

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физический факультет

Кафедра общей физики

ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИКУ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
(Программа курса)

Новосибирск

2010

Учебный курс «Введение в технику физического эксперимента» является частью профессионального цикла подготовки бакалавра физики. Дисциплина изучается студентами первого курса физического факультета в первом семестре. Программа подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта третьего поколения.

Курс лекций посвящён обзору методов физического эксперимента и достижений техники физического эксперимента – с начала 20-го столетия до настоящего времени. Обучение ведется с помощью показа настоящих экспериментов, демонстрации устройства установок, объяснения принципов их создания и работы, компьютерных иллюстраций. Кроме того, каждая лекция содержит экспериментальную задачу для студентов, которую студенты пытаются объяснить на следующей лекции. В курсе даются стартовые знания об устройстве и принципе работы современных экспериментальных установок и измерительных приборов, технологиях измерений различных физических величин, технологиях проверки и обработки экспериментальных данных, о технологиях создания, физических характеристиках и принципах работы современных физических приборов. В нем рассказывается, как создавать установки, как обеспечивать необходимые для исследований условия эксперимента, как количественно измерять различные природные явления. Дается представление об ошибках измерений, оценке точности измерений.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа (из них 36 аудиторных). Программой дисциплины предусмотрены 36 лекционных часов и 36 часов самостоятельной работы.

Автор
докт. техн. наук, проф. Е. И. Пальчиков,

Программа учебного курса подготовлена в рамках реализации Программы развития НИУ-
НГУ на 2009–2018 г. г.

© Новосибирский государственный
университет, 2010

Примерная программа учебного курса (учебной дисциплины)

Программа курса «**Введение в технику физического эксперимента**» составлена в соответствии с требованиями к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки дипломированного специалиста бакалавра по **профессиональному циклу дисциплин (Б.3)** по направлению «**011200 Физика**», а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ.

Автор **Пальчиков Евгений Иванович**, доктор технических наук, профессор НГУ. Факультет: **физический**
Кафедра: **Общей физики**

1. Цели освоения дисциплины (курса)

Курс предназначен для обучения специалистов, которые будут в своей последующей работе либо непосредственно заниматься экспериментальной деятельностью, либо использовать данные реальных экспериментов. Для этого необходимы знания об устройстве и принципе работы современных экспериментальных установок и измерительных приборов, технологиях измерений различных физических величин, технологиях проверки и обработки экспериментальных данных. Для ориентации в окружающей действительности и для поддержания контактов с экспериментаторами курс необходим также и будущим теоретикам.

Цель курса – дать вчерашним школьникам стартовые знания о технологиях создания, физических характеристиках и принципах работы современных физических приборов. В нем рассказывается, как создавать установки, как обеспечивать необходимые для исследований условия эксперимента, как количественно измерять различные природные явления, как грамотно обработать и представлять данные, полученные в эксперименте.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Введение в технику физического эксперимента» является вводным, читается в первом семестре первого курса параллельно с курсом «Механика и теория относительности» и лабораторным курсом «Измерительный практикум». Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются знание курса физики в школьном объеме. Знание методов статистической обработки экспериментальных данных, получаемое на первых лекциях курса «Введение в технику физического эксперимента», является необходимым условием для успешного усвоения и сдачи курса «Измерительный практикум».

Почти все курсы лекций в университетах имеют теоретическую направленность. Классические курсы лабораторных практикумов не дают навыков создания установок – студенты используют готовые сделанные другими людьми устройства. На старших курсах, в специализированных научно-исследовательских лабораториях в НИИ они получают глубокие, но узкие знания – без обучения необходимому в практике набору элементарных экспериментальных методов.

Данный курс лекций является связкой, заполняющей этот разрыв. Он посвящён рассказу о методах физического эксперимента и о достижениях техники физического эксперимента – с начала 20-го столетия до настоящего времени. Обучение ведется как с помощью слов, доски, мела, компьютерных презентаций, так и с помощью показа настоящих экспериментов, демонстрации устройства установок, объяснения принципов их создания и работы. По использованию современных научных данных, своему содержанию, уровню предварительной подготовки студентов курс не имеет аналогов в России. По сравнению с подобными зарубежными курсами наши студенты пока еще имеют более серьёзный уровень подготовки, как по математическим, так

и по физическим дисциплинам, что позволяет использовать изложение на высоком профессиональном уровне. Курс актуален для дисциплин специальной подготовки, т.к. позволяет подготовить специалиста с широким кругозором и одновременно с глубоким пониманием основ.

Экспериментальные задачи, приводимые в конце лекций, учат строить и правильно подбирать модели для некорректных с точки зрения теории, но реально наблюдаемых явлений природы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Введение в технику физического эксперимента»

- общекультурные компетенции: ОК-1, ОК-3, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-16;
- профессиональные компетенции: ПК-1 ПК-2, ПК-3, ПК-4 , ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** о технологиях создания, физических характеристиках устройстве и принципах работы современных физических установок. Студент не должен быть испуган незнакомыми действиями и терминологией, которые он в будущем встретит в каждодневной работе (например, SIMS – масс-спектропия вторичных ионов).
- **Уметь:** использовать полученные знания для создания комплексов измерения и физических установок. Уметь ориентироваться в информации получаемой из эксперимента. Уметь обрабатывать и представлять полученные данные своим коллегам согласно общепринятым нормам, существующим в научном сообществе. Уметь профессионально осмысливать результаты, полученные другими экспериментаторами. Уметь грамотно и критически подбирать теоретические модели к наблюдаемым явлениям.
- **Владеть:** навыками работы на технологически сложных компонентах современных физических установок, обеспечивать необходимые для исследований условия эксперимента, количественно измерять различные природные явления. Он должен быть способными осознанно выбрать интересные для себя области знаний для более глубокого изучения в будущем

4. Структура и содержание дисциплины курса «Введение в технику физического эксперимента»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа. Аудиторная трудоемкость 32 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
		Лек- ции	Семи- нары	Лабо- ра- тор- ные рабо- ты	Самос- тоя- тель- ная работа	

1	Методы обработки экспериментальных данных. Статистические распределения. Принцип максимального правдоподобия.	6			1	Проверка экспериментальных задач
2	Измерение расстояний. Измерение времени и частоты. Эталоны. Методики сличения и поверки. Метрология.	4			1	Проверка экспериментальных задач
3	Шкалы порядков величин для расстояний и времени. Объекты в природе. Приборы. Методики измерения. Календари. Навигация.	4			1	Проверка экспериментальных задач
4	Шкалы плотностей и давлений. Получение высоких давлений. Получение вакуума. Поиск течей. Методики измерения давлений. Материалы.	4			1	Проверка экспериментальных задач
5	Высокие и низкие температуры. Методы получения и методы измерения. Эталоны. Датчики. Материалы.	3			1	Проверка экспериментальных задач
6	Световые измерения. Эталоны. Приборы. Методики. Источники и приёмники различных видов электромагнитного излучения.	2			1	Проверка экспериментальных задач
7	Быстропротекающие процессы. Скоростная съёмка. Модуляция световых потоков.	2			1	Проверка экспериментальных задач
8	Высокие напряжения и токи. Импульсная электрофизика. Сильноточная электроника. Помехи и борьба с ними. Слабые сигналы. Борьба с шумами.	3			1	Проверка экспериментальных задач
9	Методы физического анализа.	2			1	Проверка экспериментальных задач
10	Обзор последних достижений экспериментальной физики.	2			1	Проверка экспериментальных задач
11	Экспериментальные задачи в конце лекций. Решение.				18	
12	Подготовка к диф. зачету				4	Дифференцированный зачет
	Итого по курсу:	32			32	

Подробное содержание отдельных разделов и тем, по которым задаются вопросы при итоговом контроле.

1. Методы обработки экспериментальных данных. Ошибки измерений: случайные и систематические. Прوماхи. Статистическая обработка данных. Эмпирический стандарт и стандартная ошибка среднего. Доверительный интервал. Распределение Стьюдента. Отбрасывание данных. Критерий Шовене. Сложение ошибок. Метод наименьших квадратов. Критерий χ^2 .

2. Физические величины. Прямые и косвенные измерения. Единицы измерения физических величин. Основные и производные единицы. Эталоны. Противоречивые требования к стандарту времени. Шкалы UTC. Предпосылки создания единого эталона времени - длины. Шкалы порядков величин для объектов, существующих в природе.

3. Методы измерения физических величин. Длина, время, масса. Скорость, ускорение, сила. Температура, теплота, давление. Напряжение, сила тока, напряженность электрического и магнитного поля. Световой поток, яркость, освещенность. Особенности световых измерений, связанные со свойством глаза. Ввод и вывод изображений. Сканирующие фотоприемники - линейки, матрицы. Жидкокристаллические панели. Прецизионное микропозиционирование. Навигация на поверхности и в окрестности Земли. Шкалы порядков величин, доступных для измерения различными методами.

4. Методы создания необходимых физических условий на экспериментальных установках. Высоковакуумная техника и техника высоких давлений. Высокие и низкие температуры. Техника высоких скоростей и высоких плотностей энергии. Энергосиловая часть установки. Преобразователи электрической энергии. Высоковольтная и силовоточная техника. Источники электромагнитного излучения. Предельные значения физических величин, достижимые в экспериментальных установках. Влияние измерительных приборов и устройств на режим работы изучаемой системы.

5. Работа с импульсными физическими величинами. Специфика получения и измерения. Накопление, коммутация и передача энергии. Сверхсильные электрические и магнитные поля. Ударные волны. Взаимодействие сфокусированных потоков излучения и частиц с веществом, взрыв, столкновение тел на больших скоростях. Скоростная киносъемка и фотометрия. Модуляция световых потоков. Измерения сверхмалых интервалов времени. Предельно высокие производные физических величин. Проблема борьбы с паразитными сигналами.

6. Электрические шумы и наводки и борьба с ними. Шум сопротивления и дробовой шум тока. Другие виды шумов. Выбор оптимальной полосы пропускания измерительной цепи. Экранирование. Вычитание паразитных сигналов. Многократные измерения с накоплением данных. Синхронное детектирование. Другие методы уменьшения влияния шумов и наводок на измеряемый сигнал. Простые электронные схемы, доступные в изготовлении физику-экспериментатору.

7. Методы физического анализа. Микроскопия: оптический, электронный, сканирующий микроскоп. Туннельный и атомографический микроскопы. Изотопная хронология. Метод изотопных индикаторов. Дифракционный и резонансный структурный анализ. Методы анализа поверхности. Рентгеновский микроанализ. Рентгеновская и оптическая спектроскопия. Масс-спектроскопия. Люминесцентный анализ. Радиочастотная, оптическая и акустическая локация. Радиография. Комбинационное рассеяние света.

8. Классические методы физического эксперимента и их эволюция. Великие и решающие эксперименты в физике. Наиболее распространенный парк приборов, набор стандартных методик для измерений в лабораториях и их изменение со временем. Приборы и методики на основе особо точных измерений: g-метр, глобальная навигационная система, лазерный гироскоп, астрорадиоинтерферометрия, лазерные фотосчитыватели и фотопостроители голографических изображений. Примеры современных достижений экспериментальной физики: лазеры, голография, ЯМР-томография, туннельный микроскоп, молекулярно-лучевая эпитаксия, сверхрешетки, взрывной синтез алмазов, высокотемпературная сверхпроводимость.

Образцы вопросов для подготовки к зачету.

1. Студент Иванов измерил ускорение свободного падения и получил $g = 10,0 \text{ м/с}^2$ со среднеквадратичным отклонением отдельного измерения $0,3 \text{ м/с}^2$. У студента Петрова, пользовавшегося другим методом измерений получились цифры $9,5 \text{ м/с}^2$ и $0,6 \text{ м/с}^2$ соответственно. Как объединить их результаты? Повысится ли от этого точность определения g ? Посчитать конкретные значения для g и его отклонения.

2. Имеются следующие значения величины X , полученные из 10 экспериментов: 3, 5, 2, 7, 3, 1, 5, 12, 7, 5. Стоит ли отбрасывать какой либо результат согласно критерию Шовене?

3. Имеется таблица данных, полученных из эксперимента, в котором величина y зависит от x :

x	1	3	4	6
y	3	4	6	6

По этим данным построить прямую методом наименьших квадратов.

4. Дана последовательность результатов эксперимента : 3, 8, 1, 5, 3, 7, 5, 4, 9, 5. Найти среднеквадратичное отклонение (эмпирический стандарт) и стандартную ошибку среднего. Какова вероятность того, что в следующем отдельно взятом эксперименте результат будет между 3 и 7?

5. Дана последовательность результатов эксперимента : 3, 8, 1, 5, 3, 7, 5, 4, 9, 5. Как проверить количественно – насколько точно можно утверждать, что закон распределения полученных результатов является нормальным (т.е. описывается распределением Гаусса)?

6. Дана последовательность результатов эксперимента : 3, 8, 1, 5, 3, 7, 5, 4, 9, 5. Найти интервал, в который с вероятностью 99% попадает отдельное измерение:

а) согласно распределению Гаусса

б) согласно распределению Стьюдента

7. Каким образом в обстановке рядовой экспериментальной лаборатории наиболее точно измерить длину порядка 0,5 м? На какую абсолютную и относительную точность можно рассчитывать? Перечислить оборудование, описать схему эксперимента.

8. Каким образом в обстановке рядовой экспериментальной лаборатории наиболее точно измерить интервал времени порядка 1 суток? На какую абсолютную и относительную точность можно рассчитывать? Как изменится вся вышеназванная задача, если вдобавок понадобится абсолютная датировка событий? Перечислить оборудование, описать схему эксперимента в первом и во втором случае.

9. Предлагается получать сверхвысокий вакуум, "зачерпывая" его с помощью космических аппаратов. На какие наилучшие результаты можно рассчитывать? Как построить эксперимент, чтобы получить наилучший результат? Ответ необходимо аргументировано обосновать - как цифры, так и предлагаемые методики.

10. Почему электрофорные машины не используются в качестве генераторов электричества на электростанциях? Ведь получается сразу высокое напряжение, а при передаче энергии на постоянном токе нет потерь на излучение (все сверхмощные сверхдальние линии - на постоянном токе). Обычно же применяемое оборудование с динамо-машинами и трансформаторами гораздо сложнее. Ответ аргументировать количественными сравнениями и оценками.

11. Каким способом в лабораторных условиях получить самый высокий вакуум? Какие материалы, оборудование и технологии для этого потребуются? Опишите процедуру получения и порядки величин для физических параметров, которые необходимо контролировать в процессе откачки.

12. Вам предоставлен образец - полированная монокристаллическая пластина кремния, длительное время находившаяся в открытом космосе, со следами ударов очень маленьких метеоритов (масса $m < 0,1 \text{ мг}$). Какими приборами и методами физического анализа Вы бы воспользовались, чтобы определить состав микрометеоритов?

13. Описать способы получения в лаборатории мощных импульсов очень высокого (> 100 кВ) напряжения. Кратко опишите (изобразите) особенности различных конструкций, их название, устройство и принцип действия.

14. На чем основан принцип действия скоростных кинокамер, фоторегистраторов и фотохронографов? Кратко опишите (изобразите) особенности их конструкции. Какие характерные времена экспозиций доступны для различных устройств?

15. Какие накопители энергии Вы знаете? Зачем они нужны, как устроены и какие плотности энергии в них доступны? Какие процессы ограничивают накопление энергии в емкостных и индуктивных накопителях?

16. Можно ли в обычной лаборатории (однокомнатной, но размером не с самолётный ангар) получить температуру в миллион градусов? Какими способами, на какое время, в каком объёме и для какого объекта. Тот же самый вопрос – но для температуры в одну миллионную градуса Кельвина.

Примеры экспериментальных задач, показываемых на лекциях.

1. Почему сетевая лампочка накаливания обычно перегорает сразу в двух местах – в цоколе и в спирали?

2. Почему титан и цирконий при попытке царапать намазываются на стекло, намертво приклеиваясь к нему?

3. Объяснить поведение объекта, неподвижно висящего над постоянным магнитом при комнатной температуре (при любой полярности магнита снизу он отталкивается). Сверхпроводимость при комнатной температуре?

4. Предложите простую модель для объяснения движения «кельтской лодочки». Что нужно сделать для того, чтобы она несколько раз поменяла направление вращения после одиночной закрутки?

5. Образовательные технологии

Все лекционные занятия проводятся в интерактивной форме с показом экспериментов, демонстрацией устройства установок, объяснения принципов их создания и работы. Для достижения поставленных в курсе лекций используется набор физических демонстрационных установок МЛДКС (межфакультетской лаборатории демонстраций и компьютерного сопровождения) НГУ, материалы, изложенные в профессиональных изданиях: научных статьях, сборниках трудов конференций, монографиях ведущих специалистов. Также используется возможность контакта с научно-исследовательскими институтами СО РАН, имеющими многолетний опыт создания уникальных научно-исследовательских установок, устройств и технологий измерений для военной и космической промышленности. В результате контактов с институтами СО РАН разрабатываются новые лекционные демонстрации, ежегодно корректируется курс лекций.

Кроме чтения материалов курса, на каждой лекции студентам показывается экспериментальная задача. Она выглядит как фокус или как невозможное с точки зрения физики явление. На следующей лекции студенты пытаются объяснить показанное явление, сдав решение в письменном виде. Фактически, для объяснения задачи необходимо провести миниатюрное научное исследование, построить теоретическую модель явления и изложить результат исследования на бумаге.

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

Текущий контроль. Решения экспериментальных задач студенты сдают преподавателю на следующей лекции в письменном виде. Все работы проверяются в текущем порядке и учитываются при проставлении окончательной отметки за курс. Особо отличившимся студентам по результатам решения задач ставится автоматический зачёт. Для самостоятельной работы студентам предлагается набор задач, и вопросов, близкий к предлагаемым на итоговых тестах.

Итоговый контроль. Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен дифференцированный зачёт в виде компьютерного тестирования. Контрольный тест состоит из 50 вопросов по материалам, излагаемым на лекциях. Вопросы на компьютерном терминале задаются каждому студенту в индивидуальном (случайном) порядке. Также в случайном порядке следуют ответы, из которых следует выбрать правильный. В случае четырех вариантов ответа на заданный вопрос результат тестирования, обычно оценивается по набранному количеству правильных ответов следующим образом: $0 \div 14$ — неуд.; $15 \div 26$ — удовлетворительно; $27 \div 38$ — хорошо; $39 \div 50$ — отлично. К результатам тестирования прибавляется половина баллов, полученных за решение экспериментальных задач.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Материалы лекций, презентации, видеозаписи проведенных опытов размещаются на сайте физического факультета НГУ. Основная литература имеется в библиотеке НГУ.

Основная литература

1. Методы обработки экспериментальных данных: методические указания./ Составители Князев Б.А., Росляков Г.В / Новосиб. ун-т.- Новосибирск, 1985.- 28 с.
2. Начала обработки экспериментальных данных: учебное пособие./ Составители Князев Б.А., Черкасский В.С. / Новосиб. ун-т.- Новосибирск, 1996.- 95 с.
3. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ.- М.: Мир, 1985.- 272 с.
4. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. - Изд. 2-е.- М.: Наука, 1977.- 335 с.
5. Беклемишев А.В. Меры и единицы физических величин.- М.: Физматгиз, 1963.- 296 с.
6. Методы физических измерений. Лабораторный практикум по физике / Под ред. Солоухина Р.И.- Новосибирск: Наука, 1975. 288 с.
7. Пальчиков Е.И. Введение в технику физического эксперимента. Метрическая система мер. Измерение длины, времени и частоты. Эталоны: Учеб. Пособие / Новосиб. Ун-т. Новосибирск, 2001. 112 с. ISBN 5-94356-028-9.
8. Время и частота / Ред. Джесперсон Дж., Блейлер Б., Геттерер Л. / Пер. с англ. - М.: Мир, 1973.- 212 с.
9. Тюрин Н.И. В поисках точности. - Изд. 2-е.- М.: Государственное издательство физ.-мат. литературы, 1960.- 246 с.
10. Чеботаев В. П. Единый эталон длины и времени // Квантовая электроника 1982. Т. 9. С. 453 – 470.
11. Багаев С. Н., Захарьяш В. Ф., Клементьев В. М., Пивцов В. С., Чепуров С. В. Стабилизация частоты следования фемтосекундных импульсов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:Ti}$ -лазера // Квантовая электроника. 1997. 24. № 4. С. 327 – 328.
12. A New Era of Frequency Standards and Optical Frequency Measurement. J. L. Hall and J. Ye. // Optics & Photonic News / Opt. Soc. Am. February 2001. P. 45 – 50.
13. Луизов А.В. Глаз и свет. Ленинград : Энергоатомиздат, 1983. - 140 с.
14. Гуревич Н.М. Фотометрия.-М.: Энергоатомиздат, 1983.
15. Грошковский Я. Техника высокого вакуума./ Пер.с польского. - М.: Мир, 1975.- 622 с.
16. Климкин В.Ф., Папырин А.Н., Солоухин Р.И. Оптические методы регистрации быстропротекающих процессов.- Новосибирск: Наука, 1980.- 208 с.

17. Костюков Н.А. Конденсированные взрывчатые вещества: Учебное пособие/ Новосиб. ун-ст. Новосибирск, 1988.- 88 с.
18. Кунце Х.-И. Методы физических измерений. Пер. с нем.М.: Мир, 1989.- 216 с.
19. Ангерер Э. Техника физического эксперимента / Пер с нем. под ред. Яковлева К.П.- М.: гос. из-во. физ.-мат. литературы.- 1962.- 452 с.
20. Липсон Г. Великие эксперименты в физике / Пер с англ. под ред. Рыдника В.И.- М.: Мир, 1972.- 214 с. (15)
21. Тригг Дж. Решающие эксперименты в современной физике / Пер с англ. под ред. Алексеева И.С. - М.: Мир, 1974.- 159 с.
22. Введение в технику физического эксперимента, часть 1: Метод. разработка для студентов ФФ / Составитель Крафтмахер Я.А. / НГУ, 1984.- 40 с.
23. Measurement Science and Technology. Vol. 14, No. 8, August 2003. Special Feature: Quantum Measurement Standards / Institute of Physics Publishing. USA. UK. P. 1159 –1483.
24. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие / К. Клаассен – 3-е изд. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008 – 352 с.
25. Методы исследования в экспериментальной физике: Учебное пособие / М.И. Пергамент – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010 – 304 с.

Дополнительная литература

1. Слабкий Л.И. Методы и приборы предельных измерений в экспериментальной физике.- М.: Наука, 1973.- 272 с.
2. Сенченков А.П. Техника физического эксперимента.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 238 с.
3. Гвоздева Н.П., Коркина К.И. Прикладная оптика и оптические измерения.- М.: Машиностроение.- 1976.- 383 с.
4. Михель К. Основы теории микроскопа. / Под ред. Г.Г. Слюсарева. - М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. - 325 с.
5. Шимони К. Физическая электроника./ Пер. с немецкого под ред. Раховского В.И.- М.: Энергия, 1977.- 607 с. (-)
6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники./ Пер. с англ. под ред. Гальперина М.В.- М.: Мир, 1983. - т.1-2.- 590 с. (3)
7. Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. -М.: Высшая школа, 1974.- 376 с.
8. Накопление и коммутация энергии больших плотностей / Под ред. Бостика У., Нарди В.,Цукера О./ Пер с англ. Асиновского Э.И. и Комелькова В.С. - М.: Мир, 1979.- 474 с.
9. Шваб А. Измерения на высоком напряжении / Пер. с нем. Кужекина И.П.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 264 с. (-)
10. Волин М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре.- М.: Сов.радио, 1972.- 280 с.
11. Методы анализа поверхности./ Под ред Зандерны / Пер с англ.- М.: Мир, 1979.- 400 с. (-)
12. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение / Пер. с английского Гиппиуса А.А. под ред. Вавилова В.С. - М.: Мир, 1977.- 214 с. (-)
13. Линдсей П., Норман Д.. Переработка информации у человека. / пер. с англ. п/р А.Р. Лурия. - Москва: Мир, 1974. - 550 с.
14. Цвикер Э., Фельдкеллер Р.. Ухо как приемник информации. М.: Связь. -1971.
15. Слюсарев Г.Г. О возможном и невозможном в оптике - Изд. 3-е.- М.: Государственное издательство физ.-мат. литературы, 1960.- 190 с.
16. Дубовик А.С. Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов.- Изд. 3-е.- М.: Наука, 1984.- 320 с.
17. Пальчиков Е.И., Биченков Е.И. Приборы и некоторые методы импульсной рентгенографии быстропротекающих процессов // Физика горения и взрыва.- 1997.- т.33, N3.- стр. 159-167.
18. Приборы и техника эксперимента / Журнал РАН.

19. Приборы для научных исследований / Пер. с англ. "Review of Scientific Instruments"/ Журнал Американского института физики.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В курсе лекций используется набор физических демонстрационных установок МЛДКС (межфакультетской лаборатории демонстраций и компьютерного сопровождения) НГУ. При необходимости, специально для лекционного курса «Введение в технику физического эксперимента» изготавливаются физические демонстрационные приборы. Это в первую очередь касается задач-демонстраций. Некоторое количество уникальных приборов и фрагментов установок для демонстраций на лекциях берется на время в институтах СО РАН. На всех лекциях используется мультимедийное оборудование МЛДКС.

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____

(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, НМС, Ученый совет))

от _____ года.