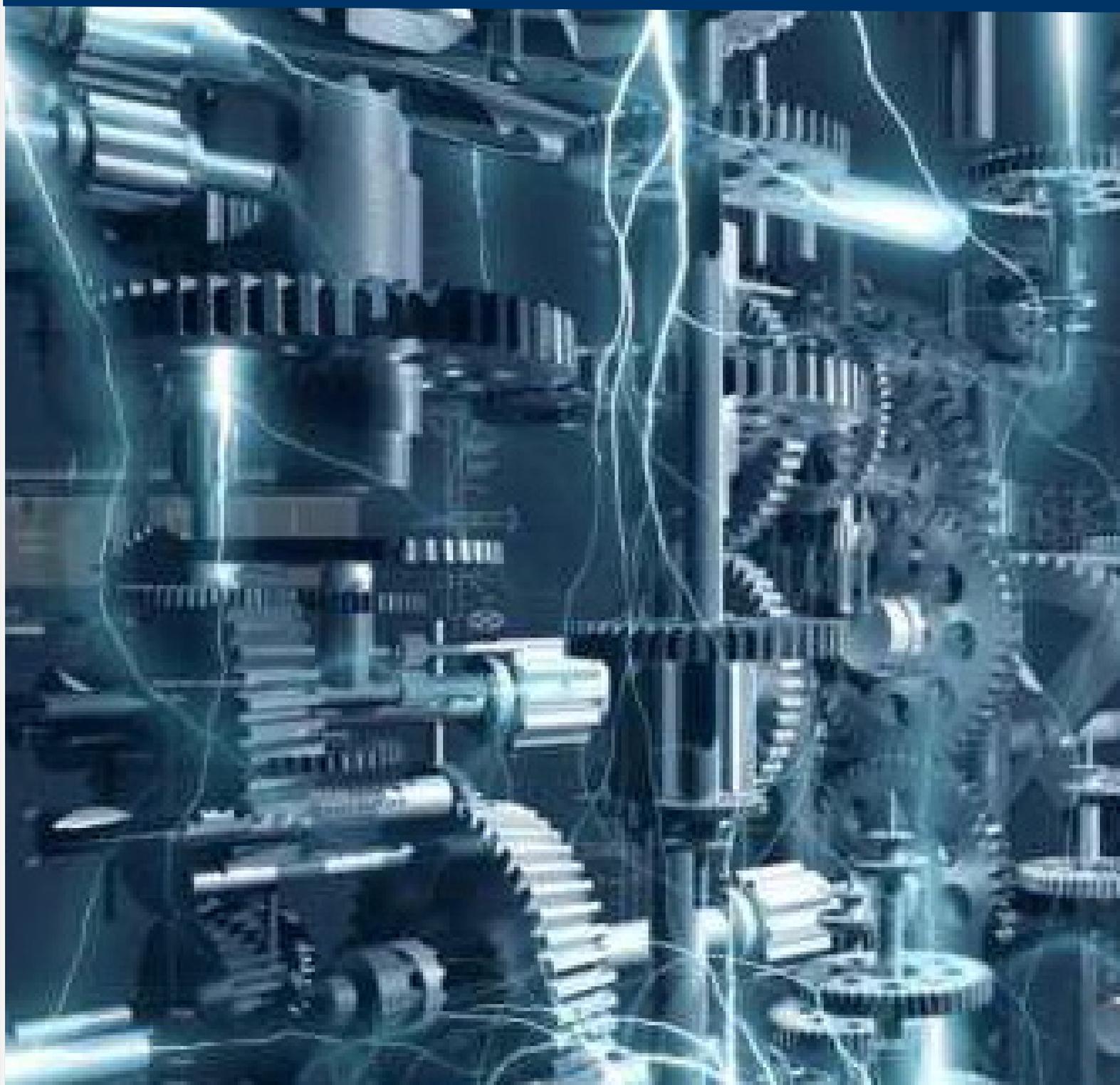


Виртуальный курс физики

МЕХАНИКА

**Кинематика. Задачи для
самостоятельного решения**



МЕХАНИКА

Кинематика

Рекомендации по решению задач

В основе каждой задачи лежит то или иное проявление одного или нескольких фундаментальных законов природы и их следствий. Поэтому, прежде чем приступать непосредственно к решению задач, необходимо основательно изучить соответствующие законы, их физический смысл и описывающие их математические формулы.

При решении задач необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- а) решение задачи независимо от способа задания физических величин следует искать в общем виде в буквенном выражении. Это дает возможность проследить применение тех или иных законов и при необходимости проверить любую часть решения, исключив возможные ошибки. Кроме того, полученное выражение легко анализировать;
- б) ознакомившись с условием задачи, необходимо составить схематический чертеж, поясняющий ее суть, и указать на нем все величины, характеризующие данное явление. Если для полного описания этого явления требуется использовать величины, которые не входят в условие задачи, необходимо их ввести в решение самостоятельно;
- в) проанализировав условие задачи и установив физические закономерности, связывающие известные и неизвестные величины, входящие в задачу, следует выявить математическую зависимость между этими величинами. В результате получим одно или несколько уравнений, и физическая задача сведется к математической;
- г) решить составленную систему уравнений, предварительно убедившись, что число уравнений равно числу неизвестных, и получить ответ в общем виде. Проанализировав ответ, приступить к численным расчетам. Прежде чем подставить в формулу численные значения входящих в нее величин, необходимо выбрать систему единиц, в которой будут выполняться вычисления. Предпочтение следует отдавать Международной системе единиц (СИ). Подставив численные значения всех величин (вместе с их единицами измерения), входящих в расчетную формулу, следует сначала провести действия с единицами измерения и убедиться в правильной размерности искомой величины, после чего приступить к численным расчетам.

Проводя арифметические расчеты, следует помнить, что числовые значения физических величин являются приближенными, поэтому, выполняя

расчеты, необходимо пользоваться правилами приближенных вычислений, что позволяет во многих случаях сэкономить время, не теряя точности. Получив ответ, необходимо оценить, насколько он реален. Такая оценка зачастую позволяет предупредить ошибочность полученного результата.

Основные законы и соотношения

Равномерное прямолинейное движение ($v = \text{const}$)

$x(t) = x_0 + v_X t$	– координата тела в момент времени t ; x_0 – начальная координата тела при $t = 0$; v_X – проекция вектора скорости \mathbf{v} на ось OX .
$s = vt$	– путь, пройденный телом со скоростью v , в случае прямолинейного равномерного движения без изменения направления скорости.
$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u}$	– скорость тела относительно неподвижной системы отсчета XOY ; \mathbf{v}' – скорость того же тела в подвижной системе отсчета $X'O'Y'$; \mathbf{u} – скорость движущейся поступательно системы отсчета $X'O'Y'$ относительно неподвижной системы отсчета XOY .

Неравномерное прямолинейное движение

$v_{\text{cp}} = \frac{s}{t}$	– средняя путевая скорость неравномерного прямолинейного движения; s – путь, пройденный телом за промежуток времени t .
-------------------------------	---

Равнопеременное прямолинейное движение ($a = \text{const}$)

$x(t) = x_0 + v_{0X}t + \frac{a_X t^2}{2},$	где v_{0X} , a_X – проекции векторов начальной скорости v_0 и ускорения a на ось OX , совмещенную с траекторией прямолинейного движения тела.
$a_X = \frac{v_X - v_{0X}}{t},$	
$v_X = v_{0X} + a_X t$	
$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2},$	– равноускоренное движение ($v_{0X} = v_0$, $a_X = a$).
$v = v_0 + at$	

$$x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2},$$

$$v = v_0 - at$$

– равнозамедленное движение ($v_{0X} = v_0$, $a_X = -a$) до момента остановки.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

$$x(t) = v_{0X}t,$$

$$y(t) = v_{0Y}t + \frac{g_Y t^2}{2},$$

где $v_{0X} = v_0 \cos \alpha$, $v_{0Y} = v_0 \sin \alpha$, g_Y – проекции начальной скорости ускорения на оси координат; α – угол, под которым брошено тело.

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2}$$

– скорость тела в любой момент времени; v_X и v_Y – проекции вектора скорости на оси координат.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha},$$

где β – угол, под которым вектор скорости направлен к горизонту в момент времени t .

$$t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

– время подъема тела до верхней точки траектории.

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

– максимальная высота подъема тела до верхней точки траектории.

$$s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

– дальность полета тела.

Движение тела, брошенного горизонтально

$$x(t) = v_{0X}t,$$

$$y(t) = \frac{g_Y t^2}{2},$$

где $v_{0X} = v_0$, g_Y – проекции начальной скорости и ускорения на оси координат.

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2}$$

– скорость тела в любой момент времени; $v_X = v_0$, $v_Y = gt$ – проекции вектора скорости на оси координат.

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{gt}{v_0},$$

где β – угол, под которым вектор скорости \mathbf{v} направлен к горизонту.

$$t_{\text{пол}} = \sqrt{2h/g}$$

– время полета тела.

$$s = v_0 \sqrt{2h/g}$$

– дальность полета тела.

Равномерное движение по окружности

$$v = \frac{s}{t}$$

– линейная скорость точки, движущейся по окружности; s – пройденный путь; t – промежуток времени, за который пройден этот путь.

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

– угловая скорость; φ – угол поворота радиус-вектора \mathbf{r} точки за промежуток времени t .

$$\varphi = 2\pi N,$$

где N – число оборотов, совершенных точкой за промежуток времени t .

$$\omega = 2\pi\nu, \quad \nu = \frac{1}{T},$$

где $\nu = \frac{N}{t}$, $T = \frac{2\pi R}{v}$ – частота и период обращения; R – радиус окружности.

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

– частота и период обращения; R – радиус окружности.

$$v = \omega R$$

– связь между линейной v и угловой ω скоростями.

$$a_n = \frac{v^2}{R}, \quad a_n = \omega^2 R$$

– центростремительное (нормальное) ускорение точки, движущейся по окружности.

Задачи для самостоятельного решения

1. Тело движется в отрицательном направлении оси OX со скоростью 2 м/с. В начальный момент движения координата тела равна 6 м. Определить координату тела спустя 7 с после движения.

Ответ: – 8 м.

2. Определить длину поезда, если мост длиной 150 м он проходит за 1 мин, а мимо наблюдателя движется в течение 24 с. Скорость поезда постоянна.

Ответ: 100 м.

3. Два велосипедиста стартуют одновременно на дистанции 1 км. Скорость первого велосипедиста равна 8 м/с, а скорость второго – 10 м/с. На каком расстоянии от финиша находится первый велосипедист в момент финиша второго велосипедиста?

Ответ: 200 м.

4. Человек стреляет из пистолета по мишени, находящейся от него на расстоянии 34 м. Спустя какое время после выстрела он услышит звук от удара пули о мишень, если скорость пули равна 680 м/с, а скорость распространения звука 340 м/с?

Ответ: 0,15 с.

5. Колонна машин движется по шоссе со скоростью 10 м/с, растянувшись на расстояние 2 км. Из хвоста колонны выезжает мотоциклист со скоростью 20 м/с и движется к голове колонны. За какое время он достигнет головы колонны?

Ответ: 200 с.

6. Если два тела движутся навстречу друг другу, то расстояние между ними уменьшается на 16 м за время 10 с. Если тела с прежней скоростью движутся в одном направлении, то расстояние между ними увеличивается на 3 м за время 5 с. Какова скорость каждого тела?

Ответ: 1,1 м/с, 0,5 м/с.

7. Определить скорость встречного ветра, если пассажир автобуса, движущегося со скоростью 15 м/с, заметил, что след капли дождя на боковом стекле расположен под углом 45° к горизонту. Вертикальная составляющая скорости дождя 23 м/с.

Ответ: 8 м/с.

8. Какую поступательную скорость имеют верхние точки обода велосипедного колеса, если велосипедист едет со скоростью 20 км/ч?

Ответ: 40 км/ч.

9. Сколько секунд пассажир, стоящий у окна поезда, идущего со скоростью 60 км/ч, будет наблюдать проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого 48 км/ч, а длина 150 м?

Ответ: 5 с.

10. Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимется за 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир, идущий по движущемуся эскалатору?

Ответ: 45 с.

11. Катер пересекает реку. Скорость течения реки равна 3 м/с, скорость катера в стоячей воде – 6 м/с. Определить угол между векторами скорости катера относительно воды и скорости течения, если катер движется по кратчайшему пути. Ответ привести в градусах.

Ответ: 120°.

12. Катер, идущий вниз по реке, догоняет спасательный круг. Через 30 мин он поворачивает назад и снова встречает круг на расстоянии 5 км от места первой встречи. Найти скорость течения реки (в км/ч).

Ответ: 5 км/ч.

13. Первую четверть пути поезд прошел со скоростью 60 км/ч. Средняя скорость на всем протяжении движения оказалась равной 40 км/ч. С какой скоростью прошел поезд оставшуюся часть пути?

Ответ: 36 км/ч.

14. Автомобиль первую половину пути двигался со скоростью, в 1,5 раза большей, чем вторую. Найти отношение средней скорости автомобиля на всем протяжении пути к скорости на второй его половине.

Ответ: 1,2.

15. Два автомобиля движутся навстречу друг другу с одинаковым ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$: один – равнозамедленно с начальной скоростью 36 км/ч, другой – равноускоренно с начальной скоростью 9 км/ч. Через какой промежуток времени они встретятся, если вначале расстояние между ними составляло 250 м?

Ответ: 20 с.

16. Одну треть пути автомобиль движется со скоростью 60 км/ч, вторую треть – со скоростью 30 км/ч, а остальное время приходится на остановки. Определить среднюю скорость автомобиля.

Ответ: 30 км/ч.

17. Лыжник съезжает с горы и за первые 2 с проходит расстояние, равное 2 м, а за следующие 2 с – еще 5 м. Определить начальную скорость и ускорение.

Ответ: 0,25 м/с, $0,75 \text{ м/с}^2$.

18. Первую четверть пути тело двигалось с постоянной скоростью 15 м/с, а оставшийся до остановки путь – равнозамедленно с ускорением 3 м/с^2 . Найти протяженность пути, пройденного телом.

Ответ: 50 м.

19. Тело начинает двигаться из состояния покоя и в течение 10 с движется равноускоренно с ускорением 4 м/с^2 . Затем движение его становится равнозамедленным с ускорением 2 м/с^2 , и тело останавливается. Найти путь, пройденный телом.

Ответ: 600 м.

20. Считая силу торможения постоянной, найти время, необходимое мотоциклисту для полной остановки, если за 3 с он проехал первую половину тормозного пути. Ответ округлить до целого.

Ответ: 10 с.

21. По наклонной доске снизу вверх скользит льдинка. Через 1 с и 2 с от начала движения она дважды побывала на расстоянии 30 см от начала доски. Определить начальную скорость и ускорение движения льдинки.

Ответ: $0,45 \text{ м/с}$, $0,3 \text{ м/с}^2$.

22. Тело, вышедшее из некоторой точки A , двигалось с постоянным по модулю и направлению ускорением. Скорость его после 5 с движения была $1,5 \text{ м/с}$, по прошествии 6 с оно остановилось, после чего стало двигаться обратно. Найти путь, пройденный телом до остановки, и скорость, с которой оно вернулось в точку A .

Ответ: 27 м, 9 м/с.

23. Человек, стоящий в момент отправления электропоезда у передних дверей первого вагона, заметил, что вагон прошел мимо него за 20 с. Определить время, в течение которого мимо него пройдет четвертый вагон, если поезд движется равноускоренно?

Ответ: 5,4 с.

24. Автомобиль начинает движение из состояния покоя и проходит путь длиной 120 м. Первые 80 м он движется равноускоренно, а остальные 40 м – равнозамедленно, проходит их за 2 с и останавливается. Определить среднюю скорость автомобиля на всем протяжении пути.

Ответ: 20 м/с.

25. Подъезжая к остановке, автобус тормозит и, проехав равнозамедленно 50 м, останавливается. Сколько времени продолжалось торможение, если за последнюю секунду автобус проехал 0,5 м?

Ответ: 10 с.

26. Над колодецем глубиной 20 м подброшен вертикально вверх камень со скоростью 15 м/с . Через сколько секунд он упадет на дно колодца?

Ответ: 4 с.

27. За пятую секунду равнозамедленного движения тело проходит 5 м и останавливается. Какой путь оно прошло за третью секунду?

Ответ: 25 м.

28. Поезд между двумя станциями метро проходит расстояние 1,8 км со средней скоростью 54 км/ч. На участке разгона он движется равноускоренно в течение 40 с, затем – равномерно, после чего – равнозамедленно в течение 20 с до полной остановки. Определить наибольшую скорость поезда.

Ответ: 20 м/с.

29. Тело, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх со скоростью 30 м/с, дважды побывало на высоте 40 м. Какой промежуток времени разделяет два этих события?

Ответ: 2 с.

30. С башни с одинаковой скоростью 15 м/с бросают одновременно два мяча: один – вертикально вверх, другой – вертикально вниз. Найти промежуток времени, отделяющий моменты их падения на Землю.

Ответ: 3 с.

31. Свободно падающее вертикально тело пролетает за последние 0,5 с расстояние 30 м. Найти скорость его в момент приземления.

Ответ: 62,5 м/с.

32. Сосулька падает с крыши дома. Первую половину пути она пролетает за 1 с. Определить время, которое ей осталось лететь?

Ответ: 0,4 с.

33. Свободно падающее тело через некоторое время после начала падения находилось на высоте 1000 м, а через 10 с – на высоте 100 м. С какой высоты падало тело?

Ответ: 1080 м.

34. Тело брошено с высоты 38 м вертикально вверх с начальной скоростью 9 м/с. Какой путь пройдет тело за последнюю секунду перед падением на Землю?

Ответ: 24 м.

35. Лифт поднимается с ускорением $2,1 \text{ м/с}^2$. Спустя 1 с от потолка кабины лифта отделился и стал падать шуруп. Определить время падения шурупа на пол кабины, высота которой 2,45 м. Ответ дать с точностью до десятых.

Ответ: 0,6 с.

36. Подъемный кран опускает плиту с постоянной скоростью 1 м/с. Когда плита находилась на расстоянии 4 м от поверхности Земли, с нее упал небольшой камень. На сколько секунд раньше камень достигнет поверхности Земли, чем плита?

Ответ: 3,2 с.

37. Два тела падают с одной высоты с интервалом 2 с. Через какое время с момента падения первого тела расстояние между телами будет равно 40 м?

Ответ: 3 с.

38. Человек прыгает с подножки поезда, идущего со скоростью 18 км/ч. В момент прыжка он отталкивается и приобретает относительно поезда скорость 2 м/с. На каком расстоянии приземлится человек от того места, где он спрыгнул с подножки, если высота подножки над уровнем Земли составляет 1,25 м?

Ответ: 1,5 м.

39. Камень, брошенный с башни горизонтально со скоростью 20 м/с, падает на Землю под углом 60° к горизонту. Найти высоту башни.

Ответ: 60 м.

40. Мяч, брошенный горизонтально с вышки высотой 10 м, подлетает к поверхности Земли под углом 45° к горизонту. На каком расстоянии от основания вышки мяч упадет на Землю?

Ответ: 20 м.

41. Под каким углом к горизонту следует бросить тело, чтобы дальность его полета в четыре раза превышала максимальную высоту подъема? Ответ дать в градусах.

Ответ: 45° .

42. Два мяча, брошенных под углом 15° и 45° к горизонту, упали на Землю в одной точке. Найти отношение начальной скорости первого мяча к аналогичной величине второго.

Ответ: 1,41.

43. Камень дважды бросают с одинаковой скоростью. Первый раз – на максимально возможное расстояние 90 м. Найти угол, под которым брошен камень второй раз, если в верхней точке траектории его скорость составляет 15 м/с. Ответ привести в градусах.

Ответ: 60° .

44. Камень брошен вниз со скоростью 10 м/с под углом 45° к подножию горки, образующей с горизонтом угол 60° . Определить величину максимального удаления камня от подножия горки.

Ответ: 5 м.

45. Копье брошено с начальной скоростью 40 м/с под углом 30° к горизонту. Через какое время оно достигнет половины максимальной высоты? Ответ округлить до десятых.

Ответ: 0,6 с.

46. Камень, брошенный вверх с башни высотой 5 м под углом 45° к горизонту, упал на поверхность Земли на расстоянии 5 м от основания башни. Определить начальную скорость камня.

Ответ: 5 м/с.

47. Акробат прыгает с трамплина и через 1,6 с приземляется на расстоянии 9,6 м от него. Найти скорость акробата в момент прыжка.

Ответ: 10 м/с.

48. Камень брошен со скоростью 20 м/с под углом 60° к горизонту. Через какое минимальное время вектор скорости камня будет составлять с горизонтом угол 45° ?

Ответ: 0,73 с.

49. Копье, брошенное под углом 45° к горизонту, через 1,5 с после начала движения имело вертикальную проекцию скорости, равную 5 м/с. Найти дальность полета копья.

Ответ: 80 м.

50. Из одной точки одновременно в горизонтальном направлении вылетают две частицы с противоположно направленными скоростями, равными 20 и 5 м/с. Через какое время угол между направлениями скоростей частиц будет равен 90° ?

Ответ: 1 с.

51. Вертикально падающее тело дважды упруго отражается от наклонной плоскости с углом при основании 30° . Определить расстояние между точками отскоков, если скорость тела к моменту первого удара составляет 2 м/с.

Ответ: 0,8 м.

52. Пуля пробивает два вертикально висящих листа бумаги, расстояние между которыми 45 м. Отверстие во втором листе оказалось на 5 см ниже, чем в первом. Определить скорость пули, если к первому листу она подлетела, двигаясь горизонтально.

Ответ: 450 м/с.

53. Мяч брошен под углом 30° к горизонту. Найти его начальную скорость, если на высоте 5 м мяч оказывался дважды с интервалом в 1,5 с.

Ответ: 25 м/с.

54. Автомобиль движется со скоростью 60 км/ч. Сколько оборотов в секунду делают его колеса, если они катятся по шоссе без скольжения, а внешний диаметр покрышек колес равен 60 см.

Ответ: 9 об/с.

55. Тело движется по окружности с постоянной скоростью 10 м/с, совершая один оборот за 62,8 с. Найти ускорение, с которым движется тело.

Ответ: 1 м/с^2 .

56. При равномерном движении по окружности радиусом 0,1 м тело совершает 30 об/мин. Определить величину центростремительного ускорения. Квадрат числа π считать равным 10.

Ответ: 1 м/с^2 .

57. Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.

Ответ: 8,33 см.

58. При равномерном движении по окружности тело проходит 5 м за 2 с. Определить центростремительное ускорение тела, если период обращения равен 5 с.

Ответ: $3,14 \text{ м/с}^2$.

59. Тело движется равномерно по окружности радиусом 1 м. Определить период обращения тела по окружности, если центростремительное ускорение составляет 4 м/с^2 .

Ответ: 3,14 с.

60. Автомобиль начинает движение из состояния покоя по окружности радиусом 75 м и за 10 с проходит 25 м. Найти нормальное ускорение по прошествии десятой секунды.

Ответ: $0,33 \text{ м/с}^2$.