

Задачи по курсу «Основы физики» для самостоятельной работы

1. Рассеянный философ плыл на лодке вниз по течению и не заметил, как у него с головы упала шляпа и свалилась в воду. Через полчаса он заметил пропажу, вернулся и подобрал шляпу. Как долго он плыл к шляпе? Скорость течения $V_1 = 3$ км/час, скорость лодки $V_2 = 5$ км/час.
2. В апреле 1591 г. вокруг наклонной башни в итальянском городе Пиза собралось много зевак. Все хотели увидеть, как профессор математики Галилео Галилей будет прыгать с башни. К разочарованию собравшихся Галилей с башни не прыгнул, а только бросал вниз камни, чтобы, наблюдая за ними, опровергнуть теорию Аристотеля, будто бы в два раза больший камень падает в два раза быстрее. Оценить высоту пизанской башни, зная, что камни, брошенные Галилеем, достигали земли в течение примерно 3,5 секунд. Галилей пришел к правильному и важному заключению, что все камни падают одинаково, но вначале ошибочно считал, что скорость, приобретаемая камнем, пропорциональна пролетаемому камнем расстоянию. А как на самом деле? (Галилей не был первым, бросавшим камни с башни с целью изучения законов падения тел. Еще до рождения Галилея (1564 г.) камни с башни бросал в 1553 г. итальянский ученый Джованни Баттиста Бенедетти.)
3. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью $V_1 = 91$ км/час, вторую половину пути со скоростью $V_2 = 112$ км/час. Найти среднюю скорость автомобиля.
4. Вычислить первую и вторую космические скорости для Земли. Первая космическая скорость – это минимальная скорость, при которой спутник начнет вращаться по круговой орбите вокруг Земли (при меньшей скорости спутник упадет на Землю). Вторая космическая скорость – это минимальная скорость, при которой ракета, запущенная с поверхности Земли перпендикулярно поверхности, улетит сколь угодно далеко от Земли (вращением Земли, существованием Луны, Солнца и других планет пренебречь).
5. Воспользовавшись третьим законом Кеплера $T^2 \sim R^3$ и выражением для центробежной силы $F = \frac{mV^2}{R}$, вывести закон обратных квадратов для силы тяготения.
6. Вычислить, на каком расстоянии от центра Земли нужно «подвесить» искусственный спутник, чтобы он все время «висел» над одной и той же точкой на поверхности Земли. Воспользоваться третьим законом Кеплера $T^2 \sim R^3$. Считать, что лунный месяц равен 27 суткам, а расстояние от Земли до Луны равно 400 000 км.
7. Если бы колодец, в который упала Алиса из «Страны чудес» был прорыт сквозь Землю насквозь, как долго падала бы Алиса к центру Земли? Воспользоваться формулой, определяющей период малых колебаний маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. В случае Алисы, вместо длины подвеса маятника, нужно взять радиус Земли. g – ускорение силы тяжести на поверхности Земли.

8. Во время первой мировой войны между британским и немецким флотами произошло знаменитое морское сражение в районе Фолклендских островов, расположенных вблизи южной части Южной Америки (-50° ю.ш.). В ходе этого сражения снаряды английских пушек, несмотря на точный прицел, по загадочной причине падали в сотне метров левее немецких кораблей. Прицельные устройства английских пушек не вызывали никаких сомнений, так как пушки были точно пристреляны еще в Англии. Почему это происходило?
9. В полный штиль парусный корабль застрял на экваторе. Капитан приказал поднять якорь на мачту. В какую сторону начнет двигаться корабль и почему?
10. Правда ли, что днем наш вес меньше, чем ночью (за счет притяжения к Солнцу)?
11. Солнце притягивает Луну почти в два раза сильнее, чем Земля. Почему же мы до сих пор не потеряли Луну?
12. Сегодня в 12 часов дня был прилив. Когда он будет завтра?
13. Формулу для радиуса черной дыры можно найти так, как ее нашел Лаплас в 1798 году. Лаплас считал, что свет не может покинуть небесное тело (звезду), если полная энергия E световой корпускулы (кинетическая + потенциальная) $E = \frac{mc^2}{2} - \frac{GMm}{R} < 0$. Отсюда Лаплас нашел, что $R < \frac{2GM}{c^2} = R_g$. R_g – правильное выражение радиуса черной дыры. Почему вывод Лапласа неправильный?
14. Сколько лет нужно путешествовать в автомобиле со скоростью 100 км/час, чтобы помолодеть на 10 минут?
15. На сколько поверхность Земли на северном полюсе старше поверхности Земли на экваторе? Возраст Земли считать равным 4,5 млрд лет. Что можно сказать о возрасте Земли в ее центре?
16. Электрон разогнан в ускорителе до энергии, равной 50 миллиардам электронвольт. Найти скорость электрона в единицах скорости света. (Энергия покоя электрона равна 500 тысячам электронвольт.)
17. Пусть электрон из задачи 16 движется по кольцу длиной в 30 км. До какой длины сократилось бы кольцо для микроробота, если бы он мог двигаться вместе с электроном?
18. Философ Павел Флоренский считал, что Земля – центр Вселенной, вращающейся вокруг Земли. Флоренский принимал теорию относительности Эйнштейна и вычислил, на каком расстоянии от Земли находится «тот свет». На каком?
19. Задача А. Д. Сахарова: «Два самолета, летящие на одной высоте с одинаковой относительно Земли скоростью, одновременно вылетают из точки, расположенной на экваторе, и облетают Землю по экватору в противоположных направлениях – с востока на запад и с запада на восток. На борту самолетов установлены сверхточные атомные часы. Чему равно изменение разности показаний часов к концу полета?» Задача Сахарова интересна тем, что ответ в ней не зависит ни от высоты полета, ни от времени полета. Он определяется только длиной экватора L и продолжительностью суток T и равен $2L^2/c^2T = 336$ наносекунд. Формула, полученная А. Д. Сахаровым, правильна, а правилен ли полученный им численный результат?
20. Светимость Солнца (то есть энерговыделение на килограмм массы) очень мала, $0,2 \text{ мВт/кг}$, (для сравнения, «светимость» котенка равна 5 Вт/кг). Термоядерные реакции, происходящие на Солнце, приводят к уменьшению массы Солнца, согласно

формуле Эйнштейна $E=mc^2$. Сколько лет будет гореть Солнце, если будет продолжать гореть с той же скоростью, что и сейчас? Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг.

21. Американский физик Роберт Вуд однажды был задержан полицейскими за то, что пересек перекресток при красном свете светофора. Вуд объяснил полицейским, что ехал так быстро, что за счет эффекта Доплера красный свет выглядел как зеленый. С какой скоростью ехал Роберт Вуд? Вычислить скорость Вуда по формуле $V = c \frac{\lambda_2^2 - \lambda_1^2}{\lambda_2^2 + \lambda_1^2}$, где

$$\lambda_1 = 550 \text{ нм}, \lambda_2 = 650 \text{ нм}.$$

22. Чем неправильно «объяснение» красного смещения в гравитационном поле Земли: энергия фотона пропорциональна его частоте, фотон, поднимаясь в гравитационном поле теряет энергию, а, следовательно, его частота уменьшается.
23. В Большом адронном коллайдере протоны разгоняются до энергии в 14 ТэВ (1 ТэВ = 10^{12} эВ), что в 15 000 превосходит энергию покоя протона. Нейтрон в среднем живет 15 минут. Сколько в среднем проживет нейтрон, если его разогнать до такой скорости, до какой разгоняются протоны в Большом адронном коллайдере.
24. Рассчитать уровни энергии атома водорода, исходя из условия, что на орбите электрона, движущегося по окружности вокруг протона, укладывается целое число волн де Бройля $\lambda = h/p$.
25. Исходя из формулы для длины волны де Бройля $\lambda = h/p$, показать, что скорость света в материальной среде и импульс фотона обратно пропорциональны.
26. Период полураспада трития (^3H) равен 12 годам. Какая часть трития останется в ядерной боеголовке через 6 лет?
27. При взрыве чернобыльского реактора было выброшено в атмосферу радиоактивного цезия-137 в 300 раз больше, чем при взрыве атомной бомбы в Хиросиме. Период полураспада цезия-137 равен 30 годам. Сколько цезия-137 распадется за 45 лет (к 26 апреля 2041 года)?
28. Атомные ядра состоят из протонов и нейтронов. Нейтрон нестабилен, период полураспада нейтрона равен 10 минутам. До какой энергии нужно разогнать нейтрон, чтобы его период полураспада равнялся 10 годам?
29. Нейтрон нестабилен, период полураспада нейтрона равен 10 минутам. С какой скоростью должен лететь нейтрон, чтобы он смог с вероятностью 50% пролететь расстояние в 10 световых лет?
30. Возраст нашей Вселенной 13,8 млрд лет. За последние 5 млрд лет Вселенная расширилась в 21 раз. Какова была температура реликтового излучения 5 млрд лет назад, если сейчас она равна 2,725 К?