

Введение в физику.
Кинематика поступательного движения

Издатель подтверждает соответствие учебного материала действующей Государственной программе обучения для гимназии и требованиям, предъявляемым Министерством образования и науки к учебной литературе.

Индрек Пейль, Калев Таркпеа

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ.

КИНЕМАТИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Учебник физики для гимназии

Учебник в интернете <http://opik.fyysika.ee>

Рецензенты: Рийна Мурулайд, Мадис Рееманн

Редактор: Кайдо Рейвельт

Литературный редактор: Пирет Пыльдвер

Оформление: Хейко Унт

Чертежи: Нильс Ауста

Рисунки: Урмас Немвальтс

Перевод на русский язык: Алексей Гаврилов

Корректурa: Ирина Логвина

Авторское право: Издательство Маурус 2022

www.kirjastusmaurus.ee

ISBN 978-9916-663-51-6

Все права на настоящее издание защищены законом. Без письменного согласия владельца авторского права на настоящее издание запрещается размножение любой части данного издания ни механическим, ни каким-либо другим способом.

Индрек Пейль, Калев Таркпеа

**ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ.
КИНЕМАТИКА
ПОСТУПАТЕЛЬНОГО
ДВИЖЕНИЯ**

Учебник физики для гимназии

Содержание

Читателю учебника

1. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ	
1.1. Физика как естественная наука	10
Физика в основной школе и в гимназии.....	10
Мир и картина мира.....	12
Природа и естественные науки.....	14
Физика как особая естественная наука.....	18
1.2. Физика и процесс познания в природе	22
Физика и наблюдатель.....	22
Процесс познания в физике.....	23
1.3. Физика и границы познания	26
Понятие горизонта видимости.....	26
Внутренний и внешний горизонты видимости.....	27
Макро-, микро- и мегамир.....	30
2. ФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Естественно-научный метод в физике	36
2.2. Физические величины и измерение	40
2.3. Единицы измерения	42
Единица измерения и эталон.....	42
Различные единицы измерения и системы единиц измерения.....	43
Международная система единиц измерения SI.....	44
Метр, секунда и килограмм.....	45
2.4. Преобразование единиц измерения	49
2.5. Точность измерения	51
Границы точности измерения и неопределенность измерения.....	51
Результат измерения.....	52
Оценки неопределенности измерения по типу А и Б.....	54
2.6. Измерения и закон измерения	56
Процесс измерения и свод законов об измерениях.....	56
Контроль и поверка средств измерения.....	58
2.7. Физические модели	60
Виды естественно-научных моделей.....	60
Создание моделей на практике.....	64

3. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	
3.1. Физические общие модели	70
Что такое физические общие модели?	70
Физические объекты	71
Скалярные и векторные величины	72
3.2. Пространство	76
Размеры тел и длина	76
Понятие пространства	77
3.3. Время	79
Состояние движения тел, скорость и абсолютное время	79
Сравнение видов движения и время	81
3.4. Причинность и случайность	84
Физика и причинность	84
Виды причинности	87
Возможности, проистекающие из физики, и опасности, связанные с физикой	89
3.5. Принципы в физике и атомистике	93
Физический принцип как граница наших знаний	93
Аксиомы в математике и принципы в физике	94
Атомистический принцип	95
3.6. Другие физические принципы	98
Принцип энергетического минимума	98
Принцип запрета	99
Принцип суперпозиции	101
3.7. Принцип абсолютной скорости	103
В заключение – физические модели	107
4. КИНЕМАТИКА	
4.1. Механика и движение	110
Основная задача механики	110
Разделы механики	111
Понятие движения и относительность	112
Материальная точка и траектория	113
Виды движения	114
4.2. Величины, описывающие движение	116
Координаты и система координат	116
Длина пути и смещение	117
4.3. Равномерное прямолинейное движение	119
Скорость	120

4.4. Принцип относительности	122
Замедление времени	122
Сокращение длин и расстояний, увеличение массы	124
Отличие современной физики от классической	125
Эквивалентность массы и энергии	126
4.5. Уравнение прямолинейного равномерного движения.....	130
Аналитический и графический методы описания движения	130
Уравнение движения	130
4.6. График равномерного прямолинейного движения.....	133
4.7. Переменное движение и его скорость	135
Переменное движение	135
Средняя скорость.....	135
Мгновенная скорость.....	136
4.8. Равнопеременное прямолинейное движение.....	139
Понятие равнопеременного прямолинейного движения	139
Ускорение при переменном движении.....	140
Зависимость скорости равнопеременного движения от времени.....	141
График скорости.....	142
4.9. Смещение при равнопеременном движении. Уравнение и график равнопеременного движения.....	144
Смещение при равнопеременном движении.....	144
Уравнение равнопеременного движения	145
График равнопеременного движения	146
4.10. Движение под действием силы притяжения Земли	147
Свободное падение	147
Зависимости скорости и высоты свободно падающего тела от времени.....	148
4.11. Движение тела, брошенного под углом к горизонту	150
В заключение – кинематика	153
Приложение 1:	
Свойства природы и описывающие их физические величины	154
Приложение 2:	
Основные единицы системы SI.....	155
Дополнительные единицы системы SI.....	155
Приставки к единицам системы SI.....	155
Греческий алфавит.....	156
Приложение 3:	
Физические величины, применяемые в кинематике.....	157
Ответы на задачи, требующие вычислений	157
Индекс.....	158

Читателю учебника

Настоящий учебник составлен на основе учебников Индрека Пейля и Калева Таркпеа «Физические основы природоведения» и Индрека Пейля «Механика». Используемые в них материалы приведены в соответствии с действующей в настоящее время Государственной программой обучения.

В тексте учебника термины обозначены **жирным шрифтом**. Наиболее важная информация выделена *синим цветом*. Отрывки, которые предназначены для дополнительного чтения, приведены *наклонным шрифтом* (курсивом).

Рекомендуем использовать также учебник в интернете <http://opik.fyysika.ee>, в котором можно найти много дополнительных сведений.

Успешной учебы!

От переводчика

При переводе учебника переводчик старался точно следовать эстонскому оригиналу. В некоторых случаях оказалось необходимым познакомить читателя с русскими физическими терминами.

Полные названия единиц измерения физических величин приведены на русском языке, для сокращенных обозначений используются международные названия, так как они совпадают с сокращениями, принятыми в эстонской физической литературе. Например: в системе СИ единицей работы является джоуль (сокращенно J), единицей силы является ньютон (сокращенно N) и так далее.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ





Как правило, корни современного знания уходят в далекое античное время. Физика также имеет свое начало в работах древнегреческих философов. Слово физика происходит от греческого слова φυσικός [физикос], что означает естественный, или природный. Название указывает на то, что мы имеем дело с наукой о природе – с естественной наукой. Помимо физики, мы знаем и другие естественные науки. Но чем отличается физика от химии, биологии или географии? Как она связана с ними? Что является основой физики, какова ее сущность? Каким образом мы, вообще, получаем свои знания о природе?



1.1. Физика как естественная наука

Физика в основной школе и в гимназии



Как составить полную картину мира?

Учебник, который вы раскрыли, предполагает, что вы что-то уже знаете о физике. С ней вы соприкоснулись на уроках природоведения в начальной школе и в седьмом классе на уроках естествознания. А в восьмом и девятом классах вы уже прошли первоначальную стадию систематического изучения физики.

Мы узнали, что **физика изучает наиболее общие и основные законы природы**. На уроках физики в основной школе новую тему мы начинали, как правило, с примеров из обыденной жизни и проводили относительно простые опыты. После этого мы пытались коротко обобщить результаты, используя **термины физики**, или названия физических **явлений, величин** и их **единиц измерения**. При этом было выяснено, что физические величины и единицы измерения имеют конкретные обозначения – начальные буквы соответствующих латинских слов. **Предложения, содержащие физический смысл и записанные с помощью больших букв**, именовались физическими **формулами**. Их нужно было применять при решении задач, требующих соответствующих вычислений.

Целью изучения физики в основной школе было дать ученикам знания и навыки, необходимые в обыденной жизни. Части физического естествознания, имеющие наибольшее практическое значение (учение о движении, учение о свете, учение об электричестве, учение о теплоте), рассматривались по отдельности. При этом цель создания единой картины этих явлений не ставилась.

Изучение физики в **гимназии** не может ограничиваться такими рамками. Гимназия готовит молодых людей к дальнейшей учебе в высшей школе. Предполагается, что окончившие гимназию уже в какой-то степени представляют единую картину мира и умеют отличать основное от второстепенного, научное утверждение от лженаучного. От выпускников ожидают, что для решения конкретной проблемы они могут вычленивть необходимую информацию из окружающего нас информационного моря. **Поэтому гимназический курс физики должен дать систематический обзор всего наиболее важного в природе, что способна объяснить современная физика.**

Нам нужно привыкнуть к тому, что главные **физические принципы**, или **наиболее общие истины естествознания**, формулируются уже в первом гимназическом курсе физики. Целей доказывать эти принципы не ставилось.

Обоснованность принципов доказывается тем обстоятельством, что, рассматривая их в природе, мы непрерывно убеждаемся в их справедливости и нигде не наблюдаем исключений из них.

Изучение физики в гимназии начнем с краткого обзора основных фактов, на которых покоится современная физическая картина мира.

Им посвящены три первые главы данного курса. Вместе мы попробуем понять, что такое природа, чем занимается физика и чем она отличается от других естественных наук. Прежде всего, мы попытаемся выразить сущность физических явлений простыми словами. Систематически применять язык физики начнем только в последней главе.

Что остается еще сказать? Изучение физики в гимназии окажется успешным, если в итоге мы поймем, что физика – это не просто набор странных слов и знаков. Напротив, физика является одним из важных средств, позволяющих чувствовать себя в нашем мире как дома. Если бы физикой не занимались, то не было бы ни современных технологий, ни основанных на них благ. То, что в Эстонии занимаются физикой и изучают ее, дает возможность жителям нашей страны принадлежать к той малой части человечества, которая создает новые технологии и которой остальная часть платит за применение соответствующих благ.



*Институт физики
Тартуского университета
в научном городке Маарья-
вяля г. Тарту. Одно
из мест в Эстонии, где созда-
ются новые технологии.*

Мир и картина мира

Если вспомнить, что из области естественных наук уже изучалось в школе, то, обобщая, можно сказать, что мы изучали окружающий нас мир.

Мир – это широкое понятие. И слово это используют в различных смыслах. Миром можно называть планету Земля вместе с населяющими ее людьми, только все человечество или всю Вселенную. Если Вселенная невообразимо большая, то мир может быть, наоборот, очень маленьким. Например, маленькую капельку воды вместе с обитающими там бактериями и внутреннее пространство атома часто называют микромиром. Имеются миры, к которым могут принадлежать и люди, а имеются и такие, которые без людей существовать не могут. По своей истории, культуре и образу жизни государства можно подразделять на старые, новые миры и государства третьего мира. Еще можно говорить о внутреннем мире человека и о потустороннем мире. Можно также говорить о водном и растительном мирах, о мире животных, мире компьютеров и даже о магазине «Детский мир».

В понятие «мир» можно вместить всё имеющееся, включая наши собственные мысли и привычки. Общим признаком какого-то конкретного мира является то, что в его частях присутствует нечто общее, соединяющее их.

В физике под **«миром»** мы будем подразумевать все, что окружает любого конкретного человека, равно как и всех других людей. Таким образом, из рассмотрения выпадает

Эксперимент является основным способом получения информации в природе. Каким должно быть соотношение объемов воды и сжатого воздуха в полторалитровой бутылке, чтобы такая «ракета» взлетела выше всего?





В Средние века не было возможности собирать информацию о далеких от нас объектах. Неподтвержденные экспериментами предположения часто заводят изображения картины мира в далекие от физики представления.

мир мыслей человека, мир его чувств и прочие подобные миры. Большинство людей верит в определенную **объективность** внешнего мира или в его существование **независимо от человека**. Эта вера основывается на том, что все люди со здоровыми органами чувств получают при помощи этих чувств одинаковую в основных чертах информацию о мире. Заметим также, что, строго говоря, каждый человек имеет собственный мир и все другие люди являются частями мира одного конкретного человека.

Картиной мира обычно называют **систему знаний, с помощью которой человек познает окружающий его мир и соотносит себя с ним**. Картина мира – это вся систематизированная информация о мире, которой обладает человек. Можно также говорить о **коллективной картине мира** большой группы человечества или человечества в целом. Это – сборный вариант картин мира всех людей, принадлежащих к данной группе. Если желают подчеркнуть одинаковые, или **универсальные** физические методы, с помощью которых получена информация, составляющая картину мира, то часто в том же понятии, что и мир, применяют понятие **Вселенная**. Не имеется ничего физически исследуемого, что бы выходило за рамки Вселенной.

Природа и естественные науки



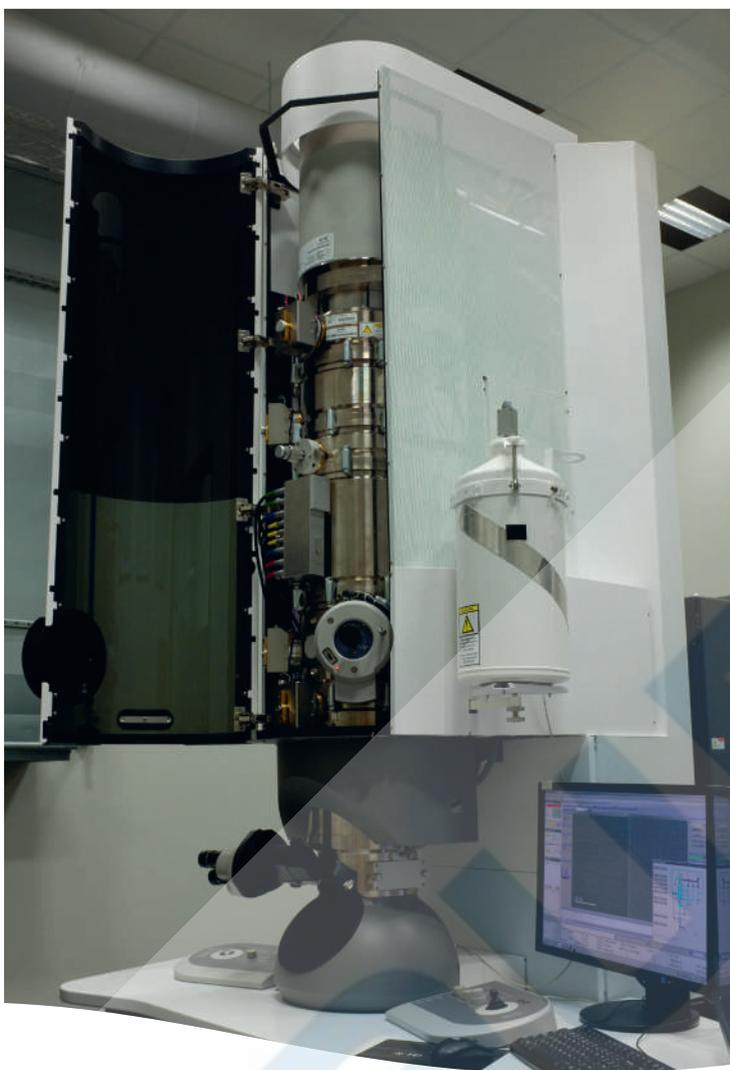
Рассмотрим всевозможные миры с точки зрения физики. Физика не изучает мир человеческих мыслей. Мир мыслей существует только в сознании человека и не является реальным. Он выдуман и зависит от человека. Физика изучает, например, движение небесных тел, плавление льда и преломление света. Физика изучает то, что существует независимо от сознания человека.

Все то, что находится вне сознания и реально существует независимо от него, называется природой или материальным миром. В отличие от человека как биологического объекта, сознание не относится к природе. В природу входят также строения, созданные человеком, искусственные материалы, космические аппараты, загрязняющие вещества и т. д. Но прочее, связанное с человеческой деятельностью, как, например, политика, искусство, военное дело, религия, психика, социальные процессы и т. д. в понятие природы не входят.

На основании вышесказанного мы можем сказать, что физика из всего мира исследует ту часть, которую можно назвать природой. Физическим миром является природа.

В природе существует уровневая **структурность**. Происходящие на каждом структурном уровне явления можно объяснить с помощью основных закономерностей этого уровня, и они не сильно зависят от характерных явлений, свойственных другим структурным уровням. Например, рассматриваемые в гимназическом курсе механики законы Ньютона и закон гравитации очень хорошо объясняют движение компонентов солнечной системы (планет, астероидов, комет и т. д.). При этом совершенно не важны исследуемые в курсе электромагнетизма электрические силы, при помощи которых частицы вещества образуют тела. Тем более, для понимания происходящего в солнечной системе не нужно знать, например, законы наследственности, действующие в биологии. Различные естественные науки занимаются различными структурными уровнями природы.

Вселенная состоит из объектов очень различной величины. Этот ряд картинок, начинающийся с Земли, заканчивается галактикой Млечный Путь. Небесные тела могут быть изображены одинаковыми по размеру, но в действительности Земля меньше Млечного Пути примерно в 10^{14} раз. Если бы размер Млечного Пути составлял 100 метров, то Солнечная система была бы не больше песчинки.



Очень малые по размеру объекты нуждаются для их исследования в очень больших приборах. На этой картинке запечатлен электронный микроскоп института физики Тартуского университета. С его помощью возможно исследовать объекты с размерами до 0,09 нанометров.

В таблице 1.1 (стр. 16) приведена схема структурных уровней природы. В левой стороне схемы снизу вверх увеличивается характерный размер исследуемого природного объекта (длина или ширина), в средней части – приведены примеры типичных рассматриваемых объектов. В третьем столбце отмечены те естественные науки (физика, география, биология или химия), которые больше всего занимаются исследованием объектов, относящихся к рассматриваемому структурному уровню. Понятно, что это довольно условно, поскольку, например, в химии и биологии граничные размеры исследуемых объектов примерно одинаковы (1 – 100 nm), поэтому поля деятельности различных естественных наук довольно сильно перекрываются. Например, относить исследовательскую работу к химии или к биологии, зависит прежде всего от того, какой научный язык (система понятий) используется в работе, – химический или биологический. Приведенная схема дает нам также хорошую возможность выучить или повторить систему приставок (кило-, мега-, гига- и др.) единиц измерения.

Таб. 1.1

Размер	Объект	Наука
10^{26} м	вселенная в целом $\approx 10^{26}$ м	Физика
10^{25} м	техническая граница (дальность действия телескопов)	
10^{24} м	расстояние между стаями (скоплениями) галактик	
10^{23} м		
10^{22} м		
10^{21} м	диаметр галактики (Млечный Путь) $\approx 105\,000$ ва (ва – световой год)	
10^{20} м		
10^{19} м		
10^{18} м		
10^{17} м	расстояние до ближайшей звезды $\approx 4,2$ ва	
10^{16} м = u 1 ва (световой год)	1 ва = $9,46 \cdot 10^{15}$ м $\approx 10^{16}$ м	
10^{15} м		
10^{14} м		
10^{13} м = 10 Тм	солнечная система, диаметр ≈ 10 Тм	
10^{12} м = 1 Тм (тераметр)		
10^{11} м = 100 Gm	расстояние от Земли до Солнца 150 Gm	
10^{10} м		
10^9 м = 1 Gm (гигаметр)	Солнце, диаметр 1,4 Gm = 1400 Mm	
10^8 м		
10^7 м = 10 Mm	Земля, диаметр 12,8 Mm = 12800 km	География
10^6 м = 1 Mm (мегаметр) = 1000 km	большое государство (Россия или США)	
10^5 м = 100 km	малое государство (Эстония или Латвия)	
10^4 м = 10 km	большой город (Таллинн)	
10^3 м = 1000 м = 1 km (километр)	ширина реки Ниагара (1039м)	
10^2 м = 100 м (гектометр)	большой дом	Биология
10^1 м = 10 м (декаметр)	большое животное (китовая акула)	
10^0 м = 1 метр	человек	
10^{-1} м = 1 dm (дециметр)	кисть человеческой руки	
10^{-2} м = 1 cm (сантиметр)	ноготь пальца человека	
10^{-3} м = 1 mm (миллиметр)	апростейшее животное (амёба)	
10^{-4} м = 0,1 mm = 100 μ m	человеческая яйцеклетка	
10^{-5} м = 10 μ m	ядро клетки млекопитающего	
10^{-6} м = 1 μ m (микрометр)	бактерия	Химия
10^{-7} м = 100 nm = 1000 Å	HIV (вирус иммунодефицита человека – ВИЧ)	
10^{-8} м = 10 nm = 100 Å	молекула целлюлозы	
10^{-9} м = 1 nm (нанометр)	молекула глюкозы	
10^{-10} м = 1 Å (ангстрем) = 0,1 nm	атом	Физика
10^{-11} м		
10^{-12} м = 1 pm (пикометр)	внутренняя электронная оболочка большого атома	
10^{-13} м		
10^{-14} м	ядро большого атома	
10^{-15} м = 1 fm (фемтометр)	протоны и нейтроны	
10^{-16} м		
10^{-17} м		
10^{-18} м = 1 am (аттометр)	лептоны и кварки	
10^{-19} м		
10^{-20} м	техническая граница (достижимость действия ускорителей)	

Физика как особая естественная наука оперирует всеми структурными уровнями природы, начиная от элементарных частиц и заканчивая Вселенной в целом. Однако физика часто поручает исследование проблем какой-либо другой естественной науке, исследовательские методы которой оказываются более подходящими для определенного структурного уровня.

В третьем столбце таблицы отмечены те естественные науки, которые больше всего занимаются проблемами, относящимися к определенному структурному уровню.

Понятие «естественные науки» является общим наименованием всех наук, которые дают научное описание и объяснение явлениям природы, а также предсказывают новые природные явления. Слово научное указывает на уже изученное нами в основной школе последовательное применение естественно-научного метода. Согласно ему, после первичного наблюдения (сбора данных) выдвигается гипотеза (предположение о том, как может обстоять дело). После этого для проверки гипотезы ставится эксперимент (или целенаправленное наблюдение) и проводится обработка данных. В итоге делаются выводы о справедливости или неприменимости гипотезы.

В школе из естественных наук в дополнение к физике изучают географию, биологию и химию. География – это естественная наука, изучающая поверхность Земли и происходящие на ней процессы. В природных явлениях, интересующих географию, участвуют объекты с характерными размерами порядка от 1 м (человек) до 1000 км (части света). Биология является естественной наукой, которая изучает закономерности, действующие в живой природе. Область действия биологии на схеме структурных уровней природы простирается от молекул, несущих биологическую информацию (DNA или в русском языке ДНК молекулы), до сообществ растений и животных. На схеме размеры исследуемых биологических объектов выбраны условно от 1мм до 10 м, хотя экосистемы могут быть гораздо больше. Химия – это естественная наука, которая изучает взаимные превращения веществ и связи между атомами. Условно специфическая область деятельности химии на схеме структурных уровней простирается от размера атома (0,1 нм) до размеров большой молекулы (100 нм).

*Какой метод является естественно-научным?
Как часто мы можем его применять для решения
повседневных возникших вопросов? Возможно ли,
наблюдая за птицами, научиться летать?*



Наблюдение



Гипотеза



Эксперимент



Обработка данных



Вывод