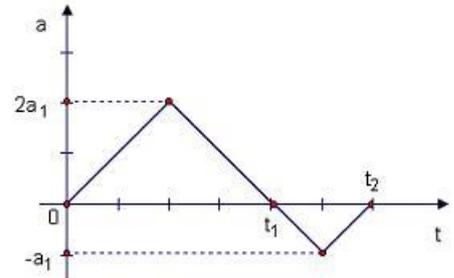


## Поступательное движение

### Вариант 1

1.1. Заданы начальные значения радиус-вектора  $\vec{r}_1 = 4\vec{i} - 3\vec{j}$ , м и конечное  $\vec{r}_2 = -\vec{i} - 2\vec{j}$ , м описывающие положения движущейся материальной точки для моментов времени  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 3$  с. Нарисуйте вектор перемещения рассматриваемой точки в координатах  $X-Y$ . Найдите величину средней скорости перемещения точки за этот интервал времен.

1.2. На графике показано изменение с течением времени ускорения точки на прямолинейном отрезке пути. Начальная скорость  $V_2$  равна нулю,  $t_1 = 12$  с,  $a_1 = 2$  м/с<sup>2</sup>. Найти скорость точки в момент времени  $t_2$ .



1.3. Первая точка движется по траектории  $y = 5x^2$ . Закон движения второй точки:  $x = 2t$  (м),  $y = 8t$  (м). В какой момент времени они встретятся и каковы координаты их места встречи?

1.4. Материальная точка М движется по окружности со скоростью  $V$ . На рис. 1 показан график зависимости  $V_\tau$  от времени ( $\tau$  - единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  - проекция  $V$  на это направление). На рис. 2 укажите направление силы, действующей на точку М в момент времени  $t$ . Ответ обоснуйте.

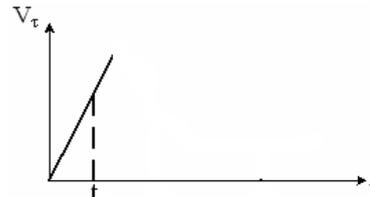


Рис. 1

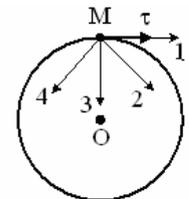
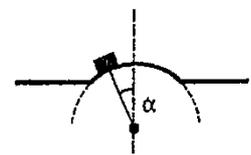


Рис. 2

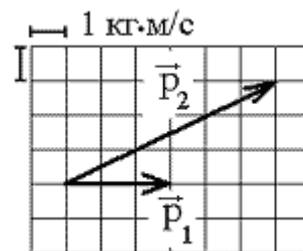
1.5. Два груза массами  $m = 300$  г связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. На один из грузов положен перегрузок массой  $\Delta m = 20$  г. Определить силу  $P$  давления перегрузка на груз при движении системы. Блок считать невесомым, а нить нерастяжимой.

1.6. Автомобиль массой  $m = 5$  т равномерно со скоростью  $v = 72$  км/час въезжает на выпуклый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиуса  $R = 80$  м.



Определить силу, с которой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ .

1.7. Теннисный мяч летел с импульсом  $\vec{p}_1$  в горизонтальном направлении, когда теннисист произвел по мячу резкий удар с средней силой  $F = 42$  Н. Изменившийся импульс мяча стал равным  $\vec{p}_2$  (масштаб указан на рисунке). Найти время  $t$ , в течение которого сила действовала на мяч.



1.8. На рисунке показан график зависимости потенциальной энергии  $W_p$  от координаты  $x$ .

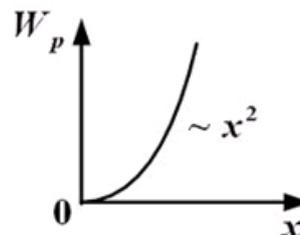
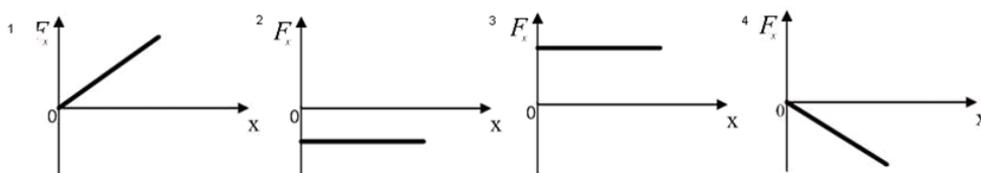
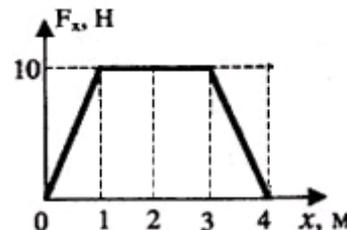


График зависимости проекции силы  $F_x$  от координаты  $x$  имеет вид ...



1.9. Тело движется под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на графике. Найти работу силы на пути 4 м.

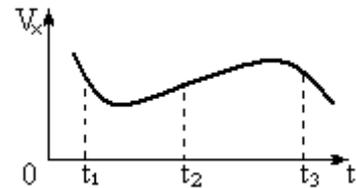


1.10. Сваю массой  $m = 100$  кг забивают в грунт копром массой  $M = 400$  кг. Копер свободно падает с высоты  $H = 5$  м, и при каждом его ударе свая опускается на глубину  $h = 25$  см. Определить силу сопротивления грунта, считая ее постоянной, и КПД неупругого удара копра о сваю.

## Вариант 2

2.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = 2t\vec{i} + (2 + 3t^2)\vec{j}$ . Найдите проекции вектора скорости  $\vec{V}$  на оси координат и запишите зависимость вектора скорости от времени. Вычислите величину ускорения через 2 с после начала движения.

2.2. На рисунке представлена зависимость проекции скорости  $V_x$  материальной точки, движущейся прямолинейно вдоль оси  $OX$  от времени. В какой из указанных моментов времени **направления** вектора скорости и вектора ускорения для движущейся точки **одинаковы**?



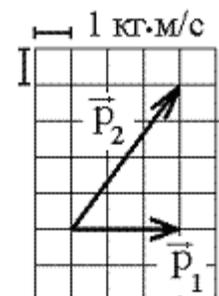
2.3. Тело движется прямолинейно, причем скорость зависит от времени по закону:  $V = 3t^3 - 10t + 2$ . Начертить график зависимости ускорения от времени  $a(t)$ . Найти значение ускорения при  $t = 5$  с.

2.4. Материальная точка равномерно движется по окружности с частотой  $n = 2\text{с}^{-1}$ . Зависимость ускорения от частоты показана на рисунке. Найдите нормальное ускорение точки.

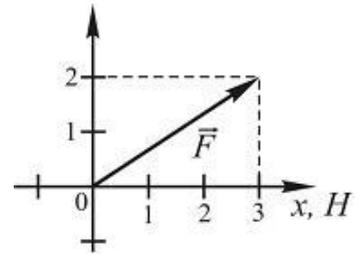
2.5. Небольшое тело пускают снизу вверх по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu = 0,1$ . Определить отношение времени подъема тела  $t_1$  ко времени его соскальзывания  $t_2$  до первоначальной точки.

2.6. На горизонтально расположенном диске, вращающемся с частотой 60 об/мин, помещают небольшой предмет. Максимальное расстояние от предмета до оси вращения, при котором предмет удерживается на диске, равно 5,1 см. Чему равен коэффициент трения между предметом и диском?

2.7. Теннисный мяч летел с импульсом  $\vec{p}_1$  (масштаб и направления указаны на рисунке). Теннисист произвел по мячу резкий удар с средней силой  $F = 80$  Н. Изменившийся импульс мяча стал равным  $\vec{p}_2$ . Найти время  $\Delta t$ , в течение которого сила действовала на мяч.

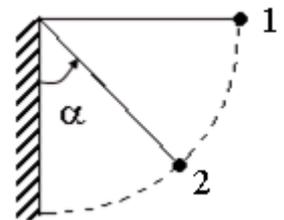


2.8. На рисунке показан вектор силы, действующей на частицу. Найти работу, совершенную этой силой при перемещении частицы из начала координат в точку с координатами (5; 2).



2.9. Потенциальная энергия частицы задается функцией  $U = -3 \cdot xy^2z$ . Определить  $F_y$ -компоненту (в Н) вектора силы, действующей на частицу в точке  $A(3, 1, 2)$ . Функция  $U$  и координаты точки  $A$  заданы в единицах СИ.

2.10. Шарик, подвешенный на невесомой нити, отклонили от вертикали на угол  $90^\circ$  и без толчка отпустили. На какой угол  $\alpha$  отклонится нить с шариком после удара о вертикальную стенку, если за время удара шарик теряет половину своей механической энергии?

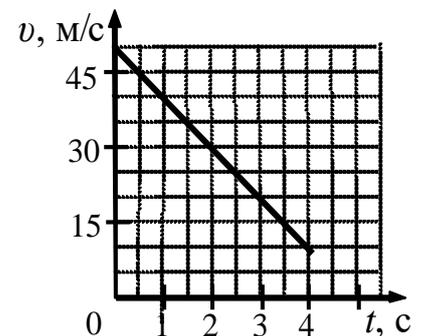


### Вариант 3

3.1. Радиус – вектор точки изменяется со временем по закону:  $\vec{r} = 2t^2\vec{i} + t\vec{j} + \vec{k}$ . Найдите величину скорости движения точки в момент времени  $t_1 = 2$  с. Записать зависимости координат  $x, y, z$  точки от времени. В какой плоскости происходит движение точки и по какой траектории?

3.2. Для материальной точки, движущейся вдоль оси  $X$ , зависимость координаты от времени имеет вид  $x = 2t^2 - 4t + 6$  (м). В какой момент времени точка начала двигаться в обратную сторону?

3.3. На графике приведена зависимость скорости от времени движущегося вдоль оси  $OX$  тела. Определите ускорение тела и его координату  $x$  в момент времени  $t = 2$  с, если в начальный момент времени  $t_0 = 0$  с координата  $x_0 = 5$  м.



3.4. Материальная точка  $M$  движется по окружности со скоростью  $V$ . На рис. 1 показан график зависимости  $V_\tau$  от времени ( $\vec{\tau}$  – единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  – проекция  $V$  на это направление). На рис. 2 укажите направление силы, действующей на точку  $M$  в момент времени  $t$ . Ответ обоснуйте.



Рис. 1

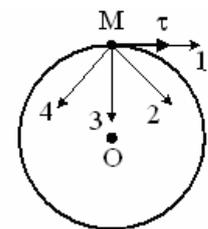
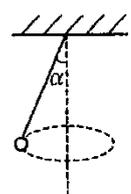


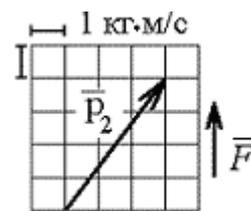
Рис. 2

3.5. Мальчик на санках спустился с ледяной горы. Коэффициент трения при его движении по горизонтальной поверхности равен 0,2. Расстояние, которое мальчик проехал по горизонтали до остановки, равно 30 м. Чему равна высота горы? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

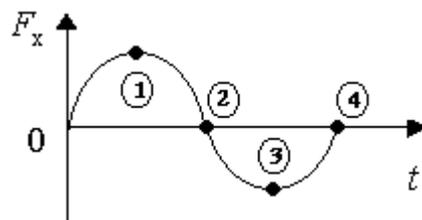
3.6. Маленький шарик, привязанный к невесомой нити длиной  $l = 40$  см, вращается в горизонтальной плоскости с постоянной по модулю скоростью так, что нить описывает коническую поверхность с вершиной в точке, где находится верхний конец нити. При этом угол отклонения нити от вертикали  $\alpha = 30^\circ$ . Определить скорость вращения  $v$  шарика.



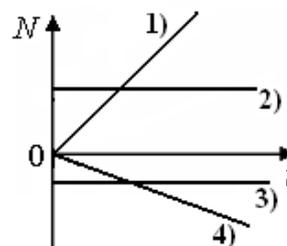
3.7. На теннисный мяч, который летел с импульсом  $\vec{p}_1$ , на короткое время  $\Delta t = 0,1\text{с}$  подействовал порыв ветра с постоянной силой  $F = 30\text{ Н}$  и импульс мяча стал равным  $\vec{p}_2$  (масштаб и направление указаны на рисунке). Найти величину импульса  $p_1$ .



3.8. Материальная точка движется вдоль оси  $Ox$ , при этом на нее действует сила, проекция которой на эту ось изменяется со временем так, как показано на рисунке. При  $t = 0$  скорость точки была равной нулю:  $V_0 = 0$ . Укажите точку графика, которой соответствует максимальная кинетическая энергия материальной точки.



3.9. На рисунке представлены графики зависимости мощности  $N$  постоянной силы от времени  $t$ . Тело движется равноускоренно и прямолинейно, причем направление силы совпадает с направлением перемещения. Какой график соответствует этому случаю?



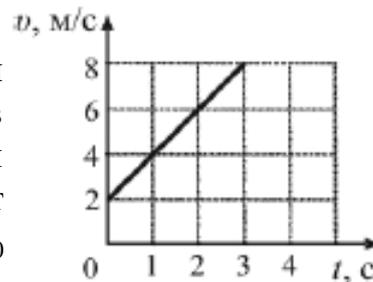
3.10. Груз массой  $0,1\text{ кг}$  привязали к нити длиной  $1\text{ м}$ . Нить отвели от вертикали на угол  $90^\circ$  и груз отпустили. Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол  $60^\circ$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

### Вариант 4

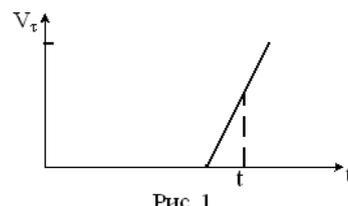
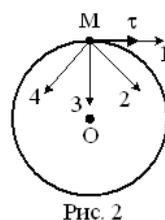
4.1. Точка движется со скоростью  $\vec{v} = at(2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k})$ , где  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Найдите модуль скорости и модуль ускорения точки в момент времени  $t = 1 \text{ с}$ .

4.2. Материальная точка движется вдоль оси  $X$ , зависимость ее координаты от времени имеет вид  $x = 6 - 4t + t^2$  (м). Найти путь  $S$ , пройденный точкой за первые 5 секунд ее движения.

4.3. Используя график зависимости скорости движения тела от времени, определите скорость тела в конце пятой секунды, считая, что характер движения не изменился. Определите координату  $x$ , в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ , если в начальный момент времени  $t_0 = 0 \text{ с}$  координата  $x_0 = 2 \text{ м}$ .

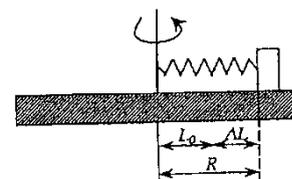


4.4. Материальная точка  $M$  движется по окружности со скоростью  $V$ . На рис. 1 показан график зависимости  $V_\tau$  от времени ( $\tau$  - единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  - проекция  $V$  на это направление). На рис. 2 укажите направление силы, действующей на точку  $M$  в момент времени  $t$ . Ответ обоснуйте.

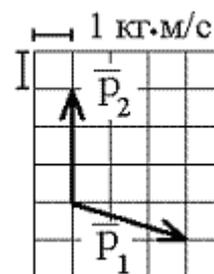


4.5. Две гири массами  $m_1 = 3$  и  $m_2 = 6,8 \text{ кг}$  висят на концах нити, перекинутой через невесомый блок. Первая гиря находится на 2 м ниже второй. Гири пришли в движение без начальной скорости. Через какое время  $t$  они окажутся на одной высоте?

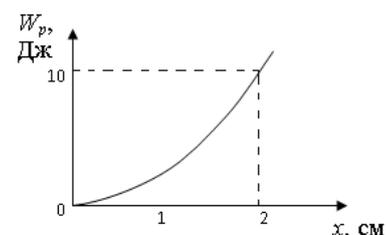
4.6. Тело массой  $m = 1,4 \text{ кг}$  находится на гладкой горизонтальной плоскости и вращается вокруг вертикальной оси. Оно прикреплено к оси пружиной и движется по окружности радиуса  $R$ , совершая  $n = 1$  об/сек. Длина пружины в недеформированном состоянии равна  $L_0 = 50 \text{ см}$ . Радиус траектории тела равен  $R = 88 \text{ см}$ . Определить жесткость пружины  $k$ .



4.7. Теннисный мяч летел с импульсом  $\vec{p}_1$  (масштаб и направление указаны на рисунке), когда теннисист произвел по мячу резкий удар длительностью  $\Delta t = 0,1$  с. Изменившийся импульс мяча стал равным  $\vec{p}_2$ . Найти среднюю силу удара  $F$ .



4.8. На рисунке дан график зависимости потенциальной энергии  $W_p$  упруго деформированной пружины от величины ее деформации  $x$ . Чему будет равна сила упругости, действующая на пружину, при величине деформации  $x = 3$  см ?



4.9. Частица совершила перемещение по некоторой траектории из точки  $M(3, 2)$  в точку  $N(2, -3)$ . При этом на нее действовала сила  $\vec{F} = 4\vec{i} - 5\vec{j}$  (координаты точек и сила  $\vec{F}$  заданы в единицах СИ). Найти работу, совершенную силой  $\vec{F}$ .

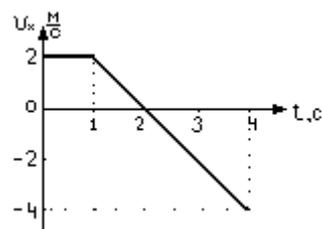
4.10. Если на верхний конец вертикально расположенной пружины положить груз, то пружина сожмется на  $\Delta L_1 = 3$  мм. На сколько изменится длина пружины  $\Delta L_2$ , если тот же груз упадет на пружину с высоты  $h = 8$  мм?

## Вариант 5

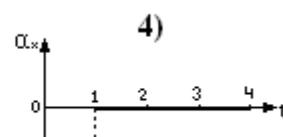
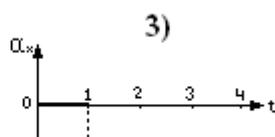
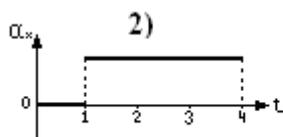
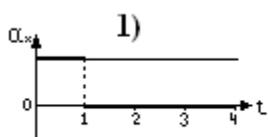
5.1. Радиус – вектор точки изменяется со временем по закону:  $\vec{r} = 3t^2\vec{i} - t\vec{j} + 2\vec{k}$ . Каков характер движения точки? Как зависит вектор ускорения  $\vec{a}$  от времени и чему равна величина ускорения через две секунды после начала движения?

5.2. Точка движется вдоль оси OX с постоянным ускорением  $a = +1 \text{ м/с}^2$ . Скорость в начальный момент времени равна  $V_{x0} = -3 \text{ м/с}$ . Определить среднюю путевую скорость точки за первые четыре секунды движения.

5.3. На рисунке представлен график зависимости проекции скорости от времени для прямолинейного движения тела.



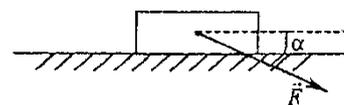
Ниже приведены четыре различных графика зависимости проекции ускорения от времени. Какой из этих графиков соответствует приведенной зависимости проекции скорости от времени?



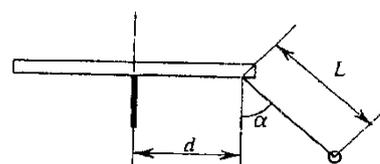
5.4. Автомобиль поднимается в гору по участку дуги с постоянной по величине скоростью. Укажите направление, в котором ориентирована равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль. Поясните свой выбор.



5.5. Брусок массой 2 кг может двигаться только вдоль горизонтальных направляющих. Коэффициент трения бруска о направляющие  $\mu = 0,1$ . На брусок действует сила  $\vec{F}$ , по модулю равная 20 Н и направленная под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Чему равно при этом ускорение бруска?



5.6. На горизонтальном диске укреплен отвес (шарик на нити), который при вращении диска

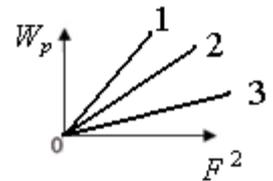


вокруг вертикальной оси устанавливается под углом  $\alpha = 45^0$  к вертикали (см. рисунок). Расстояние от точки подвеса до оси вращения  $d = 50$  см, длина нити  $L = 56$  см. Чему равна при этом скорость шарика?

5.7. Материальная точка массы  $m = 1$  кг, двигаясь равномерно, описывает четверть окружности радиуса  $R = 1,2$  м за 2 секунды. Определить модуль изменения импульса точки за это время.

5.8. Материальная точка массой  $m = 100$  г начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 3t\vec{i} + 2t^2\vec{j}$  (Н). Зависимость радиус-вектора материальной точки от времени имеет вид  $\vec{r} = t^2\vec{i} + t^3\vec{j}$  (м). Найти мощность, развиваемую силой в момент времени  $t = 1$  с.

5.9. На рисунке приведены зависимости потенциальной энергии  $W_p$  пружины от квадрата модуля упругой силы  $F^2$ . Какому графику соответствует наибольшая жесткость пружины? Укажите его номер и поясните свой выбор.

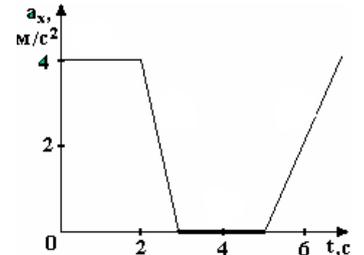


5.10. Два одинаковых маленьких **пластилиновых** шарика подвешены на нитях так, что касаются друг друга. Левый шарик отклоняют влево на угол  $\alpha = 30^0$ , а правый вправо на угол  $\beta = 60^0$  и одновременно отпускают без начальной скорости. На какой угол  $\gamma$  отклонятся шарики от вертикали после удара? Найти потери энергии при этом взаимодействии.

## Вариант 6

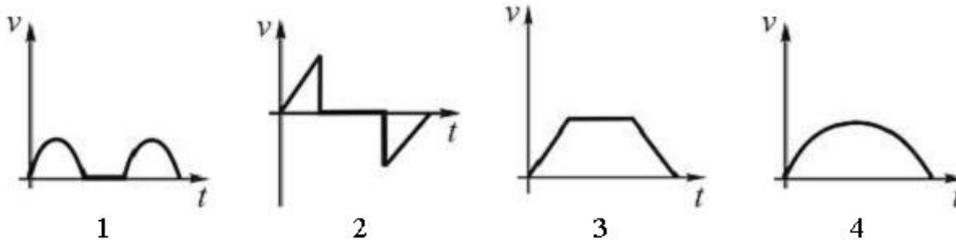
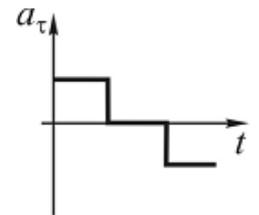
6.1. Точка перемещается так, что ее радиус-вектор изменяется со временем по соотношению  $\vec{r} = (6t - 0,125t^2)\vec{i}$ . Найти скорость точки в момент  $t_1 = 2$  с и среднюю скорость перемещения за первые  $t_2 = 10$  с движения.

6.2. На графике приведена зависимость проекции ускорения на ось  $x$  от времени. Какую скорость будет иметь тело к концу третьей секунды движения, если в начальный момент  $t_0 = 0$  с его скорость  $V_0 = 5$  м/с?



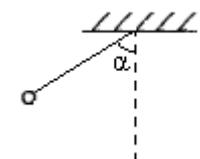
6.3. Точка движется вдоль оси  $Ox$  с постоянным ускорением  $a = +1$  м/с<sup>2</sup>. Скорость в начальный момент времени равна  $V_{x0} = -3$  м/с. Определите среднюю путевую скорость за первые четыре секунды движения.

6.4. Тангенциальное ускорение точки меняется согласно графику. Выберите график зависимости скорости от времени, соответствующая такому движению. Ответ обоснуйте. Постройте схематично график зависимости координаты от времени.

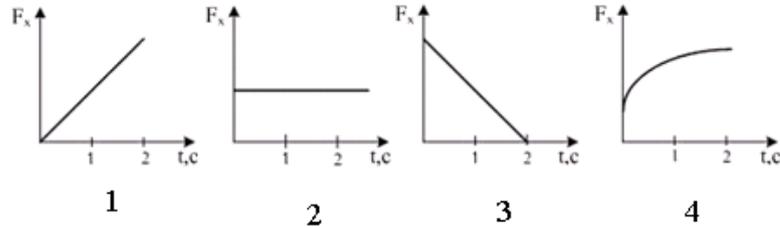


6.5. На концах нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы разной массы. За время  $t = 2$  с после начала движения каждый груз проходит  $S = 1,96$  м. Определить массу меньшего груза  $m_1$ , если масса большего груза  $m_2 = 1,1$  кг

6.6. Математический маятник массой  $m = 100$  г, подвешенный на нити, проходит положение, определяемое углом  $\alpha = 60^\circ$  с вертикалью. В этом положении натяжение нити равно  $T = 1$  Н. Чему равен модуль ускорения шарика в этот момент?

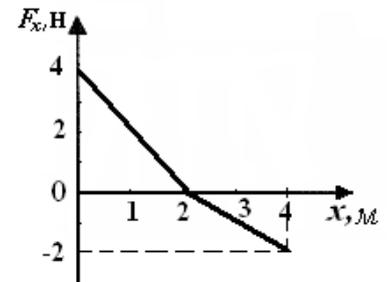


6.7. Зависимость импульса частицы от времени описывается законом  $\vec{p} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ , где  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$  - единичные векторы координатных осей  $X$ ,  $Y$  соответственно. Зависимость горизонтальной проекции силы  $F_x$ , действующей на частицу, от времени представлена на графике под номером ...



6.8. Потенциальная энергия частицы задается функцией  $U = -6 \cdot x^2 y z$ . Найти величину компоненты  $F_x$  вектора силы (в Н), действующей на частицу в точке  $A (2, 3, 1)$ . Функция  $U$  и координаты точки  $A$  заданы в единицах СИ.

6.9. Тело движется под действием силы, зависимость проекции  $F_x$  которой от координаты  $x$  представлена на рисунке. Определите работу силы на пути 4 м.

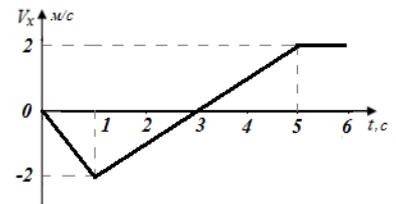


6.10. Пуля массой  $m_1 = 20$  г попадает в брусок массой  $m_2 = 5$  кг, подвешенный на тросе длиной  $L = 4$  м, и застревает в нем. Определить начальную скорость пули  $V$ , если трос отклонился от вертикали на угол  $\alpha = 14^\circ$ . Найти потери энергии при этом взаимодействии.

## Вариант 7

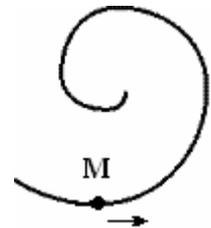
7.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = (5 + 4t^2)\vec{i} + 6t^2\vec{j}$ . Найти векторы скорости и ускорения, величину скорости и полного ускорения через 3 с после начала движения, уравнение траектории  $y(x)$ . Начертить траекторию движения точки.

7.2. Материальная точка движется прямолинейно вдоль оси  $OX$ . Проекция ее скорости изменяется со временем так, как изображено на рисунке. Пользуясь графиком, определите координату  $x$  точки в момент времени  $t = 6$  с, если её начальная координата  $x_0 = 1$  м.



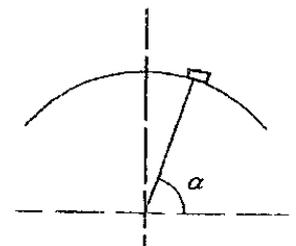
7.3. Точка движется вдоль оси  $OX$  с постоянным ускорением  $a = + 1\text{ м/с}^2$ . Скорость в начальный момент времени равна  $V_{x0} = - 3 \text{ м/с}$ . Найдите среднюю путевую скорость за четыре секунды движения.

7.4. Точка  $M$  движется по спирали в направлении, указанном стрелкой. Нормальное ускорение по величине не изменяется. Определите, как изменяются при этом движении величины тангенциального и полного ускорений точки? Поясните ваш ответ.

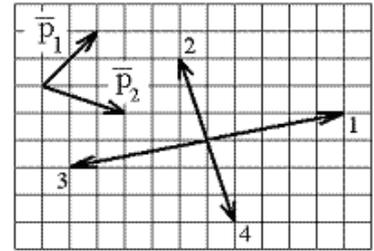


7.5. Ледяная горка составляет с горизонтом угол  $\alpha = 10^\circ$ . По ней пускают вверх камень, который, поднявшись на некоторую высоту, соскальзывает по тому же пути вниз. Найти коэффициент трения  $\mu$ , если время спуска в  $n = 2$  раза больше времени подъема.

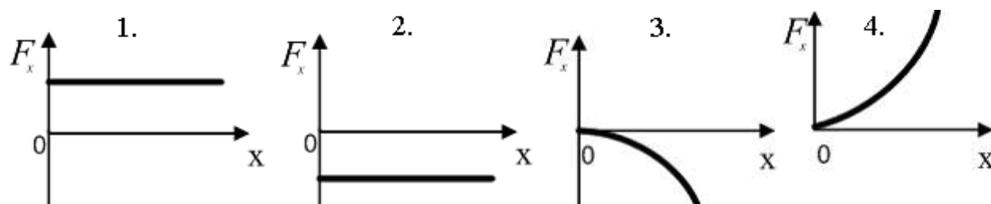
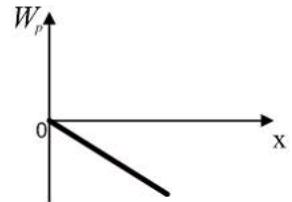
7.6. Автомобиль массой  $m = 600$  кг въезжает на выпуклый мост, представляющий собой дугу окружности радиусом  $R = 120$  м. Скорость автомобиля равна  $v = 108$  км/ч. В некоторый момент времени радиус-вектор, проведенный из центра кривизны моста в точку, где находится автомобиль, составляет с горизонталью угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить силу нормального давления автомобиля на мост в этой точке.



7.7. Импульс тела  $\vec{p}_1$  изменился под действием кратковременного удара и стал равным  $\vec{p}_2$ , как показано на рисунке. Определить направление силы и пояснить свой выбор.



7.8. График зависимости потенциальной энергии  $W_p$  от координаты  $x$  имеет вид, представленный на рисунке. Какой из графиков, приведенных ниже, соответствует зависимости проекции консервативной силы  $F_x$  на ось  $x$ ?



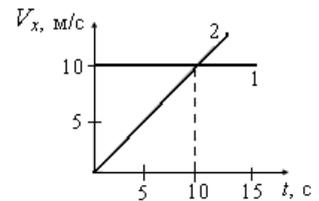
7.9. Материальная точка массой  $m = 100$  г начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 3t\vec{i} - 3t^2\vec{j}, \text{H}$ . Чему равна мощность, развиваемая силой в момент времени 1с, если зависимость радиус-вектора материальной точки от времени имеет вид  $\vec{r} = t^2\vec{i} - t^3\vec{j}, \text{м}$ ?

7.10. Маленький шарик массой  $m_1 = 1,99$  кг висит на невесомой нерастяжимой нити. В него попадает (и застревает в его центре) пуля, летящая горизонтально со скоростью  $V = 600$  м/с. Масса пули  $m_2 = 10$  г. Найти максимальную высоту  $h$ , на которую поднимется шар, и долю кинетической энергии пули  $\eta$ , перешедшую в тепло.

## Вариант 8

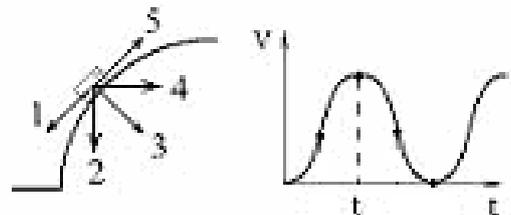
8.1. Вектор скорости тела меняется со временем по закону:  $\vec{V} = 6t\vec{i} - 4\vec{j}$ , . Найти зависимость от времени радиус – вектора  $\vec{r}(t)$ , если в момент времени  $t = 0$  с тело находилась в точке с координатами  $(0, 0, -3)$ .

8.2. Две материальные точки 1 и 2 в момент времени  $t_0 = 0$  выходят из точки с координатой  $x_0 = 0$  и движутся в положительном направлении оси  $OX$ . Используя графики зависимости от времени  $t$ (с) проекций  $V_{x1}$  и  $V_{x2}$ , определите, через какое время второе тело догонит первое? На каком расстоянии от начала движения второе тело догонит первое?



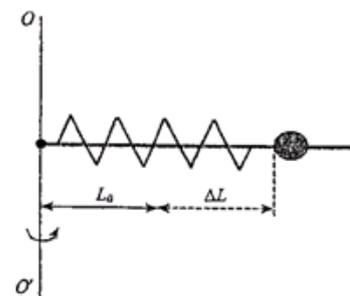
8.3. Точка движется по прямой согласно закону  $x = At + Bt^3$ , где  $A = 6$  м/с;  $B = -0,125$  м/с<sup>3</sup>. Определить среднюю путевую скорость точки в интервале времени от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 6$  с и координату точки в тот момент времени, когда скорость будет равна нулю.

8.4. Величина скорости автомобиля изменялась во времени, как показано на графике зависимости  $V(t)$ . В момент времени  $t$  автомобиль поднимался по участку дуги. Укажите направление результирующей всех сил, действующих на автомобиль в этот момент времени. Ответ обоснуйте.

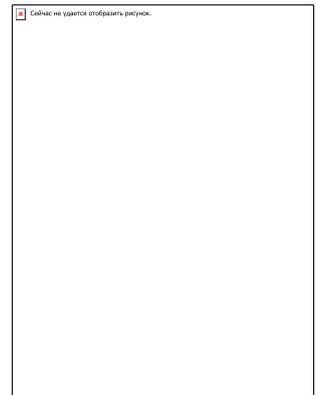


8.5. Шайба, брошенная по горизонтальному льду со скоростью  $V_1 = 2$  м/с, скользит до остановки  $S_1 = 5$  м. Какой путь  $S_2$  пройдет до остановки шайба, если ее бросить с начальной скоростью  $V_2 = 15$  м/с вдоль ледяной плоскости, наклоненной к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ ? Коэффициенты трения в обоих случаях считать одинаковыми.

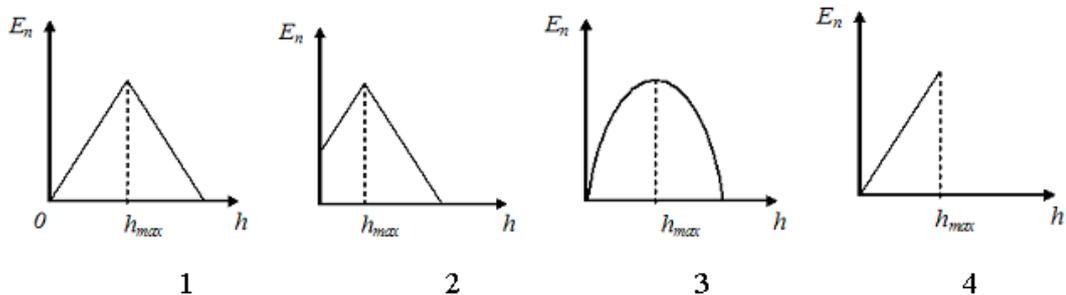
8.6. Один конец невесомой пружины прикреплен к вертикальной оси  $OO'$  (см. рисунок). К другому концу пружины прикреплен шарик массой  $m = 50$  г, который может скользить по стержню без трения. Длина пружины в нерастянутом состоянии  $L_0 = 20$  см, ее жесткость  $k = 40$  Н/м. Стержень вращается вокруг оси  $OO'$  равномерно, делая 2 оборота в секунду. Чему равно при этом удлинение пружины  $\Delta L$ ?



8.7. Система состоит из трех шаров с массами  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 2$  кг,  $m_3 = 3$  кг, которые движутся так, как показано на рисунке. Скорости шаров  $V_1 = 3$  м/с,  $V_2 = 2$  м/с,  $V_3 = 1$  м/с. Найти величину скорости  $V$  центра масс этой системы. Как направлен вектор импульса центра масс этой системы по отношению к осям  $OX$  и  $OY$ ?



8.8. Какой из приведенных графиков соответствует зависимости потенциальной энергии тела, брошенного с поверхности земли под некоторым углом к горизонту, от высоты подъема? Ответ обоснуйте.



8.9. Тело массы  $m = 1$  кг поднимают по наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости  $h = 1$  м, длина ее основания  $a = 2$  м, коэффициент трения  $k = 0,2$ . Минимальная работа, которую надо совершить, равна (в Джоулях) ...

8.10. В маленький шарик, подвешенный на нити длиной  $L = 0,4$  м, масса которого  $M = 5$  кг, попадает пуля массой  $m = 20$  г, летящая с горизонтальной скоростью  $V_1 = 1000$  м/с. Пройдя через шарик, она продолжает движение в том же направлении со скоростью  $V_2 = 500$  м/с. На какой угол от вертикали отклонится шарик?

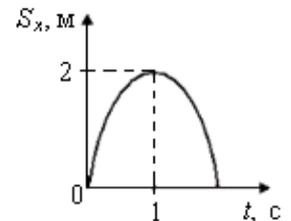
## Вариант 9

9.1. Координаты материальной точки изменяются со временем по законам

$$x = 5 + 3t - 2t^2, \text{ м} \quad y = 3t, \text{ м} \quad z = 3, \text{ м}.$$

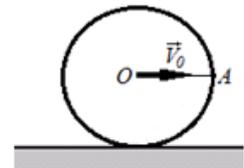
Запишите зависимость вектора скорости от времени и найдите его модуль в момент времени  $t = 1 \text{ с}$ .

9.2. На рисунке изображен график зависимости  $t$  времени  $t$  проекции  $S_x$  перемещения тела на ось  $Ox$ , вдоль которой тело движется. График представляет собой параболу. Найдите проекцию  $V_{0x}$  начальной скорости тела.



9.3. Два автомобиля движутся по шоссе по следующим законам:  $x_1 = 5t + 0,2t^2$  и  $x_2 = 24 - 4t$ . Найти время и координату их встречи.

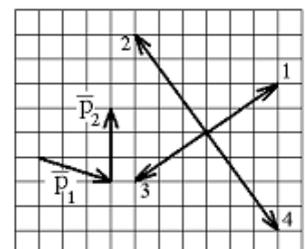
9.4. Обруч катится равномерно без проскальзывания. Как направлены векторы скорости и ускорения точки  $A$  обруча? Укажите на рисунке направления этих векторов.



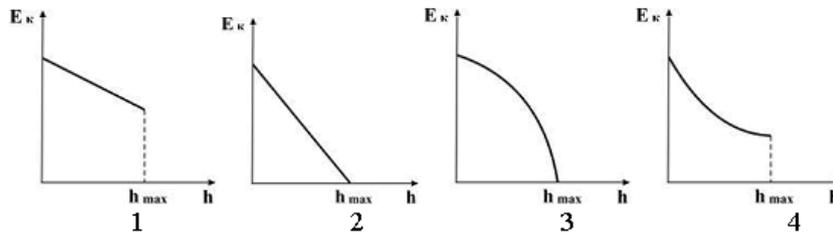
9.5. Грузы массами  $m_1 = 4 \text{ кг}$  и  $m_2 = 5 \text{ кг}$  связаны между собой нитью, перекинутой через неподвижный блок. Первый груз расположен на горизонтальном столе, второй висит на вертикальной части нити. Определите ускорение грузов  $a$  и силу натяжения нити  $T$  при условии, что коэффициент трения груза о стол  $\mu = 0,1$ . Нить считать невесомой и нерастяжимой, масса блока равна нулю.

9.6. Камень, привязанный к веревке, равномерно вращается в вертикальной плоскости. Найти массу  $m$  камня, если известно, что разность между максимальной и минимальной силами натяжения веревки  $\Delta T = 10 \text{ Н}$ .

9.7. Импульс тела  $\vec{p}_1$  изменился под действием кратковременного удара и стал равным  $\vec{p}_2$ , как показано на рисунке. Определить направление силы и пояснить свой выбор.

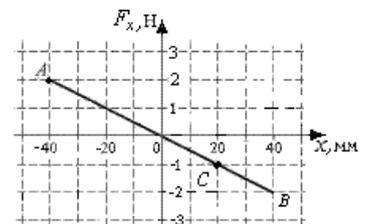
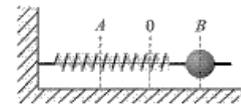


9.8. Какой из приведенных графиков соответствует зависимости кинетической энергии тела, брошенного с поверхности земли под некоторым углом к горизонту от высоты подъема? Ответ обоснуйте.

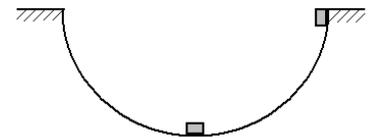


9.9. Шарик, прикрепленный к пружине и насаженный на горизонтальную направляющую, совершает гармонические колебания.

На графике представлена зависимость проекции силы упругости пружины на положительное направление оси  $Ox$  от координаты шарика. Чему равна работа силы упругости при смещении шарика из положения  $A$  в положение  $C$ ?



9.10. На дне гладкой полусферы радиусом  $R = 2$  м лежит кубик массой  $m_1 = 0,3$  кг. С края полусферы соскальзывает кубик массы  $m_2 = 0,2$  кг такого же размера, как и первый. Какой будет высота подъема кубиков после неупругого удара? Чему равно количество теплоты, выделившееся в результате абсолютно неупругого столкновения кубиков?

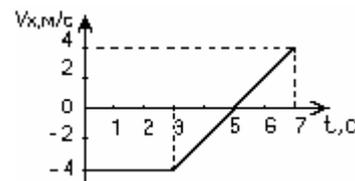


## Вариант 10

10.1. Движение материальной точки задано уравнением  $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$ , м. Найдите, как изменяются с течением времени координаты точки и проекции ускорения на оси координат. Чему равняется ускорение в момент времени  $t = 2$  с.

10.2. Тело, имея начальную скорость  $V_{x0} = 1$  м/с, двигалось прямолинейно и равноускоренно и приобрело скорость  $V_x = 7$  м/с. Найдите скорость тела на половине этого расстояния.

10.3. На рисунке изображены график зависимости проекции скорости  $V_x$  материальной точки, движущейся вдоль оси ОХ, от времени  $t$ . Чему равен путь и модуль перемещения точки за время от 0 до 7с?

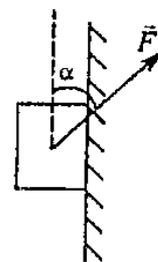


10.4. Тело движется с постоянной по величине скоростью по траектории, изображенной на рисунке. Для величин полного ускорения тела в точках А и В справедливо следующее соотношение ...

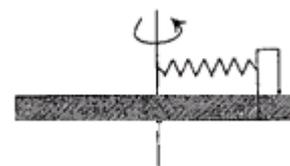
- 1)  $a_A < a_B$       2)  $a_A > a_B$       3)  $a_A = a_B$



10.5. Брусок массой 4 кг может двигаться только вдоль вертикальных направляющих, расположенных на вертикальной стене. Коэффициент трения бруска о направляющие  $\mu = 0,1$ . Если а брусок действует сила  $\vec{F}$ , по модулю равная 20 Н и направленная под углом  $\alpha = 60^\circ$  к вертикали (см. рисунок). Определить ускорение бруска.

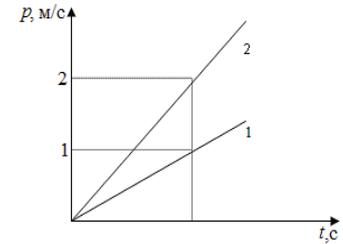


10.6. На диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, лежит шайба массы  $m = 100$  г. Шайба соединена с осью горизонтальной пружиной. Коэффициент трения шайбы о диск  $\mu = 0,40$ . Если число оборотов диска равно  $n_1 = 2,0$  об/с, пружина находится в недеформированном состоянии и шайба находится на грани скольжения. Если число оборотов диска возрастает до  $n_2 = 5,0$  об/с, то длина пружины увеличивается в 2 раза.



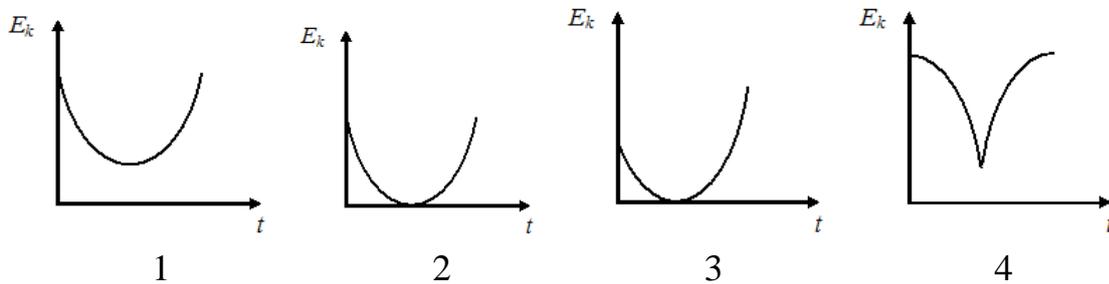
Определить длину  $l_0$  пружины в недеформированном состоянии и жесткость пружины  $k$ .

10.7. Проекция импульсов материальных точек 1 и 2, движущихся прямолинейно вдоль оси  $X$ , изменяются со временем  $t$  как показано на рисунке; при этом проекции ускорений точек одинаковы:  $a_{x1} = a_{x2}$ . Найти отношение масс  $m_1/m_2$  этих точек.



10.8. Какой из приведенных графиков соответствует зависимости кинетической энергии от времени для тела, брошенного с поверхности земли под некоторым углом к горизонту? Ответ обоснуйте.

1



10.9. Материальная точка массой  $m = 200$  г начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$  (Н). Если зависимость радиус-вектора материальной точки от времени имеет вид  $\vec{r} = t^2\vec{i} + t^3\vec{j}$  (м), то мощность ( $Bm$ ), развиваемая силой в момент времени  $t = 2$  с равна ...

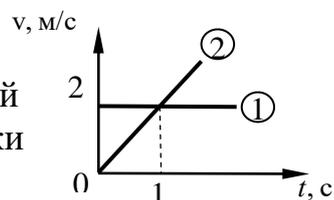
10.10. Небольшая шайба соскальзывает без трения с вершины полусферы радиусом  $R = 30$  см. На какой высоте  $h$  от основания шайба оторвется от полусферы?

## Вариант 11

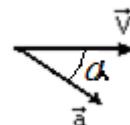
11.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = (5 + 4t)\vec{i} + 6t\vec{j}$ , Найти зависимость координат  $x$  и  $y$  точки от времени, написать уравнение траектории движения точки. Каков характер движения точки по траектории?

11.2. Для материальной точки, движущейся вдоль оси  $X$ , зависимость координаты от времени имеет вид  $x = 2t^2 - 4t + 6$  (м). В какой момент времени точка начала двигаться в обратную сторону?

11.3. Две материальные точки 1 и 2 в момент времени  $t_0 = 0$  выходят из одной и той же точки с координатой  $x_0 = 0$  и движутся в положительном направлении оси  $Ox$ . На рисунке изображены графики зависимости от времени  $t$  модулей скоростей этих точек. Найдите время  $t_1$ , через которое точки снова встретятся.

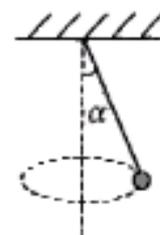


11.4. В некоторой точке траектории угол между векторами скорости и ускорения  $\alpha = 60^\circ$ , Величина полного ускорения  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. Найдите отношение модулей нормального и тангенциального ускорений в этот момент времени.

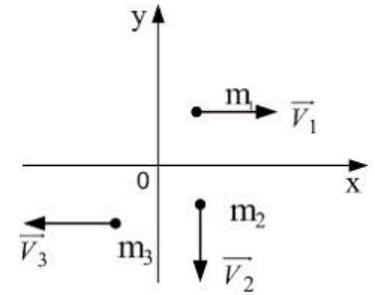


11.5. На горизонтальном столе лежит деревянный брусок. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском  $\mu = 0,1$ . Если приложить к бруску силу, направленную вверх под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, то брусок будет двигаться по столу равномерно. С каким ускорением будет двигаться этот брусок по столу, если приложить к нему такую же по модулю силу, направленную вверх под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту?

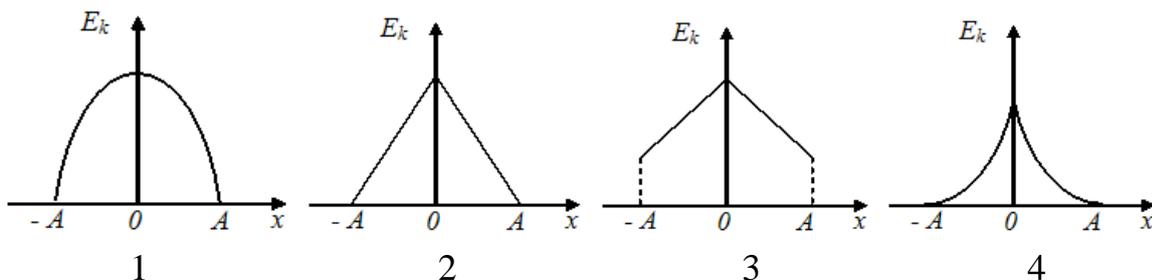
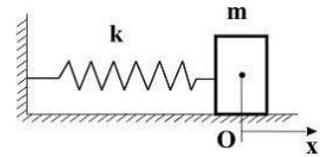
11.6. Металлический стержень длиной  $l = 1$  м закреплен на вертикальной оси  $OO'$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к ней. К нижнему концу стержня прикреплен шар массой  $m = 1$  кг. Ось  $OO'$  приводят во вращение с угловой скоростью  $\omega = 10$  рад/с. Определить величину силы, действующей на шар со стороны стержня.



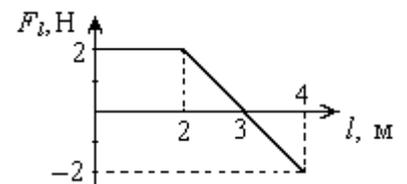
11.7. Система состоит из трех шаров с массами  $m_1 = 2$  кг,  $m_2 = 2,5$  кг,  $m_3 = 3$  кг, которые движутся так, как показано на рисунке. Скорости шаров  $V_1 = 4$  м/с,  $V_2 = 3$  м/с,  $V_3 = 2$  м/с. Найти величину скорости  $V$  центра масс этой системы. Как направлен вектор импульса центра масс этой системы по отношению к осям  $OX$  и  $OY$ ?



11.8. Тело массы  $m$ , прикрепленное к пружине с жесткостью  $k$ , может без трения двигаться по горизонтальной поверхности (пружинный маятник). Какой из приведенных графиков соответствует зависимости кинетической энергии тела от величины его смещения из положения равновесия? Ответ обоснуйте.



11.9. На покоящееся тело массы  $m = 2$  кг начинает действовать сила, проекция которой  $F_l$  на направление движения тела изменяется в зависимости от пройденного им пути  $l$  так, как изображено на рисунке. Определите импульс  $p$ , который приобретет тело, пройдя путь  $l = 4$  м.



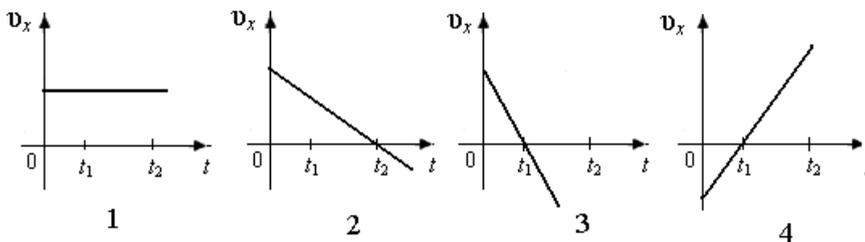
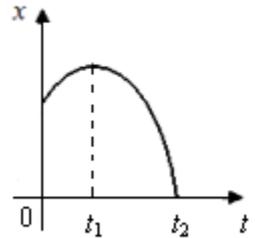
10. С высоты  $h = 5,0$  м бросают вертикально вверх тело массой  $m = 0,20$  кг с начальной скоростью  $v_0 = 2,0$  м/с. При падении на Землю тело углубляется в грунт на глубину  $l = 5,0$  см. Найти среднюю силу сопротивления грунта движению тела.

## Вариант 12

12.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = \vec{r}_0 + 3t\vec{i} + 2t\vec{j}$ ,  $\vec{r}' = 2t\vec{i} + (2 + 3t^2)\vec{j}$ . Найдите зависимость вектора ускорения  $\vec{a}$  от времени и получите численное значение ускорения для момента времени  $t = 3$  с. В какой плоскости и по какой траектории происходит движение точки?

12.2. На графике изображена зависимость координаты точки от времени.

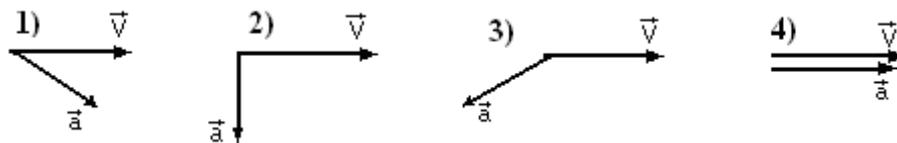
Какой график зависимости скорости от времени отвечает этому случаю?



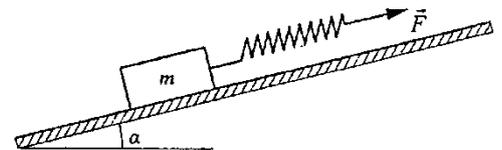
12.3. Точка перемещается вдоль оси  $X$  так, что координата зависит от времени по закону  $x = 8t - 1,25t^2$ . Найти проекцию скорости  $v_x$  точки в момент времени  $t_1 = 2$  с и среднюю путевую скорость за первые  $t_2 = 10$  с движения.

12.4. На рисунке показано взаимное расположение вектора мгновенной скорости и вектора полного ускорения при движении материальной точки. Случаю равномерного движения по окружности соответствует рисунок

...



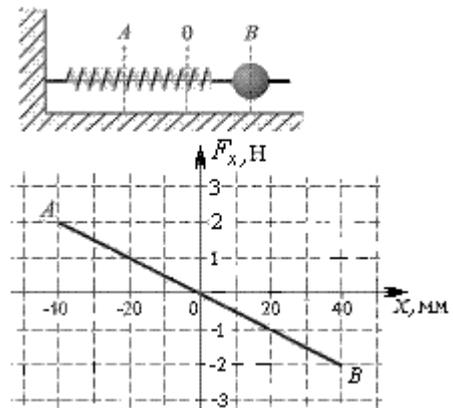
12.5. Тело массой  $m = 0,8$  кг движется вверх по плоскости, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. К телу прикреплена пружина жесткости  $k = 120$  Н/м, к которой приложена сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Коэффициент трения между телом и плоскостью  $\mu = 0,4$ . Ускорение тела равно  $a = 1,2$  м/с<sup>2</sup>. Определить деформацию пружины  $\Delta l$ .



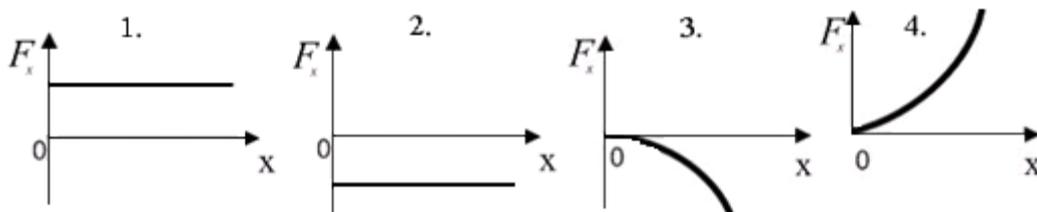
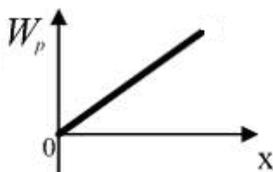
12.6. Камень, подвешенный к потолку на веревке, движется в горизонтальной плоскости по окружности, отстоящей от потолка на расстоянии  $h = 1,25$  м. Найти период вращения камня.

12.7. Материальная точка движется под действием силы, изменяющейся по закону  $\vec{F} = 10t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$  (Н). Найти проекцию импульса на ось  $OX$  в момент времени  $t = 2$  с.

12.8. Шарик, прикрепленный к пружине и насаженный на горизонтальную направляющую, совершает гармонические колебания. На графике представлена зависимость проекции силы упругости пружины  $F_x$  на положительное направление оси  $X$  от координаты шарика. Найти работу силы упругости на участке  $0 - B - 0$ .



12.9. В потенциальном поле сила  $\vec{F}$  пропорциональна градиенту потенциальной энергии  $W_p$ . Если график зависимости потенциальной энергии  $W_p$  от координаты  $x$  имеет вид, представленный на рисунке, то зависимость проекции силы  $F_x$  на ось  $X$  изображена на рисунке под номером ...



12.10. Два тела, которые первоначально покоились на гладкой горизонтальной поверхности, расталкиваются зажатой между ними легкой пружиной и начинают двигаться так, что в процессе движения их максимальные скорости равны  $v_1 = 1$  м/с и  $v_2 = 3$  м/с. Какая энергия была запасена в пружине, если общая масса тел  $M = 8$  кг?

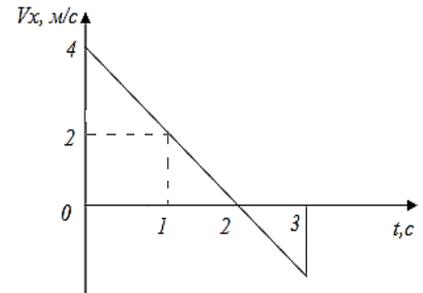
### Вариант 13

13.1. Координаты материальной точки изменяются со временем по закону

$$x = 2t^2, \text{ м} \quad y = 2t, \text{ м} \quad z = \text{const}, \text{ м}. \text{ Запишите функцию } \vec{r}(t)$$

Что представляет собой траектория, по которой движется точка? Чему равно ускорение точки в момент времени  $t = 3$  с.

13.2. На графике представлена зависимость от времени  $t$  проекции скорости тела  $V_x$  на ось  $OX$ . Найдите путь, пройденный этим телом вдоль оси  $OX$  за первые  $t = 3$  с.



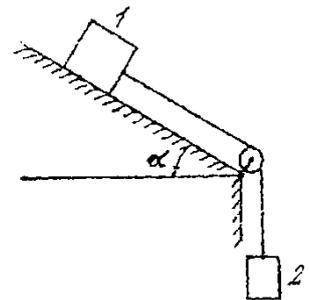
13.3. Тело движется прямолинейно, причем скорость зависит от времени по закону:  $V = 3t^3 - 10t + 2$ . Начертить график зависимости ускорения от времени  $a(t)$ . Найти значение ускорения при  $t = 5$  с.

13.4. Тело движется с постоянным ускорением по траектории, изображенной на рисунке. Для величины скорости  $V_A$  в точке А и величины скорости  $V_B$  в точке В справедливо соотношение ...

- 1)  $V_A < V_B$       2)  $V_A = V_B \neq 0$       3)  $V_A > V_B$



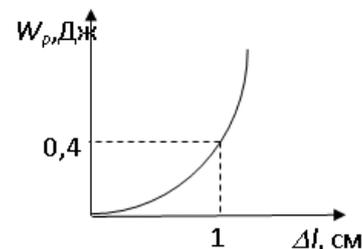
13.5. Грузы 1 и 2 с массами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый неподвижный блок. Угол наклона поверхности  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения между поверхностью и телом  $\mu = 0,2$ . Найти модуль ускорения тел и величину силы натяжения.



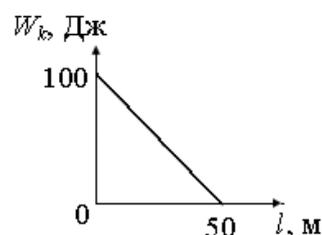
13.6. Сфера радиусом  $R = 2,0$  м равномерно вращается вокруг вертикального диаметра с частотой  $n = 60$  об/мин. Внутри сферы находится шарик массой  $m = 0,3$  кг. Найти высоту  $h$ , соответствующую положению равновесия шарика относительно дна сферы, и реакцию сферы  $N$ .

13.7. Импульс материальной точки изменяется по закону  $\vec{p} = 3t\vec{i} + 2t^2\vec{j}$  (кг·м/с). Найти модуль силы, действующей на точку в момент времени  $t = 1$  с.

13.8. На рисунке изображена зависимость потенциальной энергии  $W_p$  упруго деформированного стержня от его удлинения  $\Delta l$ . Найдите удлинение  $\Delta l$ , соответствующее потенциальной энергии  $W_p = 3,6$  Дж. Закон Гука для искомого значения  $\Delta l$  выполняется.



13.9. На рисунке приведен график зависимости от пути  $l$  кинетической энергии  $W_k$  тела, движущегося прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы трения. Определите коэффициент трения  $\mu$ , если масса тела  $m = 2,0$  кг.



13.10. Кусок пластилина массой  $m = 200$  г падает со скоростью  $V = 6$  м/с, направленной под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту, на брусок массой  $m_1 = 2m$ ,двигающийся со скоростью  $V_1 = V/2$  по гладкой горизонтальной поверхности навстречу куску пластилина. Найти количество энергии, перешедшей в тепло  $Q$  при абсолютно неупругом ударе.

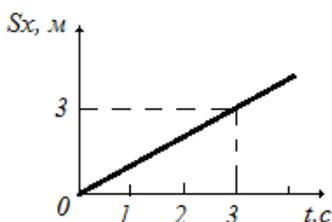
## Вариант 14

14.1. Координаты материальной точки изменяются со временем по законам

$$x = 2 + 2t + t^2, \text{ м} \quad y = 3t, \text{ м} \quad z = 3, \text{ м}.$$

Запишите векторный вид зависимости радиус – вектора точки и вычислите величину мгновенной скорости в момент времени  $t = 1 \text{ с}$ .

14.2. Материальная точка движется равномерно и прямолинейно вдоль оси  $Ox$ . На рисунке изображен график зависимости от времени  $t$  проекции  $S_x$  вектора перемещения  $\vec{S}$  этой точки. Чему равна координата  $x$  этой точки в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ , если ее начальная координата  $x_0 = 3 \text{ м}$ ?



14.3. При движении тела вдоль оси  $X$  его координата изменяется по закону  $x = 9t - 0,3t^2$  (м). Как называется такое движение? Найти зависимости скорости и ускорения от времени. В какой момент времени скорость тела равна нулю?

14.4. Материальная точка  $M$  движется по окружности со скоростью  $V$ . На рис. 1 показан график зависимости  $V_\tau$  от времени ( $\vec{\tau}$  – единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  – проекция  $V$  на это направление). На рис. 2 укажите направление силы, действующей на точку  $M$  в момент времени  $t$ . Ответ обоснуйте.

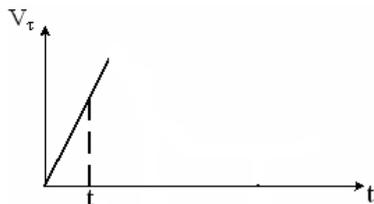


Рис. 1

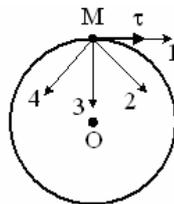
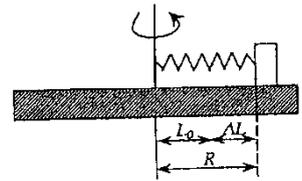


Рис. 2

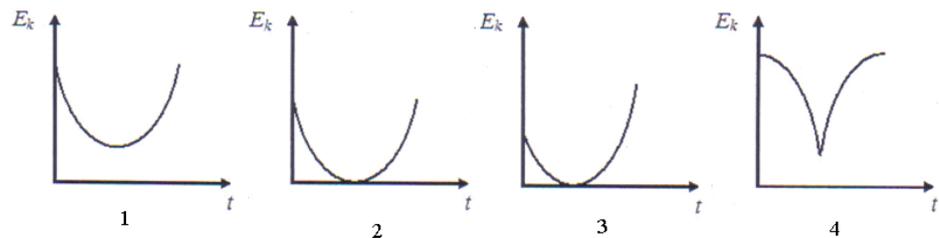
14.5. Тело, обладая начальной скоростью, поднимается, а затем спускается с наклонной плоскости под действием силы тяжести и трения. Найти коэффициент трения, если известны угол наклона плоскости  $\alpha = 45^\circ$  и отношение модулей ускорений при подъеме и спуске, равное трем.

14.6. Тело массой  $m = 1,2$  кг находится на **шероховатой** горизонтальной плоскости и вращается вокруг вертикальной оси. Оно прикреплено к оси пружиной жесткостью  $k = 200$  Н/м. Длина пружины в недеформированном состоянии равна  $L_0 = 50$  см. Тело движется по окружности радиуса  $R$ , находясь на грани скольжения, и совершает 1 оборот в секунду. Определить величину деформации пружины  $\Delta L$ .



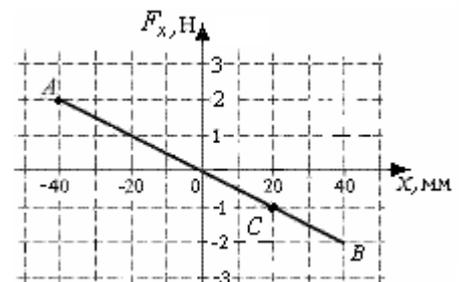
14.7. Падающий вертикально шарик массы  $m = 200$  г ударился об пол со скоростью  $v = 5$  м/с и подпрыгнул на высоту  $h = 46$  см. Определить изменение  $\Delta p$  импульса шарика при ударе.

14.8. График зависимости кинетической энергии для тела, брошенного с поверхности Земли вертикально вверх, имеет вид, показанный на рисунке под номером ...



14.9. Шарик, прикрепленный к пружине и насаженный на горизонтальную направляющую, совершает гармонические колебания.

На графике представлена зависимость проекции силы упругости пружины на положительное направление оси  $Ox$  от координаты шарика. Чему равна работа силы упругости при смещении шарика из положения  $A$  в положение  $C$ ?

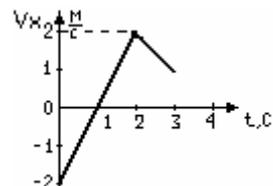


14.10. Определить наименьшую высоту  $h$ , с которой должен начать скатываться велосипедист, чтобы проехать по дорожке в виде мертвой петли радиусом  $R = 5$  м и не отрываться от дорожки в верхней части. Трением пренебречь.

## Вариант 15

15.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = (5 + 4t^2)\vec{i} + 6t\vec{j} - 3\vec{k}$ .  
Запишите, как зависят координаты движущейся точки от времени.  
Нарисуйте вектор перемещения точки в координатах  $XYZ$  за время от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 3$  с.

15.2. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости от времени для прямолинейного движения тела вдоль оси  $OX$ . Найдите путь и модуль перемещения тела за  $t_1 = 3$  с.



15.3. По оси  $X$  движутся две точки: первая по закону  $x_1 = 8t^2 + 6$  (м), вторая по закону  $x_2 = 18 + 5t^2$  (м). В какой момент времени  $\tau$  они встретятся? Решить задачу аналитически и графически.

15.4. Материальная точка движется по окружности со скоростью  $V$ . На рис.1 показан график зависимости проекции скорости  $V_{\tau}$  от времени ( $\tau$  – единичный вектор положительного направления,  $V_{\tau}$  – проекция скорости на это направление). Определите,

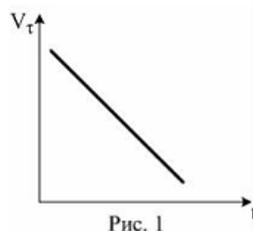


Рис. 1

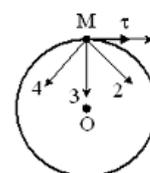
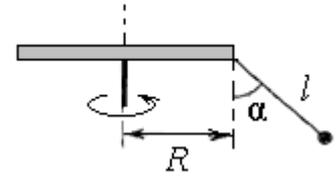


Рис. 2

увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными или равны нулю величины нормального и тангенциального ускорений. Какое направление на рис. 2 имеет вектор полного ускорения? Ответы поясните.

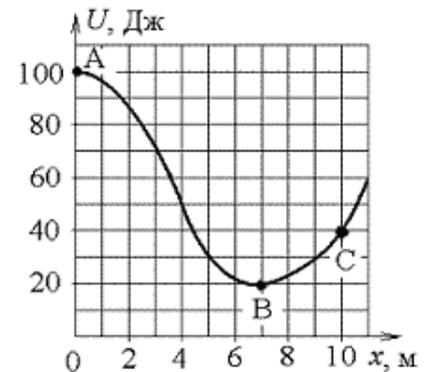
15.5. Санки массой  $m = 10$  кг, стоящие на льду, в течение  $t = 1,0$  с тянут с постоянной силой  $F = 100$  Н при помощи веревки, образующей угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтом, после чего веревку отпускают и забрасывают на санки. Коэффициент трения санок о лед  $\mu = 0,10$ . Пренебрегая массой веревки, определить путь  $l_{\Sigma}$ , пройденный санками за все время их движения.

15.6. Шарик подвешен на тонкой нерастяжимой нити длиной  $l = 50$  см к краю горизонтального диска радиусом  $R = 20$  см. Диск приводят во вращение вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью надо вращать диск, чтобы нить с шариком отклонилась от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ ?



15.7. Металлический шарик, падая с высоты  $h_1 = 1$  м, отскакивает от нее на высоту  $h_2 = 0,49$  м. Во сколько раз уменьшается импульс шарика при ударе?

15.8. Небольшая шайба начинает движение без начальной скорости по гладкой ледяной горке из точки А. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Зависимость потенциальной энергии шайбы от координаты  $x$  изображена на графике  $U(x)$ . Найти отношение кинетических энергий шайбы в точках С и В.



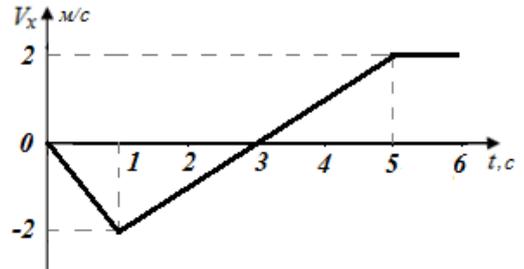
15.9. Материальная точка массой  $m = 100$  г начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 3t\vec{i} - 3t^2\vec{j}, \text{ Н}$ . Чему равна мощность, развиваемая силой в момент времени 1с, если зависимость радиус-вектора материальной точки от времени имеет вид  $\vec{r} = t^2\vec{i} - t^3\vec{j}, \text{ м}$ ?

15.10. Люстра массой  $m = 100$  кг подвешена к потолку на цепи длиной  $L = 5$  м. Определить угол  $\alpha$ , на который можно отклонить люстру, чтобы при последующих качаниях цепь не оборвалась. Известно, что разрыв цепи наступает при силе натяжения  $T = 1960$  Н.

## Вариант 16

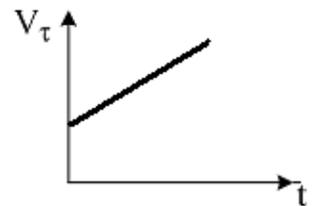
16.1. Закон движения материальной точки имеет вид:  $\vec{r} = 2t\vec{i} + (2 + 3t^2)\vec{j}$ . Найти перемещение и модуль перемещения  $|\Delta\vec{r}|$  за 2 с движения и нарисовать этот вектор в координатах  $XU$ .

16.2. Точка движется прямолинейно вдоль оси  $OX$ . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости тела на ось  $OX$  от времени. Найдите пройденный путь и модуль перемещения точки за время ее движения от 0 до 6 с.

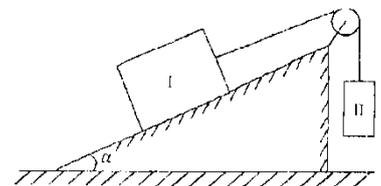


16.3. Неподвижное тело, находясь на оси  $X$  в точке с координатой 5 м, начинает двигаться с ускорением  $a_x = 3 \text{ м/с}^2$  в отрицательном направлении этой оси. Найти зависимость его координаты и скорости от времени и определить их значения через 2 с после начала отсчета времени. Каков путь, пройденный телом за это время?

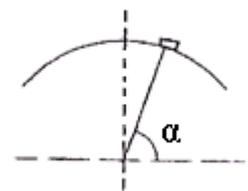
16.4. Материальная точка движется по окружности со скоростью  $V$ . На рисунке показан график зависимости проекции скорости  $V_\tau$  от времени ( $\vec{\tau}$  – единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  – проекция скорости на это направление). Определите, увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными или равны нулю величины нормального и тангенциального ускорений. Ответ поясните.



16.5. Два бруска массами  $m_1 = 5 \text{ кг}$  и  $m_2 = 3 \text{ кг}$  связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок. Брусок I может скользить по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения бруска I о наклонную плоскость  $\mu = 0,1$ . Найти ускорение, с которым движутся бруски и силу натяжения нити.

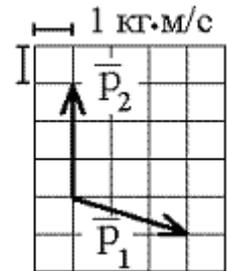


16.6. Автомобиль массой  $m = 1400 \text{ кг}$  въезжает на выпуклый мост, представляющий собой дугу окружности радиусом  $R = 160 \text{ м}$ . Скорость автомобиля равна  $v = 72 \text{ км/ч}$ . В некоторый момент времени радиус-вектор,

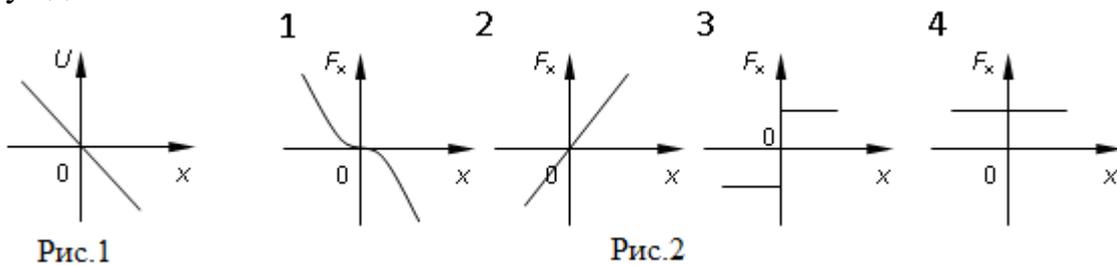


проведенный из центра кривизны моста в точку, где находится автомобиль, составляет с горизонталью угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить силу нормального давления автомобиля на мост в этой точке.

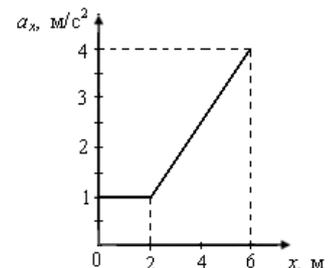
16.7. Теннисный мяч летел с импульсом  $\vec{p}_1$  (масштаб и направление указаны на рисунке), когда теннисист произвел по мячу резкий удар со средней силой  $F = 80$  Н. Изменившийся импульс мяча стал равным  $\vec{p}_2$ . Найти время  $\Delta t$ , в течение которого сила действовала на мяч.



16.8. На рисунке 1 приведен график зависимости потенциальной энергии от координаты. Какой из графиков зависимости консервативной силы от координаты на рисунке 2, соответствует такой зависимости потенциальной энергии от координаты? Ответ поясните выкладками и рассуждениями.



16.9. На тело массой  $m = 2$  кг, находящееся на гладкой горизонтальной поверхности, действует переменная сила, направленная горизонтально вдоль оси  $Ox$ . График зависимости проекции ускорения тела  $a_x$  от координаты тела  $x$  представлен на рисунке. Определить работу силы при перемещении тела на расстояние 6 м.



16.10. Небольшое тело соскальзывает с высоты  $H = 3$  м по наклонному скату, переходящему в «мертвую петлю» с радиусом  $R = 0,5$  м. На какой высоте  $h$  тело оторвется от поверхности петли, если трение отсутствует?

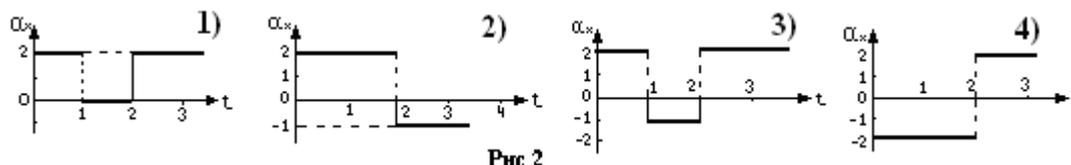
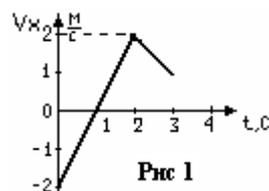
## Вариант 17

17.1. Радиус – вектор, описывающий движение материальной точки изменяется со временем по закону:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + At^2\vec{i},$$

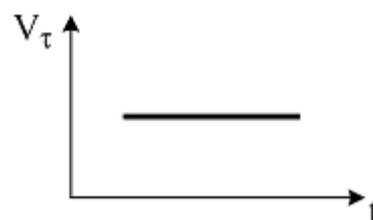
где  $\vec{r}_0$  - радиус – вектор в момент времени  $t = 0$ ,  $A$  - положительная константа, равная 5,  $\vec{i}$  - единичный орт оси ОХ. Что представляет собой траектория, по которой движется материальная точка? Найдите модуль вектора перемещения точки за время 3 с от начала движения.

17.2. На рис. 1 приведен график зависимости проекции скорости от времени для материальной точки, движущейся прямолинейно вдоль оси ОХ. На рис.2 представлены четыре различных графика зависимости проекции ускорения от времени. Какой из этих графиков соответствует приведенной зависимости проекции скорости от времени?



17.3. Зависимость от времени координаты точки, движущейся вдоль оси Х, определяется соотношением  $x = -1,5t^2 + 8t + 2$ . Найти среднюю путевую скорость за  $t_1 = 4$  с после начала отсчета времени.

17.4. Материальная точка движется по окружности со скоростью  $V$ . На рисунке показан график зависимости проекции скорости  $V_{\tau}$  от времени ( $\tau$  – единичный вектор положительного направления,  $V_{\tau}$  – проекция скорости на это направление). Определите, увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными или равны нулю величины нормального и тангенциального ускорений. Ответ поясните.

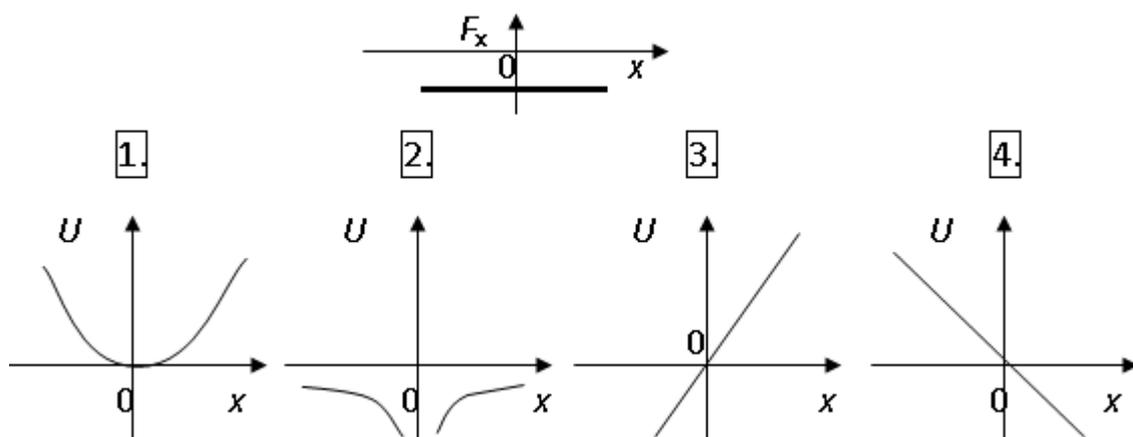


17.5. Тело массой  $m = 200$  кг равномерно поднимают по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ , прикладывая силу  $F = 1500$  Н вдоль направления движения. С каким ускорением тело будет соскальзывать вниз, если его отпустить?

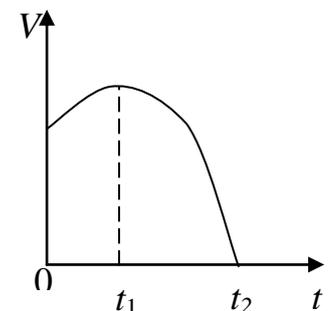
17.6. При какой минимальной постоянной скорости движения автомобиля по вершине выпуклого моста, радиус кривизны которого  $R = 90$  м, пассажиры испытывают мгновенное состояние невесомости?

17.7. Механическая система состоит из трех частиц, массы которых  $m_1 = 0,1$  г,  $m_2 = 0,2$  г,  $m_3 = 0,3$  г. Первая частица находится в точке с координатами  $(2, 3, 0)$ , вторая – в точке  $(2, 0, 1)$ , третья – в точке  $(1, 1, 0)$  (координаты даны в сантиметрах). Найти координаты центра масс системы  $x_C$ ,  $y_C$  и  $z_C$ .

17.8. На рисунке изображен график проекции  $F_x$  консервативной силы на ось  $Ox$ . Укажите номер графика потенциальной энергии, соответствующей этой силе. Обоснуйте ответ.



17.9. На рисунке изображен график зависимости скорости  $V$  прямолинейного движения материальной точки от времени  $t$ . Определите знаки работ  $A_1$  и  $A_2$  силы, действующей на точку в интервалах времени  $[0, t_1]$  и  $[t_1, t_2]$ . Ответ поясните выкладками и рассуждениями.



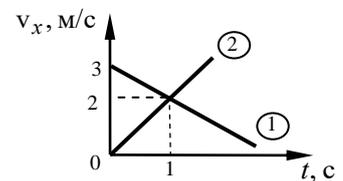
17.10. Груз массой  $m = 1$  кг падает на чашу пружинных весов с высоты  $H = 10$  м. Считая удар абсолютно неупругим, найти показание весов при

наибольшем сжатии пружины, если равновесное состояние соответствует величине сжатия  $L = 0,5$  см.

### Вариант 18

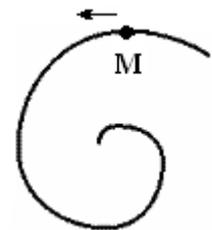
18.1. Вектор скорости материальной точки меняется со временем по закону:  $\vec{V} = 3t^2\vec{i} + (2t^2 + 1)\vec{j}$ . Найти зависимости от времени величин проекций вектора скорости и ускорения на оси координат и величину ускорения через 2 с после начала движения.

18.2. Две материальные точки 1 и 2 в момент времени  $t_0 = 0$  выходят из точки с координатой  $x_0 = 0$  и движутся в положительном направлении оси  $Ox$ . Используя графики зависимости от времени  $t$  (с) проекций  $V_{x1}$  и  $V_{x2}$  скоростей точек, найдите расстояние от места начала движения до места встречи.



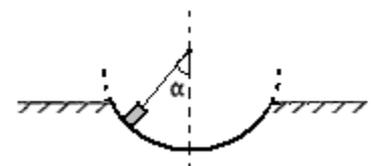
18.3. Через одну секунду после начала равнопеременного движения вдоль некоторой оси координата точки  $x_1 = -3$  м, а еще через секунду  $x_2 = -12$  м. Найти ускорение этой точки.

18.4. Точка М движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. Укажите знак проекции тангенциального ускорения на направление скорости. Определите, увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными или равны нулю величины полного и нормального ускорений. Объясните свой выбор.



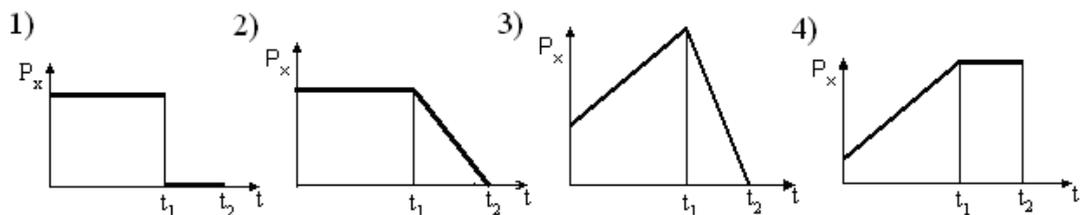
18.5. Тело начинает скользить вниз по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У основания плоскости тело ударяется о стенку, поставленную перпендикулярно к направлению его движения, и отскакивает без потери скорости. Определить коэффициент трения  $\mu$  при движении тела, если после удара оно поднялось до половины первоначальной высоты.

18.6. Автомобиль массой  $m = 5$  т равномерно со скоростью  $V = 72$  км/час съезжает в вогнутый мост,



представляющий собой дугу окружности радиусом  $R = 80$  м. Определить, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с радиусом впадины моста угол  $\alpha = 30^\circ$ .

18.7. Материальная точка двигалась вдоль оси  $X$  равномерно с некоторой скоростью  $V_x$ . Начиная с момента времени  $t = 0$ , на нее стала действовать сила  $F_x$ , график временной зависимости которой представлен на рисунке. Какой график правильно отражает зависимость величины проекции импульса материальной точки от времени на следующем рисунке? Ответ обоснуйте.



18.8. Потенциальная энергия частицы задается функцией  $U = x^2 + y^2 - z^2$ . Определить компоненту  $F_z$  – компоненту ( в Н) вектора силы, действующей на частицу в точке  $A (1,2,3)$ . Функция  $U$  и координаты точки  $A$  заданы в единицах СИ.

18.9. Материальная точка массой  $m = 200$  г начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$  (Н). Зависимость радиус-вектора материальной точки от времени имеет вид  $\vec{r} = 2t\vec{i} + t^2\vec{j}$  (м). Определить мощность ( в Вт), развиваемую силой в момент времени  $t = 2$  с.

18.10. На идеально гладком столе лежат два груза, массы которых относятся как 1:3. Грузы соединены между собой сжатой пружиной жесткостью  $k = 1000$  Н/м. Пружина удерживается в сжатом состоянии с помощью тонкой нерастяжимой нити. После пережигания нити пружина разжимается, и более легкий груз приобретает кинетическую энергию  $W_k = 60$  Дж. Определить величину деформации  $\Delta l$  сжатой пружины.

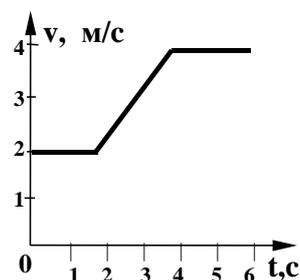
## Вариант 19

19.1. Радиус – вектор, описывающий движение материальной точки изменяется со временем по закону:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + 3t\vec{i} + 2t\vec{j},$$

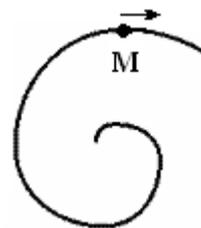
где  $\vec{r}_0$  - радиус – вектор в момент времени  $t = 0$ ,  $\vec{i}$  - единичный орт оси ОХ,  $\vec{j}$  - единичный орт оси ОУ. Что собой представляет траектория, по которой движется материальная точка? Найдите величину ускорения в момент времени  $t = 2$  с.

19.2. Скорость автомобиля массой 500 кг изменяется в соответствии с графиком, приведенным на рисунке. Определите равнодействующую силу в момент времени  $t = 3$  с.



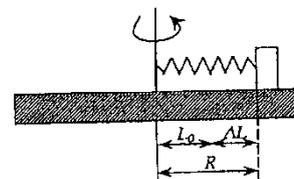
19.3. Первая точка движется по траектории  $y = 5x^2$ . Закон движения второй точки:  $x = 2t$  (м),  $y = 8t$  (м). В какой момент времени они встретятся и каковы координаты их места встречи?

19.4. Точка М движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. Укажите знак проекции тангенциального ускорения на направление скорости. Определите, увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными или равны нулю величины полного и нормального ускорений. Объясните свой ответ.



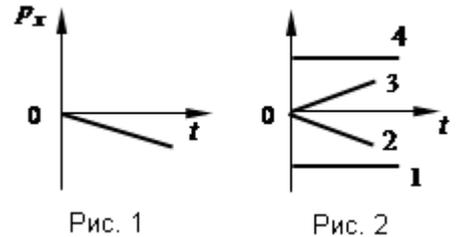
19.5. Веревка выдерживает груз массой  $m_1 = 110$  кг при вертикальном подъеме его с некоторым ускорением и груз массой  $m_2 = 690$  кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какова максимальная масса груза  $m$ , который можно поднимать на этой веревке с постоянной скоростью?

19.6. Тело массой  $m = 1,2$  кг находится на **гладкой** горизонтальной плоскости и вращается вокруг вертикальной оси. Оно прикреплено к оси пружиной с жесткостью  $k = 200$  Н/м и движется по окружности радиуса  $R$ , совершая  $n = 1$  об/сек. Длина пружины в

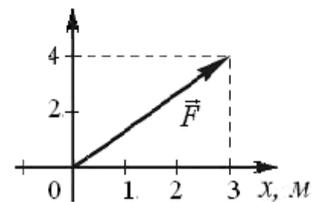


недеформированном состоянии равна  $L_0 = 50$  см. Определить радиус траектории тела  $R$ .

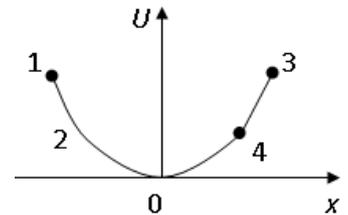
19.7. Проекция  $p_x$  импульса материальной точки, движущейся прямолинейно вдоль оси  $X$ , изменяется со временем так, как показано на рис. 1. Какой номер графика на рис. 2 соответствует зависимости  $F_x(t)$  – проекции силы, действующей на точку и вызывающей это изменение  $p_x$ ? Ответ обосновать.



19.8. На рисунке показан вектор силы, действующей на частицу. Найти работу, совершенную этой силой при перемещении частицы из начала координат в точку с координатами (4; 3).



19.9. На рисунке изображен график потенциальной энергии упругодеформированного тела. Какой из отмеченных точек графика соответствует наибольшая упругая сила, действующая в направлении оси  $Ox$ ? Обоснуйте ответ.



19.10. Два маленьких шарика массами  $m_1 = 10$  г и  $m_2 = 20$  г висят на длинных одинаковых вертикальных нитях. Между ними находится сжатая пружина, которая удерживается в сжатом состоянии связывающей ее нитью. Потенциальная энергия деформации пружины  $U = 0,05$  Дж. Нить, связывающую тела, пережигают. Найти максимальные высоты  $h_1$  и  $h_2$ , на которые поднимутся шарики.

## Вариант 20

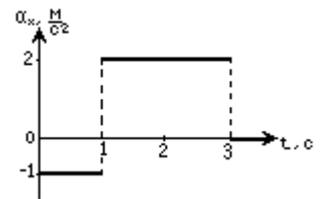
20.1. Координаты материальной точки изменяются со временем по законам

$$x = 2 + 2t + t^2, \text{ м} \quad y = 3t, \text{ м} \quad z = 3, \text{ м.}$$

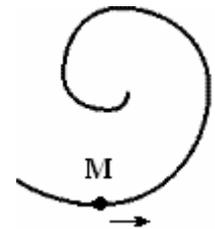
Запишите векторный вид зависимости радиус – вектора точки и вычислите величину мгновенной скорости в момент времени  $t = 1$  с.

20.2. Точка движется вдоль оси  $OX$  с постоянным ускорением  $a = +1 \text{ м/с}^2$ . Скорость в начальный момент времени равна  $V_{x0} = -3 \text{ м/с}$ . Найдите среднюю путевую скорость за четыре секунды движения.

20.3. Тело из состояния покоя начинает двигаться вдоль оси  $OX$ . График зависимости проекции ускорения тела на ось  $OX$  приведён на рисунке. Определить проекцию скорости движущейся точки в момент времени 3 с.



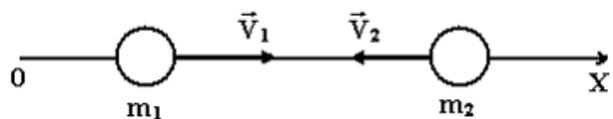
20.4. Точка  $M$  движется по спирали в направлении, указанном стрелкой. Нормальное ускорение по величине не изменяется. Определите, увеличивается, уменьшается или остается постоянной величина скорости. Поясните ваш вывод.



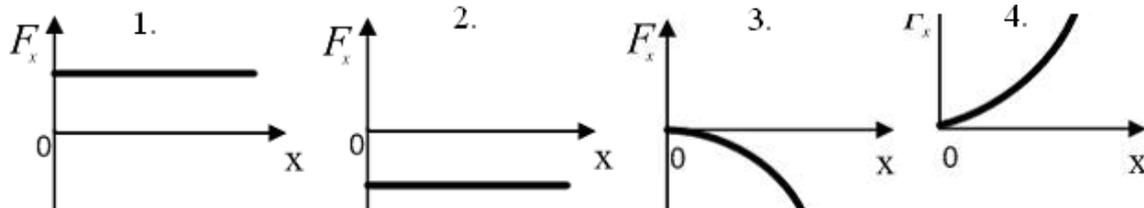
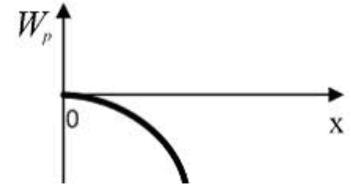
20.5. Человек везет связанные веревкой двое саней, каждая из которых имеет массу  $m = 15$  кг, прикладывая силу  $F = 120$  Н под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Найти ускорение саней, если коэффициент трения полозьев о снег  $\mu = 0,2$ .

20.6. Камень массой  $m = 25$  кг, подвешенный к потолку на канате, движется в горизонтальной плоскости по окружности с частотой  $n = 12$  об/мин. Длина каната  $l = 5$  м. Какова сила натяжения  $T$  каната?

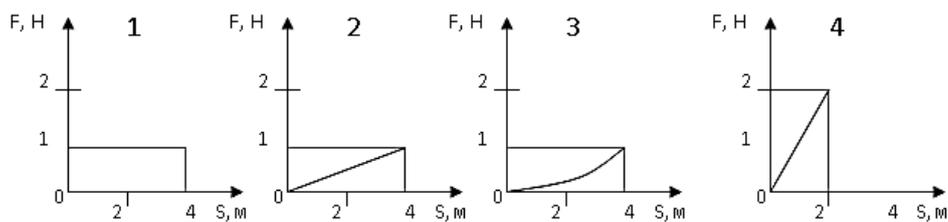
20.7. Вдоль оси  $OX$  навстречу друг другу движутся две частицы с массами  $m_1 = 4$  г и  $m_2 = 2$  г и скоростями  $V_1 = 5$  м/с и  $V_2 = 4$  м/с соответственно. Найти проекцию скорости центра масс на ось  $OX$ .



20.8. В потенциальном поле сила  $\vec{F}$  пропорциональна градиенту потенциальной энергии  $W_p$ . Если график зависимости потенциальной энергии  $W_p$  от координаты  $x$  имеет вид, представленный на рисунке, то зависимость проекции силы  $F_x$  на ось  $X$  изображается графиком под номером ...



20.9. На рисунке изображены графики зависимости силы  $F$ , действующей на материальную точку, от пройденного пути  $S$ . В каких случаях средние мощности, развиваемые силой  $F$ , одинаковы? Ответ обоснуйте. Найдите эти мощности, если время  $t = 2$  с.

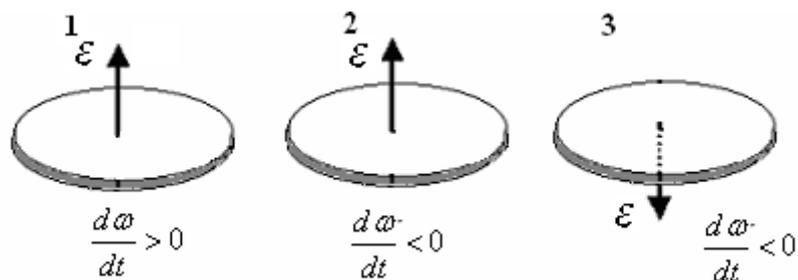


20.10. Пуля летит горизонтально со скоростью  $V_0 = 160$  м/с, пробивает стоящую на горизонтальной шероховатой поверхности коробку и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью  $\frac{1}{4} V_0$ . Масса коробки в 12 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между коробкой и поверхностью  $\mu = 0,3$ . На какое расстояние  $S$  переместится коробка к моменту, когда ее скорость уменьшится на 20% ?

## Вращательное движение

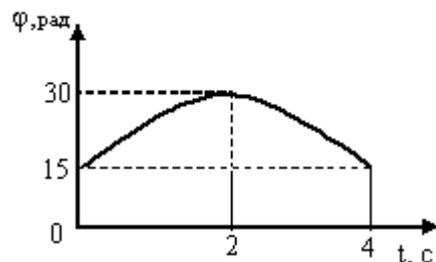
### Вариант 1

1.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения вращающихся дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Какой из дисков вращается **против часовой стрелки** (если смотреть сверху)?

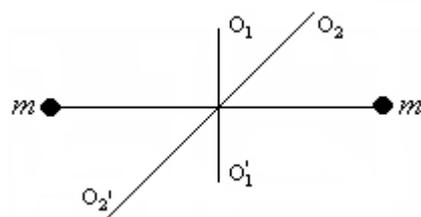


1.2. Колесо радиусом  $R = 10$  см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени задана уравнением  $\varphi = 3 + 2t^2 + t^3$ , где  $\varphi$  - в радианах,  $t$  - в секундах. Найдите для точек, лежащих на ободе колеса: а) линейную скорость, б) нормальное ускорение и в) угловое ускорение  $\varepsilon$  для момента времени  $t = 3$  с.

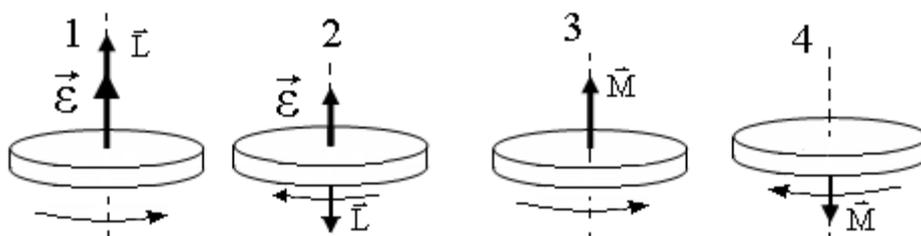
1.3. На графике представлена зависимость угла  $\varphi$  поворота вращающегося тела от времени  $t$ . Определите начальную угловую скорость вращения тела.



1.4. Две материальные точки массами  $m$  расположены симметрично относительно оси  $O_1O'_1$ , расположенной в плоскости чертежа. Как изменится момент инерции этих точек при повороте оси в плоскости чертежа на угол  $\alpha = 45^\circ$  из положения  $O_1O'_1$  в положение  $O_2O'_2$

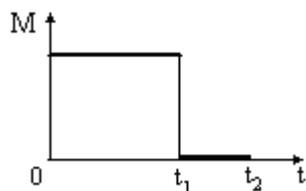


1.5. Равнозамедленное вращение совершает диск, приведенный на рисунке под номером ...

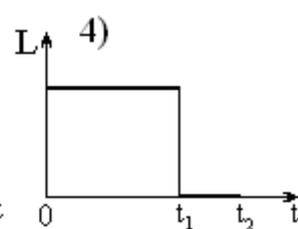
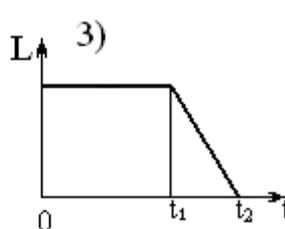
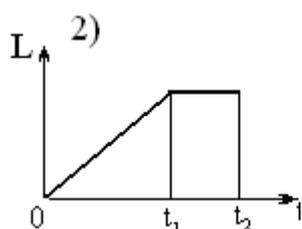
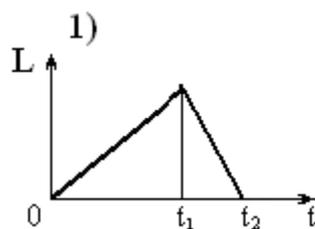


1.6. Имеются два цилиндра: алюминиевый (сплошной) и свинцовый (полый) одинакового радиуса  $R = 10 \text{ см}$  и одинаковой массы  $m = 0,50 \text{ кг}$ . Найдите моменты инерции этих цилиндров. За какое время каждый цилиндр скатится без скольжения с наклонной высота наклонной плоскости  $h = 0,50 \text{ м}$ , угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ .

1.7. Диск **начинает вращаться** под действием момента сил  $M$ , график временной зависимости которого представлен на рисунке.

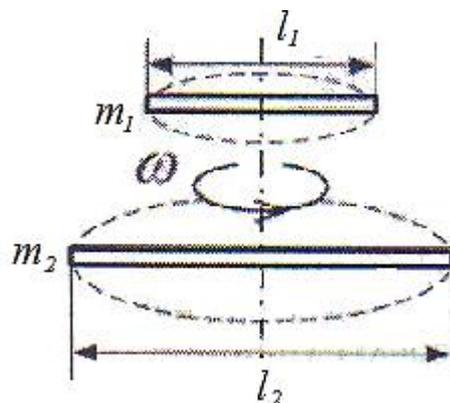


Укажите график, **правильно** отражающий зависимость момента импульса диска от времени.



1.8. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R = 2 \text{ м}$ , стоит человек. Масса платформы  $M = 200 \text{ кг}$ , масса человека  $m = 80 \text{ кг}$ . Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $v = 2 \text{ м/с}$  относительно платформы. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

1.9. Для того, чтобы раскрутить стержень массы  $m_1$  и длины  $l_1$  вокруг вертикальной оси, расположенной перпендикулярно стержню через его середину, до угловой скорости  $\omega$ , необходимо совершить работу  $A_1$ . Во сколько раз большую работу, чем  $A_1$ , надо совершить, для того, чтобы раскрутить до той же угловой скорости стержень массы  $m_2 = 2 m_1$  и длины  $l_2 = 2 l_1$ ?

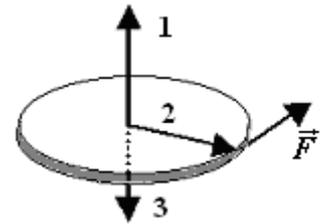


1.10. Тонкий прямой стержень длиной  $l = 1 \text{ м}$  прикреплен к горизонтальной оси, проходящий через его верхний конец. Стержень отклонили на  $60^\circ$  от положения равновесия и отпустили. Определите

линейную скорость нижнего конца в момент прохождения через положение равновесия.

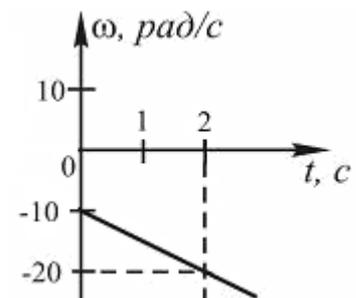
## Вариант 2

2.1. Диск вращается **равноускоренно** вокруг вертикальной оси под действием силы  $F$ . Вектор угловой скорости обозначен цифрой....



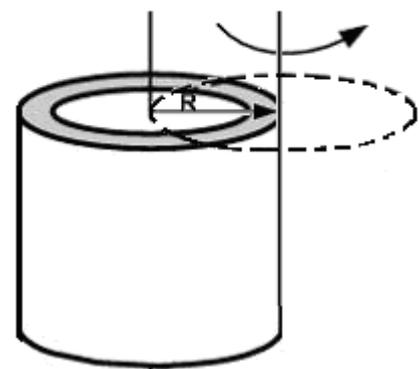
2.2. Частица движется по окружности радиусом  $R = 1$  м в соответствии с уравнением  $\varphi(t) = 2\pi(t^2 - 6t + 12)$ , где  $\varphi$  - в радианах,  $t$  - в секундах. Найдите время движения диска до остановки. Сколько оборотов  $N$  сделает диск за это время?

2.3. Тело вращается вокруг неподвижной оси. Зависимость угловой скорости от времени  $\omega(t)$  показана на рисунке. Напишите уравнение  $\varphi = f(t)$ , отражающее зависимость угла поворота тела от времени, если начальное положение тела соответствует значению  $\varphi_0 = 2, \text{рад}$ .



$$: \varphi = 2 - 10t - 2,5t^2, \text{ рад}$$

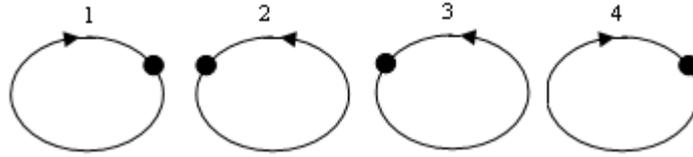
2.4. При расчете моментов инерции тела относительно осей, не проходящих через центр масс, используют теорему Штейнера. Во сколько раз увеличится момент инерции тонкостенной трубки, если ось вращения перенести из центра масс на образующую?



2.5. Четыре шарика, размеры которых пренебрежимо малы, движутся по окружностям с одинаковой угловой скоростью. Укажите номер шарика,

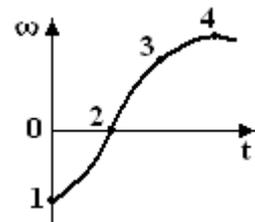
момент импульса которого относительно оси, проходящей через центр окружности, максимален. Массы шариков и радиусы окружностей указаны под рисунками.

- 1)  $m=4\text{г}$       2)  $m=2\text{г}$       3)  $m=5\text{г}$       4)  $m=3\text{г}$   
 $r=1\text{см}$        $r=2\text{см}$        $r=3\text{см}$        $r=6\text{см}$



2.6. Тело из состояния покоя приводится во вращение вокруг горизонтальной оси с помощью падающего груза, соединенного со шнуром, предварительно намотанным на ось. Определите момент инерции тела, если груз массой  $m = 2,0 \text{ кг}$  в течение  $t = 12 \text{ с}$  опускается на расстояние  $h = 1 \text{ м}$ . Радиус оси  $r = 8 \text{ мм}$ . Силой трения можно пренебречь.

2.7. На рисунке приведен график зависимости проекции угловой скорости вращающегося тела на ось вращения от времени. Как изменяется модуль вращающего момента сил, действующего на тело, на интервале времени от  $t_3$  до  $t_4$ ?



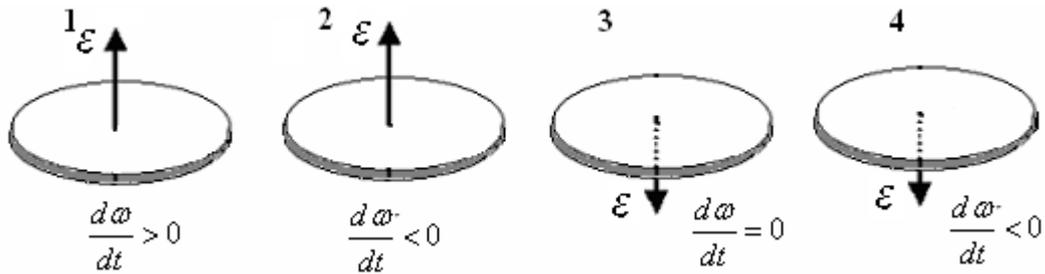
2.8. Однородный тонкий стержень свободно вращается на гладкой поверхности вокруг своего центра с некоторой угловой скоростью. Один конец стержня внезапно закрепляется и дальнейшее вращение его происходит вокруг закрепленного конца. Определить, каково будет изменение угловой скорости вращения стержня.

2.9. Маховик вращается вокруг по закону, выраженному уравнением  $\varphi = 2+3t-4t^2$ , рад. Найдите среднюю мощность, развиваемую силами действующими на маховик при его движении до остановки, если его момент инерции  $J = 100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

2.10. Два шарика одинаковой массы и одинаковыми радиусами движутся с одинаковыми скоростями. Первое катится, второе скользит. При ударе о стенку тела останавливаются. Определите, у какого тела и во сколько раз больше выделится тепла при ударе.

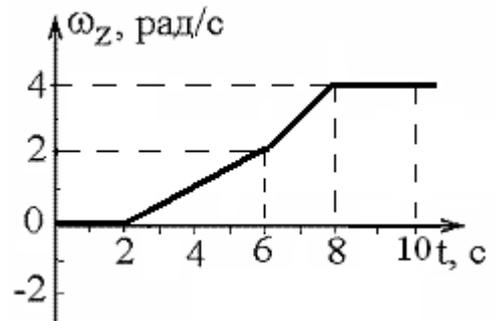
### Вариант 3

3.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения вращающихся дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Какие из дисков вращаются **против часовой стрелки** (если смотреть сверху)?

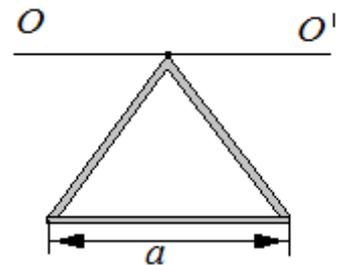


3.2. Уравнение вращения твердого тела  $\varphi(t) = 4t^3 + 3t$ , рад. Определите угловую скорость вращения тела и полное ускорение для точки тела, отстоящей на 20 см от оси вращения, через 2 с после начала движения.

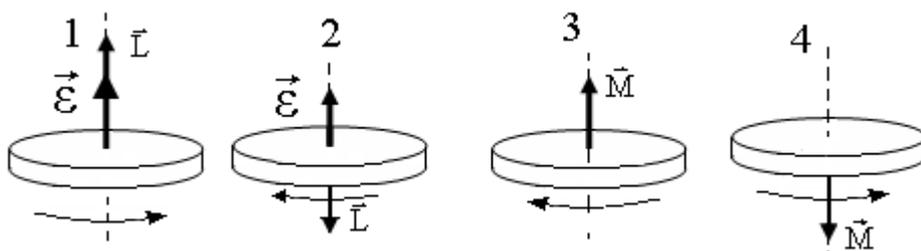
3.3. Диск радиуса начинает вращаться из состояния покоя в горизонтальной плоскости вокруг оси  $Z$ , проходящей перпендикулярно его плоскости через его центр. Зависимость проекции угловой скорости от времени показана на графике. На каком интервале времени тангенциальное ускорение точки, расположенной на расстоянии  $R = 20$  см от центра диска, равно  $a_t = 0,2$  м/с<sup>2</sup>?



3.4. Определите момент инерции проволочного равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см относительно оси, лежащей в плоскости треугольника и проходящей через его вершину параллельно его стороне, противоположной вершине. Масса треугольника равна  $m = 12$  г и равномерно распределена по длине проволоки.

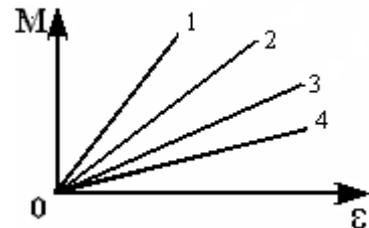


3.5. Равноускоренное вращение совершает диск, приведенный на рисунке под номером ...



3.6. Две гири разной массы соединены нитью, перекинутой через блок, момент инерции которого  $J = 50 \text{ кг м}^2$  и радиус  $R = 20 \text{ см}$ . Блок вращается с трением и момент сил трения  $M = 98,1 \text{ Нм}$ . Найдите разность сил натяжений нити ( $T_1 - T_2$ ) по обе стороны блока, если известно, что блок вращается с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 2,36 \text{ рад/с}^2$ .

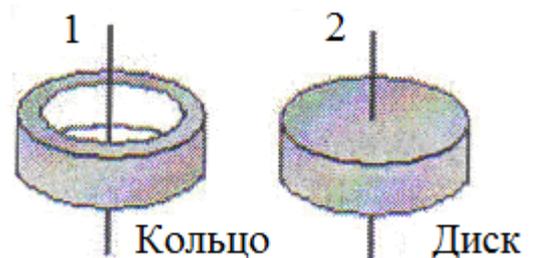
3.7. На рисунке приведена зависимость модуля моментов приложенных к телу сил от модуля углового ускорения тел. Наибольший момент инерции имеет тело под номером.....



3.8. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамейка с человеком вращается с угловой скоростью  $\omega_1 = 1 \text{ рад/с}$ . С какой угловой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться скамья, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи  $J = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Длина стержня  $l = 2,4 \text{ м}$ , его масса  $m = 8 \text{ кг}$ . Считать, что центр тяжести стержня с человеком находится на оси платформы.

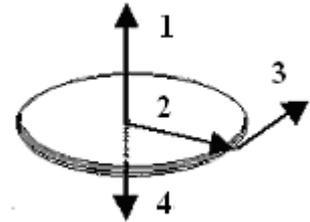
3.9. Маховик в виде диска, момент инерции которого  $J = 1,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , вращаясь равномерно за время  $t = 1 \text{ мин}$  уменьшает частоту своего вращения с  $n_1 = 240 \text{ об/мин}$  до  $n_2 = 120 \text{ об/мин}$ . Определите работу сил торможения.

3.10. На рисунке показаны тела одинаковой массы и размеров, вращающиеся вокруг вертикальной оси с одинаковой частотой. Кинетическая энергия первого тела  $E_{к1}^{вп} = 0,5 \text{ Дж}$ . Найдите момент импульса второго тела, если  $m = 1 \text{ кг}$ ,  $R = 10 \text{ см}$ .



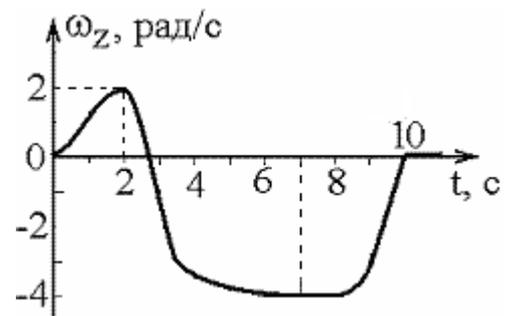
## Вариант 4

4.1. Диск вращается **равнозамедленно** вокруг вертикальной оси **против** часовой стрелки (если смотреть сверху). Вектор углового ускорения обозначен цифрой....

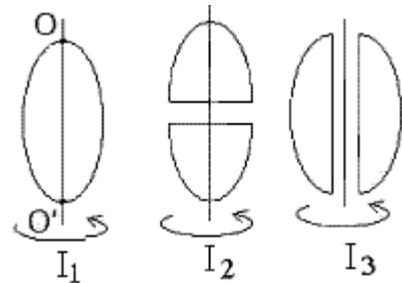


4.2. Движение тела вокруг неподвижной оси вращения задано уравнением  $\varphi = \pi(9t - 3t^2)$ , рад. Сколько оборотов  $N$  сделает тело до момента изменения направления вращения тела и чему равна средняя угловая скорость тела за этот интервал времени?

4.3. Диск радиуса  $R$  начинает вращаться из состояния покоя в горизонтальной плоскости вокруг оси  $Z$ , проходящей перпендикулярно его плоскости через его центр. Зависимость проекции угловой скорости от времени показана на графике. Чему равны тангенциальные ускорения точки на краю диска в моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 7$  с?



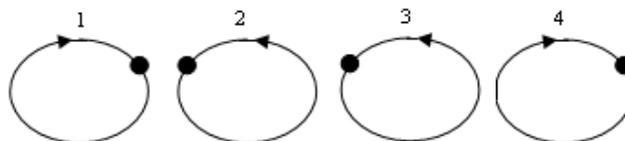
4.4. Из жести вырезали три одинаковые детали в виде эллипса. Две детали разрезали на четыре одинаковые части. Затем все части отодвинули друг от друга на одинаковое расстояние и расставили симметрично относительно оси  $OO$ . Для моментов инерции относительно оси  $OO$  справедливо соотношение ...



- 1)  $I_1 < I_2 < I_3$ ;    2)  $I_1 = I_2 = I_3$ ;    3)  $I_1 < I_2 = I_3$ ;    4)  $I_1 > I_2 > I_3$ .

4.5. Четыре шарика, размеры которых пренебрежимо малы, движутся по окружностям с одинаковой угловой скоростью. Укажите номер шарика, момент импульса которого относительно оси, проходящей через центр окружности, максимален. Массы шариков и радиусы окружностей указаны под рисунками.

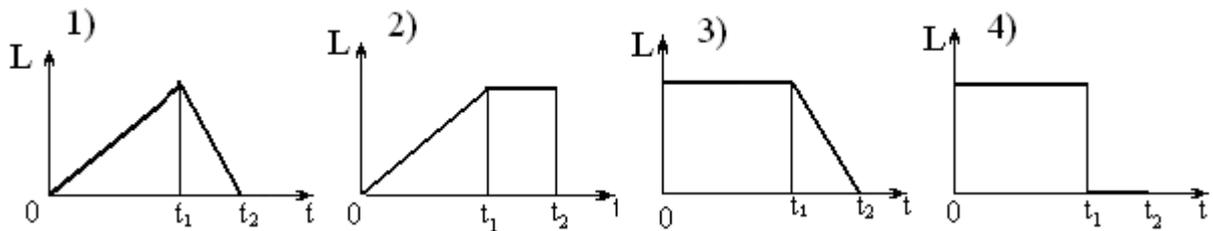
- 1)  $m=5$ г    2)  $m=1$ г    3)  $m=5$ г    4)  $m=2$ г  
 $r=1$ см     $r=2$ см     $r=3$ см     $r=6$ см



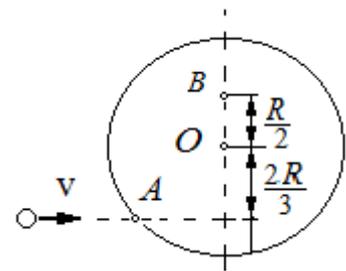
4.6. Маховое колесо, имеющее момент инерции  $J = 245 \text{ кг м}^2$ , вращается, делая  $n = 20 \text{ об/с}$ . После того как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось, сделав  $N = 1000 \text{ об}$ . Найдите момент сил трения  $M$  и время  $\tau$ , прошедшее от момента прекращения действия вращающегося момента до полной остановки колеса.

4.7. На рисунке представлены графики временной зависимости моментов для четырех вращающихся тел.

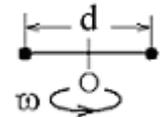
Какой график, **правильно** отражает зависимость момента импульса от времени для диска, вращающегося равномерно весь интервал времени?



4.8. Однородный диск радиусом  $= 20 \text{ см}$  и массой  $= 0,20 \text{ кг}$  может свободно вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через точку  $O$  на нем. В точку  $A$  на образующей диска попадает пластилиновый шарик, летящий горизонтально со скоростью  $= 10 \text{ м/с}$ , и прилипает к его поверхности. Масса шарика  $= 10 \text{ г}$ . Определите угловую скорость диска и линейную скорость точки  $B$  сразу после прилипания шарика (см. рис.).

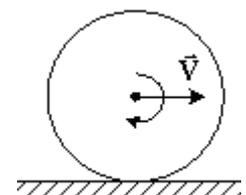


4.9. Два маленьких массивных шарика закреплены на концах невесомого стержня длины  $d$ . Стержень может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Стержень раскрутили до угловой скорости  $\omega_1$ . Под действием трения стержень остановился, при этом выделилось тепло  $Q_1$ . Если стержень раскручен до угловой скорости  $\omega_2 = 2\omega_1$ , то при остановке стержня выделится тепло ...



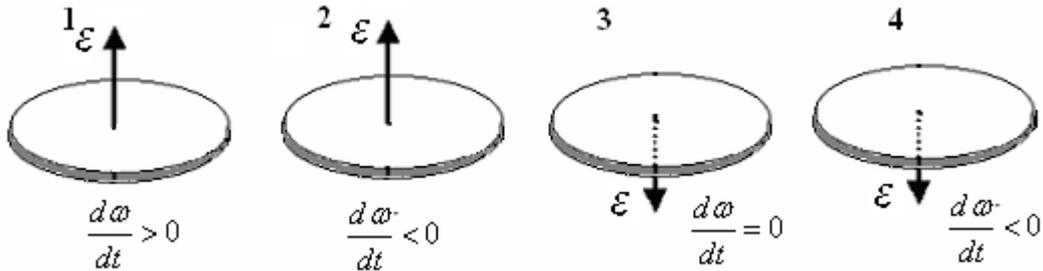
- 1)  $Q_2 = \frac{1}{4} Q_1$ ;    2)  $Q_2 = 4Q_1$ ;    3)  $Q_2 = \frac{1}{2} Q_1$ ;    4)  $Q_2 = 2Q_1$ .

4.10. Обруч массой  $m = 0,3 \text{ кг}$  и радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения  $1200 \text{ Дж}$ , и отпустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Если обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кинетическую энергию вращения  $200 \text{ Дж}$ , то сила трения совершила работу, равную



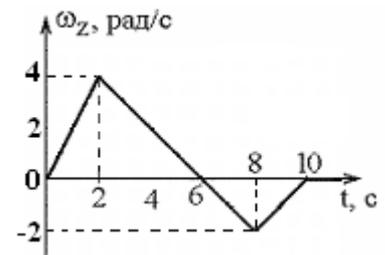
## Вариант 5

5.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения вращающихся дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Какие диски вращаются **по часовой стрелке** (если смотреть снизу на диск)?

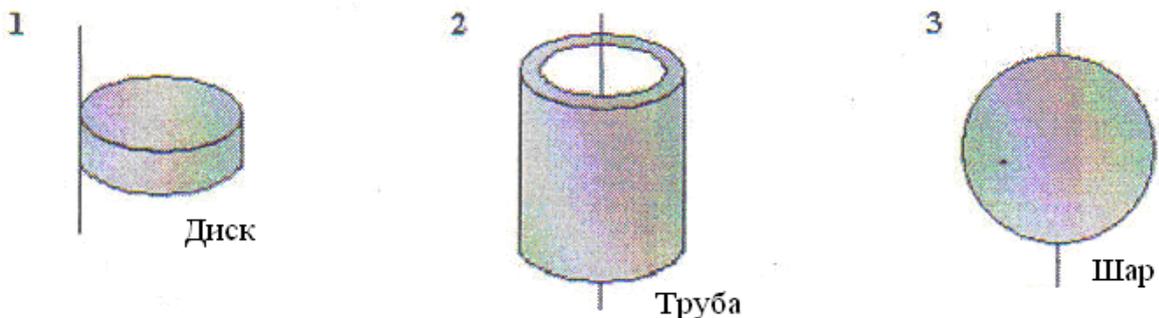


5.2. Диск вращается с постоянным угловым ускорением  $\epsilon = 5 \text{ рад/с}$ . Сколько оборотов  $N$  сделает диск при изменении частоты вращения от  $n_1 = 240 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_2 = 90 \text{ мин}^{-1}$ ? Найдите время, в течение которого это произойдет.

5.3. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. На какой угол (в  $\text{рад}$ ) окажется повернутым тело относительно начального положения через  $10 \text{ с}$ ?



5.4. Рассматриваются три тела: диск, тонкостенная труба и сплошной шар; причем массы  $m$  и радиусы оснований диска и трубы одинаковы. Верным для моментов инерции рассматриваемых тел относительно указанных осей является соотношение ...



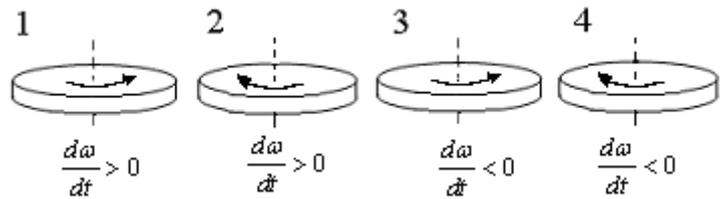
1)  $J_3 < J_2 < J_1$

2)  $J_3 < J_1 < J_2$

3)  $J_1 < J_2 < J_3$

4)  $J_3 < J_1 = J_2$

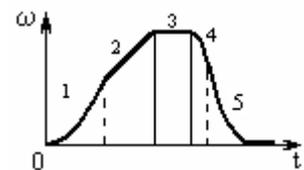
5.5. Диски вращаются вокруг неподвижных вертикальных осей. На рисунке указаны стрелкой направления вращения диска и как изменяется угловая скорость



вращения с течением времени. Укажите номера дисков, моменты импульса которых направлены вдоль оси вращения вниз.

5.6. По ободу шкива, насаженного на общую ось с маховым колесом, намотана нить, к концу которой подвешен груз массой  $m = 4,0 \text{ кг}$ . На какое расстояние должен опуститься груз, чтобы колесо со шкивом получило скорость, соответствующую частоте  $n = 60 \text{ об/мин}$ ? Момент инерции колеса со шкивом  $J = 0,42 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , радиус шкива  $r = 10 \text{ см}$ . Это задача №2

5.7. На рисунке приведен график зависимости от времени проекции угловой скорости вращающегося тела на ось вращения. Момент действующих на тело сил был постоянным не равным нулю на участке ...



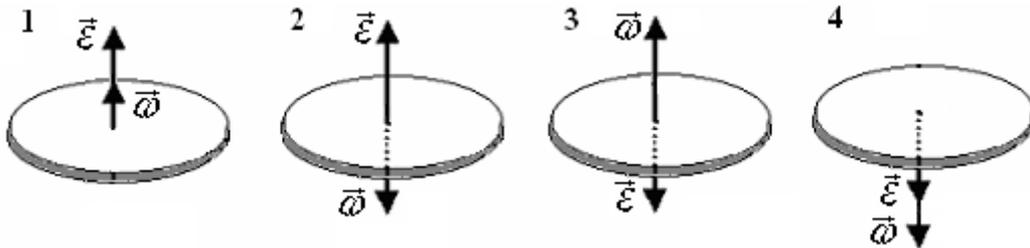
5.8. Человек стоит на скамье Жуковского, вращающейся с пренебрежимо малым трением, и ловит ручной мяч массой  $m = 0,4 \text{ кг}$ , летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 20 \text{ м/с}$ . Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8 \text{ м}$  от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться скамья Жуковского с человеком, поймавшим мяч? Считать, что суммарный момент инерции человека и скамьи  $J = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

5.9. Маховик вращается вокруг по закону, выраженному уравнением  $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ , рад. Найдите среднюю мощность, развиваемую силами действующими на маховик при его движении до остановки, если его момент инерции  $J = 100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  Чему равна мощность в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ .

5.10. Мальчик катит обруч по горизонтальной поверхности со скоростью  $v = 7,2 \text{ км/ч}$ . Найдите высоту (в метрах), на которую может вкатиться обруч в горку за счет своей кинетической энергии, если пренебречь силой трения качения. Угол наклона горки составляет  $\alpha = 30^\circ$ .

## Вариант 6

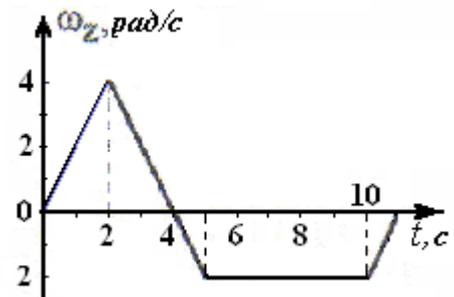
6.1. На рисунке стрелками показаны направления векторов угловой скорости и углового ускорения вращающихся дисков. Угловая скорость каких дисков увеличивается по модулю с течением времени?



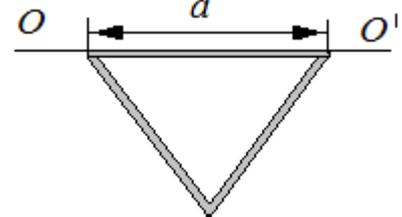
6.2. Маховик начал вращаться равноускоренно и за промежуток времени  $t = 10 \text{ с}$  достиг частоты  $n = 300 \text{ мин}^{-1}$ . Запишите уравнение зависимости  $\varphi = f(t), \text{ рад}$  согласно которому вращается диск.

6.3. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси Z с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. На каких интервалах времени знаки проекций угловой скорости и углового ускорения одинаковые?

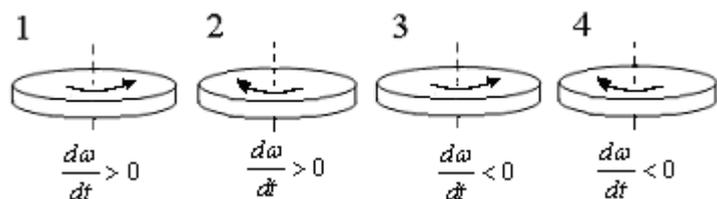
: 0 до 2; 4 до 5



6.4. Определите момент инерции проволочного равностороннего треугольника со стороной  $a = 10 \text{ см}$  относительно оси, совпадающей с одной из сторон треугольника. Масса треугольника равна  $m = 12 \text{ г}$  и равномерно распределена по длине проволоки.

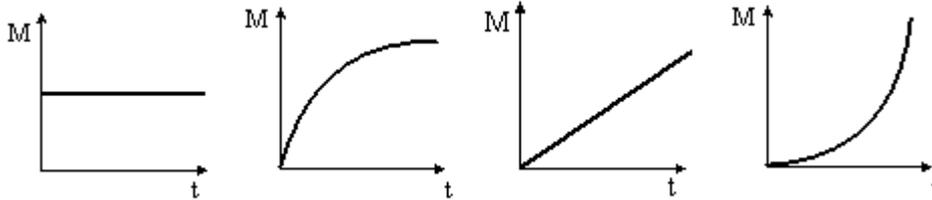


6.5. Диски вращаются вокруг неподвижных вертикальных осей. На рисунке указаны стрелкой направления вращения диска и как изменяется угловая скорость вращения с течением времени. Укажите номера дисков, моменты сил которых направлены вдоль оси вращения вверх.



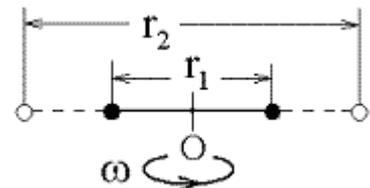
6.6. На барабан радиусом  $R = 20$  см, момент инерции которого  $J = 0,10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , намотан шнур, к которому привязан груз массой  $m = 0,50 \text{ кг}$ . До начала вращения барабана высота груза над полом  $h = 11,0 \text{ м}$ . Найти: 1) Время, за которое  $\tau$  груз опустится до пола; 2) скорость груза в момент удара о пол; 3) натяжение нити  $T$ . Трением пренебречь.

6.7. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = at$ . Укажите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



6.8. На верхней поверхности горизонтального диска, который может вращаться вокруг вертикальной оси, проложены по окружности радиуса  $r = 50 \text{ см}$  рельсы игрушечной железной дороги. Масса диска  $M = 10 \text{ кг}$ , его радиус  $R = 60 \text{ см}$ . На рельсы неподвижного диска был поставлен заводной паровозик массой  $m = 1 \text{ кг}$  и выпущен из рук. Он начал двигаться относительно рельсов со скоростью  $v = 0,8 \text{ м/с}$ . С какой угловой скоростью будет вращаться диск?

6.9. Два маленьких массивных шарика закреплены на невесомом длинном стержне на расстоянии  $r_1$  друг от друга. Стержень может вращаться без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей посередине между шариками. Стержень раскрутили из состояния покоя до угловой скорости  $\omega$ , при этом была совершена работа  $A_1$ . Шарика раздвинули симметрично на расстояние  $r_2 = 2r_1$  и раскрутили до той же угловой скорости. При этом была совершена работа ...

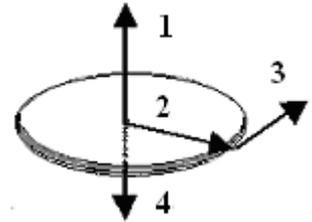


- 1)  $A_2 = 2A_1$ ;      2)  $A_2 = 4A_1$ ;      3)  $A_2 = \frac{1}{2}A_1$ ;      4)  $A_2 = \frac{1}{4}A_1$ .

6.10. Обруч скатывается без проскальзывания с горки высотой  $h = 2,5 \text{ м}$ . Найдите скорость обруча у основания горки при условии, что трением можно пренебречь.

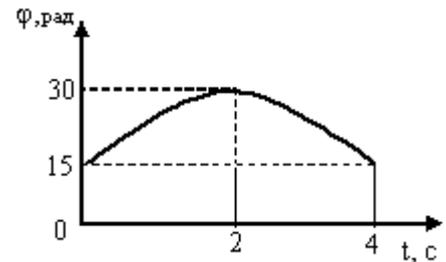
## Вариант 7

7.1. Диск вращается **равнозамедленно** вокруг вертикальной оси **по часовой стрелке** (если смотреть сверху). Вектор углового ускорения обозначен цифрой....

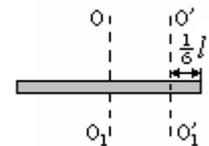


7.2. Якорь электромотора, вращающийся со скоростью  $n = 50 \text{ об/с}$ , двигаясь после выключения тока равнозамедленно, остановился, сделав  $N = 1680 \text{ об}$ . Найти угловое ускорение якоря.

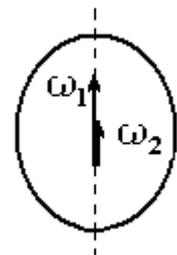
7.3. На графике представлена зависимость угла  $\varphi$  поворота вращающегося тела от времени  $t$ . Определите угловое ускорение вращения тела.



7.4. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной  $l = 50 \text{ см}$  и массой  $m = 300 \text{ г}$  относительно оси перпендикулярной стержню и проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на  $1/6$  его длины (см. рисунок).



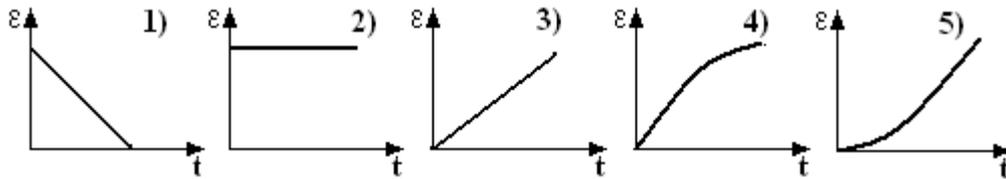
7.5. На рисунке показаны начальная  $\omega_1 = 10 \text{ рад/с}$  и конечная  $\omega_2 = 5 \text{ рад/с}$  скорости вращения абсолютно твердого тела для интервала времени  $\Delta t = 10 \text{ с}$ . Как направлен момент сил, вызывающий вращение данного тела?



7.6. Однородный стержень длиной  $l = 1,2 \text{ м}$  и массой  $m = 0,3 \text{ кг}$  вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов с угловым ускорением  $\varepsilon = 9,81 \text{ с}^{-1}$ . Сколько оборотов сделает стержень за время  $t = 5,0 \text{ с}$ , если он начал вращаться из состояния покоя? Как изменится вращающий момент, если ось вращения переместить в центр масс стержня?

7.7. Момент силы, приложенный к вращающемуся телу, изменяется по закону  $M = M_0 - \alpha t$ , где  $\alpha$  – некоторая положительная константа.

Момент инерции остается постоянным в течение всего времени вращения. Зависимость углового ускорения от времени представлена на рисунке ...



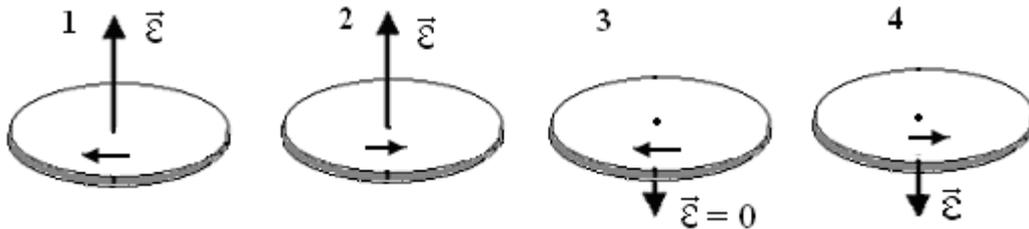
7.8. На вращающемся столике, используемом в физических кабинетах для демонстрации опытов, стоит человек, держащий в руках на расстоянии  $l_1 = 150$  см друг от друга две гири массой  $m = 1,0$  кг каждая. Столик вращается с частотой  $n_1 = 1$  с<sup>-1</sup>. человек сближает гири до расстояния  $l_2 = 80$  см, и частота увеличивается до  $n_2 = 1,5$  с<sup>-1</sup>. Определите момент инерции человека и столика  $J$ , считая его постоянным относительно оси столика.

7.9. Маховик в виде диска массой  $m = 80$  кг и радиусом  $R = 30$  см находится в состоянии покоя. Какую работу  $A_1$  нужно совершить, чтобы сообщить маховику частоту  $n = 10$  с<sup>-1</sup>? Какую работу пришлось бы совершить, если бы при той же массе диск имел меньшую толщину, но вдвое больший радиус?

7.10. Сплошной и полый цилиндры одинаковых масс и радиусов катятся без скольжения по горизонтальной поверхности с одинаковой скоростью. Чему равно отношение кинетической энергии полого цилиндра к кинетической энергии сплошного цилиндра?

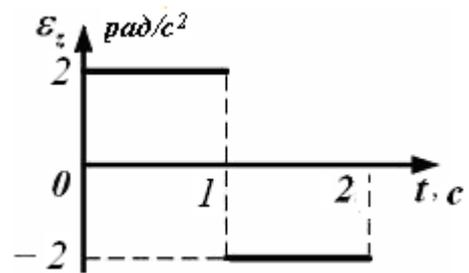
## Вариант 8

8.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения и направления вращения дисков. Какой из дисков вращается равноускоренно?

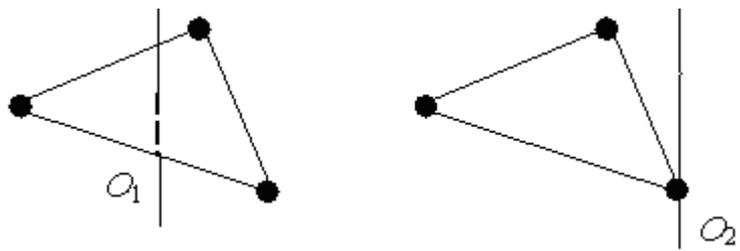


8.2. Диск радиусом  $R = 10 \text{ см}$  вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе диска, от времени задается уравнением  $V = 0,3t + 0,1t^2 \text{ м/с}$ . Определите угол, который образует вектор полного ускорения с радиусом колеса через две секунды после начала движения.

8.3. Твердое тело вращается вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. Определите, используя график, величину угловой скорости вращающегося тела в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

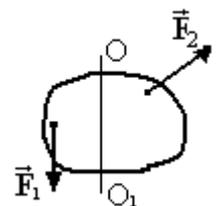


8.4. Три маленьких шарика расположены в вершинах правильного треугольника, расположенного в горизонтальной плоскости. Момент



инерции этой системы относительно оси  $O_1$ , перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через его центр, -  $I_1$ . Момент инерции этой же системы относительно оси  $O_2$ , перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через один из шариков, -  $I_2$ . Найдите отношение  $I_1 / I_2$ .

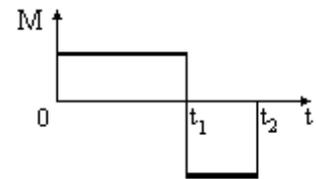
8.5. На рисунке изображено тело, имеющее ось вращения  $OO_1$ . На тело действуют две силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , Вектора сил и ось расположены в плоскости рисунка. Про моменты  $\vec{M}_1$  и  $\vec{M}_2$  сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  относительно оси  $OO_1$  можно утверждать следующее



- 1)  $\vec{M}_1 = 0, \vec{M}_2 \neq 0$       3)  $\vec{M}_1 = 0, \vec{M}_2 = 0$   
 2)  $\vec{M}_1 \neq 0, \vec{M}_2 = 0$       4)  $\vec{M}_1 \neq 0, \vec{M}_2 \neq 0$

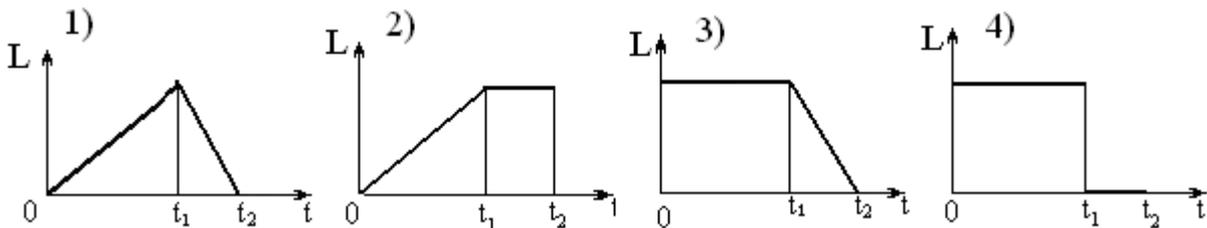
8.6. Цилиндр, расположенный горизонтально, может вращаться около оси, совпадающей с осью цилиндра. Масса цилиндра  $m_1 = 12 \text{ кг}$ . На цилиндр намотали шнур, к которому привязали гирию массой  $m_2 = 1 \text{ кг}$ . С каким ускорением будет опускаться гирия? Какова сила натяжения шнура во время движения гири?

8.7. Диск **начинает вращаться** под действием момента сил  $M$ , график временной зависимости которого представлен на рисунке.



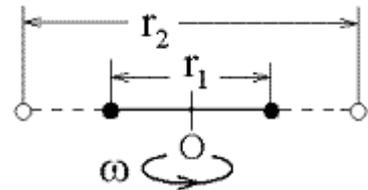
Укажите график, **правильно** отражающий

зависимость момента импульса диска от времени.



8.8. Деревянный стержень массой  $m = 1,0 \text{ кг}$  и длиной  $= 40 \text{ см}$  может вращаться вокруг оси, проходящей через его середину перпендикулярно стержню. В конец стержня попадает пуля массой  $m_1 = 10 \text{ г}$ , летящая перпендикулярно оси и стержню со скоростью  $V = 200 \text{ м/с}$  и застревает в нем. Определите угловую скорость стержня сразу после попадания пули.

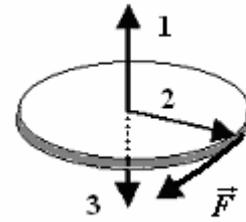
8.9. Два маленьких массивных шарика закреплены на невесомом длинном стержне на расстоянии  $r_1$  друг от друга. Стержень вращается без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей посередине между шариками. Стержень раскрутили до угловой скорости  $\omega$ , совершив работу  $A$ . Какую работу надо совершить, если шарика раздвинуть симметрично на расстояние  $r_2 = 2r_1$  и раскрутить до угловой скорости в два раза большей?



8.10. Сплошной цилиндр и шар, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания с одинаковыми начальными скоростями на горку. Найдите отношение высот  $h_1/h_2$ , на которые смогут подняться эти тела, если трением и сопротивлением воздуха можно пренебречь.

## Вариант 9

9.1. Диск вращается **равнозамедленно** вокруг вертикальной оси под действием силы  $F$ . Вектор угловой скорости обозначен цифрой ...



9.2. Диск радиусом  $R = 20$  см и массой  $m = 7$  кг вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 3$  рад;  $B = -1$  рад/с;  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Написать закон, по которому меняется вращающий момент, действующий на диск. Определить момент сил  $M$  в момент времени  $t = 2$  с.

9.3. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$ . Зависимость углового ускорения от времени представлено на графике (рис.1). Соответствующая зависимость угловой скорости от времени представлена на рис.2 графиком под номером...

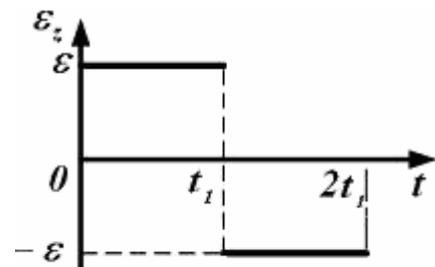


Рис.1

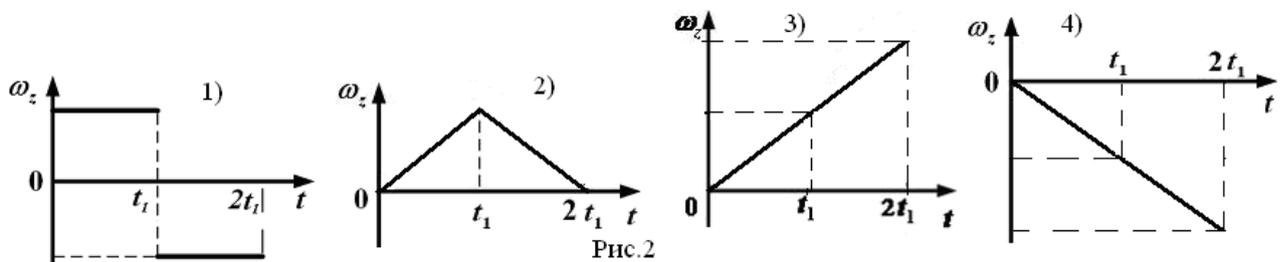
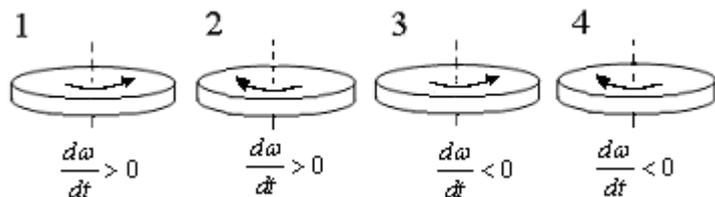


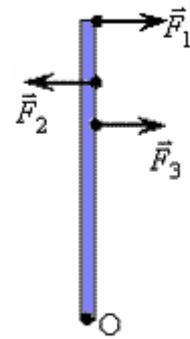
Рис.2

9.4. Определите момент инерции однородного диска радиуса  $R = 20$  см и массой  $m = 500$  г относительно оси, расположенной перпендикулярно плоскости диска, и удаленной от центра диска на четверть его радиуса.

9.5. Диски вращаются вокруг неподвижных вертикальных осей. На рисунке указаны стрелкой направления вращения диска и как изменяется угловая скорость вращения с течением времени. Укажите номера дисков, моменты сил которых направлены вдоль оси вращения вниз.

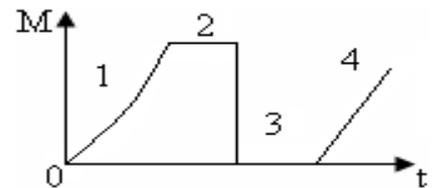


9.6. К стержню приложены 3 одинаковые по модулю силы, как показано на рисунке. Ось вращения перпендикулярна плоскости рисунка и проходит через точку  $O$ . Вектор суммарного момента сил, действующего на стержень, направлен ...



- 1) вправо
- 2) вдоль оси вращения  $O$  «к нам»
- 3) влево
- 4) вдоль оси вращения  $O$  «от нас»

9.7. На рисунке приведен график зависимости модуля результирующего момента сил, действующих на вращающееся абсолютно твердое тело. Какой участок соответствует вращению с постоянным угловым ускорением?



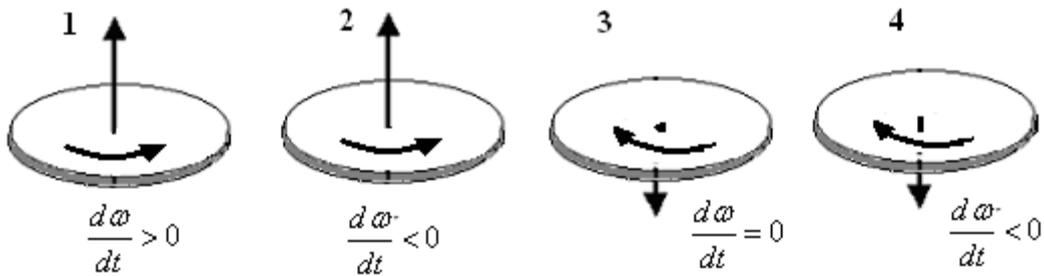
9.8. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол  $\varphi$  повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную точку? Масса платформы  $M = 240$  кг, масса человека  $m = 60$  кг. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

9.9. Маховик вращается вокруг по закону, выраженному уравнением  $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ , рад. Момент инерции маховика  $J = 50$  кг·м<sup>2</sup>. Найдите законы, по которым меняются вращающий момент  $M$  и мощность  $N$ . Чему равна мощность в момент времени  $t = 3$  с.

9.10. Металлический стержень длиной  $l = 40,0$  см и массой  $m = 1,0$  кг может вращаться вокруг перпендикулярной к нему оси, проходящей через его центр. В конец стержня попадает пуля массы  $m = 10,0$  г, летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью  $v = 200$  м/с. Удар пули о стержень абсолютно упругий. Определите, на какой максимальный угол отклонится стержень после удара?

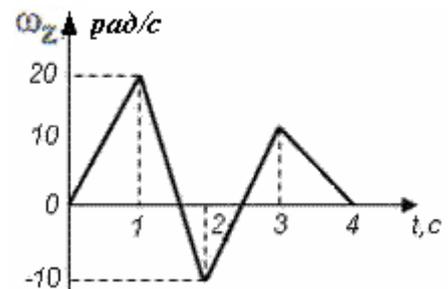
## Вариант 10

10.1. На рисунке стрелками показаны направления вращения дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Для какого из дисков нарисованная стрелка совпадает с направлением ускорения?



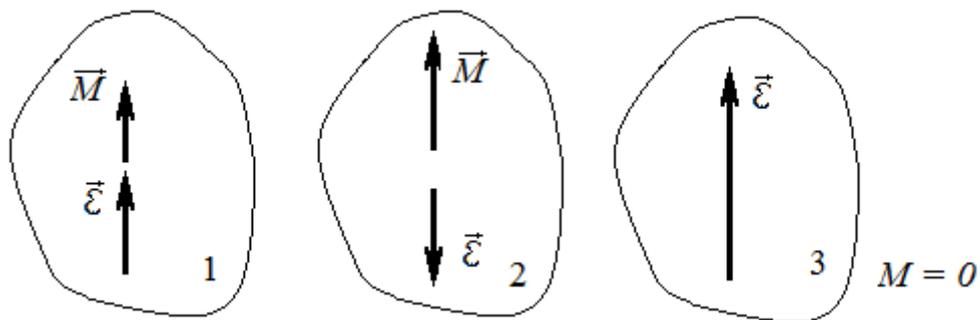
10.2. Некоторое тело начинает вращаться с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 0,04 \text{ c}^{-2}$ . Через какое время после начала вращения полное ускорение какой-либо точки тела будет направлено под углом  $76^\circ$  к вектору скорости этой точки?

10.3. На рисунке представлен график зависимости угловой скорости вращающегося тела от времени. На какой угол (рад) повернулось тело за время движения от 2 с до 4 с?



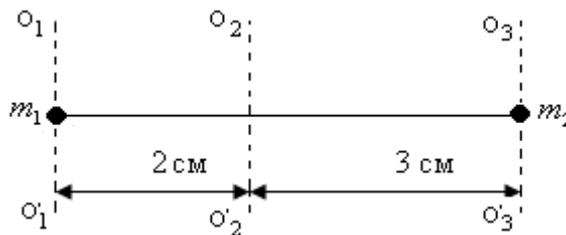
10.4. Три точечных массы каждая по 100 г, образуют равносторонний треугольник со стороной 10 см. Вычислить момент инерции всей системы относительно оси, перпендикулярной плоскости, в которой лежат все массы, и проходящей через одну из них.

10.5. На каком рисунке верно указано направление вектора момента силы?



10.6. Маховое колесо радиуса  $R = 25$  см через тридцать секунд после начала вращения делает 6 оборотов в секунду. Считая его вращение равноускоренным, найти для точек на ободе колеса полное ускорение по величине и угол между вектором полного ускорения и радиусом колеса к концу первой секунды.

10.7. На невесомом стержне укреплены два шарика, размерами которых можно пренебречь. Массы шариков  $m_1 = 2$  кг  $m_2 = 1,5$  кг, соответствующие расстояния указаны на рисунке. Система может вращаться с одинаковой по величине угловой скоростью вокруг осей, показанных на рисунке. В каком из возможных вращений момент импульса будет иметь наибольшее значение?



10.8. Человек, стоящий на укрепленной на шариковом подшипнике площадке, держит в руках горизонтальную штангу так, что середина штанги находится над осью подшипника. На концах штанги укреплены одинаковые тяжелые грузы. Площадка вращается со скоростью  $n_1 = 1/3$  с<sup>-1</sup>. Какова будет скорость вращения, если наклонить штангу под углом 45° к горизонту? Момент инерции самого человека не принимать в расчет.

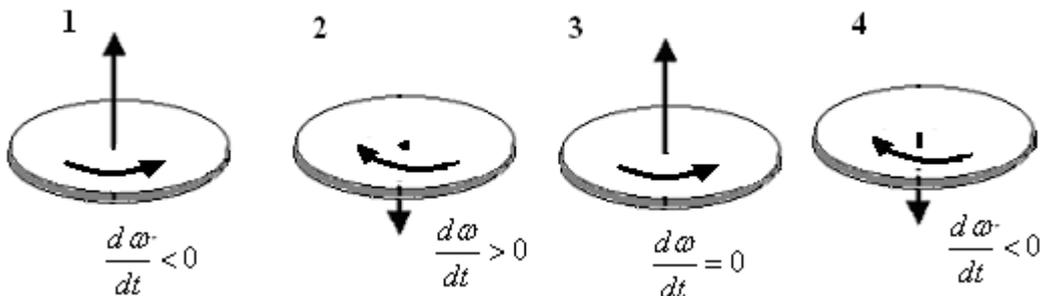
10.9. Маховик, момент инерции которого  $J = 40$  кг·м<sup>2</sup>, начал вращаться равноускоренно под действием момента сил  $M = 20$  Н·м. Какую работу совершат силы, действующие на маховик за время движения  $t = 10$  с? Какую энергию приобретет маховик за это время?

10.10. Шар массой  $m=3$  кг скатывается без проскальзывания с вершины наклонной плоскости высотой  $h=4$  м без начальной скорости. Длина ската наклонной плоскости  $l=8$  м, а значение коэффициента трения качения ( $\mu$ ) тела одинаково на всем протяжении его пути и равно  $\mu=0.1$ .

Определите скорость шара у подножья наклонной плоскости? (в м/с) ...

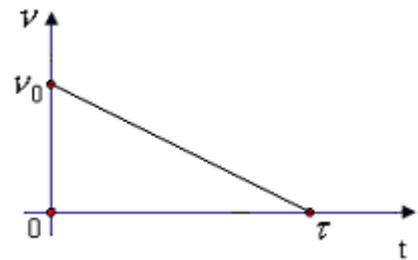
### Вариант 11

11.1. На рисунке стрелками показаны направления вращения дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Для какого из дисков нарисованная стрелка совпадает с направлением ускорения?

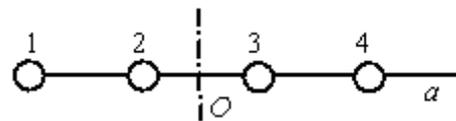


11.2. Движение тела вокруг неподвижной оси вращения задано уравнением  $\varphi = 2\pi(5t - 2t^2)$ , рад. Чему равна угловая скорость вращения тела в момент времени  $t = 3$  с? В какой момент времени от начала движения ( $t = 0$ ) тело изменит направление своего вращения на противоположное?

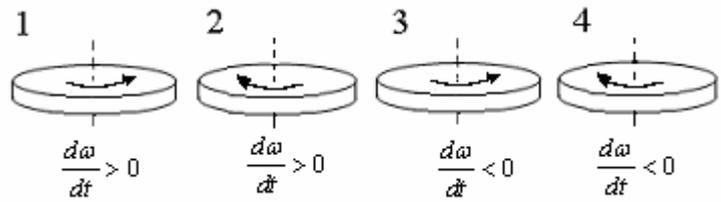
11.3. Ротор электродвигателя, вращающийся со скоростью 960 об/мин, после выключения остановился через 10 с. Угловое ускорение торможения ротора после выключения двигателя оставалось постоянным. Зависимость частоты вращения от времени торможения показана на графике. Определите число оборотов, которое сделал ротор до остановки.



11.4. Четыре шарика расположены вдоль прямой  $a$ . Расстояния между соседними шариками одинаковы и равны 10 см. Массы шариков слева направо:  $m_1 = 1$  г,  $m_2 = 2$  г,  $m_3 = 3$  г,  $m_4 = 4$  г,  $m_1 = 1$  г. Найдите во сколько раз изменится момент инерции этой системы относительно оси  $O$ , перпендикулярной прямой  $a$ , если параллельно перенести ось вращения на 10 см влево.

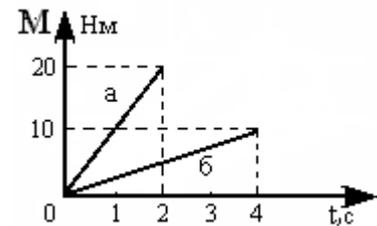


11.5. На рисунках стрелками показаны направления вращения дисков и указано, как изменяется угловая скорость со временем. Вращающий момент сил, направленный вниз, приложен к дискам ...



11.6. Тело из состояния покоя приводится во вращение вокруг горизонтальной оси с помощью падающего груза, соединенного со шнуром, предварительно намотанным на ось. Определите момент инерции тела, если груз массой  $m = 2,0 \text{ кг}$  в течение  $t = 12 \text{ с}$  опускается на расстояние  $h = 1 \text{ м}$ . Радиус оси  $r = 8 \text{ мм}$ . Силой трения можно пренебречь.

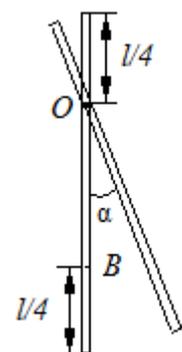
11.7. Тело приобретает угловую скорость под действием вращающих моментов  $M_1$  и  $M_2$ , графики зависимости которых от времени приведены на рисунке. Определите отношение угловых скоростей, приобретаемых телом в случаях  $a$  и  $b$ .



11.8. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамьи. Стержень служит осью вращения колеса, расположенного на верхнем конце стержня. Скамья неподвижна, колесо вращается, делая  $\omega_1 = 10 \text{ об/с}$ . Когда человек повернул стержень на  $180^\circ$  и колесо оказалось на нижнем конце стержня, скамья с человеком начала вращаться с постоянной скоростью  $\omega_2$ . Чему равна эта скорость? Момент инерции человека и скамьи равен  $J = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , радиус колеса  $R = 20 \text{ см}$ , массу колеса равную  $3 \text{ кг}$ , можно считать равномерно распределенной по ободу.

11.9. Маховик вращается вокруг по закону, выраженному уравнением  $\varphi = 4 + 6t - 5t^2$ , рад. Момент инерции маховика  $J = 60 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Найдите законы, по которым изменяются с течением времени вращающий момент  $M$  и мощность  $N$ . Чему равна мощность в момент времени  $t = 4 \text{ с}$ ?

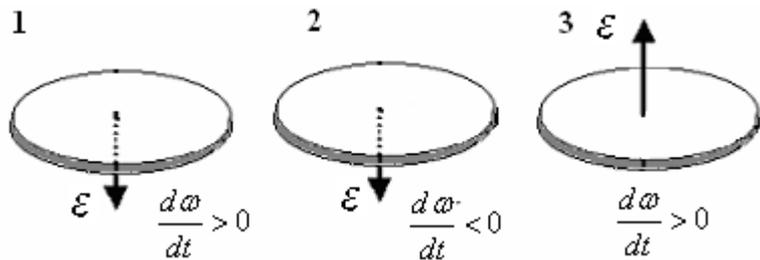
11.10. Тонкий однородный стержень длиной  $l = 1 \text{ м}$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси,



проходящей через точку  $O$  на стержне. Стержень отклонили от вертикали на угол  $\alpha = \pi/3$ . Определите угловую скорость стержня и линейную скорость точки  $B$  на стержне в момент прохождения им положения равновесия.

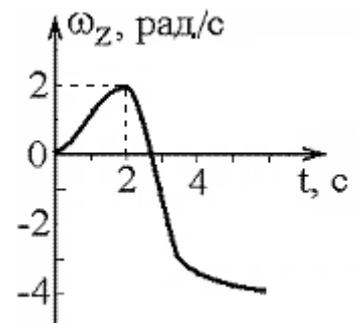
### Вариант 12

12.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения вращающихся дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Какой из дисков вращается по часовой стрелке (если смотреть сверху)?



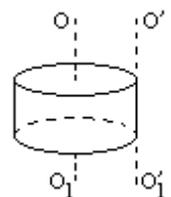
12.2. Велосипедное колесо вращается с частотой  $n = 5 \text{ с}^{-1}$ . Под действием сил трения оно остановилось через одну минуту. Написать уравнение зависимости угла поворота колеса от времени и определить число оборотов  $N$ , которое сделает колесо за время остановки.

12.3. Диск радиуса  $R$  начинает вращаться из состояния покоя в горизонтальной плоскости вокруг оси  $Z$ , проходящей перпендикулярно его плоскости через его центр. Зависимость проекции угловой скорости от времени показана на графике. Чему равно тангенциальное ускорение точки, расположенной на расстоянии  $2 \text{ см}$  от оси вращения, в момент времени  $t_1 = 2 \text{ с}$  (в  $\text{рад}/\text{с}^2$ )?

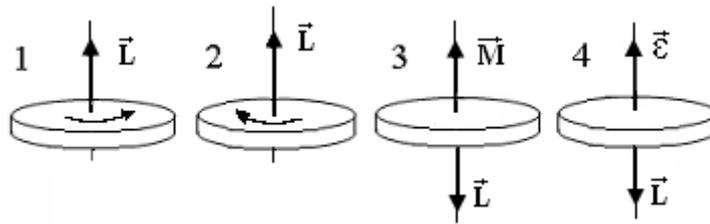


12.4. Ось вращения тонкостенной трубы переносят из центра масс на поверхность трубы. Для новой оси вращения момент инерции возрастет в

- 1) 1,5 раза. 2) 2 раза. 3) 3 раза. 4) 4 раза.

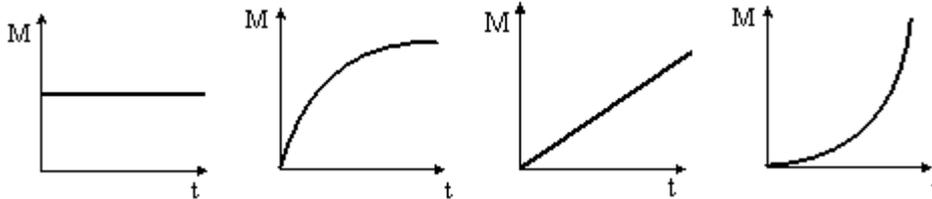


12.5. На каком рисунке верно указано направление момента импульса тела, совершающего равноускоренное вращение?

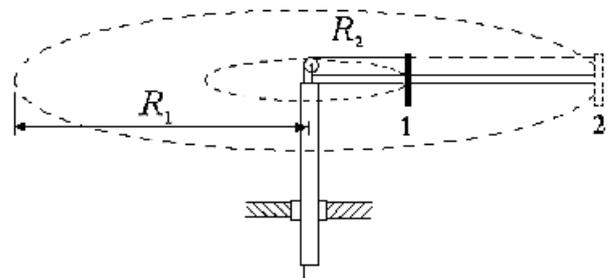


12.6. Диск радиусом  $R = 20 \text{ см}$  и массой  $m = 5 \text{ кг}$  вращается с частотой  $n = 8 \text{ об/с}$ . При торможении он остановился через время  $t = 4 \text{ с}$ . Определите тормозящий момент  $M$  и момент импульса диска  $L$  через две минуты после начала торможения.

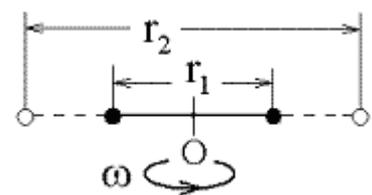
12.7. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = at^3$ . Укажите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



12.8. Вокруг неподвижной оси с угловой скоростью свободно вращается система из невесомого стержня и массивной шайбы, которая удерживается нитью на расстоянии  $R_1$  от оси вращения. Потянув за нить, шайбу перевели в положение 2 и она стала двигаться по окружности радиусом  $R_2 = 0,5R_1$ . С какой скоростью стала вращаться система?



12.9. Два маленьких массивных шарика закреплены на невесомом длинном стержне на расстоянии  $r_1$  друг от друга. Стержень может вращаться без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей посередине между шариками. Стержень раскрутили из состояния покоя до угловой скорости  $\omega$ , при этом была совершена работа  $A_1$ . Шариками раздвинули симметрично на расстояние  $r_2 = 2r_1$  и раскрутили до той же угловой скорости  $\omega_2 = 0,5\omega_1$ . При этом была совершена работа ...



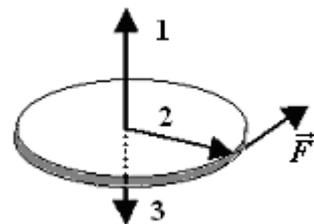
- 1)  $A_2 = 2A_1$ ;      2)  $A_2 = 4A_1$ ;      3)  $A_2 = \frac{1}{2}A_1$ ;      4)  $A_2 = \frac{1}{4}A_1$ .

12.10. Однородный диск из состояния покоя скатывается без скольжения с наклонной плоскости, высота которой  $h=0.5$  м.

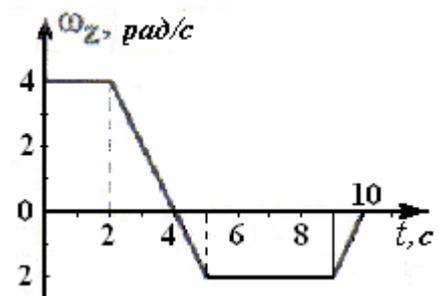
Определите линейную скорость движения центра диска у основания наклонной плоскости и максимальную линейную скорость движения точек, находящихся на ободе диска, у основания наклонной плоскости, длина которой составляет  $l=8$  м? (в м/с)....

### Вариант 13

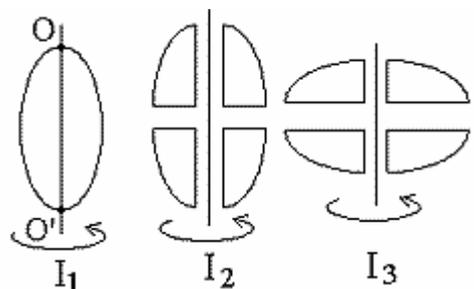
13.1. Диск вращается **равнозамедленно** вокруг вертикальной оси под действием силы  $F$ . Вектор угловой скорости обозначен на рисунке цифрой ...



13.3. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. На какой угол (в *рад*) окажется повернутым тело через 10 с относительно начального положения?

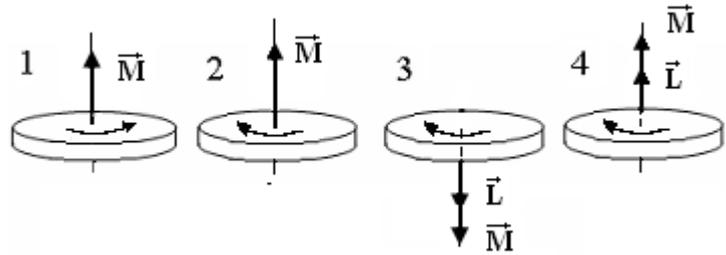


13.4. Из жести вырезали три одинаковые детали в виде эллипса. Две детали разрезали на четыре одинаковые части. Затем все части отодвинули друг от друга на одинаковое расстояние и расставили симметрично относительно оси  $OO'$ . Для моментов инерции относительно оси  $OO'$  справедливо соотношение ...



- 1)  $I_1 < I_2 < I_3$ ;    2)  $I_1 = I_2 = I_3$ ;    3)  $I_1 < I_2 = I_3$ ;    4)  $I_1 > I_2 > I_3$ .

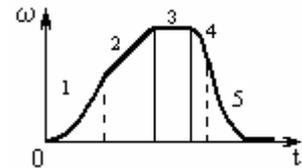
13.5. На каком из рисунков верно указано направление момента силы для тела, совершающего равнозамедленное вращение



13.6. Маховик радиусом  $R = 10 \text{ см}$  насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой  $m = 800 \text{ г}$ . Опускаясь равноускоренно из состояния покоя, груз прошел расстояние  $l = 160 \text{ см}$  за время  $t = 2 \text{ с}$ . Определите момент инерции  $J$  маховика и величину момента импульса  $L$  в этот момент времени.

13.7. На рисунке приведен график зависимости от времени проекции угловой скорости вращающегося тела на ось вращения.

Момент импульса тела убывал на участках ...



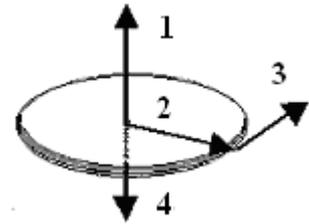
13.8. Стержень длиной  $1,0 \text{ м}$  и массой  $7 \text{ кг}$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его верхний конец. В нижний конец стержня ударяет пуля массой  $5,0 \text{ г}$ , летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $500 \text{ м/с}$ , и застревает в нем. С какой начальной скоростью летела пуля, если сразу после удара стержень с пулей будет иметь угловую скорость равную  $\omega = 2,0 \text{ об/с}$ ?

13.9. Тонкостенный цилиндр с диаметром основания  $D = 30 \text{ см}$  и массой  $m = 12 \text{ кг}$  вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 4 \text{ рад}$ ;  $B = -2 \text{ рад/с}$ ;  $C = 0,2 \text{ рад/с}^3$ . Какую работу  $A$  совершит внешняя сила за  $t = 2 \text{ с}$ ?

13.10. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, скатываются без проскальзывания с горки высотой  $h$ . Какое из тел будет иметь большую скорость у основания горки и во сколько раз?

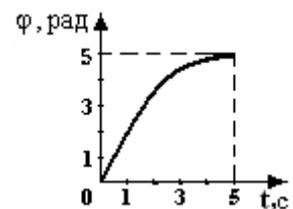
## Вариант 14

14.1. Диск вращается **равноускоренно** вокруг вертикальной оси **против** часовой стрелки (если смотреть сверху). Вектор углового ускорения обозначен цифрой....

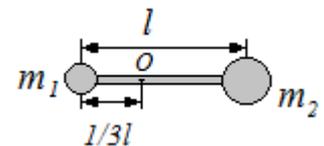


14.2. Маховое колесо радиуса  $R = 25$  см через тридцать секунд после начала вращения делает 6 оборотов в секунду. Считая его вращение равноускоренным, найти для точек на ободе колеса полное ускорение по величине и угол между вектором полного ускорения и радиусом колеса к концу первой секунды.

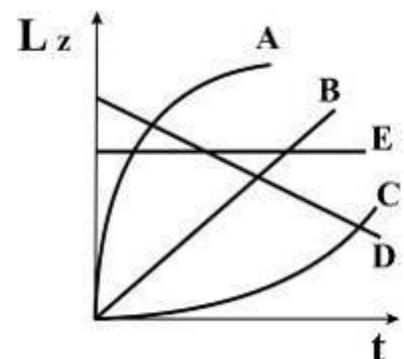
14.3. На графике представлена зависимость угла поворота  $\varphi$  абсолютно твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, от времени  $t$ . Найдите величину углового ускорения.



14. 4. На концах тонкого однородного стержня длиной  $= 1$  м и массой  $m = 0,12$  кг прикреплены маленькие шарики массами  $m_1 = 0,04$  кг и  $m_2 = 0,08$  кг. Определите момент инерции этой системы относительно оси  $O$ , перпендикулярной стержню и проходящей через точку  $O$ , лежащую на оси стержня.

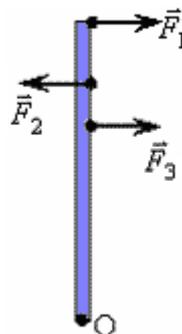


14.5. Диск вращается вокруг неподвижной оси с постоянной угловой скоростью. В некоторый момент времени на диск начинает действовать не изменяющийся со временем тормозящий момент. Зависимость момента импульса диска от времени, начиная с этого момента, представлена на рисунке линией ...



14.6. Через блок, выполненный в виде колеса, перекинута нить, к концам которой привязаны грузы массами  $m_1=100$  г и  $m_2=300$  г. Массу колеса  $M=200$  г считать равномерно распределенной по ободу, массой спиц пренебречь. Определить ускорение, с которым будут двигаться грузы, и силы натяжения нити по обе стороны блока.

14.7. К стержню приложены 3 одинаковые по модулю силы, как показано на рисунке. Ось вращения перпендикулярна плоскости рисунка и проходит через точку  $O$ . Куда направлен вектор суммарного момента сил, действующего на стержень?



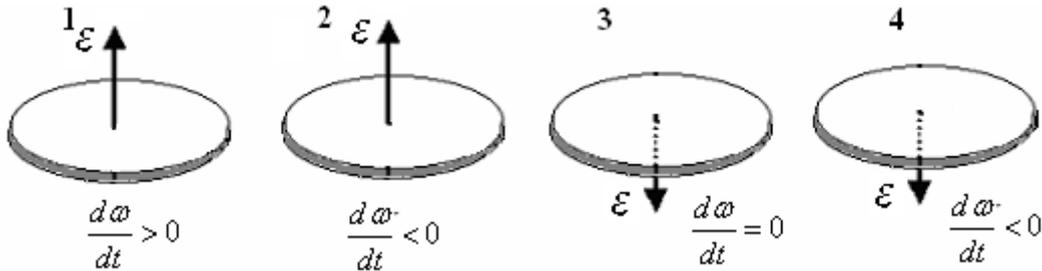
14.8. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамьи. Скамья с человеком вращается с угловой скоростью  $\omega_1=1$  рад/с. С какой угловой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться скамья, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение при этом один из его концов совпадает с осью скамьи? Суммарный момент инерции человека и скамейки  $J=6$  кг·м<sup>2</sup>. Длина стержня  $l = 2,4$  м, его масса  $m = 8$  кг. Считать, что центр тяжести стержня с человеком находится на оси платформы.

14.9. Маховик, кинетическая энергия которого  $E_{кин} = 7,85$  кДж, вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте  $n = 10$  об/с. За какое время вращающий момент  $M = 50$  Н·м, приложенный к этому маховику, увеличит угловую скорость маховика в два раза?

14.10. Цилиндр массой 5 кг катится без скольжения с постоянной скоростью 14 м/с. Определите кинетическую энергию цилиндра. Через какое время цилиндр остановится, если будет действовать сила трения равная 50 Н?

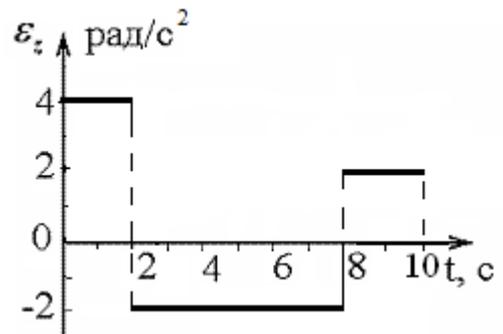
## Вариант 15

15.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения вращающихся дисков, а также указано, как изменяется их угловая скорость по модулю с течением времени. Какие диски вращаются **против часовой стрелки** (если смотреть снизу на диск)?



15.2. Колесо, угловое ускорение которого постоянно и равно  $\epsilon = 2 \text{ рад/с}^2$ , поворачивается в течение  $t_2 = 5 \text{ с}$  на 75 радиан. Сколько времени  $t_1$  тело двигалось от начала вращения до начала этого пятиминутного интервала, если (в момент  $t = 0$ ) перед началом движения оно покоилось.

15.3. Твердое тело вращается вокруг оси Z. Зависимость углового ускорения от времени представлены на графике. Какую скорость будет иметь тело через 10 с, если начальная скорость вращения равна 2 м/с.



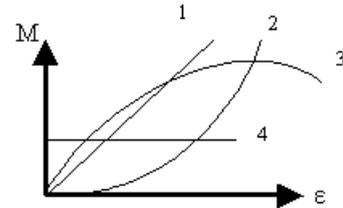
15.4. Три точечных массы каждая по 100 г, образуют равносторонний треугольник со стороной  $a = 10 \text{ см}$ . Вычислить момент инерции всей системы относительно оси, перпендикулярной плоскости, в которой лежат все массы, и проходящей через центр тяжести системы.

15.5. Материальная точка движется по окружности с нормальным ускорением  $a_n \propto t^4$ . Какую зависимость от времени имеет момент силы, действующей на точку относительно центра вращения?

- 1)  $M \propto t$       2)  $M \propto t^2$       3)  $M \propto t^3$       4)  $M \propto t^4$

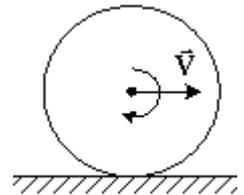
15.6. Тонкий стержень длиной  $l = 40 \text{ см}$  и массой  $m = 0,6 \text{ кг}$  вращается около оси, проходящей через середину стержня перпендикулярно его длине. Уравнение вращения стержня  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 1 \text{ рад/с}$ ;  $B = 0,1 \text{ рад/с}^3$ . Определить вращающий момент  $M$  в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

15.7. На рисунке зависимость модуля моментов приложенных к телу сил от модуля углового ускорения обозначена под цифрой .....



15.8. Круглая горизонтальная платформа вращается без трения со скоростью  $\omega_1 = 1 \text{ рад/с}$ . По радиальному гладкому желобу из центра к краю платформы перекатился шарик массой  $m = 0,4 \text{ кг}$ . Масса платформы  $M = 10 \text{ кг}$ , ее радиус  $R = 60 \text{ см}$ . Как изменилась скорость вращения системы?

15.9. Обруч массой  $m = 0,3 \text{ кг}$  и радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения  $1200 \text{ Дж}$ , и отпустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола., то Какую кинетическую энергию вращательного движения имел обруч, когда начал движение без проскальзывания, если сила трения совершила работу, равную  $800 \text{ Дж}$  ?

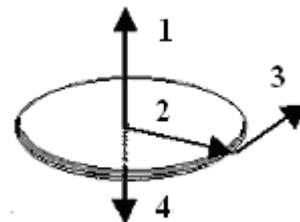


- 1) 200                      2) 1000                      3) 1400                      4) 600

15.10. Шар массой  $m = 3 \text{ кг}$  скатывается без проскальзывания с вершины наклонной плоскости высотой  $h = 4 \text{ м}$  без начальной скорости. Длина ската наклонной плоскости –  $l = 8 \text{ м}$ , а значение коэффициента трения качения ( $\mu$ ) тела одинаково на всем протяжении его пути и равно  $\mu = 0,1$ . Найдите расстояние, которое пройдет шар от подножья наклонной плоскости до своей полной остановки.

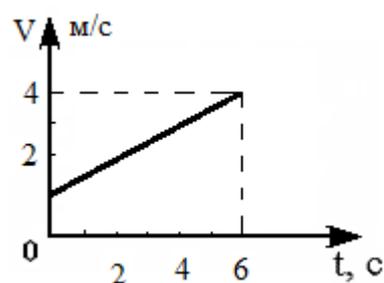
## Вариант 16

16.1. Диск вращается **равноускоренно** вокруг вертикальной оси **по** часовой стрелке (если смотреть сверху). Вектор углового ускорения обозначен цифрой....



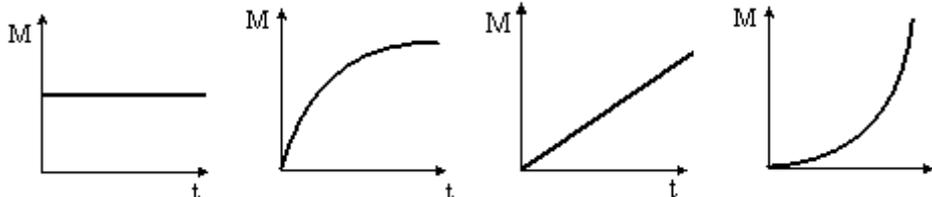
16.2. Твердое тело вращается с угловой скоростью  $\vec{\omega} = 0,50t\vec{i} + 0,060t^2\vec{j}$ , рад/с. Найдите модули угловой скорости и углового ускорения в момент времени  $t = 10,0$  с.

16. 3. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси. Скорость точки, находящейся на расстоянии 10 см от оси вращения изменяется со временем в соответствии с графиком, представленным на рисунке. Чему равно угловое ускорение тела (в единицах СИ)?



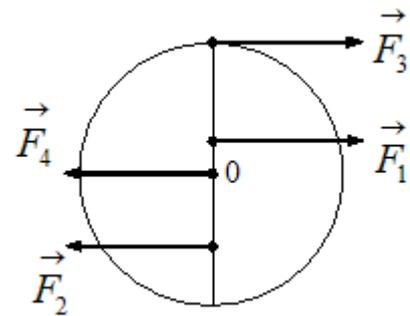
16.4. Момент инерции тонкого обруча массой  $m$ , радиусом  $R$  относительно оси, проходящей через центр обруча перпендикулярно плоскости, в которой лежит обруч, равен  $I = mR^2$ . Как изменится момент инерции обруча, если ось вращения перенести параллельно в точку на обруче?

16.5. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = at^{\frac{3}{2}}$ . Укажите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



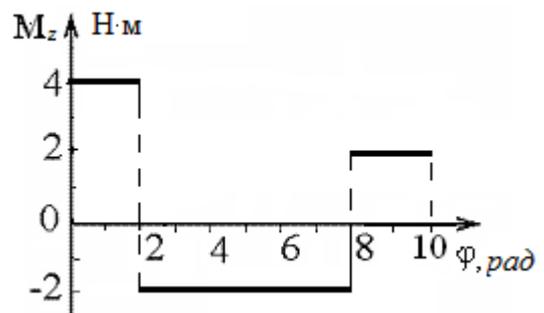
16.6. Двум одинаковым маховикам, находящимся в покое, сообщили одинаковую угловую скорость  $\omega=63$  рад/с и предоставили их самим себе. Под действием сил трения маховик остановился через одну минуту, а второй сделал до полной остановки  $N=360$  оборотов. У какого маховика тормозящий момент был больше и во сколько раз?

16.7. Диск может вращаться вокруг оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. К нему прикладывают одну из сил  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4)$ , лежащих в плоскости диска и равных по модулю. Как направлен суммарный вращающий момент, действующий на диск?



16.8. Экспериментатор, стоящий на неподвижной скамье Жуковского, получает от помощника колесо, вращающееся вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega_1$ , если экспериментатор повернет ось вращения колеса на  $180^\circ$ , то он вместе с платформой придет во вращение с угловой скоростью  $\omega_1 / 5$ . Найдите отношение момента инерции экспериментатора со скамьей к моменту инерции колеса.

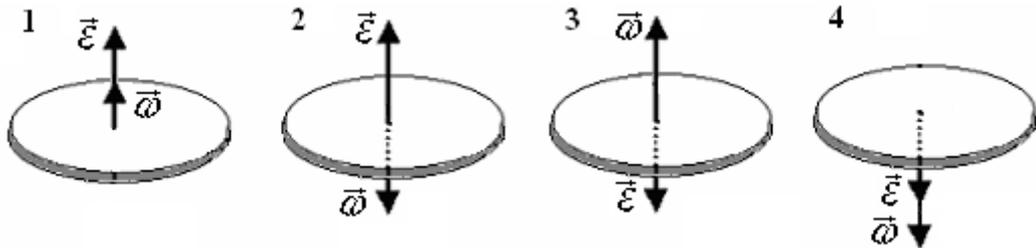
16.9. На рисунке представлен график зависимости проекции вращательного момента силы, действующей на тело, от угла поворота. Чему равна работа сил, действующих на тело, при повороте его на угол  $10$  рад ?



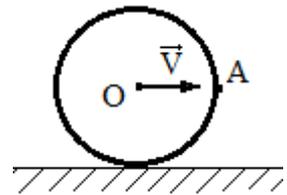
16.10. Определить скорость поступательного движения сплошного цилиндра радиуса  $R = 20$  см, скатившегося с наклонной плоскости высотой  $h=20$  см.

## Вариант 17

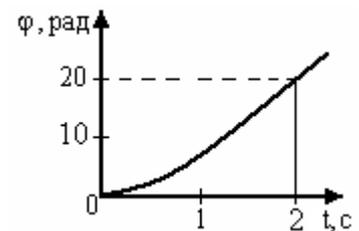
17.1. На рисунке стрелками показаны направления векторов угловой скорости и углового ускорения вращающихся дисков. Угловая скорость каких дисков **уменьшается** по модулю с течением времени?



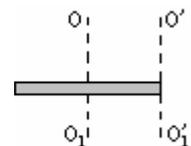
17.2. Точка А находится на ободу колеса радиусом  $R = 0,50$  м, которое катится без скольжения по горизонтальной поверхности со скоростью  $V = 1$  м/с. Найдите модуль и направление вектора ускорения точки А.



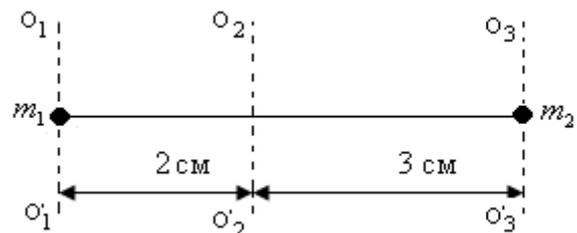
17.3. На графике представлена параболическая зависимость угла поворота  $\varphi$  абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси от времени  $t$ . Начальная угловая скорость вращения равна нулю  $\omega_0 = 0$ . Найдите на какой угол повернется тело за 4 секунды движения.



17.4. Определите во сколько раз изменится момент инерции тонкого однородного стержня, если ось вращения стержня перенести из центра масс на один из его концов ( см рисунок)?



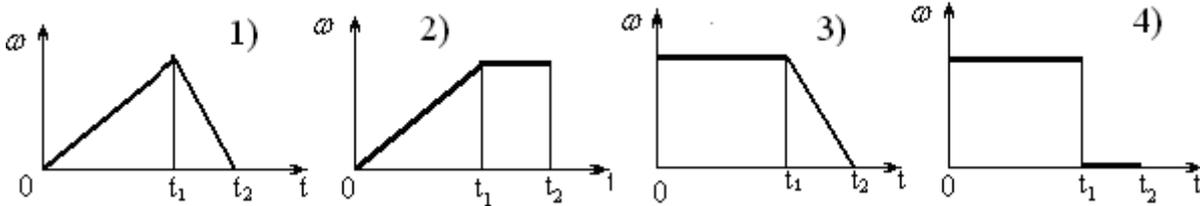
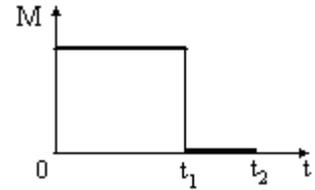
17.5. На невесомом стержне укреплены два шарика, размерами которых можно пренебречь. Массы шариков и соответствующие расстояния указаны на рисунке  $m_1 = 2$  кг  $m_2 = 1,5$  кг. Наибольший момент инерции такой системы будет относительно оси, приведенной на рисунке под номером ...



17.6. Тонкостенный цилиндр с диаметром основания  $D = 30 \text{ см}$  и массой  $m = 12 \text{ кг}$  вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 4 \text{ рад}$ ;  $B = -2 \text{ рад/с}$ ;  $C = 0,2 \text{ рад/с}^3$ . Определить действующий на цилиндр момент сил  $M$  в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ .

17.7. Диск **начинает вращаться** под действием момента сил  $M$ , график временной зависимости которого представлен на рисунке.

Укажите график, **правильно** отражающий зависимость угловой скорости диска от времени.



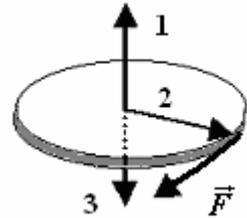
17.8. Однородный стержень длиной  $1,5 \text{ м}$  и массой  $10 \text{ кг}$  может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня перпендикулярно его длине. В середину стержня ударяет пуля массой  $10 \text{ г}$ , летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $500 \text{ м/с}$ , и застревает в стержне. Какую линейную скорость будет иметь конец стержня сразу после удара?

17.9. Маховик массой  $4 \text{ кг}$  свободно вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр, с частотой  $720 \text{ мин}^{-1}$ . Массу маховика можно считать распределенной по его ободу радиусом  $40 \text{ см}$ . Какую работу совершат силы торможения при остановке маховика?

17.10. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку. Какой из цилиндров поднимется выше и во сколько раз, если начальные скорости тел одинаковы?

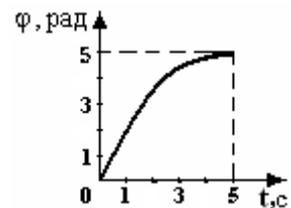
## Вариант 18

18.1. Диск вращается **равноускоренно** вокруг вертикальной оси под действием силы  $F$ . Вектор угловой скорости обозначен цифрой ...



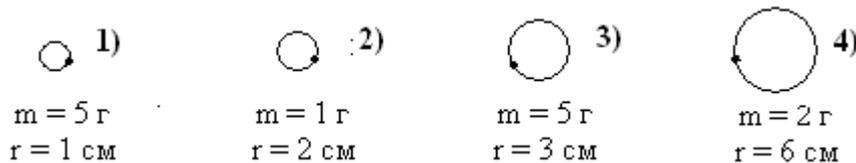
18.2. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 6,0t - 2,0t^3, \text{ рад}$ . Найдите угловое ускорение в момент остановки и среднее значение углового ускорения за промежуток времени от  $t = 0$  до момента остановки.

18.3. На графике представлена зависимость угла поворота  $\varphi$  абсолютно твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, от времени  $t$ . Найдите величину угловой скорости вращения в начальный момент времени.



18.4. Три точечных массы каждая по  $100 \text{ г}$ , образуют равносторонний треугольник со стороной  $10 \text{ см}$ . Вычислить момент инерции всей системы относительно оси, расположенной в плоскости, в которой лежат все массы, и проходящей через одну из сторон треугольника.

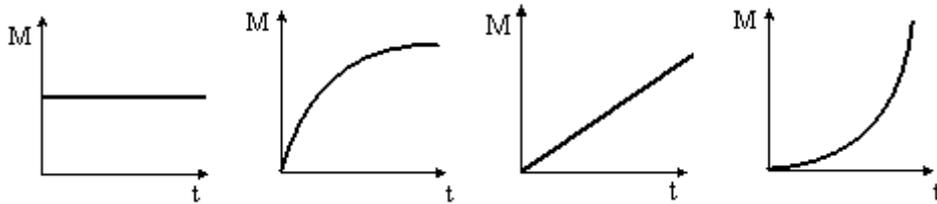
18.5. Четыре шарика, размеры которых пренебрежимо малы, движутся по окружностям с одинаковой угловой скоростью. Массы шариков  $m$  и радиусы окружностей  $r$  указаны на рисунках. Момент импульса относительно оси, проходящей через центр окружности,



максимален у шарика ...

18.6. На обод маховика диаметром  $D = 60$  см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 2$  кг. Определить момент инерции  $J$  маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время  $t = 3$  с приобрел угловую скорость  $\omega = 9$  рад/с.

18.7. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = at^{\frac{3}{2}}$ . Укажите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



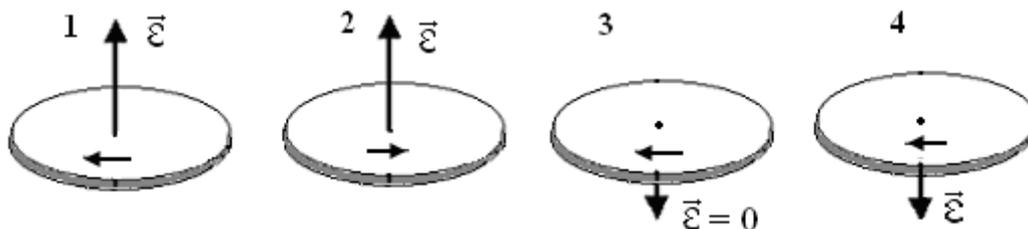
18.8. Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $n_1 = 14$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до  $n_2 = 25$  мин<sup>-1</sup>. Масса человека  $m = 70$  кг. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

18.9. Тонкостенный цилиндр с диаметром основания  $D = 30$  см и массой  $m = 12$  кг вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 4$  рад;  $B = -2$  рад/с;  $C = 0,2$  рад/с<sup>3</sup>. Какую работу  $A$  совершит внешняя сила за  $t = 2$  с?

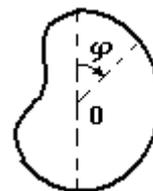
18.10. Обруч и диск одинаковой массы  $m_1 = m_2 = 1$  кг катятся по горизонтальной поверхности без скольжения с одинаковой скоростью  $V_1 = V_2 = 18$  км/ч. Радиус обруча в два раза больше чем диска. Кинетическая энергия обруча = 40 Дж. Определите кинетическую энергию диска.

## Вариант 19

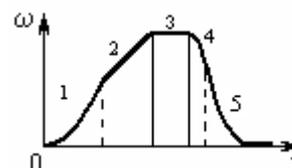
19.1. На рисунке стрелками показаны направления углового ускорения и направления вращения дисков. Какой из дисков вращается равнозамедленно?



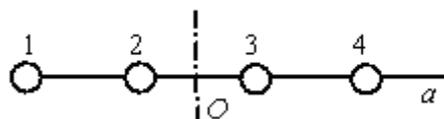
19.2. Движение тела с неподвижной осью вращения, расположенной перпендикулярно плоскости рисунка, задано уравнением  $\varphi = 2t - 4t^2, \text{рад}$ . Начало движения при  $t = 0$ . Положительные углы отсчитываются в направлении стрелки на рисунке. С какой скоростью и в каком направлении будет вращаться тело момент времени  $t_1 = 0,5 \text{ с}$  после начала движения?



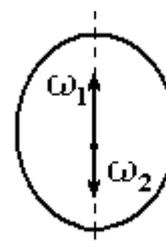
19.3. На рисунке приведен график зависимости от времени проекции угловой скорости вращающегося тела на ось вращения. Максимальное по модулю угловое ускорение соответствует участку ...



19.4. Четыре шарика расположены вдоль прямой  $a$ . Расстояния между соседними шариками одинаковы и равны 10 см. Массы шариков слева направо:  $m_1 = 1 \text{ г}$ ,  $m_2 = 2 \text{ г}$ ,  $m_3 = 3 \text{ г}$ ,  $m_4 = 4 \text{ г}$ . Найдите во сколько раз изменится момент инерции этой системы относительно оси  $O$ , перпендикулярной прямой  $a$  и проходящей через середину системы, если поменять местами шариками 2 и 3.

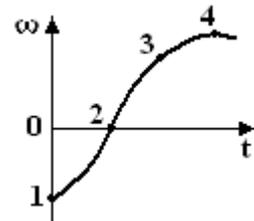


19.5. На рисунке показаны начальная  $\omega_1 = 10 \text{ рад/с}$  и конечная  $\omega_2 = 5 \text{ рад/с}$  скорости вращения абсолютно твердого тела для интервала времени  $\Delta t = 10 \text{ с}$ . Как направлен момент сил, вызывающий вращение данного тела?

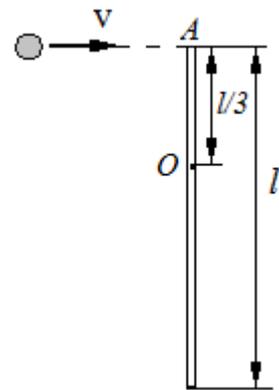


19.6. Тонкий однородный стержень длиной  $l = 0,5 \text{ м}$  и массой  $m = 400 \text{ г}$  вращается с угловым ускорением  $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$  около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определите вращающий момент  $M$ .

19.7. На рисунке приведен график зависимости проекции угловой скорости вращающегося тела на ось вращения от времени. Как изменяется модуль вращающего момента сил, действующего на тело, на интервале времени от  $t_3$  до  $t_4$ ?



19. 8. Однородный стержень длиной  $1,0 \text{ м}$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$ . В точку  $A$  на стержне попадает пластилиновый шарик, летящий горизонтально со скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$  и прилипает к стержню. Масса шарика  $= 10 \text{ г}$ . Определите угловую скорость стержня и линейную скорость конца стержня сразу после прилипания шарика.

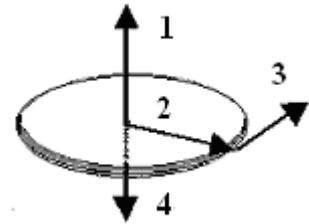


19.9. Маховик вращается вокруг по закону, выраженному уравнением  $\varphi = 2 + 32t - 4t^2$ , рад. Найдите среднюю мощность, развиваемую силами действующими на маховик при его движении до остановки, если его момент инерции  $J = 100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

19.10. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью  $V = 10 \text{ м/с}$ . Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент трения при движении диска равен  $0,02$ .

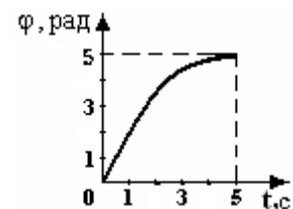
## Вариант 20

20.1. Диск вращается равноускоренно вокруг вертикальной оси против часовой стрелки (если смотреть сверху). Вектор углового перемещения обозначен цифрой ...

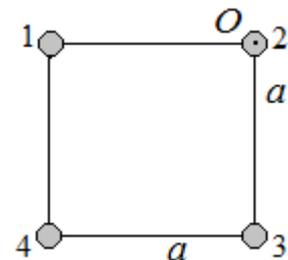


20.2. Диск вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 2\pi(6,0t - 2,0t^2)$ , рад. Определите среднее значение угловой скорости за время движения до остановки и число оборотов  $N$ , сделанных за это время.

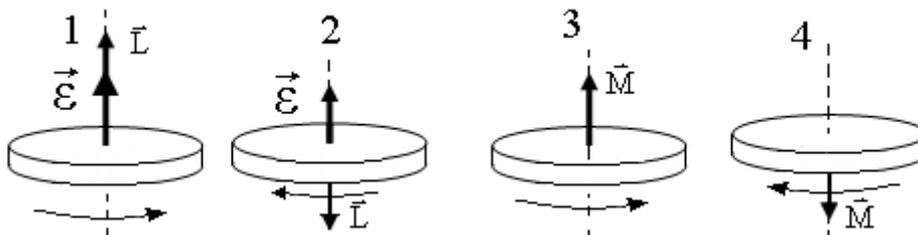
20.3. На графике представлена зависимость угла поворота  $\varphi$  абсолютно твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, от времени  $t$ . Найдите величину угловой скорости вращения в начальный момент времени.



20.4. Определите момент инерции системы, состоящей из четырех точечных масс  $m_1 = 1$  г,  $m_2 = 2$  г,  $m_3 = 3$  г  $m_4 = 4$  г, расположенных по вершинам квадрата со стороной  $a$ , относительно оси, расположенной перпендикулярно плоскости квадрата, и проходящей через точку, в которой расположена вторая масса  $m_2$ .



20.5. Равнозамедленное вращение совершает диск, приведенный на рисунке под номером ...

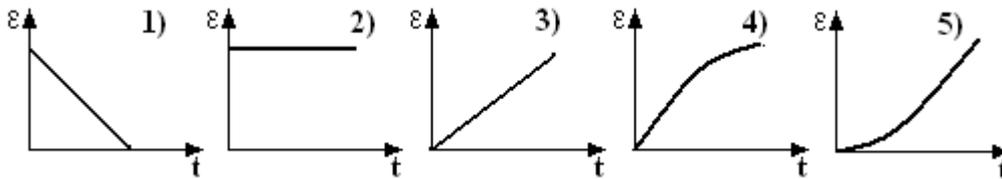


20.6.

Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его один из его концов согласно уравнению  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 2$  рад/с;  $B = 0,2$  рад/с<sup>3</sup>. Найдите

закон изменения момента сил  $M$ , действующих на стержень. Определите угловую скорость и момент сил  $M$  в момент времени  $t = 2$  с, если момент инерции стержня  $J = 0,048 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

20.7. Момент силы, приложенный к вращающемуся телу, изменяется по закону  $M = \alpha t^2$ , где  $\alpha$  – некоторая положительная константа. Момент инерции остается постоянным в течение всего времени вращения. Зависимость углового ускорения от времени представлена на рисунке ...



20.8. Человек стоит на скамье Жуковского, вращающейся с пренебрежимо малым трением, и бросает ручной мяч массой  $m = 0,4 \text{ кг}$  в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 20 \text{ м/с}$ . Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8 \text{ м}$  от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться скамейка Жуковского с человеком после броска мяча? Считать, что суммарный момент инерции человека и скамьи  $J = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

20.9. Маховик вращается с частотой  $n = 900 \text{ об/мин}$ . После выключения двигателя маховик, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки  $N=75$  об. Работа сил торможения  $A = 44,4 \text{ Дж}$ . Найти момент инерции  $I$  маховика и момент сил торможения  $M$ .

20.10. Столб высотой  $h = 3,0 \text{ м}$  и массой  $m = 50,0 \text{ кг}$  из вертикального положения падает на землю. Определите момент количества движения  $L$  относительно точки опоры и скорость верхнего конца столба в момент удара о землю.

Учебное издание

**Поленц Ирина Васильевна**  
**Русинова Елена Анатольевна**

**Методическое пособие для выполнения  
индивидуальных домашних заданий  
по механике**

Методическое пособие по дисциплине «Механика» для студентов  
заочного отделения всех специальностей

Редактор

Подписано в печать Формат 60x84/16  
Усл. Печ.л.  
Тираж экз. Заказ № 295  
УРГУПС  
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова 66

