

**Министерство образования Республики Беларусь**  
**Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь**  
**по естественнонаучному образованию**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

  
А.М. Жук

Регистрационный № ТД- Г. 185 /тип.

**ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ**

**Типовая учебная программа**  
**для высших учебных заведений по специальности**  
**1-31 04 01 Физика (по направлениям)**  
**(1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность))**

**СОГЛАСОВАНО**

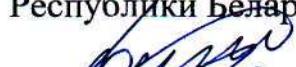
Председатель Учебно-методического  
объединения вузов Республики Бела-  
русь по естественнонаучному образо-  
ванию

  
В.В. Самохвал

24.10.2008

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

  
Ю.И. Миксюк

14.09.2008

Первый проректор Государственного  
учреждения образования «Республи-  
канский институт высшей школы»

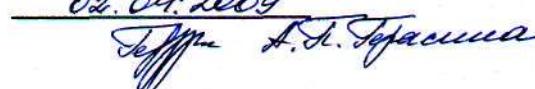
  
И.В. Казакова

02.04.2008

Эксперт-нормоконтролер

  
С.М. Артемьева

02.04.2008

  
А.А. Тарасова

Минск 2008

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**В.В.Шляхтин** - доцент кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра** информационно-измерительной техники и технологий Белорусского национального технического университета.

**П.В.Чобан** - главный метролог Унитарного производственного предприятия «Белорусские медицинские препараты», кандидат технических наук.

**В.Г.Басов** - доцент кафедры метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 9 от 20 марта 2008 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета  
(протокол № 3 от 27 марта 2008 г.);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию

(протокол № 3 от 28 марта 2008 г.).

Ответственный за выпуск: **В.В. Шляхтин**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В подготовке физиков одной из важнейших научных дисциплин является «Основы метрологии», знание которой необходимо для обеспечения единства и требуемой точности измерений, а также для методически правильного измерения различных физических величин и обработки результатов измерений.

В результате изучения дисциплины «Основы метрологии», студент должен знать:

- методы измерений и определения погрешностей;
- принципы построения системы метрологического обеспечения;
- организацию метрологической службы;

уметь:

- подбирать оптимальные методы и средства измерений физических величин;
- проводить испытания средств измерений.

Настоящая дисциплина базируется на таких дисциплинах, как «Механика», «Оптика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электричество и магнетизм», «Физика ядра и элементарных частиц», «Физика атома и атомных явлений».

Программа разработана для дневной формы обучения. Общее количество часов - 26. Аудиторное количество часов, отводимых на дисциплину в соответствии с типовым учебным планом - 18, из них: лекций - 14 часов, семинары - 4 часа.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Семинары	Всего
1	Введение. Предмет метрология и его место среди других наук.	2		2
2	Классификация измерений. Основные определения. Виды и методы измерений.	2		2
3	Погрешности измерений. Систематические погрешности.	2	2	4
4	Случайные погрешности. Грубые погрешности и методы их исключения.	2		2
5	Основы метрологического обеспечения. Основные понятия.	2		2
6	Теория воспроизведения единиц физических величин и передача их размеров. (Теория единства измерений).	2	2	4
7	Классификация эталонов. Единство измерений. Средства измерений. Классификация средств измерений.	2		2
	Итого	14	4	18

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Введение. Предмет метрология и его место среди других наук.** Краткая историческая справка о развитии метрологии. Структура метрологии. Физические величины. Предметы и явления окружающего мира как объекты познания. Их свойства. Классификация физических величин. Свойства, проявляющие себя только в отношении эквивалентности. Понятие счета. Интенсивные величины, удовлетворяющие отношениям эквивалентности и порядка. Понятие величины и контроля. Экстенсивные величины, удовлетворяющие отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности. Понятие об единице физической величины и измерениях. Шкалы измерений.

**2. Классификация измерений. Основные определения. Виды и методы измерений.** Понятие об измерении. Измерительное преобразование. Воспроизведение физической величины заданного размера. Сравнение физической величины с величиной, воспроизводимой мерой. Основные элементы процесса измерения. Основные постулаты теории измерений. Классификация измерений. Понятие об испытании и контроле. Предельные возможности измерений. Статические и динамические измерения. Прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения. Измерения максимально возможной точности, контрольно-поверочные измерения, технические измерения. Основные этапы характеризующие процедуру измерений. Методы измерений.

**3. Погрешности измерений. Систематические погрешности.** Истинные и действительные значения измеряемой величины. Погрешность как случайный процесс. Математические модели погрешностей. Характеристики и параметры погрешностей. Классификация погрешностей. Основные принципы оценивания погрешностей. Правила округления результатов измерений. Понятие о неопределенности результата измерений. Классификация систематических погрешностей. Способы обнаружения и устранения систематических погрешностей. Графический способ. Способ последовательных разностей. Дисперсионный анализ. Критерий Вилкоксона. Исключения систематических погрешностей путем введения поправок.

**4. Случайные погрешности. Грубые погрешности и методы их исключения.** Вероятностное описание случайных погрешностей. Интегральный и дифференциальный законы распределения случайных погрешностей. Композиция законов распределения. Понятие центра распределения. Центральные и начальные моменты распределения. Математическое ожидание и дисперсия. Третий центральный момент. Коэффициент асимметрии. Четвертый центральный момент. Эксцесс и контрэксцесс. Энтропийное значение погрешности.

Законы распределения случайных погрешностей. Трапециидальные распределения. Уплощенные распределения. Класс экспоненциальных распределений. Распределение Гаусса. Семейство законов распределения Стюдента. Распределение Коши. Класс двухмодальных распределений. Дискретное двузначное распределение. Арксинусоидальное распределение. Остро и кругловершинные двухмодальные распределения. Косые распределения.

Точечные оценки законов распределения. Оценки математического ожидания и дисперсии. Оценки коэффициента асимметрии, эксцесса и энтропийного коэффициента. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Доверительный интервал для оценок дисперсии и среднеквадратического отклонения. Сравнительная эффективность различных методов определения координаты центра распределения. Критерии исключения грубых погрешностей. Критерий «трех сигм», Романовского, Шарлье. Вариационный критерий Диксона.

**5. Основы метрологического обеспечения. Основные понятия.** Научная основа метрологического обеспечения. Организационная основа, техническая основа, правовая основа метрологического обеспечения.

**6. Теория воспроизведения единиц физических величин и передача их размеров. (Теория единства измерений).** Система физических величин и их единиц. Принципы построения систем единиц физических величин. Международная система единиц (система СИ). Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров. Понятие о единицах измерений. Эталоны физических величин. Поверочные схемы. Способы поверки средств измерений. Стандартные образцы. Эталоны единиц системы СИ.

**7. Классификация эталонов. Единство измерений. Средства измерений. Классификация средств измерений.** Классификация средств измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Нормирование метрологических характеристик средств измерений. Классы точности.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Рекомендуемые темы для самостоятельной работы**

1. Обработка результатов измерений.
2. Суммирование погрешностей.
3. Измерительные сигналы.
4. Средства измерений.
5. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.

### **Рекомендуемые формы контроля знаний**

Контрольные работы.

1. Предмет и задачи метрологии.
2. Основные представления теоретической метрологии.
3. Теория единства измерений.
4. Средства измерений.
5. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.
6. Основные понятия теории погрешностей.
7. Систематические погрешности.
8. Грубые погрешности и методы их исключения.
9. Суммирование погрешностей.

10. Неопределенность измерений.
11. Измерительные сигналы.

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. Бурдун, Г.Д. Основы метрологии./ Г.Д. Бурдун, Б.Н.Марков, М.: Изд-во стандартов, 1985г. 256с.
2. Клаассен, К.В. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике./ Пер. с англ. Е.В. Воронова и А.Л. Ларина. М.: Изд.-во Постмаркет, 2000г. 352с.
3. Кузнецов, В.А.Основы метрологии. / В.А.Кузнецов, Г.В.Ялунина, М.: Изд-во стандартов, 1995г. 123с.
4. Орнатский, П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники./ Киев: Изд.-во Вісша школа, 1983г. 455с.
5. Основы метрологии и электрические измерения. Под редакцией Душина Е.М., М.: Энергоатомиздат, 1987г. 480с.
6. Пронкин Н.С. Основы метрологии динамических измерений./ Н.С. Пронкин М.: Изд.-во Логос, 2003г. 256с.
7. Сергеев, А.Г. Метрология. Учебное пособие. / А.Г.Сергеев, В.В.Крохин. М.: Изд.-во Логос, 2000г. 408с.
8. Сытько, В.В.Теоретическая метрология. 4.1/ В.В.Сытько Минск: Изд-во БГУ, 1998г. 214с.

#### **Дополнительная**

1. Брагин, А.А. Основы метрологического обеспечения аналого-цифровых преобразователей электрических сигналов./ А.А. Брагин, А.Л.Семенюк М.: Из-во стандартов, 1989г. 164с.
2. Загорский, ЯЛ. Основы метрологического обеспечения лазерной энергетической фотометрии. / ЯЛ. Загорский, А.Ф. Котюк М.: Из-во стандартов, 1990г. 172с.
3. Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем. Под ред. Е.Т. Удовиченко./ М.: Из-во стандартов, 1991г. 192с.