Просуммируем уравнения , относящиеся ко всем участкам веревки. Учтем, что силы натяжения отдельных участков встречаются дважды, причем с различными знаками, поэтому их сумма для всех внутренних участков обратится в нуль, останется только сила натяжения одного из концов веревки (то есть F). Очевидно, что сумма длин Δl_i равна длине веревки L; величина $\Delta l_i \cos\alpha_i = \Delta h_i$ есть разность высот концов выделенного участка, поэтому сумма этин величин равна h. Таким образом, после суммирования получим

$$ma = F - \frac{h}{L}mg.$$

Откуда находим ускорение

$$a = \frac{F}{m} - \frac{h}{L}g.$$

Данная задача может быть также легко решена с использованием энергетического подхода. Пусть за время Δt веревка сместилась на расстояние Δx, тогда сила F совершила работу $A = F\Delta x$, которая пошла на увеличение кинетической $\Delta E_{кин.} = \Delta(\frac{mv^2}{2}) = mv\Delta v$ и потенциальной энергии $\Delta E_{пот.} = m\frac{\Delta x}{L}gh$ веревки.

Таким образом,

$$F\Delta x = mv\Delta v + m\frac{\Delta x}{L}gh \;.$$

Разделим это уравнение на Δt (с учетом $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v, \frac{\Delta v}{\Delta t} = a$) и сократим на v, получим

$$F = ma + \frac{h}{L}mg,$$

откуда следует ответ задачи.

10.1. Давление газа в трубке определяется атмосферным давлением и гидростатическим давлением столбика ртути

$$P_0 = P_a + \rho gl; \qquad (1)$$

а по закону Дальтона равно сумме парциальных давлений водяных паров $P_{нас.}$ и сухого воздуха P_1

$$P_0 = P_1 + P_{нас.}. \qquad (2)$$

Так как воды имеется в избытке, то давление водяных паров при любой температуре будет равно давлению насыщенного пара, зависимость которого от температуры представлена в виде графика.

Параметры сухого воздуха подчиняются уравнению состояния, которое мы запишем в виде уравнения Клапейрона:

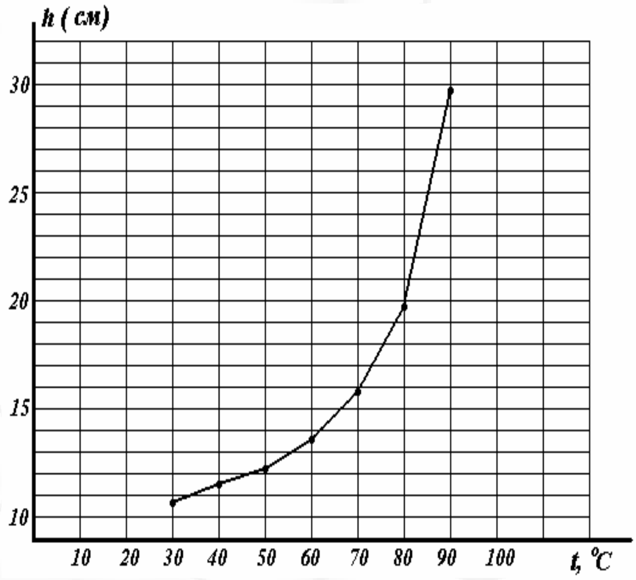
$$\frac{P_1 h}{T} = \frac{P_0 h_0}{T_0}; \quad (3)$$

где T_0 - начальная температура ($T_0 = 20 + 273 = 293K$), при этой температуре можно пренебречь давлением водяного пара и считать, что давление воздуха равно $P_0 = 1{,}2 \cdot 10^5$ *Па* (расчет по формуле (1)). Тогда из формул (3) и (2) следует

$$h = h_0 \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P_1} = h_0 \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P_0 - P_{нас.}} \ . \qquad (4)$$

Используя данные, взятые из графика, не представляет труда рассчитать зависимость высоты столба от температуры. Результаты таких расчетов представлены в таблице и на графике .

$t(^0C)$	$P_{нас.}$ (10^5 *Па*)	P_1 (10^5 *Па*)	$h(см)$
30	0.04	1,16	10,7
40	0.08	1.12	11.4
50	0.11	1.09	12.1
60	0.20	1.00	13.6
70	0.32	0.88	15.9
80	0.47	0.73	19.8
90	0.70	0.50	29.7



10.2. Для решения данной задачи удобно воспользоваться уравнением движения для системы тел: произведение массы системы на ускорение центра масс равно сумме внешних сил, действующих на систему.

В данном случае

$$Ma_c = P - Mg, \qquad (1)$$

где M - масса всей системы, P - ее вес, a_c - ускорение центра масс. Когда вода (а, следовательно и центр масс) неподвижна, то вес системы P_0 равен силе тяжести Mg. Поэтому изменение веса при перекачке воды определяется выражением

$$\Delta P = Ma_c . \qquad (2)$$