

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт транспорта и логистики

Кафедра гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
транспорта и логистики
_____ Быкадоров В.В.
«26» 02 _____ 2025 года



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях»
01.03.03 Механика и математическое моделирование
«Механика деформируемых тел и сред»

Разработчик:

докт. техн. наук, профессор _____ Сёмин Д. А.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрогазодинамика

от «14» января 2025г., протокол №3

Заведующий кафедрой _____ Мальцев Я.И.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа:

Выбрать один правильный ответ

1. Средняя длина свободного пробега молекул $\langle \lambda \rangle$, движущихся со средней тепловой скоростью $\langle V \rangle$, за время отсутствия столкновения $\langle \tau \rangle$, определяется по формуле:

А) $\langle \lambda \rangle = \langle V \rangle / \langle \tau \rangle$;

Б) $\langle \lambda \rangle = \langle V \rangle \langle \tau \rangle$;

В) $\langle \lambda \rangle = \langle \tau \rangle / \langle V \rangle$;

Г) $\langle \lambda \rangle = \langle V \rangle^{\langle \tau \rangle}$.

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

2. Средняя скорость теплового движения молекул $\langle V \rangle$, зависит от термодинамической температуры T , молекулярного веса μ и определяется соотношением:

А) $\langle V \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$;

Б) $\langle V \rangle = \frac{8RT}{\pi\mu}$;

В) $\langle V \rangle = \sqrt{8\pi\mu RT}$;

Г) $\langle V \rangle = \sqrt{\frac{\pi\mu}{8RT}}$.

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

3. Длина свободного пробега молекул, термодинамическая температура, давление и площадь сечения молекулы связаны соотношением:

А) $\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sigma p \sqrt{2}}$;

Б) $\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sigma p} \sqrt{2}$;

В) $\langle \lambda \rangle = \frac{kp}{\sigma T \sqrt{2}}$;

$$\Gamma) \langle \lambda \rangle = \frac{\sigma kT}{p\sqrt{2}};$$

Правильный ответ: А.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1.

1) Актуальная концентрация примеси в данной точке среды в данный момент времени

$$A) \langle V \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

2) Длина свободного пробега молекул, термодинамическая температура, давление и площадь сечения молекулы связаны соотношением

$$B) \langle \lambda \rangle = \langle V \rangle \langle \tau \rangle$$

3) Средняя скорость теплового движения молекул

$$B) C(x, y, z, t) = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

4) Средняя длина свободного пробега молекул

$$\Gamma) \langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sigma p\sqrt{2}}$$

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

2.

1) Число частиц, проходящих через единицу площади в единицу времени

$$A) M = -D \frac{\partial \rho}{\partial x}$$

2) Масса частиц, протекающей через единицу площади в единицу времени

$$B) I = -D \frac{dC}{dx}$$

3) Диффузионный поток какой-либо компоненты с концентрацией C

$$B) D = \frac{1}{3} \langle V \rangle \langle \lambda \rangle$$

4) Коэффициент диффузии

$$\Gamma) N = -D \frac{\partial C}{\partial x}$$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	А	Б	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

3.

А)

1) Уравнение молекулярной диффузии в ламинарном потоке

$$\begin{aligned} \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial t} + \langle u_x \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x} + \langle u_y \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial y} + \langle u_z \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial z} = \\ = f(x, y, z, t) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x} - \langle u'_x C' \rangle \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial y} - \langle u'_y C' \rangle \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial z} - \langle u'_z C' \rangle \right), \end{aligned}$$

Б)

2) Гипотеза Фика-Буссинеска

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{y}} + \bar{u}_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{z}} = \\ = \bar{f}(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t}) + \frac{1}{\text{Re Sc}} \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{z}^2} \right). \end{aligned}$$

В)

3. Уравнение диффузии в турбулентном потоке

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} + u_y \frac{\partial C}{\partial y} + u_z \frac{\partial C}{\partial z} = f(x, y, z, t) + \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right). \end{aligned}$$

Г)

4) Безразмерное уравнение турбулентной диффузии

$$\langle u'_\alpha C' \rangle = -D_t \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial \alpha}.$$

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность позиций в буквенном обозначении слева направо.

1. Задача: Найти коэффициент диффузии и вязкость воздуха при заданных давлении P и температуре T . Эффективный диаметр молекул воздуха d .

Решение:

А) Проведем решение для приближения идеального газа.

$$D = \frac{1}{3} v_{\text{ср}} l.$$

Б) Среднеарифметическая скорость молекул идеального газа:

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}.$$

В) Среднюю длину свободного пробега l рассчитаем из уравнения

$$l = \frac{kT}{\sqrt{2} \cdot \sigma \cdot P},$$

где эффективное сечение рассеяния молекул $\sigma = \pi \cdot d^2$ равно площади круга с радиусом, равным эффективному диаметру молекулы.

Г) Получим:

$$D = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{8RT}{\mu\pi}} \cdot \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$$

Д) Коэффициент вязкости можно рассчитать, выражая значения параметров через термодинамические величины, заданные в условии.

Или можно воспользоваться соотношением связи между коэффициентами в законах переноса:

$$D = \frac{\eta}{\rho}$$

Е) Плотность газа найдем из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$\rho = \frac{P\mu}{RT}.$$

Окончательно, получаем

$$\eta = D \cdot \rho = D \cdot \frac{P\mu}{RT}.$$

Правильный ответ: А, Б, В, Г, Д, Е.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

2. Задача: Углекислый газ и азот находятся при одинаковых давлениях и температурах. При заданном молярной массе газов μ и числе степеней свободы молекул i , найдите для этих газов отношения коэффициентов диффузии и вязкостей. Диаметры молекул газов считать одинаковыми.

А) Коэффициент диффузии определяется соотношением:

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\mu\pi}} \cdot \frac{kT}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 P}.$$

Б) Так как диаметры молекул одинаковы, $\sigma_1 = \sigma_2$, то

$$\frac{D_1}{D_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$$

В) Коэффициент динамической вязкости

$$\eta = 1/3 \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho,$$

Г) плотность газов $\rho = P\mu/(RT)$.

Д) Тогда,

$$\eta = D \frac{P\mu}{RT}, \quad \frac{\eta_1}{\eta_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}} \cdot \frac{\mu_1}{\mu_2} = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}}.$$

Правильный ответ: А, Б, В, Г, Д.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

3. Задача: При температуре 0°C и некотором давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода - λ . Чему равно среднее число столкновений в 1 секунду z молекул кислорода, если сосуд откачать до 0,01 первоначального давления? Температура останется неизменной.

Решение:

А) Среднее число столкновений в секунду молекул кислорода находится по формуле

$$\langle z \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle \lambda \rangle},$$

Б) скорость теплового движения молекулы с молярной массой μ

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}};$$

В) длина свободного пробега

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n}.$$

Г) Из формулы $P = nkT$ найдем среднее число молекул в единице объема n и подставим в соотношение для $\langle \lambda \rangle$

$$\langle \lambda_1 \rangle = \frac{kT_1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 P_1},$$

$$\langle \lambda_2 \rangle = \frac{kT_1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 P_2},$$

Г) Разделив первое уравнение на второе получим

$$\langle \lambda_1 \rangle = \langle \lambda_2 \rangle \left(\frac{P_1}{P_2} \right).$$

Д) Окончательно (см. п.А)) находим

$$z = \frac{\langle v \rangle}{\langle \lambda_2 \rangle} = \frac{\sqrt{8RT/(\pi\mu)}}{\langle \lambda_1 \rangle (P_1/P_2)},$$

Правильный ответ: А, Б, В, Г, Д.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Вставьте пропущенное слово (словосочетание)

1. В соответствии с законом _____ диффузионный поток направлен в сторону уменьшения концентрации.

Правильный ответ: Фика

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

2. В соответствии с гипотезой _____ осредненные значения производений пульсационных составляющих проекций скорости и концентрации пропорциональны градиенту осредненной концентрации.

Правильный ответ: Фика-Буссинеска.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

3. В турбулентном потоке коэффициент диффузии, определяемый суммой молекулярного и турбулентного, носит название _____ коэффициента диффузии.

Правильный ответ: эффективного.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

4. Уравнение

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} + u_y \frac{\partial C}{\partial y} + u_z \frac{\partial C}{\partial z} = f(x, y, z, t) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right).$$

является уравнением молекулярной диффузии в _____ потоке.

Правильный ответ: ламинарном.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

5. Уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial t} + \langle u_x \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x} + \langle u_y \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial y} + \langle u_z \rangle \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial z} = \\ = f(x, y, z, t) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x} - \langle u'_x C' \rangle \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial y} - \langle u'_y C' \rangle \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial z} - \langle u'_z C' \rangle \right), \end{aligned}$$

является уравнением диффузии в _____ потоке.

Правильный ответ: турбулентном.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

6. Уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{y}} + \bar{u}_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{z}} = \\ = \bar{f}(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t}) + \frac{1}{\text{Re Sc}} \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{z}^2} \right). \end{aligned}$$

представляет безразмерное уравнение _____ диффузии.

Правильный ответ: турбулентной.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

7. В уравнении

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} + u_y \frac{\partial C}{\partial y} + u_z \frac{\partial C}{\partial z} = f(x, y, z, t) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right).$$

$f(x, y, z, t)$ носит название функции объемной плотности мощности источников

_____.

Правильный ответ: примеси.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

8. В уравнении

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{y}} + \bar{u}_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{z}} = \bar{f}(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t}) + \frac{1}{\text{Re Sc}} \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{z}^2} \right).$$

величина, определяемая суммой

$$\bar{u}_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{y}} + \bar{u}_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{z}}$$

характеризует _____ перенос концентрации примеси.

Правильный ответ: конвективный.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите пропущенное слово (словосочетание)

1. Диффузия – распространение, взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие _____ движения частиц вещества.

Правильный ответ: теплового.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5.

2. Диффузия происходит в направлении _____ концентрации. C вещества и ведет к его равномерному распределению по занимаемому объему.

Правильный ответ: уменьшения.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5.

3. Уравнение $I = -D \frac{dC}{dx}$ называется _____ говорящим о том, что диф-

фузионный поток пропорционален градиенту концентрации и направлен в сторону её убывания

Правильный ответ: законом Фика.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5.

4. В уравнении $I = -D \text{grad} C$, $D \sim \frac{T^{3/2}}{p\sqrt{\mu}}$ носит название коэффициента

Правильный ответ: диффузии.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5.

5. С увеличением температуры T диффузия в газах ускоряется, а с ростом давления p и молекулярного веса μ — _____.

Правильный ответ: замедляется.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3, ОПК-5.

Задания открытого типа с развёрнутым ответом

1. Число молекул водорода в единице объема при некоторых условиях равно $n = 1,8 \cdot 10^{25} [\text{м}^{-3}]$, коэффициент диффузии при этих условиях

$D = 1,42 \cdot 10^{-4} [\text{м}^2 / \text{с}]$. Найдите, чему для такого газа коэффициент вязкости η .

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

<p>Дано:</p> <p>$n = 1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$</p> <p>$D = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$</p> <p>$\eta = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>По определению диффузии:</p> <p>$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$, где ($\langle v \rangle$ - средняя тепловая скорость молекул газа, $\langle \lambda \rangle$ - длина свободного пробега)</p>
--	---

Вязкость есть:

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho = D \rho, \text{ где } (\rho = \text{плотность газа})$$

$\rho = m \cdot n$, (где m - масса молекулы водорода, n - количество молекул).

$$m = m_p = 1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг (ввиду того, что } m_p \gg m_e)$$

В результате:

$$\eta = D m_p \cdot n = 1,42 \cdot 10^{-4} \cdot 1,68 \cdot 10^{-27} \cdot 1,8 \cdot 10^{25} = 4,29 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} = 4,29 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$$

Ответ: $\eta = \frac{D n \mu}{N_A} = 8,5 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$

Компетенции (индикаторы) ОПК-3, ОПК-5.

2. Найдите давление, при котором находится воздух при температуре T , если коэффициент диффузии D , а динамическая вязкость η

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Дано:
 $T = 10^\circ \text{C} = 283 \text{K}$
 $D = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$
 $\eta = 1,75 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м})$
 $P - ?$

Решение:
 Коэффициент диффузии и вязкость связаны между собой выражением:
 $\frac{D}{\eta} = \frac{1}{\rho}$, где ρ - массовая плотность газа.
 Запишем уравнение состояния газа:

$PV = \frac{m}{\mu} kT$, где m - масса газа, V - объём газа, $k = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$ - молярная газовая постоянная, $\mu = 29 \text{ г}/\text{моль} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг}/\text{моль}$ - молярная масса воздуха, P - давление газа, T - температура газа.

Поэтому:

$$P = \frac{m}{V} = \frac{\mu \cdot \rho}{RT} = \frac{\eta}{D}, \text{ следовательно } P = \frac{\eta RT}{\mu D} = \frac{1,75 \cdot 8,31 \cdot 283}{2,9 \cdot 10^{-2} \cdot 1,45 \cdot 10^{-5}} = 9,8 \cdot 10^9 \text{ Па.}$$

$$\text{Ответ: } P = \frac{\eta RT}{\mu D} = 9,8 \cdot 10^9 \text{ Па}$$

$$\text{Ответ: } P = \frac{\eta RT}{\mu D} = 9,8 \cdot 10^9 \text{ Па}$$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы) ОПК-3, ОПК-5.

3. Определите эффективный диаметр молекул кислорода O_2 при нормальных условиях. Коэффициент диффузии D .

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Дано:

O_2
 $D = 2,9 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

Н.У.

$d - ?$

Решение:

Коэффициент диффузии определяется выражением:

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle,$$

где $\langle v \rangle$ - средняя скорость движения молекул газа
 $\langle \lambda \rangle$ - средняя длина свободного пробега молекул

газа.

Средняя скорость движения определяется из функции распределения Максвелла:

$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$, где $T = 293 \text{ K}$ - температура газа при нормальных условиях; $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ - молярная масса O_2 .

Средняя длина свободного пробега:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$$

Концентрация молекул газа при нормальных условиях:

$n = \frac{N_A}{V_M}$, где $N_A = 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ - число Авогадро.

$V_M = 22,4 \frac{1}{\text{моль}}$ - объём занимаемый 1 молекулой газа при нормальных условиях.

Отсюда эффективный диаметр молекулы кислорода

$$d = \sqrt{\frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu} \cdot \frac{V_M}{\pi d^2 N_A \sqrt{2}}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1}{3} \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 293}{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14} \cdot \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{4,14 \cdot 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{23}}}} = 0,27 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

Ответ: $d = \sqrt{\frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu} \cdot \frac{V_M}{\pi D N_A \sqrt{2}}}} = 0,27 \text{ нм.}$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы) ОПК-3, ОПК-5.

4. Найдите коэффициент диффузии D водорода при нормальных условиях, если средняя длина пробега молекулы $\langle \lambda \rangle = 0,16 [\text{мкм.}]$

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

<p>Дано:</p> <p>H_2</p> <p>н.у</p> <p>$\langle \lambda \rangle = 0,16 \text{ мкм} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$</p> <p>$D - ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>Коэффициент диффузии D газа может быть вычислен по формуле:</p> $D = \frac{\langle v \rangle \langle \lambda \rangle}{3},$ <p>где v - средняя арифметическая скорость молекул, $\langle \lambda \rangle$ - средняя длина свободного пробега молекул.</p>
--	--

Средняя арифметическая скорость молекул может быть вычислена по формуле:

$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$, где T - температура газа, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - молярная газовая постоянная, $\mu = 2 \text{ г/моль} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ - молярная масса водорода.

При нормальных условиях: $T = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ К}$.

Находим коэффициент диффузии:

$$D = \frac{\langle v \rangle \langle \lambda \rangle}{3} = \frac{\langle \lambda \rangle}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-7}}{3} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 8,31 \cdot 273}{\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3}}} = 9,06 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Ответ: $D = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT_0}{\pi\mu}} \cdot \langle \lambda \rangle = 9,06 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы) ОПК-3, ОПК-5.

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Диффузионные процессы в стационарных газовых течениях» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки бакалавров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института транспорта и логистики



Е.И. Иванова

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)