Казей Зоя Александровна
кафедра общей физики и физики конденсированного состояния

Литература:

электр. версия (файл *.pdf) на сайте ***http://kazei.plms.ru***

1. ***Д.В. Белов "Механика"***, уч. пособ., Физический факультет МГУ, 1998 г.
2. ***К. М. Большова, Г.Е. Пустовалов "Краткий курс общей физики. Ч. I(1) Механика"***, уч. пособ., М.: изд. Московского университета, 1982 г.
3. ***Б.А. Струков, Л.Г. Антошина, С.В. Павлов "Физика"*** Изд. центр "Академия", 2011 г.
4. ***И.В.Савельев. Курс общей физики, т. I. "Механика, колебания и волны, молекулярная физика"*** уч. пособ., изд. 4, М. Наука. Физматлит., 1998 г.

Практикум:

1. описание задач и теоретическая часть к задачам
   а) электр. версия - файлы *.pdf (к. 3-39 или на сайте ***http://condmatt.phys.msu.ru/*** (***http://kazei.plms.ru***)
   б) печатная версия у лаборанта/преподав. (в лаборатории)
   в) ***электр. таблицы обработки задач практик. файлы *.xls***
2. дополнит. литература указана в описании ***!!!***

Семинары (задачники)

1. ***Л.Г. Антошина, П.В. Короленко, Л.А. Скипетрова "Сборник задач по общей физике для студентов нефизических специальностей"*** изд. Московского университета, 1991 г.
2. ***Л.Г. Антошина, С.В. Павлов, Л.А. Скипетрова "Общая физика: сборник задач: учебное пособие"*** М.: ИНФРА-М, 2008 г.
3. стр. в ***INTERNET***'е ***http://kazei.plms.ru***

система отсчета

зависим. координат точки от времени:

$$x = x(t),\ y = y(t),\ z = z(t)$$

кинематический закон движения

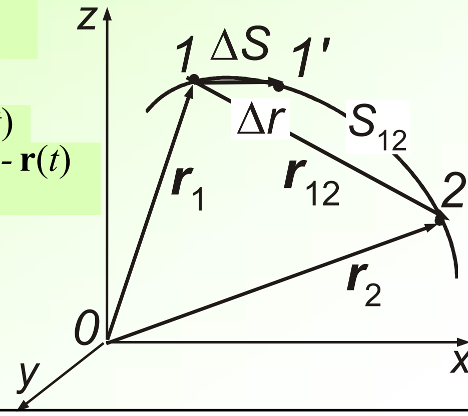
кинематич. закон - ***полная информация о движении***

- положение $\mathbf{r}(t)$ в момент времени t
- траектория в параметрической форме (параметр – время t)
- вект. скорости $\mathbf{v}(t)$ и ускорения $\mathbf{a}(t)$

за Δt – перемещение $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t+\Delta t) - \mathbf{r}(t)$

$\Delta\mathbf{r}/\Delta t$ – средняя скорость мат. точки

$$\mathbf{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$



скорость

$\mathbf{v}$ направлена по касательной к траектории

$\mathbf{r} = x\,\mathbf{i} + y\,\mathbf{j} + z\,\mathbf{k}$ $\quad x(t), y(t), z(t)$ - кинемат. закон

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{\kappa}$$

$\mathbf{v}(t) = \{v_x, v_y, v_z\}$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad (\ldots)$$

$x \to y$

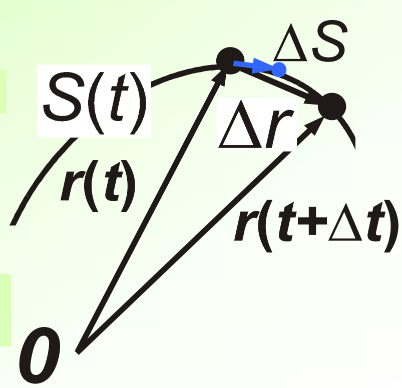
(???)

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

$$\cos\alpha_x = \frac{v_x}{v}$$

$(\ldots)$

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ - углы между век. $\mathbf{v}$ и координат. осями



ускорение

быстрота изменения скорости **v**

$$\mathbf{a}(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t}=\frac{d\mathbf{v}}{dt} \rightarrow \mathbf{a}(t)=\frac{d\mathbf{v}}{dt}=\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

$$\mathbf{v}=v_x\mathbf{i}+v_y\mathbf{j}+v_z\mathbf{k}$$

$$\mathbf{a}(t)=\{a_x, a_y, a_z\}$$

(???)

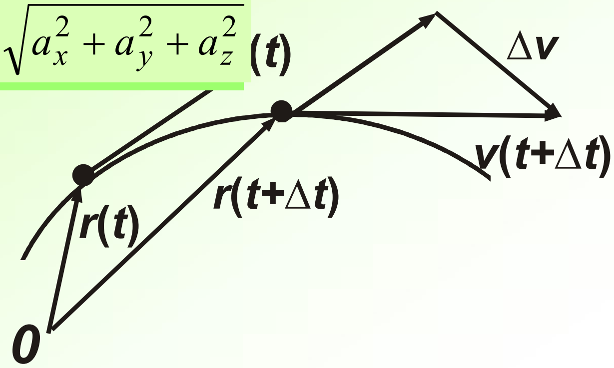
$$a_x=\frac{dv_x}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}$$

$x\to y$ (…)

$$\cos\beta_x=\frac{a_x}{a}$$

(…)



СО привязана к траектории

нормальное и тангенциальное ускорение

скорость меняется *по модулю и по направлению*: $\mathbf{a}=\mathbf{a}_\tau+\mathbf{a}_n$

тангенциальное уск. $\mathbf{a}_\tau$ – изменен. модуля скорости

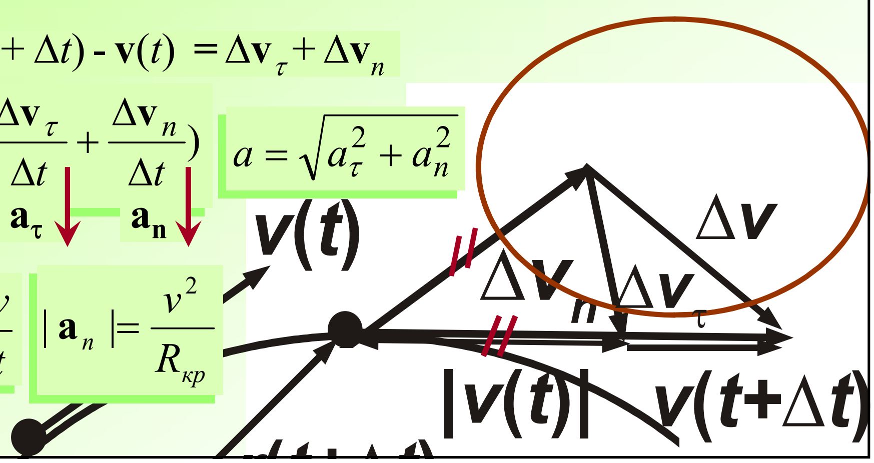
нормальное уск. $\mathbf{a}_n$ – изменен. направления скорости

$$\Delta\mathbf{v}=\mathbf{v}(t+\Delta t)-\mathbf{v}(t)=\Delta\mathbf{v}_\tau+\Delta\mathbf{v}_n$$

$$\mathbf{a}=\lim_{\Delta t\to 0}(\underbrace{\frac{\Delta\mathbf{v}_\tau}{\Delta t}}_{\mathbf{a}_\tau}+\underbrace{\frac{\Delta\mathbf{v}_n}{\Delta t}}_{\mathbf{a}_n})$$

$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}$$

$$|\mathbf{a}_\tau|=\frac{dv}{dt} \qquad |\mathbf{a}_n|=\frac{v^2}{R_{кр}}$$



движение точки по окружности

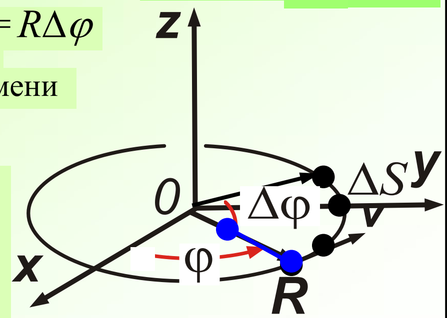
$R_{\text{кр}} = R = \text{const}$

движение по окружности - ***частный случай*** криволинейного движения
используют ***угловые переменные: коорд. φ, скорость ω, ускорение β***

$$|\vec{\omega}| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

$\Delta S = R\Delta\varphi$

положение мат. точки ---- ***угол φ***
ω - угол, описываемый век. R за ед. времени



угловая скорость ω - вектор:
- быстрота изменения угла φ
- ***направлен вдоль оси вращения***
- определяется правилом буравчика:
  - ✓ рукоятка вращается с вектр. R точки
  - ✓ поступател. движение ---- вектор ω

$\omega = d\varphi/dt$

ед. угловой скорости в СИ - ***рад/с***

движение точки по окружности

$R = \text{const}$

$$|\vec{\omega}| = \frac{d\varphi}{dt}$$

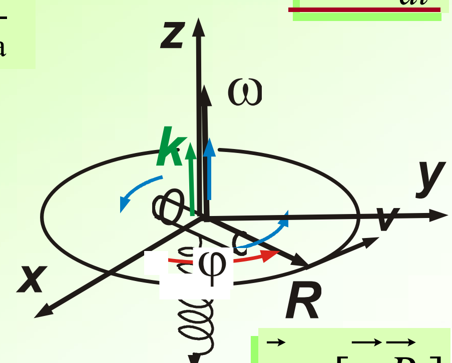
правая декартова ***СО***: угол φ отсчитывается от оси $0x$ по правилу буравчика

$\omega = \omega_z \mathbf{k}$

$$\beta = \frac{d\omega}{dt}$$

угловое ускорение β

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{d\omega_z}{dt}\mathbf{k} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}\mathbf{k}$$



$\vec{v} = [\vec{\omega}\vec{R}]$

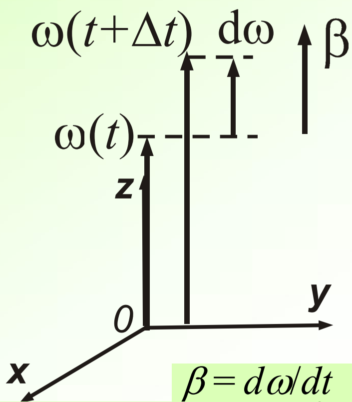
движение точки по окружности

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{d\omega_z}{dt}\mathbf{k} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}\mathbf{k}$$

угловая скорость возрастает ---- $\boldsymbol{\omega} \parallel d\boldsymbol{\omega} \parallel \boldsymbol{\beta}$ (вектора сонаправлены)

$\Delta S = R\Delta\varphi$ Δt → $v = R\omega$ → $a_\tau = R\beta$

$$\vec{a}_{ц.с.} = -\frac{v^2}{R}\frac{\vec{R}}{R} = -\omega^2\vec{R}$$



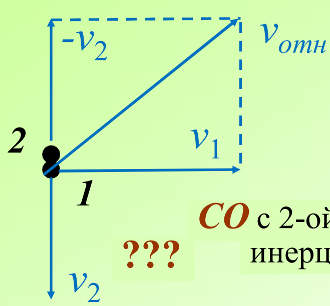
$\beta = d\omega/dt$

ед. углового ускорения в СИ - рад/с²

Задача. 1.1.1.4. Две материальные точки движутся со скоростями v_1 = = 4 м/с и v_2 = 3 м/с, направленными под прямым углом друг к ...ой скоростью удаляются материальные точки друг от ...олько переместится первая точка в системе координат, ...второй точкой, за время τ = 10 с?

Дано: $v_1 = 4$ *м/с*, $v_2 = 3$ *м/с*, $\tau = 10$ *с*

Определить: $v_{отн}$, s ???



???

СО с 2-ой точкой инерциальная

$$\vec{v}_{1,\,отн\,2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

$v_{отн} = 5$ **м/с**

$$\vec{v}_{2,\,отн\,CO} = \vec{v}_2 - \vec{v}_2$$

???

Домашнее задание

1. *теория:* основные определения и формулы кинематики

2. *задачи:* (по учебнику 1991 г.) 1.18, 1.21, 1.24, 1.28;
(по учебнику 2008 г.) 1.1.32, 1.1.34, 1.1.38, 1.1.42

3. *теория:* (новая тема) динамика, законы Ньютона

Задача. 1.4 (А)

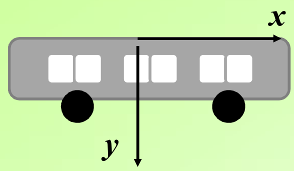
на железнодорожного вагона свободно падает тело. ... ой времена падения тела, вычисленные ... движен, б) вагон движется с постоянной ... стоянным ускорением $\vec{a}$?

$g = 10$ м/с^2

Дано: свободно падает

а) $v_в = 0$, б) $v_в \neq 0$, в) $a_в \neq 0$

Сравнить: а) t_m, б) t_m, в) t_m $\quad t_m^{а} = t_m^{б} = t_m^{в}$



можно реализовать ???

траектории: а) - *вертикал. прямая*
б) - *парабола*
в) - *парабола*
~~*наклонная прямая*~~

при отрыве $a = 0$

$$x = \cancel{v_0 t} + at^2/2$$

$$y = gt^2/2$$

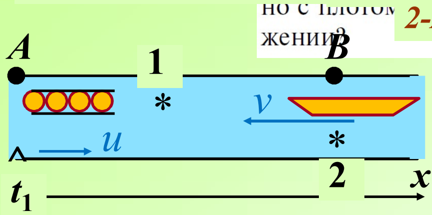
$$\cancel{y = gx/a}$$

Задача. 1.18 (А)

орода A и B расположены на одном берегу реки, причем ... положен ниже по течению. Одновременно из города A ...

Дано: A, B; $A \to B$ плот, $B \to A$ лодка, $\tau_л = \tau_п$, $\tau = 5$ час

Определить: $t_л = t_п = t$???



1-я встр. ???

(1) $\cancel{u\tau} + (v - \cancel{u})\tau = s$ $\quad v\tau = s$

2-я встр.

(2) $u\,t = s$ $\quad$ (1) : (2) $\quad v/u = t/\tau$

(3) $(v - u)\,t_1 = s$ $\quad *(v + u)$

(4) $(v + u)(t - t_1) = s$ $\quad *(v - u)$

(3)+(4) $\quad (v + u)(v - u)\,t = s(v + \cancel{u} + v - \cancel{u})$

неизвестны: u, v, t_1, t, s

исключить: t_1 $\quad (v^2 - u^2)\,t = 2sv$ $\quad * u$

$(v^2 - u^2)\cancel{s} = 2\cancel{s}vu$ $\quad v^2 - 2vu - u^2 = 0$

2-ой корень нефизичный ???

плот не догонит лодку

$v^2 - 2vu - u^2 = 0$ $\quad v_{1,2} = u \pm (u^2 + u^2)^{1/2}$

$v_{1,2}/u = 1 + (2)^{1/2} = t/\tau$ $\quad t = (1 + (2)^{1/2})\,\tau$

Задача. 43.1 (…)

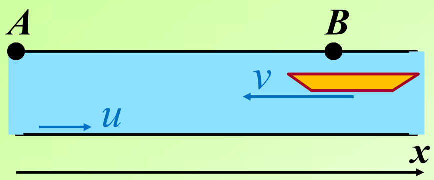
КИНЕМАТИКА

Дано: ***A, B; A→B, B→ A***
лодка, v_1 = 12, v_2 = 8 (км/час)

Определить: v, u, v_{cp} ???

$A \to B$ $\quad v_1 = v + u \quad$ **(1)**

$B \to A$ $\quad v_2 = v - u \quad$ **(2)**



$$v = (v_1 + v_2)/2$$

$$u = (v_1 - v_2)/2$$

$$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{s + s}{s / v_1 + s / v_2} = \frac{2 v_1 v_2}{v_1 + v_2}$$

$$v_{cp} \neq (v_1 + v_2)/2$$

v = 10 (км/час) $\qquad u$ = 2 (км/час)

$$v_{cp} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 8}{20} = 1.2 \cdot 8 = 9.6$$

$\{a_1, a_2, a_3, \ldots a_N\}$

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_N}{N}$$

одинак. статистич. вес

Задача. 1.19 (*A*)

По графику зависимости скорости движ… …1.10) начертить … …ия ускорени… Определить графически пол… …движен…

Дано: $v(t)$, $x(0)=0$???

Определить: графики $a(t)$, $x(t)$, $s_{пол}$

(1) $v = v(t)$ $\qquad a(t) = \dfrac{dv}{dt}$

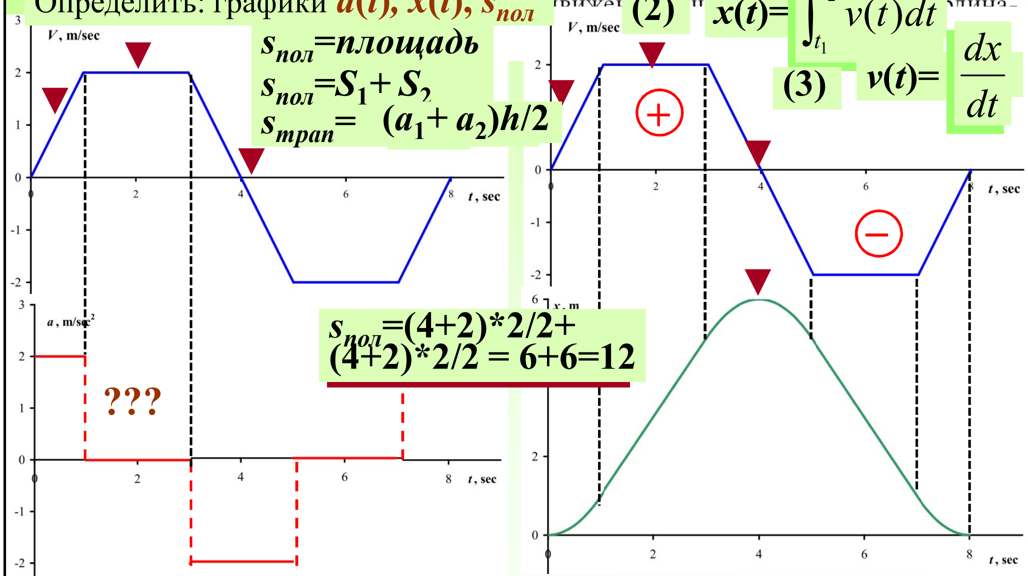
(2) $x(t) = \displaystyle\int_{t_1}^{t_2} v(t)\,dt$

(3) $v(t) = \dfrac{dx}{dt}$

$s_{пол}$ = площадь

$s_{пол} = S_1 + S_2$

$s_{трап} = (a_1 + a_2)h/2$



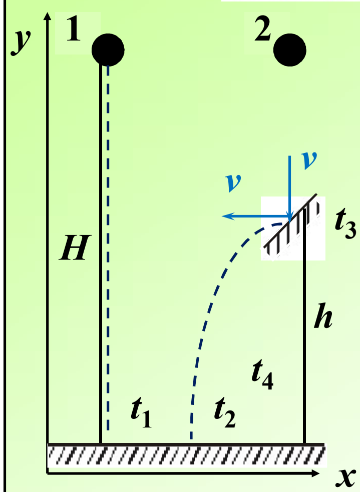
$s_{пол}$=(4+2)*2/2+
(4+2)*2/2 = 6+6=12

Задача. 1.23 (A)

1.1.37. Два тела падают с высоты $H = 20$ м без начальной ско- … но из них встречает на своем пути закрепленную пло- … под углом $\alpha = 45°$ к горизонту. В результате … ие … ризонталь- … о уда… на высоте $h = 10$ м. Определите времена падения тел t_1 и t_2.

Дано: $H=20\ m$, $V_0=0$, $h=10\ m$

Определить: t_1, t_2 ???



1-ое тело

$y_1(t) = H - gt^2/2$

$y_1(t_1) = 0$

$\underline{t_1 = \sqrt{2H/g}}$

2-ое тело

$t <= t_3$ | $y_2(t) = H - gt^2/2$

$t >= t_3$ $(\underline{t \to 0})$ | $y_2(t) = h - gt^2/2$

$y_2(t_3) = h$ $\quad t_3 = \sqrt{2(H-h)/g}$

$y_2(t_4) = 0$ $\quad t_4 = \sqrt{2h/g}$

$\underline{t_2 = t_3 + t_4}$

$t_1 = (2 \cdot 20/10)^{1/2} \approx 2$ (sec)

$t_3 = (2 \cdot 10/10)^{1/2} = \sqrt{2}$ (sec) $\quad t_4 = t_3$

$t_2 = 2\sqrt{2}$ (sec)

Задача.

1.1.39. Оп… нормальная a_n и тангенциальная … соста… высшей … а, бро… начальной …

Дано: α, v_0, $y=y_{max}$

Определить: a, a_n, a_τ, R

$a = g$ $\quad a_\tau = dv/dt$ $\quad a_n = (a^2 - a_\tau^2)^{1/2}$

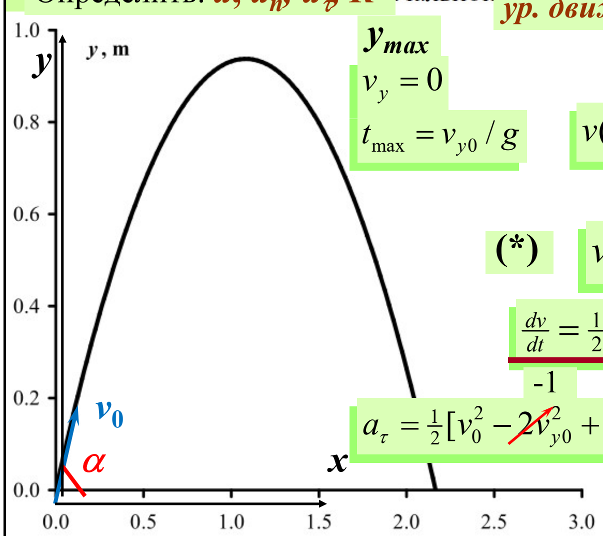
$v_x(t) = v_0 \cos\alpha = v_{x0}$

$v_y(t) = v_{y0} - gt$

$x(0) = 0 \quad y(0) = 0$

ур. движения

$x = v_{x0} t \quad y = v_{y0} t - gt^2/2$



y_{max}

$v_y = 0$

$t_{max} = v_{y0}/g$

$v(t) = (v_x^2 + v_y^2)^{1/2} = [\underline{v_{x0}^2 + v_{y0}^2} - 2v_{y0}gt + g^2t^2]^{1/2}$

(*) $\quad v(t) = [(v_0^2 - 2v_{y0}gt + g^2t^2)]^{1/2}$

$Fn(t) = v^2(t)$

$$\underline{\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2} Fn(t)^{-1/2} * (-2v_{y0}g + 2g^2t)}$$

-1

$a_\tau = \frac{1}{2}[v_0^2 - \cancel{2}v_{y0}^2 + v_{y0}^2]^{-1/2} * (-\cancel{2}v_{y0}g + 2g v_{y0}) = 0$

???

Задача. 1.25 (*A*) $a = g$ $\quad a_\tau = dv/dt$ $\quad a_n = (a^2 - a_\tau^2)^{1/2}$

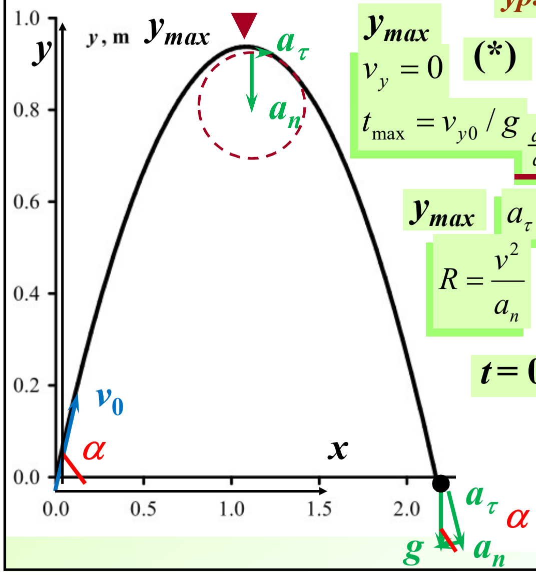
Дано: α, v_0, $y = y_{max}$

Определить: a, a_n, a_τ, R

$v_x(t) = v_0 \cos\alpha = v_{x0}$

$v_y(t) = v_{y0} - gt$

ур. движ $x = v_{x0} t$ $\quad y = v_{y0} t - gt^2/2$



y_{max}

$v_y = 0$ (*)

$t_{max} = v_{y0}/g$

$$v(t) = [(v_0^2 - 2v_{y0} g t + g^2 t^2)]^{1/2}$$

$Fn(t) = v^2(t)$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2} Fn(t)^{-1/2} * (-2v_{y0} g + 2g^2 t)$$

y_{max} $\quad a_\tau = 0$???

$a = g = \cancel{a_\tau} + a_n$

$$R = \frac{v^2}{a_n} \qquad v^2 = v_0^2 - v_{y0}^2 = v_{x0}^2 \qquad R = v_{x0}^2 / g$$

$t = 0$

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{1}{\cancel{2}} \frac{1}{v(0)} * (-\cancel{2} v_{y0} g)$$

$$a_\tau = -g \sin\alpha$$

???