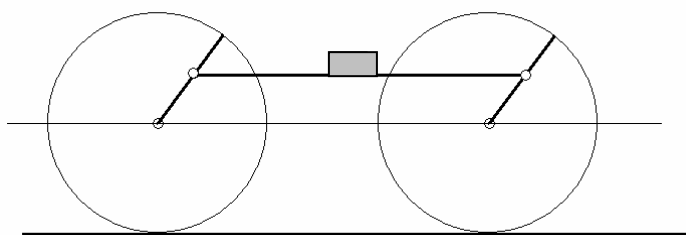


Задачи по физике (1 семестр)

1. Вниз по течению реки катер проходит расстояние от одного пункта до другого за 5 часов, а вверх по течению – за 7 часов. Сколько времени потребуется плотам для преодоления этого расстояния?
2. Скорость катера в неподвижной воде $v = 3$ м/с. Скорость течения реки V на всем протяжении и по всей ширине между ее прямыми параллельными берегами одинакова и составляет 4 м/с. Под каким углом к берегу следует направлять нос катера при переправе, чтобы течение снесло катер как можно меньше? Как при этом будет направлен нос катера по отношению к траектории?
3. Человек находится в поле на расстоянии l от прямолинейного участка шоссе. Слева от себя он замечает движущийся по шоссе автомобиль. В каком направлении следует бежать к шоссе, чтобы оказаться там впереди автомобиля и как можно дальше от него? Скорость автомобиля V , скорость человека $v < V$. При каких условиях человек сможет опередить автомобиль?
4. Лодку подтягивают к берегу с помощью троса, который наматывается на барабан лебедки, установленной на высоком берегу. Наматываемый трос выбирается с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. С какой скоростью движется лодка в тот момент, когда трос образует угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом?
5. Лодка пересекает реку с постоянной относительно воды скоростью v , направленной перпендикулярно берегам. Предположим, что скорость течения реки равна нулю у берегов и линейно возрастает до максимального значения u по мере приближения к середине реки. Ширина реки равна d . Найдите траекторию лодки. На какое расстояние снесет лодку вниз по течению? Ответьте на те же вопросы, приняв, что скорость течения характеризуется параболическим профилем с максимальным значением u на середине реки и равна нулю у берегов.
6. На какую максимальную высоту над поверхностью Земли поднимется тело, если на поверхности сообщить ему вертикальную начальную скорость $v_0 = 7.9$ м/с? Ответьте на тот же вопрос при $v_0 = 7.9$ км/с.
7. Орудие должно поразить цель, расположенную относительно начальной точки на расстоянии l (по горизонтали) и на высоте h . При какой минимальной начальной скорости снаряда это возможно?
8. Найти границу, за пределами которой в пространстве находятся цели, которые невозможно поразить из орудия, сообщаящего снаряду начальную скорость v_0 . Получите уравнение этой границы, приняв за начало координат точку, в которой находится орудие.
9. Между целью и минометом, находящимися на одной горизонтали, расположена стена высотой h . Расстояние от миномета до стены равно a , расстояние от стены до цели b . Рассчитайте минимальную начальную скорость мины, необходимую для поражения цели. Под каким углом при этом следует стрелять?

10. На какое максимальное расстояние можно бросить теннисный мяч в спортивном зале высотой h ? Начальная скорость мяча v_0 . Высота начальной точки много меньше h .
11. Мортира ведет стрельбу ядрами по наступающему неприятелю из-за крепостной стены высотой $h = 30$ м. Начальная скорость ядра $v_0 = 60$ м/с. На каком максимальном расстоянии S от стены находятся цели, которых могут достичь ядра mortирь? Сопротивлением воздуха пренебречь.
12. При какой минимальной начальной скорости можно перебросить с земли камень через прямоугольное здание, высота которого h , а длина (толщина) – l ? При какой минимальной начальной скорости можно перебросить камень через лежащую на земле цилиндрическую цистерну радиуса R ?
13. Небольшой шарик массы m подвешен на гибкой нерастяжимой нити длиной l . Шарик сообщают горизонтальную начальную скорость v_0 , достаточную для того, чтобы он совершал полные перевороты (двигался по окружности в вертикальной плоскости). Какой будет сила натяжения нити в нижней точке и в точках, где нить образует с вертикалью углы 60, 90 и 120 градусов? При какой минимальной начальной скорости $v_{0\min}$ такое движение возможно?
14. Когда катер набирает скорость v_0 , двигатель выключают. Как будет убывать со временем скорость катера при дальнейшем движении, если сопротивление воды можно считать пропорциональным скорости катера? Как скорость катера зависит от пройденного им расстояния? Как долго будет продолжаться движение? Какое расстояние пройдет катер до полной остановки? Ответьте на те же вопросы в предположении, что сила сопротивления воды пропорциональна квадрату скорости.
15. Одноступенчатая ракета со стартовой массой m_0 поднимается вертикально вверх в поле тяжести Земли. Скорость газовой струи относительно ракеты равна u . Секундный расход массы $\mu = -dm/dt$ постоянен. Найдите зависимость скорости ракеты от времени $v(t)$, пренебрегая сопротивлением воздуха и изменением ускорения свободного падения с высотой.
16. Монета находится на горизонтальной подставке, которая совершает (относительно лаборатории) поступательное движение по окружности радиуса R с угловой скоростью ω . Каким будет установившееся движение монеты (относительно лаборатории и относительно подставки), если между ней и подставкой действует сила вязкого трения? Сила сухого трения?
17. Под каким углом α нужно тянуть за веревку тяжелый ящик, чтобы передвигать его волоком по шероховатой горизонтальной поверхности с минимальным усилием? Коэффициент трения равен μ .
18. Тонкий гладкий карандаш длины l помещен в чашку с полусферической гладкой внутренней поверхностью радиуса R . Какой угол с горизонтом образует карандаш в положении равновесия?
19. Колесо радиуса R катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. Получите уравнение траектории точки обода колеса (уравнение циклоиды) в параметрической форме, выражая текущие координаты точки как функции угла поворота диаметра колеса. Чему равен радиус кривизны циклоиды в ее вершине?

20. Колесо радиуса R катится без проскальзывания равномерно со скоростью v . Чему равны скорости и ускорения точек обода, лежащих на противоположных концах вертикального диаметра? Горизонтального диаметра?
21. На какую максимальную высоту поднимаются капли воды, срывающиеся с мокрого велосипедного колеса радиуса R при скорости велосипеда v ?
22. Ведущие колеса паровоза соединены реечной передачей, одно звено которой представляет собой плоскую горизонтальную штангу, шарнирно прикрепленную к спицам соседних колес на расстоянии от оси, равном половине радиуса колеса R (см. рисунок). При осмотре паровоза механик поставил на эту штангу ящик с инструментами и по рассеянности забыл его там. При какой скорости паровоза ящик начнет проскальзывать относительно штанги? В каком направлении он сместится сначала – вперед или назад? Коэффициент трения между ящиком и штангой равен μ .



23. Найдите траекторию заряженной частицы в скрещенных (направленных взаимно перпендикулярно) однородных постоянных магнитном и электрическом полях. Начальная скорость частицы равна нулю.
24. На вершине полусферического купола радиуса R лежит небольшое тело, которое может скользить по поверхности купола без трения. Телу сообщают начальную скорость v_0 в горизонтальном направлении. В какой точке купола шайба оторвется от его поверхности?
25. Два одинаковых маленьких шарика, связанные нерастяжимой нитью длины l , лежат на гладкой горизонтальной поверхности. Одному из шариков сообщают скорость v_0 , направленную вертикально вверх. Какой должна быть начальная скорость v_0 , чтобы нить при движении шариков все время оставалась натянутой, а нижний шарик не отрывался от поверхности?
26. Из начала координат системы K вдоль оси x посылают короткие световые сигналы через одинаковые промежутки времени τ_0 (по часам системы K). Найти промежуток времени T между двумя последовательными сигналами, регистрируемыми наблюдателем, находящимся в начале координат системы K' , движущейся относительно K со скоростью v вдоль оси x . Рассмотреть случаи сближения и удаления наблюдателя и источника. Перейдя от промежутков времени к частотам, получить релятивистские формулы для продольного эффекта Доплера.
27. Для наблюдателя в системе отсчета K две частицы движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями, равными $\frac{3}{4}c$. С какой скоростью сближаются частицы? Чему равна относительная скорость этих частиц?

28. Допустим, что в инерциальной системе отсчета K луч света в вакууме распространяется вдоль оси y . Найдите угол, который образует этот луч с осью y' для наблюдателя в системе отсчета K' , движущейся относительно K с постоянной скоростью v вдоль оси x (угол аберрации).
29. В верхних слоях атмосферы из космических лучей рождается μ -мезон, движущийся со скоростью $v = 0.990 c$. До распада он успевает пролететь расстояние $l = 5.00$ км. Чему равно время жизни μ -мезона в нашей системе отсчета и в системе отсчета, где мезон покоится? Чему равна толщина слоя атмосферы, пройденного μ -мезоном, в системе отсчета, связанной с самим мезоном?
30. Укажите условия, при которых два точечных события, характеризуемые моментами времени t_1 и t_2 и соответственно координатами x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 в системе отсчета K , могут быть одновременными с точки зрения наблюдателя в некоторой другой системе отсчета K' . При каких условиях может существовать система отсчета K' , в которой эти события происходят в одной и той же точке пространства?
31. Обращающийся по низкой круговой орбите спутник непрерывно испытывает действие очень малой силы сопротивления разреженных верхних слоев атмосферы. После большого числа витков радиус орбиты уменьшился на 0.2%. На сколько процентов изменилась за это время скорость спутника? На сколько процентов изменился период его обращения? Каждый отдельный виток траектории спутника можно с высокой точностью считать круговым.
32. В 1986 году наблюдалось седьмое появление кометы Галлея, считая с 1456 года. Во время ее прохождения через перигей в 1910 году было измерено расстояние между кометой и Солнцем, оказавшееся равным 0.60 а. е. На какое максимальное расстояние удаляется комета от Солнца? Чему равно отношение ее скоростей в перигее и апогее?
33. Минимальная скорость, которую нужно сообщить телу вблизи поверхности Земли (за пределами атмосферы) для того, чтобы оно навсегда покинуло Землю (скорость освобождения, или вторая космическая скорость), составляет 11.2 км/с. С какой скоростью будет двигаться межпланетный космический корабль на очень большом расстоянии от Земли, если вблизи Земли ракетный двигатель разогнал его до скорости 12.2 км/с?
34. Сколько времени будет падать на Солнце тело с расстояния, равного радиусу земной орбиты (без начальной скорости)? Сколько времени потребуется для прохождения первой половины этого расстояния?
35. Баллистический снаряд получает на поверхности Земли направленную вертикально вверх начальную скорость, равную первой космической скорости. На какую максимальную высоту поднимется снаряд? Сколько времени пройдет от момента старта до момента падения снаряда на Землю? Сопротивление воздуха не учитывать.
36. Спутник движется вокруг Земли по эллиптической орбите с эксцентриситетом $e = 0.5$. Какую долю периода обращения занимает прохождение спутником ближней к Земле половины эллипса, заключенной между концами малой оси эллипса?
37. Орбитальная станция движется вокруг Земли по низкой круговой орбите ($h \ll R$, где h – высота орбиты станции над поверхностью Земли, R – радиус Земли). Какой

дополнительный импульс скорости Δv (и в каком направлении) должен быть сообщен отстыковавшемуся от станции транспортному кораблю, чтобы обеспечить переход с круговой орбиты на траекторию приземления, оптимальную с точки зрения затрат ракетного топлива? Ответ выразите в единицах скорости орбитальной станции (круговой скорости $v_{кр}$). В какой точке орбиты нужно сообщить эту дополнительную скорость, чтобы аппарат совершил посадку в заданном месте? Получите также приближенное выражение для Δv , справедливое вплоть до квадратичных членов по малому параметру $h/R \ll 1$.

38. Орбитальная станция движется вокруг Земли по круговой орбите высотой h над поверхностью Земли. Рассчитайте дополнительную скорость Δv , которую нужно сообщить отстыковавшемуся от орбитальной станции спускаемому аппарату в направлении вертикально вниз для того, чтобы он по касательной вошел в плотные слои атмосферы. Выразите ответ в естественных для данной задачи единицах скорости станции на круговой орбите $v_{кр}$. В какой точке орбиты нужно сообщить эту дополнительную скорость, чтобы аппарат совершил посадку в заданном месте?
39. Орбитальная станция движется вокруг Земли по круговой орбите. При наземном старте транспортного корабля, который должен состыковаться со станцией, произошла непредвиденная задержка, из-за которой он вышел на круговую орбиту станции с небольшим опозданием, оказавшись *позади* станции на некотором расстоянии L . Это расстояние много меньше радиуса r орбиты станции ($L \ll r$). Чтобы догнать станцию через один ее оборот по орбите, требуется сообщить кораблю дополнительный импульс кратковременным включением ракетного двигателя. Каким должно быть направление этого импульса? Рассчитайте необходимую дополнительную скорость Δv , которую нужно сообщить кораблю. Выразите ее через расстояние L и период обращения станции T . Выразите также Δv через орбитальную скорость станции $v_{кр}$ и отношение L/r . Какую дополнительную скорость Δv нужно сообщить кораблю, чтобы он догнал станцию после двух оборотов по орбите? Ответьте на те же вопросы для ситуации, когда корабль вышел на круговую орбиту станции, *опережая* ее на расстояние L .
40. На большом расстоянии от Земли метеориты в параллельном потоке имеют относительно Земли скорость v_{∞} . Рассчитайте максимальное прицельное расстояние r_{\max} , при котором метеорит упадет на Землю. Радиус Земли R . (Прицельным называют расстояние от центра Земли до прямой, по которой двигался бы метеорит в отсутствие притяжения к Земле.) На какой угол изменится направление скорости метеорита при $r > r_{\max}$ после того, как он минует Землю?
41. Вращение Земли приводит к отклонению свободно падающих тел от направления отвеса. Методом последовательных приближений найдите величину и направление отклонения тела, падающего с высоты $h = 100$ м без начальной скорости для точки земной поверхности с географической широтой 60 градусов. Рассчитайте также отклонение точки падения от начальной точки для тела, запущенного строго вертикально вверх с начальной скоростью, обеспечивающей подъем тела до такой же высоты $h = 100$ м.
42. Однородный стержень массы m и длины l может свободно (без трения) поворачиваться вокруг горизонтальной оси, проходящей через конец стержня. Стержень приводят в перевернутое вертикальное положение (неустойчивое положение равновесия) и отпускают, так что он начинает двигаться к устойчивому положению равнове-

- сия без начальной скорости. Рассчитайте вертикальную и горизонтальную составляющие силы, с которой стержень действует на ось в тот момент, когда он образует заданный угол α с начальным положением. В какой точке горизонтальная сила меняет направление на противоположное? Рассмотрите также частные случаи $\alpha = 0, 60^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$.
43. Столб высотой l стоит вертикально на горизонтальной ледяной (идеально гладкой) поверхности. По какой траектории будет двигаться его вершина, если он начнет падать без начальной скорости? Какими будут величина и направление скорости вершины столба в момент его падения на горизонтальную поверхность?
 44. Однородный тонкий стержень прислонен к гладкой стене и опирается своим нижним концом на гладкий горизонтальный пол. В некоторый момент стержень начинает падать без начальной скорости так, что его нижний конец скользит по полу, а верхний – по стене. Какой угол со стеной образует стержень в тот момент, когда его верхний конец отделяется от стены?
 45. Демонстрационный прибор, называемый диском Максвелла, представляет собой массивный диск, насаженный на тонкий валик, радиус которого r . Масса диска (вместе с валиком) равна m , момент инерции равен I . К валику по обе стороны диска прикреплены две длинные нити (одинаковой длины), на которых прибор подвешен к штативу. Наматывая нити на валик, поднимают центр диска на высоту h относительно нижнего положения, и отпускают, так что нити начинают разматываться, а диск опускается без начальной скорости. Найдите ускорения, с которыми диск сначала опускается, а затем поднимается. Чему равны при этом силы натяжения нитей? При изменении направления движения диска (в нижнем положении) нити испытывают рывок. Рассчитайте максимальную силу натяжения нитей во время рывка.
 46. На какой высоте от центра бильярдного шара нужно наносить горизонтальный удар кием для того, чтобы шар сразу после удара катился без проскальзывания?
 47. По наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом, скатывается без проскальзывания сплошной однородный цилиндр. С каким ускорением движется ось цилиндра? Найдите минимальное значение коэффициента трения, при котором не будет проскальзывания.
 48. Однородный сплошной цилиндр массы m и радиуса R раскрутили вокруг горизонтальной оси до угловой скорости ω_0 и затем аккуратно опустили на горизонтальную шероховатую поверхность. Коэффициент трения между цилиндром и поверхностью равен μ . Как будут меняться со временем угловая скорость цилиндра и скорость его оси? В какой момент прекратится проскальзывание? Какая часть первоначальной кинетической энергии цилиндра превратится в теплоту?
 49. Тонкий обруч массы M и радиуса R поставили на шероховатый пол в вертикальном положении и вблизи точки касания с полом прикрепили к внутренней стороне обруча небольшое тело массы m . Затем привели обруч в качение без проскальзывания. В момент, когда прикрепленное к нему тело находится в нижней точке, скорость оси обруча равна v_0 . При каких значениях v_0 обруч будет катиться, не подпрыгивая?
 50. Симметричный волчок массы m , опирающийся нижним концом о горизонтальную плоскость, быстро вращается вокруг собственной оси с угловой скоростью ω_0 . Мо-

мент инерции волчка относительно оси симметрии равен I . Расстояние от центра масс до точки опоры равно l . Ось волчка наклонена на угол α к вертикали. С какой угловой скоростью прецессирует ось волчка? Какой угол с вертикалью образует сила реакции, действующая на волчок в точке опоры?

51. Конический маятник в виде тонкого однородного стержня длины l и массы m (с шарнирно закрепленным верхним концом) приведен во вращение вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω_0 . Какой угол α образует стержень с вертикалью? Найдите вертикальную и горизонтальную составляющие силы реакции шарнира, приложенной к верхнему концу стержня.
52. Используя релятивистские уравнения движения, найдите зависимость скорости от времени для первоначально покоившейся заряженной частицы, ускоряемой однородным электрическим полем. Как зависит от времени расстояние, пройденное частицей?
53. Заряженная частица влетает в однородное электрическое поле со скоростью v_0 , направленной перпендикулярно силовым линиям. Найдите траекторию частицы, пользуясь релятивистскими уравнениями движения. Полученный результат сравните с классическим.
54. Ускоритель разгоняет электроны до энергии 130 МэВ. Из ускорителя пучок направляется на неподвижную мишень. В результате происходят неупругие столкновения быстрых электронов с неподвижными электронами мишени. Рассчитайте энергию ΔE , которая может пойти на образование новых частиц в результате одного столкновения. Сравните ее с соответствующей энергией при неупругом столкновении двух электронов с такой же начальной энергией 130 МэВ, движущихся в лабораторной системе отсчета навстречу друг другу. Во сколько раз получается выигрыш в энергии при использовании ускорителя на встречных пучках?
55. Тонкая однородная пластинка в форме равностороннего треугольника со стороной a совершает малые собственные колебания вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из его сторон. Чему равен период колебаний?
56. Физический маятник представляет собой линейку (однородный тонкий стержень), которая может свободно поворачиваться вокруг горизонтальной оси, проходящей сквозь просверленное в линейке отверстие. На каком расстоянии от конца линейки нужно просверлить отверстие, чтобы получился маятник с минимальным периодом малых колебаний?
57. Физический маятник представляет собой тело, которое может свободно поворачиваться в поле тяжести вокруг горизонтальной оси. Угловая частота его собственных малых колебаний равна ω_0 . Маятник приводят в перевернутое вертикальное положение (положение неустойчивого равновесия) и отпускают без начального толчка. Через некоторое время маятник выходит из неустойчивого равновесия и начинает движение. С какой угловой скоростью движется маятник в момент прохождения нижней точки (положения устойчивого равновесия)? Ответ выразите через угловую частоту ω_0 собственных малых колебаний.
58. Горизонтальная подставка с лежащим на ней телом совершает принудительное гармоническое (синусоидальное) движение в вертикальном направлении с заданной

- частотой ω и постепенно увеличивающейся амплитудой. При какой амплитуде колебаний подставка тело начнет отрываться от нее?
59. Настенные часы массой M имеют маятник в виде невесомого стержня длиной l с точечной массой m на конце. Как изменится ход этих часов, если их подвесить на очень длинных параллельных шнурах?
 60. Тонкая однородная палочка длиной a подвешена за оба конца на двух одинаковых нитях длиной l . В положении равновесия нити параллельны. Сколько степеней свободы имеет такая система? При каких начальных условиях будут возбуждаться нормальные колебания (моды) этой системы? Найдите все частоты малых нормальных колебаний.
 61. Рассчитайте частоты малых нормальных колебаний висящего на крючке гимнастического обруча радиуса R .
 62. К шарiku, подвешенному на нити длиной l , подвешен еще один такой же шарик на нити такой же длины l . Рассчитайте частоты малых нормальных колебаний такого двойного маятника. При каких начальных условиях будут возбуждаться нормальные колебания (моды) двойного маятника?
 63. Точка подвеса математического маятника длиной l принудительно движется под действием внешней силы в горизонтальном направлении по закону $x(t) = a \sin \omega t$ с малой амплитудой ($a \ll l$). Найдите амплитуду и фазу установившихся вынужденных колебаний маятника, когда частота ω не совпадает с собственной частотой ω_0 (при $\omega < \omega_0$ и при $\omega > \omega_0$).
 64. Амплитуда установившихся вынужденных колебаний гармонического осциллятора одинакова при частотах внешней силы ω_1 и ω_2 (при одной и той же амплитуде вынуждающей силы). При какой частоте внешней силы амплитуда установившихся вынужденных колебаний максимальна?
 65. От брошенного в воду камня разбегаются кольцевые волны. По какому закону уменьшается высота их гребней (амплитуда) по мере увеличения радиуса колец?