Сегодня: *

ЛЕКЦИЯ 1

Бально-накопительный регламент

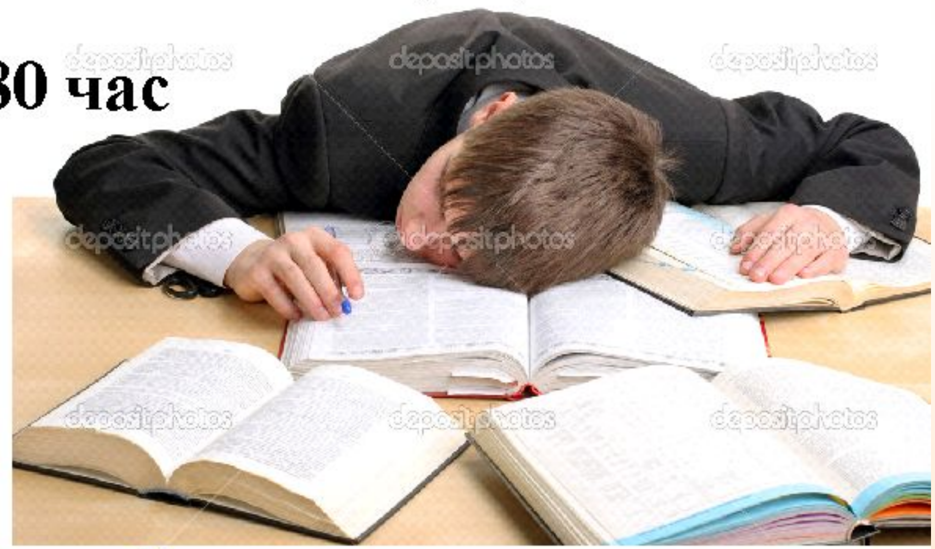
«Удовлетворительно»	50 - 69	При условии, что за экз. тест получено не менее 6 баллов
«Хорошо»	70 - 85	
«Отлично»	86-100	

Курс: Физика (МП факультет)
По направлениям 09 03.01 и
«Информатика и вычислительная техника»
09 03.04 «Программная инженерия»

Особенность курса:

- **ВСЯ «Общая физика» - за 1 год (1 курс, 1-й/2-й семестры)**

Аудиторная нагрузка – 64/80 час



Самостоятельная работа студентов - 80/100 час

Основная литература:

.Савельев И. В. Курс общей физики, кн. 4., кн.5 – М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2004.

. И. Е. Иродов. Волновые процессы. Основные законы: Учебное пособие для вузов.- М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007.

. И. Е. Иродов. Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие для вузов.- М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007.

.Иродов И. Е. Задачи по общей физике. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2007.

.Лосев В.В., Морозова Т.В. Оптика. Лабораторный практикум по курсу общей физики. «Оптика» - М.: МИЭТ, 2008. (Часть 1, часть 2).

.Калашников Н.П., Кожевников Н.М. Физика. Интернет тестирование Базовых знаний: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2009. – 160 с.

- Дополнительная литература

- 1. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.,: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
- 2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т. 3. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
- 3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т. 4. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

ЧТО ТАКОЕ СРС ?

1. http://www.ph4s.ru/books_phys_ob.html
http://www.ph4s.ru/kurs_ob_ph.html
Оптика http://www.ph4s.ru/book_ph_ob_optica.html

Сайт А.Н.ВАРГИНА, где есть все учебники!!!

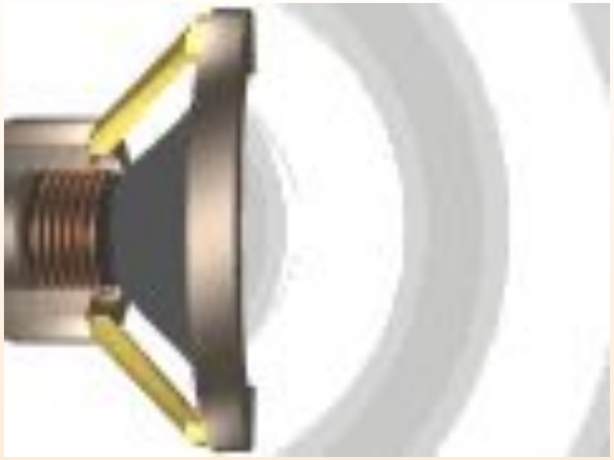
- 3. [Электронный ресурс].-М.: Коллекция электронных ресурсов МИЭТ, 2007.- Режим доступа: http://oroks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml
- 4. Программа обучения. «Открытая Физика 2.6. Часть 2»:
- http://www.physics.ru/
- http://www.physics.ru/courses/op25part2/design/index.htm
- 5. Scientific Center «PHYSICON»: of the course «Wave Optics on the Computer»
- http://college.ru/WaveOptics/content/chapter1/section1/paragraph1/theory.html
- 6. Диск или программа «Физика в анимациях»
- http://physics.nad.ru/
- http://physics.nad.ru/Physics/Cyrillic/optics.htm

Тема 1 ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

- 1.1 Виды и признаки колебаний
- 1.2 Параметры гармонических колебаний
- 1.3 Графики смещения скорости и ускорения
- 1.4 Основное уравнение динамики гармон. колебаний
- 1.5 Энергия гармонических колебаний
- 1.6 Гармонический осциллятор

Примеры колебательных процессов

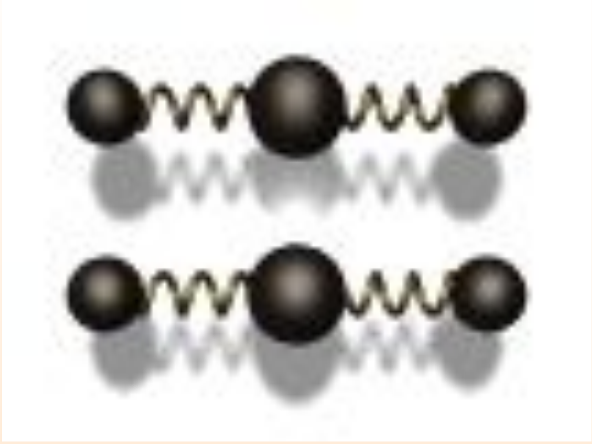
Круговая волна на поверхности жидкости, возбуждаемая точечным источником (гармонически колеблющимся шариком).



Генерация акустической волны громкоговорителем.

Примеры колебательных процессов

Поперечная волна в сетке, состоящей из шариков, скреплённых пружинками. Колебания масс происходят перпендикулярно направлению распространения волны.



Возможные типы колебаний атомов в кристалле.

1.1 Виды и признаки колебаний

В физике особенно выделяют колебания двух видов – механические и электромагнитные и их электромеханические комбинации, поскольку они чрезвычайно актуальны для жизнедеятельности человека.

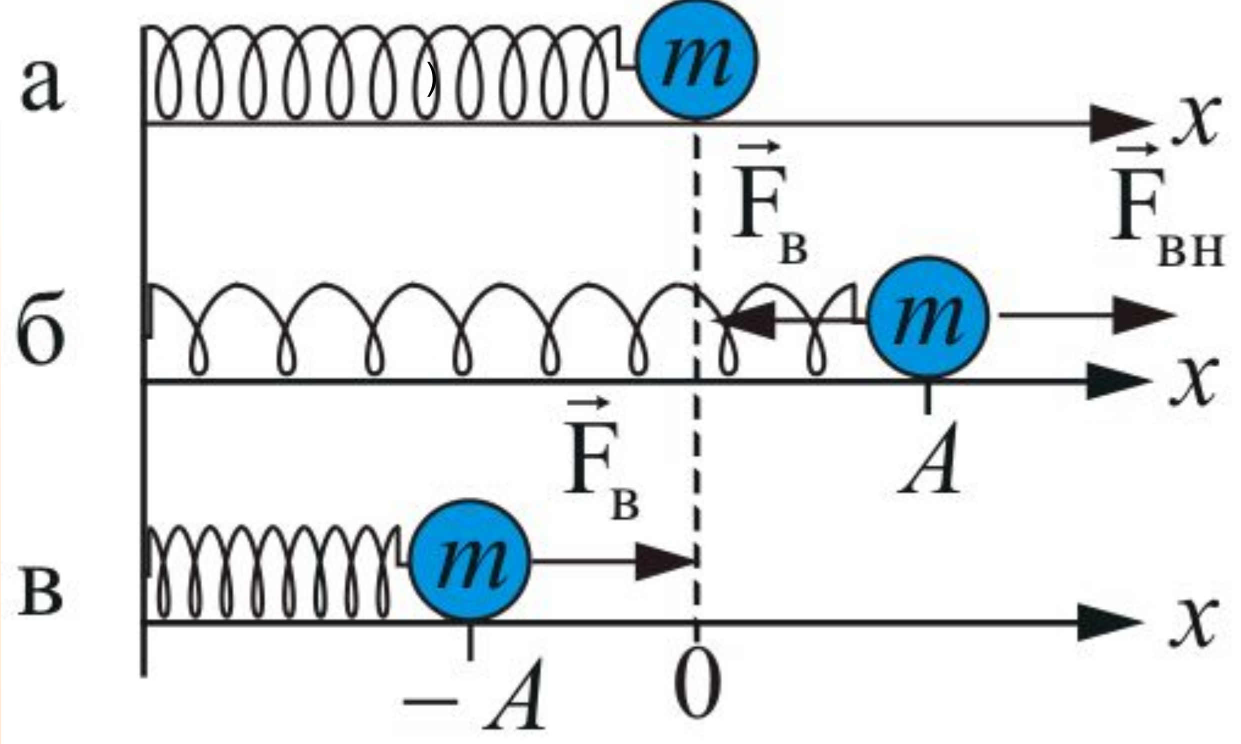
Для колебаний характерно превращение одного вида энергии в другую – кинетической в потенциальную, магнитной в электрическую и т.д.

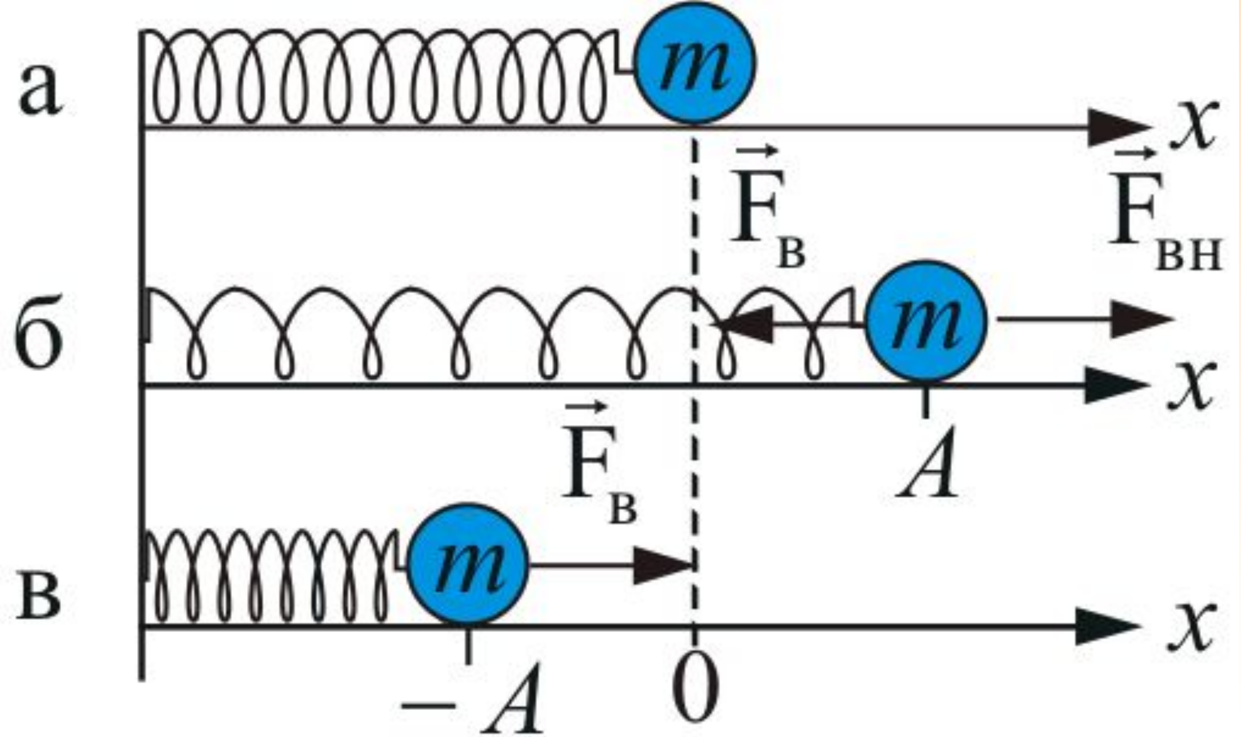
*Колебательным движением (или просто колебанием) называются процессы, **повторяющиеся во времени.***

Существуют общие закономерности этих явлений. Поэтому основные, учения о механических колебаниях, которые мы рассматриваем здесь, должны стать фундаментом для изучения любых видов колебаний.

Различные колебательные процессы описываются одинаковыми характеристиками и одинаковыми уравнениями.

Говоря о колебаниях или осцилляциях тела, мы подразумеваем повторяющееся движение его туда и обратно по одной и той же траектории. Иными словами колебательное движение является *периодическим*. Простейшим примером периодического движения служат *колебания груза на конце пружины*.





Закон Гука

$F_в = -kx$

$x = 0$ – *положение равновесия;*

$F_{вн}$ – *внешняя растягивающая сила;*

$F_в$ – *возвращающая сила;*

A – *амплитуда колебаний.*

k - *жесткостью пружины.*

Знак минус означает, что возвращающая сила, всегда противоположна направлению перемещения x

$F_{вн} = +kx$

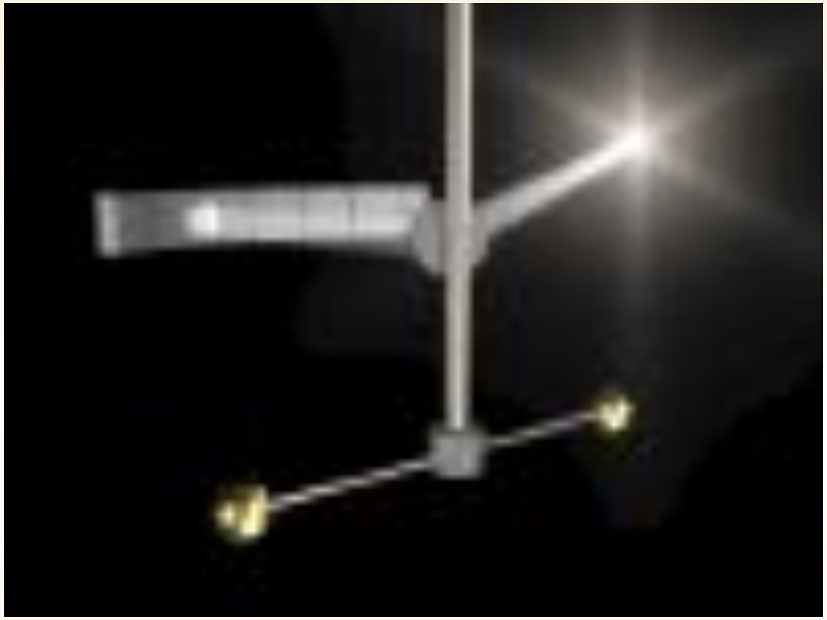
Из приведенного примера следуют *три признака колебательного движения:*

- ***повторяемость*** (***периодичность***) *– движение по одной и той же траектории туда и обратно*;

- ***ограниченность*** *пределами крайних положений*;

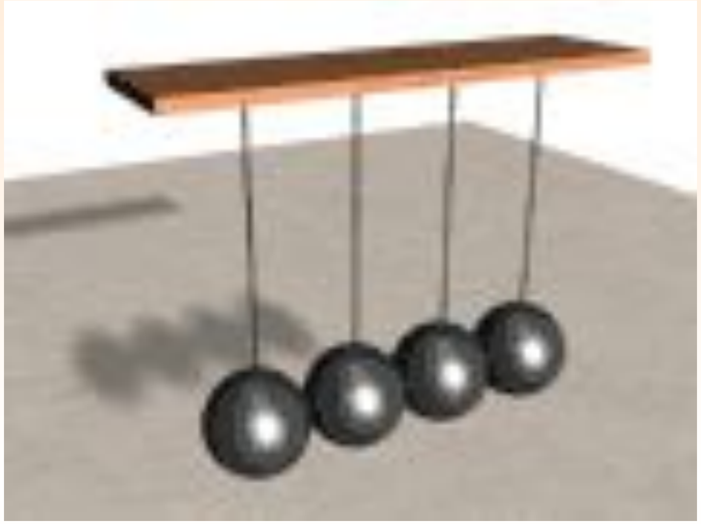
- ***действие силы****, описываемой функцией* $F = -kx$.

Примеры колебательных процессов



Опыт Кавендиша

Примеры колебательных процессов



В случае **абсолютно упругого столкновения шаров** (нет потерь энергии) скорость и угол отклонения крайних шаров одинаковы, а все промежуточные шары находятся в покое.

В **реальности** общая энергия системы со временем уменьшается за счет трения о воздух, нагревания шаров, возбуждения акустических волн и т.д. В результате амплитуда отскока крайних шаров уменьшается, а центральные шары начинают совершать колебательные движения.

Примеры колебательных процессов

Упругое столкновение некоторого тела с баллистическим маятником: при движении маятника его продольная ось остаётся параллельной самой себе, а центр масс движется по окружности. **Амплитуда колебаний баллистического маятника пропорциональна скорости налетающего тела.**

Примеры колебательных процессов

Столкновение абсолютно упругого шара с пружинным осциллятором. Со временем колебания затухают, часть энергии системы перейдет в тепло

Колебания называются ***периодическими***, если значения физических величин, изменяющихся в процессе колебаний, повторяются через равные промежутки времени.

- Простейшим типом периодических колебаний являются так называемые ***гармонические колебания.***
- Любая колебательная система, в которой возвращающая сила прямо пропорциональна смещению, взятому с противоположным знаком (например, $F = -kx$), совершает ***гармонические колебания.***
- Саму такую систему часто называют ***гармоническим осциллятором***.

Рассмотрение гармонических колебаний важно по **двум причинам:**

- колебания, встречающиеся в природе и технике, часто имеют характер, ***близкий к гармоническому***;
- различные ***периодические процессы*** (повторяющиеся через равные промежутки времени) можно представить как ***наложение гармонических колебаний***.

Периодический процесс можно описать уравнением:

$$\boxed{f(t) = f(t + nT)}$$

По определению, ***колебания называются гармоническими, если зависимость некоторой величины*** $x = f(t)$ ***имеет вид***

$$\boxed{x = A\cos\varphi} \quad \text{или} \quad \boxed{x = A\sin\varphi} \qquad (1.1.2)$$

Здесь синус или косинус используются в зависимости от условия задачи,

A и φ – параметры колебаний, которые мы рассмотрим ниже.

1.2 Параметры гармонических колебаний

- *Расстояние груза от положения равновесия до точки, в которой находится груз, называют* ***смещением*** ***x***.

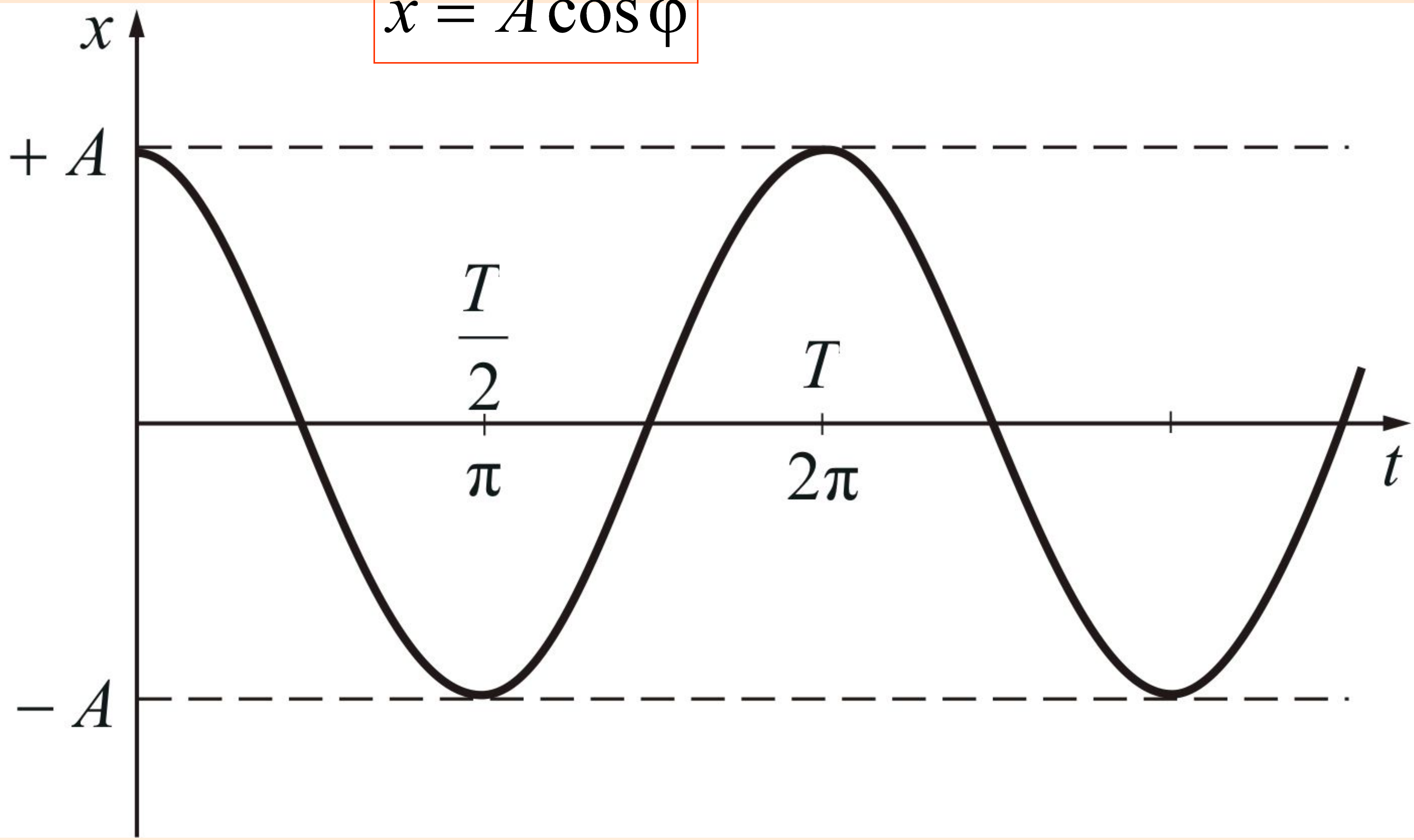
- *Максимальное смещение* – наибольшее расстояние от положения равновесия – называется ***амплитудой*** и обозначается, буквой ***A***.

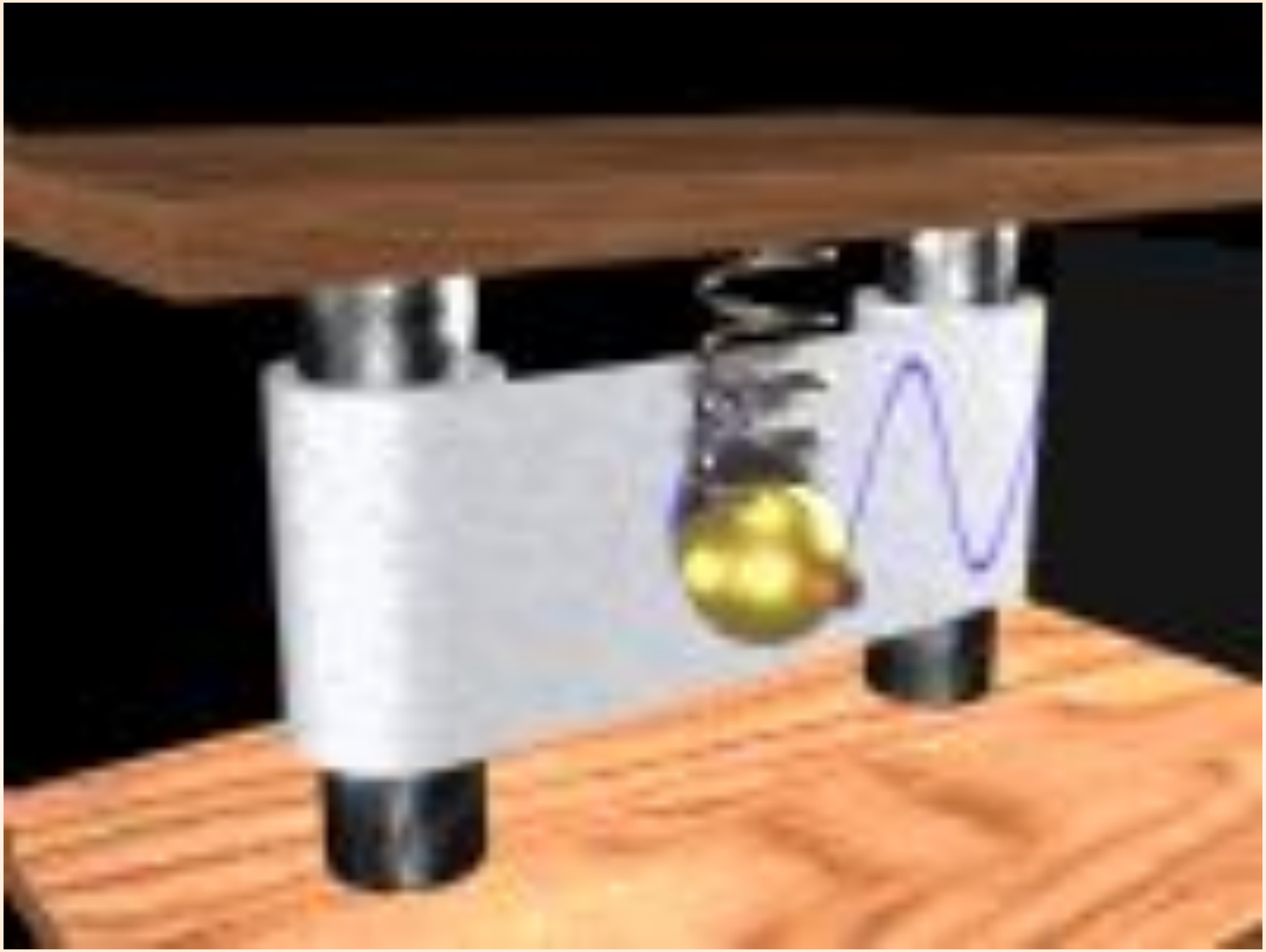
$\omega_0 t + \varphi$ определяет смещение ***x*** в данный момент времени t и называется ***фазой колебания*****.**

- φ называется ***начальной фазой колебания*** при $t = 0$.
- Фаза измеряется в радианах.

Т.к. синус и косинус изменяются в пределах от +1 до – 1, то x может принимать значения от $+A$ до $-A$

$$\boxed{x = A\cos\varphi}$$





- Движение от некоторой начальной точки до возвращения в ту же точку, например от $x = A$ к $x = -A$ и обратно в $x = A$, называется ***полным колебанием***.
- ***Частота колебаний ν*** определяется, как число полных колебаний в 1 секунду. Частоту, измеряют в герцах (Гц):
- 1 Гц = 1 колеб. в секунду.

$$\nu = \frac{1}{T} \qquad (1.1.2)$$

- ***T – период колебаний*** – минимальный промежуток времени, по истечении которого повторяются значения всех физических величин, характеризующих колебание

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{1}{\nu} \qquad (1.2.3)$$

- ***ω – циклическая (круговая) частота*** – число полных колебаний за 2π секунд.

$$\omega_0 = 2\pi\nu \qquad (1.2.2)$$

- Фаза φ *не влияет на форму кривой* $x(t)$, *а влияет лишь на ее положение в некоторый произвольный момент времени* t.

- *Гармонические колебания являются всегда* ***синусоидальными.***
- *Частота и период гармонических колебаний не зависят от амплитуды.*

Смещение описывается уравнением

$$x = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

тогда, по определению:

(1.2.4)

скорость $$\upsilon_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = -\omega_0 A\sin(\omega_0 t + \varphi) \qquad (1.2.5)$$

ускорение $$a_x = \frac{\mathrm{d}\upsilon_x}{\mathrm{d}t} = -\omega_0^2 A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

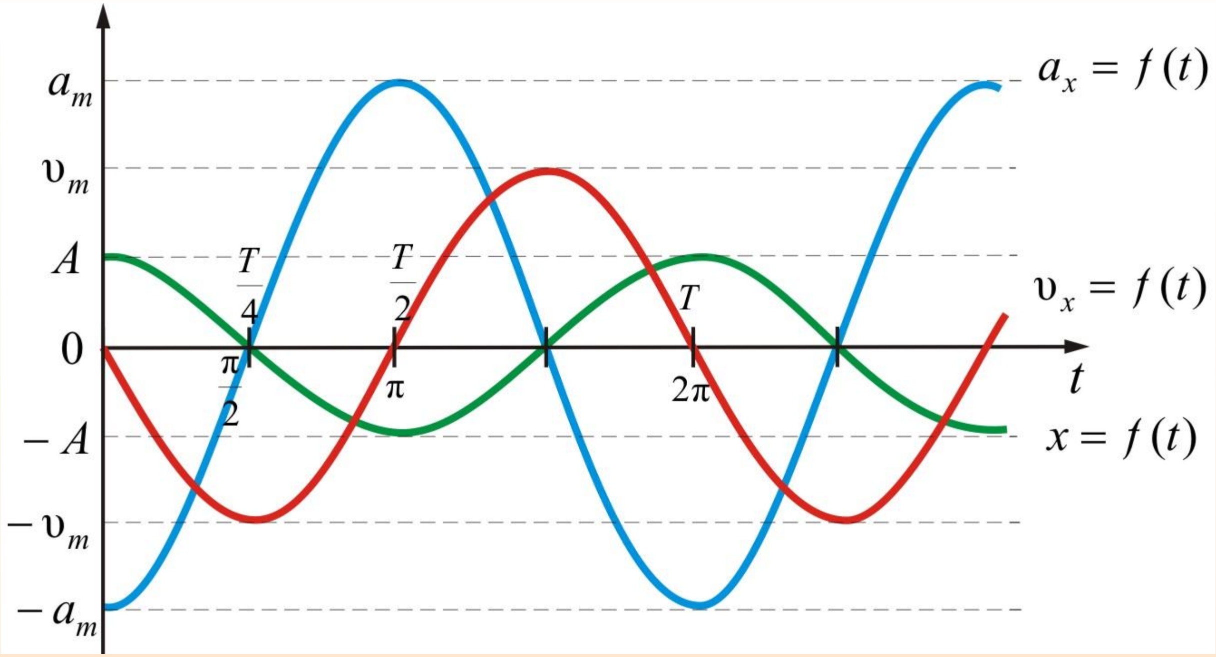
$\omega_0 A = \upsilon_m$ *– амплитуда скорости;*

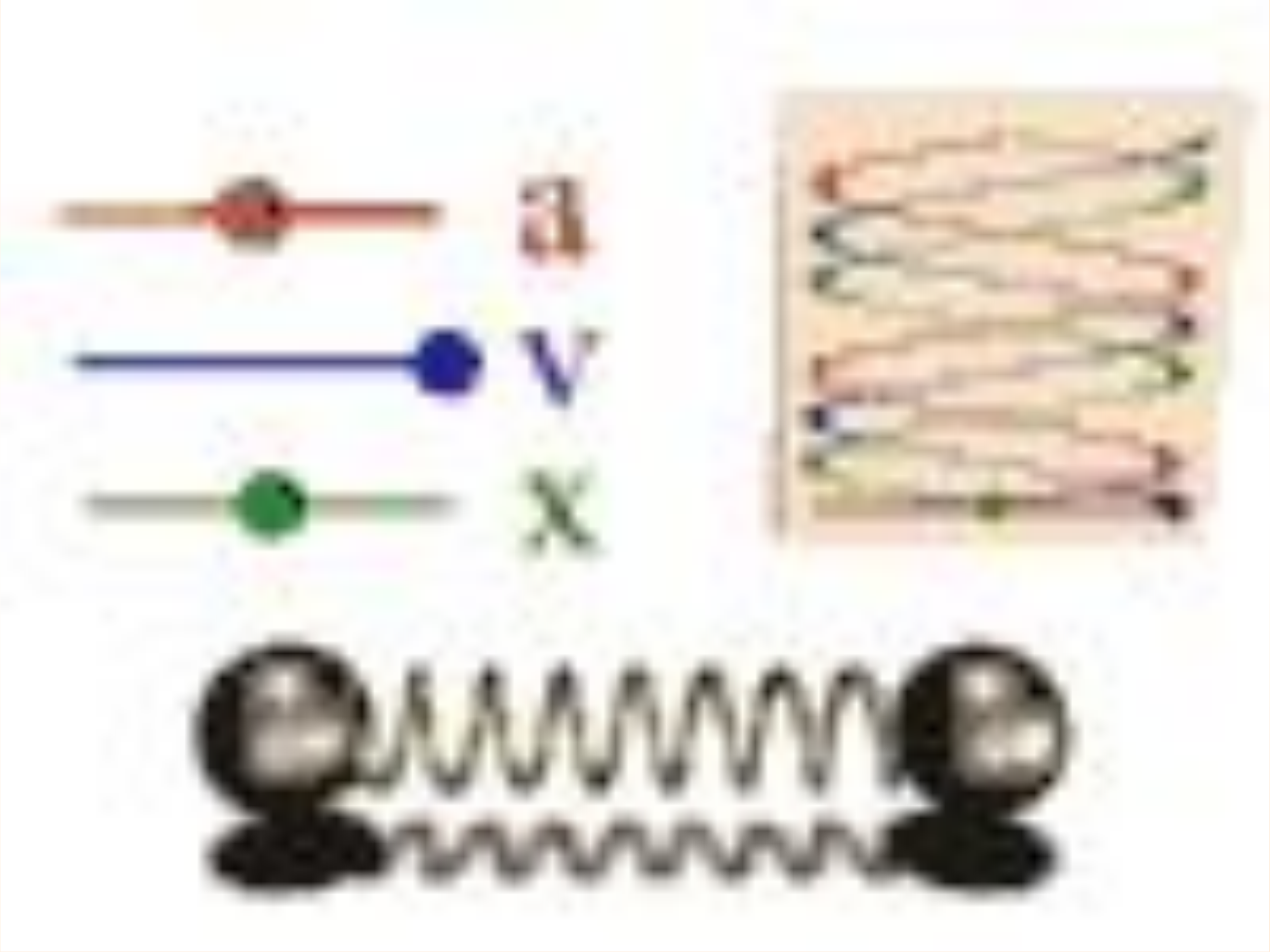
$\omega_0^2 A = a_m$ *– амплитуда ускорения.*

1.3 Графики смещения скорости и ускорения

Уравнения колебаний запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} x = A\cos(\omega_0 t + \phi) \\ \upsilon_x = -\upsilon_m \sin(\omega_0 t + \phi) \\ a_x = -a_m \cos(\omega_0 t + \phi) \end{cases} \qquad (1.3.1)$$

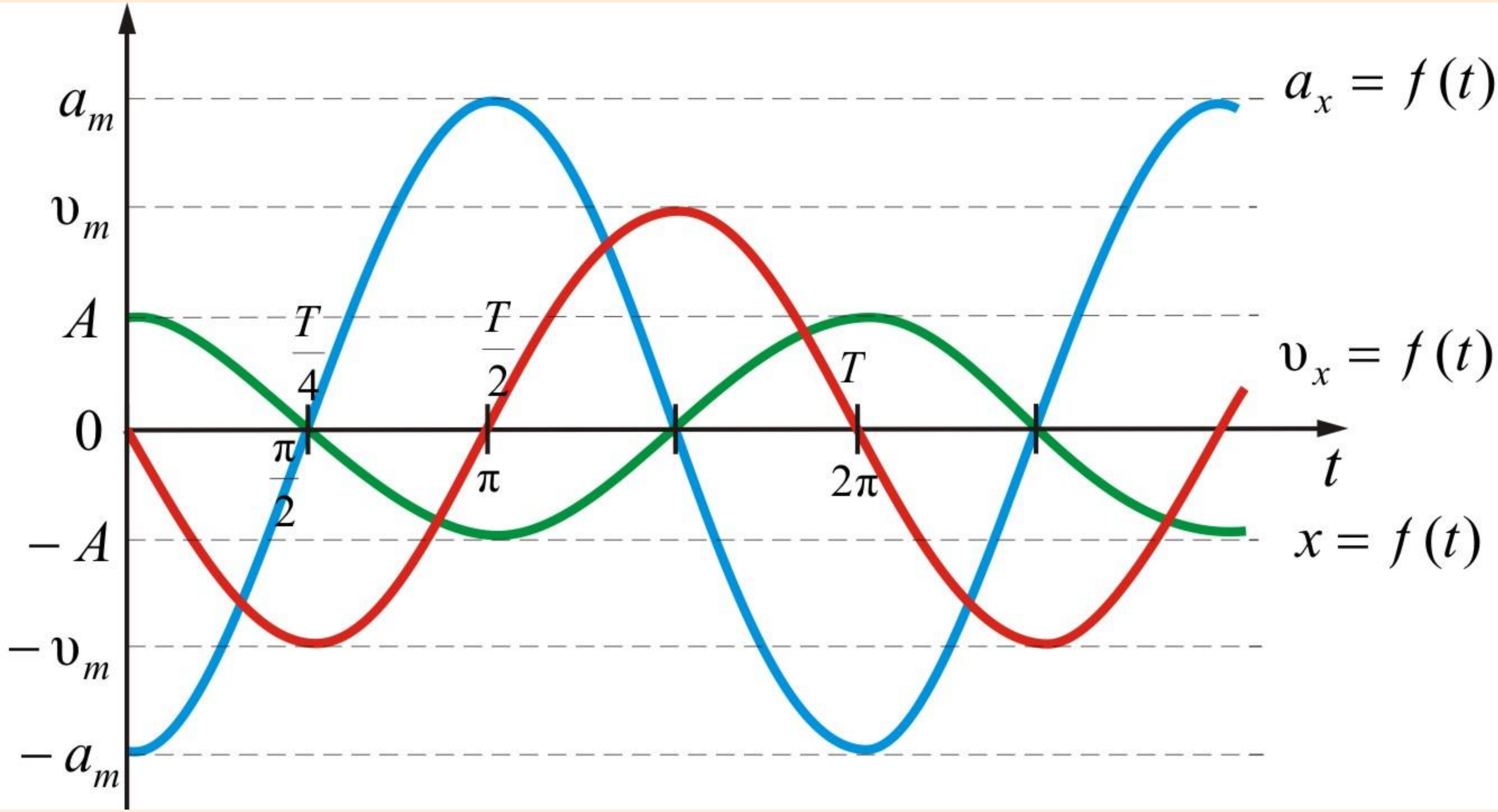



a
v
x

- **скорость** колебаний тела максимальна и равна амплитуде скорости в момент прохождения через положение равновесия ($x = 0$).

- При максимальном смещении ($x = \pm A$) **скорость равна нулю**.

- **Ускорение** равно нулю при прохождении телом положения равновесия и достигает наибольшего значения, равного амплитуде ускорения при наибольших смещениях.



$a_x = f(t)$
a_m
υ_m
A
$\frac{T}{4}$
$\frac{T}{2}$
T
$\upsilon_x = f(t)$
0
$\frac{\pi}{2}$
π
2π
t
$-A$
$x = f(t)$
$-\upsilon_m$
$-a_m$

Найдем разность фаз $\Delta\varphi$ между фазами смещения x и скорости υ_x.

$$\begin{cases} x = A\cos(\omega_0 t + \varphi) = A\cos\varphi_x \\ \upsilon_x = \upsilon_m \sin(\omega_0 t + \varphi) = \upsilon_m \cos(\omega_0 t + \varphi + \pi/2) = \upsilon_m \cos\varphi_\upsilon \end{cases}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_\upsilon = \pi/2, \qquad (1.3.2)$$

то есть скорость опережает смещение на $\pi/2$.

Аналогично можно показать, что ускорение в свою очередь опережает скорость по фазе на $\pi/2$:

$$\varphi_\upsilon - \varphi_a = -\pi/2 \qquad (1.3.3)$$

Тогда ускорение опережает смещение на π, или

$$\varphi_x - \varphi_a = -\pi \qquad (1.3.4)$$

то есть, смещение и ускорение находятся в противофазе

1.4 Основное уравнение динамики гармонических колебаний

- Исходя из второго закона, $F = ma$, можно записать

$$F_x = -m\omega_0^2 A\cos(\omega_0 t + \varphi) = -m\omega_0^2 x \qquad (1.4.1)$$

$$F_x = -m\omega_0^2 x$$

сила F пропорциональна x и всегда направлена к положению равновесия (поэтому ее и называют ***возвращающей силой***). Период и фаза силы совпадают с периодом и фазой ускорения.

- Примером сил удовлетворяющих (1.4.1) являются *упругие силы*. Силы же имеющие иную природу, но удовлетворяющие (1.4.1) называются *квазиупругими*.

Квазиупругая сила

$$F_x = -kx, \qquad (1.4.2)$$

где k – коэффициент квазиупругой силы

Сравнивая (1.4.1) и (1.4.2) видим, что $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ $a_x = \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2}$

Получим основное уравнение динамики гармонических колебаний, вызываемых упругими силами:

$$m\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} = -kx \text{ или } m\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} + kx = 0; \ \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{k}{m}x = 0,$$ тогда

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} + \omega_0^2 x = 0}$$

Основное уравнение динамики гармонических колебаний

Решение этого уравнения всегда будет выражение вида

$$x = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

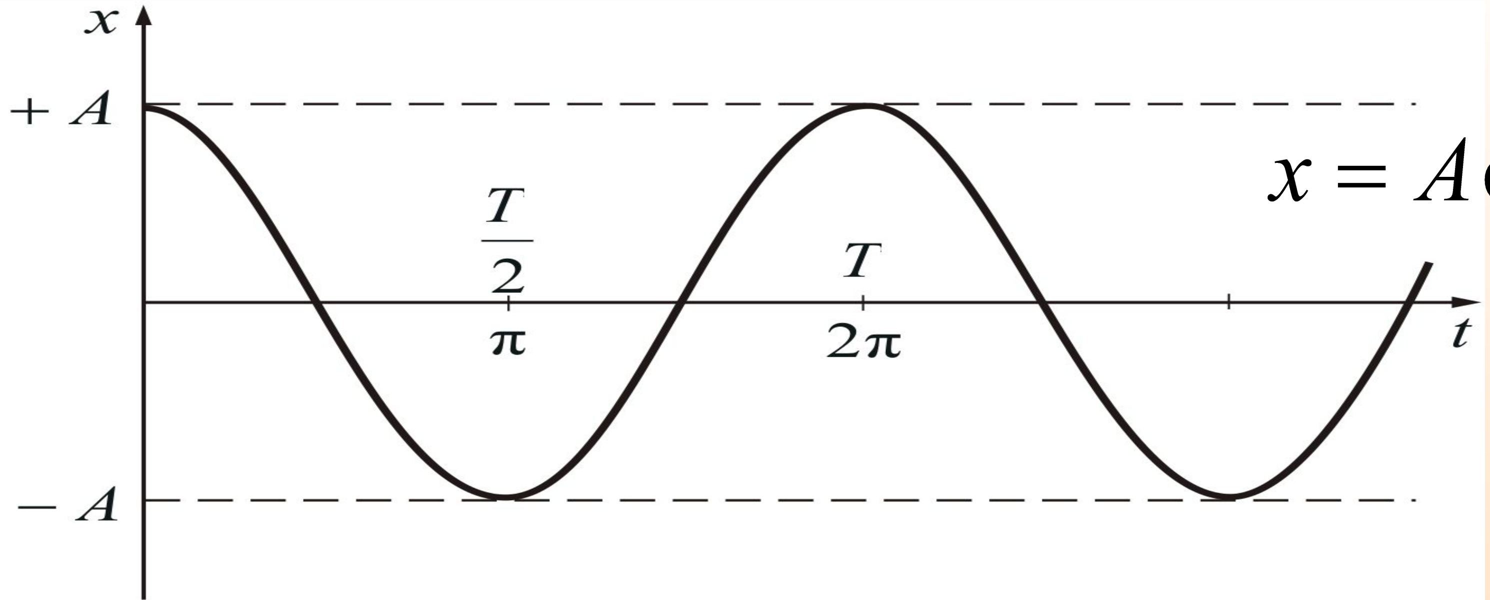
Круговая частота колебаний $\omega_0 = \dfrac{2\pi}{T}$

но

$\omega_0^2 = \dfrac{k}{m}$ тогда $\dfrac{2\pi}{T} = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

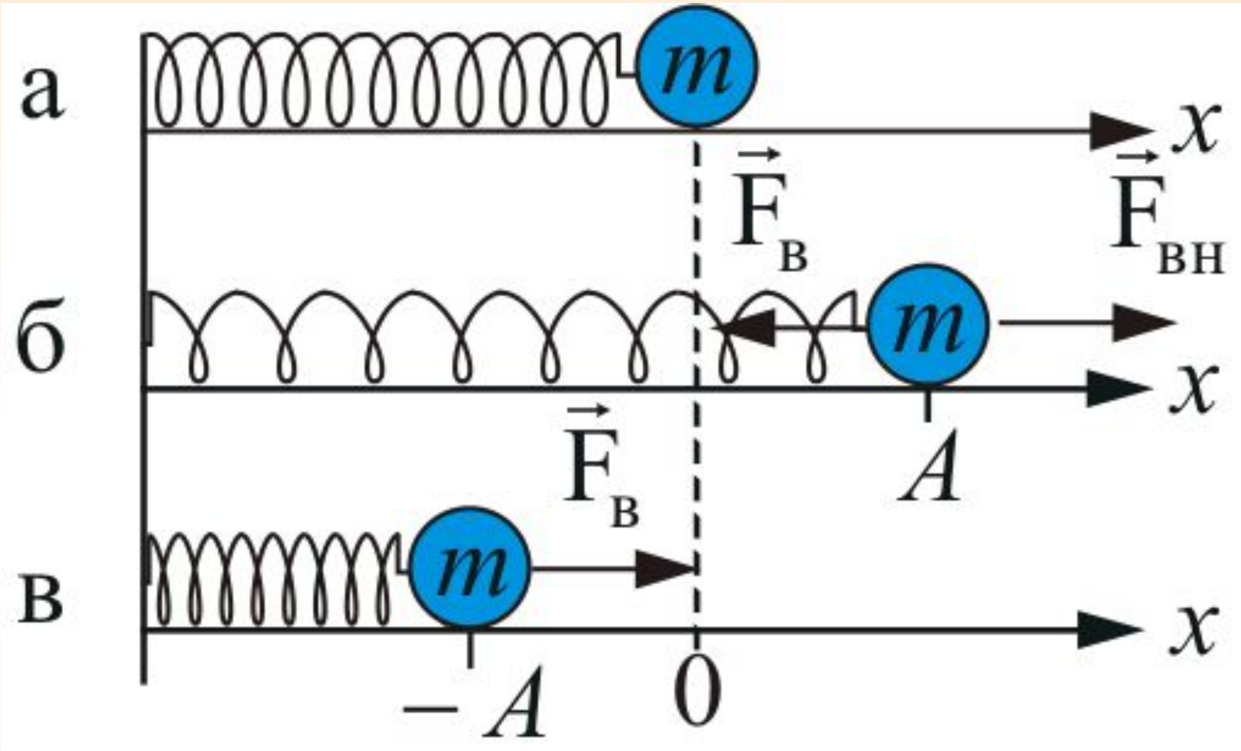
Период колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



$x = A\cos\varphi$

1.5 Энергия гармонических колебаний



Потенциальная энергия тела U, *измеряется той работой, которую произведет возвращающая сила* $F_x = -kx$

$$F_x = -\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}x}; \quad \mathrm{d}U = -F\mathrm{d}x = kx\mathrm{d}x, \text{ отсюда } U = k\int_0^x x\mathrm{d}x$$ или

•**Потенциальная энергия**

$$U = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi) \qquad (1.5.1)$$

•**Кинетическая энергия**

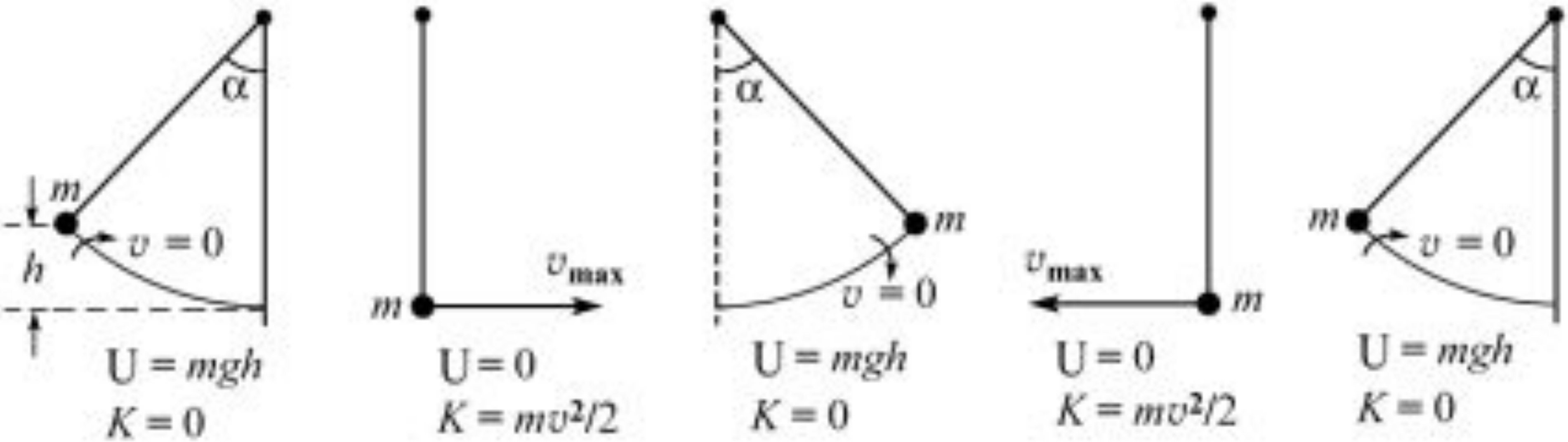
$$K = \frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) \qquad (1.5.2)$$

• **Полная энергия:**

$$E = U + K = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2$$, или $$E = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2 \qquad (1.5.3)$$

Полная механическая энергия гармонически колеблющегося тела пропорциональна квадрату амплитуды колебания.

Колебания груза под действием сил тяжести

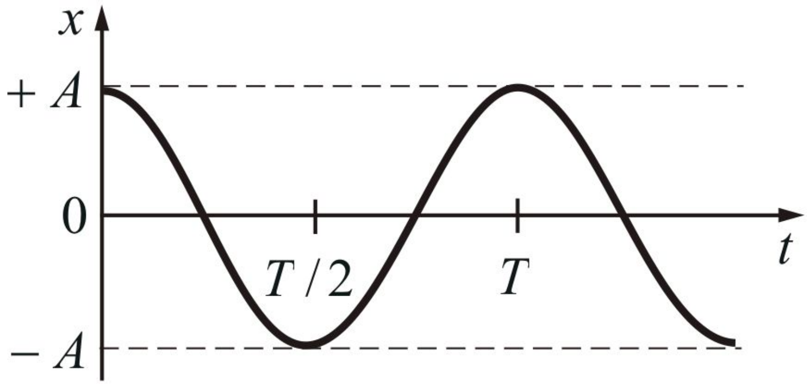


Максимум потенциальной энергии, (из 1.5.1)

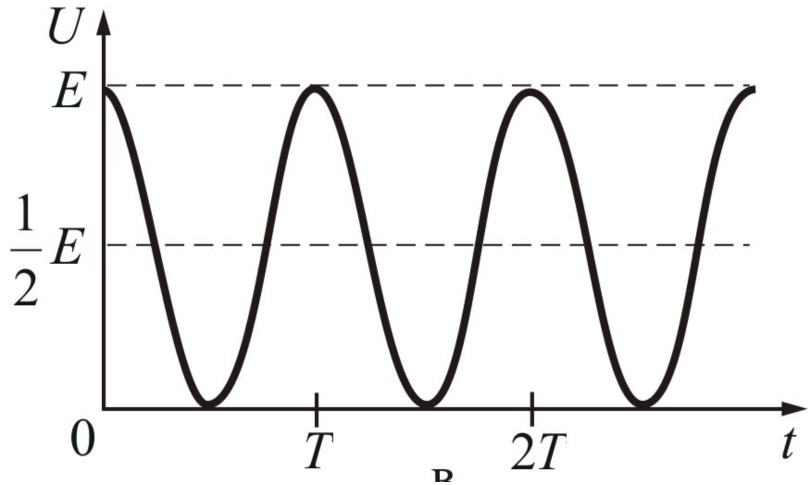
$$U_{\max} = mgh = \frac{1}{2}kA^2$$

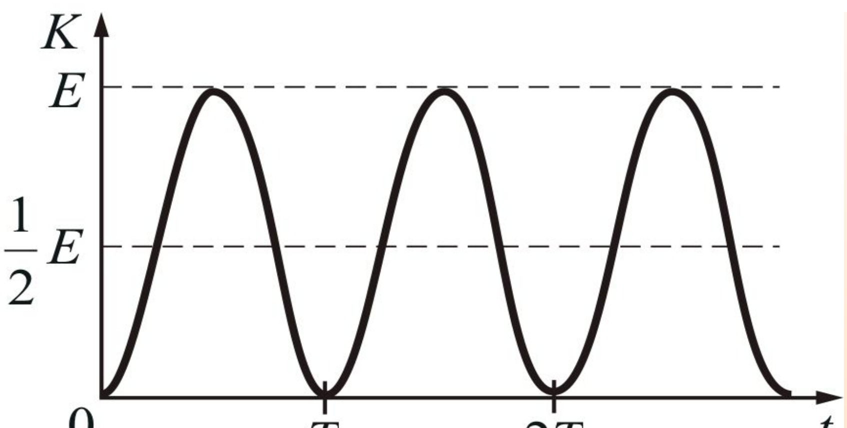
Максимум кинетической энергии $K_{\max} = \frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{1}{2}kA^2$

но когда $K = \max$, $U = 0$ и наоборот.



а



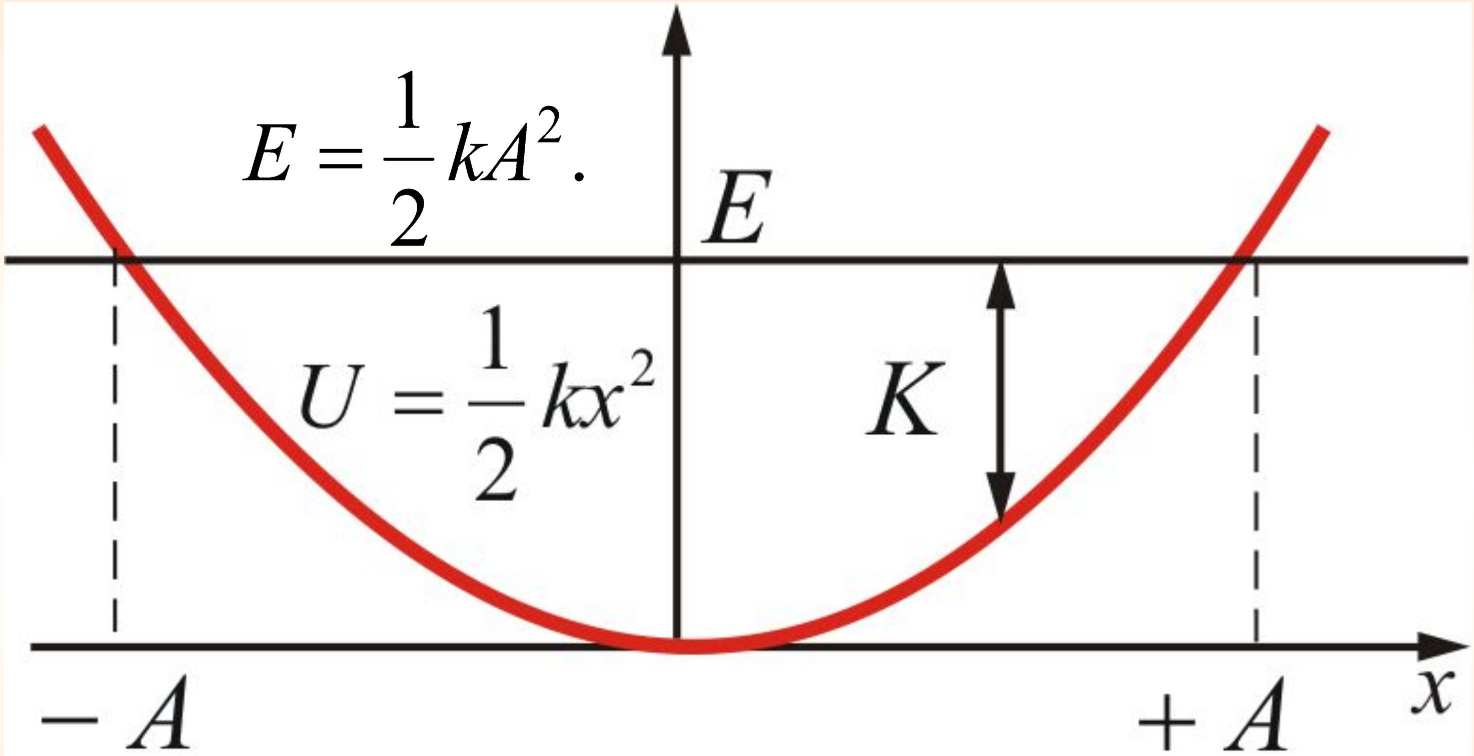


б

При колебаниях совершающихся под действием потенциальных (консервативных) сил, происходит переход кинетической энергии в потенциальную и наоборот, но их ***сумма в любой момент времени постоянна.***

На рисунке 6 приведена ***кривая потенциальной энергии***

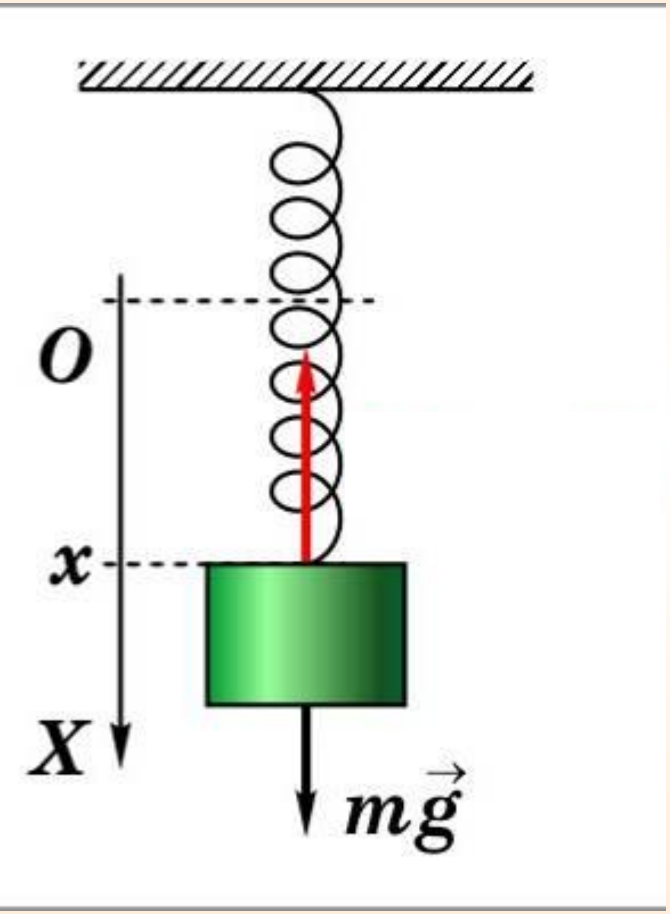
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$



$$E = \frac{1}{2}kA^2.$$

$$K = E - U$$

1.6 Гармонический осциллятор



1. ***Пружинный маятник*** – это груз массой m, подвешенный на абсолютно упругой пружине с жесткостью k, совершающий гармонические колебания под действием *упругой силы* $F = -kx$

Из второго закона Ньютона $F = ma$; или $F = - kx$

получим ***уравнение движения маятника***:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

или

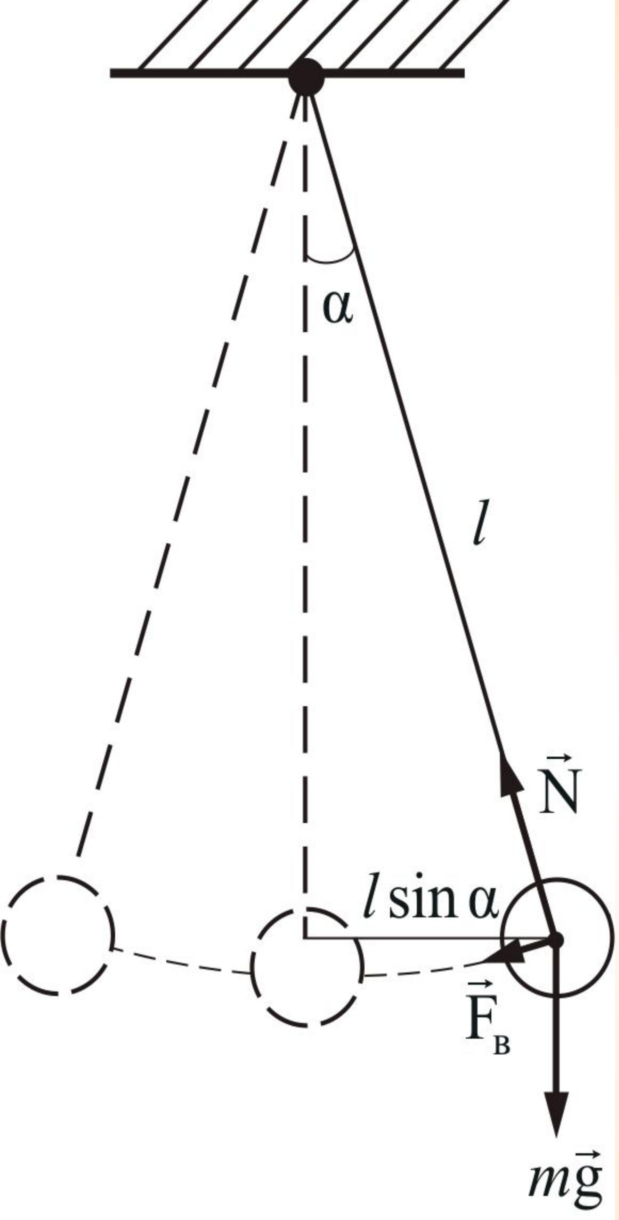
$$\frac{d^2x}{dt^2} + \left(\frac{k}{m}\right)x = 0 \qquad (1.6.1)$$

Решение этого уравнения – гармонические колебания вида:

$$x = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

циклическая частота **ω** период ***T***

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}; \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



2 *Математическим маятником* – *называется идеализированная система, состоящая из невесомой, нерастяжимой нити, на которую подвешена масса, сосредоточенная в одной точке* (шарик на длинной тонкой нити).

- При отклонении маятника от вертикали, возникает ***вращающий момент***

$$M = -mgl\sin\alpha \qquad (1.6.2)$$

- *Уравнение динамики вращательного движения для маятника*: $M = I\beta$

Момент инерции маятника $I = ml^2$

$$\beta = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$$

-угловое ускорение

Тогда $ml^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -mgl\sin\alpha$, или $\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{g}{l}\sin\alpha = 0$

$\sin\alpha \approx \alpha$. Обозначим : $\frac{g}{l} = \omega^2$

Уравнение движения маятника $\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_0^2\alpha = 0$ (1.6.3)

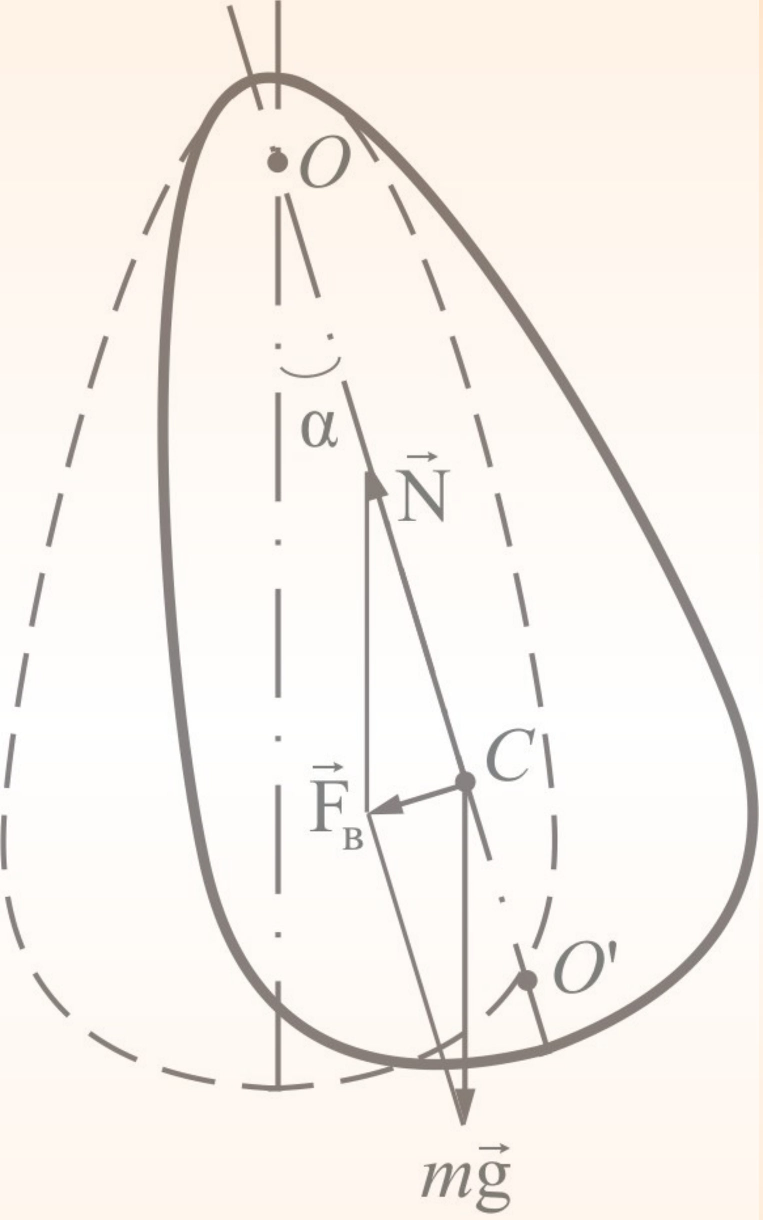
- Это уравнение динамики гармонических колебаний.

Решение уравнения (1.5.3) имеет вид:

$$\alpha = \alpha_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

T – зависит только от длины маятника и ускорения свободного падения.



3 ***Физический маятник*** – это *твердое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания вокруг неподвижной горизонтальной* ***оси, проходящей через точку подвеса О, не совпадающую с центром масс С***

Вращающий момент маятника:

$$M = -mgl\sin\alpha$$

l – расстояние между точкой подвеса и центром инерции маятника *О-С*.

Обозначим:

I* – *момент инерции маятника относит. точки подвеса *О*.

$\beta = \dfrac{d^2\alpha}{dt^2}$ - угловое ускорение, тогда

$$I\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -mgl\sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \alpha$$

Уравнение динамики вращательного движения

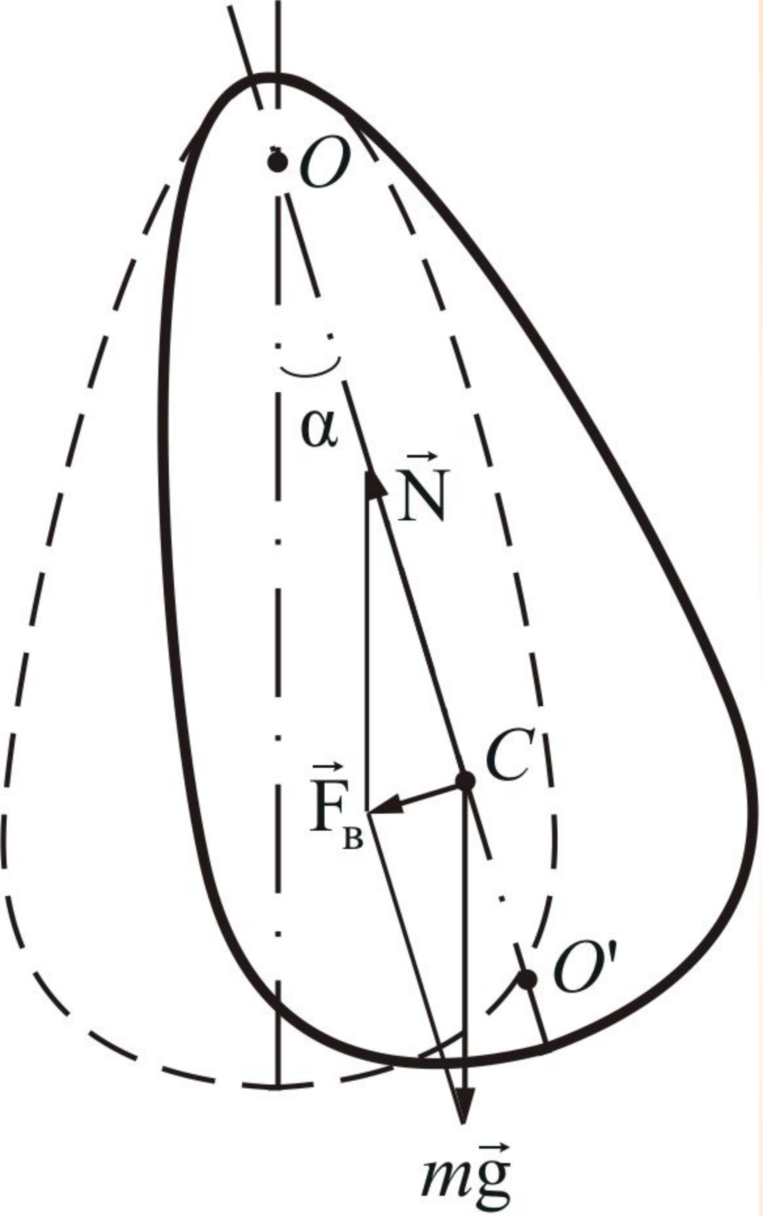
$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_0^2\alpha = 0$$

$$\alpha = \alpha_m\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

где

$$\boxed{\omega_0^2 = \frac{mgl}{I}} \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \qquad l_{\text{пр.}} = \frac{I}{ml} \qquad \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{l_{\text{пр.}}}{g}}}$$

$l_{\text{пр.}}$ – ***приведенная*** *длина физического маятника* – это длина такого математического маятника, период колебания которого совпадает с периодом колебаний данного физического маятника.



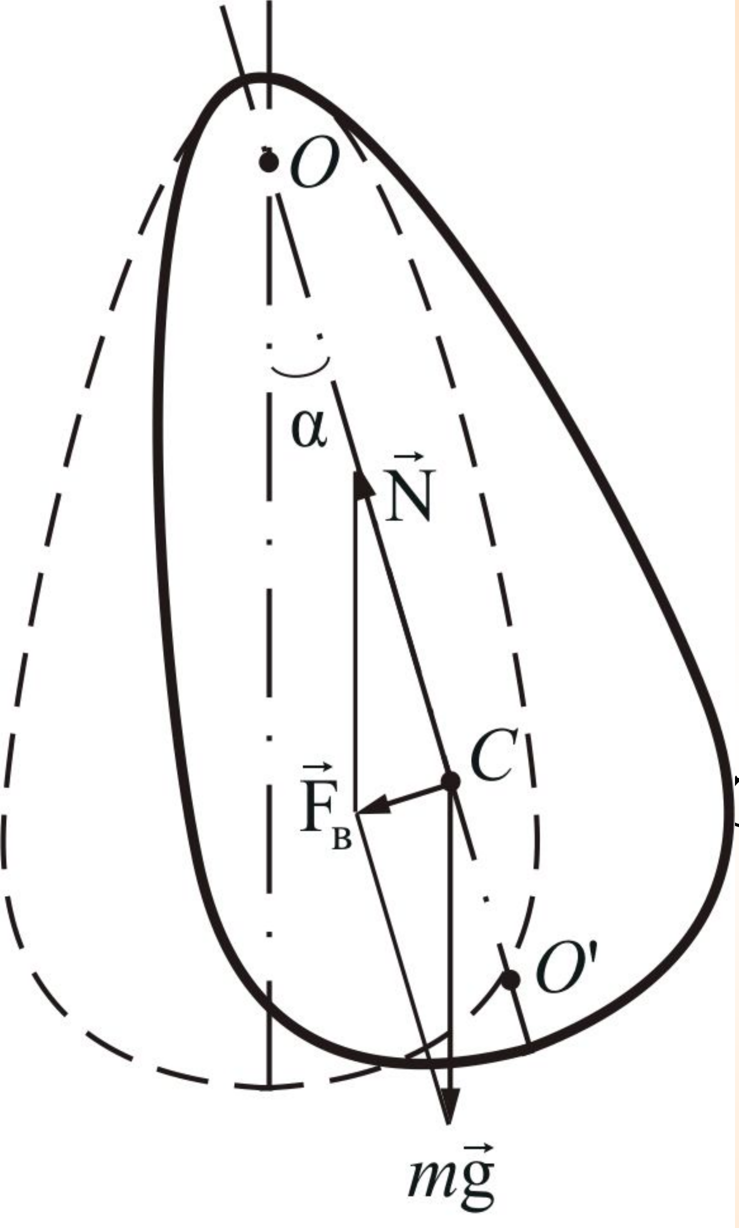
- Точка O' *называется* ***центром качаний***

- Применяя теорему Штейнера, получим:

$$l_{\text{пр.}} = \frac{I}{ml} = \frac{I_C + ml^2}{ml} = \frac{I_C}{ml} + l > l$$

$l_{\text{пр.}}$ всегда больше l.

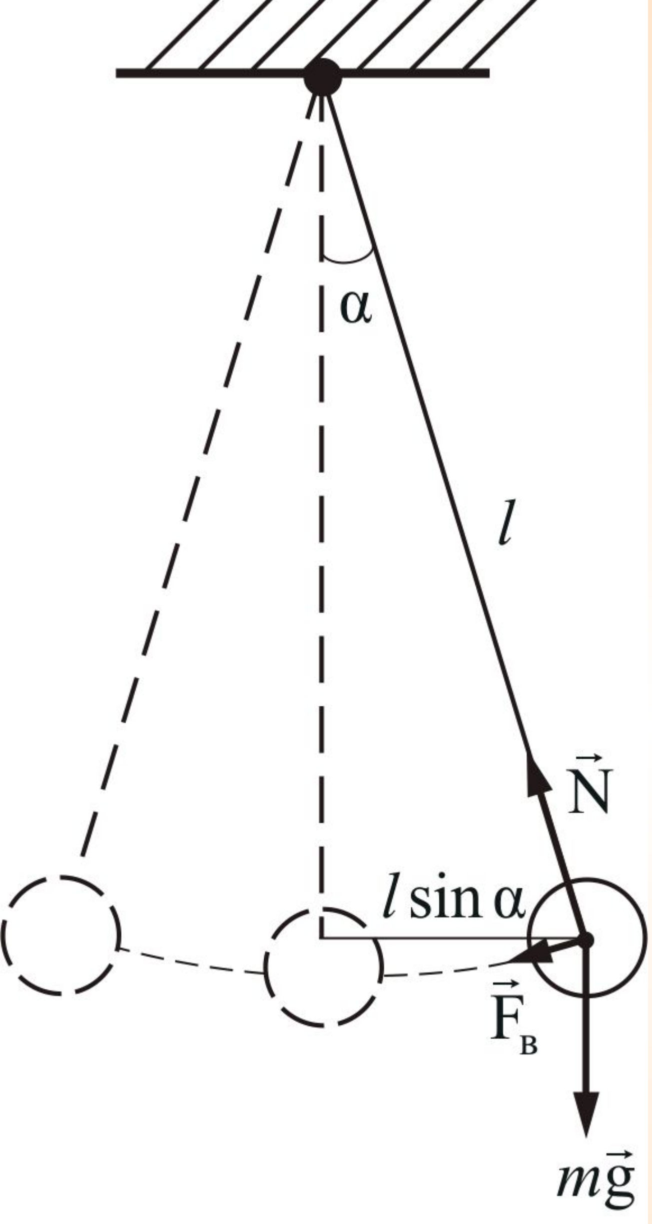
Точки O и O' всегда будут лежать по обе стороны от точки C.



Точка подвеса *O* маятника и центр качаний O' обладают ***свойством взаимозаменяемости*** .

На этом свойстве основано определение ускорения силы тяжести *g* с помощью так называемого ***оборотного маятника***.

Это такой маятник, у которого имеются две точки подвеса и два груза, которые могут перемещаться вдоль оси маятника.



- Все приведенные соотношения для математического и физического маятников справедливы ***для малых углов отклонения*** (***меньше 15°***), когда $x = l\alpha$ мало отличается от длины хорды $l \sin \alpha$ (меньше чем на 1%).

Лекция окончена