

ЗАДАЧИ ФЕРМИ



Kolesnikov.org/Fermi

Как, ничего не зная о предмете
и обладая только общими знаниями,
внимательностью, здравым смыслом
и достаточной долей наглости,
определить, хотя бы приблизительно,
с точностью до порядка, какую-либо величину?

Или поймать оппонента,
если величина не лезет ни в какие рамки.

Или просто удивить окружающих.

Далее вы оттачиваете методику решения подобных задач, набираетесь опыта и знаний, и ваши расчеты становятся гораздо точнее.

Такие задачи, где исходных данных явно не хватает, принято называть **задачами Ферми** по имени итальянского физика Энрико Ферми (1901-1954), лауреата Нобелевской премии 1938 г. (НПФ-1938), который в 1939 г. эмигрировал в США и стал одним из основных разработчиков первой атомной бомбы («Проект Манхэттен» (Manhattan Project)).

Ферми любил задавать подобные задачи на своих лекциях и считал, что человек с дипломом физика должен уметь решать такие задачи быстро и четко.

Самого Ферми, новоиспеченного нобелевского лауреата, по прибытии в Америку попросили сложить 15 и 27 и разделить 29 на 2... Это, получается, самая первая задача Ферми.

В задачах Ферми не хватает данных. Их просто нет. Их надо найти. Их надо взять из окружающего мира, из справочника, из опыта. Задачи Ферми требуют знания фактов, которые не входят в формулировку задачи, отмечает [Baeyer1993p6].

Baeyer1993:

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

Для решения задач Ферми не нужны глубокие математические знания, да и в области физики можно ограничиться элементарными моделями процесса, так называемыми ментальными моделями. И только очень приблизительно знать о физической природе процесса.

Ответ тоже будет не вполне точный. Но он должен соответствовать приблизительно и давать понимание сущности процесса. И давать ответ: стоит ли копать в этом направлении дальше и считать более точно.

У задач Ферми есть проблема: как только вы набираете знаний, они перестают быть задачами Ферми, а становятся чем угодно, но не задачами Ферми. Впрочем, это проблема любых тестовых задач. Так что, прочитав эту работу, вы сильно сократите количество задач Ферми для себя.

Можно выделить следующие направления применения задач Ферми:

- Подбор кадров, способных решать данные задачи.
- Проверка информации на соответствие: может ли такое быть. *Заметить какую-либо неточность иногда бывает очень полезно.*
- Проверка работы систем искусственного интеллекта.
- Обучение правильным методам мышления.
- И просто чтобы мозги не размягчились.

Русский термин «задачи Ферми» имеет несколько похожих переводов на английский язык:

Fermi problem,	guesstimation,
Fermi quiz,	order estimation,
Fermi question,	back-of-the-envelope
Fermi estimate,	calculation.
Fermi flexes*,	

* Упоминается в:

Angier2009:

Angier Natalie. The Biggest of Puzzles Brought Down to Size Basics // The New York Times. — 2009, March 30.

Также в русском языке применяется термин «задачи-оценки» со схожим значением.

Пример поиска в Google:

<https://www.google.com/search?q=Задачи+Ферми>

<https://www.google.com/search?q=Fermi+problems>

Общие понятия для задач Ферми и много полезных ссылок в следующих статьях Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Fermi_problem

https://en.wikipedia.org/wiki/Back-of-the-envelope_calculation

Еще есть парадокс Ферми (это про инопланетян) и множество физических понятий, связанных с именем Ферми (уровень Ферми, энергия Ферми и т.д.). Это надо иметь в виду, когда вы набираете имя Ферми в поисковой строке Google.

Впервые упоминание о задачах Ферми появилось в работе [Morrison1963], в письме к редактору. Здесь задачи приведены без решений.

...оценка не совсем точных, но объективных ответов на неожиданные вопросы о многих аспектах мира природы. Этот метод был обычным и зачастую довольно занятным упражнением Энрико Ферми, возможно, самого нестандартно мыслящего физика нашего времени. Ферми доставляло удовольствие придумывать задачки, и тут же обсуждать их и отвечать на вопросы, опирающиеся на глубокое понимание мира, повседневный опыт и способность делать приблизительные расчеты, гениальные догадки и статистические оценки на основе очень небольшого количества данных.

[Morrison1963] Перевод AS

Одна из задач Ферми подробно рассматривалась в [Холидей1992].
(Сколько молекул резины стирается за один оборот колеса?)

Обойтись без калькулятора при решении задачи
Ферми – дело чести. Или нет?

[Холидей1992p42]

Мы приводим здесь эту цитату, но она отражает только часть истины: **Если есть возможность не пользоваться калькулятором, то так и надо поступать. Если калькулятор может помочь — надо им воспользоваться.** А дело чести при решении задач Ферми — решить ее за разумное время, а чем пользоваться при этом: бумагой, ручкой, калькулятором, электронной таблицей, питоном, справочником, гуглом или звонком другу — дело выбора решающего.

В свое время Айзек Азимов написал фантастический рассказ, в котором талантливый техник открыл, что для выполнения арифметических действий не обязательно прибегать к калькулятору. Достаточно карандаша и бумаги. Рассказ называется «Чувство силы» (The Feeling of Power) [Азимов1958].

С точки зрения арифметики, задачи Ферми относятся к несложным задачам. Но это не означает, что к ним надо относиться небрежно. Вероятность досадной ошибки в несколько порядков велика. Роман Жюль Верна «Вверх дном» это подтверждает.

Morrison1963:

Morrison Philip. Fermi Questions // American Journal of Physics. — 1963, August. — Vol. 31, Iss. 8. — P. 626-627.
<http://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1969701>

Холидей1992:

Холидей Д. Ошеломляющее впечатление (Задачи Ферми) // Квант. — 1992. — №9. — С. 42-44.
http://kvant.mccme.ru/1992/09/oshelomlyayushchee_vpechatleni.htm

Азимов1958:

Азимов Айзек (Isaac Asimov; 1920-1992). Чувство силы [= Сколько будет 9x7].
<http://www.lib.ru/FOUNDATION/feelpowr.txt>

В работе [Adam1995] собрано 24 задачи разных типов с подробными решениями. Они дают представление о широком спектре задач Ферми.

Adam1995:

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

Как продолжение можно рассматривать: Guesstimation и Guesstimation 2.0:

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).

Weinstein2012:

Weinstein Lawrence (1960-). Guesstimation 2.0: Solving the Today's Problems on the Back of a Napkin. — Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2012. — 360p. — References: p. 357-353 (33 items).

Отметим также большое количество задач в работе [Бондаров2016].

Хорошие примеры использования статистического «метода черпаков» (другое название *Звездных подсчетов*) дает И.С. Шкловский: простой подсчет количества заключенных и объем потребления спиртных напитков.

Шкловский1988:

Шкловский И. Государственная тайна // Энергия: Экономика. Техника. Экология. — 1988. — №9. — С. 39-41.

<http://www.astronet.ru/db/msg/1174018>

1. Оценка количества заключенных в Советском Союзе на основе 10 тыс. ежегодных приговоров, выносимых судами г. Ростова.
2. Сколько водки ежегодно выпивает советский народ.

Сайт vendian.org дает широкий диапазон ссылок на интернет-ресурсы по задачам Ферми, но, к сожалению, многие ссылки уже неактивные.

Charity1997:

Charity Mitchell N. Fermi Questions // A View from the Back of the Envelope.

http://www.vendian.org/envelope/dir0/fermi_questions.html

Две книги У. Паундстоуна содержат широкий объем задач, задаваемых на собеседованиях, среди них много задач Ферми.

Паундстоун2004:

Паундстоун У. Найти умного. Как проверить логическое мышление и творческие способности кандидата. — М.: Альпина Паблишер, 2004. — 266с.

Паундстоун2012:

Паундстоун У. Действительно ли вы умны, чтобы работать в Google? Коварные вопросы, головоломки в стиле дзен, предельно сложные задачи и другие сбивающие с толку приемы, которые применяют на собеседованиях и которые очень полезно знать, если вы хотите получить работу и найти свое место в новой экономике / пер. с англ. В. Егорова. — М.: Карьера Пресс, 2013. — 400с. — Библиогр.: с. 382-387 (89 назв.). Особенно: Глава 8. Доктор Ферми и инопланетяне, с. 155-165.

В статье **[Baeyer1993]** упоминаются следующие задачи Ферми:

- мощность атомной бомбы,
- количество настройщиков пианино,
- истирание автомобильных шин,
- применение лазерного оружия,
- оценка ускорителя частиц и структуры кристалла,

а также книга Роберта Персига «Дзен и искусство ухода за мотоциклом».

Полезная статья австралийского астронома Паула Фрэнсиса (Paul Francis) «Семь навыков высокоэффективных астрономов», доступная online:

Francis1999:

Francis Paul. «Back-of-the-Envelope» Calculations, or: The Seven Habits of Highly Effective Astronomers / ANU Dept. of Physics. — 1999, 25th February. — 7p. (= Семь навыков высокоэффективных астрономов).

<http://www.mso.anu.edu.au/pfrancis/Approximations.pdf>

Рёслер назвал главу 11 своей книги «Физика, рассказанная на ночь» — «Вопросы Ферми»: [Рёслер2017p119-126].

Рёслер2017:

Рёслер Вольфганг. Физика, рассказанная на ночь. — СПб.: Питер, 2017. — 384с. — Тираж 3000. — Библиогр.: с. 377-383 (94 назв. На нем. яз.)

Ориг. изд.: Rössler Wolfgang. Eine Kleine Nachtphysik. Geschichten aus der Physik. — Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2007.

В блоге Гауэрса приведены 68 задач для обсуждения. Задачи Ферми занимают среди них видное место.

Gowers2012:

How should mathematics be taught to non-mathematicians? (= Как следует преподавать математику нематематикам?) // Gowers's Weblog. Mathematics related discussions.

<https://gowers.wordpress.com/2012/06/08/how-should-mathematics-be-taught-to-non-mathematicians/>

Большое количество изданий выдержала книга Timothy Crack. Она полезна при прохождении интервью.

Crack2014:

Crack Timothy Falcon. Heard on the Street: Quantitative Questions from Wall Street Job Interviews. — 15th Edition. — 2014. — 278p. — References: p. 309-320 (207 items).

Sachs2015:

Sachs Jason. Margin Call. Fermi Problems, Highway Horrors, Black Swans, and Why You Should Worry About When You Should Worry (= Маржин-колл: проблемы Ферми, ужасы на дорогах, черные лебеди и почему вам следует беспокоиться, когда вам следует беспокоиться). — December 6, 2015.

<https://www.embeddedrelated.com/showarticle/888.php>

Следующие две работы имеют акцент на работе программистов:

Макдауэлл2016:

Макдауэлл Гейл Лакман. Карьера программиста. Решения и ответы 189 тестовых заданий из собеседований в крупнейших IT-компаниях. — 6-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 688с.

Бентли2002:

Бентли Джон. Жемчужины программирования. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2002. — 272с.

Много практических расчетных задач рассмотрено в:

Перельман1923:

Перельман Я.И. Практические занятия по геометрии. Образцы, темы и материалы для упражнений. — М.; Петроград: Государственное издательство, Типография имени Н. Бухарина, 1923. — 176с.



24 ЗАДАЧИ АДАМА

Adam1995:

Adam John A. Educated Guesses // Quantum: The Magazine of Math and Science. — 1995, Sept/Oct. — Vol. 6, No. 1. — P. 20-24.
<http://static.nsta.org/pdfs/QuantumV6N1.pdf>

Содержит 24 задачи с подробными решениями.

- [1] Сколько мячей для гольфа наполнят чемодан?
- [2] Сколько кусочков попкорна заполнят комнату?
- [3] Сколько футбольных мячей поместится в средних размеров доме?
- [4] Сколько клеток в человеческом теле?
- [5] Сколько нужно взять песчинок, чтобы заполнить ими всю Землю (именно всю, а не только поверхность)?
- [6] Какой объем занимает вся человеческая кровь?
- [7] Сколько нужно одногаллонных ведер, чтобы вычерпать все озеро Лох-Несс в Шотландии и оставить чудовище без воды?
- [8] Одним галлоном краски покрасили здание площадью А. Какова толщина слоя краски?
- [9] Сколько нужно упаковок зубной нити, чтобы заключенные свили из нее веревку и спустились со стены высотой 18 футов?
- [10] Оцените число настройщиков пианино в городе.
- [11] Оцените число сапожников, которые ремонтируют обувь в каком-либо городе.
- [12] Оцените скорость роста человеческих волос в среднем в милях в час (километрах в час).
- [13] Оцените число сигарет, выкуриваемых ежегодно в США.
- [14] Задача (или это уже проблема?) астероида.
- [15] Толщина слоя масла, растекшегося по поверхности воды.
- [16] Число листьев на дереве.
- [17] Ежедневная выручка супермаркета.
- [18] Ежедневный уровень смертности в городе.
- [19] Число травинок на Земле.

- [20] Сколько в среднем стирается резины при одном обороте колеса?
- [21] Площадь населения. Если все население Земли согнать на одну площадь, то каковы будут ее размеры.
- [22] Какие поверхность и объем всех людей?
- [23] Средняя скорость роста ребенка до 18 лет.
- [24] Среднее расстояние между цивилизациями.

[Adam1995] ссылается на 4 источника:

Холидей1992:

Холидей Д. Ошеломляющее впечатление (Задачи Ферми) // Квант. — 1992. — №9. — С. 42-44.
http://kvant.mccme.ru/1992/09/oshelomlyayushchee_vpechatleni.htm

Paulos2001:

Paulos John Allen. Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences. — New York: Hill and Wang, 2001. — xvi, 180p.

Harte1988:

Harte John. Consider a Spherical Cow. A Course in Environmental Problem Solving. — Sausalito, California: University Science Books, 1988. — 283p. — References: p. 271-274 (79 items).

Tyson1994:

Tyson Neil de Grasse. Universe Down to Earth. — New York: Columbia University Press, 1994. — 277p. Особенно: Глава 1. A Sentimental Journey to the Googleplex (= Сентиментальное путешествие в Гуглеплекс), р. 3-12; Глава 3. Measure for Pleasure (= Измерения для удовольствия), р. 37-45.



John Adam is Professor of Mathematics at Old Dominion University.

[https://en.wikipedia.org/wiki/John_A._Adam_\(mathematician\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_A._Adam_(mathematician))

<https://www.maa.org/programs/maa-awards/writing-awards/george-polya-awards/blood-vessel-branching-beyond-the-standard-calculus-problem>

[Изображение с суперобложки изд.: Adam A. John. X and the City. — Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2012. — 319p.]



Бондаров М.Н. РОЛЬ ОЦЕНОЧНЫХ ЗАДАЧ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

Бондаров2016:

Бондаров М.Н. Роль оценочных задач в преподавании физики // Сборник научно-практических материалов по итогам IV Московских методических чтений «Фестиваль методических идей». — М., 2016. — С. 417-422.

http://xn--80aaehfbdnibse7ai3audo8byp.xn--plai/publikacii/sbornik_n-p-mater_nm.pdf

Три примера:

1. Энрико Ферми. (Оцените число настройщиков роялей в Чикаго)
2. Даниил Гранин: Иду на грозу. Сколько тысяч жителей разбудил мотоцикл?
3. Иосиф Шкловский: Сколько людей в тюрьмах?

Оценка количества книг, которые человек прочитал за всю жизнь.

Пример 1. Сколько человек может поместиться в телефонной будке.

Рекорд на 1984 г. — 24 человека.

Пример 2. Сент-Экзюпери: Разместить все человечество на острове в Тихом океане. Оцените размер острова.

Пример 3. Молекула из последнего дыхания Цезаря.

Пример 4. С какой скоростью плывут заморские гости на картине Рериха.

Пример 5А. Оцените, какое количество пар обуви использует женщина в течение жизни.

Задача 1. Оцените, как быстро пройдет мимо Вас современный поезд. <Решение.> Ответ: 14 сек.

Задача 2. Оцените массу льда, которую можно расплавить, имея ведро кипятка. <Решение.> Ответ: 13 кг.

Задача 3. Оцените, какое количество лампочек надо включить в квартире, чтобы выбило пробки. <Решение.>

Задача 4. Оцените минимальную скорость, которую необходимо сообщить маленькому шарик, чтобы он перелетел из одного конца классной комнаты в другой.

Максимальная дальность полета (при угле вылета 45°) в 4 раза больше максимальной высоты подъема.

Задача 5. Оцените максимальную высоту прыжка в крытом спортивном зале на Луне.

БИБЛИОГРАФИЯ

- 1) Камин А.Л. Физика. Развивающее обучение. Книга для учителей. 7-й класс. — Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2003. (можно найти в эл. виде)
- 2) Стасенко А.Л. Волны на воде и «Заморские гости» Н. Рериха // Квант. — 1972. — №9. — С. 10-15
[Квант1972n9p10-15]
- 3) Манин Ю.И. Математика как метафора. — М.: МЦНМО, 2008.
- 4) Меледин Г.В. Физика в задачах: Экзаменационные задачи с решениями. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.



Михаил Николаевич Бондаров, учитель физики,
Лицей 1501, г. Москва.

Персональный сайт:
<http://physics.lyceum1501.ru>

Публикации
<http://xn--80aahfbdnibse7ai3audo8byp.xn--p1ai/publikacii.html>



Филип Моррисон: ПИСЬМО К РЕДАКТОРУ

Morrison1963:

Morrison Philip. Fermi Questions // American Journal of Physics. — 1963, August. — Vol. 31, Iss. 8. — P. 626-627.

<https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1969701>

Это письмо к редактору.
Здесь задачи приведены без решений.

- [1] How much does a watch gain or lose when carried up a mountain? Как поведут себя часы в горах: будут спешить или идти медленнее и на сколько?

Артур Комптон (1892-1962; Нобелевская премия по физике 1927 г.) как-то сказал: «Энрико, когда я, исследуя космические лучи, бывал в Андах, то заметил, что на больших высотах мои часы идут неверно. Я долго искал объяснение и наконец нашел такое, которое меня удовлетворило. Что бы вы могли сказать по этому поводу?» Ферми нашел листок бумаги, карандаш и вытащил свою карманную логарифмическую линейку. Буквально за несколько минут он вывел формулы для увлечения воздуха балансом часов [так в переводе!], которое должно было увеличивать момент инерции баланса и тем самым замедлять ход часов. Рассчитав этот эффект, он получил цифру, почти совпадающую с ошибкой хода часов, которую Комптон наблюдал в Андах.

[Серге1973p189]

{Конечно, здесь идет речь о механических часах.}

- [2] How many piano tuners are there in the city of Chicago?
Сколько настройщиков пианино в городе Чикаго?
- [3] What is the photon flux at the eye from a faint visible star?
Сколько фотонов попадает в глаз от слабо различимой звезды?
- [4] How far can a crow fly? Как далеко может полететь ворона?
- [5] How many atoms could be reasonably claimed to belong to the jurisdiction of the United States? Сколько атомов относится к юрисдикции Соединенных Штатов?
- [6] What is the output power of a firefly, a French horn, an earthquake? Какова мощность жука-светлячка, музыкальной трубы, землетрясения?



Philip Morrison (Филип Моррисон; 1915–2005):
https://en.wikipedia.org/wiki/Philip_Morrison
https://ru.wikipedia.org/wiki/Моррисон,_Филлип
<https://history.nasa.gov/EP-125/part3.htm>



Холидей Д. ОШЕЛОМЛЯЮЩЕЕ ВПЕЧАТЛЕНИЕ (ЗАДАЧИ ФЕРМИ)

Холидей1992:

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

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

Оригинальное издание:

Halliday1990:

Halliday David. Ballpark Estimates (Fermi Problems): How to impress your date and amaze your friends with off-the-cut answers to questions of magnitude // Quantum: The Magazine of Math and Science. — 1990, May. — P. 30-31.

[1] Сколько молекул резины стирается за один оборот колеса?

Две другие задачи оставлены на решение читателя:

[2] В 1980 году население города Бостона составляло 560 000 человек. Сколько школьных учителей было в городе в том году?

[3] Сколько галлонов бензина ежегодно сжигают все частные автомашины в США?

ОШЕЛОМЛЯЮЩЕЕ ВПЕЧАТЛЕНИЕ

Д. ХОЛИДЕЯ

Для решения некоторых физических задач требуются вычисления высочайшей точности. Однако решение многих других задач может быть и приближенным. Физики гордятся тем, что могут быстро отвечать на вопросы, требующие ответа «с точностью до порядка», делая приближенные оценки, основанные на здравом смысле. Вот типичный пример:

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

Задачи такого рода обычно называют задачами Ферми — по имени великого физика Энрико Ферми, который обладал величайшим искусством не только ставить подобные задачи, но и быстро и изящно решать их.

Без сомнения, у вас уже возникло несколько вопросов.

Да, конечно. Прежде всего — имеет ли данная задача какое-либо практическое значение?

Возможно, и не имеет, однако в постановке задачи просматривается любопытная связь между миром бесконечно малых (атомов) и макромиром (автомобилем). А фактически цель этой задачи — помочь вам понять, как следует делать оценки.

В формулировке этой задачи нет цифровых данных. С чего же начать?

Мы должны сами задать исходные данные — радиус покрышки, суммарную массу резины и т. д.

Но это вымышленные данные. Как же при этом мы сможем получить точный ответ?

Статья заимствована из русско-американского журнала «Quantum». Автор статьи, написанной в форме диалога с читателем, — заслуженный профессор физики в отставке Питсбургского университета. Перевела с английского И. Вахурина.

Если под словом «точный» понимать ответ, получивший положительную оценку при обычной экспертизе, то вы правы. Но в задачах такого рода под «точностью» понимают «точность до какого-то порядка», и, задавая исходные данные для подобных задач, сильно ошибиться достаточно трудно.

Понятно. С чего же мы начнем?

С составления плана решения задачи — мы определим объем резины, которая стирается с шины, а затем разделим его на объем атома. Это и будет искомым результатом. Сначала займемся резиной.



Первая страница статьи Д. Холидея в журнале «Квант». Возможно, здесь впервые подобные задачи на русском языке формулируются как задачи Ферми



vendian.org: ВОПРОСЫ ФЕРМИ

Сайт vendian.org дает широкий диапазон ссылок на интернет-ресурсы по задачам Ферми, но, к сожалению, многие ссылки уже неактивные.

Charity1997:

Charity Mitchell N. Fermi Questions // A View from the Back of the Envelope.

http://www.vendian.org/envelope/dir0/fermi_questions.html

A View from the Back of the Envelope [top](#)

Fermi Questions

[On Being Approximate Landmarks](#)

[Bounding uncertainty](#)

[Honesty in approximation](#)

[Deep understanding](#)

Rough quantitative estimates

"... the estimation of rough but quantitative answers to unexpected questions about many aspects of the natural world. The method was the common and frequently amusing practice of Enrico Fermi, perhaps the most widely creative physicist of our times. Fermi delighted to think up and at once to discuss and to answer questions which drew upon deep understanding of the world, upon everyday experience, and upon the ability to make rough approximations, inspired guesses, and statistical estimates from very little data." [[Philip Morrison \[1\]](#)]

The idea is to use [approximate calculation](#) with [landmarks](#) and [deep understanding](#), to explore the world and your understanding of it. [Honesty](#) is important.

Fermi questions are also called Fermi *problems*. I believe *questions* better captures the original usage and flavor, and my current intent.

Fermi problems are now being used from first grade (kindergarten?) through graduate school. And with families.

["What order of magnitude is ...?" game](#)
[A Pinocchio estimation game](#)

Хаббард Д. КАК ИЗМЕРИТЬ ВСЕ, ЧТО УГОДНО



Хаббард2009:

Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / пер. с англ. Е. Пестеревой. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009.

Оригинальное издание:

Hubbard Douglas D. How to measure anything: finding the value of intangibles in business. — Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2014.

Первое издание в 2007, второе — 2010.

Русский перевод с первого издания.

Определение мощности взрыва первой атомной бомбы при помощи разбрасывания листочков бумаги. [\[Хаббард2009p9-10\]](#)

Определение количества настройщиков пианино в Чикаго. [\[Хаббард2009p10-11\]](#)

Определение емкости рынка страховок. Здесь ее называют «Вопросы Ферми для нового предприятия». Стоит ли заниматься в районе страхованием, или весь рынок уже занят? [\[Хаббард2009p11-12\]](#)

Как один древний грек определил размеры земного шара. [\[Хаббард2009p8-9\]](#)

Как определить неизвестное: метод Ферми для быстрой оценки чего угодно.

Выписки из книги Дугласа Хаббарда:

<http://www.elitarium.ru/metod-fermi-ocenka-izmerenie-neopredelennost-reshenie-primer-navyk>

ГЛАВНОЕ В ЗАДАЧЕ — ПРОСТОТА ЕЕ РЕШЕНИЯ. ПРОСТОТЕ МЫ УЧИМСЯ У КЛАССИКОВ

Аспирант приходит к Роберту Оппенгеймеру с задачей, которую не смог решить. Тот ему в течение двух часов читает блестящую лекцию, из которой аспирант понимает очень мало, но уходит в восторге, что есть среди нас гении, способные решать задачи, недоступные простым смертным. Затем он обращается к Швингеру, который за час решает задачу и к тому же так, что аспирант понимает решение. Он уходит в восторге, что есть среди нас такие гении, которые могут сделать столь трудные задачи доступными для простых смертных. Наконец он заходит к Ферми и выходит через пять минут в плохом настроении, страшно недовольный собой, что не сумел сам решить столь простую задачу. **[Абрагам1991p228]**

Абрагам1991:

Абрагам Анатоль. Время вспять, или Физик, физик, где ты был / пер. с франц. — М.: Наука, 1991. — 392с.

Ориг. изд.: Abragam Anatole. De la physique avant tout chose. — 1987.

<http://sovams.narod.ru/Library/abragam.html>

Анатоль Абрагам (фр. Anatole Abragam; 1914–2011) — французский физик.

https://ru.wikipedia.org/wiki/Абрагам,_Анатоль

Анекдот рассказал: Норман Фостер Рамзей (Norman Foster Ramsey; 1915–2011)

https://ru.wikipedia.org/wiki/Рамзей,_Норман_Фостер

Джулиан Швингер (Julian Seymour Schwinger; 1918–1994)

https://ru.wikipedia.org/wiki/Швингер,_Джулиан

САМАЯ ПЕРВАЯ ЗАДАЧА ФЕРМИ



Самая первая задача Ферми связана с его прибытием в США. 10 декабря 1938 г. Ферми присутствовал на вручении Нобелевской премии в Стокгольме. 24 декабря он отплыл из английского порта Southampton по направлению к Америке. 2 января 1939 г. лайнер Franconia прибыл в Нью-Йорк. Существует легенда, что американские иммиграционные власти предложили новоиспеченному нобелевскому лауреату пройти тест на способности (aptitude test). Его попросили сложить 15 и 27 и разделить 29 на 2... Это вам не настройщиков пианино считать. Но, судя по тому, что в итоге американское гражданство он получил, данный тест Ферми прошел успешно.

Легенда подтверждается воспоминаниями дочери Ферми.

Barbour1995:

Barbour John. Enrico Fermi's Daughter Has Clear Memory of Atomic Age's Dawning : Science: Nella Fermi shared with her physicist father the conviction that the deadly bomb was an inevitable outcome of learning about the atom // Los Angeles Times. — January 8, 1995.

<https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1995-01-08-mn-17488-story.html>

Fermi1939:

Fermi. Declaration of Intention. 1939 // National Archives.

<http://research.archives.gov/description/281852> (Иммиграционная анкета Э.Ферми).

Schwartz2017p143,145,149:

Schwartz David N. (1956-). The Last Man Who Knew Everything: The Life and Times of Enrico Fermi, Father of the Nuclear Age. — New York: Basic Books, 2017.

Кикоин2011p8:

Кикоин Константин. По обе стороны свободы. Эссе, очерки, воспоминания. — Иерусалим: Филобиблон, 2011. — 238с.

Ориг. назв.: On Either Side of Freedom (Essays, recollections). — Jerusalem: «Philobiblon», 2011.

<https://imwerden.de/publ-4435.html>



Ферми Энрико (итал. Enrico Fermi; 1901–1954) — итальянский и американский физик. Создатель первого в мире ядерного реактора. Один из отцов атомной бомбы. НПФ-1938. Иностраннный член-корреспондент Академии наук СССР с 31.01.1929 г. Информация об этом содержится на сайте Академии наук:

http://www.ras.ru/win/db/show_per.asp?P=id-52497.ln-ru.dl-pr

Фотография Энрико Ферми с пропуска в Лос-Аламосе.

См. также:

http://ru.wikipedia.org/wiki/Ферми,_Энрико,

https://en.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi,

https://it.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi

Там же можно найти образец подписи Э. Ферми.

ЛИТЕРАТУРА ОБ ЭНРИКО ФЕРМИ

Cronin2004:

Fermi Remembered / Edited by James W. Cronin. — Chicago, London: The University of Chicago Press, 2004. — 288p.

<http://catdir.loc.gov/catdir/toc/ecip049/2003020524.html>

Latil1963:

Лятиль П. Энрико Ферми / сокр. пер. с фр. Н.Е. Горфинкель и А.Н. Соколова. — М.: Атомиздат, 1965. — 148с.

Ориг. назв.: Latil Pierre de. Enrico Fermi ou le Christophe Colomb de l'atome. — 1963.

Schwartz2017:

Schwartz David N. (1956-). The Last Man Who Knew Everything: The Life and Times of Enrico Fermi, Father of the Nuclear Age. — New York: Basic Books, 2017.

Segre2016:

Segrè Gino, Hoerlin Bettina. The Pope of Physics: Enrico Fermi and the Birth of the Atomic Age. — New York: Henry Holt and Company, 2016. — 354p.

Амидей1958:

Письмо инженера Адольфо Амидея (Adolfo Amidei), профессору Э. Сегре (25 ноября 1958 г., Ливорно).

<https://biography.wikireading.ru/289589>

Вигнер1971р199-203:

Вигнер Е. Энрико Ферми // Е. Вигнер. Этюды о симметрии / пер. с англ. Ю.А. Данилова, под ред. Я.А. Смородинского. — М.: Мир, 1971. — 318с.

Понтекорво1955:

Понтекорво Б.М. Энрико Ферми (1901-1954) (К годовщине смерти) // Успехи физических наук. — 1955. — Т. LVII, вып. 3, Ноябрь. — С. 350-359.

Понтекорво1971:

Понтекорво Б.М. Энрико Ферми. — М.: Знание, 1971. — 48с.

http://elib.biblioatom.ru/text/pontekorvo_fermi_1971/go,0/

Понтекорво1972:

Понтекорво Б.М., Покровский В.Н. Энрико Ферми в воспоминаниях учеников и друзей. — М.: Наука, 1972. — 160с.

Сегре1973:

Сегре Э. Энрико Ферми. Физик. — М.: Мир, 1973. — 328с.

Эмилио Сегре (итал. Emilio Segrè; 1905-1989), НПФ-1959.

https://ru.wikipedia.org/wiki/Сегре,_Эмилио_Джино

Ферми1963:

Ферми Лаура. Атомы у нас дома. — Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Академии наук СССР, 1963.

Ориг. изд.: Fermi Laura. Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi. — 1954. — 277р.

Ферми1971:

Ферми Э. Научные труды: в 2 т. — М.: Наука, 1971—1972.

КЛАССИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ФЕРМИ. СКОЛЬКО НАСТРОЙЩИКОВ ПИАНИНО В ЧИКАГО?



Несмотря на то, что, кажется, данных в задаче совсем нет, это не так. Известна численность населения Чикаго во времена Ферми — это три миллиона человек. Известно среднее число человек в семье — это два или три человека (имеем миллион семей). Процент семей, имеющих пианино и пользующихся услугами настройщиков — от 3 до 10. Это самые тонкие и сложно определяемые цифры. Возьмем 5% (50000 инструментов, требующих настройки). Дальше — проще: берется частота настройки, скажем, раз в год, количество настроек в день и число рабочих дней в году. Настройка четырех инструментов в день при 250 рабочих днях в году (всего 365 минус 52 воскресенья, 52 субботы, несколько дней праздников) даст 1000 настроек в год и необходимость наличия 50 настройщиков. Что Ферми и проверял по «Желтым страницам» (или их аналогу). Конечно, количество пианино, требующих настройки (процент семей), определено очень приблизительно и, если подставлять границы интервала, результат получит большой разброс (от 30 до 100). Но это лучше, чем ничего, и позволит оценить порядок величины количества настройщиков.

Прошло 60–70 лет и население Чикаго оказалось равно 9 млн человек.

А может, можно узнать население города по количеству настройщиков пианино, взятому из «Желтых страниц»?

Поэтому не случайно, что такой великолепный воспитатель, как Ферми, задавал начинающим, поступающим к нему молодым людям вопрос на здравый смысл: «Скажите, сколько примерно настройщиков роялей в Чикаго?» Ну и действительно, человек, обладающий здравым смыслом, может сообразить, сколько примерно должно быть

роялей, и как сейчас рояль нужно настраивать, и сколько поэтому нужно иметь настройщиков. И разумеется, вот это была проверка на здравый смысл, который лежит в основе любых ваших научных действий. Конечно, догадки, мысли неконтролируемы, но здравый смысл может облегчить, обуздать фантазию вашу, направить ее в нужное направление. И здравый смысл позволяет и правильно расположить ваш труд, определить правильный порядок действий. Можно установить для теоретической физики, например, очень разумный порядок действий.

[Мигдал1978]



Adam1995p21:

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

Baeyer1993p7:

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

Francis1999q1:

Francis Paul. «Back-of-the-Envelope» Calculations. Or: The Seven Habits of Highly Effective Astronomers / ANU Dept. of Physics. — 1999, 25th February. — 7p.

Morrison1963:

Morrison Philip. Fermi Questions // American Journal of Physics. — 1963, August. — Vol. 31, Iss. 8. — P. 626-627.

<https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1969701>

Nasa.gov:

https://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/Numbers/Math/Mathematical_Thinking/fermis_piano_tuner.htm

Santos2009p14:

Santos Aaron. How Many Licks? Or, How to Estimate Damn Near Anything. — Philadelphia, London, 2009. — 176p.

Левитин2019p416-419:

Левитин Дэниел. Организованный ум. Как мыслить и принимать решения в эпоху информационной перегрузки / пер. с англ. Н. Брагиной, Т. Землеруб. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 544с.

Мигдал1978:

Аркадий Бейнусович Мигдал о вопросах здравого смысла в программе «Очевидное-невероятное», 1978 г.

<https://youtu.be/mmrnjbJpi00>

Паундстоун2014p169:

Паундстоун У. Найти умного. Как проверить логическое мышление и творческие способности кандидата. — М.: Альпина паблишер, 2014. — 266с.

Рёслер2017p123:

Рёслер Вольфганг. Физика, рассказанная на ночь. — СПб.: Питер, 2017. — 384с. — Тираж 3000. — Библиогр.: с. 377-383 (94 назв. На нем. яз.).

Тэтлок2018p139-143:

Тэтлок Филип, Гарднер Дэн. Думай медленно — предсказывай точно. Искусство и наука предвидеть опасность. — М.: Издательство АСТ, 2018. — 384с.

Ташнер2018p53-55:

Ташнер Рудольф. Число, пришедшее с холода. Когда математика становится приключением. — М.: Азбука, 2018. — 256с.

Хаббард2009p9-11:

Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / пер. с англ. Е. Пестеревой. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. — С. 9-11.

СКОЛЬКО КОШЕК И ДОМАШНИХ ТЕЛЕФОНОВ В САРАТОВЕ?

К классической задаче Ферми про настройщиков пианино примыкает целый шлейф аналогичных задач, например:

1. Сколько сапожников в городе? [Adam1995q11]

Если такой человек тратит в среднем t часов на ремонт в течение рабочего дня, продолжительность которого около T часов, то T/t — это среднее количество починок, выполняемых в день. Разумеется, некоторые ботинки стоит восстанавливать, а некоторые — нет. Предположим, что «рядовая пара обуви» ремонтируется каждые n лет, что приводит к коэффициенту ремонта $1/n$ в год. При 250 рабочих днях в году, наш сапожник может выполнить в среднем $250T/t$ работ в год, а при населении N в год он обрабатывает N/n пар обуви. Это приводит к расчету $Nt/250nT$ сапожников в регионе. Таким образом, если мы возьмем в качестве нашего региона на этот раз всю территорию США (это, конечно, несколько претенциозно, но это тот вопрос, который мне задают постоянно), то $N \simeq 2.5 \times 10^8$, $t \simeq 1/2$, $T \simeq 10$, $n \simeq 2$, поэтому $C = (2.5 \times 10^8 \times 1/2) / (250 \times 2 \times 10) \simeq 10^4$.

2. Определите скорость роста человеческого волоса (в среднем) в милях в час. [Adam1995q12]

Если волосы подстригают каждые n месяцев (обычно $n \leq 2$) и в среднем срезается x дюймов, то x/n дюймов — длина волос, которая срезается в месяц $\simeq x/n \times 1/(5.280 \times 12) \times 1/(30 \times 24)$ миль/ч $\simeq 10^{-8}$ (x/n) миль/ч. Если $n = 2$, а $x = 1$, то скорость роста волос составляет приблизительно 10^{-8} миль/ч.

3. Сколько таксистов в Бостоне? [Mahajan2014p76]

4. Сколько кошек и домашних телефонов в Саратове? [Кузнецов2006p12] оценивает количество кошек и домашних телефонов в Саратове (кошки отдельно и телефоны отдельно тоже).

Давайте оценим число домашних кошек в Саратове. В Саратове порядка 10^6 человек. В каждой семье около 4-5 человек. Значит, в Саратове порядка 2×10^5 семей. Зная, сколько человек сидит в классе, можно быстро подсчитать долю семей, в которых есть кошки. Это число колеблется от $1/4$ до $1/2$. Таким образом, в Саратове около 5×10^4 - 10^5 домашних кошек. Точно так же можно оценить число домашних собак, телефонов и т.д. Оценки можно делать из разных соображений, здесь важен не столько путь решения, сколько результат.

Например, число домашних телефонов можно оценить так. Я видел телефонные справочники, это две книги по 300-400 страниц. На каждой странице около сотни телефонов. Значит, число домашних телефонов, зарегистрированных на момент создания справочника, порядка 80 тысяч.

[Кузнецов2006p12]

5. Сколько кошек в США? [Stewart_Lori2008]

Сколько в мире кошек? [Eastaway2019p1]

Ответ: 400 или 600 млн.

Сколько коров в Канаде? [Паньшин2016]

Сколько фонарей и телефонных будок на Манхэттене в Нью-Йорке? [Ideanomics2013q4]

7. Сколько женщин подрабатывает, делая маникюр в Питере?
[Frolova2018]

Ответ: Около 13 тыс.

Измеряйте неизмеримое – решайте задачи Ферми <...> Допустим, вас спросили: “Сколько женщин подрабатывает, делая маникюр в Питере?” Чтобы дать приблизительный ответ, можно использовать такую логику:

- Помню, что в Москве население около 12 миллионов. Питер где-то в 2 раза меньше – пусть будет 6 миллионов.
- Половина знакомых девушек делает маникюр у специалиста, около 50% населения – женщины. Значит, в Питере потенциально 1,5 миллионов женщин делают маникюр в салоне.
- На маникюр ходят примерно раз в 2 недели – около 26 раз в год. Значит, за год в Питере это будет $1,5 \text{ млн} * 26 \text{ раз} = 39 \text{ миллионов раз}$.
- На маникюр уходит примерно час – значит, один мастер может за день обслужить 8 клиентов.
- Теперь нужно узнать, сколько требуется мастеров, чтобы успеть сделать маникюр 39 миллионов раз за год при производительности 8 клиентов в день на одного специалиста $39 \text{ млн} / 365 \text{ дней} / 8 \text{ раз в день} = 13 \text{ 356 мастеров маникюра в Питере}$.

Конечно, это примерная цифра. Ведь мастера не работают каждый день, и в расчете не учтены мужчины, которые делают маникюр, дети, а также мужчины мастера. Наверняка что-то еще упущено или перепутано. Но в решении подобных задач важен сам подход. Кстати, такие вопросы любят задавать в крупных компаниях на собеседовании, чтобы проверить, как человек размышляет, думает ли вообще, или сразу сдаётся и говорит, что задачу решить нереально.

Поэтому предлагаю начать тренироваться. Подумаем логически, сколько людей отказалось от своей мечты в пользу лени.

[Frolova2018]

8. Сколько в городе женщин с именем Анна?

Взять население города.

Посчитать по базе данных.

Посчитать район. Пересчитать результат пропорционально населению города.

Посчитать большой дом. Результат также пересчитать пропорционально населению города.

Найти примерный процент женщин с таким именем в общей структуре населения.

9. Сколько поездов в Московском метро.

https://yandex.ru/q/question/skolko_vsego_poezdov_v_moskovskom_cd0f340a



The screenshot shows a Yandex Q&A interface. On the left is a sidebar with 'Яндекс Кью' logo and navigation options: 'Популярное', '# Темы', and 'Сообщества'. The main content area features a post by 'Sergey Doshchenko' (758 karma) dated '10 февр 2016'. The post text discusses calculating the number of trains in the Moscow Metro based on station waiting times and the total number of stations (267). Below the text are interaction buttons for 'лайк' (20), 'ответ' (2), and 'поделиться'. On the right, there is a share icon and a view count of '8,9K'.

10. Глубина заложения станций метрополитена.

[Андреев2019ср67]

<https://book.etudes.ru/articles/underground/spread/>

11. Какую цену вы установили бы за мойку всех окон в Сиэтле?

[Паундстоун2012р141]

Вопрос рассмотрен подробно. Самое сложное — определить количество окон и при этом не промахнуться на два порядка. Пандстоун приводит и возможное решение.

12. Сколько часов понадобится, чтобы вымыть каждое окно в Лондоне? [Wojzeh2016]

Часами окна, конечно, не моют. А моют человеко-часами.

13. Какой процент всей воды, имеющейся в мире, содержится в одной корове? [Ушбаев2013]

Вопрос есть в [Паундстоун2012р43]

Человек на 80% состоит из воды? Это не так (процентов на 60).

Воды 1.4 млрд куб. км — по Википедии.

Проверка: Площадь Земли 510 млн кв. км.

$\frac{3}{4}$ занимают океаны. Средняя глубина 3 км

(1147 куб. км). Близко. С точностью до порядка.

$1.4 \times 10^9 \text{ км}^3 = 1.4 \times 10^{18} \text{ м}^3$. Вес 1.4×10^{21} кг.

Вес коровы 400 кг, из них воды 240 кг = 2.4×10^2 кг.

Воды в корове = $2.4 \times 10^2 / 1.4 \times 10^{21} = 1.7 \times 10^{-19}$.

Процент $1.7 \times 10^{-21}\%$.

Как-то так, если нигде не ошибся.

14. Сколько весит этаж небоскреба?

Сколько весит Эмпайр-стейт-билдинг? [Левитин2019р416-419]

Сколько весит статуя Свободы? [Стернберг2013р184]

Ответ: 450 тыс. фунтов.

Сколько весит весь лед на хоккейном катке?

[Паундстоун2004р175]

<http://www.bolshoyvopros.ru/questions/335728-skolko-vesit-ves-led-na-hokkeynom-katke.html>

15. Насколько сверхзвуковой «Конкорд» быстрее улитки?

[Paulos2001р15]

Ответ: В 400 тыс. раз.

Adam1995:

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

Eastaway2019:

Eastaway Rob. Maths on the Back of an Envelope: Clever Ways to (Roughly) Calculate Anything. — HarperCollins, 2019. — 202p.

Mahajan2014:

Mahajan Sanjoy (1969-). The Art of Insight in Science and Engineering: Mastering Complexity. — Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2014. — XVIII, 390p. — References: p. 359-361 (50 items).

Paulos2001:

Paulos, John Allen. Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences. — New York: Hill and Wang, 2001. — xvi, 180p.

Stewart_Lori2008:

Stewart Lori. Fermi Questions.

https://www.education.com/activity/article/Fermi_middle

Wojzeh2016:

Странные вопросы на собеседованиях 2016.

<https://wojzeh.livejournal.com/1196945.html>

Андреев2019с:

Андреев Н. Экскурсия по лаборатории популяризации математики / Математический институт имени Стеклова // Youtube: Мальткульт-привет! :: Алексей Савватеев и Ко. — 31 мая 2019.

<https://www.youtube.com/watch?v=IzIewgnJXrA>

Кузнецов2006:

Кузнецов А.П. Как работают и думают физики. — М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. — 172с.

Левитин2019:

Левитин Дэниел. Организованный ум. Как мыслить и принимать решения в эпоху информационной перегрузки / пер. с англ. Н. Брагиной, Т. Землеруб. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 544с.

Паньшин2016:

Паньшин И. Вопросы Ферми и здравые ответы на дурацкие задачи.

<https://newtonew.com/science/fermi-questions>

Паундстоун2004:

Паундстоун У. Найти умного. Как проверить логическое мышление и творческие способности кандидата. — М.: Альпина Паблишер, 2014. — 266с.

Паундстоун2012:

Паундстоун У. Действительно ли вы умны, чтобы работать в Google? Коварные вопросы, головоломки в стиле дзен, предельно сложные задачи и другие сбивающие с толку приемы, которые применяют на собеседованиях и которые очень полезно знать, если вы хотите получить работу и найти свое место в новой экономике / пер. с англ. В. Егорова. — М.: Карьера Пресс, 2013. — 400с. — Библиогр.: с. 382-387 (89 назв.).

Стернберг2013:

Стернберг Р., Кауфман Дж., Григоренко Е. Отточите свой интеллект / пер. с англ. П.А. Самсонова. — Минск: Попурри, 2013. — 624с. — Библиогр. нет.

Ушбаев2013:

Ушбаев Ануар. Выбор следующего президента как задача Ферми // Anuar D. Ushbayev's blog, 4.06.2015.

<https://anuarushbayev.wordpress.com/2015/06/04/choice-of-next-president-as-a-fermi-problem>

Frolova2018:

Фролова Юлия. 6 способов развить логическое мышление, если ты гуманитарий. «Перепрошить» можно любой мозг // GeekBrains. — 2018, 6 июня.

https://gb.ru/posts/how_to_logic

СТРАННЫЕ ВОПРОСЫ НА СОБЕСЕДОВАНИЯХ — 2016:

- Вы бы бились с одной уткой размером с лошадь или со ста лошадьми размером с утку?
- Какой магической силой вы бы хотели обладать?
- Как бы вы посчитали количество красных машин в городе?
- Мы встретились с вами в лифте, и у вас есть время до 10-го этажа убедить меня взять вас на эту работу. Поехали!
- Если бы вы были премьер-министром на один день, какой закон вы бы изменили и почему?
- Сколько шариков для пинг-понга поместится в школьный автобус?
- Можно ли вас перепродать? Как я могу продать вас клиенту?
- Сколько часов понадобится, чтобы вымыть каждое окно в Лондоне?

<https://mi3ch.livejournal.com/3304078.html?page=2>

Доступ возможен через web.archive.org

Ссылка на оригинал:

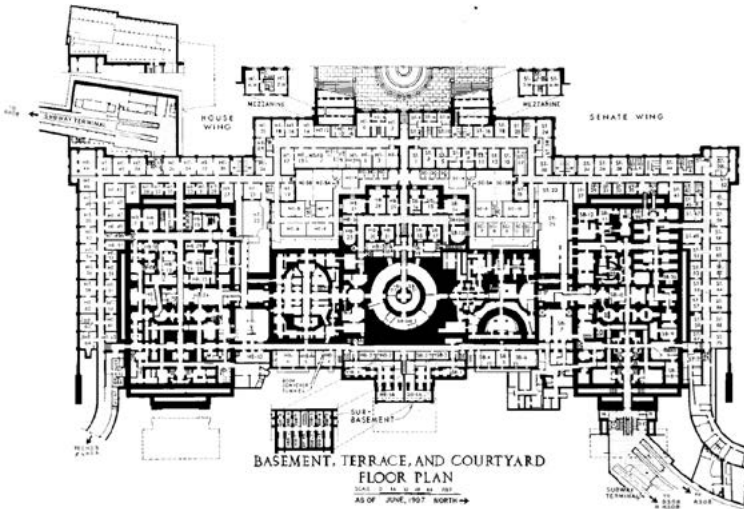
https://www.glassdoor.ca/Award/Best-Places-to-Work-Canada-LST_KQ0,26.htm

КАК НАБИТЬ БОИНГ-337 ТЕННИСНЫМИ МЯЧАМИ, КОНГРЕСС – АРБУЗАМИ, А ТЕЛЕФОННУЮ БУДКУ – ЛЮДЬМИ

Эту группу задач можно обозначить, как **задачи на размещение**.

1. Сколько арбузов поместится в здании Конгресса?
[Paulos2001p14]

Капитолий. Площадь пола: 67 тыс. кв. м. Поэтажные планы.
(Купол, кстати, весит 2.5 тыс. тонн!)



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_Capitol_basement_floor_plan_1997_105th-congress.gif

Несмотря на большую площадь помещений, здание Конгресса неудобно использовать для хранения арбузов. Высокий первый этаж и широкая и длинная лестница к нему не способствуют погрузке-разгрузке. Отсутствие холодильников ограничивает срок хранения. Да и законодатели, наверное, будут против.

2. Сколько теннисных шариков поместится в помещении, в котором вы находитесь сейчас? [Паундстоун2012p135-136]: <Решение.>
3. Сколько мячей для гольфа наполнят чемодан? [Adam1995q1]
4. Сколько мячей для гольфа поместится в школьном автобусе? [Паундстоун2012p165]
5. Сколько кусочков попкорна заполнят комнату? [Adam1995q2]
6. Сколько футбольных мячей поместится в средних размеров доме? [Adam1995q3]
7. Сколько человек может поместиться в телефонной будке? Рекорд на 1984 г. — 24 человека. [Бондаров2016q1]

- Алкуин о размещении бочонков вина

В задачах Алкуина размещению посвящены следующие задачи:

27. Задача о размещении домов в городе.
28. Задача о треугольном городе.
29. Задача о круглом городе.
30. Задача о базилике.
31. Задача о винном погребе.

- Армия Красса копает ров.

Армия римского полководца Красса в составе 6 легионов прорыла ров шириной 4.5 м, глубиной 4.5 м и длиной 55 км, чтобы запереть армию Спартака. Сколько кубометров земли выкопал каждый легионер?

[Московец2018p27qP.16]

Adam1995:

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

Paulos2001p14:

Paulos John Allen. Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences. — New York: Hill and Wang, 2001. — xvi, 180 p.

Бондаров2016:

Бондаров М.Н. Роль оценочных задач в преподавании физики // Сборник научно-практических материалов по итогам IV Московских методических чтений «Фестиваль методических идей». — М., 2016. — С. 417-422.

http://xn--80aaehfbdnibse7ai3audo8byp.xn--p1ai/publikacii/sbornik_n-p-mater_mn.pdf

Московец2018p27qP.16:

Московец Д.В. История и математика рука об руку: 50 математических задач для школьников на основе исторических событий. Древний Рим, Греция, Египет и Персия. — М.: Издательские решения, 2018. — 64с.

<https://mathistory.xyz/>

Паундстоун2012:

Паундстоун У. Действительно ли вы умны, чтобы работать в Google? Коварные вопросы, головоломки в стиле дзен, предельно сложные задачи и другие сбивающие с толку приемы, которые применяют на собеседованиях и которые очень полезно знать, если вы хотите получить работу и найти свое место в новой экономике / пер. с англ. В. Егорова. — М.: Карьера Пресс, 2013. — 400с. — Библиогр.: с. 382-387 (89 назв.).

ЗАДАЧИ О РЫНКАХ

1. Сколько сигарет выкуривают в этой стране (США) ежегодно? — 5×10^{11} [Paulos2001p11q6]
2. Сколько пицц поедается каждый год в США? [Paulos2001p14]
3. Сколько пицц закажут в вашем штате в этом году? [Talamo1996cq18]
4. Сколько весит весь мусор, собираемый в США за год? [Weinstein&Adam2008p43q3.8]
5. Сколько мусора выбрасывают все американские семьи за год? [Swartz1993p4-6: Fermi questions — order of magnitude; Talamo1996cq9]
6. Сколько подузников покупается в год в Великобритании? [Wojzeh2016]
7. Сколько флаконов шампуня производится в мире за год? [tproger2016; Паньшин2016]
8. Сколько автозаправок в Соединенных Штатах? (Этот вопрос был задан в General Motors.) А как насчет Великобритании? Или в России? [tproger2016; Ideanomics2013; Crack2014p62q5.5.10; Паньшин2016; Скиена2020p51q_c]
9. Сколько АЗС в области Парижа? [Wojzeh2016q8]
10. Сколько пылесосов производится в год? (Google) [tproger2016]
11. Сколько галлонов бензина потребляется автомобилями каждый год в США? [Talamo1996cq5]
12. Оцените спрос на пластиковые пакеты в США. [Ideanomics2013q6]

13. Оцените годовой спрос на аккумуляторные батареи для автомобилей. [Crack2014p63q5.5.19]
14. Ежедневная выручка супермаркета. [Adam1995q17]
Адам рассматривает среднее количество работающих касс, количество посетителей в кассе, средний чек и количество рабочих дней в неделе.
15. Сколько приносит Starbucks на Таймс-сквер в год? [Ideanomics2013q9]
16. Сколько картофеля в килограммах продает Макдоналдс в год в Великобритании? [Ideanomics2013q11]
17. Сколько ресторанов Макдональдс в США? [Crack2014p62q5.5.7]
18. Оцените бадмингтонный рынок в США. [Crack2014p.63q5.5.20]
19. Вы должны построить пивной завод, чтобы он обслуживал всех потребителей определенной марки в штате Огайо. Каких он должен быть размеров? Определите, какое количество пивных банок потребуется производить в год. [Crack2014p63q5.5.21]
20. Сколько нефти потребляется в США? [Goldstein1997q3]
21. Сколько бутылочек отельного размера с шампунем и кондиционером производится в мире за год? [BrainTeasers2000]
22. Сколько новых легковых автомобилей продается в США каждый год? [Muehlhauser2013]
23. Сколько туалетной бумаги потребляется в Новой Зеландии? [Youtube.FermiProblems.2016]
24. Как оценить количество машин в США, которые поменяют масло в следующий вторник? [Clements2016]
25. Сколько галлонов (3.78 л) мороженого продается в Соединенных Штатах каждый год? [Скиена2020p51q_e]
26. Сколько баскетболистов покупает Национальная баскетбольная ассоциация каждый год? [Скиенаp202052q_f]

27. Сколько галлонов бензина продает в день типичная бензоколонка? [[Скиена2020p52q_1](#)]
28. Сколько чая в Китае? [[Скиена2020p52q_p](#)]
29. Сколько бензина использовано автомобилями с момента их изобретения?
<http://www.google.com/base/a/1551686/D2256477437979091778>
 Доступ возможен через web.archive.org
30. Сколько красных машин в Москве? Как бы вы посчитали количество красных машин в городе? [[Wojzeh2016q1](#); [Савватеев2019:00:42](#)]

Популярность цветов автомобилей в мире.

https://newsroom.axalta.com/2020-12-14-Axalta-continues-automotive-color-leadership-with-68th-Global-Automotive-Color-Popularity-Report#assets_all

19% — Black

15% — Gray

9% — Silver

7% — Blue

5% — Red

3% — Brown

2% — Yellow/Gold

1% — Green

1% — Others

[Adam1995q17](#):

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

[BrainTeasers2000](#):

Brain Teasers // The Boston Consulting Group. — 2000.
http://bcg.com/careers/interview_prep/brain_tasers.asp
 Доступ возможен через web.archive.org

Clements2016:

Clements Greg. Fermi Problem, Number of Oil Changes on One Day in USA.

<https://www.youtube.com/watch?v=JZdl-7UVync>

Crack2014p62-63:

Crack Timothy Falcon. Heard on the Street: Quantitative Questions from Wall Street Job Interviews. — 15th Edition. — 2014. — 278p. — References: p. 309-320 (207 items).

Ideanomics2013:

На рус. яз.: Самые каверзные вопросы на собеседованиях в самые крутые компании. 11 задачек, от которых расплавится мозг.

<https://ideanomics.ru/articles/1100>

Goldstein1997q3:

Prof. Goldstein Gary R., Prof. Sherwin Martin. The Nuclear Age: Its Physics and History: Some Background: Estimation.

http://emerald.tufts.edu/as/physics/courses/physics5/estim_97.html
Доступ возможен через web.archive.org

Muehlhauser2013:

Muehlhauser Luke. Fermi Estimates // LessWrong. — 2013, 11 Apr. (= Задачи Ферми).

<https://www.lesswrong.com/posts/PsEppdvgriz5xAHG/fermi-estimates>

Paulos2001:

Paulos John Allen. Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences. — New York: Hill and Wang, 2001. — xvi, 180p.

Swartz1993p4-6:

Swartz, Clifford E. Used Math for the First Two Years of College Science. — 2 ed. — College Park, MD: American Assn of Physics Teachers, 1993. — 264p. (First edition: 1973).

Talamo1996a:

Talamo Sheila. Classic Fermi Questions with annotated solutions.

<http://mathforum.org/workshops/sum96/interdisc/classicfermi.html>
Доступ возможен через web.archive.org

Talamo1996b:

Fermi Problems by Sheila Talamo. — 1996, Dec.

<http://mathforum.org/workshops/sum96/interdisc/sheila1.html>
Доступ возможен через web.archive.org

Talamo1996c:

Fermi Questions — General Collection.

<http://mathforum.org/workshops/sum96/interdisc/fermicollect.html>

Доступ возможен через web.archive.org

tproger2016:

Что могут спросить на собеседовании: подборка задач Ферми.

<https://tproger.ru/problems/fermi>

Weinstein&Adam2008p43q3.8:

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).

Wojzeh2016:

Странные вопросы на собеседованиях 2016.

<https://wojzeh.livejournal.com/1196945.html>

Youtube.FermiProblems.2016:

Fermi Problems: from toilet paper to housing the world:

www.youtube.com/watch?v=_PEQCX0la2Y

Паньшин2016:

Паньшин И. Вопросы Ферми и здравые ответы на дурацкие задачи.

<https://newtonew.com/science/fermi-questions>

Савватеев2019:

Савватеев против Илона Маска. — 2019.

<https://www.youtube.com/watch?v=IMlrNbK4JGI>

Скиена2020p51-52:

Скиена Стивен С. Наука о данных. Учебный курс. — М.: Вильямс, 2020. — 544с. — Библиогр.: с. 531-538 (104 назв.).

Ориг. назв.: Steven S. Skiena. The Data Science Design Manual.

ВОПРОСЫ ФЕРМИ ДЛЯ НОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. ЕМКОСТЬ СТРАХОВОГО РЫНКА

Задача по определению емкости рынка страховок. Хаббард называет ее «Вопросы Ферми для нового предприятия».

Чак Макей из компании Wizard of Ads всячески поощряет компании использовать «вопросы Ферми» для оценки размера своего рынка в том или ином районе. Недавно один страховой агент попросил Чака дать совет, стоит ли его компании открывать офис в Уичита-Фоллз (штат Техас), где до сих пор у нее не было представительства. Будет ли на данном рынке спрос на услуги еще одного страховщика? Чтобы проверить реализуемость плана, Макей воспользовался методикой «вопросов Ферми» и начал с проблемы численности населения.

Согласно общедоступным статистическим данным, жители Уичита-Фоллз владели 62 172 автомобилями, а средняя годовая автомобильная страховая премия в штате Техас составляла 837,40 долл. Макей предположил, что почти все машины застрахованы, поскольку это обязательное требование, поэтому общая выручка от страхования составляла ежегодно 52 062 833 долл. Агент узнал, что средняя комиссионная ставка составляет 12%, так что все годовое комиссионное вознаграждение составляло 6 247 540 долл. В городе действовали 38 страховых агентств. Если разделить все комиссионное вознаграждение на 38 агентств, то окажется, что годовые комиссионные одного из них составляют в среднем 164 409 долл.

Рынок, по всей видимости, был уже достаточно насыщен, поскольку численность населения Уичита-Фоллз сократилась со 104 197 человек в 2000 г. до 99 846 человек в 2005 г. Кроме того, на данном рынке уже работало несколько крупных фирм, поэтому доходы нового агентства были бы еще меньше – и все это без учета накладных расходов.

Вывод Макея: скорее всего, новое агентство в этом городе вряд ли будет прибыльным, поэтому от плана следует отказаться.

[Хаббард2009р11-12]

Хаббард2009р11-12:

Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / пер. с англ. Е. Пестеревой. – М.: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2009. – С. 9-11.

Расчеты



kolesnikov.org/Calc

СКОЛЬКО ЧЕЛОВЕК В ЗДАНИИ? (СТОЯНКА, ОТДЕЛЬНЫЙ ЭТАЖ, СТОЛОВАЯ)

Что более полезно для оценки числа людей, которые работают в 30-этажном здании:

- а) число машин на парковке;
- б) число людей на ланче в кафетерии;
- в) число людей на 11 этаже.

Ideanomics2013:

На рус. яз.: Самые каверзные вопросы на собеседованиях в самые крутые компании. 11 задачек, от которых расплавится мозг.

<https://ideanomics.ru/articles/1100>

Which of these pieces of information would be most useful in estimating the number of people who work in a 30-story building?

- a. The number of cars in the parking lot.
- b. The number of people eating lunch in the cafeteria.
- c. The number of people on the 11th floor.

Mondalek&Nisen2013:

Alexandra Mondalek and Max Nisen. 13 Brain-Melting Questions That Companies Ask During Interviews// 10.06.2013

<http://www.businessinsider.com/answers-to-interview-brain teasers-2013-7>

СКОЛЬКО РЫБ В ОЗЕРЕ?

Как посчитать количество рыб в озере?

Что может быть проще? Озеро — осушить, рыбу пересчитать. И убедиться, что мероприятия прошлого года по увеличению рыбных запасов имели успех.

А вот люди, которым дорого не чистое знание, а еще и озеро, могут поступить так:

Отловить тысячу рыб, пометить их и выпустить обратно. У меня это ассоциируется — надеть на них кольца. Как их пометить, можно другой способ придумать. Выпущенные рыбы перемешаются с остальными. Далее ловлю надо повторить. И пересчитать число меченых рыб из тысячи. Пусть это будет 50 штук, т.е. 5%. Тогда можно считать, что первая тысяча рыб составляет 5% от общего количества. А всего рыб двадцать тысяч.

[Хаббард2009р147]

[Паулос2021р175]

Число рыб в озере. Число такси в городе. [Грима2014р76]

Грима2014р76:

Грима Пере. Абсолютная точность и другие иллюзии. Секреты статистики // Мир математики: в 40 т. : пер. с исп. — Т. 13. — М.: Де Агостини, 2014. — 144с.

Паулос2021р175:

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

Хаббард2009р147:

Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / пер. с англ. Е. Пестеревой. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009.

У ВАС ЕСТЬ СТОПКА ДЕСЯТИРУБЛЁВЫХ МОНЕТ ВЫСОТОЙ С ЭЙФЕЛЕВУ БАШНЮ. СМОЖЕТЕ ЛИ ВЫ УМЕСТИТЬ ЭТИ МОНЕТЫ В СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКУЮ КОМНАТУ?

Сначала стандартное решение:

Объем стопки $3 \text{ см} \times 3 \text{ см} \times 325 \text{ м}$, что составляет 0.3 куб. м (это с запасом). Тяжело представить комнату, куда такой объем не влезет. Проблема может быть только в том, что в дверь не пролезет, но вроде по условиям задачи монеты не склеены.

Более элегантный ответ:

Высота Эйфелевой башни 325 м .

Размещаем в комнате 200 стопок.

Это двадцать рядов по 10 стопок. Высота стопки 2 м .

Диаметр монеты — сантиметра 3 максимум. Все уместится на 1 кв. метре .

А если высоту сделать в 50 см , то понадобится меньше 4 кв. м . Оказывается, это просто.

<https://newtonew.com/overview/fermi-questions>

Еще три задачи про стопки:

Сколько четвертаков (25-центовых монет) в стопке, которая будет высотой с Эмпайр-стейт-билдинг? А какова стоимость этой стопки в долларах? [Asaravala2003]

Какую высоту будут иметь долларовые купюры, сложенные одна на другую, если общая сумма составит один триллион долларов? [Talamo1996a]

Если вы получили бы стопку монет достоинством в 1 пенс каждая и высотой с Эмпайр-стейт-билдинг, поместились бы все эти деньги в одно помещение? [Паундстоун2012p117]

* Конечно, диаметр десятирублевой монеты равен 22 мм , но нам важна оценка в большую сторону.

Паундстоун2012p117:

Паундстоун У. Действительно ли вы умны, чтобы работать в Google? Коварные вопросы, головоломки в стиле дзен, предельно сложные задачи и другие сбивающие с толку приемы, которые применяют на собеседованиях и которые очень полезно знать, если вы хотите получить работу и найти свое место в новой экономике / пер. с англ. В. Егорова. — М.: Карьера Пресс, 2013. — 400с. — Библиогр.: с. 382-387 (89 назв.).

Asaravala2003:

Asaravala Amit. Landing a Job Can Be Puzzling.

<https://www.wired.com/2003/06/landing-a-job-can-be-puzzling>

Gleeson2007:

Gleeson Austin. Physics 341. Spring 2007. Homework #1 (= Домашнее задание по физике) / Department of Physics, University of Texas at Austin.

<https://web2.ph.utexas.edu/~gleeson/HMW1.pdf>

Доступ возможен через web.archive.org

Talamo1996a:

Talamo Sheila. Classic Fermi Questions with annotated solutions.

<http://mathforum.org/workshops/sum96/interdisc/classicfermi.html>

Доступ возможен через web.archive.org

ДЕНЬГИ ПРИНЯТО ХРАНИТЬ В БАНКЕ. СКОЛЬКО ДОЛЛАРОВ ПОМЕСТИТСЯ В ТРЕХЛИТРОВУЮ БАНКУ?

Долларовая купюра весит 1 г. Будем считать приблизительно, что ее объем 1 куб. см. В литре 3000 куб. см. Т. е. максимум в трехлитровую банку влезет 300 тыс. Разумно взять понижающий коэффициент где-то два, поскольку банка круглая и т.д. Поместится тогда 150 тыс. долларов.

1. Какова высота национального долга США, если его перевести в одноцентовые монеты и положить их друг на друга? [Gleeson2007q6a]
2. Если эти монеты распределить равномерно по территории США, то какое расстояние будет между монетами? [Gleeson2007q6b]
3. Сколько тонн меди потребуется для изготовления этих монет? [Gleeson2007q6c]
4. Сколько стоит кг сушеных долларов?
Одна стодолларовая купюра весит 1 г.
1000 купюр весит 1 кг, а стоит 100 тыс.



Gleeson2007:

Gleeson Austin. Physics 341. Spring 2007. Homework #1 (= Домашнее задание по физике) / Department of Physics, University of Texas at Austin.

<https://web2.ph.utexas.edu/~gleeson/HMW1.pdf>

Доступ возможен через web.archive.org

СКОЛЬКО НУЖНО ВЕРТОЛЕТОВ, ЧТОБЫ РАЗБРОСАТЬ ТРИЛЛИОН ДОЛЛАРОВ?

Вертолет с деньгами (по С.М. Гуриеву*) раскидывает триллион долларов. Сколько весит триллион долларов?

1 трлн грамм = 1 млрд кг = 1 млн тонн (если по 1 доллару).

Разделить на 100, если купюры стодолларовые.

Итого 10 тыс. тонн.

Грузоподъемность вертолета тонн 20, тогда потребуется 500 вертолетов.

Если в Нью-Йорке 20 млн жителей, то на каждого придется 50 тыс. долларов. А если раскидать на всех американцев, то каждому достанется 3.3 тыс. долларов.

В каком-то фильме герои бегают с мешком с 7 млн долларов двадцатками. Это 350 кг.

* Минюст РФ признал С.М. Гуриева «иностранным агентом».

СРАВНЕНИЕ СТОИМОСТИ ДОЛЛАРОВОЙ НАЛИЧНОСТИ И ЗОЛОТА

Далее речь идет исключительно о современных долларах США (купюра 100 долларов).

Одна долларовая купюра любого номинала весит приблизительно 1 г. Для этого нужно взвесить только 100 купюр и разделить, соответственно, на 100. Пачка из 100 стодолларовых купюр стоимостью десять тысяч долларов будет весить 100 г.

1 кг стодолларовых купюр составит 100 тыс долларов.

Вес одного миллиона долларов в купюрах — 10 кг.

В деле Улюкаева А.В. фигурировало 2 млн долларов весом 22 кг, если я не ошибаюсь.

[https://ru.wikipedia.org/wiki/](https://ru.wikipedia.org/wiki/Улюкаев,_Алексей_Валентинович)

[Улюкаев,_Алексей_Валентинович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Улюкаев,_Алексей_Валентинович)

Палета стодолларовых купюр стоит где-то 90-100 млн долларов. В прессе упоминалось о передаче американскими спецслужбами крупных сумм наличными деньгами. Впрочем, американские банки проводят данную операцию в обычном режиме, выдавая зарубежным банкам необходимую им сумму наличных.

Теперь о золоте. Тройская унция золота (приблизительно 31.1 г) стоит на 15.08.2023 1906.00 долларов США. Для определения стоимости килограмма надо умножить на 32. Это составит около 61 тыс. долларов.

Напомним, что килограмм долларов в 100-долларовых купюрах стоит 100 тыс., т. е. золото такой же стоимости тяжелее примерно в 1.6 раза.

Палета золота при весе в 1 т будет стоить 39 млн долларов. Надо отметить, что при площади палеты в 1 кв. м золото растечется по нему тонким слоем в 5 см (плотность золота — 19.3 г/см³). Хотя с учетом упаковки толщина слоя немного вырастет.

Также 1 т золота может быть размещена в виде куба со стороной 22 см.

Для сравнения приведем плотности других материалов:

Платина — 21.5 г/см³

Иридий — 22.65 г/см³

Палладий — 12.02 г/см³

Сталь — 7.8 г/см³

Уран — 19.07 г/см³

Интересна плотность бумаги. Пачка офисной бумаги имеет плотность в 80 г/м². Плотность бумаги принято считать в граммах на квадратный метр. Это совсем другая плотность.

Пачка бумаги 500 л весом 2.5 кг имеет размер 210 × 297 × 50 мм, отсюда путем несложных расчетов можно найти искомую плотность (переведя все в граммы и сантиметры) :

$$2500/3118.5 = 0.8 \text{ г/см}^3$$

Данный результат вызывает вопрос: если бросить пачку в воду, то она, по идее, должна плавать?

ПОТРЕБЛЕНИЕ ТОПЛИВА. САМОЛЕТ И АВТОМОБИЛЬ

В самолете потребление топлива на 100 км может быть меньше, чем у автомобиля.

Возьмем, к примеру, А380. Часовой расход топлива — 12-13 т. Скорость — 900 км/ч. Количество пассажиров — 853 человека. Итого: $12000 \text{ кг} / (900 \text{ км/ч} \times 853) = 1.5 \text{ кг}$ топлива на 100 км. Так как в литре топлива 0.75 кг, то получается около 2 литров на 100 км на 1 пассажира.

Сколько же человек надо погрузить в автомобиль, чтобы достичь подобного результата? (2-3-4 человека, наверное).

СКОЛЬКО НУЖНО ОДНОГАЛЛОННЫХ ВЕДЕР, ЧТОБЫ ВЫЧЕРПАТЬ ВСЕ ОЗЕРО ЛОХ-НЕСС В ШОТЛАНДИИ И ОСТАВИТЬ ЧУДОВИЩЕ БЕЗ ВОДЫ?

По данным Wikipedia, площадь озера Лох-Несс составляет 56 кв. км. Максимальная глубина — 230 м. Средняя глубина — 132 м. Средняя глубина по определению — отношение объема воды к площади поверхности.

Объем воды в озере:

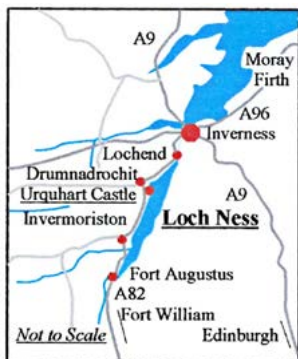
$$7.4 \text{ км}^3 = 7.4 \times 10^9 \text{ м}^3 = 7.4 \times 10^{12} \text{ литров.}$$

Поскольку в галлоне примерно 3.8 литра, то нам потребуется 2×10^{12} одногаллонных ведер, чтобы вычерпать озеро Лох-Несс.

Если набирать 1 ведро в секунду, то потребуется где-то 63 тыс. лет. Данный способ вряд ли позволит в обозримое время очистить озеро от воды.

Однако можно по берегу озера разместить людей и поручить им черпать ведрами. Если площадь озера 56 кв. км и считать его квадратом, то периметр по берегу будет примерно 30 км. Размещая по 1 человеку на метр, мы сможем вычерпать озеро уже за 2 года. Но озеро Лох-Несс не квадрат, а вытянутое, и береговая линия будет больше.

[Adam1995q7]



https://en.wikipedia.org/wiki/Loch_Ness

Adam1995q7:

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

СКОЛЬКО НУЖНО УПАКОВОК ЗУБНОЙ НИТИ, ЧТОБЫ ЗАКЛЮЧЕННЫЕ СВИЛИ ИЗ НЕЕ ВЕРЕВКУ И СПУСТИЛИСЬ СО СТЕНЫ ВЫСОТОЙ 18 ФУТОВ?

Такой случай действительно произошел. Заключенные свили трос толщиной с телефонный шнур и спустились со стены.

В статье приняты следующие исходные данные:

Толщина зубной нити (флосса) 0.5 мм при стандартной длине в 55 ярдов. Длину нити измерить легко: вытащить из коробки и воспользоваться рулеткой или линейкой. Толщину измерить сложнее. Хотя она, может быть, написана на коробке.

Толщина телефонного кабеля взята за 4 мм.

Тогда для толщины 1 мм необходимо взять четыре нити, а для 4 мм потребуется примерно 64 нити.

Переведем футы и ярды в метры:

18 футов = 5.5 метров — это высота стены.

55 ярдов = 50 метров — это длина одной нити.

$50/5.5 = 9$, одну нить можно свернуть 9 раз.

$64/9 = 7.1$ — потребуется упаковок.

[Adam1995q9]

{Авторский ответ: 7.

Я бы для надежности взял 8 упаковок. }

Adam1995q9:

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

ЗАДАЧА ОБ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЖГУТАХ

Следующая задача пришла из астрономии. Говорят, что ее задавали на астрономическом конгрессе известным астрономам и никто не дал правильный ответ. Автор услышал данную задачу в Пулковской обсерватории.

Если Землю вытянуть в виде тонкого жгута до Солнца, то какая толщина у этого жгута: тоньше мизинца или толще? А если до ближайшей звезды? А если до Млечного Пути: не будет ли жгут тоньше молекулы?

Задача, на самом деле, решается очень легко, но очевидный ответ не просматривается.

Лобовое и очевидное решение: вычислить объем Земли и посмотреть на объем жгута.

Объем шара $\frac{4}{3} \times \pi \times R^3$, если принять радиус Земли 6400 км или 6.4×10^6 м, то получим объем Земли: 1.097×10^{21} м³.

Теперь рассмотрим объем жгута. Для простоты будем считать его сечение квадратным.

Расстояние от Земли до Солнца 150 млн км или 1.5×10^{11} м.

Если мы разделим объем Земли на длину жгута, то получим площадь его сечения: 7.3×10^9 м², из которой путем извлечения корня можно определить толщину жгута:

$$8.5 \times 10^4 \text{ м или } 85 \text{ км,}$$

что очевидно, толще мизинца.

Если считать жгут с круглым сечением, то его $R = \sqrt{S/\pi} = 4.8 \times 10^4$ м, а его толщина равна удвоенному радиусу или 96 км.

Таким образом, приводимый ответ в 100 км является корректным.

Однако задача имеет более простое оценочное решение.

Посмотрим на Землю как на куб с гранью 12 тыс. км, это приблизительно в 10 000 раз меньше расстояния до Солнца (с ошибкой в 25% — =:). Две другие грани уменьшим в 100 раз и получим толщину жгута в 120 км, что, очевидно, несколько больше толщины мизинца. Вычисления очень просты, а ответ не сильно отличается от точного для такой сильно гипотетической задачи.

Рассмотрим вопрос замены шара кубом в два радиуса шара. Условно шар можно положить в этот куб. Определим коэффициент объемной коррекции.

Объем шара $\frac{4}{3} \times \pi \times R^3$, объем куба $(2R)^3 = 8R^3$.

$$a \times \frac{4}{3} \times \pi \times R^3 = 8R^3,$$

$$a = 1.91,$$

т. е. при замене шара кубом размером в диаметр, объем увеличивается почти в два раза. Это надо учитывать, когда вы заполняете какое-либо помещение теннисными мячами. (Отметим, что есть более эффективные способы размещения шаров в ограниченном пространстве).

Теперь растянем Землю до ближайшей звезды. Это Альфа Центавра, 4 световых года.

Скорость света, как известно из многочисленных опытов, составляет грубо 300 тыс. км/с (3×10^8 м/с).

В сутках $60 \times 60 \times 24 = 86\,400$ секунд.

В году 365 дней и 31 536 000 секунд.

Четыре года содержат 126 144 000 секунд (1.2×10^8 с).

Несмотря на то, что на 4 года с высокой степенью вероятности придется один високосный год, по моему мнению, этим в данном расчете можно пренебречь.

Таким образом, длина жгута составит 3.6×10^{16} м, что в 2.4×10^5 (240 000) раз больше расстояния от Земли до Солнца. Соответственно, сечение нашего жгута меньше в 240 000 раз, а каждая сторона при квадратном сечении меньше в 500 раз. (Если точно: 489 раз). Если в жгуте до Солнца это было 85 км, то теперь жгут вытянулся до 170 м.

Продолжим вытягивание жгута: теперь цель — Млечный Путь.

Центр нашей Галактики находится в направлении Созвездия Стрельца. До него 27 700 световых лет.

Это расстояние больше расстояния до Альфа Центавра в 6925 раз. Толщина нашего жгута уменьшится в 83 раза и составит 2 метра, что опять-таки толще мизинца.

Таким образом, мы видим, что расчеты гипотетического вытягивания реальных предметов на космические расстояния показывают вполне обозримый размер жгута.

Разновидностью данной задачи можно считать задачу Парселла [**Purcell1984Miscellaneous1**], где предлагается из железа земной коры сделать провод и протянуть его на радиус видимой части Вселенной (10^{28} см). Расчеты показывают, что диаметр провода будет порядка 1 мм.

Вывод из этой задачи следующий:

Даже простая задача с очевидным решением (как вычислить толщину жгута через объем) далеко не так очевидна навскидку и, как показала практика, даже профессионалы с ходу не дают правильного решения.

Purcell1984:

Purcell Edward M. The Back of the Envelope: A column in the American Journal of Physics. — Jan 1983 — July 1984.

http://www.vendian.org/envelope/dir0/column_purcell.html

https://www.aapt.org/Publications/AJP/Readers/back_of_the_envelope.cfm

Purcell1984Miscellaneous1:

<https://www.aapt.org/Publications/ajp-themepdfsandpurcell/April1983-Problem2.pdf>