

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.08.2022
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы подобия физических процессов»

Направление подготовки

16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

Профиль «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Москва 2022 г.

Разработчик(и):

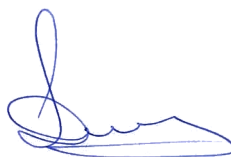
доцент, к.т.н.



/ А.Е. Ермолаев /

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н.



/ Д.А. Некрасов /

1. Цели освоения дисциплины.

К основным целям освоения дисциплины «Методы подобия физических процессов» следует отнести:

- формирование знаний по основам теории подобия физических процессов и анализа размерностей в области тепловых машин (преимущественно, машин и аппаратов низкотемпературной техники), использованию их при построении математических моделей физических процессов, происходящих в машинах и аппаратах низкотемпературной техники.

К основным задачам освоения дисциплины «Методы подобия физических процессов» следует отнести:

- привитие навыков и выработка умения применять физическое моделирование процессов гидрогазодинамики, тепло- и массообмена в агрегатах узлах и системах низкотемпературной техники при использовании расчетно-экспериментальных методов их разработки, проектирования и оценки характеристик.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.

Дисциплина «Методы подобия физических процессов» относится к числу профессиональных учебных дисциплин обязательной части блока 1 основной образовательной программы магистратуры.

Дисциплина «Методы подобия физических процессов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- «Теоретические основы криогенной техники».
- «Планирование, обработка и анализ эксперимента».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
-----------------	---	---

УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных и прикладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики.
ОПК-5	Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методологию физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, осуществлением методологического обоснования научного исследования.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы, т.е. **108** академических часа (из них 72 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Методы подобия физических процессов» изучаются на первом курсе, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Методы подобия физических процессов» по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение.

2. Анализ размерностей.

3. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.
4. Подобные явления в природе.
5. Формирование критериев подобия.
6. Формирование критериев подобия.
7. Необходимые и достаточные условия подобия.
8. Теория подобия как основа для экспериментальных исследований.
9. Физическое моделирование гидро- и газодинамических процессов.
10. Физическое моделирование тепло- и массообменных процессов.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Методы подобия физических процессов» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование модульного и интерактивного обучения:

- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме опросов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводятся по следующим критериям;

- ответы студента на вопросы при проведении аудиторных занятий;
- решение кейс-задач по дисциплине

Образцы вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов приведены в приложении.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
ОПК-5	Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных исследований;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных исследований;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных исследований;	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных исследований;	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных исследований;

<p>тальных и прикладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес.</p>	<p>зультаты фундаментальных и прикладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес.</p>	<p>кладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>кладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес. Умения освоены, но допускаются значительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>лять новые результаты фундаментальных и прикладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики.</p>	<p>Обучающийся владеет навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики, но допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики, но допускаются значительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

ОПК-5. Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p>знать: методологию физического моделирования процессов в</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следу-</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методология физического модели-</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методология физического модели-</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: ме-</p>

<p>агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.</p>	<p>ющих знаний: методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.</p>	<p>рования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>рования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>тодология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p>уметь: определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: контролировать исправность оборудования перед его монтажом для проведения испытаний. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизне-</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и си-</p>	<p>Обучающийся владеет формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, осуществлением методологического обоснования научно-</p>	<p>Обучающийся частично владеет формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, осуществлением методологического обоснования научно-</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизне-</p>

обеспечения, осуществлением методологического обоснования научного исследования.	ством жизнеобеспечения, осуществлением методологического обоснования научного исследования	допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	обеспечения, осуществлением методологического обоснования научного исследования, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
--	--	---	---	---

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Методы подобия физических процессов».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	<i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i>
Не зачтено	<i>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</i>

Фонды оценочных средств представлены в приложении 1 к рабочей программе.

**Структура и содержание дисциплины «Методы подобия физических процессов» по направлению подготовки
16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»
(магистр)**

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации		
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З	
	Первый семестр															
1	Введение.	1	1-2	2												
2	Анализ размерностей.	1	3	1		2										
3	Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.	1	4	1		2										
4	Подобные явления в природе.	1	5	1		2										
5	Формирование критериев подобия.	1	6-7	2		2										
6	Формирование критериев подобия.	1	8-9	2		2										
7	Необходимые и достаточные условия подобия.	1	10-11	2		2										
8	Теория подобия как основа для экспериментальных исследований.	1	12-14	3		2										
9	Физическое моделирование гидро- и газодинамических процессов.	1	15-16	2		2										
10	Физическое моделирование тепло- и массообменных процессов.		17-18	2		2										
	Форма аттестации		19-20													
	Всего часов по дисциплине в первом семестре	1		18		18	72									+

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) Основная литература:

1. Афанасьев, Ю. О. Теория подобия : учебное пособие / Ю. О. Афанасьев, Н. В. Тиунова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 64 с. — ISBN 978-5-89070-810-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6639> (дата обращения: 22.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Крамаренко, Н. В. Методы подобия в механике. Анализ размерностей : учебное пособие / Н. В. Крамаренко. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 212 с. — ISBN 978-5-7782-4087-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152131> (дата обращения: 22.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программные пакеты CONDUCT и FLUENT

Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Лекционные и практические занятия проводятся в специализированной аудитории кафедры Ав2103, оснащенной учебными столами, стульями, аудиторной доской, рабочим местом преподавателя, оборудованием для выполнения лабораторных работ.

При кафедре работает консультационно-вычислительный класс Ав2209 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерами с соответствующим расчетным и графическим программным обеспечением.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к лекционным, лабораторным, семинарским (практическим) занятиям;
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала вопросы и давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категоричный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы.

Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки магистров **16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»**, профиль подготовки **«Холодильная техника и технологии»**.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

ОП (профиль): «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»
Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:
**расчетно-экспериментальная с элементами научно-исследовательской,
проектно-конструкторская**

Кафедра: «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Методы подобия физических процессов

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:

Составитель: Ермолаев А.Е.

Москва, 2022 год

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Методы подобия физических процессов					
ФГОС ВО 16.04.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
1	2	3	4	5	6
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводить анализ научно-технической литературы и выявлять новые результаты фундаментальных и прикладных исследований в области техники и физики низких температур, которые могут представлять практический интерес; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со спе- 	лекция, семинары и практические занятия, самостоятельная работа	К-3	<p>Базовый уровень</p> <p>- способен владеть навыками планирования экспериментальных исследований в области низкотемпературной техники, взаимодействия со специалистами в других предметных областях технической физики.</p> <p>Повышенный уровень</p> <p>- способен применять физическое моделирование процессов гидрогазодинамики, тепло- и массообмена в агрегатах узлах и системах низкотемпературной техники при использовании расчетно-экспериментальных методов их разработки, проектирования и оценки характеристик.</p>

		<p>циалистами в других предметных областях технической физики.</p>			
ОПК-5	<p>Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> методологию физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> формулировками постановки задач по физическому моделированию процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения, осуществлением методологического обоснования научного исследования. 	<p>лекция, семинары и практические занятия, самостоятельная работа</p>	К-3	<p>Базовый уровень</p> <p>- способен определять условия полного и приближенного подобия для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>Повышенный уровень</p> <p>- способен представлять результаты физического моделирования и экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде, пересчитывать результаты модельных испытаний на натурные условия.</p>

** - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

Перечень оценочных средств по дисциплине «Методы подбора физических процессов»

№ ОС	Наименование оценочного сред- ства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оце- ночного средства в ФОС
1	Кейс-задача (К-3)	Проблемное задание, в котором обучаю- щемуся предлагают осмыслить реальную профессионально - ориентированную си- туацию, необходимую для решения дан- ной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи

Кафедра «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

(наименование кафедры)

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий			
Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Недифференцированный зачет	
		Критерии оценивания	
		зачтено	зачтено
- общие закономерности формирования критериев подобия и чисел подобия для процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;	1-10	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
ОПК-5. Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;			
Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Недифференцированный зачет	
		Критерии оценивания	
		зачтено	зачтено
- методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения; - методические основы представления	1-10	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на

результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде		новые, нестандартные ситуации.	новые, нестандартные ситуации.
--	--	--------------------------------	--------------------------------

Вопросы к зачету

по дисциплине «Методы подобия физических процессов»

Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ:

1. История возникновения и развития теории подобия и анализа размерностей.
2. Понятие подобных величин и процессов.
3. Понятие размерностей.
4. Первичные и вторичные размерности в различных системах измерений.
5. Эталоны единиц измерений.
6. Подобные явления в природе.
7. Понятия геометрического, кинематического и динамического подобия.
8. П-теорема (теорема Букингема).
9. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.
10. Инварианты подобия и константы подобия.
11. Первая теорема теории подобия.
12. Вторая теорема теории подобия.
13. Третья теорема теории подобия.
14. Необходимые и достаточные условия подобия.
15. Числа подобия, критерии подобия, безразмерные комплексы и симплексы.

Вопросы (задачи/задания) для проверки уровня обученности УМЕТЬ:

1. Формирование критериев подобия на основе интегральных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление.
2. Примеры критериев подобия, получаемых на основе интегральных уравнений связи.
3. Формирование критериев подобия на основе дифференциальных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление.
4. Примеры критериев подобия, получаемых на основе дифференциальных уравнений.
5. Формирование критериев подобия на основе анализа размерностей.
6. Примеры критериев подобия, получаемых на основе анализа размерностей.
7. Различие между числами подобия и критериями подобия.

Вопросы (задачи/задания) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ:

1. Теория подобия как основа для экспериментальных исследований.

2. Метод физического моделирования.
3. Критерии подобия для физического моделирования гидро- и газодинамических процессов.
4. Критерии подобия для физического моделирования тепло- и массообменных процессов.
5. Пересчет результатов физического моделирования на натурные условия.
6. Представление результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде

ОПК-5. Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, участвовать в научной и инновационной деятельности;

Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Кейс-задача			
		Критерии оценивания			
		2	3	4	5
<p>- методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>- методические основы представления результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде</p>	1-10	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующим знаниям: методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>- методические основы представления результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим знаниям: методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>- методические основы представления результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим знаниям: методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>- методические основы представления результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим знаниям: методология физического моделирования процессов в агрегатах узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p>- методические основы представления результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>

			значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
--	--	--	---	--	--

Кейс-задачи

по дисциплине «Методы подбора физических процессов»
(наименование дисциплины)

Задание (я):

Выбрать модельные вещества, масштаб модели и определить значения модельных режимных параметров при физическом моделировании следующих процессов:

- 2.1. Движение воздуха по воздуховоду.
- 2.2. Кипение жидкого кислорода на плоской поверхности при установившейся плотности удельного теплового потока q .
- 2.3. Опорожнение емкости с жидким водородом и определение остатков жидкости в емкости в момент подхода уровня жидкости к заданной высоте в условиях, когда интенсивность поля массовых сил составляет $0,01g$, где $g=9,8 \text{ м/с}^2$.
- 2.4. Движение жидкого пропана по трубопроводу при наличии местного сопротивления.
- 2.5. Нагрев за счет теплопритока из окружающей среды сжиженного природного газа в цистерне при транспортировке.
- 2.6. Конденсация аммиака на наружной поверхности трубы с теплоносителем.
- 2.7. Кипение изобутана на плоской подогреваемой поверхности.
- 2.8. Температурное расслоение жидкого азота в теплоизолированной емкости при хранении.
- 2.9. Охлаждение воздуха на плоской пластине с температурой $T_{пл} < T_{возд}$ в замкнутом объеме за счет естественной конвекции.
- 2.10. Охлаждение воздуха в замкнутом объеме принудительным обдувом с заданным расходом плоской пластины с температурой $T_{пл} < T_{возд}$.
- 2.11. Опорожнение цистерны с жидким природным газом.
- 2.12. Колебания жидкого природного газа в железнодорожной цистерне при транспортировке.