

Трубка со ртутью

В задачах, связанных с перемещением внутри трубки столбика ртути, запирающего воздух, нужно иметь в виду следующее.

- Температура обычно считается постоянной, так что запертый воздух изменяет свой объём изотермически.
- Если сказано, что атмосферное давление равно H мм ртутного столба, то это означает, что оно равно $\rho g H$, где ρ — плотность ртути. (Такое задание давления часто приводит к более удобному вычислению после сокращения на ρg .)

ЗАДАЧА 1. В трубке, запаянной с одного конца и расположенной вертикально открытым концом вверх, столбик ртути длиной l находится в равновесии над слоем воздуха. Найдите давление в этом слое. Атмосферное давление p_0 , плотность ртути ρ .

$$\rho g d + p_0 d = p d$$

ЗАДАЧА 2. В трубке, запаянной с одного конца и расположенной горизонтально, покоится столбик ртути длиной $L = 125$ мм. Длина запертого слоя воздуха при этом равна $2L$. После поворота трубки на 90° открытым концом вниз ртуть сместилась, но целиком осталась в трубке. Найдите величину смещения столбика ртути. Атмосферное давление $H = 750$ мм рт. ст.

$$p_0 d = T \frac{d}{L} = \frac{T-H}{L} d = x$$

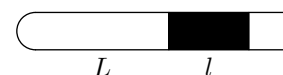
ЗАДАЧА 3. Посередине откачанной и запаянной с обоих концов горизонтально расположенной трубки длины $L = 1$ м находится столбик ртути длины $h = 20$ см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на расстояние $l = 10$ см. До какого давления была откачана трубка? Плотность ртути $\rho = 13600$ кг/м³.

$$p_0 d = \frac{(p-T)l}{L-l} = \frac{(p-T)l}{L-l} d = d$$

ЗАДАЧА 4. Цилиндрическая трубка длиной $3L$ наполовину погружена в ртуть. Её закрывают пальцем и вынимают. Часть ртути при этом вытекает. Какой длины столбик ртути остаётся в трубке? Высота ртутного столба, соответствующая атмосферному давлению, равна $4L$.

$$T = x$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1994) В горизонтально расположенной трубке столбиком ртути длиной $l = 12$ см заперт слой воздуха толщиной $L = 35$ см (см. рисунок). Если трубку повернуть один раз открытым концом вниз, а другой раз вверх, то столбик ртути смещается. Разность величин этих смещений от начального горизонтального положения равна $\Delta = 2$ см. Найдите величину наружного давления (в мм ртутного столба).



$$p_0 d = \frac{p}{L} d + \frac{p}{L} d = H$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 1994) U-образную вертикально расположенную трубку заполнили частично ртутью, а затем одно из колен трубки закрыли. Если в открытое колено трубки долить некоторое количество ртути, то уровни в её коленах сместятся. Найдите наружное давление (в мм ртутного столба), если отношение величин этих смещений уровней равно $n = 4$, а толщина воздушной прослойки в закрытом колене в конечном состоянии равна $L = 25$ см.

$$p_0 = p_{\text{атм}} + \rho g L = \rho g d(1 - u) = 0 d$$

ЗАДАЧА 7. («Физтех», 2015, 10) U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают слой ртути длиной $l = 6$ см. После установления равновесия в закрытом колене остаётся воздушный столб длиной $L = 19$ см. Найдите смещение уровня ртути в открытом колене относительно начального положения. Атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт. ст.

$$p_{\text{атм}} + \rho g L = H + \rho g l = \frac{p_0 + H}{(T + H)l} = x$$

ЗАДАЧА 8. («Физтех», 2015, 11) U-образная трубка с открытыми в атмосферу вертикальными коленами заполнена частично ртутью. Одно из колен закрывают сверху, а в другое доливают столько ртути, что после установления равновесия смещения уровней ртути в коленах (относительно начального положения) отличаются в 4 раза, а в закрытом колене остаётся слой воздуха длиной $L = 25$ см. Найдите атмосферное давление. Ответ выразить в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.).

$$p_0 = p_{\text{атм}} + \rho g L = \rho g d x = 0 d$$

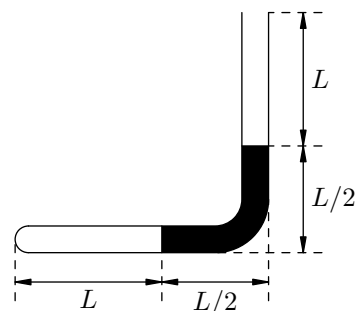
ЗАДАЧА 9. (МФТИ, 2000) Трубка постоянного внутреннего сечения и длиной $3L = 1080$ мм расположена вертикально с открытым в атмосферу верхним концом. Столбик ртути длиной $L = 360$ мм запирает в трубке слой воздуха тоже длиной L . Какой длины столб ртути останется в трубке, если её перевернуть открытым концом вниз? Внешнее давление $H = 774$ мм рт. ст.

$$p_{\text{атм}} + \rho g L = \rho g \frac{L}{2} = x$$

ЗАДАЧА 10. (МФТИ, 2000) Трубка постоянного внутреннего сечения и длиной $3L = 840$ мм расположена вертикально с открытым в атмосферу верхним концом. Столбик ртути длиной $L = 280$ мм запирает в трубке слой воздуха тоже длиной L . Какой максимальной длины слой ртути можно долить сверху в трубку, чтобы она из трубки не выливалась? Внешнее давление $H = 770$ мм рт. ст.

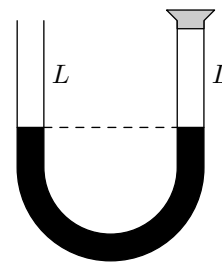
$$p_{\text{атм}} + \rho g L = \rho g \frac{L}{2} = x + \rho g L$$

ЗАДАЧА 11. (МФТИ, 2000) Имеется Г-образная тонкая трубка постоянного внутреннего сечения и общей длиной $3L = 1260$ мм. Между слоем воздуха длиной $L = 420$ мм и атмосферой находится слой ртути той же длины L (см. рисунок). Какой длины слой ртути останется в трубке, если вертикальное колено повернуть на 180° , расположив его открытым концом вниз? Внешнее давление $H = 735$ мм рт. ст.



$$p_{\text{атм}} + \rho g L = \rho g \frac{L}{2} = x$$

Задача 12. (МФТИ, 2000) U-образная тонкая трубка постоянного внутреннего сечения с вертикально расположенными коленами заполняется ртутью так, что в каждом из открытых колен остаётся слой воздуха длиной $L = 320$ мм (см. рисунок). Затем правое колено закрывается пробкой. Какой максимальной длины слой ртути можно долить в левое колено, чтобы она не выливалась из трубки? Внешнее давление $H = 720$ мм рт. ст.



$$\text{max } \Delta h = T \frac{v}{\xi} = x + T$$

Задача 13. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) Вертикальная гладкая трубка с запаянными концами разделена на две части маленькой каплей ртути. Над каплей находится неон, под ней — гелий (газы не проникают мимо ртутной «пробки»), причём массы газов одинаковы. Изначально капля находилась точно посередине трубки. Во сколько раз нужно увеличить абсолютную температуру газов, чтобы капля стала делить объём трубки в соотношении 1 : 2?

$$\frac{6}{91} = \frac{(177\tau - 27)\xi}{(177 - 27)\eta} = \frac{v_L}{v_R}$$

Задача 14. (Всеросс., 2015, регион, 10) Пробирку длиной $l = 35$ см перевернули вверх дном и полностью погрузили в ртуть так, что дно пробирки касается поверхности жидкости (пробирка вертикальна). При этом жидкость заполнила часть пробирки длиной $h = 4$ см. Затем пробирку медленно подняли вверх так, что её нижний край оказался чуть ниже поверхности ртути (пробирку из ртути не вынимали). Считайте, что в процессе подъёма температура воздуха в пробирке не менялась и оставалась равной $T_0 = 300$ К. Затем температуру воздуха в пробирке изменили, и ртуть вновь заполнила часть пробирки длиной h . Найдите конечную температуру T воздуха в пробирке. Атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт. ст.

$$p_0 l z = \kappa z z z \approx \frac{1H}{(q-1)(q-H)} \theta L = L$$