Так как, по условию, бак высокий, можно пренебречь начальным участком движения, на котором скорость шарика изменяется, тогда $v_0 = \frac{h}{\tau_0}$, где h — высота бака. Подставим в (1)

$$(\rho - \rho_0)Vg = \beta\left(\frac{h}{\tau_0}\right)^2. \qquad (2)$$

Падение шарика в ускоренно движущемся баке удобно рассматривать в неинерциальной системе отсчета, связанной с баком. В этом случае необходимо учесть силу инерции — $m\vec{a}$ действующую на шарик. (Отметим, что задачу можно решать и в инерциальной системе отсчета, связанной с поверхностью земли).

Можно воспользоваться уравнением (1), в котором следует заменить ускорение свободного падения $\vec{g}$ на эффективное $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$. Шарик будет двигаться вдоль линии, по которой направлен вектор $\vec{g}^*$, и пройдет до дна путь

$$l = h\frac{g^*}{g} = h\frac{\sqrt{a^2 + g^2}}{g},$$

тогда уравнение аналогичное (2) имеет вид

$$(\rho - \rho_0)V\sqrt{a^2 + g^2} = \beta\left(\frac{gh}{\tau\sqrt{g^2 + a^2}}\right)^2. \qquad (3)$$

Разделим почленно (2) на (3)

$$\frac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}} = \frac{\tau^2}{\tau_0^2}\frac{g^2}{a^2 + g^2}.$$

Откуда

$$\tau = \tau_0\left(1 + \frac{a^2}{g^2}\right)^{\frac{1}{4}}. \qquad (4)$$

11-2. Процесс испарения заключается в том, что часть молекул жидкости вылетает из ее поверхности. Непосредственно подсчитать количество таких молекул довольно трудно. Однако можно найти количество молекул, попадающих из пара в жидкость. Если жидкость и пар находятся в равновесии (а такой пар называется насыщенным), то количество молекул, покидающих поверхность жидкости, в среднем равно количеству молекул, попадающих внутрь жидкости. Так как температура и парциальное давление насыщенного пара известны, то можно найти число молекул, попадающих на единицу площади поверхности в единицу времени. Действительно, число ударов молекул газа о площадь S поверхности за время Δt равно

$$N_0 = \frac{1}{4} n v_{cp} S \Delta t, \qquad (1)$$

где n — концентрация молекул газа, v_{cp} — средняя скорость молекул. Из уравнения $P = nkT$ можно получить $n = \frac{P}{kT}$, а средняя скорость $v_{cp} = \sqrt{\frac{8}{\pi}\frac{kT}{m}}$.

Из общего числа молекул, падающих на поверхность, только $\eta = 0{,}04$ задерживается ею, поэтому число молекул, попадающих внутрь жидкости, а следовательно, вылетающих из нее, равно

$$N_1 = \eta N_0 = \frac{\eta P_0 S \Delta t}{\sqrt{2\pi kTm}}. \qquad (2)$$

Так как, в данном случае, над жидкостью пар не насыщенный, то концентрация молекул пара меньше, и, по определению влажности φ, $n = \varphi n_0$, где n_0 — концентрация молекул насыщенного пара. Тогда число молекул, попадающих внутрь жидкости, равно

$$N_2 = \frac{\eta \varphi P_0}{\sqrt{2\pi kTm}} S \Delta t. \qquad (3)$$

Таким образом, за время Δt жидкость теряет $N = N_1 - N_2$ молекул

$$N = \frac{\eta(1-\varphi) P_0}{\sqrt{2\pi kTm}} S \Delta t. \qquad (4)$$

Найдем на сколько изменяется масса жидкости

$$\Delta M = mN = \eta(1-\varphi) P_0 S \Delta t \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}},$$

а объем, соответственно, на

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{\eta(1-\varphi) P_0}{\rho} S \Delta t \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}}.$$

Так как площадь поверхности изменяется по мере высыхания, таким образом величина ΔV не остается постоянной. Однако скорость изменения высоты уровня жидкости в трубке $\Delta h = \frac{\Delta V}{S}$ постоянна. Полное изменение высоты равно радиусу трубки r. Поэтому

$$r = \frac{\eta(1-\varphi)P_0}{\rho}\Delta t\sqrt{\frac{\mu}{2\pi RT}},$$

где μ — молярная масса воды, R — универсальная газовая постоянная. Из этого уравнения получим время испарения:

$$\Delta t = \frac{r\rho}{\eta(1-\varphi)P_0}\sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu}} \approx 250c\,.$$

Отметим, что при решении этой задачи можно было использовать формулу для среднего числа ударов молекул о поверхность, приведенную в школьном учебнике (с коэффициентом 1/6) и вместо средней скорости пользоваться среднеквадратичной (также используемой в школьном курсе физики) - это не скажется существенно на оценке времени испарения.

11-3. Проводник, находящийся в электрическом поле, является эквипотенциальным, то есть разность потенциалов между двумя любыми точками проводника равна нулю. Так как по условию задачи $l >> R,$ таким образом можно считать шарики уединенными, т. е. пренебречь взаимным влиянием шариков друг на друга. Тогда потенциал поля, создаваемого зарядом шарика, будет равен

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}. \qquad (1)$$

Из соображений симметрии ясно, что заряды крайних шариков равны по величине и противоположны по знаку $q_1 = -q_N$. тогда, по принципу суперпозиции, разность потенциалов между крайними шариками может быть записана в виде

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + (\varphi_N - \varphi_1),$$

где $\Delta\varphi_0 = E(N-1)l$ — разность потенциалов, создаваемая внешним полем $E,$ ($(N-1)l$ — расстояние между крайними шариками); φ_1, φ_N — потенциалы полей, создаваемых индуцированными зарядами этих шариков. Как уже отмечалось, $\Delta\varphi = 0,$ поэтому

$$E(N-1)l - \frac{2q_1}{4\pi\varepsilon_0 R} = 0.$$