

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ  
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 42111 для 11 класса

«Все течет, все меняется. В один кувшин можно ли войти дважды?» – думал Джинн, опуская пустой кувшин в ванну с эликсиром доброты. Опустив его до дна, Джинн вынул пробку и жидкость начала проникать внутрь. Вверх пошли пузыри. «Качество эликсира проверяется количеством пузырей» – вспомнил Джинн, но тут же сбился со счета.

Попробуем смоделировать этот процесс, сделав некоторые (существенные) упрощения.

Пусть заполняется лежащий на дне ванны кувшин объемом  $V_0 = 2$  л, толщина стенок которого пренебрежимо мала. Размерами кувшина также пренебрежем. До открытия пробки внутри кувшина находится воздух, температура и давление которого такие же, как у окружающей атмосферы. Будем считать, что в процессе заполнения весь воздух покидает кувшин (воздушные пробки не образуются).

Предположим, что воздух не выходит из кувшина до тех пор, пока эликсир может проникать внутрь. Как только установится шаткое равновесие, из кувшина мгновенно выходит пузырь воздуха. Определение объема  $U$  этого пузыря представляет собой весьма непростой вопрос, поэтому будем пользоваться экспериментальной формулой магрибских джиннов:  $U = U_0 \cdot \left(1 + \frac{V}{V_0}\right)$ , где  $U_0 = 0,1$  л,  $V$  – объем оставшегося в кувшине воздуха (если объем оставшегося воздуха меньше указанной величины, то он выходит полностью).

Пусть изначально ванна содержит  $W = 0,1$  м<sup>3</sup> эликсира, площадь ее основания  $S = 0,2$  м<sup>2</sup>. Плотность эликсира  $\rho_0 = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Всеми эффектами, связанными со взаимодействием жидкости и стенок сосудов, пренебрежем. Будем считать, что температура эликсира, сосудов и воздуха равна 22°C и не меняется в течение всего процесса.

1. Определите, сколько эликсира доброты проникнет в кувшин до первого вышедшего пузыря воздуха, а также между первым и вторым.

2. Определите общее количество пузырей, вышедших в процессе заполнения всего кувшина.

3. Определите (с точностью до 50  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ), какую плотность должен иметь эликсир, чтобы общее количество пузырей, вышедших в процессе заполнения всего кувшина, стало на 2 меньше найденного в п.2.

Ниже приведены отрывки из Справочника по физике для магрибских джиннов, которые могут оказаться полезными при решении задачи.

$$\begin{aligned} \text{ускорение свободного падения } g &= 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, & \text{атмосферное давление } P_A &= 101 \text{ кПа}, \\ \text{плотность воздуха } \rho_A &= 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, & \text{молярная масса воздуха } \mu_A &= 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}, \\ \text{универсальная газовая постоянная } R &= 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}, \\ \text{постоянная Больцмана } k &= 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}, \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ  
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 42101 для 10 класса

«Все течет, все меняется. В один кувшин можно ли войти дважды?» – думал Джинн, опуская пустой кувшин в ванну с эликсиром доброты. Опустив его до дна, Джинн вынул пробку и жидкость начала проникать внутрь. Вверх пошли пузыри. «Качество эликсира проверяется количеством пузырей» – вспомнил Джинн, но тут же сбился со счета.

Попробуем смоделировать этот процесс, сделав некоторые (существенные) упрощения.

Пусть заполняется лежащий на дне ванны кувшин объемом  $V_0 = 2$  л, толщина стенок которого пренебрежимо мала. Размерами кувшина также пренебрежем. До открытия пробки внутри кувшина находится воздух, температура и давление которого такие же, как у окружающей атмосферы. Будем считать, что в процессе заполнения весь воздух покидает кувшин (воздушные пробки не образуются).

Предположим, что воздух не выходит из кувшина до тех пор, пока эликсир может проникать внутрь. Как только установится шаткое равновесие, из кувшина мгновенно выходит пузырь воздуха. Определение объема  $U$  этого пузыря представляет собой весьма непростой вопрос, поэтому будем пользоваться экспериментальной формулой магрибских джиннов:  $U = U_0 \cdot \left(1 + \frac{V}{V_0}\right)$ , где  $U_0 = 0,1$  л,  $V$  – объем оставшегося в кувшине воздуха (если объем оставшегося воздуха меньше указанной величины, то он выходит полностью).

Пусть изначально ванна содержит  $W = 0,1$  м<sup>3</sup> эликсира, площадь ее основания  $S = 0,2$  м<sup>2</sup>. Плотность эликсира  $\rho_0 = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Всеми эффектами, связанными со взаимодействием жидкости и стенок сосудов, пренебрежем. Будем считать, что температура эликсира, сосудов и воздуха равна 22°C и не меняется в течение всего процесса.

1. Определите, сколько эликсира доброты проникнет в кувшин до первого вышедшего пузыря воздуха, а также между первым и вторым.

2. Определите общее количество пузырей, вышедших в процессе заполнения всего кувшина.

Ниже приведены отрывки из Справочника по физике для магрибских джиннов, которые могут оказаться полезными при решении задачи.

$$\begin{aligned} \text{ускорение свободного падения } g &= 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, & \text{атмосферное давление } P_A &= 101 \text{ кПа}, \\ \text{плотность воздуха } \rho_A &= 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, & \text{молярная масса воздуха } \mu_A &= 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}, \\ \text{уравнение Менделеева-Клапейрона: } PV &= \frac{m}{\mu} RT, \text{ где } R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}. \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ  
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА  
ВАРИАНТ 42091 для 9 класса

«Все течет, все меняется. В один кувшин можно ли войти дважды?» – думал Джинн, опуская пустой кувшин в ванну с эликсиром доброты. Опустив его до дна, Джинн вынул пробку и жидкость начала проникать внутрь. Вверх пошли пузыри. «Качество эликсира проверяется количеством пузырей» – вспомнил Джинн, но тут же сбился со счета.

Попробуем смоделировать этот процесс, сделав некоторые (существенные) упрощения.

Пусть погруженный кувшин имеет объем  $V_0 = 2$  л и в начале процесса он весь заполнен воздухом плотностью  $\rho = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Эликсир свободно втекает в кувшин, не давая воздуху выйти, до тех пор, пока плотность воздуха в нем меньше критической величины  $\rho_* = 1,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Как только эта величина достигается, из кувшина мгновенно (волшебным образом) выходит пузырь воздуха, объем которого определяется как  $U = U_0 \cdot \left(1 + \frac{V}{V_0}\right)$ , где  $U_0 = 0,1$  л,  $V$  – объем оставшегося в кувшине воздуха. (Если объем оставшегося воздуха меньше указанной величины, то он выходит полностью.)

Будем считать, что температура эликсира, сосудов и воздуха не меняется в течение всего процесса. Всеми эффектами, связанными со взаимодействием жидкости и стенок сосудов, пренебрежем.

1. Определите, сколько эликсира доброты проникнет в кувшин до первого вышедшего пузыря воздуха, а также между первым и вторым.
2. Определите общее количество пузырей, вышедших в процессе заполнения всего кувшина.
3. Определите объем последнего вышедшего пузыря воздуха.