

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
Д.А. Зубцов  
01 июня 2013 г.

## ПРОГРАММА

по дисциплине: Общая физика: Механика  
по направлению подготовки 010900 «Прикладные математика  
и физика»

факультеты: для всех факультетов  
кафедра ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
курс I

семестр I

Трудоёмкость: теор. курс: базовая часть – 3 зач. ед.; вариативная  
часть – 1 зач. ед., доп. за сложность – 1 зач. ед.;

физ. практикум: базовая часть – 2 зач. ед.; вариативная часть – 0 зач.  
ед., доп. за сложность – 1 зач.ед.

лекции – 34 часа

Экзамен – 1 семестр

практические (семинарские)

занятия – 34 часа

Зачёт – 1 семестр

лабораторные занятия

Самостоятельная работа

– 68 часов

– 5 час. в неделю

ВСЕГО ЧАСОВ – 136

Программу и задание составили:

д.ф.-м.н., проф. Э.В. Прут

д.ф.-м.н., проф. Н.А. Кириченко

к.ф.-м.н., проф. В.С. Булыгин

к.ф.-м.н., доц. А.В. Гавриков

к.ф.-м.н., доц. Ю.А. Михайлов

Программа обсуждена на заседании кафедры общей физи-  
ки 17 мая 2013 года.

Заведующий кафедрой

А.В. Максимычев

## МЕХАНИКА

1. Предмет физики как фундаментальной науки о природе. Место физики среди других дисциплин. Физика и математика. Физика как культура моделирования. Важнейшие этапы истории физики. Роль измерений в физике. Компьютеры в физике. Единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы.

2. Кинематика материальной точки. Материальная точка. Системы отсчёта и системы координат (декартова, полярная, сферическая). Степени свободы и их число. Радиус-вектор. Закон движения точки. Скорость и ускорение. Графики движений. Криволинейное движение. Скорость и ускорение в криволинейном движении. Движение точки по окружности, угловое ускорение. Формулы для нормального, тангенциального и полного ускорений точки. Траектория движения, радиус кривизны траектории.

3. Динамика материальной точки. Понятие состояния в классической механике. Основная задача динамики. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Масса частицы. Инертная и гравитационная массы. Импульс частицы. Сила гравитационного притяжения, кулоновская сила, упругая сила, силы трения и сопротивления. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Роль начальных условий. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.

4. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Реактивное движение. Формула Циолковского .

5. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия частицы. Понятие силового поля. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике.

6. Динамика систем частиц (материальных точек). Центр инерции системы частиц (центр масс). Скорость и ускорение центра инерции системы частиц. Закон движения центра инерции. Система центра инерции (центра масс). Движение системы из двух взаимодействующих частиц (задача двух тел). Приведённая масса. Соотношение между кинетическими энергиями в различных системах

отсчёта. Теорема Кёнига. Внутренняя энергия. Общезначимый закон сохранения энергии.

7. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого удара и абсолютно неупругого удара. Построение и использование векторных диаграмм. Пороговая энергия при неупругом столкновении частиц.

8. Механические колебания материальной точки. Гармонический осциллятор. Маятник на пружине и математический маятник. Частота и период колебаний. Анализ уравнения движения маятника. Роль начальных условий. Анализ колебаний материальной точки под действием вынуждающей синусоидальной силы. Резонанс. Резонансные кривые. Анализ затухающих колебаний. Сухое и вязкое трение. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Фазовая плоскость.

9. Момент импульса материальной точки относительно центра (начала) и оси. Момент силы. Связь момента импульса материальной точки с секториальной скоростью. Момент импульса системы материальных точек. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса.

10. Движение тел в центральном поле. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Фinitные и инфинитные движения. Космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса и её применение для вычисления гравитационных полей.

11. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Вычисление моментов инерции твёрдых тел. Теорема Гюйгенса–Штейнера. Уравнение моментов. Кинетическая энергия вращающегося тела.

12. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Мгновенная ось вращения. Угловая скорость как вектор, сложение вращений. Независимость угловой скорости вращения твёрдого тела от положения оси, к которой отнесено вращение. Понятие о тензоре инерции и эллипсоиде инерции. Главные оси инерции. Уравнение моментов относительно движущегося начала и движущейся оси. Плоское движение твёрдого тела. Качение. Скатывание и вкатывание тел на наклонную плоскость.

13. Механические колебания тел. Физический маятник. Приведённая длина, центр качания. Теорема Гюйгенса о физическом маятнике. Действие периодических толчков на гармонический осциллятор. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях. Описание волнового движения. Волновое число, фазовая скорость. Понятие о бегущих и стоячих волнах.

14. Регулярная прецессия свободного вращающегося симметричного волчка (ротатора). Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Вывод уравнения движения гироскопа под действием сил (приближённая теория). Гироскопические силы. Применения гироскопов.

15. Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции при ускоренном движении системы отсчёта. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчёта. Относительное, переносное, кориолисово ускорения. Центробежная и кориолисова силы. Вес тела. Отклонение падающих тел от направления отвеса. Маятник Фуко.

16. Элементы теории упругости. Упругие и пластические деформации. Растяжение и сжатие стержней. Коэффициент упругости, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Энергия упругой деформации. Анализ деформации прямоугольного параллелепипеда под действием трёх взаимно перпендикулярных сил. Анализ всестороннего и одностороннего растяжения и сжатия. Деформации сдвига и кручения. Скорость распространения продольных упругих возмущений в стержнях.

17. Элементы гидродинамики. Жидкость и газ в состоянии равновесия. Условие равновесия во внешнем поле сил. Идеальная жидкость. Кинематическое описание движения жидкости. Линии тока, стационарное течение идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Вязкость. Стационарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса и его физический смысл. Пограничный слой и явления отрыва. Объяснение эффекта Магнуса. Понятие о подъёмной силе при обтекании крыла.

18. Элементы специальной теории относительности. Принцип относительности. Интервал и его инвариантность. Преобразование координат и времени Лоренца, их физический смысл. Относи-

тельность понятия одновременности. Замедление времени. Собственное время жизни частицы. Лоренцево сокращение длины. Собственная длина. Сложение скоростей. Эффект Доплера. Импульс релятивистской частицы. Энергия релятивистской частицы, энергия покоя, кинетическая энергия. Связь между энергией и импульсом частицы. Инвариант энергии-импульса. Пороговая энергия при неупругом столкновении двух релятивистских частиц и её связь с классическим случаем неупругого столкновения частиц. Уравнение движения релятивистской частицы.

19. Границы применимости классического способа описания движения частицы.

## Литература

### Основная литература

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 1. Механика. – М.: Наука, 1989.
2. *Кингсен А.С., Локишин Г.Р., Ольхов О.А.* Основы физики. Курс общей физики. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. – М.: Физматлит, 2001.
3. Лабораторный практикум по общей физике. Т. 1. Механика под редакцией А.Д. Гладуна. – М.: МФТИ, 2004.
4. Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 1 под редакцией В.А. Овчинкина. – М.: Физматкнига, 2013.

### Дополнительная литература

1. *Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М.* Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. – М.: Наука, 1969.
2. *Хайкин С.Э.* Физические основы механики. – М.: Наука, 1971.
3. *Киттель Ч., Найт У., Рудерман М.* Механика. – М.: Наука, 1983.
4. *Фейнман Р.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, 2. – М.: Мир, 1977.
5. *Гладун А.Д.* Элементы релятивистской механики. – М.: МФТИ, 2003.

6. Белонучкин В.Е. Относительно относительности. – М.: МФТИ, 1996.
7. Кириченко Н.А. Теория относительности: учебное пособие. – М.: МФТИ, 2001.
8. Корявов В.П. Методы решения задач в общем курсе физики. Механика. – М.: Студент, 2012.

Электронные ресурсы: [http://physics.mipt.ru/S\\_I/Metod\\_Meh/](http://physics.mipt.ru/S_I/Metod_Meh/)

**План лекций для студентов 1-го курса  
на осенний семестр 2013/2014 учебного года**

<b>Дата</b>	<b>Тема лекций</b>
2, 3 сентяб.	Введение. Предмет и роль физики. Механика. Элементы кинематики.
9, 10 сентяб.	Динамика частицы и системы частиц. Законы Ньютона.
16, 17 сентяб.	Работа и энергия.
23, 24 сентяб.	Закон сохранения момента импульса. Тяготение. Теорема Гаусса. Законы Кеплера.
30 сен- тября 1 ок- тября	Вращение твёрдого тела вокруг оси. Момент инерции.
7, 8 октября	Плоское движение твёрдого тела.
14, 15 октября	Свободное вращение симметричного волчка. Гироскоп.
21, 22 октября	Незатухающие и затухающие колебания.
28, 29 октября	Вынужденные колебания. Параметрические колебания. Автоколебания. Волны.
4, 5 ноября	Неинерциальные системы отсчёта.

11, 12 ноября	Элементы теории упругости.
18, 19 ноября	Элементы гидродинамики.
25, 26 ноября	Физика пространства-времени. Основы специальной теории относительности. Интервал. Преобразования Лоренца и их следствия. Эффект Доплера.
2, 3 декабря	Релятивистская динамика. Импульс и энергия. Законы сохранения. Упругие и неупругие столкновения релятивистских частиц. Уравнение движения релятивистских частиц.
9, 10 декабря	Границы применимости представлений классической механики.

**ЗАДАНИЕ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ**  
**для студентов 1-го курса на осенний семестр**  
**2013/2014 учебного года**

Дата	№ сем	Темы семинарских занятий	Задачи		
			0 гр.	I гр.	II гр.
2-7 сент.	1	Уравнения движения и их интегрирование.	1, 2	1.5; 1.12; 1.16; 2.39; 2.56; 2.74	1.26; 2.75
9–14 сент.	2	Законы сохранения импульса и энергии. Работа, мощность.	3, 4, 5	4.10; 4.25; 4.37; 4.47; 4.65; 4.125	4.49; 4.117
16–21 сент.	3	Движение тел с переменной массой.	6, 7	3.11; 3.24; 3.31; 3.36; 3.48; 3.77	3.41; 3.73
23–28 сент.	4	Упругие и неупругие столкновения.	8, 9	4.70; 4.75; 4.80; 4.90; 4.97; 4.100	4.133; 4.142
30 сент. –5 окт.	5	Закон сохранения момента импульса. Тяготение. Теорема Гаусса	10, 11	6.4; 6.18; 7.5; 7.72; 7.85; 7.132	6.17; 7.136

7–12 окт.	<b>6</b>	Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.	12, 13	9.1; 9.8; 9.22; 9.108; 9.121; 9.124	9.97; 9.197
14-19 окт.	<b>7</b>	Плоское движение твёрдого тела. Качение.	14, 15	9.7*; 9.71; 9.75; 9.76; 9.82; 9.163	9.169; 9.187
21–26 окт.	<b>8</b>	Гироскопы.	16, 17	11.1; 11.9; 11.14; 11.16; 11.27; 11.30	11.28*; 11.32
27 октября (воскр.)		Общекурсовая контрольная работа (по первым 7-ми семинарам)			
28 окт–2 нояб.	<b>9</b>	Разбор контрольной работы. Сдача 1-го задания (1–7 сем.)			
4–9 нояб.	<b>10</b>	Гармонические колебания.	18, 19, 20	5.22; 5.74; 5.76; 10.4; 10.43; 10.46	10.55; 10.84
11–16 нояб.	<b>11</b>	Неинерциальные системы отсчёта.	21, 22	12.8; 12.19; 12.23; 12.38; 12.41; 12.46	12.70; 12.79
18–23 нояб.	<b>12</b>	Элементы теории упругости.	23, 24, 25	13.4; 13.7; 13.18; 13.31; 13.33; 13.46*	13.34; 13.36
25–30 нояб.	<b>13</b>	Элементы гидродинамики.	26, 27	14.3; 14.14; 14.17; 14.27; 14.29; 14.46	14.19; 14.21
2 – 7 дек.	<b>14</b>	Преобразования Лоренца и их следствия. Эффект Доплера.	28, 29, 30	8.6, 8.11, 8.16*, 8.29, 8.77, 8.80	8.3, 8.7, 8.13*
9–14 дек.	<b>15</b>	Релятивистская динамика. Упругие и неупругие столкновения релятивистских частиц.	31, 32	8.43, 8.48, 8.59, 8.66*, 8.68, 8.76*	8.61, 8.42, 8.72
16–21 дек.	<b>16</b>	Сдача 2-го задания (8, 10–15 сем.) Зачёт. Закрытие зачётных ведомостей.			



## Примечания

Номера задач указаны по «Сборнику задач по общему курсу физики. Ч. 1. Механика и молекулярная физика» / под ред. В.А. Овчинкина (3-е изд., испр. и доп.). — М.: Физматкнига, 2013.

В каждой теме семинара задачи разбиты на 3 группы:

**0** – задачи, которые студент должен решать в течение недели к следующему семинару, где они при необходимости разбираются в начале семинара.

**I** — задачи, которые обязательны для сдачи задания, их решения должны быть оформлены студентами в своих тетрадях.

**II** — задачи повышенного уровня, необходимые для получения дополнительных зачётных единиц. Они должны быть оформлены студентами в своих тетрадях.

Часть этих задач (по усмотрению преподавателя) разбирается на семинаре. На семинарах преподаватель может разбирать и другие задачи по своему выбору.

### Задачи нулевой группы

(в скобках – номер по задачнику под ред. В.А. Овчинкина)

**1.** Тело начинает вращаться с угловым ускорением, равным  $0,04 \text{ с}^{-2}$ . Через какое время  $t$  после начала вращения полное ускорение произвольной точки тела будет направлено под углом  $76^\circ$  к вектору скорости этой точки?

**Ответ:**  $t = 10 \text{ с}$ .

**2.** Мяч посылается с начальной скоростью  $v_0 = 19.5 \text{ м/с}$  под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. В тот же момент навстречу мячу стартует игрок, находившийся на расстоянии  $l = 55 \text{ м}$ . С какой скоростью  $u$  он должен бежать, чтобы успеть схватить мяч до удара о землю?

**Ответ:**  $5.8 \text{ м/с}$

3. К свободному аэростату массы  $M = 10m$  привязана верёвочная лестница, на которой находится человек массы  $m$ . Аэростат неподвижен. В каком направлении и с какой скоростью  $V$  будет перемещаться аэростат, если человек начнёт подниматься вверх по лестнице с постоянной скоростью  $u$  относительно лестницы? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Ответ:** вниз со скоростью  $V = \frac{u}{11}$ .

4. (4.3) Какую работу надо совершить, чтобы втащить (волоком) тело массы  $m$  на горку с длиной основания  $L$  и высотой  $H$ , если коэффициент трения между телом и поверхностью горки равен  $k$ ? Угол наклона поверхности горки с горизонтом может меняться вдоль горки, но его знак остаётся постоянным.

**Ответ:**  $A = mg(H + kL)$ .

5. Груз, висящий на лёгкой пружине жёсткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает её на величину  $x = 3$  см. Какую работу надо затратить, чтобы утроить удлинение пружины, прикладывая к грузу вертикальную силу?

**Ответ:** 0,72 Дж.

6. На дне железнодорожной платформы с песком (общей массой  $M$ ) образовалось отверстие, через которое песок высыпается со скоростью  $\mu$  кг/с. С каким ускорением будет двигаться платформа под действием постоянной горизонтальной силы  $F$ ?

**Ответ:**  $a = \frac{F}{M - \mu t}$ .

7. Ракета массой  $M = 6000$  кг установлена для запуска по вертикали. При скорости истечения газов  $u = 1000$  м/с найти количество газа  $\mu$ , которое должно быть выброшено за 1 с, чтобы обеспечить тягу, достаточную, чтобы сообщить ракете начальное ускорение вверх, равное  $a = 2g = 19,6$  м/с<sup>2</sup>.

**Ответ:**  $\mu = 176,4$  кг/с.

8. Найти давление, производимое потоком частиц массой  $m$  и концентрацией  $n$ , падающих со скоростью  $V$  на неподвижную стенку под углом  $\alpha$  к нормали. Соударения считать упругими.

**Ответ:**  $P = 2nmV^2 \cos^2 \alpha$ .

9. (4.109) Найти минимальную относительную скорость двух одинаковых метеоритов, необходимую для их нагрева и полного испарения в результате столкновения. Теплота нагревания и испарения 1 г вещества метеоритов составляет  $Q = 10^{10}$  эрг/г.

**Ответ:** 2,83 км/с.

10. Человек сидит на скамье Жуковского и вращается вместе с ней, совершая 30 об/мин. Момент инерции тела человека относительно оси вращения — около  $1,2$  кг·м<sup>2</sup>. В вытянутых руках у человека две гири массой 3 кг каждая, расстояние между гирями 160 см. Как станет вращаться система, если человек опустит руки и расстояние между гирями станет равным 40 см? Момент инерции скамьи  $0,6$  кг·м<sup>2</sup>; изменением момента инерции рук и трением пренебречь.

**Ответ:**  $n \approx 80$  об/мин.

11. Определить радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, всё время находящегося над одной и той же точкой экватора.

**Ответ:**  $R = 4,2 \cdot 10^4$  км.

12. Вычислить момент инерции  $I$  однородного диска массы  $m$  и радиусом  $R$  относительно оси вращения, проходящей по его диаметру.

**Ответ:**  $I = \frac{1}{4}mR^2$ .

13. Высокая стальная фабричная труба треснула у основания и стала падать. Найти нормальное ускорение верхней точки трубы как функцию угла между трубой и вертикалью. Может ли это ускорение превысить  $g$ ?

**Ответ:**  $a_n = 3g(1 - \cos a)$ .

14. Тонкое кольцо радиуса  $R$  и массы  $m$  раскручено до угловой скорости  $\omega$  и поставлено вертикально на горизонтальную плоскость с коэффициентом трения  $k$ . С какой скоростью  $V$  будет двигаться кольцо после прекращения проскальзывания?

**Ответ:**  $V = \frac{1}{2}\omega R$ .

15. Шар и сплошной цилиндр, имеющие равные массы, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить отношение кинетических энергий шара  $T_{ш}$  и цилиндра  $T_{ц}$ .

**Ответ:**  $T_{ш}/T_{ц} = 14/15$ .

16. (11.7) В районе северного полюса на Землю падает метеорит под углом  $45^\circ$  к вертикали. Масса метеорита 1000 т. Его скорость 20 км/с. Найти, на сколько повернется земная ось в результате соударения с метеоритом. Масса Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, ее радиус 6400 км.

**Ответ:**  $\alpha = 1,27 \cdot 10^{-17}$  рад.

17. (11.34) Угловая скорость прецессии волчка, имеющего форму кругового конуса, опирающегося своей вершиной на горизонтальную плоскость, равна  $\Omega$ . Определить собственную угловую скорость волчка  $\omega$ , если радиус основания конуса равен  $r$ , а высота  $h$ . Предполагается, что  $\omega \gg \Omega$ .

**Ответ:**  $\Omega = (5gh)/(2\omega r^2)$ .

18. Маятниковые часы идут правильно при длине маятника  $l = 55,8$  см. На сколько отстанут часы за сутки, если удлинить маятник на  $\Delta l = 0,5$  см?

**Ответ:**  $\Delta t \approx 6,5$  мин.

19. (10.6) Сплошной однородный диск радиусом 10 см колеблется около горизонтальной оси, перпендикулярной к плоскости диска и проходящей через край диска. Какой длины должен быть математический маятник, имеющий тот же период колебаний, что и диск?

**Ответ:** 15 см.

20. (5.73) Груз массой  $M=10$  г, подвешенный на пружине, колеблется в вязкой среде. Сила сопротивления среды пропорциональна скорости движения груза (коэффициент пропорциональности  $\mu = 0,15$  г/с). После  $n = 100$  колебаний амплитуда колебаний груза уменьшилась в  $\alpha = 10$  раз. Определить частоту колебаний  $\omega$  и определить добротность системы  $Q$ .

**Ответ:**  $\omega = \pi n \mu / (M \ln \alpha) \approx 2$  рад/с;  $Q = \pi n / \ln \alpha = 136$ .

21. (12.1) Каков будет период малых колебаний математического маятника длиной  $l$ , если маятник колеблется в вагоне, движущемся в горизонтальном направлении с ускорением  $a$ .

**Ответ:**  $T = \sqrt{l / \sqrt{g^2 + a^2}}$ .

22. Автомобиль движется со скоростью  $V = 120$  км/ч по дороге, проложенной по географической параллели. Найти отношение силы Кориолиса и силы тяжести, действующих на автомобиль.

**Ответ:**  $3 \cdot 10^{-3}$ .

23. (13.17) На вертикально расположенный резиновый жгут диаметром  $d_0$  насажено лёгкое стальное кольцо слегка меньшего диаметра  $d < d_0$ . Считая известным модуль Юнга  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$  для резины, определить, с каким усилием  $F$  нужно растягивать жгут, чтобы кольцо с него соскочило. В расчётах весом резинового жгута пренебречь.

**Ответ:**  $F = \frac{\pi E}{4\mu} d_0 (d_0 - d)$ .

24. Два стержня одинаковой длины – один сечения  $S$  из вещества с модулем Юнга  $E$ , другой сечения  $2S$  с модулем Юнга  $2E$  – растягиваются одинаковыми силами. Во сколько раз отличаются энергии их упругой деформации?

**Ответ:**  $W_1/W_2 = 4$ .

25. После термообработки стержня модуль Юнга материала, из которого изготовлен стержень, уменьшился в два раза. Как изменилась скорость звука в стержне?

**Ответ:** уменьшилась на 30%.

26. На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, в который налита вода до уровня  $H$  (относительно поверхности стола). На какой высоте  $h$  (относительно поверхности стола) надо сделать небольшое отверстие в боковой стенке сосуда, чтобы струя воды встречала поверхность стола на максимальном расстоянии от сосуда?

**Ответ:**  $h = \frac{1}{2}H$ .

27. Насос, перекачивающий в резервуар вязкую жидкость по горизонтальному цилиндрическому трубопроводу, обеспечивает фиксированное давление жидкости на входе трубы. Насколько следует увеличить диаметр трубопровода, чтобы расход перекачиваемой жидкости возрос в два раза?

**Ответ:** 19%.

28. (8.1). Космический корабль с постоянной скоростью  $v = 0,9c$  движется по направлению к центру Земли. Какое расстояние  $L$  в системе отсчёта, связанной с Землёй, пройдёт корабль за промежуток времени  $\tau = 7c$ , с, отсчитанный по корабельным часам? Вращение Земли и её орбитальное движение не учитывать.

**Ответ:**  $7,2 \cdot 10^6$  км.

29. Две частицы с одинаковыми скоростями  $v = 0,75c$  движутся по одной прямой и попадают в мишень с разницей во времени  $\tau = 10^{-8}$  с. Найти расстояние  $L_0$  между частицами в полёте в системе отсчёта, связанной с ними.

**Ответ:**  $L_0 = 3,4$  м.

**30.** С какой скоростью двигались часы относительно лабораторной системы, если за время 5 с (в лабораторной системе) отставание движущихся часов от часов лабораторной системы составило 0,1 с?

**Ответ:**  $\beta = 0,2$ .

**31.** Электрон начинает двигаться в однородном электрическом поле, напряжённость которого равна  $E_0 = 10$  кВ/см. Через какое время его кинетическая энергия станет равной энергии покоя электрона?

**Ответ:** 3 нс.

**32.** Неподвижная частица массы  $M$  распадается на две одинаковые частицы с массами  $m = 0,4M$  каждая. Найти скорость  $v$ , с которой движутся эти частицы.

**Ответ:**  $v = 0,6c$ .