

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

«Неравновесная термодинамика»

01.04.03 Механика и математическое моделирование

«Компьютерная аэрогидродинамика»

Разработчик:

канд. техн. наук, доцент Мальцева Мальцева М.О.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрогазодинамика

от «14» января 2025г., протокол №3

Заведующий кафедрой Мальцев Мальцев Я.И.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине  
«Неравновесная термодинамика»**

**Задания закрытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

1. *Выберите один правильный ответ.*

Выберите правильное интегральное соотношение, которое можно рассматривать как формулировку первого начала термодинамики применительно к закрытым термодинамическим системам:

А)  $\oint dU = 0$

Б)  $\oint dE = 0$

В)  $\oint dQ = 0$

Г)  $\oint dA = 0$

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. *Выберите один правильный ответ.*

Какой формулой можно описать третий закон термодинамики:

А)  $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$

Б)  $\lim_{T \rightarrow \infty} S = 0$

В)  $\lim_{T \rightarrow 0} U = 0$

Г)  $\lim_{T \rightarrow \infty} U = 0$

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. *Выберите один правильный ответ.*

Какая из формул является формулой Больцмана, которая в математическом виде описывает второй закон термодинамики:

А)  $S = k \cdot \ln W$

Б)  $S = k \cdot \ln U$

В)  $E = mc^2$

Г)  $Q = T \cdot \Delta S$

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. Выберите один правильный ответ.

Какая из перечисленных формул является формулой тепловой теоремой Нернста?

А)  $\lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial S}{\partial p} \right)_T = \lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = 0$

Б)  $\lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial Q}{\partial p} \right)_T = \lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial Q}{\partial V} \right)_T = 0$

В)  $\lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial U}{\partial p} \right)_T = \lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$

Г)  $\lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial E}{\partial p} \right)_T = \lim_{T \rightarrow 0} \left( \frac{\partial E}{\partial V} \right)_T = 0$

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

#### Задания закрытого типа на установления соответствия

1. Установите соответствие различных типов систем по указанным признакам взаимодействия предложенную И. Р. Пригожиным. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

| Признак                                                                                        | Тип системы              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1) Системы, которые не обмениваются с внешней средой никакими видами энергии и веществом.      | А) изолированные системы |
| 2) Системы, которые обмениваются с окружающей средой только энергией в форме теплоты и работы. | Б) закрытые системы      |
| 3) Системы, обменивающиеся с внешней средой как любыми формами энергии, так и веществом.       | В) открытые системы      |

Правильный ответ:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| А | Б | В |

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Установите соответствие изменения внутренней энергии вещества при разных процессах. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- |                                                                                                                                                                                    |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1) Изменяется кинетическая энергия хаотического движения молекул, а в жидкости и твёрдом теле - так же и потенциальная энергия взаимодействия молекул                              | А.) Нагревание или охлаждение    |
| 2) При разрушении или образовании кристаллической решетки изменяется потенциальная энергия взаимодействия атомов и молекул (без перестройки вследствие химических реакций)         | Б.) Плавление или кристаллизация |
| 3) При разрыве или образовании связей между молекулами изменяется потенциальная энергия их взаимодействия                                                                          | В.) Испарение или конденсация    |
| 4) При перестройке молекул происходит превращение потенциальной энергии взаимодействия атомов в кинетическую энергию хаотического движения молекул                                 | Г.) химическая реакция           |
| 5) При делении или синтезе (объединении) атомных ядер происходит превращение потенциальной энергии частиц, в кинетическую энергию хаотического движения частиц и энергию излучения | Д.) Ядерные реакции              |

Правильный ответ:

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| А | Б | В | Г | Д |

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Установите соответствие разных высказываний ученых о втором законе термодинамики. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- |                                                                                                                                                      |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому                | А) Р. Клаузиус |
| 2) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты, полученной от нагревателя, в эквивалентную ей работу | Б) У. Томсон   |
| 3) Энтропия замкнутой системы не убывает, $\Delta S \geq 0$                                                                                          | В) Л. Больцман |

Правильный ответ:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| А | Б | В |

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. Установите соответствие определения для каждого вида тепловой машины. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1) Тепловая машина, в которой внутренняя энергия частично преобразуется в механическую.

А) Тепловой двигатель

2) Тепловые машины служащие для отвода внутренней энергии от охлаждаемого тела, температура которого ниже, чем температура окружающей среды.

Б) Холодильные установки

3) Устройство для передачи внутренней энергии от тела с низкой температурой к телу с высокой температурой.

В) Тепловой насос

Правильный ответ:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| А | Б | В |

Компетенции (индикаторы): ПК-1

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

1. Установите правильную последовательность. Запишите правильную последовательность букв слева направо.

Восстановите хронологическую последовательность открытия и публикации термодинамических законов.

А) Закон Бойля - Мариотта, который гласит, что произведение давления данной массы газа на его объём постоянно, если температура газа не меняется.

Б) Закон Гей – Люссака, гласит относительное изменение объёма данной массы газа при постоянном давлении прямо пропорционально изменению температуры.

В) Закон Шарля гласит, давление данной массы газа при постоянном объёме прямо пропорционально абсолютной температуре.

Правильный ответ: А, В, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Расположите следующие агрегатные состояния вещества в порядке возрастания средней кинетической энергии молекул (при одинаковой температуре). Запишите правильную последовательность букв слева направо.

А) Газ

Б) Жидкость

В) Твердое тело

Правильный ответ: В, Б, А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

*3. Расположите следующие типы систем в порядке увеличения сложности обмена энергией с окружающей средой. Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

А) Изолированная система

Б) Закрытая система

В) Открытая система

Правильный ответ: А, Б, В

Компетенции (индикаторы): ПК-1

*4. Расположите следующие виды теплопередачи в порядке уменьшения скорости нагрева металлического стержня одним и тем же источником тепла. Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

А) Теплопроводность

Б) Конвекция (принудительная)

В) Излучение

Правильный ответ: В, Б, А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

### **Задания открытого типа**

#### **Задания открытого типа на дополнение**

*1. Напишите пропущенное слово.*

Система, которая не обменивается энергией с окружающей средой, называется \_\_\_\_\_ термодинамической системой.

Правильный ответ: изолированной

Компетенции (индикаторы): ПК-1

*2. Напишите пропущенное слово.*

\_\_\_\_\_ — это направление в науке, в котором изучаются процессы перехода от хаоса к порядку и обратно в открытых нелинейных системах, и системах далеких от теплового равновесия.

Правильный ответ: синергетика

Компетенции (индикаторы): ПК-1

*3. Напишите пропущенное словосочетание.*

\_\_\_\_\_ — это физическая теория макроскопического описания неравновесных процессов и состояний с разработкой общих методов их термодинамического анализа.

Правильный ответ: неравновесная термодинамика

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. *Напишите пропущенное словосочетание.*

Под понятием «\_\_\_\_\_» подразумевается энергия системы, зависящая от её внутреннего состояния: кинетическая энергия хаотического (теплового) движения всех макрочастиц (молекул, атомов, ионов и др.) системы и потенциальная энергия их взаимодействия.

Правильный ответ: внутренняя энергия

Компетенции (индикаторы): ПК-1

### **Задания открытого типа с кратким свободным ответом**

1. *Напишите пропущенное словосочетание.*

\_\_\_\_\_ - наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и о процессах перехода между этими состояниями.

Компетенции (индикаторы):

Правильный ответ: классическая термодинамика / равновесная термодинамика

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. *Напишите пропущенное слово.*

Термодинамика равновесных процессов дает полное описание обратимых процессов, а для необратимых процессов лишь указывает \_\_\_\_\_ их протекания.

Правильный ответ: направление / движение

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. *Напишите пропущенное словосочетание.*

\_\_\_\_\_ - называется такой процесс, при котором система, проходит через ряд состояний и возвращается в исходное состояние.

Правильный ответ: круговым процессом / круговым циклом

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. *Напишите пропущенное слово.*

В энергетических процессах открытых систем имеет место сформулированный Пригожиным принцип производства энтропии: в стационарном неравновесном состоянии производство энтропии \_\_\_\_\_.

Правильный ответ: минимально / наименьшее  
Компетенции (индикаторы): ПК-1

### **Задания открытого типа с развернутым ответом**

1. Поясните как вы понимаете проблему так называемой тепловой смерти Вселенной, сформулированной в середине XIX в?

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 20 мин.

Ожидаемый результат:

Рассматривая Вселенную как замкнутую систему Клаузиус, опираясь на второе начало термодинамики, утверждал, что рано или поздно энтропия Вселенной должна достигнуть своего максимума. Переход теплоты от более нагретых тел к менее нагретым приведёт к тому, что температура всех тел Вселенной станет одинаковой, наступит полное тепловое равновесие и все процессы во Вселенной прекратятся – наступит тепловая смерть Вселенной. Ошибочность вывода о тепловой смерти Вселенной заключается в том, что нельзя применять второе начало термодинамики к незамкнутым системам. К числу таких систем и относится нестационарная, бесконечно развивающаяся Вселенная.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие.

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Поясните суть концепции неравновесной термодинамики И. Пригожина?

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 20 мин.

Ожидаемый результат:

Чтобы система могла не только поддерживать, но и создавать упорядоченность из хаоса, она непременно должна быть открытой и иметь приток энергии и вещества извне. Такие системы Пригожин назвал диссипативными. Весь доступный нашему познанию мир состоит именно из таких систем, и в этом мире повсюду обнаруживается эволюция, разнообразие форм и неустойчивость.

В ходе эволюционного этапа развития диссипативная система достигает в силу самого характера развития состояния сильной неравновесности и теряет устойчивость. Это происходит при критических значениях управляющих параметров, и дальнейшая зависимость происходящих процессов от действующих сил приобретает крайне нелинейный характер. Разрешением возникшей кризисной ситуации служит быстрый переход диссипативной системы в одно из возможных устойчивых состояний, качественно отличающихся от исходного.



Пригожин трактует такой переход как приспособление диссипативной системы к внешним условиям, чем обеспечивается ее выживание. Это и есть акт самоорганизации системы.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие.

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Каким требованиям должна удовлетворять самоорганизующаяся система?

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 20 мин.

Ожидаемый результат:

- 1) открытость – обязательный обмен энергией и (или) веществом с окружающей средой;
- 2) нелинейность – способность качественно изменять своё поведение при количественном изменении воздействия;
- 3) существенная неравновесность – достигается при определенных состояниях и при определенных значениях параметров, характеризующих систему, которые переводят ее в критическое состояние, сопровождаемое потерей устойчивости;
- 4) выход из критического состояния скачком в процессе типа фазового перехода в качественно новое состояние с более высоким уровнем сложности и упорядоченности.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие.

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. Решить задачу. Рассмотрим пластину толщиной  $L = 0,05$  м с температурой одной стороны  $T_1 = 400$  К и другой стороны  $T_2 = 300$  К, площадь поперечного сечения  $A = 1$  м<sup>2</sup>. Коэффициент теплопроводности материала пластины составляет  $k = 200$  Вт/(м К). Найдите тепловой поток через пластину.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 40 мин.

Ожидаемый результат:

Используем закон Фурье для теплопередачи:

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

где  $A$  — площадь поперечного сечения

$Q$  - тепловой поток;

$k$  - коэффициент теплопроводности;

$\frac{dT}{dx}$  - градиент температуры.

Вычислим градиент температуры:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} = \frac{300 - 400}{0,05} = -2000 \text{ K / м}$$

Подставим значения в формулу для теплового потока:

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} = -200 \cdot 1 \cdot (-2000) = 400000 \text{ Вт}$$

Ответ 400000 Вт.

Критерии оценивания:

- нахождение величины теплового потока.

Компетенции (индикаторы): ПК-1

## Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) *по дисциплине «Неравновесная термодинамика»* соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.03 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 магистров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической  
комиссии института транспорта и логистики



Е.И. Иванова

### Лист изменений и дополнений

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