Государственный комитет по делам науки и высшей школы

Камский политехнический институт

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Методические указания к самостоятельной работе

Набережные Челны

1991

У Д К 530 (077)

Печатается по решению редакционно-издательского совета Камского политехнического института от 26 февраля 1990 года

Динамика материальной точки: Методические указания к самостоятельной работе по физике. - Набережные Челны: КамПИ, 1991. - 7 с.

Составитель Насыров И.Н.

Методические указания предназначены в помощь студентам при самостоятельной подготовке. Состоят из теоретического материала, контрольных вопросов, примеров решения задач и задач для самостоятельного решения.

Рецензент д.т.н. Хайруллин А.Х.

Камский политехнический институт, 1991

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

Тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь , называется материальной точкой.

Динамика изучает движение тел в связи с причинами его обуславливающими.

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

1. Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.
2. Скорость изменения импульса тела равна действующей на тело силе.
3. Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению.

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ
(второй закон Ньютона)

В векторной форме

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i \qquad \text{или} \qquad m\vec{a} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i ,$$

где $\sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i$ - геометрическая сумма сил, действующих на материальную точку;

m - масса;

$\vec{a}$ - ускорение ;

$\vec{p} = m\vec{v}$ - импульс

N – число сил, действующих на точку;
в координатной форме (скалярной)

$$ma_x = \sum F_{xi}; \quad ma_y = \sum F_{yi}; \quad ma_z = \sum F_{zi}$$

или $$m\frac{dv_x}{dt} = \sum F_{xi}; \quad m\frac{dv_y}{dt} = \sum_{yi}; \quad m\frac{dv_z}{dt} = \sum F_{zi}$$

или $$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum_{xi}; \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{yi}; \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{zi},$$

где под знаком суммы стоят проекции сил $\vec{F}_i$ на соответствующие оси координат.

СИЛЫ

Упругости $F_{упр} = -kx$,

где k – коэффициент упругости (жесткость в случае пружины);
x –абсолютная деформация;

Гравитационного воздействия $F = G\frac{m_1 m_2}{r_2}$,

где G – гравитационная постоянная;
m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, рассматриваемые как материальные точки;
r – расстояние между ними;

У поверхности Земли $F = mg$, где $g = 9{,}8$ м/с^2 – ускорение свободного падения, поле однородно;

Трения скольжения $F_{тр} = f \cdot F_N$,

где f – коэффициент трения скольжения;
F_N – сила нормальной реакции.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

$$\sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i = const \qquad \text{или} \qquad \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{v}_i = const,$$

где N – число материальных точек, входящих в систему.

КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА МАСС СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТОЧЕК

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}; \quad y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}; \quad z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}$$

где m_i – масса i-й материальной точки;
x_i, y_i, z_i – её координаты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему лежащее на поверхности Земли тело покоится, а не движется ускоренно?
2. За счет какого взаимодействия движется автомобиль? Укажите направление действующих сил.

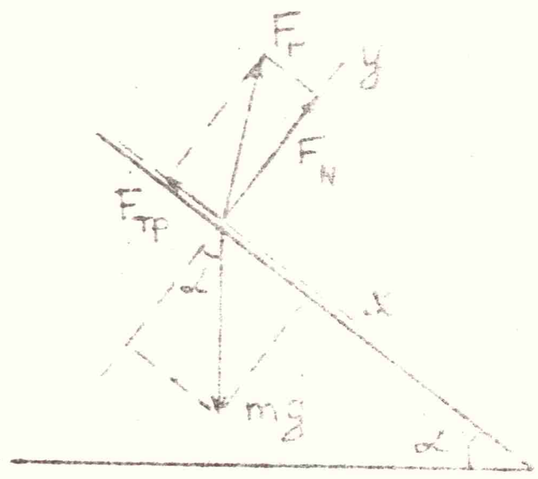
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. Выяснить, с какими телами взаимодействует рассматриваемое тело. Обозначить силы, действующие на рассматриваемое тело.
2. Написать уравнение движения тел в векторной форме. Если система, движение которой рассматривается, состоит из нескольких связанных друг с другом тел, такое уравнение пишется для каждого из тел в отдельности.
3. Перейти в каждом уравнении от векторов к их проекциям на выбранные направления.
4. Решить систему получившихся скалярных уравнений.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Выписать уравнение движения для тела, соскальзывающего с трением с наклонной плоскости.

2. а) тело взаимодействует с Землей – притягивается к ней с силой mg, и с наклонной плоскостью, которая действует на тело с силой F_r.



б) $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_r$

в) выберем следующие направления для проекций: вдоль наклонной плоскости и перпендикулярно ей.

$x: \; ma = mg \cdot \sin\alpha - F_{тр}$

$y: \; 0 = F_N - mg \cdot \cos\alpha,$

здесь $F_{тр} = f \cdot F_N$ – сила трения, проекция на ось x силы взаимодействия тела с наклонной плоскостью F_r;

F_N – сила нормальной реакции наклонной плоскости, проекция на ось y силы F_r.

г) вдоль выбранной оси y движения нет,

вдоль оси x : $ma = mg \cdot \sin\alpha - k \cdot mg \cdot \cos\alpha$

2. Пуля пробивает препятствие некоторой толщины. Начальная скорость пули v_1, конечная v_2, сила сопротивления материала препятст-

вия пропорциональна скорости пули $F = -k \cdot v$.
Определить время прохождения препятствия.

а) на тело действует только материал препятствия;

б) $m\vec{a} = \vec{F}$;

в) $m\frac{dv}{dt} = -kv$;

г) $m\frac{dv}{v} = -k\,dt$;

$$m\int_{v_1}^{v_2}\frac{dv}{v} = -k\int_0^t dt;\quad m\ln\frac{v_2}{v_1} = -kt;\quad t = \frac{m}{k}\ln\frac{v_1}{v_2}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Во второй задаче примера определить толщину препятствия.
   Указания к решению:
   а) найти зависимость скорости пули от времени;
   б) по известному времени прохождения препятствия найти путь, пройденный пулей.
2. Материальная точка массой $m = 2$ кг движется под действием некоторой силы F согласно уравнению $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $C = 1$ м/с^2, $D = -0{,}2$ м/с^3. Найти зависимость этой силы от времени. В какой момент времени сила будет равна нулю?
   Указания к решению:
   а) использовать уравнение движения материальной точки в координатной форме для x .
3. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью $v = 20$ м/с, остановилась через $t = 40$ с. Найти коэффициент трения f шайбы о лед и пройденный шайбой путь.
   Указания к решению:
   а) считать силу трения постоянной;
   б) использовать уравнение движения материальной точки в координатной форме для v - для определения коэффициента трения f ;
   для x - для определения пройденного пути при известных t и f .
4. Катер массой $m = 2$ т с двигателем мощностью $N = 50$ кВт развивает максимальную скорость $v_{max} = 25$ м/с. Определить время t , в течении которого катер после выключения двигателя потеряет половину своей скорости. Принять, что сила сопротивления движению катера изменяется пропорционально квадрату скорости.
   Указания к решению:

а) мощность двигателя выразить через работу силы сопротивления, найти отсюда коэффициент пропорциональности в выражении силы;

б) после выключения двигателя составить уравнение движения в координатной форме для скорости.

Ответ: t = 25 с.

5. Снаряд массой m = 10 кг выпущен из зенитного орудия вертикально вверх со скоростью v_0 = 800 м/с. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной скорости, определить время t подъема снаряда до высшей точки. Коэффициент сопротивления k = 0,25 кг/с

Указания к решению:

а) составить уравнения движения в координатной форме для скорости;

б) проинтегрировать по dv от v_0 до 0 и по dt от 0 до искомого t.

Ответ: t = 44,5 с.

Список литературы

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.I, гл.2. – М.: Наука, 1982
2. Савельев И.В. Курс физики. Т.I, гл.2. – М.: Наука, 1989

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Методические указания к самостоятельной работе

Составитель И.Н. Насыров

Технический редактор Ф.П. Паутова

Подписано в печать 26.II.91 Печать офсетная Усл.печ.л. 0,4
Формат 60x84 I/I6 Бумага писчая Уч.-изд.л. 0,5
Заказ 35/29 Тираж 300 экз. Бесплатно

Редакционно-издательский отдел КамПИ

Участок оперативной полиграфии КамПИ, 423812, ТССР, Набережные Челны, новый город, проспект Мира, 13