

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра математики и физики

Физика (механика)

Методические указания для проведения практических занятий

Курган 2026

Кафедра: «Математики и физики»

Дисциплина: «Физика»

Составили: доцент Т. В. Дензанова,
старший преподаватель Л. Н. Никифорова,
старший преподаватель И. А. Пешкова.

Утверждены на заседании кафедры «31» августа 2026 г.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным советом университета «17» декабря 2025 г.

Занятие № 1

Тема: Кинематика материальной точки. Прямолинейное движение

Вопросы для подготовки

- 1 В чем заключаются координатный и векторный способы описания движения?
- 2 Что называется вектором перемещения точки Δr ?
- 3 Что называется средним и мгновенным вектором скорости точки? Как направлены эти вектора?
- 4 Что называется средним и мгновенным вектором ускорения точки)? Как они направлены?
- 5 Что определяет интеграл $\int_0^t v dt$?
- 6 Как связан вектор скорости $\dot{\mathbf{r}}$ со скоростями v_x, v_y, v_z ?
- 7 Как найти модули векторов скорости, ускорения?
- 8 Как связаны координатный и векторный способы описания движения?
- 9 В чем заключается закон преобразования вектора скорости $\dot{\mathbf{r}}$ при переходе от одной системы отсчета к другой? То же для вектора ускорения $\dot{\mathbf{a}}$.

Задачи

- 1 Точка прошла половину пути со скоростью v_0 . На оставшейся части пути она половину времени двигалась со скоростью v_1 , а последний участок прошла со скоростью v_2 . Найти среднюю за все время движения скорость точки.
- 2 Два пловца должны попасть из точки А на одном берегу реки в прямо противоположную точку В на другом берегу. Для этого один из них решил переплыть реку по прямой АВ, другой же – все время держать курс перпендикулярно течению, а расстояние, на которое его снесет, пройти пешком по берегу со скоростью u . При каком значении u оба пловца достигнут точки В за одинаковое время, если скорость течения $v_0 = 2$ км/ч и скорость каждого пловца относительно воды $v' = 2,5$ км/ч?
- 3 Движение материальной точки задано уравнениями: $x = 8t^2 + 4$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Определить модули скорости и ускорения точки в момент времени $t = 10$ с.
- 4 Скорость материальной точки, движущейся вдоль оси X, определяется уравнением $v_x = 0,2 - 0,1t$. Найти координату точки в момент времени $t = 10$ с, если в начальный момент времени она находилась в точке $x_0 = 1$.
- 5 Самолет для взлета должен иметь скорость 100 м/с. Определить время разбега и ускорение, если длина разбега 600 м; движение самолета при этом считать равноускоренным.

6 Определить начальную скорость, которую необходимо сообщить телу, брошенному вертикально вверх, чтобы оно вернулось обратно через $t = 6 \text{ с}$. Чему равна максимальная высота подъема? Сопротивление воздуха не учитывать.

Занятие № 2

Тема: Криволинейное движение

Вопросы для подготовки

- 1 Что характеризует тангенциальная составляющая ускорения? Каков ее модуль?
- 2 Что характеризует нормальная составляющая ускорения? Каков ее модуль?
- 3 Как направлен вектор скорости при криволинейном движении?
- 4 Как направлено полное ускорение при криволинейном движении?
- 5 Постройте траекторию движения тела, брошенного под углом к горизонту. На какие более простые движения можно разложить это движение?

Задачи

1 Нормальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом $r = 4 \text{ м}$, задается уравнением $a_n = A + Bt + Ct^2$. Определите: 1) тангенциальное ускорение точки; 2) путь, пройденный точкой за время $t_1 = 5 \text{ с}$ после начала движения; 3) полное ускорение для момента времени $t_1 = 1 \text{ с}$.

2 Точка движется в плоскости XY из положения с координатами $x_1 = y_1 = 0$ со скоростью $\vec{v} = a\vec{i} + b\vec{j}$. Определите: 1) уравнение траектории точки $y(x)$; 2) форму траектории.

3 Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3 \cdot \vec{i} + 3t^2 \cdot \vec{j}$. Определите для $t = 1 \text{ с}$: 1) модуль скорости; 2) модуль ускорения.

4 Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $r = 12,5 \text{ см}$ с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau = 0,5 \text{ см/с}^2$. Определите: 1) момент времени, при котором вектор ускорения $\vec{a}$ образует с вектором скорости $\vec{v}$ угол $\alpha = 45^\circ$; 2) путь, пройденный за это время движущейся точкой.

5 С вершины горы брошено тело в горизонтальном направлении со скоростью $19,6 \text{ м/с}$. Определить тангенциальное и нормальное ускорение тела спустя $2,0 \text{ с}$ после начала движения. Какой угол образует вектор полного ускорения с вектором скорости?

Занятие № 3

Тема: Динамика материальной точки. Основной закон динамики

Вопросы для подготовки

- 1 Какая система отсчета называется инерциальной? Сформулируйте первый закон Ньютона.
- 2 Что такое сила? Как ее можно охарактеризовать? Каковы следствия действия силы? Приведите примеры сил.
- 3 Сформулируйте второй закон Ньютона.
- 4 Сформулируйте третий закон Ньютона.
- 5 Сила трения. Ее виды.

Задачи

1 К нити подвешен груз массой $m = 500 \text{ г}$. Определите силу натяжения нити, если нить с грузом: 1) поднимать с ускорением 2 м/с^2 ; 2) опускать с ускорением 2 м/с^2 .

2 Два груза ($m_1 = 0,5 \text{ кг}$ и $m_2 = 0,7 \text{ кг}$) связаны невесомой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. К грузу m_1 приложена горизонтально направленная сила $F = 6 \text{ Н}$. Пренебрегая трением, определите: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити.

3 Два груза массами m_1 и m_2 , подвешены на нить, перекинутую через блок. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая трением в оси блока, определите: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити; 3) силу, действующую на ось блока.

4 На рис.1 изображена система блоков, к которым подвешены грузы массами $m_1 = 200 \text{ г}$ и $m_2 = 500 \text{ г}$. Считая, что груз m_1 поднимается, а подвижный блок m_2 опускается, нить и блоки невесомы, определите: 1) силу натяжения нити; 2) ускорения, с которым движутся грузы.

5 В установке на рис.2 $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$, $m_1 = 0,45 \text{ кг}$ и $m_2 = 0,5 \text{ кг}$. Нить и блок невесомы, $F_{\text{тр}} = 0$. Определите ускорение тел и силу натяжения нити.

6 На наклонную плоскость с углом наклона к горизонту $\alpha = 35^\circ$ положена доска массой $m_2 = 2 \text{ кг}$, а на доску – брусок массой $m_1 = 1 \text{ кг}$. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu_1 = 0,1$, а между доской и плоскостью $\mu_2 = 0,2$.

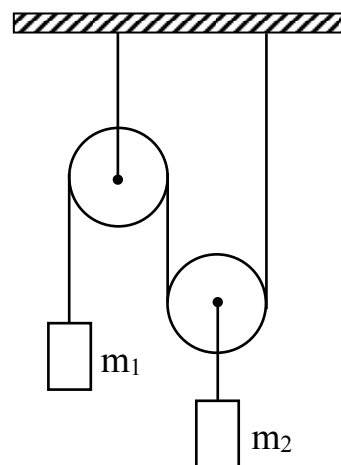


Рис. 1

Определите: 1) ускорения бруска, доски; 2) коэффициент трения μ_2 , при котором доска не будет двигаться.

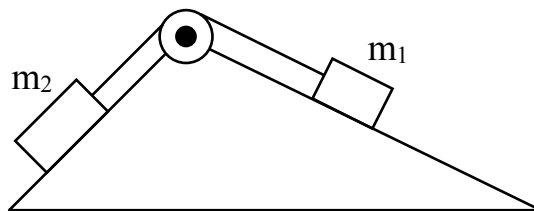


Рис. 2

Занятие № 4

Тема: Динамика материальной точки. Закон сохранения импульса системы материальных точек

Вопросы для подготовки

- 1 Что называется механической системой?
- 2 Какие системы являются замкнутыми?
- 3 В чем заключается закон сохранения импульса? В каких системах он выполняется?
- 4 Каким свойством пространства обуславливается справедливость закона сохранения импульса?
- 5 Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого?
- 6 Что называется центром масс системы материальных точек? Чему равен радиус-вектор и скорость центра масс?
- 7 Сформулируйте закон движения центра масс. Как движется центр масс замкнутой системы?

Задачи

1 При взрыве гранаты, летящей со скоростью 8 м/с , образовались два осколка. Осколок, масса которого составляла $0,3$ массы гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении со скоростью 30 м/с . Определить скорость второго осколка.

2 Платформа с песком общей массой $M = 2 \text{ т}$ стоит на рельсах на горизонтальном участке пути. В песок попадает снаряд массой $m = 8 \text{ кг}$ и застревает в нем. С какой скоростью будет двигаться платформа, если в момент попадания скорость снаряда $v = 450 \text{ м/с}$, а ее направление – сверху вниз под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту.

3 Две легкие тележки (массы соответственно m_1 и m_2) соединены между собой сжатой, связанной нитью пружиной. Пережигается нить, пружина распрямляется, и тележки разъезжаются в разные стороны. Считая коэффициент трения для обеих тележек одинаковым, определите: 1) отношение скоростей тележек; 2) отношение времен, в течение которых тележки остановились; 3) отношение путей, пройденных тележками.

4 Две одинаковые тележки массой M каждая движутся по инерции (без трения) друг за другом с одинаковой скоростью v_0 . В какой-то момент времени человек массой m , находящийся на задней тележке, прыгнул на переднюю тележку со скоростью u относительно своей тележки. Определите скорость v_1 передней тележки.

5 Шарик массой m , движущийся горизонтально, ударяется о поверхность призмы массой M так, что отскакивает вертикально вверх на высоту h . Считая удар абсолютно упругим, определить скорость, полученную призмой в результате удара.

6 Кувалда массой 20 кг поднята на высоту $h = 1,2$ м и свободно падает на наковальню. Какова средняя сила удара кувалды о наковальню, если удар неупругий, а продолжительность удара $0,005$ с?

Занятие № 5

Тема: Динамика материальной точки. Закон сохранения энергии системы материальных точек

Вопросы для подготовки

- 1 Дайте определения видов механической энергии.
- 2 Что такое консервативная сила? Диссипативная? Приведите примеры.
- 3 Какова связь между силой и потенциальной энергией?
- 4 В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?

Задачи

1 Небольшая тележка движется без трения по наклонному пути, в нижней точке которого установлена «мертвая петля» радиуса R . С какой высоты H должна начать движение тележка, чтобы пройти петлю, не сорвавшись?

2 Чашка пружинных весов весит $0,25$ Н, а упругость пружины составляет $15,3$ Н/м. Грузик массой $m_1 = 50$ г падает на чашку с высоты $h = 9,0$ см. Соуда-

рение абсолютно неупругое. На какое максимальное расстояние опустится грузик? Отсчет ведется от точки, из которой он начал падать.

3 Материальная точка покоится в верхней точке абсолютно гладкой сферы радиуса R , а затем начинает скользить вниз по поверхности сферы под действием силы тяжести. Какое расстояние (по дуге) пройдет она вниз от начальной точки прежде, чем оторвется от сферы?

4 Система на рис. 3 состоит из двух одинаковых кубиков, каждый массы m , между которыми находится сжатая невесомая пружина жесткости k . Кубики связаны нитью, которую в некоторый момент пережигают. При каких значениях V - начальном сжатии пружины – нижний кубик подскочит после пережигания нити?

5 Замкнутая система состоит из двух частиц с массами m_1 и m_2 , которые движутся под прямым углом друг к другу со скоростями v_1 и v_2 . Найти в системе их центра масс: а) импульс каждой частицы; б) суммарную кинетическую энергию обеих частиц.

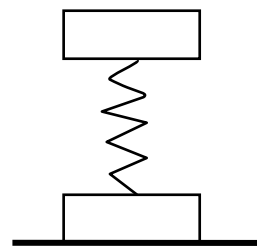


Рис. 3

Занятие № 6

Тема: Вращательное движение материальной точки

Вопросы для подготовки

- 1 Дайте определение угловой скорости, углового ускорения.
- 2 Какова связь между линейными (длина пути, линейная скорость, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение) и угловыми величинами (угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение)?

Задачи

1 Точка движется по окружности со скоростью $v = \alpha t$, где $\alpha = 0,5 \text{ м/с}^2$. Найти ее полное ускорение в момент, когда она пройдет $n = 0,1$ длины окружности после начала движения.

2 Точка движется, замедляясь, по окружности радиуса R так, что в каждый момент ее тангенциальное и нормальное ускорения одинаковы по модулю. В момент $t = 0$ скорость точки равна v_0 . Найти зависимость скорости точки от времени.

3 Частица движется по дуге окружности радиуса R по закону $l = A \sin \omega t$, где l - смещение из начального положения, отсчитываемое вдоль дуги. Найти

полное ускорение частицы в точках $l=0$ и $l=\pm A$, если $R=1\text{ м}$, $A=0,8\text{ м}$, $\omega=2\text{ с}^{-1}$.

4 Точка движется по плоскости так, что ее тангенциальное ускорение $a_\tau = \alpha$, а нормальное ускорение $a_n = \beta t^4$, где α и β - постоянные. В момент $t=0$ точка покоилась. Найти радиус кривизны R траектории точки и ее полное ускорение как функции пройденного пути S .

5 Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол φ его поворота зависит от времени как $\varphi = \beta t^2$, где $\beta = 0,2\text{ рад/с}^2$. Найти полное ускорение точки А на ободе колеса в момент $t = 2,5\text{ с}$, если скорость точки А в этот момент $v = 0,65\text{ м/с}$.

Занятие № 7

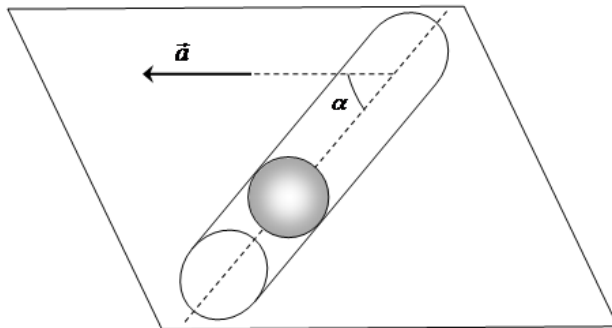
Тема: Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции

Вопросы для подготовки

- 1 Когда и почему необходимо рассматривать силы инерции? Чем силы инерции отличаются от сил, действующих в инерциальных системах отсчета?
- 2 Чему равна сила инерции при ускоренном поступательном движении системы отсчета?
- 3 Чему равна центробежная сила инерции?
- 4 Чему равна сила Кориолиса?
- 5 Запишите основной закон динамики для неинерциальных систем отсчета.

Задачи

1 С каким ускорением должна двигаться в горизонтальном направлении наклонная плоскость с углом наклона $\alpha = 30^\circ$, чтобы при отсутствии трения находящееся на ней тело не перемещалось относительно наклонной плоскости?



2 В горизонтально расположенной трубке, изображенной на рис. 4, находится шарик. Какой путь пройдет этот шарик за время $t = 1,0\text{ с}$, если трубка будет

двигаться в горизонтальном направлении с ускорением $a = 2,0 \text{ м/с}^2$, направленным под углом $\alpha = 45^\circ$ к трубке? Коэффициент трения скольжения между шариком и трубкой $\mu = 0,20$.

3 На горизонтально расположенном диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, на расстоянии $R = 8 \text{ см}$ от оси вращения лежит тело. Определить коэффициент трения между диском и телом, если при угловой скорости $\omega = 5 \text{ рад/с}$ тело начинает скользить по поверхности диска.

4 По горизонтальному участку дороги едет велосипедист, описывая дугу радиусом 10 м. Под каким углом к горизонту наклонен велосипедист, если его скорость 6,0 м/с?

5 Горизонтально расположенный стержень длиной $l_1 = 0,5 \text{ м}$ вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 2 \text{ рад/с}$ относительно вертикальной оси, проходящей через его середину. На стержень надеты две небольшие муфты, которые связаны нитью длиной $l_2 = 0,5 \text{ см}$ и расположены симметрично относительно оси вращения. С какой скоростью относительно стержня муфты подойдут к его концам, если нить пережечь? Трение не учитывать.

6 Тело находится у основания абсолютно гладкой полосы длиной 1 м, наклоненной под углом 20° к горизонтالي. Полоса начинает двигаться с горизонтальным ускорением $a = 4 \text{ м/с}^2$. За какое время тело достигнет верхнего края полосы?

Занятие № 8

Тема: Силы инерции. Сила Кориолиса

Задачи

1 В центре горизонтально расположенного диска радиусом $R = 2 \text{ м}$ установлена мишень, а на его краю – воздушный пистолет. При неподвижном диске шарик попадает в центр мишени. Если диск вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, с постоянной угловой скоростью $\omega = 0,5 \text{ рад/с}$, то шарик попадает в точку мишени, смещенную от ее центра на $S = 10 \text{ см}$. Определить скорость шарика.

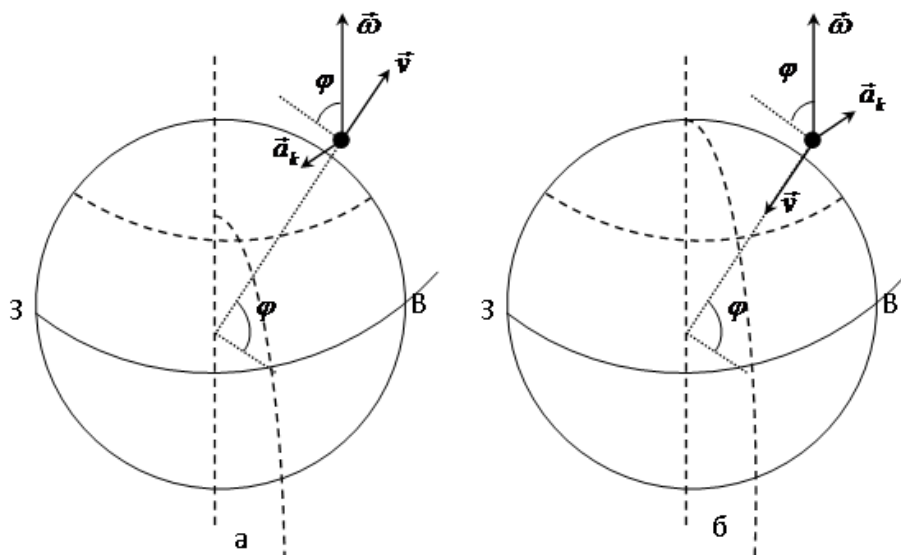
2 Электровоз массой $1 \cdot 10^5 \text{ кг}$ движется с севера на юг в северном полушарии по горизонтальному прямолинейному пути со скоростью 30 м/с на широте 60° . Определить горизонтальную составляющую силы, с которой электровоз давит на рельсы.

3 На географической широте $\varphi = 60^\circ$ тело свободно падает на Землю с высоты $h = 200 \text{ м}$. Определить отклонение тела под влиянием кориолисовой силы.

4 В точке, расположенной на широте 30° , из ружья произведен выстрел строго вертикально вверх. Через некоторое время пуля упала на Землю. Определить, на сколько сместилась упавшая пуля от точки выстрела, если ее начальная скорость

$v_0 = 200 \text{ м/с}$. Сопротивление воздуха не учитывать (см. рис. 5).

При движении вверх тело отклоняется на запад (рис. 5, а), при движении вниз тело отклоняется на восток (рис. 5, б).



5 В предыдущей задаче не учитывается, что пуля также отклоняется в направлении севера, так как тело имеет и горизонтальную составляющую скорости, вследствие чего появляется ускорение Кориолиса, направленное на север. Посчитайте отклонение упавшей пули к северу.

Занятие № 9

Тема: Динамика вращательного движения твердого тела

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое момент инерции тела? Какова роль момента инерции во вращательном движении?
- 2 Сформулируйте теорему Штейнера.
- 3 Что называется моментом силы относительно неподвижной точки? относительно неподвижной оси? Как определяется направление момента силы?
- 4 Сформулируйте основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси.
- 5 Какова формула для кинетической энергии тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?

Задачи

1 На барабан радиусом $R = 10\text{ см}$ намотана нить, к концу которой привязан груз массой $m = 0,5\text{ кг}$. Найти момент инерции барабана, если груз опускается с ускорением $a = 1\text{ м/с}^2$.

2 Через блок, масса которого $m = 100\text{ г}$, перекинута тонкая гибкая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массами $m_1 = 200\text{ г}$ и $m_2 = 300\text{ г}$. С каким ускорением будут двигаться грузы? Чему равно угловое ускорение блока, если его радиус $R = 10\text{ см}$? Трением пренебречь.

3 Шар скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30° . Какую скорость будет иметь центр шара относительно наклонной плоскости через $1,5\text{ с}$, если его начальная скорость была равна нулю?

4 Однородный шар массы $m = 5\text{ кг}$ скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Найти кинетическую энергию шара через $t = 1,6\text{ с}$ после начала движения.

5 С одного уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошные цилиндр и шар одинаковых масс и одинаковых радиусов. Определить: 1) отношение скоростей цилиндра и шара на данном уровне; 2) их отношение в данный момент времени.

Занятие № 10

Тема: Закон сохранения энергии. Закон сохранения момента импульса

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое момент импульса материальной точки? Твёрдого тела? Как определяется направление вектора момента импульса?
- 2 В чем заключается закон сохранения момента импульса? В каких системах он выполняется? Приведите примеры.

Задачи:

1 Какую работу нужно совершить, чтобы маховику в виде диска массой 100 кг и радиусом $0,4\text{ м}$ сообщить частоту вращения $n = 10\text{ об/с}$, если он находился в состоянии покоя?

2 Шарик, скатывающийся без скольжения по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$, ударяется о горизонтальную плоскость и после удара подсккивает на высоту $h = 12,5\text{ см}$. Пренебрегая трением и считая удар абсолютно упругим, определить путь S , пройденный шариком по наклонной плоскости.

3 На скамье Жуковского сидит человек и держит в вытянутых руках гири по 10 кг каждая. Расстояние от каждой гири до оси вращения скамьи $l_1 = 50\text{ см}$. Скамья вращается с частотой $n_1 = 1\text{ с}^{-1}$. Как изменится частота вращения скамьи и какую работу произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до $l_2 = 20\text{ см}$? Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно оси вращения $J_0 = 2,5\text{ кг}\times\text{м}^2$. Ось вращения проходит через центр масс человека и скамьи.

4 Тонкий стержень массы M и длины L лежит на горизонтальной абсолютно гладкой поверхности. Маленький кусок замазки такой же массы, обладающий скоростью v , которая направлена перпендикулярно стержню, ударяется об один конец стержня и прилипает к нему. 1) Какова скорость центра масс системы до и после столкновения? 2) Чему равна угловая скорость (относительно центра масс) после столкновения? 3) На сколько уменьшается кинетическая энергия системы при столкновении?

5 Вычислить кинетическую энергию диска массой 2 кг , катящегося без скольжения по горизонтальной поверхности с относительной скоростью 2 м/с .

Занятие № 11

Тема: Упругие силы

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое напряжение? Деформация?
- 2 Сформулируйте закон Гука. Когда он справедлив?
- 3 Каков физический смысл модуля Юнга?
- 4 Что такое коэффициент Пуассона?
- 5 Чему равно относительное изменение объема при продольной деформации?

Задачи

1 Резиновый шнур растянут так, что его длина увеличилась в 2 раза. Каков диаметр растянутого шнура, если до растяжения он был 1 см , а коэффициент Пуассона для резины $0,5$?

2 При какой длине подвешенная вертикально стальная проволока начинает рваться под действием собственного веса? Предел прочности стали $p_m = 0,69\text{ ГПа}$.

3 Два вагона массами $m = 2 \cdot 10^4 \text{ кг}$, двигающиеся навстречу друг другу со скоростями $v = 2 \text{ м/с}$, сталкиваются. Определить сжатие пружины буферов вагонов, если под действием силы $F = 40 \text{ кН}$ пружина сжимается на $x_0 = 1 \text{ см}$. Считать, что сжатие пружины пропорционально силе.

4 Какую нагрузку необходимо приложить к алюминиевому стержню, чтобы он при температуре 10°C имел ту же длину, что и при 0°C ? Площадь поперечного сечения стержня $S = 1,5 \text{ см}^2$. Модуль Юнга $E = 70 \text{ ГПа}$.

5 Какую силу необходимо развить при натяжении лука на $x = 0,2 \text{ м}$, если вся совершаемая работа идет на сообщение стреле кинетической энергии, а наибольшая дальность полета стрелы $S = 36 \text{ м}$? Масса стрелы $m = 50 \text{ г}$.

Занятие № 12

Тема: Гармонические колебания

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое гармонические колебания?
- 2 Амплитуда, период, фаза колебаний.
- 3 Как связаны период и циклическая частота колебаний?
- 4 Запишите дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Каково решение этого уравнения?
- 5 Чему равна циклическая частота колебаний пружинного маятника? Математического маятника?
- 6 Что такое физический маятник? Приведите примеры.

Задачи

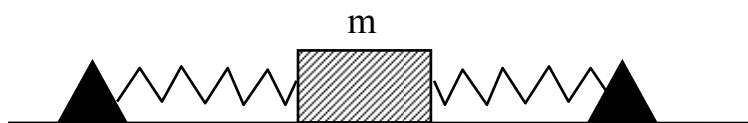


Рис. 6

- 1 Определить период малых продольных колебаний тела массы m в системе, изображенной на рис. 6, если жесткости пружинок равны k_1 и k_2 , а трение пренебрежимо мало. В положении равновесия можно считать, что пружинки не деформированы.

- 2 Найти период малых вертикальных колебаний тела массы m в системе на рис. 7. Жесткости пружинок k_1 и k_2 .

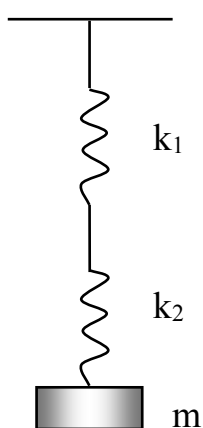


Рис. 7

- 3 Найти период малых колебаний стержня массы m длины l вокруг горизонтальной оси, проходящей через его верхний конец.

- 4 Физический маятник совершает малые колебания вокруг горизонтальной оси O с частотой $\omega_1 = 15 \text{ с}^{-1}$. Если в положении равновесия к нему прикрепить под осью O на расстоянии $l = 20 \text{ см}$ от нее небольшое тело массы $m = 50 \text{ г}$, то частота колебаний становится $\omega_2 = 10 \text{ с}^{-1}$. Найти момент инерции первоначального маятника относительно оси O .

- 5 Физический маятник установили так, что его центр тяжести оказался над точкой подвеса. Из этого положения маятник начал двигаться к положению устойчивого равновесия, которое он прошел с угловой скоростью ω . Найти период малых колебаний этого маятника.

Занятие № 13

Тема: Затухающие колебания

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое затухающие колебания? Приведите примеры.
- 2 Запишите дифференциальное уравнение затухающих колебаний и его решение.
- 3 Чему равны коэффициент затухания, частота затухающих колебаний? По какому закону изменяется амплитуда затухающих колебаний?
- 4 Что такое декремент затухания? Логарифмический декремент затухания?
- 5 Что такое добротность?

Задачи

- 1 Амплитуда затухающих колебаний маятника за $t_0 = 2 \text{ мин}$ уменьшилась в 2 раза. Определите коэффициент затухания.
- 2 Логарифмический декремент затухания маятника равен $0,01$. Определите число N полных колебаний маятника до уменьшения его амплитуды в 3 раза.
- 3 Математический маятник совершает колебания в среде, для которой логарифмический декремент затухания $\lambda_0 = 1,5$. Каким будет значение λ , если

сопротивление среды увеличить в $n = 2$ раза? Во сколько раз следует увеличить сопротивление среды, чтобы колебания стали невозможны?

4 Затухающие колебания точки происходят по закону $x = a_0 e^{-\beta t} \sin \omega t$. Найти моменты, когда точка достигает крайних положений.

5 К пружине подвесили грузик, и она растянулась на $\Delta x = 9,8 \text{ см}$. С каким периодом будет колебаться грузик в вертикальном направлении? Логарифмический декремент затухания $\lambda = 3,1$.

Занятие № 14

Тема: Вынужденные колебания

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое вынужденные колебания? Приведите примеры.
- 2 Запишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Что такое установившийся режим колебаний?
- 3 Чему равна частота, амплитуда, сдвиг фазы вынужденных колебаний?
- 4 Чему равна резонансная частота и резонансная амплитуда вынужденных колебаний?

Задачи

1 Осциллятор массы m движется по закону $x = a \sin \omega t$ под действием вынуждающей силы $F_x = F_0 \cos \omega t$. Найти коэффициент затухания β осциллятора.

2 Оценить, через сколько времени установятся колебания в системе с добротностью $Q = 10^6$, и собственной частотой $\omega_0 = 5000 \text{ с}^{-1}$ при резонансном воздействии на эту систему вынуждающей гармонической силы.

3 Шарик массы m может совершать незатухающие гармонические колебания около точки $x = 0$ с собственной частотой ω_0 . В момент $t = 0$, когда шарик находился в состоянии равновесия, к нему приложили вынуждающую силу $F_x = F_0 \cos \omega t$, совпадающую по направлению с осью x . Найти закон вынужденных колебаний шарика $x(t)$.

4 Найти добротность осциллятора, у которого отношение резонансной частоты $\omega_{\text{рез}}$ к частоте затухающих колебаний ω равно $\eta = 0,97$.

5 Под действием внешней вертикальной силы $F_x = F_0 \cos \omega t$ тело, подвешенное на пружинке, совершает установившиеся вынужденные колебания по закону $x = a \cos(\omega t - \varphi)$. Найти работу силы F за период колебания.

Занятие № 15

Тема: Волны

Вопросы для подготовки

- 1 Что такое волны?
- 2 Что называется поперечной, продольной волной? В каких средах они могут распространяться?
- 3 Что называется длиной волны? Какова связь между длиной волны, скоростью и периодом?
- 4 Запишите уравнение плоской волны. Что такое фаза волны?
- 5 Что называется стоячими волнами? Чем стоячая волна отличается от бегущей?

Задачи

1 Две точки лежат на луче и находятся от источника колебаний на расстоянии $x_1 = 4 \text{ м}$ и $x_2 = 7 \text{ м}$. Период колебаний $T = 20 \text{ мс}$ и скорость распространения волны равна 300 м/с . Определите разность фаз колебаний этих точек.

2 Волна распространяется в упругой среде со скоростью $v = 150 \text{ м/с}$. Определите частоту ν колебаний, если минимальное расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно $0,75 \text{ м}$.

3 Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура со скоростью $v = 10 \text{ м/с}$. Амплитуда колебаний точек шнура $A = 5 \text{ см}$, а период колебаний $T = 1 \text{ с}$. Запишите уравнение волны и определите: 1) длину волны; 2) фазу колебаний, смещение, скорость и ускорение точки, расположенной на расстоянии $x_1 = 9 \text{ м}$ от источника колебаний в момент времени $t_1 = 2,5 \text{ с}$.

4 Один конец упругого стержня соединен с источником гармонических колебаний, подчиняющихся закону $\xi = A \cos \omega t$, а другой его конец жестко закреплен. Учитывая, что отражение в месте закрепления стержня происходит от менее плотной среды, определите характер колебаний в любой точке стержня.

5 Труба, длина которой $l = 1 \text{ м}$, заполнена воздухом и открыта с одного конца. Принимая скорость звука $v = 340 \text{ м/с}$, определите, при какой наименьшей частоте в трубе будет возникать стоячая звуковая волна.

Занятие № 16

Тема: Акустика

Вопросы для подготовки

- 1 Что называется звуковыми (акустическими) волнами?
- 2 Чему равна скорость распространения продольных волн в тонких стрижнях? Поперечных?
- 3 Чему равна скорость распространения продольных волн в неограниченных средах?
- 4 Что называется интенсивностью звука? В чем она измеряется?
- 5 Чему равна громкость звука? В чем она измеряется?

Задачи

- 1 Найти скорость распространения ультразвука в железе ($E = 20 \text{ ГПа}$, $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$).
- 2 Определить скорость распространения поперечных волн в меди ($G = 12 \text{ ГПа}$, $\rho = 8900 \text{ кг/м}^3$).
- 3 Определить скорость звука в воде ($k = 1,98 \text{ ГПа}$).
- 4 Определить натяжение стальной струны длиной $0,5 \text{ м}$ и диаметром $0,2 \text{ мм}$, если известно, что она настроена в унисон с камертоном, частота которого 430 Гц .
- 5 Чему равна скорость распространения звуковой волны в медной проволоке длиной 10 м , которая натянута силой 200 Н ? Масса проволоки 50 г .
- 6 Уровень громкости самолета на расстоянии 5 м равен 120 дБ , а тихого разговора на том же расстоянии - 40 дБ . Определить отношение интенсивностей и абсолютные значения интенсивностей этих звуков.
- 7 На сколько дБ отличаются звуки, соответствующие порогу слышимости ($I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$) и порогу болевых ощущений ($I = 10^2 \text{ Вт/м}^2$)?
- 8 Плоская звуковая волна распространяется вдоль оси X . Коэффициент затухания волны $\gamma = 0,0280 \text{ м}^{-1}$. В точке $x = 0$ уровень громкости $L = 60 \text{ дБ}$. Найти: а) уровень громкости в точке с координатой $x = 50 \text{ м}$; б) координату точки, в которой звук уже не слышен.

Занятие № 17

Тема: Специальная теория относительности

Вопросы для подготовки

- 1 В чем заключаются основные постулаты специальной теории относительности?
- 2 Запишите преобразования Лоренца.
- 3 Длительность событий и длина тел в разных системах отсчета.
- 4 Запишите релятивистский закон сложения скоростей.
- 5 Сформулируйте основной закон релятивистской динамики.
- 6 Как связаны полная энергия и импульс частицы?

Задачи:

1 В лабораторной системе отсчета в точках с координатами x_1 и $x_2 = x_1 + l_0$ одновременно происходят события 1 и 2, причем $l_0 = 1,4 \text{ км}$. Определите: 1) расстояние l' , фиксируемое наблюдателем в системе отсчета, связанной с ракетой, которая движется со скоростью $v = 0,6c$ в отрицательном направлении оси x ; 2) время между этими событиями, фиксируемое наблюдателем в системе отсчета, связанной с ракетой.

2 Определите, во сколько раз увеличивается время жизни нестабильной частицы (по часам неподвижного наблюдателя), если она начинает двигаться со скоростью $0,9c$.

3 В системе K' покоится стержень (собственная длина $l_0 = 1,5 \text{ м}$), ориентированный под углом $\alpha' = 30^\circ$ к оси Ox' . Система K' движется относительно системы K со скоростью $v = 0,6c$. Определите в системе K : 1) длину стержня; 2) соответствующий угол α .

4 Две релятивистские частицы движутся под прямым углом друг к другу в лабораторной системе отсчета, причем одна со скоростью v_1 , а другая со скоростью v_2 . Найти их относительную скорость.

5 Частица массы m в момент времени $t = 0$ начинает двигаться под действием постоянной силы F . Найти скорость частицы и пройденный ею путь в зависимости от времени t .

Дензанова Татьяна Викторовна
Никифорова Лидия Николаевна
Пешкова Ирина Александровна

Физика (механика)
Методические указания для проведения практических занятий

Редактор Н. М. Быкова

Подписано в печать 01.10.26	Формат 60x84 1/16	Бумага 80г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,25	Уч.-изд. л. 1,25
Заказ 46	Тираж 13	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет