

Мельница для наноматериалов (10 баллов)

Одним из распространённых методов получения наночастиц является помол макроскопических материалов в мельницах. Как правило, для измельчения пробы используются массивные твёрдые шары, помещённые в специальный стакан. Помол пробы происходит в местах соприкосновения шаров, которые деформируются при взаимодействии друг с другом, под действием прижимающей силы. Теория показывает, что скорость помола пропорциональна площади соприкосновения шаров. Некоторые мельницы позволяют достигать наноразмеров для целого ряда материалов, таких как Si , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 и других.

Нанотехнолог Василий использовал шаровую мельницу для измельчения наночастиц оксида кремния. В качестве исходного образца он использовал водную суспензию микрочастиц, т. к. это позволило достичь более тонкого помола. После помола в течение $t_0 = 21$ часа шарами радиуса $R = 5$ мм, средний размер наночастиц достигал требуемых 100 нм. Василий счёл, что помол длится слишком долго и заменил шары на новые, изготовленные из того же материала, но радиуса $r = 100$ мкм.

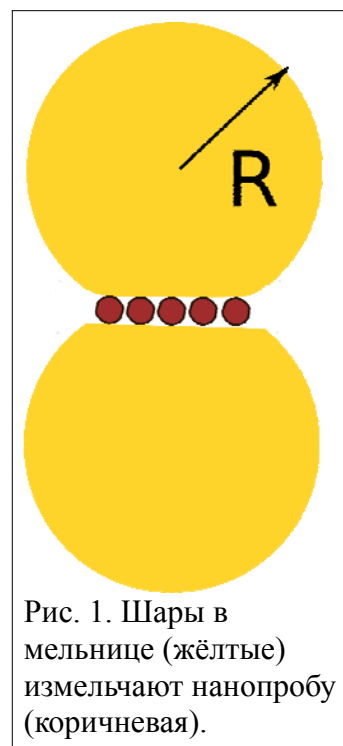


Рис. 1. Шары в мельнице (жёлтые) измельчают нанопробу (коричневая).

а) Какое время понадобится Василию для достижения тех же средних размеров пробы (**8 баллов**)?

б) Почему Василий использовал помол жидкой пробы, а не сухой (**1 балл**)?

в) Из какого материала могли быть сделаны шары в мельнице: оксид циркония, медь, карбид вольфрама, оксид магния (**1 балл**)?

Поперечным растяжением шаров при деформации пренебречь.