

Индивидуальное задание № 3

Специальная теория относительности. Динамика твердого тела.

Гравитационное поле. Неинерциальные системы отсчета

Вариант № 1

1. В лабораторной системе отсчета (S -системе) π -мезон с момента рождения до момента распада пролетел расстояние $l = 75$ м. Скорость v π -мезона равна $0,995c$. Определите собственное время жизни τ_0 π -мезона. [$\tau_0 = \frac{l}{v} \sqrt{1 - v^2/c^2} = 25$ нс]
2. Найдите относительную скорость двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростью $v = c/2$. [$0,8c$]
3. Определите релятивистский импульс и кинетическую энергию протона, движущегося со скоростью $v = 0,75c$.
[$5,69 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с; $7,69 \cdot 10^{-11}$ Дж]
4. В S -системе отсчета частица с массой покоя m_0 и кинетической энергией T налетает на покоящуюся частицу с такой же массой покоя. Найдите массу покоя M_0 и скорость v составной частицы, образовавшейся в результате столкновения.
[$M_0 = \frac{1}{c} \sqrt{2m_0(T + 2m_0c^2)}$; $v = c \sqrt{T/(T + 2m_0c^2)}$]
5. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязаны грузы массой 100 г и 110 г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна 400 г? Трение при вращении блока пренебрежимо мало. [$0,24$ м/с²]
6. Докажите, что при движении тела под действием центральной силы момент импульса тела относительно точки, являющейся полюсом поля, есть величина постоянная.
7. Определите период T_x колебаний математического маятника при перемещении его точки подвеса в горизонтальном направлении с ускорением $4,9$ м/с²? При неподвижной точке подвеса период колебаний равен T . [$T_x = 0,946T$]
8. Тело свободно падает с высоты 100 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции вызванной вращением Земли. Широта падения 45° . [$1,55$ см]

Вариант № 2

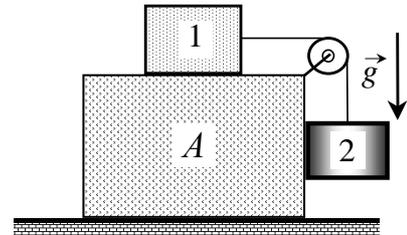
1. Собственное время жизни мюона равно 2,2 мкс. От точки рождения, до точки распада в лабораторной системе отсчета мюон пролетел расстояние 6 км. С какой скоростью двигался мюон? [0,994c]
2. Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость 0,4c. В момент вылета из ускорителя ядро выбросило в направлении своего движения β -частицу со скоростью 0,75c относительно ускорителя. Найдите скорость частицы относительно ядра. [0,5c]
3. Найдите скорость, при которой релятивистский импульс частицы в 2 раза превышает ее ньютоновский импульс. [$2,6 \cdot 10^8$ м/с]
4. Две релятивистские частицы движутся навстречу друг другу с одинаковыми (в лабораторной системе отсчета) кинетическими энергиями, равными их энергии покоя. Определите скорости частиц в лабораторной системе отсчета.

[0,866c]

5. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться вокруг вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой $m_2 = 60$ кг. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку на платформе? Масса платформы $m_1 = 240$ кг. Момент инерции человека I рассчитывать как для материальной точки. [$\varphi = \frac{4\pi m_2}{m_1 + m_2} = 120^\circ$]

6. Покажите, что планеты, движущиеся под действием центральных сил, имеют плоскую траекторию. Силой сопротивления движению пренебречь.

7. Определите, с каким минимальным ускорением следует перемещать в горизонтальном направлении брусок A , чтобы тела 1 и 2 не двигались относительно него? Массы тел одинаковы, коэффициент трения между бруском и обоими телами равен μ . Массы блока и нити пренебрежимо малы, трения в блоке нет.



$$[a_{\min} = g(1 - \mu)/(1 + \mu)]$$

8. Точка подвеса математического маятника длиной l , колеблющегося в вертикальной плоскости, движется с ускорением \vec{a} , направленным вверх. Определите период колебаний маятника. [$T = 2\pi\sqrt{l/(g + a)}$]

Вариант № 3

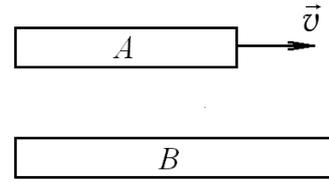
1. Стержень, собственная длина которого, 5,0 м, движется в продольном направлении со скоростью v относительно S -системы отсчета. При каком значении v длина стержня в S -системе будет 3,0 м? [0,8 c]
2. Найдите относительную скорость двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростью $2c/3$. [0,92 c]
3. Найдите зависимость импульса частицы с массой покоя m_0 от ее кинетической энергии. Вычислите импульс протона с кинетической энергией $T = 500$ МэВ.

$$[p = \frac{1}{c} \sqrt{T(T + 2m_0c^2)} = 1,09 \text{ ГэВ}/c, \text{ где } c - \text{ скорость света}]$$

4. Пучок релятивистских частиц с кинетической энергией T падает на поглощающую мишень. Сила тока в пучке равна I , заряд и масса покоя каждой частицы e и m_0 . Найдите силу давления пучка на мишень.
[$F = \frac{I}{ec} \sqrt{T(T + 2m_0c^2)}$]
5. Сплошной однородный диск скатывается без скольжения по наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом. Определите линейное ускорение a центра диска. [$a = \frac{2}{3} g \sin \alpha$]
6. Покажите, что второй закон Кеплера есть следствие закона сохранения момента импульса.
7. В системе отсчета, вращающейся вокруг неподвижной оси с $\omega = 5,0$ рад/с, движется тело массой $m = 100$ г. Какую работу совершила центробежная сила инерции при перемещении этого тела по произвольному пути из точки 1 в точку 2, которые расположены на расстояниях $r_1 = 30$ см и $r_2 = 50$ см от оси вращения? [0,2 Дж]
8. Тело массой $m_1 = 1$ кг находится на наклонной плоскости подвижного клина массой $m_2 = 5$ кг. Плоскость клина составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Найдите величину силы инерции $F_{\text{ин}}$, действующей на тело. Силами трения пренебречь. [$F_{\text{ин}} = m_1 g \sin \alpha \cos \alpha / (\sin^2 \alpha + m_2/m_1) = 0,8$ Н]

Вариант № 4

1. Стержень A движется мимо неподвижного в S -системе отсчета стержня B со скоростью v . Оба стержня имеют одинаковую длину l_0 . Найдите в S -системе отсчета промежуток времени между моментами совпадения левых и правых концов стержня.



$$[t = (1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}) l_0 / v]$$

2. В двух точках S -системы отсчета произошли события, разделенные промежуток времени t . Покажите, что, если эти события причинно связаны в S -системе (например, выстрел и попадание в мишень), то они причинно связаны и в другой инерциальной системе отсчета, то есть $t' > 0$.
3. Кинетическая энергия частицы оказалась равной ее энергии покоя. Определите скорость частицы. [260 Мм/с]
4. Частицы с массой покоя m_0 движутся навстречу друг другу со скоростью v относительно лабораторной системы отсчета и испытывают неупругое столкновение. Чему будет равна масса покоя M_0 составной частицы?

$$[M_0 = \frac{2m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}]$$

5. В центре скамьи Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной 2,4 м и массой 8 кг, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамейка с человеком вращается с частотой 2 с^{-1} . С какой частотой будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен $6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. [$1,22 \text{ с}^{-1}$]
6. Советская космическая ракета, ставшая первой искусственной планетой, обращается вокруг Солнца по эллипсу. Наименьшее расстояние ракеты от Солнца равно 0,97, наибольшее расстояние равно 1,31 а.е. (среднего расстояния Земли от Солнца). Определите период вращения (в годах) искусственной планеты. [1,217 года]
7. Вагон под действием силы тяжести катится вдоль дороги, составляющей угол 30° с горизонтом. Сила трения составляет 10 % от веса вагона. К потолку вагона подвешен на нити шарик. Найдите угол отклонения нити от вертикали. [$23,1^\circ$]
8. Тело, падая свободно в течение 6 с, попадает на Землю в точку с географической широтой 30° . Учитывая вращение Земли, определите отклонение тела от вертикали при его падении. [4,45 см]

Вариант № 5

1. Найдите расстояние, которое пролетела в S -системе отсчета нестабильная частица от момента ее рождения до распада, если ее время жизни в этой системе отсчета 3,0 мкс, а собственное время жизни 2,2 мкс. [0,61 км]
2. Может ли протон пересечь нашу галактику за 1 минуту? [Может]
3. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой покоя m_0 от 0,6 до 0,8 c ? Сравните с нерелятивистским случаем. [$A = 0,42m_0c^2$; $A = 0,14m_0c^2$]
4. Частица с массой покоя m_0 , движущаяся со скоростью $v = 0,8c$, испытывает неупругое соударение с покоящейся частицей такой же массы покоя. Чему равны масса покоя M_0 и скорость v образовавшейся частицы? [$M_0 = 4m_0/\sqrt{3}$; $v = c/2$]
5. Шар и сплошной цилиндр одинаковой массы, изготовленные из одного и того же материала, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определите, во сколько раз кинетическая энергия шара меньше кинетической энергии сплошного цилиндра. [1,07]
6. Искусственный спутник Земли движется вокруг Земли по эллипсу с эксцентриситетом $\varepsilon = 0,5$. Во сколько раз линейная скорость спутника в перигее (ближайшая к центру Земли точка орбиты спутника) больше, чем в апогее (наиболее удаленная точка орбиты)? [$\frac{v_1}{v_2} = \frac{(1+\varepsilon)}{(1-\varepsilon)} = 3$]
7. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массой 1,5 кг и 3 кг. Определите показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь. [39,2 Н]
8. Во вращающейся системе отсчета тело массой 20 г переместилась из точки, находящейся на расстоянии 1 м от оси вращения, в точку, отстоящую от оси на 2 м. При этом силы инерции совершили над телом работу, равную 2 Дж. Найдите угловую скорость вращения системы. [8,17 рад/с]

Вариант № 6

1. Космический корабль движется со скоростью $0,6c$ по направлению к Земле. Определите расстояние, пройденное им в системе отсчета, связанной с Землей (система S), за время $0,5$ с, отсчитанное по часам в космическом корабле (система S'). [112,5 Мм]
2. Найдите относительную скорость двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростью $v = c/4$. [0,4с]
3. Найдите изменение массы 1 л воды, при нагревании от 30° до 100°C .
[$3,27 \cdot 10^{-12}$ кг]
4. Две релятивистские частицы движутся в S -системе отсчета под прямым углом друг к другу, причем первая со скоростью v_1 , а вторая со скоростью v_2 . Найдите скорость одной частицы относительно другой.
[$v'_2 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - (v_1 v_2 / c)^2}$]
5. Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия шара равна 14 Дж. Определите кинетическую энергию поступательного и вращательного движения шара. [10 Дж; 4 Дж]
6. Комета движется вокруг Солнца по эллипсу с эксцентриситетом $\varepsilon = 0,6$. Во сколько раз линейная скорость кометы в ближайшей к Солнцу точке орбиты больше, чем в наиболее удаленной? [В четыре раза]
7. Трамвайный вагон массой 5 т идет по закруглению радиусом 128 м. Найдите силу бокового давления колес на рельсы при скорости движения 9 км/ч. [$4 \cdot 10^6$ Н]
8. Тонкий однородный стержень длиной l , находящийся в вагоне, может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. Вагон начинает двигаться горизонтально с ускорением \vec{a} , направленным перпендикулярно оси вращения стержня. На какой угол α_0 от вертикали отклонится стержень в начале движения вагона? Каков период колебаний стержня относительно положения равновесия? [$\alpha_0 = \arctg(a/g)$; $T = 2\pi\sqrt{(2/3)l/\sqrt{a^2 + g^2}}$]

Вариант № 7

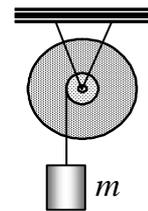
1. В S -системе отсчета мюон, движущийся со скоростью $v = 0,99c$, пролетел от места своего рождения до точки распада расстояние $l = 3,0$ км. Определите: а) собственное время жизни этого мюона; б) расстояние, которое пролетел мюон в S -системе с «его точки зрения».
[$\tau_0 = \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot \frac{l}{v} = 1,4$ мкс; $l' = l\sqrt{1 - (v/c)^2} = 0,42$ км]
2. Две частицы, двигавшиеся в S -системе отсчета по одной прямой с одинаковой скоростью $0,8c$, попали в неподвижную мишень с промежутком времени $5 \cdot 10^{-9}$ с (в данной системе отсчета). Каким было собственное расстояние между частицами до попадания в мишень? [2 м]
3. Исходя из уравнения $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$, найдите ускорение частицы, если ускорение совпадает по направлению с действующей на частицу силой.
[$a = \frac{F}{m_0} \sqrt{(1 - \beta^2)^3}$]
4. В S -системе вдоль оси x движется частица со скоростью \vec{v} и ускорением \vec{a} . Найдите проекции ускорения на оси x' и y' этой частицы в S' -системе отсчета, которая перемещается со скоростью \vec{V} в положительном направлении оси x S -системы. [$a'_x = \frac{(1 - \beta^2)^{3/2}}{(1 - \beta v_x/c)^3} \cdot a_x$; $a'_y = 0$, где $\beta = V/c$]
5. Горизонтальная платформа массой 25 кг и радиусом 0,8 м вращается с частотой 18 мин^{-1} . В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определите частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от $3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ до $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. [23 мин^{-1}]
6. Один из спутников планеты Сатурн находится приблизительно на таком же расстоянии от планеты, как Луна от Земли, но период его обращения вокруг планеты почти в 10 раз меньше, чем у Луны. Определить отношение масс Сатурна и Земли. [100]
7. Вагон под действием силы тяжести катится вдоль дороги, составляющей угол 30° с горизонтом, а затем переходящей в горизонтальный участок. Сила трения составляет 10 % от веса вагона на обоих участках. К потолку вагона подвешен на нити шарик массой 15 г. Найдите величину силы, действующей на нить на наклонном и горизонтальном участках дороги. [0,128 Н; 0,148 Н]
8. Тело свободно падает с высоты 25 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Географическая широта места падения 45° . [19 см]

Вариант № 8

1. Квадратная рамка движется со скоростью $v \approx c$ относительно оси x некоторой системы отсчета. Определите угол между диагоналями в этой системе отсчета. $[\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}]$
2. Две ракеты движутся навстречу друг другу относительно неподвижного наблюдателя с одинаковой скоростью, равной $0,5c$. Определите скорость сближения ракет, исходя из закона сложения скоростей: а) в классической механике; б) в специальной теории относительности. [а) c ; б) c]
3. Импульс частицы равен m_0c . Под действием внешней силы импульс частицы увеличился в 2 раза. Во сколько раз возросла: а) полная энергия; б) кинетическая энергия? [а) 1,59; б) 2,98]
4. Частица с массой покоя m_0 начала двигаться под действием постоянной силы \vec{F} . Найдите зависимость скорости частицы от времени.

$$[v(t) = \frac{Ft/m_0}{\sqrt{1 + [Ft/(m_0c)]^2}}]$$

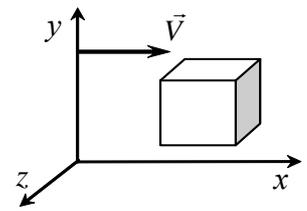
5. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом 5 см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой 0,4 кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь 1,8 м за время 3 с. Определите момент инерции маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой. [0,0235 кг·м²]



6. Комета огибает Солнце, двигаясь по орбите, которую можно считать параболической. С какой скоростью движется планета, когда она проходит через перигей (ближайшую к Солнцу точку своей орбиты), если расстояние кометы от Солнца в этот момент равно 50 Гм? [72,6 км/с]
7. Вагон под действием силы тяжести катится вдоль дороги, составляющей угол 30° с горизонтом, а затем переходящей в горизонтальный участок. Сила трения составляет 10 % от веса вагона на обоих участках. К потолку вагона подвешен на нити шарик. Найдите угол отклонения нити от вертикали на наклонном и горизонтальном участках дороги. [$23^\circ 28'$; $5^\circ 43'$]
8. На экваторе с высоты 500 м на поверхность Земли падает без начальной скорости относительно Земли тело. На какое расстояние отклонится при падении тело от вертикали? [24 см]

Вариант № 9

8. Покоящийся прямой конус имеет угол полураствора $\theta = 45^\circ$. Найдите в системе отсчета, движущейся со скоростью $V = 0,8c$ вдоль оси конуса, его угол полураствора. [$\operatorname{tg}\theta' = \operatorname{tg}\theta / \sqrt{1 - \beta^2}$, $\theta' = 59^\circ$; $\beta = V/c$]
8. Две частицы, двигавшиеся в лабораторной системе отсчета по одной прямой с одинаковой скоростью $v = 0,75c$, попали в неподвижную мишень с интервалом времени $\Delta t = 50$ нс. Найдите собственное расстояние между частицами до попадания в мишень. [$l'_0 = \frac{v\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 17$ м]
8. Чему равна плотность стального кубика с точки зрения наблюдателя, движущегося вдоль одного из его ребер, совмещенного с осью x , со скоростью $V = c/2$ ($\rho_0 = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³)? [$\rho = 2\rho_0 / \sqrt{3} = 9,0$ т/м³]
8. Релятивистский протон с импульсом \vec{p}_0 влетел в момент времени $t = 0$ в область, где имеется поперечное однородное электрическое поле с напряженностью \vec{E} , причем $\vec{p}_0 \perp \vec{E}$. Найдите зависимость от времени угла θ , на который будет отклоняться протон от первоначального направления движения. [$\operatorname{tg}\theta = eEt/p_0$]
8. Обруч и сплошной цилиндр, имеющие одинаковую массу 2 кг, катятся без скольжения с одинаковой скоростью 5 м/с. Найдите кинетическую энергию тел. [50 Дж; 37,50 Дж]
8. Комета движется вокруг Солнца по эллипсу с эксцентриситетом $\varepsilon = 0.6$. Во сколько раз линейная скорость планеты в ближайшей к Солнцу точке орбиты больше, чем в наиболее удаленной? [В четыре раза.]
8. На наклонной плоскости с углом наклона 30° лежит тело. Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью равен 0,2. Определите наименьшее горизонтальное ускорение, с которым должна двигаться наклонная плоскость, чтобы тело, лежащее на ней, поднималось по наклонной плоскости. [8,62 м/с²]
8. Во вращающейся системе отсчета тело массой 20 г переместилась из точки, находящейся на расстоянии 1 м от оси вращения, в точку, отстоящую от оси на 2 м. При этом силы инерции совершили над телом работу, равную 2 Дж. Найдите угловую скорость вращения системы. [8,17 рад/с]



Вариант № 10

1. Частица движется в S -системе со скоростью v под углом θ к оси x . Найдите соответствующий угол θ' в S' -системе, движущейся со скоростью V вдоль оси x . [$\operatorname{tg}\theta' = \frac{\sin\theta\sqrt{1-\beta^2}}{\cos\theta - V/v}$, где $\beta = V/c$]
2. Ионизованный атом, вылетев из ускорителя со скоростью $0,8c$, испустил фотон в направлении своего движения. Определите скорость фотона относительно ускорителя. [c]
3. Определите кинетическую энергию электрона, если полная энергия движущегося электрона втрое больше его энергии покоя. [$1,02 \text{ МэВ}$]
4. Две релятивистские частицы движутся навстречу друг другу с одинаковыми (в лабораторной системе отсчета) кинетическими энергиями, равными их энергии покоя. Определите кинетическую энергию (в единицах m_0c^2) одной из частиц в системе отсчета, связанной с другой частицей. [$6 m_0c^2$]
5. Человек, стоящий на скамье Жуковского, держит в руках стержень длиной $2,5 \text{ м}$ и массой 8 кг , расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки. Эта система (скамья и человек) обладает моментом инерции $10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ и вращается с частотой 12 мин^{-1} . Определите частоту вращения системы, если стержень повернуть в горизонтальное положение. [$8,5 \text{ мин}^{-1}$]
6. На высоте $2,6 \text{ м}$ над поверхностью Земли космической ракете была сообщена скорость 10 км/с , направленная перпендикулярно линии, соединяющей центр Земли с ракетой? По какой орбите относительно Земли будет двигаться ракета? Определите вид конического сечения. [Гипербола]
7. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением $4,9 \text{ м/с}^2$, подвешен шарик массой 200 г . Определите для установившегося движения: 1) силу натяжения нити; 2) угол отклонения нити от вертикали. [1) $2,19 \text{ Н}$; 2) 27°]
8. Горизонтально расположенный гладкий стержень AB вращается с угловой скоростью $\omega = 2 \text{ рад/с}$ вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец. По стержню свободно скользит муфточка массой $m = 0,5 \text{ кг}$, движущаяся из точки A с некоторой начальной скоростью. В тот момент, когда муфточка находится на расстоянии $r = 50 \text{ см}$ от оси вращения, на нее действует сила Кориолиса $F_k = 3 \text{ Н}$. Найдите начальную скорость муфточки.

$$[v_0 = \omega r \sqrt{(F_k / (2m\omega^2 r))^2 - 1} = 1,1 \text{ м/с}]$$

Вариант № 11

1. Собственное время жизни мюона равно 2,2 мкс. От точки рождения до точки распада в лабораторной системе отсчета мюон пролетел расстояние 9 км. С какой скоростью двигался этот мюон? [0,9998c]
2. Космический корабль удаляется от Земли со скоростью 0,8c, а затем с него стартует ракета (в направлении от Земли) со скоростью 0,8c относительно корабля. Определите скорость ракеты относительно Земли. [0,976c]
3. Плотность покоящегося тела равна ρ_0 . Найдите скорость системы отсчета относительно данного тела, в которой его плотность будет на $\eta = 0,25$ больше. [$v = c\sqrt{\eta(2 + \eta)}/(1 + \eta) = 0,6c$]
4. В S -системе частица с массой покоя m_0 и кинетической энергией T налетает на другую, покоящуюся частицу с такой же массой покоя. Найдите массу покоя M_0 и скорость v составной частицы, образовавшейся в результате столкновения. [$M_0 = \sqrt{2m_0(T + 2m_0c^2)}/c$; $v = c\sqrt{T/(T + 2m_0c^2)}$]
5. Платформа в виде диска радиусом 1 м вращается по инерции с частотой 6 мин⁻¹. На краю платформы стоит человек, масса которого равна 80 кг. С какой частотой будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы равен 120 кг·м². Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки. [10 мин⁻¹]
6. Согласно третьему закону Кеплера, отношение куба большой полуоси эллиптической орбиты к квадрату периода обращения планеты T есть величина одинаковая для всех планет Солнечной системы. Она называется постоянной Кеплера и обозначается K . Третий закон Кеплера строго справедлив, когда масса планеты пренебрежимо мала по сравнению с массой Солнца M . Найдите выражение для постоянной Кеплера. [$K = \frac{GM}{4\pi^2}$]
7. Гладкий горизонтальный диск вращают с угловой скоростью $\omega = 2,0$ рад/с вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр. В центре диска поместили шайбу массой $m = 0,5$ кг и сообщили ей толчком горизонтальную скорость $v_0 = 2,6$ м/с. Найдите модуль силы Кориолиса, в момент, когда шайба оказалась на расстоянии $r = 50$ см от оси вращения. [$F_k = 2m\omega\sqrt{v_0^2 + \omega^2 r^2} = 5,57$ Н]
8. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением 9,81 м/с², подвешен на нити шарик массой 400 г. Определите силу натяжения нити и угол отклонения нити от вертикали. [4,38 Н; 45°]

Вариант № 12

1. Какую ускоряющую разность потенциалов должна пройти α -частица, чтобы ее продольный размер оказался в 2 раза меньше поперечного? [3,74 ГВ]
2. Две частицы летят в противоположные стороны с относительной скоростью, равной $0,5c$. Одна из них испускает фотон в направлении своего движения. Вычислите скорость фотона по отношению ко второй частице. [c]
3. Какая кинетическая энергия должна быть сообщена межзвездному кораблю с массой покоя $m_0 = 10^4$ кг, чтобы его часы по возвращению на Землю показывали вдвое меньшее время, чем часы на Земле? Сколько тонн урана должно прореагировать, чтобы выделилось такое же количество энергии? [$T = m_0c^2 = 9 \cdot 10^{20}$ Дж; $m = 1,3 \cdot 10^4$ т]
4. Частица с кинетической энергией $T = m_0c^2$ налетает на другую такую же частицу, которая в лабораторной системе отсчета покоится. Найти суммарную кинетическую энергию T' частиц в системе отсчета, связанной с центром инерции системы частиц. [$0,551 m_0c^2$]
5. На цилиндр намотана тонкая гибкая нерастяжимая лента, массой которой, по сравнению с массой цилиндра, можно пренебречь. Свободный конец ленты прикрепили к кронштейну и предоставили цилиндру опускаться под действием силы тяжести. Определите линейное ускорение a оси цилиндра, если цилиндр: а) сплошной; б) полый тонкостенный. [а) $a = 2g/3$; б) $a = g/2$]
6. Радиус малой планеты равен 100 км, средняя плотность вещества планеты равна 3 г/см^3 . Определите параболическую скорость u у поверхности этой планеты. [130 м/с]
7. Самолет летит в горизонтальном направлении с ускорением 20 м/с^2 . Какова перегрузка пассажира, находящегося в самолете? (Перегрузкой называют отношение силы, действующей на пассажира, к силе тяжести. [2,27]
8. Человек массой 60 кг идет равномерно по периферии горизонтальной круглой платформы радиусом 3,0 м, которую вращают с угловой скоростью $2,00 \text{ рад/с}$ вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Найдите горизонтальную составляющую силы, действующей на человека со стороны платформы, если результирующая сил инерции, приложенных к нему в системе отсчета «платформа», равна нулю. [180 Н]

Вариант № 13

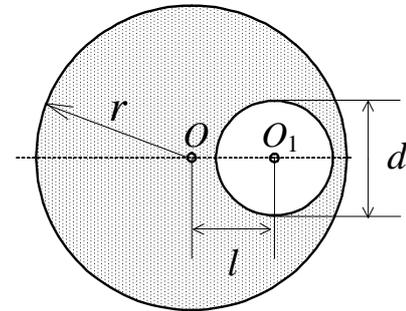
1. Космический корабль движется со скоростью $0,8c$ по направлению к Земле. Определите расстояние, пройденное им в системе отсчета, связанной с Землей (S -система), за время $0,5$ с, отсчитанное по часам в космическом корабле. [$2 \cdot 10^5$ км]
2. Определите интервал Δs , разделяющий два события с координатами: 1) $(5;4)$ и $(2;1)$; 2) $(5;4)$ и $(1;2)$; 3) $(4,5)$ и $(2;1)$. Какие это интервалы? [1) $\Delta s = 0$, светоподобный; 2) $\Delta s = \sqrt{-12}$, пространственноподобный; 3) $\Delta s = \sqrt{12}$, времениподобный]
3. Космонавт в состоянии невесомости «плывет» со скоростью $5,0$ км/ч внутри ракеты перпендикулярно ее движению. Чему равна эта составляющая скорости космонавта для наблюдателя, находящегося на Земле, если скорость ракеты равна $1,8 \cdot 10^8$ м/с («фотонная» ракета)? [4,0 км/ч]
4. Пучок релятивистских частиц с кинетической энергией T падает на поглощающую мишень. Сила тока в пучке равна I , заряд частицы e . Найдите выделяющуюся в мишени мощность. [$P = IT/e$]
5. Полный тонкостенный цилиндр катится вдоль горизонтального участка дороги со скоростью $1,5$ м/с. Определите путь, который он пройдет в гору с углом наклона 3° . [4,59 м]
6. Ракета пущена с Земли с начальной скоростью 15 км/час. К какому пределу будет стремиться скорость ракеты, если расстояние ракеты от Земли бесконечно увеличивается? Сопротивление воздуха и притяжение других небесных тел, кроме Земли, не учитывать. [$v = \sqrt{v_0^2 - 2gR} = 10$ км/с]
7. Вагон под действием силы тяжести катится вдоль дороги, составляющей угол 30° с горизонтом, а затем переходящей в горизонтальный участок. Сила трения составляет 10% от веса вагона на обоих участках. К потолку вагона подвешен на нити шарик массой 15 г. Найдите величину силы, действующей на нить на наклонном и горизонтальном участках дороги. [0,128 Н; 0,148 Н]
8. Электровоз массой $1,84 \cdot 10^5$ кг движется вдоль меридиана со скоростью $10,0$ м/с на широте 45° . Определите горизонтальную составляющую силы, с которой электровоз давит на рельсы. [190 Н]

Вариант № 14

1. Определите периметр квадрата со стороной a , движущегося со скоростью $v = c/2$ вдоль одной из его сторон. [3,73a]
2. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его собственное время стало в 10 раз меньше лабораторного? [4,61 МэВ]
3. Определите собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость 0,6с, длина 1,5 м и угол между ним и направлением движения 30° . [1,7 м]
4. Частицы с массой покоя m_0 движутся навстречу друг другу со скоростью v относительно лабораторной системы отсчета и испытывают неупругое столкновение. Чему будет равна масса покоя M_0 составной частицы?

$$[M_0 = \frac{2m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}]$$

5. В однородном диске массой $m = 1$ кг и радиусом $r = 30$ см вырезано круглое отверстие диаметром $d = 20$ см, центр которого находится на расстоянии $l = 15$ см от оси диска. Найдите момент инерции I полученного тела относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости диска через его центр.

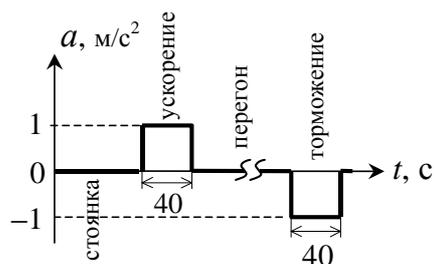


$$[I = mR^2/2 - (md^2/(32R^2)) \cdot (d^2 + 8l^2) = 4,19 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2]$$

6. Найдите первую (круговую) и вторую (параболическую) космические скорости вблизи поверхности Солнца. [436 км/с; 617 км/с]
7. Автоцистерна с керосином движется с ускорением $0,7 \text{ м/с}^2$. Под каким углом к плоскости горизонта расположен уровень керосина в цистерне? [$\approx 4^\circ$]
8. Тело свободно падает с высоты 450 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Географическая широта места падения 45° . [14,6 см]

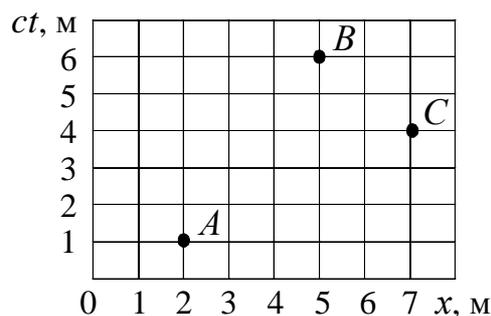
Вариант № 15

1. В лабораторной системе отсчета релятивистская частица с момента рождения до момента распада пролетел расстояние 75 м. Скорость частицы равна $0,995c$. Определите ее собственное время жизни. [25 нс]
2. Найдите относительную скорость двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростью $2/3 c$. [0,92c]
3. Найдите скорость частицы, кинетическая энергия которой $T = 500$ МэВ и импульс $p = 865$ МэВ/c, где c – скорость света в вакууме. [$v = 2pT / (p^2 + T^2/c^2) = 0,87c$]
4. Две релятивистские частицы движутся навстречу друг другу с одинаковыми (в лабораторной системе отсчета) кинетическими энергиями, равными их энергии покоя. Определите скорости частиц в лабораторной системе отсчета. [0,866c]
5. Сколько времени t будет скатываться без скольжения обруч с наклонной плоскости длиной $l = 20$ см и высотой $h = 10$ см? [$t = 2l / \sqrt{gh} = 0,4$ с]
6. Найдите первую (круговую) и вторую (параболическую) космические скорости вблизи поверхности Луны. [1,68 км/с; 2,37 км/с]
7. Маятниковые часы установили на железнодорожной платформе. Идентичные часы установили в вагоне скоростной электрички. Электричка отправилась по кольцевому маршруту с $n = 48$ остановками. График движения электрички представлен на рисунке. Определите разницу в показаниях часов в момент прибытия электрички в пункт отправления. [$\Delta t = 2nt \left(1 - g / \sqrt{g^2 + a^2}\right) = 19,8$ с ; $t = 40$ с]
8. Тело свободно падает с высоты 450 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Географическая широта места падения 45° . [14,6 см]



Вариант № 16

1. На диаграмме пространства – времени показаны три события A , B и C , которые произошли на оси x некоторой инерциальной системы отсчета. Найдите:



- а) промежуток времени между событиями A и B в той системе отсчета, где оба события произошли в одной точке;
 б) расстояние между точками, где произошли события A и C в той системе отсчета, где они одновременны. [а) 13 нс; б) 4,0 м]
2. Найдите относительное изменение продольного размера протона после прохождения им разности потенциалов 10 МВ. [1 %]
3. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой покоя m_0 от $0,5c$ до $0,7c$. [$0,245m_0c^2$]
4. Покоящееся тело с массой покоя M_0 распалось на две части с массами покоя m_{10} и m_{20} . Вычислите кинетические энергии T_1 и T_2 продуктов распада.

$$\left[T_1 = \frac{c^2 \left[(M_0 - m_{10})^2 - m_{20}^2 \right]}{2M_0}; T_2 = \frac{c^2 \left[(M_0 - m_{20})^2 - m_{10}^2 \right]}{2M_0} \right]$$

5. Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 0,2 кг перекинута невесомая нить, к концам которой прикреплены тела массой 0,35 кг и 0,55 кг. Пренебрегая трением в оси блока, определите: а) ускорение грузов; б) отношение T_2/T_1 сил натяжения нити. [а) $a = 1,96 \text{ м/с}^2$; б) $T_2/T_1 = 1,05$]
6. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определите угловую скорость спутника и радиус его орбиты. [$7,27 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$; 42,2 Мм]
7. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами $m_1 = 1,5 \text{ кг}$ и $m_2 = 3 \text{ кг}$. Определите, каким будет показание весов во время движения грузов. Массой блока и шнура пренебречь. [39,3 Н]
8. Поезд массой 3000 т движется в Северном полушарии на географической широте 30° . С какой боковой силой давят рельсы на колеса поезда, если скорость поезда 60 км/ч и направлена вдоль меридиана? [3,66 кН]

Вариант № 17

1. Космический корабль летит со скоростью $v = 0,6c$ от одного космического маяка к другому. В тот момент, когда он находится посередине между маяками, каждый из них испускает в направлении корабля световой импульс. Найдите, какой промежуток времени пройдет на корабле между моментами регистрации этих импульсов. Расстояние между маяками свет проходит за $t = 2$ месяца. $[\tau'_0 = \frac{vL}{c\sqrt{c^2 - v^2}} = 1,5 \text{ мес}]$
2. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями $0,5c$ и $0,75c$ по отношению к лабораторной системе отсчета. Найдите относительную скорость частиц. $[0,91c]$
3. Найдите скорость, при которой релятивистский импульс частицы в $\eta = 2$ раза превышает ее ньютоновский импульс. $[v = \frac{c}{\eta} \sqrt{\eta^2 - 1} = \frac{c\sqrt{3}}{2}]$
4. При взрыве сверхновой 23 февраля 1987 г. в Большом Магеллановом облаке, находящемся от Земли на расстоянии $L = 180$ тыс. световых лет, были зарегистрированы две группы нейтрино с интервалом в $\Delta t = 1$ час. Согласно одной из гипотез, эти две группы нейтрино родились одновременно, но обусловлены разными процессами и соответственно имеют нулевую и ненулевую (около 20 эВ) энергию покоя. Оцените энергию второй группы, при которой это объяснение возможно.
 $[E \approx m_0 c^2 \sqrt{L/(2c\Delta t)} \approx 560 \text{ кэВ}]$
5. Полый тонкостенный цилиндр массой 0,5 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стену и откатывается от нее. Скорость цилиндра до удара о стену 1,4 м/с, а после удара – 1 м/с. Определите выделившееся при ударе количество теплоты. $[0,48 \text{ Дж}]$
6. Какова будет скорость планеты на высоте, равной радиусу Земли, если ракета пущена с Земли с начальной скоростью 10 км/с? $[6,12 \text{ км/с}]$
7. Определите период T_x колебаний математического маятника при перемещении его точки подвеса в горизонтальном направлении с ускорением $4,9 \text{ м/с}^2$? При неподвижной точке подвеса период колебаний равен T . $[T_x = 0,946T]$

8. Тело свободно падает с высоты 100 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции вызванной вращением Земли. Широта падения 45° . [1,55 см]

Вариант № 18

1. Два события произошли в S -системе отсчета в мировых точках с координатами $x_1 = 5,0$ м, $x_2 = 3,0$ м; $y_1 = 4,0$ м, $y_2 = 2,0$ м; $z_1 = z_2 = 0$; $t_1 = 10,0$ нс, $t_2 = 20,0$ нс. Можно ли найти систему отсчета, в которой оба события происходят в один момент времени? [Нельзя]
2. С помощью релятивистского закона сложения скоростей получите формулу для нахождения скорости u распространения света в оптической среде с показателем преломления n , движущейся со скоростью V в направлении распространения света. [$u = c(c + Vn)/(nc + V)$]
3. Два протона движутся навстречу друг другу с одинаковыми кинетическими энергиями T (в S -системе отсчета). Найдите кинетическую энергию T' одного протона в S' -системе отсчета, где другой протон покоится. [$T' = 2T(T + 2m_0c^2)/(m_0c^2)$]
4. Частица с массой покоя m_0 начала двигаться под действием постоянной силы \vec{F} . Найдите зависимость скорости частицы от времени.

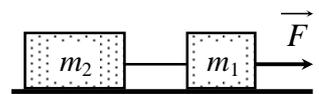
$$[v(t) = \frac{Ft/m_0}{\sqrt{1 + [Ft/(m_0c)]^2}}]$$

5. Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращается с частотой 8 с^{-1} . К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой 40 Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Определите коэффициент трения. [0,31]
6. Метеорит падает на Солнце с очень большого расстояния, которое практически можно считать бесконечно большим. Начальная скорость метеорита пренебрежимо мала. Какую скорость будет иметь метеорит в момент, когда его расстояние от Солнца равно среднему расстоянию Земли от Солнца? [42,1 км/с]
7. Найдите центробежную силу инерции, действующую на экваторе на тело массой 200 кг. [6,74 Н]
8. Тело массой 1 кг, падая свободно в течение 4 с, попадает на Землю в точку с географической широтой 30° . Определите отклонение тела к востоку

под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли.
[4,45 см]

Вариант № 19

1. Два события произошли в S -системе отсчета в мировых точках с координатами $x_1 = 5,0$ м, $x_2 = 3,0$ м; $y_1 = 4,0$ м, $y_2 = 2,0$ м; $z_1 = z_2 = 0$; $t_1 = 10,0$ нс, $t_2 = 20,0$ нс. Можно ли найти систему отсчета, в которой оба события происходят в одной точке пространства? [Можно]
2. С какой скоростью двигались в S -системе отсчета часы, если за время 5,0 с (в S -системе) они показали время, большее на 0,10 с собственного времени часов этой системы? [$2,999 \cdot 10^8$ м/с]
3. Полная энергия движущегося протона в 1,5 раза больше его энергии покоя. Определите полную и кинетическую энергию этого протона.
[1410 МэВ; 470 МэВ]
4. Электрон начинает двигаться в однородном электрическом поле с напряженностью $E = 10$ кВ/м. Через какое время после начала движения кинетическая энергия электрона станет равной его энергии покоя? [$\Delta t = ct_0/(eE) = 3 \cdot 10^{-7}$ с]
5. Определите линейную скорость v центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой $h = 1$ м. [$v = \sqrt{10gh/7} = 3,74$ м/с]
6. Земля и планета обращаются вокруг неподвижного центра масс по круговым орбитам. Каково отношение масс звезды и планеты $\frac{M}{m}$, если известно, что радиус орбиты звезды и период ее вращения равны R и T соответственно, а скорость движения планеты равна v ? Радиус орбиты звезды считать малым по сравнению с расстоянием «звезда-планета». [$\frac{M}{m} = \frac{vT}{2\pi R}$]
7. Два тела, массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, связанные невесомой нитью, лежат на гладкой горизонтальной поверхности. Нить обрывается, если сила её натяжения T_m превышает значение 2 Н. Определите в системе отсчета, связанной с телами, с какой максимальной по величине силой F можно тянуть первое тело, чтобы нить не оборвалась? [3 Н]



8. В системе отсчета, вращающейся вокруг неподвижной оси с $\omega = 5,0$ рад/с, движется тело массой $m = 100$ г. Какую работу совершила центробежная сила инерции при перемещении этого тела по произвольному пути из точки 1 в точку 2, которые расположены на расстояниях $r_1 = 30$ см и $r_2 = 50$ см от оси вращения? [0,2 Дж]

Вариант № 20

- Относительно оси x S -системы отсчета летит куб со скоростью \vec{v} . Ребро куба равно a . Ось x параллельна одному из ребер куба. Чему равен его объём в S -системе? Годится ли полученный ответ для тела произвольной формы? [$V = a^3 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$. Ответ не зависит от формы тела]
- Найдите расстояние, которое пролетела в лабораторной системе отсчета нестабильная частица от момента ее рождения до распада, если ее время жизни в этой системе отсчета 3,0 мкс, а собственное время жизни 2,2 мкс. [0,6 км]
- Найдите скорость частицы, если ее полная энергия в пять раз больше энергии покоя. [$2,94 \cdot 10^8$ м/с]
- Пучок релятивистских частиц с кинетической энергией T падает на поглощающую мишень. Сила тока в пучке равна I , заряд и масса покоя каждой частицы e и m_0 . Найдите силу давления пучка на мишень. [$F = \frac{I}{ec} \sqrt{T(T + 2m_0 c^2)}$]
- Человек массой 60 кг, стоящий на краю горизонтальной платформы массой 120 кг, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой 10 мин^{-1} , переходит к ее центру. Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определите, с какой частотой будет тогда вращаться платформа. [20 мин^{-1}]
- Определите объём планеты массой $6 \cdot 10^{24}$ кг, если период ее вращения вокруг собственной оси равен $3 \cdot 10^4$ с, а вес тела на ее экваторе составляет 97 % от веса этого тела на полюсе. Планету считать однородным шаром. [$1,5 \cdot 10^{21} \text{ м}^3$]
- На платформе, масса которой 5 кг, лежит груз массой 500 г. Коэффициент трения между грузом и платформой равен 0,1. Платформу тянут с силой 7 Н. Определите, с каким ускорением должна двигаться платформа, чтобы груз был неподвижен относительно платформы, если платформа движется по абсолютно гладкой поверхности. [1 м/с^2]

8. Тело свободно падает с высоты 600 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Географическая широта места падения 45° . [23,25 см]

Вариант № 21

1. Космический корабль движется со скоростью $0,6c$ по направлению к Земле. Определите расстояние, пройденное им в системе отсчета, связанной с Землей (система S), за время $0,5$ с, отсчитанное по часам в космическом корабле (система S'). [112,5 Мм]
2. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его собственное время стало в 10 раз меньше лабораторного? [4,61 МВ]
3. Мощность излучения Солнца близка к $4 \cdot 10^{26}$ Вт. Оцените массу, теряемую Солнцем из-за излучения в 1 с? [$4,4 \cdot 10^9$ кг/с]
4. Найдите зависимость скорости частицы с массой покоя m_0 от времени в постоянном поле $\vec{F} = \text{const}$ при условии, что начальная скорость частицы равнялась нулю. [$v = cFt / \sqrt{F^2 t^2 + m_0^2 c^2}$]
5. Две гири разной массы соединены нитью и переброшены через блок, момент инерции которого $50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ и радиус 20 см. Блок вращается с трением и момент трения равен $98,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Найти разность сил натяжения нити по обе стороны блока, если известно, что блок вращается с постоянным ускорением $2,36 \text{ 1/с}^2$. [1080 Н]
6. Земля и планета обращаются вокруг неподвижного центра масс по круговым орбитам. Найдите массу планеты m , если известно, что масса звезды равна M , а радиус орбиты звезды и скорость ее движения равны соответственно R и v . Считать, что $M \gg m$. [$\sqrt[3]{v^2 R M^2 / G}$]
7. В системе отсчета, вращающейся вокруг неподвижной оси с $\omega = 5,0 \text{ рад/с}$, движется тело массой $m = 100 \text{ г}$. Какую работу совершила центробежная сила инерции при перемещении этого тела по произвольному пути из точки 1 в точку 2, которые расположены на расстояниях $r_1 = 50 \text{ см}$ и $r_2 = 75 \text{ см}$ от оси вращения? [0,39 Дж]
8. Тело свободно падает с высоты 50 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Широта падения 45° . [0,54 см]

Вариант № 22

1. Космический корабль с постоянной скоростью $0,96c$ движется по направлению к центру Земли. Какое расстояние в системе отсчета, связанной с Землей, пройдет корабль за промежуток времени 7 с, отсчитанный по корабельным часам? Вращение Земли и ее орбитальное движение не учитывать. [$7,2 \cdot 10^9$ м]
2. Найдите собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость равна $c/3$, длина $1,5$ м и угол между ним и направлением движения 30° . [$1,57$ м]
3. Кинетическая энергия релятивистской частицы равна ее энергии покоя. Во сколько раз возрастет импульс частицы, если ее кинетическая энергия увеличится в 4 раза? [$2,82$]
4. Частица с массой покоя m_0 при $t = 0$ начинает двигаться под действием постоянной силы \vec{F} . Найдите зависимость от времени пройденного частицей пути. [$s = \frac{m_0 c^2}{F} \left(\sqrt{1 + [Ft/(m_0 c)]^2} - 1 \right)$]
5. Определите линейную скорость центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой 1 м. [$3,74$ м/с]
6. Земля и планета обращаются вокруг неподвижного центра масс по круговым орбитам. Найдите массу планеты m , если известно, что радиус орбиты планеты и скорость ее движения равны соответственно r и v_1 , а скорость движения звезды v . Радиус орбиты звезды считать малым по сравнению с расстоянием «звезда-планета». [$m = \frac{r v_2 v_1}{G}$]
7. К потолку лифта, движущемуся вертикально вверх с ускорением $1,2$ м/с², прикреплен динамометр, к которому подвешен невесомый блок. Через блок перекинута нить, к концам которой привязаны грузы массами $0,2$ кг и $0,3$ кг. Определите в системе отсчета, связанной с лифтом, показание динамометра, считая блок и нити невесомыми. [$5,28$ Н]

8. В северном полушарии на широте 60° паровоз массой 200 т идет с юга на север со скоростью 72 км/ч по железнодорожному пути, проложенному по меридиану. Определите модуль и направление силы, с которой паровоз действует на рельсы в направлении, перпендикулярном его движению. [500 Н]

Вариант № 23

- Какова должна быть кинетическая энергия частицы, чтобы ее продольный размер стал в k раз меньше поперечного? [$E_{\text{кин}} = (k - 1)m_0c^2$]
- Концентрация электронов в неподвижном металлическом стержне равна n_0 . Как изменяется ее значение в системе отсчета, движущейся относительно стержня со скоростью v ? [$n = n_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$]
- Импульс релятивистской частицы равен m_0c . Под действием внешней силы импульс частицы увеличился в 2 раза. Во сколько раз при этом возрастет кинетическая энергия частицы? [2,98]
- Два протона движутся с одинаковыми кинетическими энергиями T навстречу друг другу в системе центра масс. Найдите кинетическую энергию T' одного протона в системе отсчета, где другой протон покоится. [$T' = 2T(T + 2m_0c^2) / (m_0c^2)$]
- Сплошной цилиндр массой 4 кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Линейная скорость оси цилиндра равна 1 м/с. Определите полную кинетическую энергию цилиндра. [3 Дж]
- Определите период вращения планеты вокруг ее оси, если вес тела на экваторе составляет $n = 97\%$ от веса этого тела на полюсе. Средняя плотность ρ вещества планеты 5200 кг/м^3 . Планету считать однородным шаром.
[$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho(1-n)}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ с}$]
- Через невесомый блок перекинута веревка с грузами массой 1 кг и 2 кг. Блок движется вниз с ускорением 3 м/с^2 . Найдите в системе отсчета, связанной с блоком, силу натяжения нити и ускорение грузов. [9,3 Н; $2,3 \text{ м/с}^2$]

8. На экваторе выстрелили вертикально вверх пулей из ружья. На какое расстояние отклонится от вертикали пуля при подъеме на максимальную высоту? Начальная скорость пули 375 м/с. [27 м]

Вариант № 24

1. Через какое время фотон пролетит галактику диаметром 10^5 световых лет по наблюдениям с космического корабля, движущегося вслед за фотоном со скоростью, равной $0,6c$? [$5 \cdot 10^4$ лет]
2. Два ускорителя выбрасывают навстречу друг другу частицы со скоростями $0,9c$. Определите относительную скорость частиц в системе отсчета, движущейся вместе с одной из частиц. [$0,994c$]
3. Импульс релятивистской частицы равен m_0c . Под действием внешней силы импульс частицы увеличился в 2 раза. Во сколько раз при этом возрастет полная энергия частицы? [1,58]
4. Исходя из уравнения $\vec{F} = d\vec{p}/dt$, найдите коэффициент пропорциональности m_{\parallel} между силой \vec{F} и ускорением \vec{a} , когда $\vec{F} \parallel \vec{v}$, где \vec{v} – скорость частицы. [$m_{\parallel} = m_0 / \sqrt{(1 - v^2/c^2)^3}$]
5. Через блок, масса которого 100 г, перекинута тонкая гибкая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массой 200 г и 300 г. С каким ускорением двигаются грузы? [$1,8 \text{ м/с}^2$]
6. Звезда и массивная планета обращаются вокруг неподвижного центра масс по круговым орбитам. Найдите радиус R орбиты звезды, если известно, что масса звезды равна M , а радиус орбиты планеты и период ее обращения равны r и T соответственно. [$R = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{Gm}{r}} - r$]
7. Кабина лифта, высота которой равна 3 м, начала подниматься с ускорением $1,3 \text{ м/с}^2$. Через 1 с после начала подъема с потолка кабины стал падать болт. Найдите в системе отсчета, связанной с лифтом, время свободного падения болта. [$0,735 \text{ с}$]

8. Тело свободно падает с высоты 225 м на Землю. Определите отклонение тела к востоку под действием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли. Географическая широта места падения 45° . [5,23 см]

Вариант № 25

1. Мюоны, экспериментально обнаруженные на дне глубоких шахт, образуются в земной атмосфере и успевают до распада пролететь расстояние $6 \cdot 10^3$ м при скорости $0,995c$. Найдите собственное время жизни мюона. [$2 \cdot 10^{-6}$ с]
2. Две релятивистские частицы движутся в лабораторной системе со скоростями $0,6c$ и $0,9c$ вдоль одной прямой в одном направлении. Определите их относительную скорость. [$0,195c$]
3. Определите кинетическую энергию частицы, если ее импульс $p = m_0c$. [$0,414m_0c^2$]
4. Релятивистская частица с импульсом p и полной энергией E движется вдоль оси x в S' -системе, движущейся с постоянной скоростью V относительно S -системы в положительном направлении ее оси x . Покажите, что полная энергия E' частицы определяется формулой $E' = \frac{E - p_x V}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, где $\beta = V/c$.
5. Найдите полезную мощность двигателя, приводящего в движение платформу в виде блока массой 280 кг и радиусом 1,0 м, на краю которой стоит человек массой 60 кг, если за 30 с платформа приобретает скорость, соответствующую частоте 1,2 об/с. [18,9 Вт]
6. Звезда и массивная планета обращаются вокруг неподвижного центра масс по круговым орбитам. Найдите массу планеты m , если известно, что скорость движения планеты равна u , а скорость движения и период обращения звезды равны v_2 и T соответственно. [$m = \frac{(v_1 + v_2)^2 v_2 T}{2\pi G}$]

7. В системе отсчета, вращающейся вокруг неподвижной оси с $\omega = 5,0$ рад/с, движется тело массой $m = 100$ г. Какую работу совершила центробежная сила инерции при перемещении этого тела по произвольному пути из точки 1 в точку 2, которые расположены на расстояниях $r_1 = 30$ см и $r_2 = 50$ см от оси вращения? [0,2 Дж]
8. Тело массой $m_1 = 1$ кг находится на наклонной плоскости подвижного клина массой $m_2 = 5$ кг. Плоскость клина составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Найдите величину силы инерции $F_{ин}$, действующей на тело. Силами трения пренебречь. [$F_{ин} = m_1 g \sin \alpha \cos \alpha / (\sin^2 \alpha + m_2/m_1) = 0,8$ Н]