

Урок 25. Измерение атмосферного давления

Физика, 7 класс · Давление · ~45 минут


Что ты узнаешь

- Почему атмосферное давление трудно посчитать «по формуле» и как его измерили на самом деле.
- Что за хитрый опыт поставил Эванджелиста Торричелли с трубкой и ртутью.
- Что такое миллиметры ртутного столба и почему 760 — волшебное число.
- Чему равно нормальное атмосферное давление и как устроен ртутный барометр.

Разбираемся в теме

Вокруг тебя — целый океан воздуха. Он давит на тебя со всех сторон с огромной силой: на ладонь твоей руки воздух нажимает примерно так же, как если бы на неё положили чемодан весом около 70 кг! Ты этого не чувствуешь только потому, что воздух давит и снаружи, и изнутри тела одинаково.

Но как это давление *измерить*? С давлением воды в стакане всё просто: знаем высоту столба и плотность — считаем по формуле $p = \rho \cdot g \cdot h$. А вот с атмосферой беда. Высота её — сотни километров, и плотность воздуха везде разная: внизу густой, наверху совсем редкий. По формуле не возьмёшь.


 **А знаешь ли ты?** Толщину «одеяла» атмосферы оценивают примерно в 1000 км, но почти весь воздух (больше половины по массе) набит в нижние 5 км. Дальше — всё реже и реже.

Опыт Торричелли

В 1643 году итальянский учёный **Эванджелиста Торричелли** (ученик самого Галилея) придумал гениально простой опыт.

Он взял стеклянную трубку длиной около 1 метра, запаянную с одного конца, и доверху наполнил её **ртутью** — это жидкий металл, очень тяжёлый (плотность 13 600 кг/м³, в 13,6 раза плотнее воды). Закрыв открытый конец пальцем, он перевернул трубку и опустил её в чашку с ртутью. А потом убрал палец.

Что произошло? Ртуть из трубки начала выливаться в чашку... но не вся! Она опустилась примерно до отметки **760 мм** над уровнем ртути в чашке — и замерла. А над ртутью в верхней части трубки образовалась **пустота** (её так и называют — *торричеллиева пустота*; там почти вакуум).

 **Запомни:** Ртуть удерживает в трубке именно атмосферное давление. Воздух давит на ртуть в чашке снизу и не даёт столбику упасть. Высота столбика показывает, насколько сильно давит атмосфера.

Опыт Торричелли

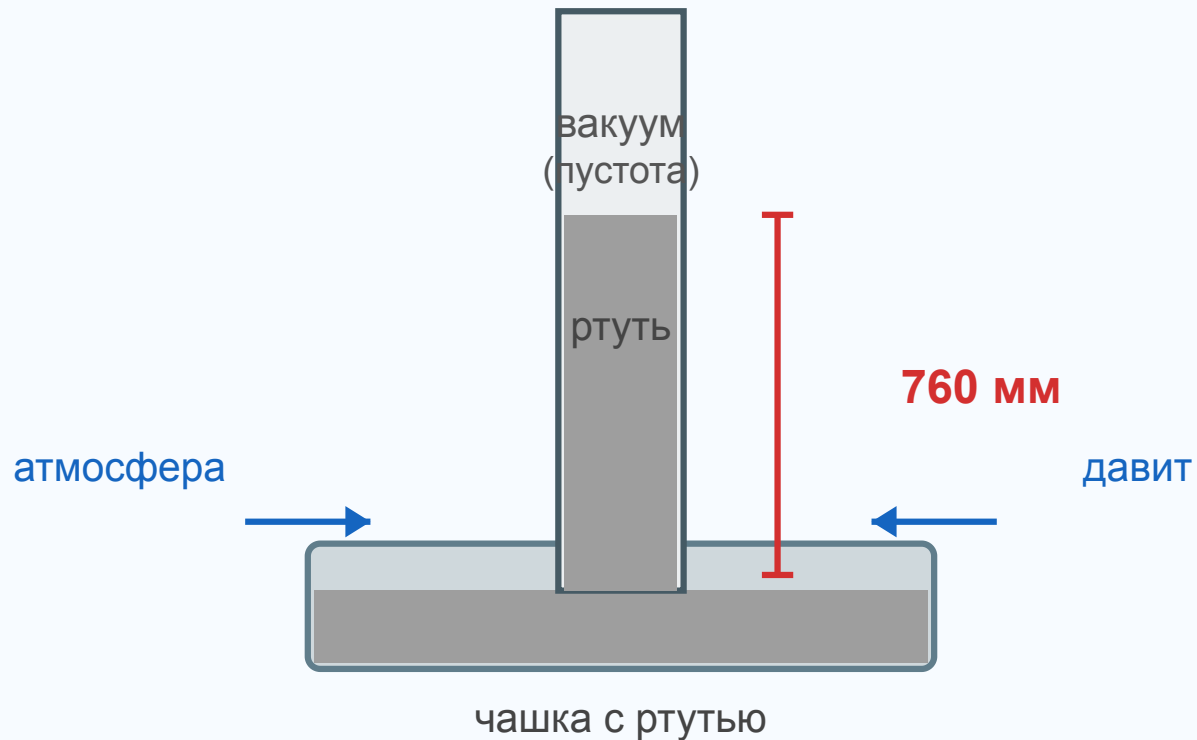


Рис. 1. Опыт Торричелли: атмосфера держит столбик ртути высотой 760 мм

Миллиметры ртутного столба

Самое удобное в этом опыте — давление можно мерить просто **высотой столбика ртути в миллиметрах!** Эту единицу так и называли — **миллиметр ртутного столба** (сокращённо мм рт. ст.).


Когда говорят «атмосферное давление сегодня 750 мм рт. ст.», имеют в виду: атмосфера давит ровно так же, как столбик ртути высотой 750 мм.


⚡ Формула: Перевод в паскали: 1 мм рт. ст. \approx 133 Па. Чтобы перевести мм рт. ст. в паскали, умножь на 133.

Откуда взялось это число 133? Посчитаем давление столбика ртути высотой 1 мм = 0,001 м по нашей старой формуле: $p = \rho \cdot g \cdot h = 13\,600 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ Н/кг} \cdot 0,001 \text{ м} \approx 133 \text{ Па}$. Сходится!

Нормальное атмосферное давление


Давление атмосферы всё время чуть-чуть меняется (от погоды, от высоты места). Но есть «эталонное» значение, от которого все отсчитывают.


 **Запомни:** Нормальное атмосферное давление ≈ 760 мм рт. ст. $\approx 101\,300$ Па (около 100 кПа). Это давление на уровне моря при температуре 0°C .

 **Прикинь сам:** проверь, что 760 мм рт. ст. — это и правда примерно 101 300 Па. (Подсказка: умножь 760 на 133.)

Ртутный барометр

Прибор, измеряющий атмосферное давление, называется **барометр** (от греч. *барос* — тяжесть). Тот самый прибор Торричелли — это и есть первый **ртутный барометр**: трубка с ртутью и шкала рядом. Поднялся столбик — давление выросло; опустился — упало.

 **Частая ошибка:** Почему именно ртуть, а не вода? Если бы Торричелли взял воду (она в 13,6 раза легче), столб поднялся бы на $13,6 \cdot 760$ мм $\approx 10,3$ метра! Такую трубку в дом не занесёшь. Ртуть тяжёлая — и столбик получается коротким, удобным.

 **Интересно:** Ртуть ядовита, поэтому ртутные барометры почти не используют в быту. Зато на старинных приборах и в учебниках они живут до сих пор — как самый наглядный способ понять, что такое давление.

Разбор задач

Пример 1. Атмосферное давление равно 750 мм рт. ст. Вырази его в паскалях.

Дано: $p = 750$ мм рт. ст.

СИ: перевод выполним в решении

Найти: p (Па)

Решение: 1 мм рт. ст. ≈ 133 Па, значит $p = 750 \cdot 133 \text{ Па} = 99\,750 \text{ Па} \approx 99,8 \text{ кПа}$.

Ответ: $p \approx 99\,750 \text{ Па} \approx 99,8 \text{ кПа}$.

Пример 2. Барометр показывает 101 300 Па. Сколько это миллиметров ртутного столба?

Дано: $p = 101\,300 \text{ Па}$

Найти: p (мм рт. ст.)

Решение: Делим давление на «цену» одного миллиметра: $p = 101\,300 \text{ Па} : 133 \text{ Па} \approx 762 \text{ мм рт. ст.} \approx 760 \text{ мм рт. ст.}$

Ответ: $\approx 760 \text{ мм рт. ст.}$ (это и есть нормальное давление).

Пример 3. Какое давление (в Па) создаёт столбик ртути высотой 760 мм?

Дано: $h = 760 \text{ мм} = 0,76 \text{ м}$ $\rho = 13\,600 \text{ кг/м}^3$ $g = 9,8 \text{ Н/кг}$

Найти: p (Па)

Решение: $p = \rho \cdot g \cdot h = 13\,600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \approx 101\,300 \text{ Па}$.

Ответ: $p \approx 101\,300 \text{ Па}$ — ровно нормальное атмосферное давление.

Пример 4 (с рассуждением). Почему в опыте Торричелли над ртутью образуется пустота, а не остаётся воздух?

Решение: Трубку наполняли ртутью доверху, воздуха внутри не было. Когда часть ртути вылилась в чашку, освободившееся место заполнять оказалось нечем — снаружи воздух туда попасть не может (трубка запаяна сверху). Поэтому там образуется почти полный вакуум.



Запомни главное

⚡ **Давление столбика жидкости:** $p = \rho \cdot g \cdot h$, где ρ — плотность жидкости (кг/м^3), $g \approx 9,8 \text{ Н/кг}$, h — высота столба (м), p — давление (Па).

- **1 мм рт. ст. \approx 133 Па.**
- **Нормальное атмосферное давление \approx 760 мм рт. ст. \approx 101 300 Па.**
- **Барометр** — прибор для измерения атмосферного давления.
- Опыт **Торричелли** доказал существование атмосферного давления и позволил его измерить.



Домашнее задание

1. Что показал опыт Торричелли? Опиши его своими словами в 3–4 предложениях.
2. Почему столбик ртути в трубке не выливается полностью?
3. Вырази в паскалях давление 720 мм рт. ст.
4. Вырази в мм рт. ст. давление 93 100 Па.
5. Какое давление создаёт столбик ртути высотой 0,5 м? ($\rho = 13\,600 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,8 \text{ Н/кг}$)
6. Почему для барометра берут ртуть, а не воду? Объясни числом.
7. На сколько мм рт. ст. давление сегодня отличается от нормального, если барометр показывает 745 мм рт. ст.?
8. ★ Какой высоты получился бы водяной столб в трубке Торричелли при нормальном атмосферном давлении? (Плотность воды 1000 кг/м^3 .)