

4. Вода в трубке поднимается благодаря капиллярным силам. Условие равновесия столба воды в трубке имеет вид

$$P + \rho gh = P_{\text{Лан.}} + P_0, \quad (1)$$

где P - давление газа в трубке, ρgh - гидростатическое давление столбика воды, h - высота столба воды в трубке, ρ - плотность воды, $P_{\text{Лан.}}$ - лапласовское давление под искривленной поверхностью, P_0 - атмосферное давление. При открытом верхнем конце трубки, давление газа внутри трубки равно атмосферному, поэтому

$$\rho gh_0 = P_{\text{Лан.}}. \quad (2)$$

Если трубка закрыта, то давление внутри нее можно найти из закона Бойля-Мариотта

$$P(l - h) = P_0 l. \quad (3)$$

Выражая из уравнений (2) - (3) лапласовское давление и давление газа внутри трубки и подставляя их в условия равновесия (1), получим квадратное уравнения для определения h :

$$\frac{P_0 l}{l - h} + \rho gh = \rho gh_0 + P_0, \Rightarrow \frac{P_0 h}{l - h} = \rho g(h_0 - h). \quad (4)$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$h = \frac{\frac{P_0}{\rho g} \pm \sqrt{\left(\frac{P_0}{\rho g}\right)^2 - 4lh_0}}{2}; \quad (5)$$

Большой корень физического смысла не имеет, поэтому ответ данной задачи

$$h = \frac{\frac{P_0}{\rho g} - \sqrt{\left(\frac{P_0}{\rho g}\right)^2 - 4lh_0}}{2} \approx \frac{\rho gl}{P_0} h_0 \approx 13 \text{ см}. \quad (6)$$

Схема оценивания.

Номер пункта	Содержание	баллы всего	в том числе за подпункты
1	Уравнение равновесия столба воды	6	
	-гидростатическое давление		1
	- формула Лапласа		1
	- закон Бойля-Мариотта		2
	- уравнение (4)		2
2	Решение уравнения (4)	4	
	- формула (5)		1
	- отброшен лишний корень		1
	- численное значение		2
	- лишние значащие цифры		-1
	итого	10	