

Задача 7. Железный шар

Искусные кузнецы гномов творили из металла чудеса: оружие и доспехи, тончайшие украшения и огромные металлические статуи. Каждый год они собирались на турнир и показывали свои лучшие изделия. Кобдик также решил поучаствовать в турнире, создав небывалое творение из железа.

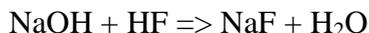
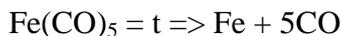
Для своего шедевра он сначала изготовил полый стеклянный шар, внутренним диаметром 0.5 м. Далее Кобдик откачал воздух и наполнил шар парами карбонила железа при температуре 70 °С и давлении 0.02 атм. После этого Кобдик герметично закрыл шар и прокалил его при температуре 200 °С. Когда давление в шаре стабилизировалось, юный гном открыл шар, выкачал из него газ и быстро заполнил шар аргоном. Затем Кобдик поместил шар в раствор фторида натрия и удалил стеклянную матрицу. В итоге получилась идеальная металлическая сфера, из которой Кобдик выкачал аргон, наполнил её водородом до давления 1 атм и понёс на соревнование.

1. Напишите уравнения протекающих реакций. **(3 балла)**
2. Рассчитайте толщину стенок сферы. **(3 балла)**
3. Рассчитайте подъёмную силу (в г), которую развивает данная сфера при комнатной температуре. **(2 балла)**
4. Насколько устойчиво будет изделие Кобдика на воздухе? Почему? **(1 балл)**

Всего – 9 баллов

Решение

(автор – А.Набиуллин)



Для расчёта необходимо найти массу железа, его объём и площадь поверхности сферы. Масса железа рассчитывается исходя из количества карбонила железа, который разложили нагреванием.

$$\text{Объём сферы } \frac{4\pi R^3}{3} = 0,0654 \text{ (м}^3\text{)} = 65,44 \text{ (л)}$$

$$pV = nRT$$

$$0,02 \cdot 101325 \cdot 0,0654 = n \cdot 8,314 \cdot 473, \text{ откуда } n \text{ равно } 0,0337 \text{ (моль)}$$

$$\text{Масса железа равна } 1,888 \text{ г (} m = A_r(\text{Fe}) \cdot n\text{)}$$

$$\text{Объём железа равен } V = 1,888 / 7,87 = 0,24 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$\text{Площадь поверхности сферы рассчитывается по формуле } S = 4 \cdot \pi R^2 = 0,785 \text{ м}^2 = 7850 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$\text{Толщина слоя железа равна } V/S = 0,24 / 7850 = 3,057 \cdot 10^{-5} \text{ (см)} = 0,3057 \text{ (мкм)} = 305,7 \text{ нм}$$

Сфера наполнена водородом. 1 моль водорода в воздухе создаёт подъёмную силу в 27 г. ($M_r(\text{возд}) = 29$, $M_r(\text{H}_2) = 2$) Подъёмная сила зависит от температуры воздуха и, например, для 0°C она будет равна 78,88 г. После вычитания массы оболочки шара – 77 г. Принимаются и другие варианты ответа, если они грамотно учитывают температуру.

Железный шар будет неустойчив, так как железо является активным металлом и будет окисляться. Если толщина защитной оксидной плёнки для пассивации компактного куска железа будет больше, чем толщина собственно плёнки железа в шаре – то он окислится полностью. Если меньше – то он окислится с поверхности.