

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
15 июня 2022 года

## ПРОГРАММА

по дисциплине: **Общая физика: механика**

по направлениям подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика»,  
16.03.01 «Техническая физика»  
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

физтех-школа: **для всех физтех-школ, кроме ФБВТ, ВШПИ**

кафедра: **общей физики**

курс: 1

семестр: 1

лекции – 30 часов

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

лабораторные занятия – 60 часов

Экзамен – 1 семестр

Диф. зачёт – 1 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 120

Самостоятельная работа:

теор. курс – 90 часов

физ. практикум – 75 часов

Программу и задание составили:

д.ф.-м.н., проф. А. В. Гавриков

к.ф.-м.н., доц. К. Л. Клименок

к.ф.-м.н., доц. П. В. Попов

к.ф.-м.н., доц. Д. И. Холин

к.ф.-м.н., доц. И. С. Юдин

Программа принята на заседании  
кафедры общей физики 22 апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н., профессор

А. В. Максимычев

## МЕХАНИКА

1. Предмет физики. Физические величины, единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы.

Кинематика материальной точки. Системы отсчёта и системы координат (декартова, полярная, сферическая). Радиус-вектор, линейные и угловые скорости и ускорения. Нормальное, тангенциальное и полное ускорения. Описание движения вдоль плоской кривой. Радиус кривизны траектории. Угловая скорость как вектор, сложение вращений.

2. Динамика материальной точки. Задание состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона. Импульс и сила. Инертная и гравитационная массы. Второй закон Ньютона. Уравнение движения частицы, роль начальных условий. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.

Движение тел с переменной массой, реактивное движение. Уравнение Мещерского, формула Циолковского.

3. Работа силы. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Понятие силового поля. Потенциальная энергия, потенциал поля. Кинетическая энергия частицы. Закон сохранения энергии в механике. Общефизический закон сохранения энергии.

Динамика системы частиц. Центр инерции (центр масс). Закон движения центра инерции. Система центра инерции. Преобразование энергии при смене системы отсчёта. Теорема Кёнига. Задача двух тел, приведённая масса. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов. Построение и использование векторных диаграмм. Пороговая энергия при неупругом столкновении частиц.

4. Момент импульса материальной точки. Связь момента импульса материальной точки с секториальной скоростью. Момент импульса системы материальных точек. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Движение тел в центральном поле.

5. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия в гравитационном поле. Законы Кеплера. Классификация траекторий в поле центральных гравитационных сил, финитные и инфинитные движения. Критерий финитного движения. Первая и вторая космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса и её применение для вычисления гравитационных полей.

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

Кинематика твёрдого тела. Теорема Эйлера. Мгновенная ось вращения. Независимость угловой скорости вращения твёрдого тела от положения оси, к которой отнесено вращение. Уравнение моментов относительно движущегося начала и движущейся оси. Условие равновесия твёрдого тела. Плоское движение твёрдого тела. Качение, скатывание тел с наклонной плоскости.

7. Общее вращение твёрдого тела. Понятие о тензоре инерции и эллипсоиде инерции. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции. Регулярная прецессия свободного вращающегося симметричного волчка. Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Уравнение движения гироскопа под действием сил (приближённая теория). Применения гироскопов.

8. Элементы специальной теории относительности. Принцип относительности. Независимость скорости распространения взаимодействий (скорости света) от системы отсчёта. Преобразования Галилея и Лоренца. Интервал и его инвариантность относительно смены системы отсчёта. Относительность понятия одновременности. Замедление времени, собственное время жизни частицы. Сокращение масштабов, собственная длина. Релятивистское сложение скоростей.

9. Релятивистская динамика. Импульс релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы под действием внешней силы. Кинетическая энергия релятивистской частицы, энергия покоя, полная энергия. Инвариантность массы системы. Инвариант энергии-импульса.

10. Гармонические колебания материальной точки. Пружинный и математический маятники. Частота, круговая частота и период колебаний. Роль начальных условий. Энергия колебаний, связь средней кинетической и средней потенциальной энергий гармонического осциллятора. Механические колебания твёрдых тел. Физический маятник. Приведённая длина, центр качания. Теорема Гюйгенса о физическом маятнике.

11. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Понятие о вынужденных колебаниях материальной точки под действием синусоидальной силы. Резонанс. Резонансные кривые (амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики осциллятора). Фазовая плоскость, фазовые траектории осциллятора. Суперпозиция колебаний: фигуры Лиссажу, биения. Параметрическая раскачка колебаний. Понятие об автоколебаниях.

12. Неинерциальные системы отсчёта. Относительное, переносное, кориолисово ускорения. Силы инерции: поступательная, центробежная, кориолисова. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчёта. Потенциальная энергия в поле центробежных сил. Вес тела, невесомость. Отклонение падающих тел от направления отвеса. Геофизические проявления кориолисовых сил. Маятник Фуко.

13. Элементы теории упругости. Нормальные и касательные напряжения. Упругие и пластические деформации. Растяжение и сжатие стержней. Коэффициент упругости, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Объёмная плотность энергии упругой деформации. Всестороннее и одностороннее растяжение и сжатие. Понятие о деформациях сдвига и кручения.

14. Волны. Распространение продольных упругих возмущений в среде. Скорость распространения звука в тонком стержне. Волновое уравнение (в одномерном случае). Длина волны, волновое число, фазовая скорость. Бегущие и стоячие волны. Отражение волн от свободной и жёстко закреплённой границы. Условие возникновения стоячих волн. Эффект

Доплера (классический и релятивистский).

15. Элементы гидродинамики. Гидростатика: закон Паскаля, сила Архимеда, уравнение равновесия жидкости. Идеальная жидкость. Линии тока, стационарное течение идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли.

Вязкость. Стационарное ламинарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе, формула Пуазейля. Законы физического подобия, безразмерные параметры. Понятие о гидродинамической турбулентности. Число Рейнольдса и его физический смысл. Эффект Магнуса. Подъёмная сила крыла.

### Литература

#### Основная

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 1. Механика. — Москва : Физматлит, 2003.
2. *Кириченко Н.А., Крымский К.М.* Общая физика. Механика: учебное пособие. — Москва : МФТИ, 2013.
3. *Кингсен А.С., Локшин Г.Р., Ольхов О.А.* Основы физики. Курс общей физики. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. — Москва : Физматлит, 2001.
4. Лабораторный практикум по общей физике. Т. 1. Механика / под ред. А.Д. Гладуна. — Москва : МФТИ, 2012.
5. Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 1 / под ред. В.А. Овчинкина. — Москва : Физматкнига, 2017.

#### Дополнительная

1. *Калашиников Н.П., Смондырев М.А.* Основы физики. — Москва : Лаборатория знаний, 2017.
2. *Стрелков С.П.* Механика — Москва : Лань, 2005.
3. *Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М.* Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. — Москва : Наука, 1969.
4. *Хайкин С.Э.* Физические основы механики. — Москва : Наука, 1971.
5. *Киттель Ч., Найт У., Рудерман М.* Механика. — Москва : Наука, 1983.
6. *Фейнман Р.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, 2. Москва : Мир, 1977.
7. *Корявов В.П.* Методы решения задач в общем курсе физики. Механика. — Москва : Студент, 2012.
8. *Гавриков А.В., Ворона Н.А.* Механические колебания. — Москва : МФТИ, 2011.
9. *Белонучкин В.Е.* Относительно относительности. — Москва: МФТИ, 2009.
10. *Булыгин В.С.* Физическая механика (кинематика, начала динамики). — Москва: МФТИ, 2019.
11. *Булыгин В.С.* Автоколебательный пружинный маятник. — Москва : МФТИ, 2018.
12. *Булыгин В.С.* Простая баллистика. — Москва : МФТИ, 2018.

## ЗАДАНИЕ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

для студентов 1-го курса  
на осенний семестр 2022/23 учебного года

Дата	№ нед	Темы семинарских занятий	Задачи		
			0	I	II
1–7 сент.	1	Основы кинематики.	1.2 01 02	1.12 1.3 1.13 1.17	1.5 1.11 1.21 1.24
8–14 сент.	2	Динамика материальной точки. Законы Ньютона.	03 2.1 2.5	2.17 2.68 2.43 2.57	2.18 2.51 2.71 2.59
15–21 сент.	3	Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Динамика систем.	04 4.10 05	3.11 3.43 4.55 4.25	3.41 3.60 4.13 4.54 T1
22–28 сент.	4	Работа и энергия. Законы сохранения	06 07 4.70	4.80 4.47 4.98 4.134	4.41 4.76 4.90 4.125 4.100
29 сент. – 5 окт.	5	Момент импульса. Движение в поле центральных сил. Тяготение.	08 7.1 09	6.8 7.61 7.85 7.189	6.9 7.11 T2 T3
6–12 окт.	6	Вращение твёрдых тел вокруг неподвижной оси.	010 011 012	9.1 9.8 9.90 9.131	9.105 9.126 9.121 9.95
13–19 окт.	7	Плоское движение твёрдого тела, качение.	013 014 015	9.76 9.79 9.115 9.163	6.15 9.71 9.89 9.187
20–26 окт.	8	Произвольное движение твёрдого тела. Гироскопы.	11.7 11.8	11.1 11.14 11.20 11.24	11.10 T5 T6
22 октября (суббота)		Общекурсовая контрольная работа (по 1–7 неделям)			

27 окт.– 2 нояб.	<b>9</b>	Разбор контрольной работы. Сдача 1-го задания (1-8 недели).			
3–9 нояб.	<b>10</b>	Кинематические эффекты теории относительности. Преобразования Лоренца.	<sup>0</sup> 16 <sup>0</sup> 17	8.4 8.79 8.30 8.77	8.7 8.98 8.89
10–16 нояб.	<b>11</b>	Релятивистские и нерелятивистские столкновения частиц. Динамика релятивистских частиц.	<sup>0</sup> 18 <sup>0</sup> 19	8.59 8.43 8.47 8.74	8.44 8.57 8.105 Т4
17–23 нояб.	<b>12</b>	Гармонические колебания. Колебания твёрдых тел.	<sup>0</sup> 20 <sup>0</sup> 21 10.3	5.22 5.43 10.47 10.84	5.49 10.78 10.43 10.53 10.34
24–30 нояб.	<b>13</b>	Неинерциальные системы отсчёта.	<sup>0</sup> 22 12.38 <sup>0</sup> 23	12.27 12.19 12.7 12.80	12.48 12.82 12.86 12.70
1–7 дек.	<b>14</b>	Элементы теории упругости.	<sup>0</sup> 24 <sup>0</sup> 25 13.18	13.7 13.16 13.41 13.39	13.36 13.49 13.35 13.42
8–14 дек.	<b>15</b>	Элементы гидродинамики.	<sup>0</sup> 26 <sup>0</sup> 27 <sup>0</sup> 28	14.17 14.11 14.27 14.24	14.42 14.21 14.46 14.29
15–21 дек.	<b>16</b>	Сдача 2-го задания (8-15 недели)			

### Примечания

Номера задач указаны по “Сборнику задач по общему курсу физики. Ч. 1. Механика, термодинамика и молекулярная физика” / под ред. В.А. Овчинкина (4-е изд.). — М.: Физматкнига, 2016.

Все задачи обязательны для сдачи задания, их решения должны быть представлены преподавателю на проверку. В каждой теме семинара задачи разбиты на 3 группы:

- 0** — задачи, которые студент должен решать заранее для подготовки к семинару;
- I** — задачи, рекомендованные для разбора на семинаре (преподаватель может разбирать на семинарах и другие равноценные задачи по своему выбору);
- II** — задачи для самостоятельного решения.

### Задачи 0 группы

**01.** Мяч посылается с начальной скоростью  $v_0 = 19,6$  м/с под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. В тот же момент навстречу мячу стартует игрок, находившийся на расстоянии  $\ell = 55$  м. С какой скоростью он должен бежать, чтобы успеть схватить мяч до удара о землю?

Ответ: 5,6 м/с.

**02.** Точка начинает двигаться по окружности с угловым ускорением  $\varepsilon = 1,7$  рад/с<sup>2</sup>. Найти угол между векторами ускорения и скорости точки через  $t = 1$  с.

Ответ:  $\alpha = 60^\circ$ .

**03.** Скорость некоторого тела при поступательном движении пропорциональна его координате:  $\dot{x} = x/\tau$ , где  $\tau = 10$  с. Найти координату и ускорение тела в момент времени  $t = \tau$ , если в начальный момент оно находилось в точке  $x_0 = 1$  м.

Ответ:  $x(\tau) \approx 2,72$  м,  $a(\tau) \approx 0,027$  м/с<sup>2</sup>.

**04.** Ракета массой  $M = 6$  т установлена для запуска по вертикали. При скорости истечения газов  $u = 3$  км/с найти расход топлива  $\mu$ , необходимый для того, чтобы обеспечить тягу, достаточную для придания ракете начального ускорения  $a = 2g$  вверх.

Ответ: 59 кг/с.

**05.** Тонкий однородный стержень раскрутили вокруг одного из концов. С какой силой действует стержень на ось вращения, если сила натяжения в его середине равна 12 Н?

Ответ: 16 Н.

**06.** Груз, висящий на лёгкой пружине жёсткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает её на  $\Delta x_0 = 2$  см. Какую работу надо затратить, чтобы утроить удлинение пружины ( $\Delta x_1 = 6$  см), прикладывая к грузу вертикальную силу?

Ответ: 0,32 Дж.

**07.** Потенциальная энергия взаимодействия двух неполярных молекул может быть приближённо описана формулой  $U(r) = U_0 \left[ \left(\frac{a}{r}\right)^{12} - \left(\frac{a}{r}\right)^6 \right]$  (потенциал Леннард-Джонса), где  $U_0 > 0$ ,  $a = 4$  нм,  $r$  — расстояние между молекулами. Найти расстояние  $r_0$ , при котором сила взаимодействия молекул равна нулю.

Ответ: 4,5 нм.

**08.** Над некоторой планетой запущен спутник связи, всё время находящийся над одной и той же её точкой. Во сколько раз радиус орбиты этого спутника  $R$  больше радиуса планеты  $R_0$ , если известно, что другой

спутник, обращающийся вокруг планеты на малой высоте, делает за время планетарных суток 17 полных оборотов?

Ответ:  $R \approx 6,6R_0$ .

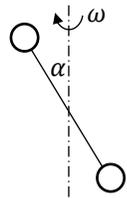
<sup>09</sup>. Найти период обращения двойной звезды, компоненты которой имеют массы  $M_\odot$  и  $2M_\odot$  ( $M_\odot$  — масса Солнца) и движутся по орбитам с нулевым эксцентриситетом на расстоянии 0,5 а.е. друг от друга.

Ответ:  $T \approx 2,5$  мес.

<sup>10</sup>. Вычислить момент инерции  $I$  однородного диска массы  $m$  и радиусом  $R$  относительно оси вращения, проходящей в плоскости диска по его диаметру.

Ответ:  $mr^2/4$ .

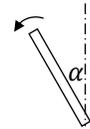
<sup>11</sup>. Два маленьких шарика массы  $m$  каждый, закреплённых на лёгкой штанге длины  $l$ , вращаются с угловой скоростью  $\omega$  вокруг фиксированной оси, проходящей через центр штанги (т.  $O$ ) под углом  $\alpha$  к ней. Найти направление и модуль вектора момента импульса системы относительно т.  $O$  в произвольный момент времени.



Ответ:  $|\vec{L}| = \frac{1}{2} m \omega l^2 \sin \alpha$ , перпендикулярно стержню в плоскости рисунка.

<sup>12</sup>. Высокая и тонкая фабричная труба треснула у основания и стала падать. Найти угловую скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$  как функции угла  $\alpha$  между трубой и вертикалью.

Ответ:  $\varepsilon = \frac{3g}{2l} \sin \alpha$ ,  $\omega = \sqrt{3 \frac{g}{l} (1 - \cos \alpha)}$ .



<sup>13</sup>. Найти ускорение центра тонкостенного мяча, скатывающегося без проскальзывания с плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту.

Ответ:  $a = \frac{3}{5} g \sin \alpha$ .

<sup>14</sup>. Шар и сплошной цилиндр, имеющие равные массы, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить отношение их кинетических энергий  $K_{ш} / K_{ц}$ .

Ответ:  $K_{ш} / K_{ц} = 14 / 15$ .

<sup>15</sup>. Мяч радиуса  $R$  и массы  $m$  раскручен до угловой скорости  $\omega$  и поставлен на горизонтальную шероховатую поверхность. С какой скоростью  $V$  будет двигаться мяч после прекращения проскальзывания?

Ответ:  $V = 2\omega R / 5$ .

**16.** Две частицы летят вдоль прямой со скоростью  $v = 0,99c$  относительно лабораторной системы. Неподвижный детектор регистрирует эти частицы с интервалом  $\Delta t = 10^{-4}$  с. Найти расстояние между частицами в их системе отсчёта.

Ответ:  $l \approx 2,1 \cdot 10^5$  м.

**17.** Две частицы, движущиеся на встречу друг другу с одинаковыми скоростями и находившиеся исходно на расстоянии  $L$  в лабораторной системе, столкнулись через время  $t = L/c$  по лабораторным часам. Найти их относительную скорость.

Ответ: 0,8с.

**18.** Найти скорость электрона, имеющего кинетическую энергию 1) 1 эВ, 2) 1 МэВ. Энергия покоя электрона  $m_e c^2 \approx 0,5$  МэВ.

Ответ: 1)  $6 \cdot 10^5$  м/с, 2)  $2,8 \cdot 10^8$  м/с.

**19.** Исходно покоящееся ядро цезия-137 испустило фотон с энергией  $E = 1$  МэВ. Найти скорость, которую приобрело ядро.

Ответ:  $v \approx \frac{c}{1,3 \cdot 10^5} \approx 2,3$  км/с.

**20.** На гладком столе лежат два груза массами  $m$  и  $2m$ , скреплённые двумя последовательно соединёнными пружинами с жёсткостями  $k$  и  $2k$ . Найти их период колебаний.

Ответ:  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ .

**21.** Однородный диск радиусом  $r = 10$  см подвешен на оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его край (см. зад. 10.6). Дыску сообщили из положения равновесия начальную угловую скорость

$\omega_0 = 0,8$  рад/с. Найти закон изменения угла отклонения маятника во времени, считая амплитуду колебаний малой.

Ответ:  $\varphi \approx 0,1 \sin 8t$ .

**22.** Математический маятник имеет длину  $L = 9,8$  см. Точка подвеса маятника колеблется вдоль оси, расположенной горизонтально, по гармоническому закону с циклической частотой  $\Omega = 11$  рад/с и амплитудой  $a = 1$  мм. Найти амплитуду  $A$  установившихся колебаний маятника. Трение считать малым.

*Указание:* перейти в систему отсчёта точки подвеса и рассмотреть силу инерции как вынуждающую гармоническую силу.

Ответ:  $A = \frac{a}{\Omega^2/g - 1} = 4,8$  мм.

**23.** Поезд движется со скоростью  $V = 144$  км/ч по закруглению радиуса  $R = 20$  км. К потолку вагона подвешен на нити небольшой груз. Оценить угол отклонения нити  $\Delta\alpha$  и относительное изменение натяжения нити  $\Delta T/T$  по сравнению со случаем, когда поезд покоится.

Ответ:  $\Delta\alpha \approx 8,2 \cdot 10^{-3}$  рад  $\approx 0,5^\circ$ ;  $\frac{\Delta T}{T} \approx \frac{\Delta\alpha^2}{2} = 3,3 \cdot 10^{-5}$ .

**024.** Два троса с сечениями  $S_1$  и  $S_2 = 2S_1$  и одинаковой длины имеют модули Юнга  $E_1$  и  $E_2 = 2E_1$ . Найти отношение плотностей энергии деформации при одинаковом весе подвешенного к ним груза.

Ответ:  $w_1/w_2 = 8$ .

**025.** Тонкий стержень, имеющий малый коэффициент Пуассона, сжали с торцов так, что его деформация составила  $\varepsilon = 10^{-2}$ . Каково относительное изменение скорости звука в стержне?

Ответ: уменьшилась на 0,5%.

**026.** На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, заполненный водой. В боковой стенке проделано малое отверстие площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup> на высоте  $h = 0,5$  м относительно поверхности стола. Найти реактивную силу, действующую на сосуд в момент, когда высота воды в нём равна  $H = 1$  м.

Ответ:  $\approx 1$  Н.

**027.** Зазор толщиной  $h = 0,1$  мм между двумя плоскими поверхностями заполнен маслом с вязкостью  $\eta \approx 10^{-1}$  Па  $\cdot$  с. Найти касательное напряжение, которое необходимо прикладывать к плоскостям для того, чтобы обеспечить их относительное движение со скоростью  $v = 10$  см/с.

Ответ:  $10^2$  Н/м<sup>2</sup>.

**028.** Оценить число Рейнольдса в водопроводной трубе диаметра  $d = 2$  см при расходе  $Q = 30$  л/мин. Вязкость холодной воды  $\eta = 1,5 \cdot 10^{-3}$  Па  $\cdot$  с. Будет ли такое течение ламинарным?

Ответ:  $10^4$ .

### Текстовые задачи

**T1.** (2018) К аэростату массой  $M = 150$  кг привязана верёвочная лестница длиной  $L = 40$  м, на нижнем конце которой находится человек массой  $m = 50$  кг. Исходно аэростат находится в равновесии и неподвижен. Человек начинает подниматься вверх с постоянной скоростью  $u = 0,2$  м/с относительно лестницы. Сила сопротивления воздуха, действующая на аэростат, пропорциональна его скорости  $F = -kV$ , где  $k = 1,0$  Н  $\cdot$  с/м. На какой высоте окажется человек, когда доберётся до конца лестницы? Действием сопротивления воздуха на человека пренебречь.

Ответ: 33,7 м.

**T2.** (2016) Космический аппарат движется по круговой орбите радиусом  $r_0 = 1,5 \cdot 10^8$  км вокруг Солнца вдали от других тел. За короткое время он получает приращение скорости  $\Delta v = 15$  км/с в направлении, перпендикулярном движению. Определить период  $T$  обращения аппарата по новой орбите.

Ответ: 560 сут.

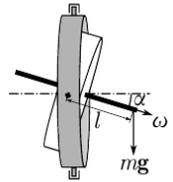
**Т3.** (2018) В 2017 году в Солнечной системе был обнаружен первый объект межзвёздного происхождения — астероид Оумуамуа. Когда астероид находился на расстоянии  $R = 1$  а.е. от Солнца, его полная скорость (относительно Солнца) была равна  $v = 50$  км/с, а её радиальная компонента (скорость удаления от Солнца)  $v_r = 40$  км/с. Найти расстояние  $r_p$  от астероида до центра Солнца и его скорость  $v_p$  при прохождении перигелия. Считать известной орбитальную скорость Земли:  $V = 30$  км/с (скорость спутника Солнца на круговой орбите на расстоянии 1 а.е.).

Ответ:  $r_p = 0,43$  а.е.,  $v_p = 70$  км/с.

**Т4.** Электрон начинает двигаться из состояния покоя в однородном электрическом поле. Сила, действующая на электрон, постоянна и равна  $F = 1,6 \cdot 10^{-13}$  Н. Какое расстояние пройдёт электрон к моменту, когда его кинетическая энергия станет равной его энергии покоя? Какое время при этом пройдёт по лабораторным часам?

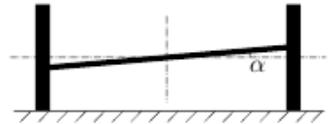
Ответ:  $l \approx 0,51$  м,  $\tau = \sqrt{3} \frac{l}{c} \approx 3$  нс.

**Т5.** (2019) К оси лабораторного гироскопа, закреплённого на кардановом подвесе в центре масс, подвешен груз массой  $m = 306$  г на расстоянии  $l = 120$  мм от центра. За один оборот регулярной прецессии исходно горизонтальная ось гироскопа опустилась на  $\Delta\alpha = 10^\circ$ . Определите величину момента силы трения в вертикальной оси крепления подвеса.



Ответ: 0,01 Н · м.

**Т6.** (2014) Ось железнодорожной колёсной пары, представляющая собой однородный тонкий стержень массы  $m = 200$  кг и длины  $l = 1,5$  м, приварена к колёсам под углом  $\alpha = 1^\circ$  к горизонту, как показано на рис. (колёса расположены вертикально и симметрично, центр масс стержня совпадает с серединой горизонтального отрезка, соединяющего центры колёс). Найти максимальную силу давления одного из колёс на землю при поступательном движении конструкции без проскальзывания по горизонтальной поверхности, когда угловая скорость равна  $\omega = 50$  рад/с. Суммарная масса конструкции равна  $m_0 = 1000$  кг.



Ответ:  $N_{max} \approx \frac{1}{12} m \omega^2 l \alpha + \frac{1}{2} m_0 g = 6 \cdot 10^3$  Н.