

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

Экспериментальное задание:

Определите, какую долю объема песка занимают сами песчинки, а какую воздух.

Для того чтобы определить, какую долю объема песка занимают сами песчинки, а какую воздух? Нам потребуется песок и вода. Мы решили взять воду, так как она при попадании в песок вытесняет воздух и полностью заполняет промежутки между песчинками.

Шаг 1:

Объем сухого песка с воздухом:  $V_{\text{песка с воздухом}} = 50 \text{ см}^3$

Начальный объем воды во второй мензурке:  $V_{\text{воды}} = 50 \text{ см}^3$



Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

Шаг 2: Мы налили воду в пробирку с песком, так чтобы вода не превышала уровень песка, при этом песок при смачивании уплотнился, его объём уменьшился (за счет частичного растворения глины). Остаток воды во второй мензурке –  $39 \text{ см}^3$ .



Шаг 3: Измерили объем песка с водой  $V_{\text{песка с водой}}=41 \text{ см}^3$



Шаг 4:

Мы вычислили долю песка и воздуха

$$V_{\text{песка с воздухом}}=50 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{воды, вылитой в песок}} = 50 \text{ см}^3 - 39 \text{ см}^3 = 11 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{песка с водой}}=41 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{песка}} = 41 \text{ см}^3 - 11 \text{ см}^3 = 30 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{воздуха}} = 50 \text{ см}^3 - 30 \text{ см}^3 = 20 \text{ см}^3$$

Найдем долю песка по формуле

$$V_{\text{песка}} / V_{\text{песка с воздухом}} = 30 \text{ см}^3 / 50 \text{ см}^3 = 0,6$$

Найдем долю воздуха в сухом песке по формуле

$$V_{\text{воздуха}}/V_{\text{песка с воздухом}}=20 \text{ см}^3/50 \text{ см}^3=0,4$$

Вывод:

Именно песчинки занимают в общем песка 60%, *40% объема приходится на долю воздуха.*

Нас заинтересовал вопрос: как зависит объём воздушного пространства от диаметра крупинок?

1) Расчет показывает, что при плотной кубической упаковке шариков, например, в куб с ребром  $n2R$ , полный объем куба (шарики + воздух) равен

$$V = (n2R)^3 = 8n^3R^3. \text{ Из этого объема шарики занимают } V_{\text{шарики}} = n^3 \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Объем воздушного пространства

$$V_{\text{воздух}} = V - V_{\text{шарики}} = 8n^3R^3 - n^3 \frac{4}{3} \pi R^3 = 4n^3R^3 \left(2 - \frac{\pi}{3}\right)$$

Доля воздуха в полном объеме:

$$\frac{V_{\text{воздуха}}}{V} = \frac{4n^3R^3 \left(2 - \frac{\pi}{3}\right)}{8n^3R^3} = 1 - \frac{\pi}{6} = 0,477 = 47,7\%$$

*В нашем опыте воздух занимает в песке  $\approx 40\%$*

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

2) Однако, на практике при значительном размере крупинок по сравнению с диаметром цилиндрической посуды правильная упаковка зерен маловероятна. Мы проверили этот факт с дробью двух диаметров: 3, 5 мм и 8 мм, используя мензурки двух диаметров 22 мм и 28 мм. Объем дробы одинаков, т.к. масса обеих порций одинакова – 110 г ( $110 \div 11,3 = 9,7 \text{ см}^3$ )



Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

В мензурке  $D = 22$  мм с дробью  $3,5$  мм объем воздуха составил  $8 \text{ см}^3$ , что составило от общего объема  $8 \setminus (8 + 9,7) = 0,457 = 45,7\%$



Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

В мензурке  $D = 22$  мм с дробью 8 мм объем воздуха составил  $11 \text{ см}^3$ , что составило от общего объема  $11 \setminus (11 + 9,7) = 0,534 = 53,4\%$



В  
мен  
зур  
ке  
бол  
ьше  
го  
диа  
мет  
ра  
 $D =$   
28  
мм

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «9 класс»  
Игровой номер 13f750

крупная дробь 8 мм упакована более компактно, объем воздуха в ней составил  $9 \text{ см}^3$ , что составило от общего объема  $9 \div (9 + 9,7) = 0,481 = 48,1\%$

Таким образом, теоретически и опытным путем удалось доказать, что объём воздушного пространства в мелких сыпучих средах почти не зависит от размера крупинок или посуды и составляет долю от 40 до 45 % общего объёма.

Однако, крупные крупинки, особенно в посуде малого диаметра, пакуются неплотно, поэтому доля воздушного пространства увеличивается до 46-53 %.