

Как измерить высоту с помощью барометра.

Сначала содержание истории по Calandra, A. 1968. "Angels on a Pin: A Modern Parable" Saturday Review, 21 December www.lhup.edu/~dsimanek/angelpin.htm

Однажды Александр Каландра (Alexander Calandra) (1911–2006, профессор физики в Университете Вашингтона, Сайнт-Луис, Миссури) был приглашен разрешить спор на экзамене: студент настаивал на отличной оценке, а преподаватель считал, что он не знает физику.

Вопрос звучал так: Как измерить высоту небоскреба с помощью барометра.

Ответ студента: Поднимитесь на верхнюю точку здания с барометром, привяжите его к длинной веревке и опустите его, чтобы он коснулся земли. Длина веревки будет высотой здания.

- Это безусловно полный и абсолютно верный ответ, - сказал Каландра. - Но высший балл по физики предполагает знание и использование физических законов, поэтому вы подумайте о другом ответе с учетом этого.

Через пять минут перед студентом лежал все еще чистый лист бумаги и Каландра спросил, не знает ли он ответ.

- Знаю, но пытаюсь выбрать лучший из всех возможных.

Лучшим был назначен следующий: подойти с барометром на край здания и бросить его вниз. Засечь время полета с помощью секундомера. Если понимать фразу "бросить его вниз" как просто отпустить барометр, не придавая ему начального ускорения, то высота здания рассчитывается по формуле $h = 1/2 * g t^2$.

Физические законы в ответе были использованы, преподаватель удовлетворен, а студент получил свою оценку.

- А вы не могли бы остановиться на других способах, которые вы упомянули при ответе, заинтересовался Каландра.

- Для примера, сказал студент, вы можете в солнечный день поставить барометр рядом со зданием и измерить длину его тени. Также надо измерить длину тени здания и, зная высоту барометра, можно с помощью пропорции

вычислить высоту здания.

Другой способ: подниматься по лестнице и отмечать на стене метки в длину барометра. Затем вы считаете количество меток и умножаете на длину барометра. Вот вам и высота здания.

Если вы хотите более сложный метод, вы можете привязать небольшую веревку к барометру и, раскачивая его как маятник, измерить значение ускорения свободного падения g на земле и на верхней точке здания. Разница между этими величинами позволит вычислить высоту здания.

Но лучшим способом будет пойти к управляющему зданием и сказать: господин управляющий, вот прекрасный барометр. Он ваш, если вы скажете высоту здания. Управляющий посмотрит на проект здания и станет владельцем барометра.

Каландра спросил, а что, вы не знаете классический метод определения высоты путем измерения разности давления?

- Конечно же я знаю этот метод, но это же стандартный ответ.

Эссе впервые было опубликовано Александром Каландра (Alexander Calandra) (1911–2006), профессором физики в Университете Вашингтона, Сэнт-Луис, Миссури в 1959г. в журнале *Pride* (PR ассоциация американских колледжей).

Каландра утверждает, что она произошла с ним лично и ведет повествование от первого лица. Эту же историю относят также к числу легенд МТИ (MIT), а также нашлись люди, которые слышали ее в 1943г.

Другие легенды считают, что студентом был Нильс Бор (Niels Bohr)(1885-1962)(НПФ-1922), а экзаменатором Эрнест Резерфорд (Ernest Rutherford) (1871-1937)(НПХ-1908), а история произошла в Университете Копенгагена. Однако известно, что степень PhD Бор получил в 1911г. Вряд ли Бор сдавал экзамены после получения степени. Резерфорд в это время работал в Канаде и не мог принять участие в экзаменовке даже по телефону, так как телефонной связи между континентами в то время еще не было.

Классический способ - измерить давление на вершине здания и на уровне земли. По разнице давлений можно определить высоту. Однако какая разность давлений будет между землей и вершиной здания? Позволит ли точность барометра определить ее?

Плотность воздуха 1,3 кг на кубический метр.

Плотность ртути 13500 кг на кубический метр.

Больше примерно в 10000 раз.

Если высота здания 10 м, разница в давлении составит вес воздуха в этих 10 м, который будет скомпенсирован 1 мм ртути в барометре.

Например, погрешность барометра-анероида М-110 составляет 1.5 мм ртутного столба.

<http://medprom.ru/medprom/394387>

Таким образом, данный способ имеет больше теоретическое значение и требует значительной высоты здания. Вот если бы здание было в высоту 100 метров, тогда погрешность будет процентов 15. Поэтому важно, что вопрос стоит о высоте небоскреба, а не простого здания.

Однако, здесь не учтен такой фактор, как воздушные потоки, влажность и т.п. и другие, которые влияют на давление и не позволят точно измерить высоту здания. Все-таки самые лучшие способы с веревкой и тенью. Правда в условиях нет наличия веревки (попробуйте быстро найти веревку в несколько десятков метров), а для тени требуется солнечный день.

Также не отмечен способ поэтажного измерения: с помощью барометра измерить высоту одного этажа и умножить на число этажей. Для большей точности можно измерить первый и последний этажи отдельно.

Отметим, что для нас важно не теоретическое использование физических законов, а возможность практической реализации методов оценки, поэтому способ ставить метки, прикладывая барометр к стене, может рассматриваться наравне со всеми прочими.

1. Calandra, A. 1968. "Angels on a Pin: A Modern Parable" Saturday Review, 21 December; online на: <http://www.unz.com/print/SaturdayRev-1968dec21-00060/?View=PDF>



2. Wikipedia: Barometer question:

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

3. А. Кэлэндра (США). Вверх по лестнице с барометром. // Комс. пр., 1969 (ссылка не проверена)

4. The Barometer Problem // Snopes:

<https://www.snopes.com/fact-check/the-barometer-problem>

5. Calandra A. Angels on a Pin. // AICHE Jornal 15 no. 2, 1969, p.13. (excerpted from The Teaching of Elementary Science and Mathematics, ACCE Reporter, Ballwin, Missouri, 1969).

6. Намер Л. А теперь - дискотека! // Химия и жизнь. №12. 2016.

<http://www.hij.ru/read/issues/2016/december/6310/>

Здесь предлагается рассмотреть множество способов, найти ошибки и определить точность этих методов.

7. Мухин 2011: Мухин Ю. Тирания тупости. - СПб: Питер, 2011. - 288с. - Тираж 4000.

Ученые должны знать свое место. [Мухин 2011, с.144-147]

8. Гратцер2011: Гратцер У. Эврики и эйфории. Об ученых и их открытиях. - Пер. с англ. Б.Козловского. - М: Колибри, Азбука-Аттикус, 2011. - 656с. - Доп. тираж 3000. Ориг. назв.: Walter Gratzer: Eureka and Euphories. The Oxford Book of Scientific Anecdotes. 2002.

Как найти высоту дома с помощью барометра [Гратцер2011,с.127-129].

9. Ашкинази:Метрология.2018: Ашкинази Л.А. Очень общая метрология, или Метрологический взгляд на физику, технику, социологию и психологию. - Изд. стереотип.- М: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2018. - 250с.

Приложение 3. [Ашкинази:Метрология.2018,с.237-240]

10. Срезневский Б. Инструкция для определения высот помощью барометрических наблюдений. - СПб: тип. Имп. Акад. наук, 1891.