

Физика – школьники. Задача 5 «Наноплавучесть» (базовая).

Условия:

Всем известно, что тела, плотность которых больше плотности окружающей среды, падают под действием силы тяжести, понижая потенциальную энергию. Однако для наночастиц это не всегда справедливо. Представим себе взвесь кварцевого песка в воде. Плотность кварца $\rho_k = 2.1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, то есть более чем в два раза превышает плотность воды $\rho_v = 1.0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Предположим, для определенности, что взвесь налита в сосуд емкостью 0.5 л и высота столба жидкости составляет $h_b = 10 \text{ см}$, а песчинки имеют форму шариков. Предположим, что радиус песчинок $r_c = 0.5 \text{ мм}$. Если эту взвесь взбаламутить, добиваясь равномерного распределения песчинок в объеме, а потом оставить в покое, то за доли секунды все песчинки окажутся на дне сосуда. Причиной этого, конечно же, будет сила тяжести, действующая на частицы. С другой стороны, когда сферические частицы под действием силы тяжести двигаются сквозь жидкость, они испытывают сопротивление (сила вязкого трения). Сила трения $F_{\text{тр}}$ описывается законом Стокса

$F_{\text{тр}} = 6\pi r v \eta$, где v – скорость движения частицы, а η – вязкость жидкости (для воды $\eta \approx 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$).

Оказывается, результат действия различных сил на частицы в жидкости сильно зависит от размера частиц. Ниже приведены времена оседания песчинок разных размеров.

Таблица 1. Времена оседания песчинок в сосуде емкостью 1 л с высотой столба жидкости 10 см в зависимости от радиуса песчинок

Радиус песчинок	0.5 мм	50 микрон	5 микрон	0.5 микрона	50 нм	5 нм
Время оседания	150 мс	15 с	25 мин	42 ч	около 6 месяцев	48 лет

Вопрос 1. Объясните, почему при уменьшении радиуса частицы в 10 раз время оседания таких частиц на дно сосуда возрастает в гораздо большее число раз. **(2 балла)**

Вопрос 2. Напишите формулу, описывающую зависимость времени оседания частицы от ее радиуса. **(3 балла)**

Вопрос 3. Во сколько раз будут отличаться времена оседания песчинок при уменьшении их радиуса с 1 микрона до 25 нм? **(1 балл)**

Вопрос 4. Как Вы думаете, имеют ли физический смысл времена оседания песчинок, приведенные в двух последних столбцах таблицы 1? Ответ обоснуйте. **(2 балла)**

Методические замечания:

1. Задача решается в рамках знаний школьной программы и в рамках здравого смысла
2. Если Вам незнакомы какие – либо термины, Вы можете спросить об этом преподавателей в специальном разделе форума <http://www.nanometer.ru/forum/viewforum.php?f=19> или найти ответ самостоятельно (в том числе изучив доступные Вам Лекции на сайте Олимпиады <http://www.nanometer.ru/lectures.html?UP=156195>)
3. Решение оформляется и отсылается только в электронном виде, как описано в инструкциях к работе с задачами и решениями заочного теоретического тура, приведенных в разделе «Олимпиада» http://www.nanometer.ru/olymp2_o4.html
4. Подписывать решения не надо, Ваша фамилия, имя и отчество будут зашифрованы при проверке, идентификация для системы проверки производится по логину и паролю, который Вы вводите при входе на сайт Олимпиады www.nanometer.ru в качестве участника (этот пароль Вы задавали при регистрации и заполнении анкеты участника).