Теоретические вопросы к экзамену по физике (1-й семестр 2013-2014 уч. г.)

1. Как определяются координаты центра масс и скорость центра масс для системы материальных точек массами mi, координатами r_i и скоростями v_i? Как зависят эти величины от выбора начала отсчета? Запишите соответствующие выражения. Рассмотрите две частицы с одинаковыми массами m, движущиеся прямолинейно с одинаковой скоростью v по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Чему равна скорость центра масс этой системы и скорость каждой частицы в системе центра масс?

2. Сформулируйте принцип причинности. Покажите, как этот принцип следует из преобразований Лоренца. Наблюдатель в системе S сообщает, что два события в его системе произошли с интервалом $\Delta t=2.5$ с в точках, расстояние между которыми $\Delta x=3.2\times10^8$ м. Эти два события а) находятся в причинно-следственной связи; б) не находятся в причинно-следственной связи; в) могут быть в причинно-следственной связи; г) не могут быть в причинно-следственной связи. Какие из этих утверждений являются правильными? Изменится ли ваш ответ если те же самые события вы будете наблюдать в системе S', которая движется относительно системы S со скоростью v=0.9 c (c-скорость света)?

3. Дайте определение скалярного произведения двух векторов. Вычислите модуль разности двух одинаковых по ьабсолютному значению векторов ***a***, угол между которыми равен α.

4. Запишите выражение для кинетической энергии системы N материальных точек массой mi, и скоростями vi. Какое из нижеследующих утверждений правильно: а) кинетическая энергия системы может быть только положительной; б) кинетическая энергия системы может быть отрицательной; в) кинетическая энергия замкнутой системы всегда сохраняется. Как преобразуется кинетическая энергия системы частиц при переходе из одной инерциальной системы в другую?

5. При криволинейном движении полное ускорение тела можно записать в виде $\vec{a}=\frac{dV_\tau}{dt}\vec{\tau}+\frac{V^2}{\rho}\vec{n}$. Дайте определения величинам, стоящим в правой части этой формулы.

6. Запишите уравнения движения, которым подчиняется цилиндр, скатывающийся с наклонной плоскости. Два одинаковых деревянных цилиндра скатываются с двух наклонных плоскостей одинаковой высоты, но с разным углом наклона. Одинакова ли будет скорость этих цилиндров в конце плоскости? Одинаковое ли время будет затрачено на скатывание. Ответ обоснуйте.

7. Покажите, что при косом абсолютно упругом столкновении двух тел одинаковой массы, одно из которых до столкновения покоилось, они разлетаются под прямым углом.

8. Дайте определение момента инерции твердого тела. Покажите, что момент инерции однородного цилиндра массы M и радиуса R относительно оси, проходящей вдоль его длины через центр масс, равен $J=MR^2/2$. С наклонной плоскости поочередно скатываются два цилиндра одинакового радиуса, одинаковой массы и одинаковой длины. Один цилиндр выполнен из латуни, другой- из дерева. Чтобы массы цилиндров были одинаковыми в латунном цилиндре по его оси просверлено отверстие. Какой цилиндр скатится быстрее?

9. Второй закон Ньютона математически записывается следующим образом: F=ma. Поясните и изобразите графически, что представляет собой величина F в применении: A) к автомобилю массы m, движущемуся с постоянной линейной скоростью v для следующих трех случаев: а) автомобиль движется по прямой дороге; б) автомобиль движется по выпуклому мосту с радиусом закругления R; с) автомобиль движется по горизонтальному участку закругленного шоссе с радиусом закругления R; B) к спутнику, вращающемуся вокруг Земли; C) к человеку: а) опускающемуся в лифте с ускорением; б) стоящему на вращающейся платформе; D) к металлическому шарику, опускающемуся с постоянной скоростью в вязкой жидкости.

10. Дайте определение системы центра масс. Покажите, что в системе центра масс полный импульс системы многих частиц равен нулю.

11. Сформулируйте постулаты Эйнштейна, которые легли в основу специальной теории относительности. Как из этих постулатов следуют преобразования Лоренца?

12. Под действием некоторой постоянной по величине и направлению силы **F** тело перемещается из точки с радиус вектором $\mathbf{r}_1$ в точку с радиус вектором $\mathbf{r}_2$. Докажите, что работа, совершенная силой **F**, не зависит от траектории, по которой происходит перемещение между двумя точками.

13. Как определяется момент импульса системы многих частиц? Покажите, что, если на систему многих частиц не действуют внешние силы, то момент импульса этой системы сохраняется. Зависит ли это утверждение от того, какие силы действуют между частицами системы? Покажите, что изменение момента импульса для системы многих частиц описывается следующим выражением $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{N}$, где N- момент внешних сил.

14. Исходя из второго закона Ньютона, покажите, что при движении заряженной частицы в магнитном поле ее кинетическая энергия сохраняется.

15. Докажите, что момент инерции твердого тела относительно некоторой оси OO’ дается формулой (теорема Штейнера): $J=J_0+Md^2$, где J_0- момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела параллельно оси OO’, d- расстояние между этими осями, M- масса тела.

16. Пусть некоторое тело движется по произвольной траектории со скоростью v(t). В декартовой системе координат в каждый данный момент его положение характеризуется радиус- вектором r(t). Покажите, что кинетическую энергию тела можно представить в следующем виде: $\frac{m\vec{v}^2}{2} = \frac{mv_r^2}{2} + \frac{L^2}{2mr^2}$, где v_r- проекция вектора скорости v на направление радиус- вектора, L- момент импульса тела относительно начала отсчета. В каких случаях такое представление является удобным?

17. Как в специальной теории относительности определяется длина отрезка и собственная длина? Покажите, что из преобразований Лоренца следует, что длина отрезка в произвольной инерциальной системе всегда меньше его собственной длины (сокращение длин).

18. Сформулируйте принцип относительности Галилея. Как преобразуются координаты частиц и их скорости при переходе из одной инерциальной системы в другую? Какие из

приведенных ниже утверждений являются правильными? При переходе из одной инерциальной системы в другую: а) импульс системы не меняется; б) кинетическая энергия системы не меняется; в) полная механическая энергия системы не меняется; г) силы, действующие на частицы системы, не меняются. Если какие-либо из перечисленных утверждений являются с вашей точки зрения неверными, то указать как изменяются соответствующие величины, то есть, например, как изменяются кинетическая энергия и импульс системы частиц при переходе из одной инерциальной системы в другую.?

19. Дайте определения инертной и гравитационной массы. Какие эксперименты доказывают их равенство.

20. Что называется эффективным потенциалом при движении тел в центральном потенциальном поле? Запишите аналитические выражения для этих потенциалов: а) при движении тела массы m в гравитационном поле; б) при движении отрицательного заряда $q<0$ в поле неподвижного положительного заряда Q. В каждом из этих случаев нарисуйте качественный график зависимости потенциала от расстояния между телом (частицей) и центром поля.

21. Как определяется энергия, импульс и масса системы частиц в специальной теории относительности? Может ли быть отличной от нуля масса системы, состоящая из частиц, каждая из которых имеет нулевую массу? Если да, то приведите примеры.

22. Выведите формулы сложения скоростей из преобразований Лоренца. Как из этих формул видно, что относительная скорость не может быть больше скорости света?

23. Исходя из второго закона Ньютона, покажите, что при движении тела в поле центральной силы его механическая энергия сохраняется. Получите выражение для механической энергии в этом случае.

24. Сформулируйте закон сохранения импульса. Запишите этот закон для случая абсолютно упругого столкновения двух тел, импульс которых до столкновения $\mathbf{p}_1$, $\mathbf{p}_2$, а после столкновения $\mathbf{p}_3$, $\mathbf{p}_4$, соответственно. При переходе в инерциальную систему (ИС) отсчета, которая движется со скоростью V относительно лабораторной системы (ЛС) импульсы частиц до и после столкновения будут соответственно $\mathbf{p}'_1$, $\mathbf{p}'_2$, и $\mathbf{p}'_3$, $\mathbf{p}'_4$. Правильны ли утверждения: а) импульсы каждой из частиц в ЛС были равны импульсам этих же частиц в ИС: $\mathbf{p}_1=\mathbf{p}'_1$, $\mathbf{p}_2=\mathbf{p}'_2$, $\mathbf{p}_3=\mathbf{p}'_3$, $\mathbf{p}_4=\mathbf{p}'_4$; б) сумма импульсов до столкновения в ЛС равна сумме импульсов до столкновения в ИС : $\mathbf{p}_1+\mathbf{p}_2=\mathbf{p}'_1+\mathbf{p}'_2$, и сумма импульсов после столкновения в ЛС равна сумме импульсов после столкновения в ИС: $\mathbf{p}_3+\mathbf{p}_4=\mathbf{p}'_3+\mathbf{p}'_4$?

25. Дайте определение собственного интервала времени между двумя событиями. Покажите, что из преобразований Лоренца следует, что интервал времени между двумя событиями в произвольной инерциальной системе всегда больше собственного интервала времени между теми же событиями (замедление времени).

26. На релятивистскую частицу, которая двигается прямолинейно с постоянной скоростью вдоль оси z, начинает действовать сила перпендикулярная этой скорости. Как будет меняться скорость частицы вдоль оси z? Указание: использовать закон сохранения импульса.

27. Тело массы m движется вокруг Солнца по замкнутой орбите. При этом полная механическая энергия тела: а) больше нуля; б) равна нулю; в) меньше нуля? Ответ обоснуйте. При каких условиях эта замкнутая орбита будет: а) эллипсом; б) окружностью?

28. Как определяется импульс системы многих частиц? Покажите, что, если на систему многих частиц не действуют внешние силы, то импульс этой системы сохраняется. Зависит ли это утверждение от того, какие силы действуют между частицами системы? Покажите, что работа по перемещению тела из точки А в точку В в поле центральных сил не зависит от траектории пути между этими точками.

29. Дайте определение векторного произведения двух векторов. Имеется два вектора $\boldsymbol{a}=5\mathbf{i}+4\mathbf{j}-6\mathbf{k}$, $\mathbf{b}=-2\mathbf{i}+2\mathbf{j}+3\mathbf{k}$. Найти: компоненты и модуль вектора $\mathbf{c}=\mathbf{a}\times\mathbf{b}$

30. Дайте определение момента импульса тела. Покажите, что при движении тела в поле центральной силы его момент импульса относительно центра поля сохраняется.

31. Исходя из второго закона Ньютона, покажите, что при движении тела в гравитационном поле Земли его механическая энергия сохраняется. Получите выражение для механической энергии в этом случае.

32. Как определяется понятие интервала в теории относительности? Покажите, как из преобразований Лоренца следует инвариантность интервала.

33. На гладком горизонтальном столе лежит однородный твердый стержень длины L, массой M. В край его упруго ударяется шарик массой m, летящий со скоростью v0 перпендикулярно стержню. Какими законами сохранения описывается движение шарика и стержня после удара? Запишите соответствующие уравнения, которым подчиняется движение шарика и стержня после удара. Опишите качественно характер движения стержня после удара.

34. Дайте определения работы и мощности. В каких единицах измеряются эти величины? Запишите математические выражения, с помощью которых вычисляются работа и мощность, если сила, действующая на тело не постоянна. Рассмотрите спутник, вращающийся вокруг Земли по круговой орбите. Какую работу совершает Земля над спутником?

35. Запишите уравнения, которыми описывается движение шара, скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости. Какому условию должны удовлетворять характеристики шара и плоскости, чтобы он катился без скольжения?

36. Покажите, что момент импульса системы, состоящей из двух частиц, определяется в системе центра масс следующим выражением $\vec{L}=\left[\vec{r}\times\vec{p}\right]$, где r- расстояние между частицами, p- импульс одной из них.
37. Дайте определение момента импульса частицы массы m, движущейся со скоростью v. Покажите, что в инерциальной системе, двигающейся со скоростью центра масс, момент импульса системы частиц не зависит от выбора начала отсчета.

38. Покажите, что из релятивистских формул преобразования энергии и импульса частицы при переходе из одной инерциальной системы в другую следует инвариантность массы.

39. Какие поля называются: потенциальными; непотенциальными? Приведите примеры таких полей. Какие силы называются: консервативными; неконсервативными. Приведите примеры таких сил.

40. Дайте определение массы. Какое из нижеследующих утверждений правильно? 1. Масса и вес являются одной и той же физической величиной, но выраженной в разных единицах. 2. Масса есть свойство только данного тела, тогда как вес зависит от взаимодействия двух тел. 3. Вес тела пропорционален его массе. 4. Масса тела меняется при изменении его веса.

41. Дайте определение нормального a_n и тангенциального a_τ ускорения. Приведите примеры движений, когда: а) $a_n=0$, $a_\tau\neq0$; б) $a_n\neq0$, $a_\tau=0$; с) $a_n\neq0$, $a_\tau\neq0$;

42. Дайте определение мгновенной скорости и ускорения тела при одномерном движении. Может ли скорость тела изменить свое направление при неизменном направлении ускорения? Может ли ускорение тела изменить свое направление при неизменном направлении скорости? Если да, то приведите примеры. Дайте определение средней скорости. Камень, брошенный вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с через некоторое время падает на землю. Чему равна средняя скорость за время его полета?

43. В теории относительности существует различие между пространственным интервалом, то есть, расстоянием между двумя точками с координатами x_1, x_2 ($\Delta x=x_2-x_1$) и длиной этого отрезка. Объясните, в чем заключается это различие.

44. Сформулируйте постулаты, которые Эйнштейн положил в основу специальной теории относительности. Заряженная частица, вылетевшая из ускорителя со скоростью v=0.8c, испускает квант света в направлении своего движения. Чему будет равна скорость этого кванта света а) в системе координат связанной с частицей? б) в лабораторной системе координат?

45. Сформулируйте закон сохранения механической энергии. Запишите этот закон для случая упругого столкновения двух тел массой m_1, m_2, импульс которых до столкновения p_1, p_2, а после столкновения p_3, p_4, соответственно. При переходе в инерциальную систему (ИС) отсчета, которая движется со скоростью V относительно лабораторной системы (ЛС) кинетические энергии частиц до и после столкновения будут соответственно E'_1, E'_2, и E'_3, E'_4. Можно ли утверждать, что согласно закону сохранения механической энергии при упругом столкновении двух тел: а) кинетические энергии каждой из частиц в ЛС должны быть равны кинетическим энергиям этих же частиц в ИС: $E_1=E'_1$, $E_2=E'_2$, $E_3=E'_3$, $E_4=E'_4$; б) кинетическая энергия двух частиц до столкновения в ЛС равна кинетической энергии двух частиц до столкновения в ИС : $E_1+E_2=E'_1+E'_2$, в) кинетическая энергия двух частиц после столкновения в ЛС равна кинетической энергии двух частиц после столкновения в ИС :$E_3+E_4=E'_3+E'_4$? Правильны ли эти утверждения?