

Рассчитать атмосферное давление по формуле для вычисления давления столба жидкости (§ 39) нельзя. Для такого расчёта надо знать высоту атмосферы и плотность воздуха. Но определённой границы у атмосферы нет, а плотность воздуха на разной высоте различна. Однако измерить атмосферное давление можно с помощью опыта, предложенного в XVII в. итальянским учёным **Эванджелиста Торричелли**, учеником Галилея.

Опыт Торричелли состоит в следующем: стеклянную трубку длиной около 1 м, запаянную с одного конца, наполняют ртутью. Затем, плотно закрыв другой конец трубки, её переворачивают, опускают в чашку с ртутью и под ртутью открывают конец трубки (рис. 130). Часть ртути при этом выливается в чашку, а часть её остаётся в трубке. Высота столба ртути, оставшейся в трубке, равна примерно 760 мм. Над ртутью в трубке воздуха нет, там безвоздушное пространство.

Торричелли, предложивший описанный выше опыт, дал и его объяснение. Атмосфера давит на поверхность ртути в чашке. Ртуть находится в равновесии. Значит, давление в трубке на уровне aa_1 (см. рис. 130) равно атмосферному давлению. Если бы оно было больше атмосферного,



**ЭВАНДЖЕЛИСТА
ТОРРИЧЕЛЛИ**

(1608—1647)

Измерил атмосферное давление,
разработал ряд вопросов в физике
и математике



Рис. 130. Опыт Торричелли

то ртуть выливалась бы из трубки в чашку, а если меньше, то поднималась бы в трубке вверх.

Давление в трубке на уровне aa_1 создаётся весом столба ртути в трубке, так как в верхней части трубки над ртутью воздуха нет. Отсюда следует, что **атмосферное давление равно давлению столба ртути в трубке, т. е.**

$$P_{\text{атм}} = P_{\text{ртути}}$$

Измерив высоту столба ртути, можно рассчитать давление, которое производит ртуть. Оно и будет равно атмосферному давлению. Если атмосферное давление уменьшится, то столб ртути в трубке Торричелли понизится.

Чем больше атмосферное давление, тем выше столб ртути в опыте Торричелли. Поэтому на практике атмосферное давление можно измерять высотой ртутного столба (в миллиметрах или сантиметрах). Если, например, атмосферное давление равно 780 мм рт. ст., то это значит, что воздух производит такое же давление, какое производит вертикальный столб ртути высотой 780 мм.

Следовательно, в этом случае за единицу атмосферного давления принимают 1 миллиметр ртутного столба (1 мм рт. ст.). Найдём соотношение между этой единицей и известной нам единицей давления — *паскалем* (Па).

Давление столба ртути $\rho_{\text{ртути}}$ высотой 1 мм равно

$$p = g\rho h,$$

$$p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м} \approx 133,3 \text{ Па}.$$

Итак, **1 мм рт. ст. = 133,3 Па.**

В настоящее время атмосферное давление принято измерять и в гектопаскалях. Например, в сводках погоды может быть объявлено, что давление равно 1013 гПа, это то же самое, что 760 мм рт. ст.

Наблюдая ежедневно за высотой ртутного столба в трубке, Торричелли обнаружил, что эта высота меняется, т. е. атмосферное давле-

ние непостоянно, оно может увеличиваться и уменьшаться. Торричелли заметил также, что изменения атмосферного давления связаны с изменением погоды.

Если к трубке с ртутью, использовавшейся в опыте Торричелли, прикрепить вертикальную шкалу, то получится простейший прибор — **ртутный барометр** (от греч. *барос* — тяжесть, *метрео* — измеряю). Он служит для измерения атмосферного давления.

? Вопросы

1. Почему нельзя рассчитывать давление воздуха так же, как рассчитывают давление жидкости на дно или стенки сосуда?
2. Объясните, как с помощью трубки Торричелли можно измерить атмосферное давление.
3. Что означает запись: «Атмосферное давление равно 780 мм рт. ст.»?
4. Скольким гектопаскалям равно давление ртутного столба высотой 1 мм?



УПРАЖНЕНИЕ 21

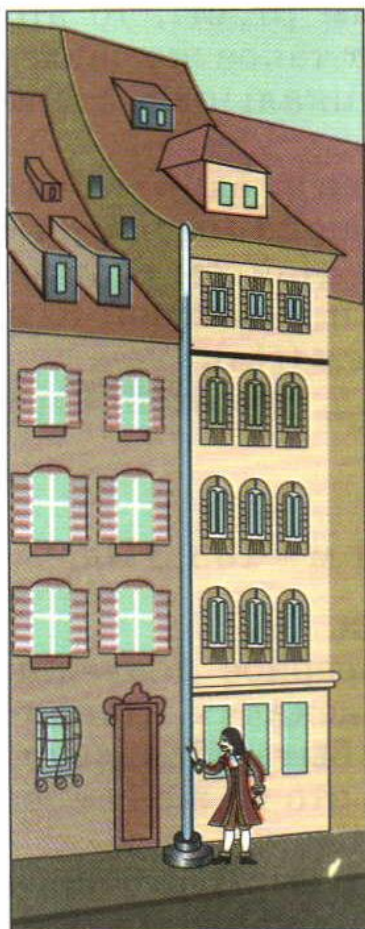


Рис. 131

1. На рисунке 131 изображён водяной барометр, созданный Паскалем в 1646 г. Какой высоты был столб воды в этом барометре при атмосферном давлении, равном 760 мм рт. ст.?
2. В 1654 г. Отто Герике в г. Магдебурге, чтобы доказать существование атмосферного давления, провёл такой опыт. Он выкачал воздух из полости между двумя металлическими полушариями, сложенными вместе. Давление атмосферы так сильно прижало полушария друг к другу, что их не могли разорвать восемь пар лошадей (рис. 132). Вычислите силу, сжимающую полушария, если считать, что она действует на площадь, равную 2800 см^2 , а атмосферное давление равно 760 мм рт. ст.
3. Из трубки длиной 1 м, запаянной с одного конца и с краном на другом конце, выкачали воздух. Поместив конец с краном в ртуть, открыли кран. Заполнит ли ртуть всю трубку? Если вместо ртути взять воду, заполнит ли она всю трубку?
4. Выразите в гектопаскалях давление, равное: 740 мм рт. ст.; 780 мм рт. ст.
5. Рассмотрите рисунок 130. Ответьте на вопросы.
а) Почему для уравнивания давления атмосферы, высота которой достигает десятков тысяч километров, достаточно столба ртути высотой около 760 мм?



Рис. 132

б) Сила атмосферного давления действует на ртуть, находящуюся в чашке, сверху вниз. Почему же атмосферное давление удерживает столб ртути в трубке?

в) Как повлияло бы наличие воздуха в трубке над ртутью на показания ртутного барометра?

г) Изменится ли показание барометра, если трубку наклонить; опустить глубже в чашку со ртутью?



ЗАДАНИЕ

1. Погрузите стакан в воду, переверните его под водой вверх дном и затем медленно вытаскивайте из воды. Почему, пока края стакана находятся под водой, вода остаётся в стакане (не выливается)?



Рис. 133

2. Налейте в стакан воды, закройте листом бумаги и, поддерживая лист рукой, переверните стакан вверх дном. Если теперь отнять руку от бумаги (рис. 133), то вода из стакана не выльется. Бумага остаётся как бы приклеенной к краю стакана. Почему? Ответ обоснуйте.
3. Положите на стол длинную деревянную линейку так, чтобы её конец выходил за край стола. Сверху застелите стол газетой, разгладьте газету руками, чтобы она плотно лежала на столе и линейке. Резко ударьте по свободному концу линейки — газета не поднимется, а прорвётся. Объясните наблюдаемые явления.

История открытия атмосферного давления

Изучение атмосферного давления имеет большую и поучительную историю. Как и многие другие научные открытия, оно тесно связано с практическими потребностями людей.

Устройство насоса было известно ещё в глубокой древности. Однако и древнегреческий учёный Аристотель, и его последователи объясняли движение воды за поршнем в трубе насоса тем, что «природа боится пустоты». Истинная же причина этого явления — давление атмосферы — им была неизвестна.

В конце первой половины XVII в. во Флоренции — богатом торговом городе Италии — строили так называемые всасывающие насосы. Он состоит из вертикально расположенной трубы, внутри которой имеется поршень. При подъёме поршня вверх за ним поднимается вода (см. рис. 124). При помощи этих насосов хотели поднимать воду на большую высоту, но насосы «отказывались» это делать.

Обратились за советом к Галилею. Галилей исследовал насосы и нашёл, что они исправны. Занявшись этим вопросом, он указал, что насосы не могут поднять воду выше, чем на 18 итальянских локтей (≈ 10 м). Но разрешить вопрос до конца он не успел. После смерти Галилея эти научные исследования продолжил его ученик — Торричелли. Торричелли занялся и изучением явления поднятия воды за поршнем в трубе насоса. Для опыта он предложил использовать длинную стеклянную трубку, а вместо воды взять ртуть. Впервые такой опыт (§ 44) был проделан его учеником Вивiani в 1643 г.

Раздумывая над этим опытом, Торричелли пришёл к заключению, что истинной причиной поднятия в трубке ртути является давление воздуха, а не «боязнь пустоты». Это давление производит воздух своим весом. (А что воздух имеет вес — было уже доказано Галилеем.)

Об опытах Торричелли узнал французский учёный Паскаль. Он повторил опыт Торричелли с ртутью и водой. Однако Паскаль считал, что для окончательного доказательства факта существования атмосферного давления необходимо проделать опыт Торричелли один раз у подножия какой-нибудь горы, а другой раз на вершине её и измерить в обоих случаях высоту ртутного столба в трубке. Если бы на вершине горы столб ртути оказался ниже, чем у подножия её, то отсюда следовало бы заключить, что ртуть в трубке действительно поддерживается атмосферным давлением.

«Легко понять, — говорил Паскаль, — что у подножия горы воздух оказывает большее давление, чем на вершине её, меж тем как нет никаких оснований предполагать, чтобы природа испытывала бо́льшую боязнь пустоты внизу, чем вверху».

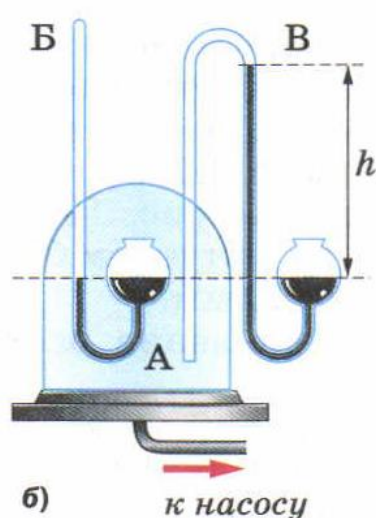
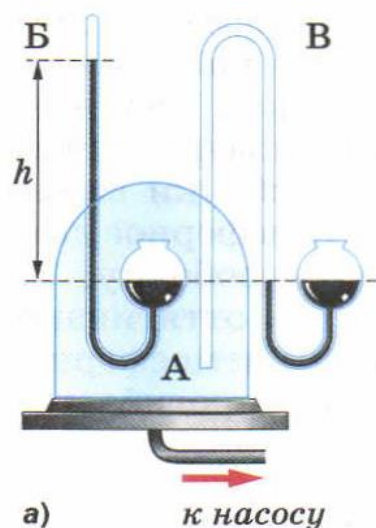


Рис. 134.
Доказательство
«пустоты в пустоте»:
а — схема установки;
б — подъём ртути
под действием атмо-
сферного давления

Такой опыт был проведён, он показал, что давление воздуха на вершине той горы, где проводились опыты, было почти на 100 мм рт. ст. меньше, чем у подножия горы. Но Паскаль этим опытом не ограничился. Чтобы ещё раз доказать, что ртутный столб в опыте Торричелли удерживается атмосферным давлением, Паскаль поставил другой опыт, который он образно назвал доказательством «пустоты в пустоте».

Опыт Паскаля можно осуществить с помощью прибора, изображённого на рисунке 134, а, где А — прочный полый стеклянный сосуд, в который пропущены и впаяны две трубки: одна — от барометра Б, другая (трубка с открытыми концами) — от барометра В.

Прибор устанавливают на тарелку воздушного насоса. В начале опыта давление в сосуде А равно атмосферному, оно измеряется разностью высот h столбов ртути в барометре Б. В барометре же В ртуть стоит на одном уровне. Затем из сосуда А воздух выкачивается насосом. По мере удаления воздуха уровень ртути в левом колене барометра Б понижается, а в левом колене барометра В повышается. Когда воздух будет полностью удалён из сосуда А, уровень ртути в узкой трубке барометра Б упадёт и сравняется с уровнем ртути в его широком колене. В узкой же трубке барометра В ртуть под действием атмосферного давления поднимается на высоту h (рис. 134, б). Этим опытом Паскаль ещё раз доказал существование атмосферного давления.

Опыты Паскаля окончательно опровергли теорию Аристотеля о «боязни пустоты» и подтвердили существование атмосферного давления.