなる速度はAのなくなる速度の3倍、またCのできる速度はAのなくなる速度の5倍であることはすぐわかる。これを式で表すと下式のようになる。ここで速度の正負は、物質が消費される場合－、生成する場合＋としている。

$$\frac{d[B]}{dt} = 3 \times \frac{d[A]}{dt}, \quad \frac{d[C]}{dt} = -5 \times \frac{d[A]}{dt}$$

以上の事から、A、B、Cの反応速度には下式の関係があることがわかる。

$$\frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{3} \frac{d[B]}{dt} = -\frac{1}{5} \frac{d[C]}{dt}$$

この関係は反応進行度を表す式であるが、反応進行度の定義式から答えるより、上で説明した方法が直感的で分かり易いのではないかと回答。

(以上)