

## Задание 1. Термоскоп Галилея.

Первый термоскоп сконструировал итальянский физик Галилео Галилей примерно в 1592—1600 годах.

**Термоскоп** (греч. Θέρμη [термо] «тепло» + σκοπέω [скопео] «смотрю») — устройство, которое показывает изменения температуры, родоначальник современных термометров. Типичная конструкция термоскопа представляет собой трубку, в которой жидкость поднимается и опускается при изменении температуры.

Молодой, но талантливый белорусский физик Федор, прочитав это сообщение, решил превзойти знаменитого итальянского ученого: не только самостоятельно сконструировать и изготовить подобный прибор, но и снабдить его точно рассчитанной температурной шкалой. Тем, более, что Федор только что изучил газовый законы, еще не известные во времена Г.Галилея.

### Часть 1. Конструирование и градуировка в идеальном случае.

Федор нашел стеклянную трубку, измерил ее размеры: Длина трубки  $l = 50$  см; внутренний диаметр  $d = 0,50$  см. Федор закрепил трубку вертикально, нижний конец трубки опустил в широкий сосуд с водой. Погруженной в воду частью трубки можно пренебречь, также можно считать, что уровень воды в нижнем сосуде постоянен. К верхней части трубки прикрепил сосуд, объем которого  $V_1$  Федор тщательно рассчитал. Рядом с трубкой располагается шкала, по которой можно измерять высоту  $h$ , на которую поднимается вода в трубке.

Для расчетов используйте следующие параметры:

Плотность воды  $\rho = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  и не зависит от температуры;

Атмосферное давление постоянно и равно  $P_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Па}$  ;

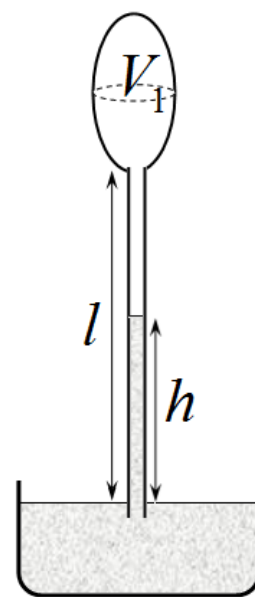
Ускорение свободного падения  $g = 10,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  ;

Абсолютный нуль температуры  $\tau = -273^\circ\text{C}$  .

Федор решил, что с помощью данного прибора необходимо измерять температуру в диапазоне от  $t_{\min} = 10^\circ\text{C}$  до  $t_{\max} = 40^\circ\text{C}$  (по его мнению, именно в таком диапазоне изменяется температура в квартирах).

Федор рассудил, **что давлением насыщенных паров воды внутри термоскопа можно пренебречь** так, как в выбранном диапазоне температур оно значительно (более, чем в 10 раз) меньше атмосферного давления.

Настройку термоскопа Федор проводил следующим образом. Трубку с сосудом сверху вертикально опускают в воду в нижнем сосуде, так, она незначительно погружается в воду. Погруженной в воду частью трубки можно пренебречь, также можно считать, что уровень воды в нижнем сосуде постоянен. После этого воду нагревают до температуры  $t_{\max} = 40^\circ\text{C}$  , воздух в трубке также нагревается до этой же температуры. Воздух частично выходит из трубки, тем самым оказывается, что при этой температуре высота уровня воды в трубке равна



$h = 0$ . При остывании уровень воды в трубке повышается, тем самым данный прибор можно использовать в качестве комнатного термометра.

**1.1** Рассчитайте, при каком объеме верхнего сосуда  $V_1$  вода полностью заполнит трубку (т.е. высота уровня воды в трубке станет равной  $h = l$ ), если температура опустится до значения  $t_{\min} = 10^\circ\text{C}$ .

Для дальнейших расчетов удобно использовать следующие параметры:

$\alpha = \frac{\rho g l}{P_0}$  - отношение гидростатического давления воды в полностью заполненной трубке;

$\beta = \frac{lS}{V_1 + lS}$  - отношение объема трубки к полному объему термоскопа (верхнего сосуда и трубки);

$z = \frac{h}{l}$  - относительная высота уровня воды в трубке (отношение высоты уровня к длине трубки).

**1.2** Рассчитайте численные значения параметров установки  $\alpha$  и  $\beta$ .

**1.3** Получите уравнение, позволяющее рассчитать зависимость относительной высоты уровня воды в трубке от температуры в комнате  $z(t)$ . В качестве параметров этого уравнения должны входить только безразмерные параметры  $\alpha, \beta$  и минимальная температура  $t_{\min}$ .

**1.4** Постройте градуировочный график зависимости  $z(t)$ . Результаты расчетов (в том числе и промежуточные) приведите в Таблице 1 Листов ответов. График постройте на приведённом бланке Листов ответов.

## Часть 2. Реальные измерения.

В ходе экспериментальной проверки изготовленного термоскопа Федор обнаружил, что показания прибора заметно отличаются от рассчитанных значений. Федор понял, что **давлением водяных паров внутри термоскопа пренебрегать нельзя**. Найти зависимость давления насыщенных водяных паров от температуры не представляет труда. Эта зависимость в используемом диапазоне температур приведена в Таблице 2 Листов ответов. Там же для наглядности приведен график этой зависимости. В этой части вы должны провести расчет зависимости высоты поднятия воды в трубке от температуры с учетом влияния водяных паров. Все параметры прибора остались прежними.

**2.1** Получите уравнение, позволяющее рассчитать зависимость относительной высоты уровня воды в трубке от температуры в комнате  $z(t)$ . В качестве параметров этого уравнения должны входить только безразмерные параметры  $\alpha, \beta$ , минимальная температура  $t_{\min}$ , а также отношение давления насыщенных паров воды к атмосферному давлению  $\gamma = \frac{P_{\text{нас.}}}{P_0}$ .

**2.2** Рассчитайте значения относительной высоты уровня воды в трубке от температуры  $z(t)$ , для температур, приведенных в Таблице 2. Постройте график полученной зависимости.