

Сборник задач по механике для курса лекций в КЛШ-2012.

Артём Абанов

2 июля 2012 г.

Аннотация

Здесь собраны примеры задач для использования на семинарских занятиях к курсу лекций в КЛШ-2012. В каждом разделе (занятии) задачи идут в порядке возрастания сложности.

Как проводить семинарские занятия.

- Начинать семинар с трéпа (2-3 минуты).
- Не решать задачи у доски!
- Школьников надо рассадить так, чтобы к любому можно было быстро подойти.
- Каждый школьник делает задачи индивидуально. Для этого к семинарскому занятию надо быть готовым. Идеально иметь кучу задач написанных на карточках или отдельных клочках бумаги.
- Ваша задача — подбирать каждому школьнику задачи чуть-чуть выше того уровня на котором ему/ей удобно и комфортно.
- Когда школьник решил задачу – i) похвалить, ii) проверить размерность, iii) проверить/обратить внимание на предельные случаи: можно ли ответ понять без вычислений?
- Если задача у школьника вызывает затруднение — похвалить и помочь коротким советом индивидуально.
- Если затруднения продолжают — похвалить, придумать подзадачу которая ему/ей по силам и сделать поправку на будущее.
- Если замечаете, что школьники устали рассказать коротко какую-нибудь байку, лучше в тему.
- Обращать внимание школьников на смысл их действий и смысл полученных ответов. У формул есть смысл!

РАСПИСАНИЕ.

1. Векторы

- Введение.
- Содержание курса.
- Время, пространство и углы. Их измерение. Масштабы.
- Координаты. Описание движения. Вектора. Компоненты вектора.
- Вектор как объект – изменение компонент при изменении системы координат.
- Сложение векторов. Скалярное умножение векторов. Векторное умножение векторов.

2. Скорости.

- Скорость. Ускорение.
- Простейшие виды движения: покой, равномерное прямолинейное движение,
- Равноускоренное движение, двумерное движение в поле тяжести.
- Движение с переменным ускорением
- Движение по кривой.
- Движение по окружности. Угловая скорость. Направление угловой скорости. Ускорение.

3. Динамика.

- Причины движения. Силы.
- Системы отсчета. Первый закон Ньютона.
- Сила и ускорение. Второй закон Ньютона.
- Принципиальное различие между первым и вторым законом Ньютона.
- Законы сил. Необходимость каталога сил. Сила реакции опоры, сила трения, упругая сила, натяжение и т.п.
- Третий закон Ньютона.
- Импульс. Закон сохранения импульса.
- Примеры решения задач на динамику.

4. Импульс, момент импульса.

- Второй закон Ньютона. Момент силы. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.
- Твердое тело. Описание вращения твердого тела.
- Момент импульса твердого тела. Момент инерции.
- Вычисление моментов инерции различных тел.

5. Движение твердого тела

- Движение твердого тела под действием сил. Волчок.
- Закон сохранения момента импульса твердого тела. Примеры. Гироскоп.
- Момент инерции как тензор.
- Устойчивость вращения твердого тела.

6. Энергия.

- Работа. Связь работы и энергии. Потенциальная энергия. Поле тяжести.
- Кинетическая энергия.
- Кинетическая энергия твердого тела.
- Работа по замкнутому пути. Потенциальные и непотенциальные силы.
- Сила трения как непотенциальная сила.
- Упругие и неупругие столкновения. Решение задач.

7. Обзор курса.

- Опущенные главы: колебания, устойчивость, системы с бесконечным числом степеней свободы.

Верна ли механика Ньютона?

- Большие скорости. Уравнения Максвелла. Скорость электромагнитных волн, закон сложения скоростей, релятивистская механика.
- Маленькие расстояния. Квантовая механика. Принцип наименьшего действия и принцип Ферма. Симметрии и законы сохранения. Волновая природа электрона. Интеграл по траекториям.
- Большие массы. Общая теория относительности. Искривление пространства-времени. Квантовая гравитация. Планковские длины и времена. Флуктуации геометрии пространства-времени.
- Системы с большим количеством частиц. "More is different".

Занятие 1. Векторы.

- Введение.
- Содержание курса.
- Время, пространство и углы. Их измерение. Масштабы.
- Координаты. Описание движения. Вектора. Компоненты вектора.
- Вектор как объект – изменение компонент при изменении системы координат.
- Сложение векторов. Скалярное умножение векторов. Векторное умножение векторов.

Задача 1.

Переводить углы из радиан в градусы и обратно.

Задача 2.

Длина арки образующей угол $\phi = 30, 45, 60, 90 \dots$ градусов.

Задача 3.

Синусы и косинусы углов в радианах.

Задача 4. *

Синус, косинус и тангенс малых углов $\phi \ll 1\text{rad}$.

Задача 5. *

Синус, косинус и тангенс углов близких к $\pi/2$ $|\pi/2 - \phi| \ll 1\text{rad}$.

Задача 6.

Упражнения на запись векторов в терминах координат a_x , a_y и a_z и в терминах координатных векторов \vec{i} , \vec{j} и \vec{k} .

Задача 7.

Упражнения на нахождение скалярного произведения двух векторов, длины вектора и угла между векторами. (Через координаты и/или используя координатные вектора.)

Задача 8.

Упражнения на векторное умножение двух векторов, используя координатные векторы.

Задача 9. *

Найти смешанное произведение трёх векторов $\vec{a} \cdot [\vec{b} \times \vec{c}]$ зная координаты этих векторов.

Задача 10. *

Геометрический смысл векторного произведения (площадь как вектор, ориентация...)

Задача 11. *

Геометрический смысл смешанного произведения.

Занятие 2. Скорости.

- Скорость. Ускорение.
- Простейшие виды движения: покой, равномерное прямолинейное движение,
- Равноускоренное движение, двумерное движение в поле тяжести.
- Движение с переменным ускорением
- Движение по кривой.
- Движение по окружности. Угловая скорость. Направление угловой скорости. Ускорение.

Задача 1.

За какое время пешеход пройдет путь длиной 20 км, если его средняя скорость 5 км/ч?

Задача 2.

Автобус идет из пункта A в пункт B со средней скоростью 40 км/ч и затем возвращается из B в A со средней скоростью 60 км/ч. Какова средняя скорость автобуса за все время движения? Какова средняя абсолютная скорость автобуса за все время движения?

Задача 3.

Автобус идет один час со скоростью 40 км/ч, а затем еще один час со скоростью 60 км/ч. Найти среднюю скорость движения автобуса.

Задача 4.

- Автобус идет время t_1 со скоростью v_1 , а затем время t_2 со скоростью v_2 . Найти его среднюю скорость.
- Автобус проходит путь L_1 со скоростью v_1 , а затем путь L_2 со скоростью v_2 . Найти его среднюю скорость.
- Показать, что решения двух предыдущих задач можно получить как частные случаи решений а) и б).

Задача 5. [1] Задача 1.1.1

Путь длиной 120 км автобус проходит за 2.5 часа. На пути тридцать одинаковых остановок. Между остановками автобус движется со скоростью 60 км/час. Определите продолжительность каждой остановки.

Задача 6. [1] Задача 1.1.2

Из двух населённых пунктов, расположенных на расстоянии l друг от друга, одновременно вышли на встречу друг другу два путника, – один со скоростью v , другой – u . Через какое время они встретятся?

Задача 7. [1] Задача 1.1.3

Через какое время автомобиль догонит велосипедиста, если велосипедист движется со скоростью 20 км/час, а автомобиль со скоростью 100 км/час, а расстояние между автомобилем и велосипедистом 40 км?

Задача 8. [1] Задача 1.1.4

Число автолюбителей, перегоняющих пешехода, в 1.2 раза меньше числа встречных автомобилей, хотя автомобили двигаются по трассе одинаково в обоих направлениях со скоростью 65 км/час. С какой скоростью движется пешеход?

Задача 9. [1] Задача 1.1.5

Колонна машин двигается после поворота со скоростью в K раз меньшей, чем до поворота. Во сколько раз изменилась длина колонны после поворота?

Задача 10. [2]

Скорость лодки в неподвижной воде равна 6 км/ч, а скорость течения реки 2 км/ч. На лодке совершили путешествие вниз по реке и обратно. Какова была средняя абсолютная величина скорости лодки в том путешествии?

Задача 11.

Автомобиль проходит 100км со скоростью 50км/ч, а затем еще 100км со скоростью 100км/ч. Какова средняя скорость автомобиля

- а. За первую половину пути.
- б. За вторую половину пути.
- с. За весь путь.

Задача 12. [2]

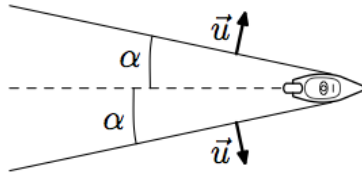
Скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна по абсолютной величине v . При какой скорости ветра самолёт слетает из пункта A в пункт B и обратно за минимальное время? Скорость ветра не меняется за время полёта.

Задача 13. [2]

Пловец переплывает реку по прямой и возвращается обратно, затратив на весь путь время 4 мин. Проплывая такое же расстояние вдоль берега реки и возвращаясь обратно, пловец затрачивает время 5 мин. Во сколько раз скорость пловца относительно воды превышает скорость течения реки?

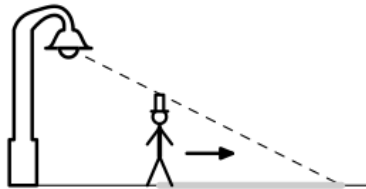
Задача 14. [1] Задача 1.1.15

Фронт волны от моторной лодки образует угол α с направлением её движения. Угол не меняется при движении лодки. Скорость волны u . Определите скорость лодки.



Задача 15. [1] Задача 1.1.17

Человек высоты h идёт от фонаря, подвешенного на высоте H , со скоростью u . С какой скоростью движется конец тени человека?



Задача 16. [1]

По прямому шоссе идет автобус. Вы можете бежать со скоростью в два раза меньшей, чем скорость автобуса. Вы заметили автобус в точке A . Из какой области около шоссе можно успеть на автобус?

Задача 17. [1] Задача 1.1.25

Со скоростью v навстречу друг другу ползут черепахи. В момент, когда расстояние между черепахи было L , с одной из них слетела муха и со скоростью u , $u > v$ полетела навстречу второй черепахе. Долетев до неё, развернулась, и с той же скоростью полетела назад к первой черепахе. Долетев до неё, развернулась, и полетела ко второй и т. д. Какой путь пролетела муха, прежде чем черепахи встретились?

Задача 18. * см. также [1] Задача 1.4.27

Четыре черепахи находятся в вершинах квадрата со стороной a . Они одновременно начинают двигаться с постоянной по величине скоростью V , причем первая черепаха все время держит путь на вторую, вторая на третью и т.д. по часовой стрелке. Какое расстояние проползут черепахи к моменту встречи?

Задача 19. *

Вам нужно выбежать из точки A , добежать до берега моря, зачерпнуть воды и с этой водой прибежать в точку B . По какой траектории нужно бежать чтобы сделать это за минимальное время? Берег моря считать прямым, точки A и B расположены произвольным образом.

Задача 20. *

Шарик влетает в угол α вдоль прямой параллельной одной из сторон угла на расстоянии h от этой стороны. На какое минимальное расстояние этот шарик приблизится к вершине угла?

Задача 21.

Повторить формулу $a = v^2/R$, её размерность и вывод.

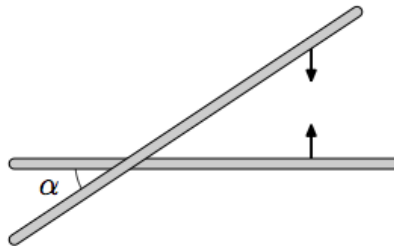
Задача 22.

Автомобиль ехал один час с постоянной скоростью 100км/ч, затем стоял два часа, а потом вернулся в исходную точку со скоростью 50км/ч.

- Нарисовать график $x(t)$.
- Какова средняя скорость автомобиля в интервалы времени $[0,1]$, $[0,2]$, $[0,3]$, $[0,4]$ и $[0,5]$ (время в часах)?

Задача 23.

Навстречу друг другу по плоскости со скоростью v движутся две длинные палки, расположенные так, как изображено на рисунке. С какой скоростью движется точка их пересечения?

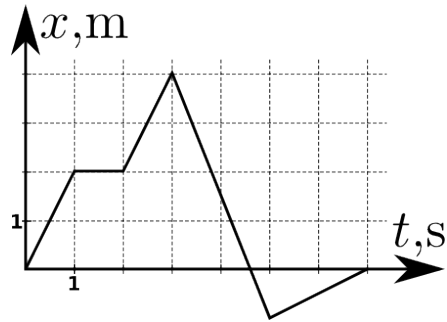


Задача 24. *

Две стенки образуют угол α . Под каким углом к одной из стенок должен влететь шарик, чтобы вылететь по траектории влёта после трёх ударов о стенки? после пяти ударов? после $2n + 1$ ударов? Движение шарика происходит в плоскости, перпендикулярной стенкам. При упругом ударе угол падения шара равен углу отражения.

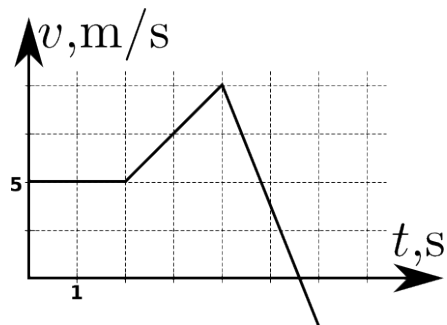
Задача 25.

Построить $v(t)$ по данному $x(t)$. Какова средняя скорость за первые 4 часа движения?



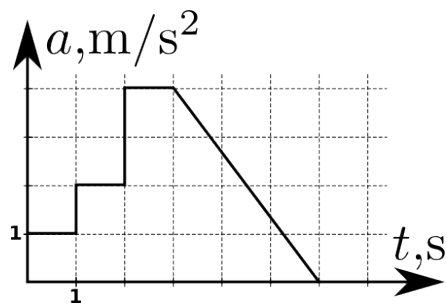
Задача 26.

Построить $a(t)$ по данному $v(t)$. Найти среднее ускорение за первые 3 часа движения?



Задача 27. *

Построить $v(t)$ и $x(t)$ по данному $a(t)$.



Задача 28.

Обсудить площадь под графиком $V(t)$ как способ “интегрирования”.

Задача 29.

Пользуясь графиком, вывести $x(t) = x_0 + v_0t$ для равномерного движения $v = v_0$. Вывести $v(t)$ и $a(t)$ для равноускоренного движения $a = a_0$.

Задача 30. *

Тело движется по закону $x = gt^2/2$. Найти мгновенную скорость тела, пользуясь ее определением.

Задача 31. *

Тело движется по закону $x = x_0 \sin(\omega t)$. Найти мгновенную скорость тела, пользуясь ее определением.

Задача 32.

Повторить свободное падение с ускорением $g = 9.8m/s^2$.

- Время падения с высоты h .
- Скорость удара о землю тела, падающего с высоты L .
- Время подъёма тела на высоту h (начальная скорость v_0).
- Максимальная высота подъёма тела.

Задача 33. [2]

Мячик падает на горизонтальную поверхность с высоты h без начальной скорости. Скорость мячика сразу после отскока от поверхности оказалась вдвое меньше его скорости непосредственно перед ударом. На какую максимальную высоту он поднимется?

Задача 34.

Рассмотреть свободное падение в общем (двумерном) случае как суперпозицию равномерного и равноускоренного движения.

Задача 35.

Снаряд выпущен с утеса с начальной скоростью $v_0 = 100m/s$ под углом 45 градусов к горизонту. Снаряд поднимается, а затем падает в море в точке P через 20 секунд. Найти:

- Максимальную высоту траектории снаряда (относительно утеса).
- Высоту утеса.
- Расстояние по горизонтали от утеса до точки P .

Задача 36.

При свободном падении средняя скорость тела за последнюю секунду падения вдвое больше, чем за предыдущую. С какой высоты падало тело?

Задача 37.

- a. Камень бросили вертикально вверх со скоростью 9.8 м/с . Через какое время камень вернётся?
- b. Первую половину пути сосулька летела 1 с . Сколько времени ей осталось лететь до земли? Ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}$.

Задача 38.

Если начальную скорость снаряда увеличить в 2 раза, во сколько раз возрастет дальность стрельбы?

Задача 39.

Тело подбрасывают вертикально вверх со скоростью v_0 . Трением воздуха пренебречь.

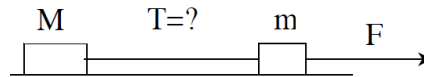
- a. Что больше, время подъёма или время падения тела?
- b. Чему равно ускорение тела во время подъёма и во время падения?
- c. Чему равна скорость тела в высшей точке траектории?
- d. Найти время подъёма тела.
- e. На какую максимальную высоту поднимется тело?

Занятие 3. Динамика.

- Причины движения. Силы.
- Системы отсчета. Первый закон Ньютона.
- Сила и ускорение. Второй закон Ньютона.
- Принципиальное различие между первым и вторым законом Ньютона.
- Законы сил. Необходимость каталога сил. Сила реакции опоры, сила трения, упругая сила, натяжение и т.п.
- Третий закон Ньютона.
- Импульс. Закон сохранения импульса.
- Примеры решения задач на динамику.

Задача 1.

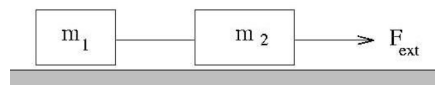
Два бруска массы m и M связаны лёгкой нерастяжимой верёвкой (см. Рисунок). К системе прикладывают постоянную силу F . Найти натяжение верёвки. Трением пренебречь.



Задача 2.

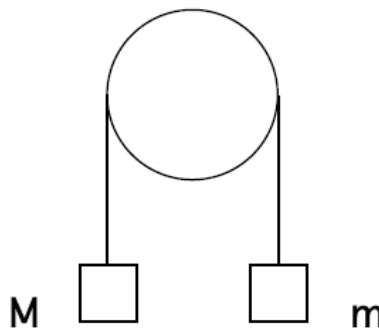
Две массы $m_1 = 10\text{кг}$ и $m_2 = 15\text{кг}$ связанные очень легкой веревкой скользят по горизонтальной поверхности, как показано на рисунке. Внешняя сила $F_{ext} = 25\text{N}$ приложена к массе m_2 .

- а. Найти ускорение системы.
- б. Какова сила натяжения веревки?



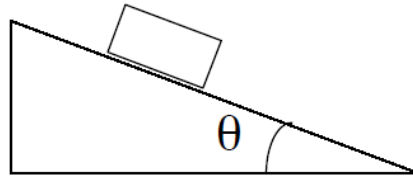
Задача 3.

Найти ускорение системы. Проверить ответ по размерности. Рассмотреть предельные случаи.



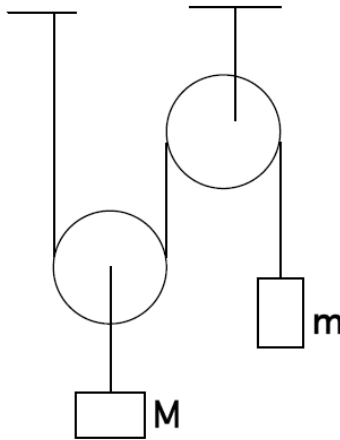
Задача 4.

Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость μ . При каком угле наклона θ_0 брусок начинает скользить вниз по наклонной плоскости? Найти ускорение a бруска для $\theta > \theta_0$.



Задача 5.

Найти ускорение системы и силу натяжения нити.



Задача 6.

Камень крутят на верёвке в горизонтальной плоскости со скоростью v . Найти натяжение верёвки.

Задача 7.

Период обращения колеса обозрения $T = 20$ с. Радиус колеса $R = 5$ м. Найти вес человека массой 70кг в верхней и в нижней точке.

Задача 8.

Найти наклон гоночной трассы θ необходимый для прохождения поворота радиуса кривизны R со скоростью v по скользкой дороге.

Задача 9.

Груз маятника движется со скоростью v_0 по кругу радиуса R в горизонтальной плоскости. Какой угол верёвка маятника составляет с вертикалью?

Занятие 4. Импульс, момент импульса.

- Второй закон Ньютона. Момент силы. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.
- Твёрдое тело. Описание вращения твёрдого тела.
- Момент импульса твёрдого тела. Момент инерции.
- Вычисление моментов инерции различных тел.

Задача 1.

Хоккеист массой 90кг налетает со скоростью 3м/с на покоящегося соперника массой 80кг. Найти скорость хоккеистов после соударения если в процессе удара они сцепляются намертво.

Задача 2.

Пуля массы $m = 9г$ летящая со скоростью 100м/с врезается в баллистический маятник (деревянный брусок) массы $m = 10кг$ и застревает в нём. Найти скорость бруска сразу после соударения.

Задача 3.

Змея массы M и длины L поднимает голову с постоянной скоростью v . Найти вес змеи.

Задача 4.

Легковая машина массы m едущая со скоростью v сталкивается на перекрёстке с грузовиком массы M едущим со скоростью V под углом 90 градусов по отношению к машине. Найти скорость машин после соударения, если они сцепились.

Задача 5.

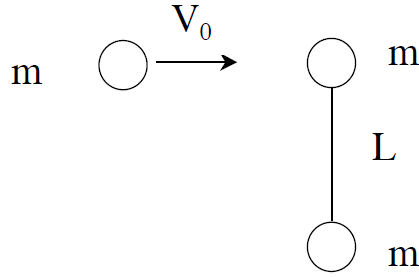
Задачи на закон сохранения момента импульса.

- Пуля попадает в цилиндр и застревает. С какой угловой скоростью цилиндр вращается?
- Цилиндр и тормоз, угловое ускорение.
- и т.д.

Задача 6.

Шайба массы m налетает со скоростью v_0 на гантелю длины L , лежащую на гладкой поверхности, и прилипает к ней (см. рисунок). Найти

- Скорость системы как целого после соударения.
- Угловую скорость вращения гантели после соударения.
- Механическую энергию потерянную в результате соударения.



Задача 7.

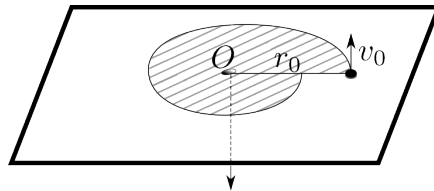
Найти силу как функцию времени с которой верёвка массы M и длины L давит на землю. Верёвка начинает падать на землю из вертикального положения.

Задача 8.

Оценить силу “воздействия” струи воды из пожарного брандсбойта.

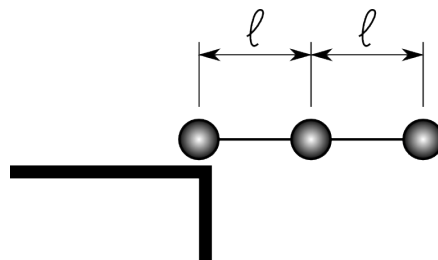
Задача 9.

Небольшое тело привязанное к нитке, продетой через отверстие O в гладком горизонтальном столе, движется равномерно со скоростью v_0 на расстоянии r_0 от отверстия. В момент времени t_0 нить начинают плавно протягивать через отверстие, и за время τ тело делает оборот, описав заштрихованную на рисунке фигуру. Найти её площадь. (Дополнительно. Показать, что если нить тянут медленно, то E/ω , где E — энергия, ω — частота вращения, остаётся постоянным.)



Задача 10. *

Расположенная горизонтально система из трёх одинаковых маленьких шариков, соединенных невесомыми жёсткими спицами длины l , падает с постоянной скоростью v_0 и ударяется левым шариком о массивный выступ с горизонтальной верхней поверхностью. Определить угловую скорость вращения системы ω сразу после удара, считая удар абсолютно упругим.



Задача 11.

Маленький астероид влетает со скоростью v в облако межзвездной пыли плотности ρ . Как зависят от времени масса и скорость астероида, если плотность планетной материи считать постоянной и равной ρ_0 .

Задача 12.

Вертолет массы M и радиусом пропеллера R висит в воздухе. Чему равна мощность развиваемая двигателем вертолѐта, если пропеллер отбрасывает воздух вниз со скоростью v ?

Задача 13.

Найти моменты инерции:

- a. Кольца.
- b. Палки.
- c. Палки относительно конца.
- d. Однородного диска.
- e. Однородной, сплошной сферы.
- f. Кольца относительно диаметра.

Задача 14.

Найти момент инерции “твёрдого тела” состоящего из восьми материальных точек массы m расположенных в вершинах куба относительно произвольной оси проходящей через центр этого куба.

Занятие 5. Движение твердого тела

- Движение твердого тела под действием сил. Волчок.
- Закон сохранения момента импульса твердого тела. Примеры. Гироскоп.
- Момент инерции как тензор.
- Устойчивость вращения твердого тела.

Задача 1.

Что нужно сделать, чтобы повернуть на мотоцикле на большой скорости?

Задача 2.

Однородное кольцо радиуса R и массы M вращается с большой угловой скоростью ω вокруг горизонтальной оси. Ось имеет одну точку опоры. Расстояние от точки опоры до центра масс l . Какова скорость прецессии кольца?

Задача 3.

Космический корабль начал разгон в направлении перпендикулярном оси волчка. Волчок вращается с большой скоростью ω вокруг своей оси. Масса волчка M , момент инерции I . Ось волчка закреплена в одной точке, расстояние от точки закрепления до центра масс l . За время ускорения ось волчка повернулась на угол θ . В каком направлении повернулась ось? На сколько увеличилась скорость космического корабля за время разгона?

Задача 4.

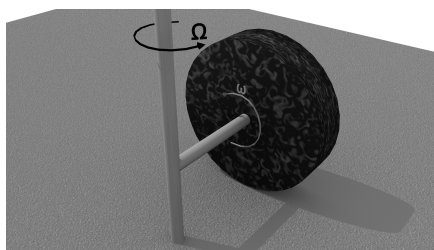
Волчок массы m с центром инерции посередине оси длины l вращается с угловой скоростью ω . Какова скорость прецессии волчка, если его момент инерции относительно оси вращения равен I ?

Задача 5.

Волчок массы m с центром инерции посередине оси длины l вращается с угловой скоростью ω . Момент инерции волчка относительно оси вращения равен I . Точка опоры волчка неподвижна и ось вращения составляет угол α с вертикалью. Под каким углом к вертикали направлена сила, с которой волчок действует на опору?

Задача 6.

У дисковой мельницы массивный цилиндрический бегун радиуса R и массы M , способный вращаться вокруг геометрической оси, приводится во вращение вокруг вертикальной оси с угловой скоростью Ω и катится по горизонтальной опорной плите. С какой силой бегун давит на плиту? (Бегун не проскальзывает.)



Задача 7.

Колесо, вращающееся вокруг горизонтальной оси, прецессирует вокруг точки опоры не опускаясь. Из опыта мы знаем, что оно в конце концов опустится. Можете ли вы объяснить, почему и как это происходит?

Занятие 6. Энергия.

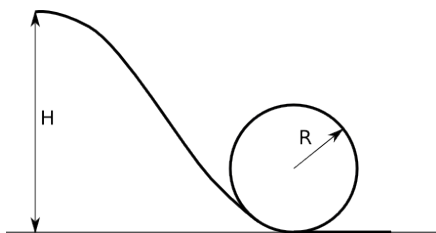
- Работа. Связь работы и энергии. Потенциальная энергия. Поле тяжести.
- Кинетическая энергия.
- Кинетическая энергия твердого тела.
- Работа по замкнутому пути. Потенциальные и непотенциальные силы.
- Сила трения как непотенциальная сила.
- Упругие и неупругие столкновения. Решение задач.

Задача 1.

Мальчик скатывается с ледяной горки высоты h и произвольной формы. Чему равна скорость мальчика в конце горки?

Задача 2.

Найти минимальную скорость необходимую для прохождения мертвой петли радиуса R . Найти минимальную высоту H с которой надо начать движение, чтобы не упасть.



Задача 3.

Два бильярдных шара сталкиваются друг с другом лоб в лоб с одинаковыми скоростями v . С какими скоростями они разлетятся? Столкновение считать абсолютно упругим.

Задача 4. *

Разобрать в деталях с предельными случаями упругое соударение двух тел масс m и M и скоростей v и V .

Задача 5.

Бильярдный шар налетает на такой же покоящийся бильярдный шар. Чему равен угол разлёта этих шаров?

Задача 6.

Какое максимальное количество тепла может выделиться при лобовом столкновении двух тел масс m и M , летящих навстречу друг другу со скоростями v и V ?

Задача 7.

Пуля массы $m = 9\text{г}$ летящая со скоростью 100м/с врезается в баллистический маятник (деревянный брусок) массы $m = 10\text{кг}$ и застревает в нём. На какую высоту поднимется маятник? Сколько механической энергии теряется в процессе столкновения бруска с пулей?

Задача 8.

Пружина жесткости k сжата на длину A и помещена между двух брусков массами m и M . Пружину отпускают. Найти скорости разлёта брусков.

Задача 9.

Груз массы m прикреплен к вертикально подвешенной пружине жёсткости k . Груз отпускают, когда пружина находится в нерастянутом состоянии. Найти:

- а. Амплитуду колебаний груза.
- б. Его максимальную скорость.

Задача 10.

Математический маятник отклоняют на угол θ и отпускают. Найти скорость маятника в нижней точке.

Задача 11.

Снаряд летящий со скоростью v разрывается на два равных осколка, которые разлетаются под прямым углом друг к другу. Скорость одного из осколков v_1 . Найти v_2 . Как изменилась механическая энергия во время взрыва?

Задача 12.

Найти силу притяжения (ускорение свободного падения) тела к центру Земли, если расстояние между телом и центром Земли $r < R$ (тело внутри туннеля).

Задача 13.

Найти скорость столкновения двух звёзд (параметры такие же как у Солнца $M = 1,95 \times 10^{30}\text{кг}$, $R = 7,0 \times 10^5\text{км}$), начальное расстояние между которыми велико.

Задача 14. *

Найти скорость столкновения трёх звёзд (параметры такие же как у Солнца $M = 1,95 \times 10^{30}\text{кг}$, $R = 7,0 \times 10^5\text{км}$), начальное расстояние между которыми велико. Звёзды находятся в вершинах равностороннего треугольника.

Список литературы

[1] О. Я. Савченко, Е. М. Балдин, *Сборник задач по физике*, 2003.

[2] Задачи из архива Красноярской Летней Школы. <http://www.klsh.org/КЛШ>.