



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

17 апреля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.02 Лабораторный практикум по
экспериментальным методам в
астрофизике

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Астрофизика высоких энергий

Квалификация выпускника: магистр

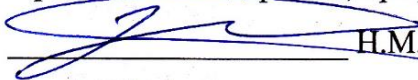
Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «22» марта 2024 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2024 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	6
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3. Содержание учебного материала	8
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) <i>перечень литературы</i>	10
б) <i>периодические издания</i>	11
в) <i>список авторских методических разработок</i>	11
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	11
6.2. Программное обеспечение:	12
6.3. Технические и электронные средства:	13
VII. Образовательные технологии	13
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	13
 ПРИЛОЖЕНИЕ: фонд оценочных средств	

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Дисциплина «Лабораторный практикум по экспериментальным методам в астрофизике» входит в часть, формируемую участниками образовательных соотношений, блока Б1 ОПОП по направлению 03.04.02 Физика.

Целью изучения дисциплины является углубить понимание студентами фундаментальных открытий в новейшей физике, научить решать вопросы современной науки с позиций системного подхода на основных этапах научно-исследовательской деятельности.

К **задачам** изучения дисциплины в соответствии с требованиями к компетенции направления подготовки магистров относятся:

- познакомить студента с общими характеристиками фотометрических приёмников;
- научить студентов работать с различным научным оборудованием;
- с помощью базовых методов и алгоритмов обработать полученные экспериментальные данные (включая написание компьютерной программы для такой обработки);
- познакомить с принципами работы фотоэлектронного умножителя и сцинтилляционного счетчика.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Организация учебного процесса при изучении данного курса соотносится с целями образования на современном этапе, а изучение некоторых разделов ориентировано на тематику научных исследований базового института кафедры – Института солнечно-земной физики СО РАН, телескопа МАСТЕР-Тунка на астрофизическом полигоне университета и глубоководного нейтринного телескопа на Байкале. Методика преподавания направлена на *системный подход к обучению и интеграцию* дисциплин естественнонаучного цикла, т. к. при изучении курса используются разделы и темы следующих дисциплин предыдущего уровня образования:

- физика (молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, волновая оптика, атомная и ядерная физика, статистическая и квантовая физика, физика плазмы, физика элементарных частиц, теория относительности);
- высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, элементы фрактальной геометрии).

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов астрофизических исследований (ПК-3);
- Способность организовывать и проводить научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу, и определять сферы применения их результатов (ПК-2).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-3</i>	<i>ИДК ПК.3.2</i> Способен выбирать применимые методы для описания астрофизических явлений и объектов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические принципы основных методов исследования в астрофизике частиц высоких энергий; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать варианты решения исследовательских и практических задач при исследовании в астрофизике частиц высоких энергий; <p>владеть: методиками построения моделей, описывающих процессы в астрофизике частиц высоких энергий;</p>
<i>ПК-3</i>	<i>ИДК ПК.3.2</i> Способен анализировать аналитические и экспериментальные результаты при исследовании астрофизических явлений и объектов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические принципы основных методов исследования в астрофизике частиц высоких энергий; • устройство и принцип действия фотоэлектронного умножителя и сцинтилляционного счетчика; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять физические теории к описанию соответствующих методов исследования в астрофизике частиц высоких энергий; • применять методы и средства измерения физических величин; • проводить измерения с помощью современного исследовательского оборудования; • уметь проводить калибровку сцинтилляционного счетчика заряженных частиц. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основными приемами научно-исследовательской работы; • методикой расчёта спектральных характеристик ФЭУ
<i>ПК-2</i>	<i>ИДК ПК.2.2</i> Способен оформлять результаты научно-исследовательских	<p>знать основные приемы научно-исследовательской работы</p> <p>уметь работать с современным математическим обеспечением для</p>

	и опытно-конструкторских работ	обработки солнечных и других наблюдений; владеть: <ul style="list-style-type: none"> • навыками оформления результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
--	--------------------------------	--

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов,

в том числе 84 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 10 часов (во время выполнения лабораторных работ).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>Тема 1. Исследование характеристик ФЭУ</i>	2	16,4	2		12	0,4	4	Отчёт по лабораторной работе, собеседование, ответы на контрольные вопросы
2	<i>Тема 2. Калибровка сцинтилляционного счетчика заряженных частиц.</i>	2	16,4	2		12	0,4	4	
3	<i>Тема 3. Изучение состава космического излучения.</i>	2	16,4	2		12	0,4	4	
4	<i>Тема 4. Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения</i>	2	18,4	2		12	0,4	6	
5	<i>Тема 5. Моделирование широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий, обработка и анализ астрофизических данных</i>	2	18,4	2		12	0,4	6	
	Зачёт								
	КСР		14						
	Контроль		8						
	<u>Итого часов</u>		108			60	2	24	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Все разделы	Подготовка отчётов, ответы на контрольные вопросы	В течение семестра	20	Отчёт, защита отчёт	[1-2]
1	Подготовка к защите отчётов	Работа с учебной литературой	В течение семестра	4	Собеседование	[1-2]
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				24		

4.3. Содержание учебного материала

Тема 1. Исследование характеристик ФЭУ

Тема 2. Калибровка сцинтилляционного счетчика заряженных частиц.

Тема 3. Изучение состава космического излучения.

Тема 4. Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения

Тема 5. Моделирование широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий, обработка и анализ астрофизических данных

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства*	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1	Исследование характеристик ФЭУ	12	Выполнение эксперимента, оформление и защита отчёта	ПК2 ПК3
2.	Тема 2	Калибровка сцинтилляционного счетчика заряженных частиц	12		
3.	Тема 3	Изучение состава космического излучения	12		
4.	Тема 4	Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения	12		
5.	Тема 5	Моделирование широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий, обработка и анализ астрофизических данных	12		

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - оформление отчета; - подготовка к защите	- Оформить отчет по лаб.работе; - ответить на контрольные вопросы; - защитить работу преподавателю	Вся рекомендуемая литература	20
2.	Все темы	Подготовка к зачёту		Вся рекомендуемая литература	2
3.	Текущие консультации				2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении практических заданий.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовых работ и проектов не планируется.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) перечень литературы

основная литература

- 1) Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей [Текст : Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В. С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 487 с. ; нет. - (Классический университетский учебник). - Режим доступа: ЭБС "Руконт". - Неогранич. доступ.
- 2) Синеговский, Сергей Иванович. Космические нейтрино высоких энергий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. И. Синеговский. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. Доступ

дополнительная литература

- 1) Бережко, Евгений Григорьевич. Введение в физику космоса [Текст] : учеб. пособие для вузов по напр. подгот. 03.04.02 - Физика / Е. Г. Бережко. - М. : Физматлит, 2014. - 264 с. : ил. ; 21 см. - ISBN 978-5-9221-1587-2 – (1 экз)
- 2) Ишханов, Борис Саркисович. Частицы и атомные ядра : Учебник / Б. С. Ишханов, И. М. Капитонов, Н. П. Юдин ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во ЛКИ, 2007. - 581 с. : ил. ; 22 см. - (Классический университетский учебник). - Библиогр.: с. 572. - Предм. указ.: с. 573-576. - ISBN 978-5-382-00060-2 – (1 экз)
- 3) Клапдор-Клайнротхаус, Ганс Волкер. Астрофизика элементарных частиц [Текст] / Г.В. Клапдор-Клайнротхаус, Кау Цюбер ; Пер.с нем.,Под ред.А.А.Беднякова. - М. : Ред.журн."Успехи физич.наук", 2000. - 496 с. ; 22см. - ISBN 5855040127 – (1 экз)
- 4) Хлопов, Максим Юрьевич. Основы космофизики [Текст] : научное издание / М.Ю. Хлопов ; Моск. инж.-физич. ин-т, Науч.-учеб. центр по космофизике "Космион". - М. : Едиториал УРСС, 2004. - 366 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 351-366. - ISBN 5-354-00291-5 – (1 экз)
- 5) Горбунов, Дмитрий Сергеевич. Введение в теорию ранней Вселенной : Теория горячего Большого взрыва / Д. С. Горбунов ; Рос. акад. наук, Ин-т ядерных исслед. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008. - 543 с. : ил. ; 24 см. - Библиогр.: с. 537-539. - Предм. указ.: с. 540-543. - ISBN 978-5-382-00657-4. – (1 экз)
- 6) Биленький, Самоил Михелевич. Лекции по физике нейтринных и лептон-нуклонных процессов [Текст] : курс лекций / С. М. Биленький. - М. : Энергоиздат, 1981. - 213 с. – (3 экз)
- 7) Зацепин, Георгий Тимофеевич. Нейтрино и нейтринная астрофизика [Текст] / Г. Т. Зацепин, А. Ю. Смирнов ; МГУ им. М. В. Ломоносова, НИИ ядер. физики, Физ. фак., Отд-ние ядер. физики, Каф. косм. лучей и физики космоса. - М. : Изд-во МГУ, 1984 - . - 21 см. - Ч. 1 : Нейтрино. - 1984. - 235 с. – (2 экз)

б) *периодические издания*

- нет необходимости.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- 1) Сайт журнала "Успехи физических наук" <http://ufn.ru/>
- 2) Сайт журнала "Astroparticle Physics" <http://www.journals.elsevier.com/astroparticle-physics/>
- 3) Сайт журнала "Физика элементарных частиц и атомного ядра" http://www1.jinr.ru/Pepan/Pepan_rus.html
- 4) www.ni.com/russia
- 5) <http://www.labview.ru/>
- 6) <http://library.isu.ru/ru>
- 7) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 8) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 9) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 10) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 11) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ОД.1 «Экспериментальные методы в астрофизике высоких энергий».

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в физике плазмы (в печатном и в электронном виде). База экспериментальных астрофизических данных по широким атмосферным ливням космических лучей сверхвысоких энергий.

Оборудование:

- 1) Лабораторный стенд по исследованию характеристик ФЭУ с компьютером и соответствующим программным обеспечением.

- 2) Лабораторный стенд с сцинтилляционным счетчиком.
- 3) Лабораторный стенд для калибровки сцинтилляционного счетчика заряженных частиц, изучения состава космического излучения (КИ) с телескопом и измерения углового распределения жесткой компоненты КИ, состоящий из двух сцинтилляционных счетчиков.
- 4) Лабораторный комплекс NI ELVIS II.
- 5) Ноутбуки Lenovo B590 (4 шт.), с установленной на них поставщиком операционной системой Windows 8(WIN8 EM), пакетом LibreOffice, драйверами устройств лабораторного комплекса NI ELVIS II, драйверами для управления ПЗС-камерой.
- 6) Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

6.2. Программное обеспечение:

- 1) NI LabVIEW™. Имеется коммерческая лицензия для учебных заведений (академическая лицензия со стандартной сервисной поддержкой, закупается ежегодно, 1 год).
- 2) NI ELVISmx Software for NI ELVIS II & NI myDAQ NI. – National Instruments. – версия периодически бесплатно автоматически обновляется с сайта производителя через сеть Интернет. Изначально прилагается вместе с драйверами к оборудованию NI ELVIS II & NI myDAQ – (проприетарное программное обеспечение, не требующая заключения коммерческого договора)
- 3) Microsoft Word и Microsoft Excel в составе пакета MS Office. Лицензия на новые версии периодически обновляется Центром новых информационных технологий ИГУ по всему университету.
- 4) LibreOffice 5.3.2 (freeware бессрочно).
- 5) AcquireControl ©. – Copyright Allied Vision Technologies GmbH. – программа управления камерой Prosilica GT 2000 NIR. – лицензия FREEWARE. – бесплатное автоматическое обновление до новых версий через Интернет с сайта производителя. – <https://www.alliedvision.com/en/products/software/acquirecontrol.html>
- 6) GNU Octave, version 4.0.0 © 2015. – FREEWARE. – программа математической обработки данных, поддерживающая формат файлов «.m». – свободное программное обеспечение с открытым кодом. – бессрочно
- 7) SciDAVis 1.D013. – FREEWARE. – программа обработки данных и представления их в графической форме. – бессрочно

6.3. Технические и электронные средства:

Во время занятий для пояснения поставленных в лабораторных работах заданий студентам демонстрируются на экране дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, примеры типичных схем, типовые характеристики)

Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

VII. Образовательные технологии

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении практических работ под руководством преподавателя. Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль не предусмотрен.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Форма текущего контроля: дискуссии и контрольные опросы во время аудиторных занятий, ответы на контрольные вопросы, проверка домашних задач, представление докладов.

Вид промежуточной аттестации: – экзамен.

Список практических работ

№ 1. Исследование характеристик ФЭУ.

Цель работы: исследовать основные характеристики ФЭУ

Оборудование: лабораторный стенд с ФЭУ, источник высокого напряжения, компьютер, рабочая станция NI ELVIS II, кабели с разъемом типа BNC.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с некоторыми элементами рабочей станции NI ELVIS II;
- 2) Получить осциллограммы темнового и рабочего сигналов ФЭУ;
- 3) Оцифровать сигналы ФЭУ (темновой, рабочие сигналы с сильной засветкой) при разных напряжениях питания;
- 4) Написать программу построения амплитудного распределения импульсов ФЭУ в среде графического программирования LabVIEW и с ее помощью обработать экспериментальные данные;
- 5) Качественно оценить порог дискриминации ФЭУ.

№ 2. Калибровка сцинтилляционного счетчика заряженных частиц.

Цель работы: исследовать основные характеристики сцинтилляционного счетчика

Оборудование: лабораторный стенд с сцинтилляционным счетчиком, источник высокого напряжения, компьютер, рабочая станция NI ELVIS II, кабели с разъемом типа BNC.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с некоторыми элементами рабочей станции NI ELVIS II;
- 2) Произвести набор экспериментальных данных при разных значениях высокого напряжения;
- 3) Написать программу построения амплитудного распределения одиночной частицы в сцинтилляционном счетчике в среде графического программирования LabVIEW и с ее помощью обработать экспериментальные данные;
- 4) Качественно оценить эффективность сцинтилляционного счетчика.

№ 3. Изучение состава космического излучения.

Цель работы: исследовать кривую поглощения вторичного космического излучения

Оборудование: телескоп, состоящий из двух сцинтилляционных счетчиков, источник высокого напряжения, компьютер, рабочая станция NI ELVIS II, кабели с разъемом типа BNC, свинцовый фильтр.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с некоторыми элементами рабочей станции NI ELVIS II;
- 2) Провести относительную временную и амплитудную калибровку сцинтилляционных счетчиков;
- 3) Произвести набор экспериментальных данных при разной толщине свинцового поглотителя;
- 4) Написать программу отбора событий телескопа в среде графического программирования LabVIEW и с ее помощью обработать экспериментальные данные;
- 5) Построить кривую поглощения и качественно оценить результат.

№ 4. Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения.

Цель работы: Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения, оценка время жизни мюона.

Оборудование: телескоп, состоящий из двух сцинтилляционных счетчиков, источник высокого напряжения, компьютер, рабочая станция NI ELVIS II, кабели с разъемом типа BNC, свинцовый фильтр.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с некоторыми элементами рабочей станции NI ELVIS II;
- 2) Определить подходящую толщину свинцового поглотителя.
- 3) Произвести набор экспериментальных данных телескопа при разных зенитных углах.
- 4) Написать программу отбора событий телескопа в среде графического программирования LabVIEW и с ее помощью обработать экспериментальные данные;
- 5) Получить угловую зависимость интенсивности I жесткой компоненты вторичных космических лучей и качественно оценить результат.
- 6) По величине $I(\Theta) = I(0)$, взятой из экспериментального графика для некоторого угла (например, $\Theta = 60^\circ$), оценить время жизни мюона τ_0 .

№ 5. Моделирование широких атмосферных ливней космических лучей сверхвысоких энергий, обработка и анализ астрофизических данных.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Допуск зачёту: успешное выполнение лабораторных работ .

Примерный список вопросов к зачёту

1. *На каких двух физических явлениях основана работа фотоэлектронного умножителя?*
2. *Перечислите основные параметры фотоэлектронного умножителя.*
3. *Какой физический смысл имеет формула Эйнштейна для фотоэффекта?*
4. *Что такое вторичная электронная эмиссия и как определяется коэффициент этого явления?*
5. *Можно ли в качестве металла для эмиттера использовать такие, у которых коэффициент вторичной эмиссии меньше единицы?*
6. *Как устроен сцинтилляционный счетчик?*
7. *Перечислите основные характеристики фотоэлектронных умножителей.*
8. *Перечислите основные характеристики сцинтилляторов.*
9. *Каков состав вторичного космического излучения на уровне моря?*
10. *Как устроен сцинтилляционный счетчик?*
11. *Каков вклад случайных совпадений в работу телескопа?*
12. *Какова интенсивность мягкой и жесткой компонент вторичного космического излучения на уровне моря и на уровне проведения лабораторной работы?*
13. *Как зависит интенсивность космических лучей от направления прихода?*
14. *Что определяет интенсивность мюонов?*
15. *Принцип работы сцинтилляционных счетчиков.*
16. *Чему равен распадный пробег мюона с энергией 2 ГэВ?*

Разработчики:

доцент, к.ф.-м.н.
(занимаемая должность)



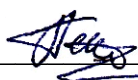
Р.Л. Иванова
(инициалы, фамилия)

старший преподаватель
(занимаемая должность)



Р.Д. Монхоев
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 22 » марта 2024 г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.