

Как измерить молекулу?



Kolesnikov.org/Molecula

СКОЛЬКО В СРЕДНЕМ СТИРАЕТСЯ РЕЗИНЫ ПРИ ОДНОМ ОБОРОТЕ КОЛЕСА?

Сколько атомов резины стирается с шины автомобильного колеса при каждом его обороте? [Холидей1992p42]

Формулировка вопроса неудачна: как отмечалось в форумах, элемент «Резиний» отсутствует в таблице Менделеева. В оригинале речь идет тоже об атомах. Наверное, лучше сформулировать как: «Сколько атомов, из которых состоит молекула резины...».

Сколько в среднем стирается резины при одном обороте колеса? [Adam1995q20]

Как далеко уедет автомобиль, пока сотрется слой резины толщиной в 1 молекулу? [Weinstein&Adamq5.6]

Практический вывод: можно считать, что при каждом обороте колеса стирается слой в одну молекулу.
[Weinstein&Adam2008p108]

Холидей1992:

Холидей Д. Ошеломляющее впечатление (Задачи Ферми) // Квант. — 1992. — №9. — С. 42-44.

http://kvant.mccme.ru/1992/09/oshelomlyayushchee_vpechatleni.htm

Adam1995:

Adam John A. Educated Guesses // Quantum: The Magazine of Math and Science. — 1995, Sept/Oct. — Vol. 6, No. 1. — P. 20-24.

Weinstein&Adam2008:

Weinstein Lawrence & Adam John A. Guesstimation: Solving the World's Problems on the Back of a Cocktail Napkin. — New Jersey: Princeton University Press, 2008. — 302p. — References: p. 295-297 (31 items).

ЦЕЗАРЬ, ГЕТЕ, СОКРАТ. МОЛЕКУЛА ИЗ ИХ ПОСЛЕДНЕГО ВЗДОХА МОЖЕТ БЫТЬ В ВАШЕЙ КОМНАТЕ?

Коган1973:

Коган Б. Число Авогадро и предсмертный вздох Юлия Цезаря // Квант. — 1973. — №9. — С. 71, 73.

http://kvant.mccme.ru/1973/09/chislo_avogadro_i_predsmertnyj.htm

Паулос2021р48:

Паулос Джон Аллен. Математическое невежество и его последствия. — М.: Издательство Студии Артемия Лебедева, 2021. — 208с.

Раков2012:

Раков Э.Г. Атмосфера в классе // Химия. — 2004. — №33 (678).

<http://him.1september.ru/article.php?ID=200403303>

Дрессер2008р9-10:

Дрессер Кристоф. Обольстить математикой. Числовые игры на все случаи жизни / пер. с нем. А.Я. Зарха. — 3-е изд., стереотип. — М.: Лаборатория знаний, 2016. — 200с.

Ориг. изд.: Drosser Christoph. Der Mathematikverfuhrer. Zahlenspiele fur alle Lebenslagen. — 2008.

Baeyer1993p116:

Baeyer Hans Christian, von. The Fermi Solutions. — New York: Random House, 1993. — 173p. (1. The Fermi Solution, p. 3-12).

Only a breath away: aka «Caesar's last breath»

<http://www.vendian.org/envelope/dir2/breath.html>

Гай Юлий Цезарь (100–44 до н.э.)
Иоганн Вольфганг Гёте (1749–1832)
Сократ (469–399 до н.э.)

ОПЫТ РЭЛЕЯ. КАК ОПРЕДЕЛИТЬ РАЗМЕР МОЛЕКУЛЫ

1.7×10^{-9} м.

Описание опыта

Растекающаяся по воде капля масла помогла определить размер молекулы. Когда лорд Рэлей (в начале нашего века) ставил опыты по растеканию капель масла на поверхности воды, о возможности непосредственно определить размер молекулы естествоиспытатели если и мечтали, то очень робко: строили сложные последовательности косвенных соображений и умозаключений, которые должны были привести к оценке этого размера. Скованные традиционными приемами экспериментирования, мыслящие прямолинейно, довольствовались умозаключениями, а непредубежденный Рэлей поставил прямой опыт, простой и убедительный. Он рассуждал так (или примерно так): каждая молекула капли масла, расположенной на воде, будет пытаться коснуться воды. Молекуле масла это необходимо, так как один ее конец к воде относится безразлично, а другой, с иным химическим строением, имеет большое сродство к воде и поэтому обязательно постарается к ней прикоснуться. Капля как бы распадется на отдельные молекулы, которые, одним концом уткнувшись в воду, расположатся на ее поверхности частоколом. У молекул капли масла сродство друг к другу слабее, чем сродство к воде активного конца молекулы. Если знать

площадь поверхности воды S (это определить очень просто) и быть уверенным в том, что капля масла определенного объема V (и его определить просто) полностью «заселила» поверхность воды своими молекулами, которые расположены в один слой, то толщину этого слоя, т. е. длину молекул l , можно определить по простейшей формуле $l = V/S$. В последовательности этих рассуждений есть одно тонкое место. Как убедиться в том, что молекулы капли масла закрыли собой всю поверхность воды, нигде не оставив пятка водной поверхности и нигде не образовав слоя более толстого, чем одномолекулярный? Лорд Рэлей сумел убедиться в этом удивительно простым способом. Зная, что частички камфоры на поверхности воды совершают активное, беспорядочное движение, а на поверхности масла спокойны, он поставил следующий опыт: в таз с водой капал капли оливкового масла разной массы, ждал пока они растекутся, а затем бросал туда немного пыльцы камфоры. Пыльца переставала «плясать», когда масса капли достигала определенной величины m^* , необходимой и достаточной, чтобы одномолекулярным слоем закрыть всю поверхность воды. Если масса капли превышает эту величину, на поверхности воды образуются масляные пятки, как на жирном бульоне. То, что происходит при растекании капли масла по поверхности воды, удобно пояснить, воспользовавшись аналогией. Табун коней пьет воду из длинного желоба. Если число коней таково, что они умещаются вдоль желоба, у воды образуется один ряд (слой) коней, и каждый из них стоит перпендикулярно желобу. Если коней в табуне больше, часть их будет стоять в стороне, представляя собой

аналог жирных пятачков на бульоне. (Эту аналогию придумал американский физик Эрик Роджерс. Только у него не кони у желоба с водой, а свиньи у кормушки; мне же кони нравятся больше, чем свиньи.) Рэлей заполнял водой таз радиусом $R = 41$ см, т. е. площадью $S = 5.27 \times 10^3$ см². В его опытах с каплями оливкового масла величина $m^* = 8 \times 10^{-4}$ г, т. е. объем капли $V = m^*/R = 8,88 \times 10^{-4}$ см³, где $R = 0,9$ г/см³ — удельный вес масла. Теперь легко определить длину молекулы оливкового масла: $l = m^*/\rho R R^2 = 1,7 \times 10^{-7}$ см. На расстоянии 1 см можно расположить цепочкой 6 млн таких молекул.

[Гегузин2014p63-65]

Гегузин2014:

Гегузин Я.Е. Капля. — 3-е изд. — М.: Интеллект, 2014. — 184с.

http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/NATURE/DROP/DROP_CONT.HTM

Лишевский1974:

Лишевский В. (рец.). Капля. Я.Е. Гегузин // Квант. — 1974. — №9. — С. 57.

http://kvant.mccme.ru/1974/09/kaplya_yaegeguzin_recenziya.htm



Лорд Рэлей (Джон Уильям Стретт; John Strutt, 3rd Baron Rayleigh; 1842–1919), Великобритания. Лондонское королевское общество (1873). Нобелевская премия по физике 1904 г. (НПФ1904). [https://ru.wikipedia.org/wiki/Стретт,_Джон_Уильям_\(лорд_Рэлей\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стретт,_Джон_Уильям_(лорд_Рэлей))

ПЕРЕЛЬМАН И ЛОЖКА МАСЛА. РАССЧИТАЕМ РАЗМЕР МОЛЕКУЛ ИЗ ЗАДАЧИ ПЕРЕЛЬМАНА ПО МИШКЕВИЧУ

И опять невольно на ум пришли сравнения. Вот задача из учебника геометрии. Ложка оливкового масла (20 граммов) вылита на воду. Образовалось пятно поперечником 30 метров. Требуется вычислить толщину пленки. Решается эта задача так: измеряется площадь пятна, затем определяется объем масла и, наконец, высчитывается толщина масляной пленки. При этом используются формула определения площади круга, данные о плотности масла и т.д.

Но ведь об этом же можно рассказать и по-другому, например так. На поверхность воды выливается та же ложка масла. Пятно около 30 метров в диаметре в тысячу раз больше длины и во столько же раз больше ширины ложки. Стало быть, толщина пленки в миллион раз меньше толщины слоя масла в ложке. Право же, решение совсем не трудоемкое, более наглядное, а по точности не уступающее каноническому.

[Мишкевич1986p70]

Оригинал у Перельмана: [Перельман1925.3p54-56].

Растекается ложка масла и 1 г керосина.

Ссылка Перельмана: Перельман ссылается на английского физика Бойза и его книгу «Мыльные пузыри», отрывки из которой приводил в «Физической хрестоматии» [Перельман1922p96].

Что в итоге. Ложка оливкового масла растеклась в пятно 20–30 м в диаметре. Так как пятно было в 1000 раз больше ложки в длину и в 1000 раз больше ложки в ширину, то слой масла на воде примерно в миллион раз меньше, чем в ложке, и составляет 1–2 миллионных доли миллиметра. Что очень близко к выше рассмотренному результату Рэлея.

ДИССЕРТАЦИЯ ЭЙНШТЕЙНА

Подобный результат и у Эйнштейна в диссертации (в три раза меньше и для других молекул), хотя Эйнштейн определяет размер численным расчетом, исходя из взаимодействия молекул. [Эйнштейн1966]

Замечание по поводу размера молекул

В результатах 30 апреля 1905 г. приведен размер молекул 6.2×10^{-8} см.

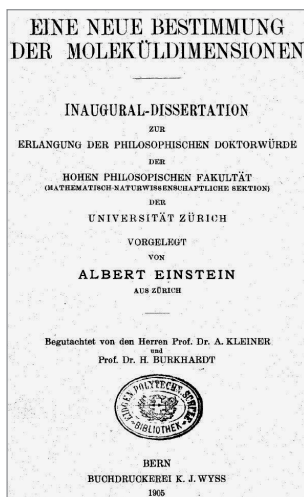
В результатах января 1906 г. размер уточнен: 0.49×10^{-6} мм.

Казалось бы, разница в два порядка. Это не так.

0.49×10^{-6} мм = 4.9×10^{-7} мм = 4.9×10^{-8} см.

Разница не так уж велика: 4.9 и 6.2.

Результат Рэлея: 1.7×10^{-7} см = 17×10^{-8} см.



http://perevod99.blogspot.ru/2015/02/blog-post_12.html

Мишкевич1986p70:

Мишкевич Г.И. Доктор занимательных наук (Жизнь и творчество Якова Исидоровича Перельмана). — М.: Знание, 1986. — 192с., 8с. вкл.

<http://n-t.ru/ri/ms/dz11.htm>

Эйнштейн1966:

Эйнштейн А. Новое определение размеров молекул // Собрание научных трудов. — М.: Наука, 1966. — Т. 3. — С. 75–91.

Ориг. изд.: Einstein Albert. Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen. — Bern, 1905.

Родина Н.А. КАК ИЗМЕРИТЬ МОЛЕКУЛУ. МОЖНО ЛИ ВЗВЕСИТЬ МОЛЕКУЛУ

Родина1974р57-59:

Родина Н.А. Как измерить молекулу // Квант. — 1974. — №6. — С. 57-59.

Родина1974ар69-71:

Родина Н.А. Можно ли взвесить молекулу // Квант. — 1974. — №6. — С. 69-71.

Родина1987р67-69:

Родина Н.А. Как измерить молекулу // Занимательно о физике и математике / сост. С.С. Кротов, А.П. Савин. — М.: Наука, 1987. — 144с.

Родина1987ар70-72:

Родина Н.А. Можно ли взвесить молекулу // Занимательно о физике и математике / сост. С.С. Кротов, А.П. Савин. — М.: Наука, 1987. — 144с.