

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра океанологии

Рабочая программа по дисциплине

ФИЗИКА ОКЕАНА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная океанология

Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная океанология»

 Царев В.А.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена
на заседании кафедры
6 06 2019г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Лукьянов С.В.

Авторы-разработчики:
 Лукьянов С.В.

Санкт-Петербург 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физика океана» является одним из основных предметов, обеспечивающих фундаментальную подготовку бакалавров - гидрометеорологов и создающую базу для дальнейшего обучения студентов на уровне специалистов и магистров. В задачу курса входит изучение важнейших физических процессов в океане на основе современных теоретических и экспериментальных представлений о них. Изложение материала осуществляется на физико-математической основе в тесной связи с изученными общеобразовательными и специальными дисциплинами: математикой, физикой, гидромеханикой, общей океанологией и метеорологией. В свою очередь на материале данного предмета базируется большинство специальных дисциплин, изучаемых на старших курсах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Физика океана» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам базовой части профессиональных дисциплин.

Изучение данной дисциплины основывается на знании студентами курсов «Физика», «Математика», «Общая химия», «Общая океанология», «Общая метеорология» и требующее определенных знаний по вычислительной математике и программированию. В свою очередь, она обеспечивает возможность изучения ряда дисциплин, среди которых – «Взаимодействие атмосферы и океана», «Геофизическая гидродинамика», «Региональная океанология», «Инженерная океанология», «Промысловая океанология», «Морские прогнозы».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины формируются следующие компетенции:

ОПК-1 - обладать способностью представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики.

ОПК-2 - обладать способностью к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, составлению отчета по выполненному заданию, участию по внедрению результатов исследований и разработок.

В результате изучения дисциплины **студент должен знать** физическую сущность процессов, протекающих в океане, о методы их математического описания и экспериментальной проверки. На основе приобретенных знаний он **должен уметь** провести наблюдение физического процесса, рассчитать его характеристики и параметры, проанализировать и критически оценить полученные результаты, использовать их в оперативной и в научной работе, применительно к задачам как теоретического, так и прикладного характера. **Должен иметь** представление о направлениях развития океанологии, о практических требованиях к океанологическим исследованиям.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Физика океана» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки	Способен изложить основное	Знает основное содержание	Может дать критический

		при выделении рабочей области анализа	содержание современных научных идей в рабочей области анализа	современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	анализ современным проблемам в заданной области анализа
--	--	---------------------------------------	---	---	---

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины 9 з.е. (324 часа), из них аудиторных занятий 186 часов, в том числе – число аудиторных занятий в активной или интерактивной форме – 118 часов.

Вид итогового контроля – экзамен (5 семестр), экзамен – (6 семестр).

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очное обучение

N п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лаб. раб.	Практ. сем.	Сам. раб.	Компетенции
1	Строение и состав морской воды	2	-	2	8	ОПК-1,2
2	Статика и термодинамика океана	2	-	2	12	ОПК-1,2
3	Турбулентность и турбулентный обмен в океане	4	12	4	20	ОПК-1,2
4	Тепловые и соленостные процессы в океане. Влияние солнечной энергии.	4	12	4	24	ОПК-1,2
5	Морской лед	2	4	2	24	ОПК-1,2
	ИТОГО	14	28	14	88	

Вид учебной дисциплины магистры	Всего Часов	Семестр
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	56	56
Лекции	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	28	28
Практические занятия	14	14
Самостоятельная работа (СР)	88	88
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

Заочное обучение

N п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лаб. раб.	Практ. сем.	Сам. раб.	Компетенции
1	Строение и состав морской воды	0,5	-	0,5	8	ОПК-1,2
2	Статика и термодинамика океана	0,5	-	0,5	30	ОПК-1,2
3	Турбулентность и турбулентный обмен в океане	1	2	1	30	ОПК-1,2
4	Тепловые и соленостные		4		30	ОПК-1,2

	процессы в океане. Влияние солнечной энергии.	2		2		
5	Морской лед	1	2	1	30	ОПК-1,2
	ИТОГО	4	8	4	128	

Вид учебной дисциплины магистры	Всего Часов	Семестр
		5
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	16	16
Лекции	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Практические занятия	4	4
Самостоятельная работа (СР)	128	128
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Строение и состав воды.

Современные представления о строении молекулы воды и структуре воды, льда и водяного пара. Энергетические характеристики молекулы воды и ее различных фазовых преобразований. Водородные связи между молекулами H_2O . Ближняя и дальняя упорядоченность в расположении молекул воды в твердой, жидкой и газообразной фазах.

2. Статика и термодинамика океана.

Морская вода как термодинамическая система. Основные параметры ее состояния. Уравнение состояния морской воды и его различные выражения. Сравнение значений плотности воды, вычисленных по различным приближенным уравнениям состояния. Основные термодинамические процессы. Первое и второе начала термодинамики применительно к процессам в океане и их математическое выражение. Основное уравнение термодинамики применительно к морской воде.

Теплофизические характеристики морской воды. Уравнения равновесия фаз воды. Изменение энтальпии при фазовых переходах воды. Влияние солёности на термодинамические процессы. Изэнтропический и адиабатический процессы. Потенциальная температура и плотность морской воды. Условия различной вертикальной плотностной стратификации океана и критерии устойчивости.

Общее уравнение движения морской воды. Напряжения. Их связь со скоростями течения. Уравнение сохранения массы морской воды. Уравнение, характеризующее изменение солёности воды. Механическая и внутренняя энергии объема морской воды как термодинамической системы. Уравнение изменения энтропии морской воды и уравнение теплопроводности. Основные допущения и приближения, используемые при описании океанических процессов.

3. Турбулентность и турбулентный обмен в океане.

Определение турбулентности. Критерий Рейнольдса. Механизмы генерации турбулентного перемешивания в океане. Масштабы турбулентности. Влияние сдвига скорости и стратификации океана на условия существования турбулентности. Критерий Ричардсона. Анизотропность турбулентности в океане.

Осреднение уравнений термогидродинамики для турбулизированного океана. Принципы осреднения. Требования к масштабам осреднения. Уравнения турбулентного движения вод океана. Тензор турбулентных напряжений. Уравнения турбулентной теплопроводности и изменения солёности воды. Турбулентные потоки тепла и соли.

Параметрическое описание турбулентных потоков субстанций в океане. Тензоры коэффициентов турбулентной вязкости, температуропроводности и диффузии соли. Упрощение

структуры тензоров. Коэффициенты горизонтального и вертикального турбулентного обмена. Соотношение между ними. Турбулентные числа Прандтля и Шмидта. Прямые и косвенные методы определения коэффициентов турбулентности.

Принципы спектральной теории турбулентности. Пространственные корреляционный и структурный тензоры поля пульсаций скорости течения. Пространственные корреляционная и структурная функции пульсаций температуры и солености воды. Спектральные характеристики случайных полей в океане. Понятие об однородных и изотропных случайных полях. Локально-изотропные случайные поля океанологических характеристик. Гипотезы подобия Колмогорова о турбулентном режиме мелкомасштабной турбулентности. Результаты экспериментальных исследований характеристик турбулентности в океане. Спектры энергии турбулентности в различных пространственно-временных масштабах. Модель замороженной турбулентности.

Уравнение баланса энергии турбулентности для стратифицированного океана. Использование его для определения коэффициента турбулентности. Явление «отрицательной» вязкости в океане.

4. Тепловые и соленостные процессы в океане

Балансы тепла и соли на поверхности океана, в слое, всего моря, океана. Балансовые уравнения. Методы расчета потоков тепла и влаги между океаном и атмосферой.

Закономерности вертикального распространения тепла и соли в океане. Их описание посредством уравнений теплопроводности и диффузии соли. Влияние метеорологических факторов и турбулентного перемешивания на температуру и соленость верхнего слоя океана.

Условия возникновения свободной конвекции в верхнем слое океана. Число Рэлея. Интегральная модель конвекции. Понятие о вынужденной конвекции. Верхний квазиоднородный слой океана и теории его формирования в горизонтально однородном и неоднородном океане.

Вертикальная термохалинная структура океана. Поверхностный холодный слой («скин» слой). Суточный термоклин, сезонные термоклин и галоклин, главный термоклин. Понятие о мелкомасштабной структуре океана и причинах ее образования.

Теория изменения температуры и солености морских течений. Стационарная и нестационарная их трансформация. Методы расчета.

Постановка общей задачи о расчете трехмерного термохалинного поля океана. Численные модели и принципы их реализации.

5. Морской лед.

Замерзание морской воды, возможность ее переохлаждения. Образование и рост кристаллов льда, их структура.

Фазовый состав морского льда. Соленость рассола и избирательность кристаллизации его солей. Миграция рассола. Соленость льда и ее изменение во времени.

Тепловые характеристики морского льда: теплоемкость, теплопроводность, теплота плавления. Их зависимость от температуры и солености льда. Радиационные свойства ледяного покрова: альbedo, поглощение льдом лучистых потоков тепла, радиационный баланс.

Общие закономерности термического роста толщины льда, влияние на него снега и притока тепла от воды. Температура морского льда. Поверхностное и боковое таяние льда. Методы расчета роста и таяния льда.

Механические свойства морского льда. Напряжения и деформации. Модули упругости и коэффициент Пуассона, практические методы их определения. Упругая и пластическая деформация льда. Явление релаксации. Пределы прочности льда и напряжения разрушения. Напряжения, действующие на лед в море. Поведение ледяного покрова под нагрузкой. Торошение льда. Расчет грузоподъемности ледяного покрова.

4.3. СЕМИНАРСКИЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ, ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ,
ИХ СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Вычисление на ПЭВМ и сравнение уравнений состояния морской воды.
2	2	Вычисление на ПЭВМ и построение графиков плотностной стратификации океана.
3	3	Измерение профиля скорости течения в бассейне и расчет коэффициента турбулентности.
4	3	Вычисление на ПЭВМ коэффициентов турбулентности по натурным данным
5	4	Определение характеристик верхнего квазиоднородного слоя по лабораторным измерениям
6	4	Вычисление на ПЭВМ профиля температуры океана по метеорологической информации
7	5	Определение структуры и текстуры образцов льда в лабораторных условиях.
8	5	Измерение прочности образцов льда в лабораторных условиях.
9	5	Вычисление на ПЭВМ роста и таяния морского льда по натурным данным

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа заключается:

- в выполнении домашних заданий, включая обработку материалов измерений в лаборатории, расчетов по практическим работам и подготовку к семинарам;

5.1 Текущий контроль

- отчеты по результатам выполнения домашних заданий
- выполнение тестовых контрольных опросов после изучения каждого раздела дисциплины

а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

Раздел дисциплины	Задание	Ответы
1	2	3
1. Основы термостатики и основные законы изменения термодинамических характеристик океана	Определите различие между изобарической и изохорной теплоемкостями морской воды при следующих параметрах $S = 30 \text{ ‰}$, $T = 10^\circ \text{ C}$ $Z = 0$	0 17 Дж/(кг*К) -4,18 Дж/(кг*К) 10^2
	Каково изменение энтропии при замерзании 1 кг пресной воды	1,23 Дж/(кг*К) 0 335 Дж/(кг*К) -1,23 Дж/(кг*К)
	Определите изменение энергии в верхнем слое моря, если скорость течения уменьшилась с 20 см/с до 10 см/с, а температура воды повысилась с 10° C до 11° C при неизменной солености 30 ‰	$E_k = 4,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$ $E_{вн} = 15,4 \text{ Дж/м}^3$ $E_k = 4,15 \text{ Дж/м}^3$ $E_{вн} = 154 \text{ Дж/м}^3$ $E_k = -15,4 \text{ Дж/м}^3$ $E_{вн} = 4,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$ $E_k = 4,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$ $E_{вн} = -15,4 \text{ Дж/м}^3$
	Определите скорость диссипации механической энергии в тепло, если $S = 35 \text{ ‰}$, $T = 10^\circ \text{ C}$, $\partial u / \partial z = \partial v / \partial z = 2 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$	$\epsilon_v = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^3$ $\epsilon_v = 2 \cdot 10^{-3} \text{ МДж/м}^3$ $\epsilon_v = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ КДж/м}^3$ $\epsilon_v = -2,3 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^3$
2. Основные свойства и описание океанической турбулентности	Определите кинематический коэффициент вертикальной турбулентной вязкости, если известны $u = 30 \text{ см/с}$, $w = 22 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}$, $du / dz = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$, $uw = 5 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}$	20 $\text{см}^2/\text{с}$ 20 $\text{м}^2/\text{с}$ 1 $\text{м}^2/\text{с}$ 10 ⁻⁴ $\text{см}^2/\text{с}$
	Определите кинематический коэффициент вертикальной турбулентной вязкости, если известны средние скорости течения на глубинах 0 м - 15 см/с, 10 м - 10 см/с, 20 м - 8 см/с	20 $\text{см}^2/\text{с}$ 20 $\text{м}^2/\text{с}$ 7,6*10 ⁻⁴ $\text{см}^2/\text{с}$ 10 ⁻⁴ $\text{см}^2/\text{с}$
	Вычислите значение динамического числа Ричардсона, если условная плотность воды составляет 28,44, вертикальный градиент плотности $5,1422 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^3$, коэффициенты турбулентного обмена $K_{vz} = 105 \text{ см}^2/\text{с}$ и $K_{tz} = 15 \text{ см}^2/\text{с}$ а вертикальные градиенты составляющих средней скорости течения $\partial u / \partial z = 8 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ $\partial v / \partial z = 6 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$	-0,2 кг/м^4 0 0,2 9,8 м/с^2
	Определите K_{vz} по значению спектральной плотности 0,2 $\text{см}^3/\text{с}^2$ при возмущениях порядка 20 см	20 $\text{см}^2/\text{с}$ 20 $\text{м}^2/\text{с}$ 0,8 $\text{см}^2/\text{с}$ 20 см
3. Закономерности термохалинных процессов	Определить значение потока тепла за счет турбулентного теплообмена между океаном и атмосферой (Φ_a) на основании градиентных наблюдений за метеорологическими характеристиками: температура: $T_a _{z=10 \text{ м}} = 18^\circ \text{ C}$, $T_a _{z=0,5 \text{ м}} = 18,5^\circ \text{ C}$ и скорость ветра $V_a _{z=10 \text{ м}} = 5 \text{ м/с}$, $V_a _{z=0,5 \text{ м}} = 4 \text{ м/с}$	-11,65 Вт/м^2 20,12 Вт/м^2 - 21,25 $\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$ 0
	Определить значение потока влаги за счет испарения (И) на	- 2,6 Вт/м^2

	основании градиентных наблюдений за метеорологическими характеристиками: температура: $T_a _{z=10\text{ м}} = 18^\circ\text{ C}$, $T_a _{z=0,5\text{ м}} = 18,5^\circ\text{ C}$ скорость ветра $V_a _{z=10\text{ м}} = 5\text{ м/с}$, $V_a _{z=0,5\text{ м}} = 4\text{ м/с}$ влажность воздуха $f _{z=10\text{ м}} = 90\%$, $f _{z=0,5\text{ м}} = 95\%$	$2 \cdot 10^5\text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ $- 20 \cdot 10^5\text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ $- 2,6 \cdot 10^5\text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
	Определить величину напряжения трения ветра на поверхности воды на основании градиентных наблюдений за метеорологическими характеристиками: скорость ветра $V_a _{z=10\text{ м}} = 5\text{ м/с}$, $V_a _{z=0,5\text{ м}} = 4\text{ м/с}$	$2,3 \cdot 10^{-2}\text{ Па}$ $50 \cdot 10^{-10}\text{ Вт/м}^2$ $2 \cdot 10^3\text{ Па}$ $2,3 \cdot 10^{-2}\text{ Вт/м}^2$
	Определить изменение температуры верхнего квазигомогенного слоя океана (ВКС) при следующих параметрах: $h = 10\text{ м}$, $T = 20^\circ\text{ C}$, $S = 30\%$, поток тепла на поверхности океана $\Phi_{T0} = 50\text{ Вт/м}^2$	$5,15 \cdot 10^3\text{ К/с}$ $1,17 \cdot 10^{-6}\text{ К/с}$ $27,5\text{ Вт/м}^2$ $2,7$
4. Физические свойства морского льда	Определить изменение массы рассола в 1 кг морского льда соленостью 10‰ при понижении температуры льда от -3° C до -7° C	10 г/кг 105 г/кг $0,1\text{ г/кг}$ $0,005\text{ г/кг}$
	Определить предельную толщину льда, если температура воздуха $T_a = -30^\circ\text{ C}$, поток тепла из воды к нижней поверхности льда $\Phi_b = 6\text{ Вт/м}^2$, температура замерзания воды $-1,8^\circ\text{ C}$, теплопроводность льда $2,22\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	$1,4\text{ м}$ $10,4\text{ м}$ 14 м $0,4\text{ м}$
	Определить интервал времени до замерзания моря, если глубина слоя конвекции ограничена дном и составляет $h=20\text{ м}$, поток тепла на поверхности моря $\Phi_{T0} = -10^3\text{ Вт/м}^2$, поток влаги за счет испарения $I = -10 \cdot 10^{-4}\text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, начальная температура $T = 2^\circ\text{ C}$ и соленость $S = 30\%$	$300 \cdot 10^5\text{ с}$ $30 \cdot 10^5\text{ с}$ $3 \cdot 10^5\text{ с}$ $0,03 \cdot 10^5\text{ с}$
	Определить модуль упругости льда, если под действием нагрузки $\sigma = 5 \cdot 10^{-5}\text{ Па}$ произошло его сжатие на 1 %.	100 Па 1 Па 15 Па $5 \cdot 10^{-7}\text{ Па}$

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов
не планируется

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания
нет в учебном плане.

5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы

(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся контрольные вопросы и задания для проверки текущего контроля, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины)

Самостоятельная работа заключается:

- в подготовке отчетов по результатам выполнения домашних заданий
- В отчете по результатам выполнения домашнего задания учащиеся указывают
- современное состояние моделирования рассматриваемого процесса;
 - основные уравнения используемой модели;
 - используемый алгоритм решения;
 - программу;
 - результаты расчетов в виде рисунков, графиков, таблиц;
 - результаты проведенного анализа результатов.

5.3. Промежуточный контроль: _____ аттестация

Термодинамика океана (Пример)

№	Вопрос	Ответы, правильный ответ подчеркнут
1	Кинематический коэффициент молекулярной вязкости морской воды имеет порядок	1) $10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ 2) $10^6 \text{ см}^2/\text{с}$ <u>3) $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$</u> 4) $10^3 \text{ см}^2/\text{с}$
2	Отношение C_p/C_v для морской воды имеет порядок	1) 10^{-3} 2) 10^3 <u>3) 10^0</u> 4) 10^4
3	Удельная теплота кристаллизации при замерзании воды	1) $335 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг}$ 2) <u>$335 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$</u> 3) $335 \cdot 10^0 \text{ Дж/кг}$ 4) $335 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
4	У солоноватых вод температура наибольшей плотности	1) Равна нулю 2) <u>Выше температуры замерзания</u> 3) Ниже температуры замерзания 4) Равна температуре замерзания
5.	Частотой Вэйсяля-Брента является выражение	1) \sqrt{E} ; 2) <u>$\sqrt{\frac{gE}{\rho}}$;</u> 3) $\frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dz} - \frac{g^2}{C^2}$; 4) $\frac{\alpha \Delta T}{\beta \Delta S}$
6.	Теплоемкость морской воды имеет порядок	<u>1) $4 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$</u> 2) $4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ 3) $4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ 4) $4 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
7.	Удельная теплота фазового перехода при испарении воды	1) $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг}$ 2) <u>$2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$</u> 3) $2,5 \cdot 10^0 \text{ Дж/кг}$ 4) $2,5 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
8.	Какова величина солёности, ниже которой воды считаются солоноватыми, а выше - морскими?	1) 24.495 ‰ 2) 24.595 ‰ <u>3) 24.695 ‰</u> 4) 24.759 ‰

5.4. Образцы билетов к экзамену

5-й семестр

БИЛЕТ № 1

- Строение воды как физического тела
- Уравнение турбулентной теплопроводности
- Определить величину диссипации механической энергии, если температура и солёность воды равны соответственно $10 \text{ }^\circ\text{C}$ и 35‰ , а градиент скорости течения $dV/dz = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

БИЛЕТ №2

1. Уравнения состояния морской воды
2. Уравнения баланса тепла и соли для поверхности океана.
3. Определите поверхностные силы, действующие на воду на глубине 500 м. при температуре 5°C и солености 30 ‰, если градиент скорости течения равен $dV/dz = 3 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$

БИЛЕТ №3.

1. Изменение энтальпии морской воды при ее фазовых переходах
2. Определение потоков тепла и соли между океаном и атмосферой по метеорологической информации
3. Определить молекулярные и рейнольдсовы напряжения, если средние скорости $\bar{u} = 32 \text{ см/с}$, $v = 24 \text{ см/с}$, $w = 24 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}$, $uw = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}^2$, $vw = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}^2$

БИЛЕТ №4

1. Определение вертикальной плотностной стратификации вод океана.
2. Влияние интенсивности турбулентного перемешивания на вертикальные профили температуры и солености воды
3. Определить предельную толщину морского льда под слоем снега 10 см. Температура поверхности снега -20°C , а подледной воды $-1,5^{\circ}\text{C}$. Теплопроводности льда и снега равны: 2,1 и 0,32 Вт/м К. Поток тепла из воды 5 Вт/м².

БИЛЕТ №5

1. Уравнение неразрывности морской воды.
2. Верхние квазиоднородные слои. Термоклин и галоклин.
3. Определить коэффициент горизонтальной турбулентной теплопроводности, если $UT = 1.2 \text{ мК/с}$, $dT/dx = 2 \cdot 10^{-3} \text{ К/м}$, $u = 14 \text{ см/с}$, $T = 8^{\circ}\text{C}$.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

Доронин Ю.П. Физика океана. Изд. РГГМУ, СПб, 2000 г., 305с.

Доронин Ю.П., Лукьянов С.В. Лабораторные работы по Физике океана. Изд. РГГМИ, СПб. 1993г., 86с.

б) дополнительная литература

Морской лед (Справочное пособие), ред. Фролов И.Е., Гаврило В.П. СПб., Гидрометеиздат, 1997 - гл.1,2.

6.2 Средства обеспечения освоения дисциплины.

- Компьютерный вариант учебника Доронина Ю.П « Физика океана» для дистанционного обучения,
- Фотографии и файлы сканированных монографий и статей по разделам дисциплины.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Лабораторные бассейны с циркулирующей водой и измерительно-регистрающей аппаратурой
- Холодильная камера с измерительно-регистрающим оборудованием для изготовления образцов льда и работы с ними.

8. Методические рекомендации по организации

изучения дисциплины.

8.1. Общие методические принципы изучения дисциплины.

1. Компьютерный вариант учебника « Физика океана» в интернете.
2. Контроль посещаемости студентами занятий.
3. Тестирование успеваемости студентов.
4. Аттестация студентов по результатам выполнения ими лабораторных и практических работ.
5. Прием коллоквиумов по лабораторным работам.
6. Прием отчетов по результатам каждой выполненной лабораторной или практической работы.
7. Промежуточные письменные тесты, опросы с решением задач по курсу.
8. Прием экзаменов в соответствии с Учебным планом.

Учебное издание

Программа дисциплины:

«ФИЗИКА ОКЕАНА »

Составитель: Лукьянов Сергей Васильевич

Редактор:

ЛР № 020309 от 30. 19.96

Подписано в печать

Формат 60 x 90^{1/16}

Бумага кн.-жур.

Печать офсетн.

Печ. л

Уч. изд. л..

Тираж

Зак.

195196 СПб, Малоохтенский пр. 98 РГГМУ

/