

Виртуальный курс физики

Оптика

Специальная теория относительности.
Задачи для самостоятельного решения



ОПТИКА

Основы специальной теории относительности

Рекомендации по решению задач

При решении задач, связанных с движением тел со скоростями, близкими к скорости света, следует пользоваться формулами, вытекающими из специальной теории относительности.

Основные законы и соотношения

$$x = \frac{x' + vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– координата в неподвижной системе отсчета; x' – координата в подвижной системе отсчета; v – скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной; c – скорость света.

$$t = \frac{t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– время в неподвижной системе отсчета; t' – время в подвижной системе отсчета.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

– длина отрезка в подвижной системе координат; l_0 – длина его в неподвижной системе отсчета; v – скорость относительно неподвижной системы координат; c – скорость света.

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– продолжительность промежутка времени в неподвижной системе координат; τ_0 – длительность промежутка времени в системе координат, движущейся со скоростью v относительно неподвижной системы координат.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– масса тела, движущегося со скоростью v ; m_0 – масса покоящегося тела (масса покоя); c – скорость света.

$$W = mc^2$$

– энергия, связанная с массой тела m ; c – скорость света.

Задачи для самостоятельного решения

1. Космический корабль, пролетающий мимо наблюдателя, имеет скорость, равную $2,4 \cdot 10^8$ м/с. По измерениям наблюдателя длина корабля оказалась равной 90 м. Какую длину будет иметь корабль в состоянии покоя?

Ответ: 150 м.

2. При какой скорости релятивистское сокращение длины движущегося стержня составит 10 %?

Ответ: $1,3 \cdot 10^8$ м/с.

3. Один из двух стержней, имеющих одинаковую длину, находится в состоянии покоя, а второй движется относительно первого со скоростью $2,4 \cdot 10^8$ м/с. Какова разница в их длине?

Ответ: 0,4 м.

4. Найти собственную длину стержня, который движется со скоростью, равной $0,5c$ (c – скорость света), в направлении, образующем с осью стержня угол, равный 45° .

Ответ: 1,08 м.

5. Длина катета прямоугольного треугольника равна 5 м, а угол между ним и гипотенузой равен 30° . Какова длина катета в системе отсчета, движущейся вдоль него со скоростью $2,6 \cdot 10^8$ м/с.

Ответ: 3,8 м.

6. Космический корабль, летящий со скоростью $2,9 \cdot 10^8$ м/с, достигает звезды, расположенной на расстоянии 40 световых лет от Земли, и возвращается обратно. Сколько времени займет полет у земного наблюдателя и космонавта?

Ответ: 156,8 лет, 40 лет.

7. Элементарная частица пион живет до распада в состоянии покоя 10 нс. Какой путь пройдет пион в системе отсчета, в которой время ее жизни вдвое продолжительнее?

Ответ: 4,5 м.

8. Какой промежуток времени пройдет на Земле, если ракета движется относительно нее 10 лет со скоростью $2,8 \cdot 10^8$ м/с?

Ответ: 27,8 лет.

9. Двое часов были синхронизованы перед стартом на космодроме. Насколько часы, находящиеся у космонавта, отстанут за полгода по сравнению с оставшимися на Земле, если скорость корабля составляет 7,9 км/с.

Ответ: 0,57 с.

10. Мю-мезон пролетает в атмосфере до распада 5 км. С какой скоростью летит мю-мезон, если его собственное время жизни составляет $2,21 \cdot 10^{-6}$ с?

Ответ: 0,99 с.

11. При движении тела его продольные размеры уменьшились вдвое. Во сколько раз изменилась масса этого тела?

Ответ: в два раза.

12. Скорость релятивистской частицы равна $2,4 \cdot 10^8$ м/с. Найти отношение массы частицы к ее массе покоя.

Ответ: 1,67.

13. Масса покоя тела равна 2,4 кг. Неподвижный наблюдатель определил, что движущееся тело имеет массу 4 кг. С какой скоростью двигалось тело?

Ответ: $2,4 \cdot 10^8$ м/с.

14. Плотность тела в состоянии покоя равна ρ_0 . При движении тела плотность увеличилась на $0,25 \rho_0$. Определить, при какой скорости тела это произошло?

Ответ: $1,8 \cdot 10^8$ м/с.

15. Определить, чему равен импульс электрона, имеющего скорость, равную $1,8 \cdot 10^8$ м/с. Массу покоя электрона считать равной $9 \cdot 10^{-31}$ кг.

Ответ: $2,05 \cdot 10^{22}$ кг·м/с.

16. Определить релятивистскую скорость частицы, если ее импульс в два раза больше, чем при малых скоростях.

Ответ: $2,6 \cdot 10^8$ м/с.

17. Какая энергия могла бы выделиться, если бы удалось 1 кг вещества полностью превратить в энергию поля?

Ответ: $9 \cdot 10^{16}$ Дж.

18. Электростанция за один час вырабатывает $2,5 \cdot 10^6$ кВт электрической энергии. Какой массе вещества соответствует эта энергия?

Ответ: 0,028 мкг.

19. Известно, что при столкновении частиц и античастиц они аннигилируют, полностью превращаясь в излучение. Какое количество энергии выделяется при аннигиляции электрона и позитрона?

Ответ: $1,64 \cdot 10^{-13}$ Дж.

20. За 1 с масса Солнца уменьшается на 4 Мт. Какое количество энергии выделяется Солнцем за 1 ч?

Ответ: $1,3 \cdot 10^{30}$ Дж.

