



Кинематика твёрдого тела

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Для возраста

9-11 класс



htweek.ru

При решении ряда задач механики и, в частности, динамики вращения твердого тела, важно знать кинематические параметры твердого тела. Целью урока по теме «Кинематика твердого тела» является изучение учащимися движения твердого тела как совокупности элементарных движений.

ТЕМА УРОКА: «Кинематика твердого тела».

ЦЕЛИ УРОКА:

- Знакомство с понятием сложного движения на примере движения твердого тела.

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ: рабочая тетрадь.

РАЗДАТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ: задания к уроку в рабочей тетради.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА: компьютер, проектор, экран.

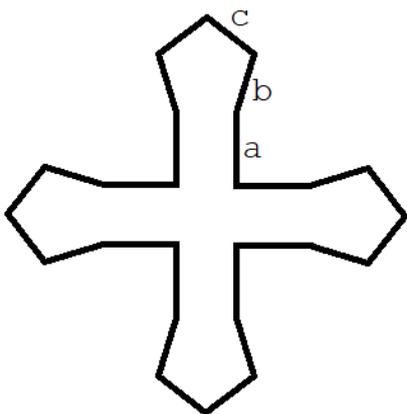
ВИД УРОКА: урок «открытия» нового знания.

ХОД УРОКА:

I. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МОМЕНТ

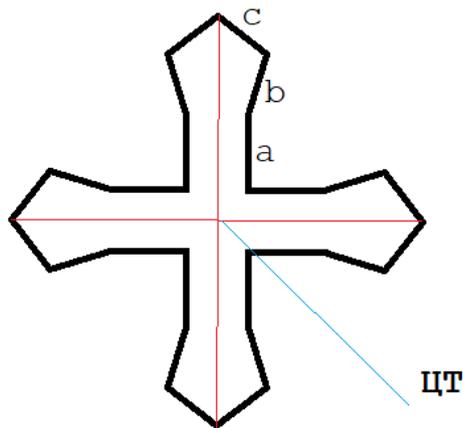
Учитель произносит приветственное слово, отмечает отсутствующих. Проходит этап мотивации к учебной деятельности.

Задача-Вопрос: Учитель просит определить координату центра тяжести фигуры, представленной на рисунке.



Геометрические размеры a, b, c считать известными.

Ответ: Учащиеся не должны рассчитывать координату центра тяжести, хотя это возможно сделать. Так как фигура обладает симметрией, то центр тяжести – это пересечение осей симметрии



Проверяет усвоение учащимися понятий, необходимых для проведения урока. Возможно проведение тематического диктанта, когда называется понятие, а учащийся пишет его определение или формулу для определенной величины, с помощью которой описывается механическое движение.

II. *подведение К ЗУЧЕНИЮ НОВОГО МАТЕРИАЛА*

Учитель рассуждает о том, что рассматривать тело как материальную точку можно не во всех задачах. Например, при стыковки космического корабля и орбитальной станции модель материальной точки хороша до тех пор, пока объекты сближаются, но при самой стыковке требуется дополнительная коррекция в виде ориентации космического корабля. Этим рассказом учитель должен подвести, а учащиеся должны сформулировать тему урока и цель урока – изучение движения твердых тел.

III. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*

Движение твердого тела можно представить, как поступательное движение центра масс тела, на которое накладывается вращательное движение относительно центра масс.

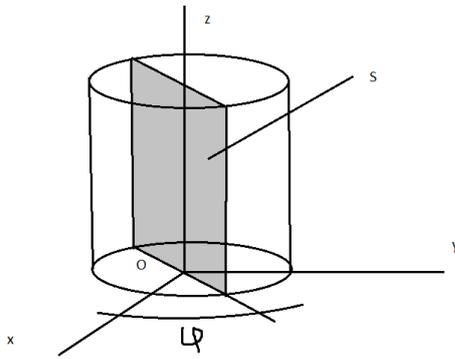
В данном случае модель материальной точки к телу не применима.

Можно рассматривать несколько случаев движения:

- 1) Движение тела вокруг неподвижной оси.
- 2) Движение тела, вокруг оси, совершающей поступательное движение.
- 3) Движение тела вокруг точки.
- 4) Движение тела вокруг неподвижной оси

В этом случае траектории точек тела являются окружностями. Кинематическими характеристиками движения являются: угловая скорость ω , центростремительное \vec{a}_n и тангенциальное \vec{a}_τ ускорения.

Рассмотрим вращение тела в инерциальной системе отсчета



Мысленно выделенная плоскость S вращается вокруг оси z . За промежуток времени от t до $t + \Delta t$ она повернется на угол $\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)$

По аналогии с ранее рассмотренной скоростью можно получить:

$$\text{Среднюю угловую скорость } \omega_{\text{cp}} = \frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t}$$

$$\text{Угловую скорость (при равномерном движении) } \omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

$$\text{Мгновенную угловую скорость } \omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t}$$

Быстроту изменения угловой скорости в времени характеризует угловое ускорение $\vec{\varepsilon}$. При равнопеременном движении $\omega(t) = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$

$$\text{Среднее угловое ускорение } \varepsilon_{\text{cp}} = \frac{\omega(t + \Delta t) - \omega(t)}{\Delta t}$$

$$\text{Мгновенное угловое ускорение } \varepsilon(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\omega(t + \Delta t) - \omega(t)}{\Delta t}$$

Рассмотренные характеристики описывают вращение тела в целом и каждой его точки в частности. Поэтому точка, находящаяся на расстоянии R от оси опишет дугу окружности $\Delta L = [\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)]R$

$$\text{Очевидно, что } v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta L}{\Delta t} = \left[\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t} \right] R = \omega(t)R$$

$$\text{Аналогично } a_\tau(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \left[\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\omega(t + \Delta t) - \omega(t)}{\Delta t} \right] R = \varepsilon(t)R$$

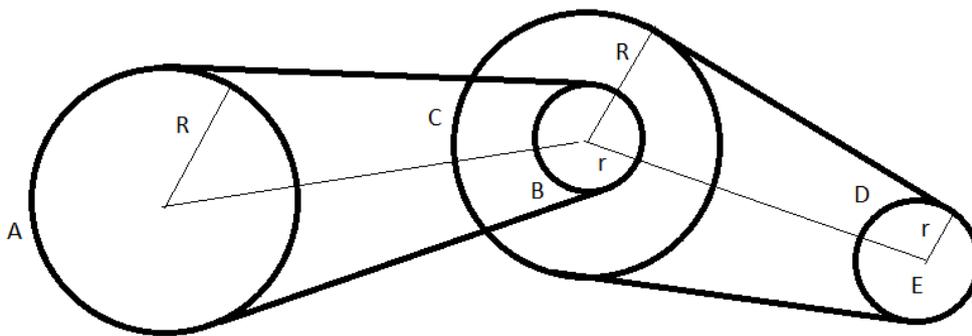
$$a_n(t) = \frac{v^2(t)}{R} = \omega^2(t)R$$

IV. Закрепление изученного материала

Задача № 1

Шкив 1 радиусом R , изображённый на рис, вращается равномерно, делая n оборотов за время T .

Он соединён ременной передачей со шкивом 2 радиуса r . Со шкивом 2 жёстко соединён шкив 3 радиусом R . Шкиф 3 соединён ременной передачей со шкивом 4 радиуса r . Ремни не проскальзывают.



Требуется найти угловую скорость шкива 4, а также модули скорости и центростремительного ускорения точки E на расстоянии $r/2$ от центра шкива 4

Сделав n оборотов за время T , шкив повернулся на угол $2\pi n$ (в радианах). Значит, угловая скорость ω_1 шкива 1 есть $\omega_1 = \frac{2\pi n}{T}$. Модуль v_A скорости точки A равен $v_A = \omega_1 R$.

Таков же модуль v_B скорости точки B на шкиве 2, поскольку ремни не проскальзывают. Следовательно, угловая скорость шкива 2 есть

$$\omega_2 = \frac{v_B}{r} = \frac{v_A}{r} = \frac{\omega_1 R}{r}$$

Угловая скорость шкива 3 равна угловой скорости шкива 2:

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{\omega_1 R}{r}$$

Модуль v_C скорости точки C на шкиве 3:

$$v_C = \omega_3 R = \frac{\omega_1 R^2}{r}$$

Таков же модуль v_D скорости точки D на шкиве 4:

$$v_D = \frac{\omega_1 R^2}{r}$$

Отсюда находим угловую скорость шкива 4:

$$\omega_4 = \frac{v_D}{r} = \frac{\omega_1 R^2}{r^2} = \frac{2\pi n R^2}{T r^2}$$

Модуль v_E скорости точки E

$$v_E = \frac{1}{2} \omega_4 r = \frac{\omega_1 R^2}{2r} = \frac{\pi n R^2}{T r}$$

Модуль центростремительного ускорения точки E :

$$a_n = \frac{1}{2} \omega_4^2 r = \frac{\omega_1^2 R^4}{2r^3} = \frac{2\pi^2 n^2 R^4}{T^2 r^3}$$

V. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

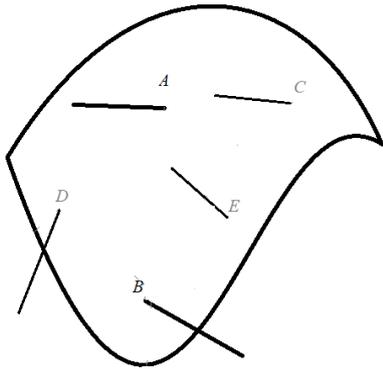
Учащиеся выполняют практическую работу (задание для практической работы представлены на отдельном документе)

VI. Домашнее задание

Этап рефлексии учебной деятельности на уроке.

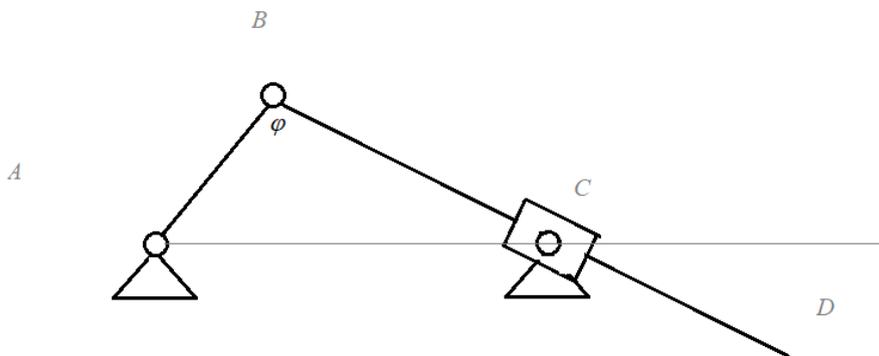
По завершению урока учитель акцентирует внимание на поставленных учащимися целях, уточняет, достигли ли учащиеся этих целей, и объясняет особенности выполнения домашнего задания.

Задача: представлено плоское тело, совершающее движение. Заданы скорости точек A , B , C , D , E . Скорости точек A и B определены правильно. Выясните какие из скоростей точек C , D , E определены верно?



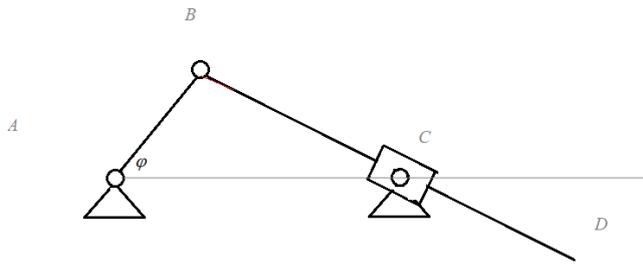
Ответ: E.

1. Дан механизм, представленный на рисунке. Найти МЦС звена BD при угле φ , равном 90 градусов

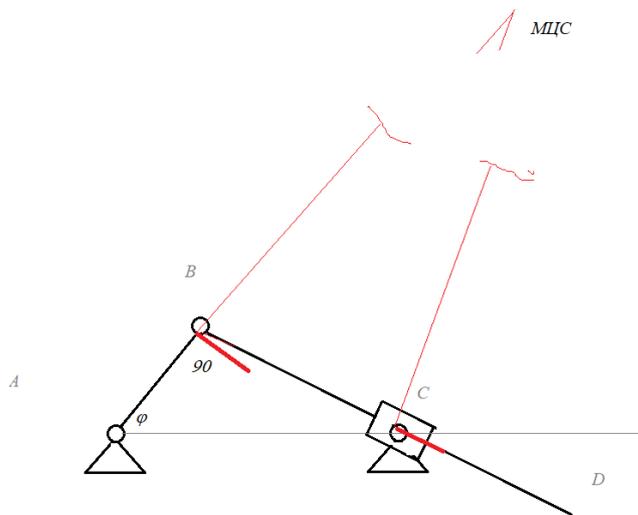


Ответ: Звено BD продето в качающейся элемент C. Точка C неподвижна. Поэтому скорость точки C звена BD направлена вдоль звена. Скорость точки B также направлена вдоль звена. МЦС уходит в бесконечность. Линейные скорости точек звена все одинаковы. Угловые скорости равны нулю.

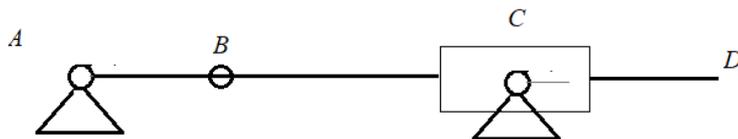
2. Дан механизм, представленный на рисунке. Найти МЦС звена BD при угле φ , равном 45 градусов



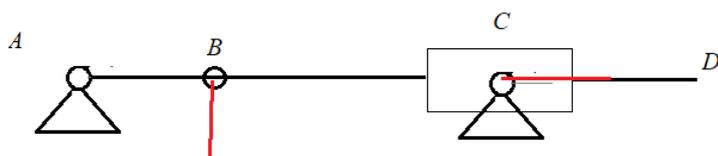
Ответ:



3. Дан механизм, представленный на рисунке. Найти МЦС звена BD при угле φ , равном 0 градусов



Ответ: Точка C - МЦС



Ответьте на вопрос: наблюдатель из Млечного пути смотрит на движение Земли. На какие элементарные движения он может разложить его?

Список литературы:

1. Тарасов Л.В. Механика: Продвинутый курс. Для старшеклассников и студентов. – М.: ЛЕНАНД, 2017.
2. Начала физики: Учебник/ Ю.Г. Павленко. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство «Экзамен», 2005.
3. Физика. 10–11 классы: пособие для учащихся и абитуриентов. В 2 ч. Ч. 1./ С.М. Козел. – М.: Мнемозина, 2010.
4. Методы решения задач в общем курсе физики. Механика: Учеб. Пособие/ В.П. Корявов. – М.: Высш. Шк., 2007.