МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Росдистант

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Кафедра /департамент /центр[1] __20.03,01 Техносферная безопасность.
Противопожарные системы
(наименование кафедры/департамента/центра полностью)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №__1_

по дисциплине (учебному курсу): «Физика. Механика. Молекулярная физика.»
(наименование дисциплины (учебного курса)

Вариант __4__ *(при наличии)*

Студент Д. А. Гаврилюк
(И.О. Фамилия)

Группа ТБбп-2206а

Преподаватель И. В. Мелешко
(И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Задача 1

Условие:

Частица движется равноускоренно в координатной плоскости XY с начальной скоростью $\vec{v}_0 = A\vec{i} + B\vec{j};\quad A = 0\frac{м}{с};\quad B = 2\frac{м}{с}$ и ускорением

[1] Оставить нужное

$\vec{a}=C\vec{i}+D\vec{j}$; $C=3\frac{м}{с^2}$; $D=0\frac{м}{с^2}$. Найти модули векторов скорости υ, тангенциального a_τ и нормального a_n ускорений, а также радиус кривизны R траектории в момент времени $t=2\,с$.

Дано:

$\vec{\upsilon}_0=A\vec{i}+B\vec{j}$;

$A=0\frac{м}{с}$;

$B=2\frac{м}{с}$;

$\vec{a}=C\vec{i}+D\vec{j}$;

$C=3\frac{м}{с^2}$;

$D=0\frac{м}{с^2}$;

$t=2\,с$.

Найти:

$\upsilon-?$

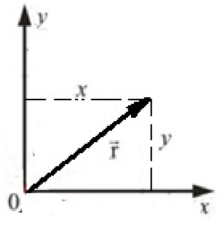
$a_\tau-?$

$a_n-?$

$R-?$

Решение:

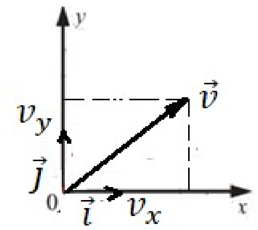
Положение точки А задается радиус-вектором $\vec{r}$. Спроектируем вектор $\vec{r}$ на оси – x, y.



Зная зависимость от времени координат можно найти в каждый момент времени скорости точек.

Проекции вектора скорости на оси равна

$$v_x = \frac{dx}{dt}\,;\, v_y = \frac{dy}{dt}\,.$$



$$\vec{v} = v_x \cdot \vec{i} + v_y \cdot \vec{j} = \frac{dx}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dy}{dt} \cdot \vec{j}$$

Модуль вектора скорости

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

По условию задачи при равноускоренном движении

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t = A \cdot \vec{i} + B \cdot \vec{j} + \left(C \cdot \vec{i} + D \cdot \vec{j}\right) \cdot t\,;$$

$$\vec{v} = \left(A + C * t\right) * \vec{i} + \left(B + D * t\right) \cdot \vec{j}\,;$$

$$\vec{v} = \left(0 + 3\,t\right) * \vec{i} + \left(2 + 0 * t\right) * \vec{j}\,.$$

При t=2 с получаем

$$\vec{v}\left(1\right) = 6 * \vec{i} + 2 * \vec{j}$$

Тогда

$$\left|\vec{v}\right|\left(1\right) = \sqrt{(6)^2 + (2)^2} = 6{,}3\,\frac{м}{с}\,.$$

$$\vec{a} = 3 * \vec{i} + 0 * \vec{j}\,;$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(3)^2 + (0)^2} = 3\,\frac{м}{с^2}\,.$$

Тангенциальное ускорение

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\,\vec{v}}{dx} = \frac{d}{dx}\left(\left(0 + 3 * t\right) * \vec{i} + \left(2 + 0 * t\right) * \vec{j}\right) = 3 * \vec{i}\,;$$

$$\vec{a}_\tau = 3 * \vec{i}$$

$$\left|a_\tau\right| = \sqrt{a_{\tau x}^2 + a_{\tau y}^2} = \sqrt{3^2 + \left(0\right)^2} = 3\,\frac{м}{с^2}\,.$$

Нормальное ускорение

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n\,;$$

$$\vec{a}_n = \vec{a} - \vec{a}_\tau = 0$$

$$a^2 = a_\tau^2 + a_n^2;$$

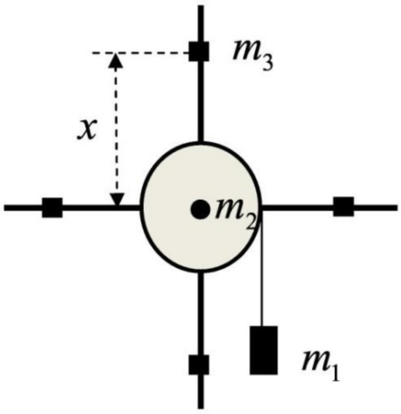
Поэтому радиус кривизны траектории частицы в этот момент времени бесконечно большой.

Ответ: $|\vec{v}| = 6,3\frac{м}{с}; a_\tau = 3\frac{м}{с^2}; a_n = 0; R = \infty$

Задача 2

Условие:

На однородный цилиндрический блок массой m_2 и радиусом R намотана невесомая нить, к свободному концу которой прикреплен груз массой m_1. К блоку крестообразно прикреплены четыре одинаковых невесомых стержня, на которых закреплены одинаковые грузы массой m_3 на расстоянии x от оси вращения. Грузы m_3 можно считать материальными точками. Трением в блоке можно пренебречь. Найти зависимость ускорения а груза m_1 от расстояния x. Построить график этой зависимости в интервале изменения x от R до 3R. Ускорение свободного падения g=9,81 м/с^2.



Ддано:

R=0,1 м

m_1 =4 кг

m_2=1 кг

m_3=3 кг

Найти:

a-?

Решение:

Зададим систему отсчёта. За начало отсчёта принимаем поверхность земли, ось x направим вертикально вниз. По закону сохранения полной механической энергии, уменьшение потенциальной энергии груза m_1 идёт на увеличения кинетической энергии груза m_1, вращательной кинетической энергии блока и грузов закреплённых на стержнях, поэтому можно записать:

$$m_1 gh = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{I_2 \omega^2}{2} + 4\frac{I_3 \omega^2}{2}.$$

Где $h=\frac{\upsilon^2}{2a}$ - расстояние, которое проходит груз m_1, υ - его скорость, $\omega=\frac{\upsilon}{R}$ - угловая скорость блока, $I_2=\frac{1}{2}m_2R^2$ - момент инерции блока относительно оси вращения, $I_3=m_3x^2$ - момент инерции груза закреплённого на стержне относительно оси вращения.

После подстановки, получаем:

$$m_1 g\frac{\upsilon^2}{2a}=\frac{m_1\upsilon^2}{2}+\frac{\frac{1}{2}m_2R^2\left(\frac{\upsilon}{R}\right)^2}{2}+4\frac{m_3x^2\left(\frac{\upsilon}{R}\right)^2}{2};$$

$$\frac{m_1 g}{a}=m_1+\frac{1}{2}m_2+\frac{4m_3x^2}{R^2}.$$

Подставим численные значения физических величин и найдём зависимость ускорения *a* груза m_1 от расстояния *x* $a=a(x)$.

$$\frac{4\cdot 9,81}{a}=4+\frac{1}{2}\cdot 1+\frac{4\cdot 3\cdot x^2}{0,1^2};$$

$$\frac{39,24}{a}=4,5+1200x^2;$$

$$a=\frac{39,24}{4,5+1200x^2};.$$

Строим график зависимости $a=\frac{39,24}{4,5+1200x^2}$ в интервале изменения *x* от *R* до 3*R* , рисунок 1.

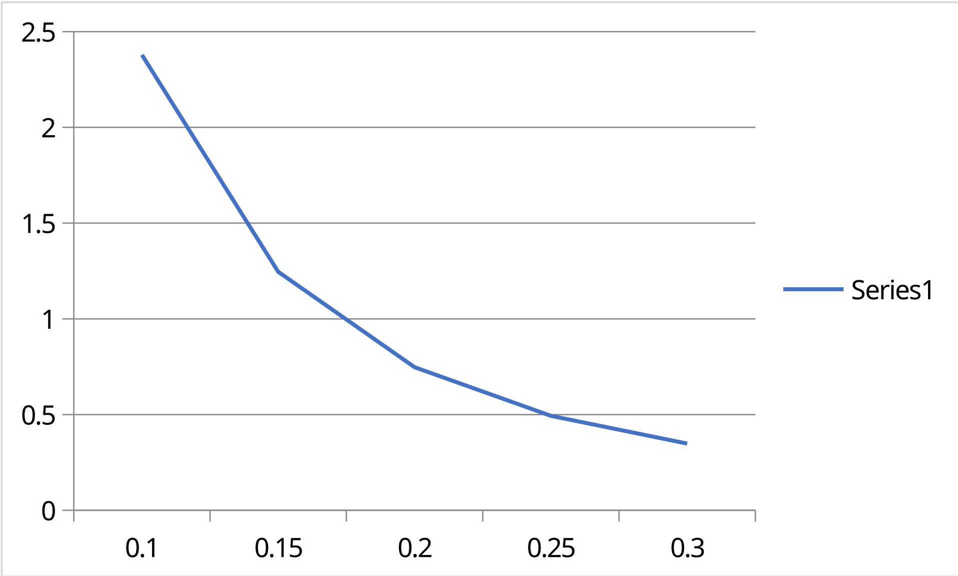


Рисунок 1 – График зависимости

Ответ: $a = \frac{39,24}{4,5 + 1200x^2}$

Задача 3

Условие:

Шар массой m_1, летящий со скоростью v_1, сталкивается с неподвижным шаром массой m_2. После удара шары разлетаются под углом α друг к другу. Удар абсолютно упругий, столкновение происходит в горизонтальной плоскости. Найти скорости шаров u_1, u_2 после удара.

Дано: СИ:

m_1=150 г 0,15 кг

v_1= 10 м/с

m_2=250 г 0,25 кг

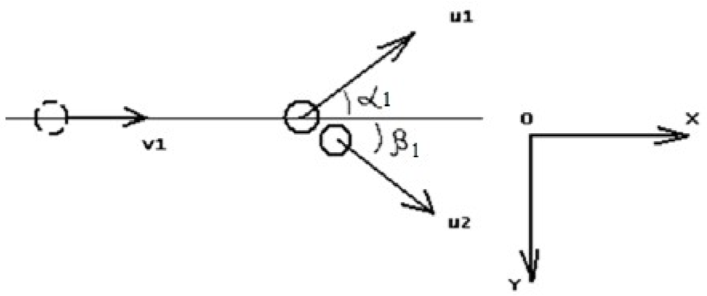
$\alpha=135^0$

Найти:

u_1-?

u_2-?

Решение:



Запишем закон сохранения импульса

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 \cdot \cos\alpha_1 + m_2 \cdot u_2 \cdot \cos\beta_1;(1)$$

$$0 = -m_1 \cdot u_1 \cdot \sin\alpha_1 + m_2 \cdot u_2 \cdot \sin\beta_1;(2)$$

$$\alpha = \alpha_1 + \beta_1 = 135°.(3)$$

Закон сохранения энергии при абсолютно упругом ударе

$$\frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} = \frac{m_1 \cdot u_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot u_2^2}{2};$$

$$m_1 \cdot v_1^2 = m_1 \cdot u_1^2 + m_2 \cdot u_2^2. (4)$$

Решаем систему уравнений относительно трех неизвестных

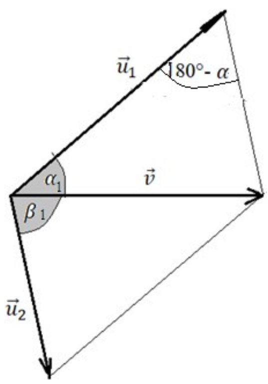
$$\begin{cases} m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 \cdot \cos\alpha_1 + m_2 \cdot u_2 \cdot \cos\beta_1 \\ 0 = -m_1 \cdot u_1 \cdot \sin\alpha + m_2 \cdot u_2 \cdot \sin\beta \\ \alpha = \alpha_1 + \beta_1 = 135° \\ m_1 \cdot v_1^2 = m_1 \cdot u_1^2 + m_2 \cdot u_2^2 \end{cases}$$

Закон сохранения импульса в векторном виде

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2.$$

Далее возведем в квадрат

$$(m_1 \cdot \vec{v}_1)^2 = (m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2)^2$$



$$\cos(180° - \alpha) = -\cos(\alpha);$$

$$m_1^2 \cdot v_1^2 = m_1^2 \cdot u_1^2 + m_2^2 \cdot u_2^2 + 2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot u_1 \cdot u_2 \cdot \cos(\alpha);$$

Умножим уравнение (4) на m_1 и полученное равенство вычтем из последнего равенства

$$m_1^2 \cdot v_1^2 = m_1^2 \cdot u_1^2 + m_1 \cdot m_2 \cdot u_2^2$$

$$m_1^2 \cdot u_1^2 + m_1 \cdot m_2 \cdot u_2^2 = m_1^2 \cdot u_1^2 + m_2^2 \cdot u_2^2 + 2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot u_1 \cdot u_2 \cdot \cos(\alpha)$$

$$m_1 \cdot m_2 \cdot u_2 = m_2^2 \cdot u_2 + 2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot u_1 \cdot \cos(\alpha)$$

$$m_1 \cdot m_2 \cdot u_2 - m_2^2 \cdot u_2 = 2 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot u_1 \cdot \cos(\alpha)$$

$$u_2 \cdot (m_1 - m_2) = 2 \cdot m_1 \cdot u_1 \cdot \cos(\alpha)$$

$$u_2 = \frac{2 \cdot m_1 \cdot u_1 \cdot \cos(\alpha)}{m_1 - m_2};$$

$$u_2^2 = \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot u_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_1 - m_2)^2};$$

$$m_1 \cdot v_1^2 = m_1 \cdot u_1^2 + m_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot u_1^2 \cdot \cos^2(\alpha+\beta)}{(m_1 - m_2)^2}$$

$$m_1 \cdot v_1^2 = u_1^2 \cdot \left(m_1 + m_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_1 - m_2)^2} \right)$$

$$u_1^2 = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{m_1 + m_2 \cdot \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_1 - m_2)^2}} = \frac{m_1 \cdot v_1^2 \cdot (m_1 - m_2)^2}{m_1 \cdot (m_1 - m_2)^2 + 4 \cdot m_1^2 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{m_1 \cdot v_1^2 \cdot (m_1 - m_2)^2}{m_1 \cdot (m_1 - m_2)^2 + 4 \cdot m_1^2 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}} = \text{¿}$$

$$\text{¿} \sqrt{\frac{v_1^2 \cdot (m_1 - m_2)^2}{(m_1 - m_2)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}} = \text{¿}$$

$$\text{¿} \frac{|m_2 - m_1| \cdot v_1}{\sqrt{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}};$$

$$u_2^2 = \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_2 - m_1)^2} \cdot u_1^2 = \text{¿}$$

$$\text{¿} \frac{4 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_2 - m_1)^2} \cdot \frac{m_1 \cdot v_1^2 \cdot (m_2 - m_1)^2}{m_1 \cdot (m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1^2 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)} = \text{¿}$$

$$\text{¿} \frac{4 \cdot v_1^2 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)};$$

$$u_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot v_1^2 \cdot m_1^2 \cdot \cos^2(\alpha)}{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}} = \text{¿}$$

$$\text{¿} \frac{2 \cdot v_1 \cdot m_1 \cdot |\cos(\alpha)|}{\sqrt{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}} = \text{¿}$$

$$\text{¿} \frac{2 \cdot v_1 \cdot m_1 \cdot |\cos(\alpha)|}{\sqrt{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}}$$

Окончательно,

$$u_1 = \frac{|m_2 - m_1| \cdot v_1}{\sqrt{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}};$$

$$u_2 = \frac{2 \cdot v_1 \cdot m_1 \cdot |\cos(\alpha)|}{\sqrt{(m_2 - m_1)^2 + 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \cos^2(\alpha)}}.$$

Тогда вычисления в СИ

$$(\cos 135°)^2 = 0.5;\ |\cos 135°| = 0.7071;$$

$$u_1 = \frac{(0.25-0.15)*10}{\sqrt{(0.25-0.15)^2+4*0.15*0.25*0.5}}\frac{м}{с} = 3.45\frac{м}{с};$$

$$u_2 = \frac{2*10*0.15*0.7071}{\sqrt{(0.25-0.15)^2+4*0.15*0.25*0.5}}\frac{м}{с} = 7,31\frac{м}{с}$$

Ответ: $u_1 = 3,45\frac{м}{с}; u_2 = 7,31\frac{м}{с}$