Механические волны. Эффект Доплера. Физические основы доплерографии

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

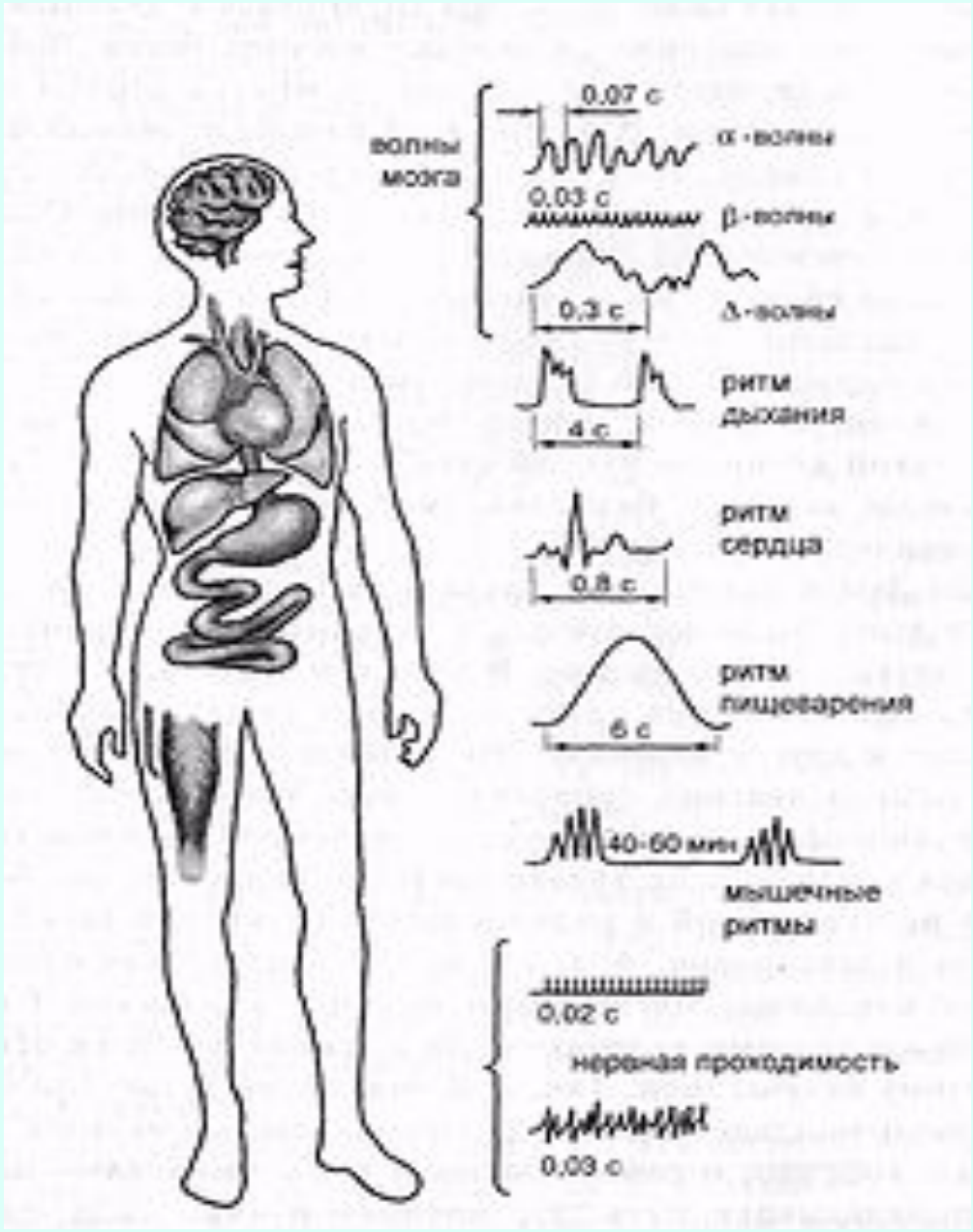
Хронобиология и хрономедицина

Ритмичность биологических процессов - неотъемлемое свойство живой материи. Циклические колебания физиологических процессов с точки зрения энергетики биологически целесообразны, выгодны и соответствуют принципу оптимальной организации. Биологические ритмы выявлены на всех уровнях организации жизни, начиная от простейших биохимических реакций в клетке и кончая сложными поведенческими реакциями.

Хронобиология – наука о биологических ритмах.

Хрономедицина как раздел хронобиологии включает в себя хронофизиологию, хронопатологию и хронотерапию. Хрономедицина ставит целью использовать закономерности биоритмов для улучшения профилактики, диагностики и лечения заболеваний.

Биоритмы систем и органов человека



Биокибернетические ритмы
100
50
0
-50
-100
Биокибернетические единицы
Январь 2010
Февраль 2010
Март 2010
Лунный цикл
22 день
III фаза
5 Февраль 2010 г.
пятница
Настройка
Исследование
Алгоритм
Графики
Рейтинг
Гомотоксикология
Режим
Модуляция
Энтропия
Лунный цикл
Графики биоритмов
Виртуальные
Индивидуальные
Дни цикла
Выкл Ф Э И Л
Вкл
Выкл
Физический
Эмоциональный
Интеллектуальный
Лунный

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

Механические колебания

Колебания – это повторяющиеся изменения состояния системы: изменение температуры, концентрации (сахара, гормонов, и т.д.), электрического потенциала в сердечной мышце и т.д.

По виду энергии, периодически меняющейся в системе, различают: электрические колебания, электромагнитные колебания, тепловые колебания, механические колебания, биохимические и др.

Механические колебания – это повторяющиеся изменения механических параметров (смещения тела, скорости, ускорения, энергии)

Любые колебательные процессы можно описать одними способами, лишь меняя параметры. Наиболее просто рассмотреть закономерности колебательного процесса на примере механических колебаний (пружинный, математический маятник).

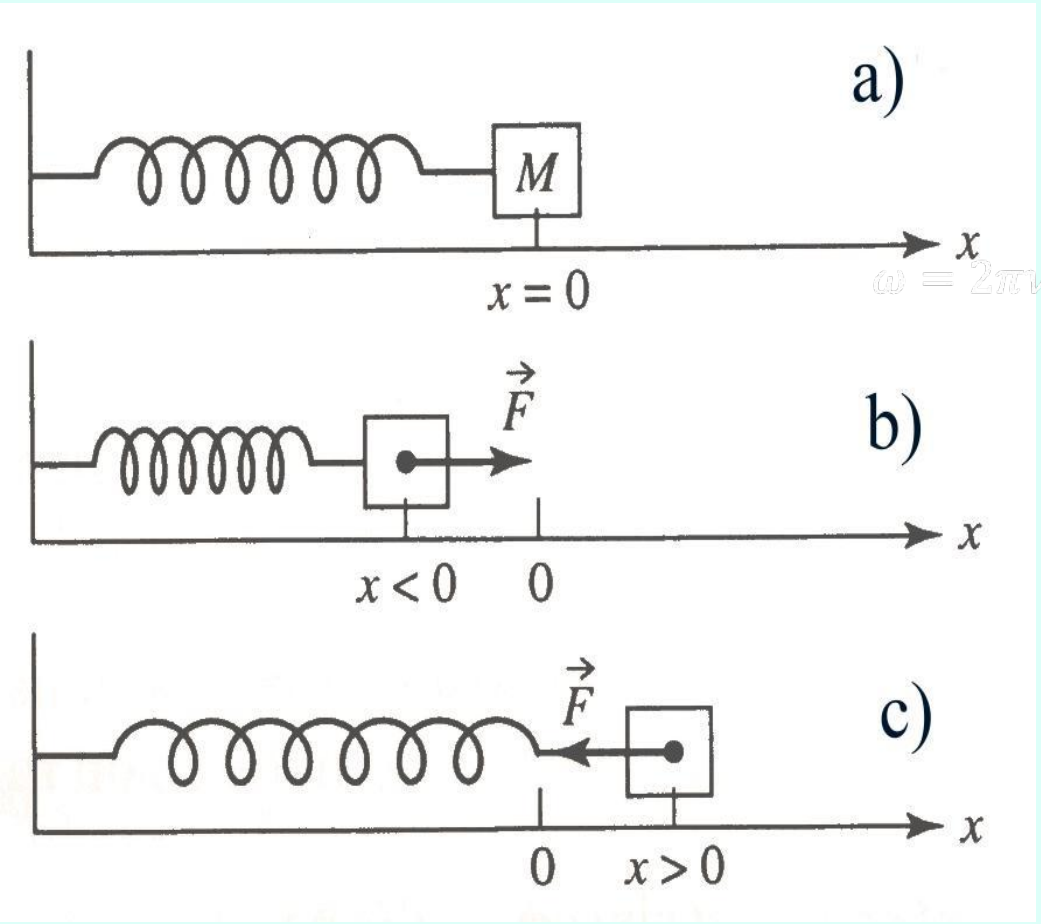
Виды колебаний

1. **Свободные колебания возникают в системе, выведенной из состояния равновесия, в отсутствие постоянной действующей внешней силы;**
2. **Вынужденные колебания совершаются в условиях, когда на систему действует постоянная внешняя сила, изменяющаяся по гармоническому закону;**
3. **Автоколебания – это незатухающие колебания, существующие в системе при отсутствии переменного внешнего воздействия.**

Механические колебания- пружинный маятник

Незатухающие колебания - совершаются в системе в отсутствие затухания (трения) при действии упругой (квазиупругой силы)

a) положение равновесия, b) и c) отклонения (смещения) от положения равновесия



$$x = x_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

x- смещение груза от положения равновесия

x_0 -амплитуда

ω_0 - круговая частота

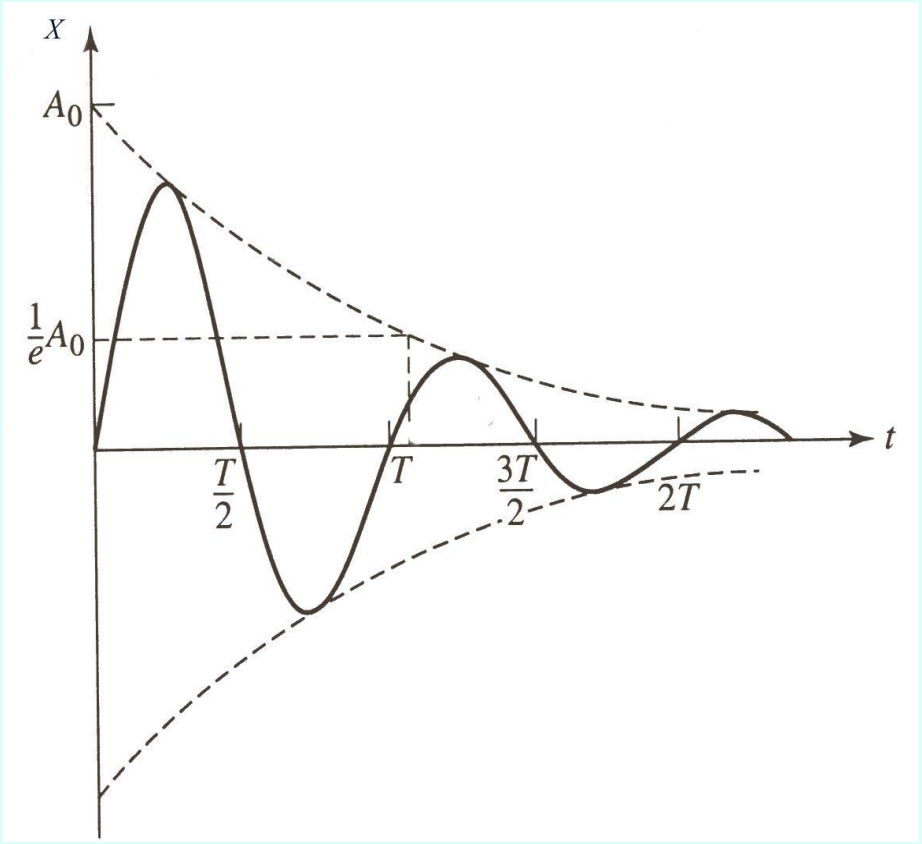
$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$ -период

ν – частота колебаний

$$\nu = \frac{1}{T}; \qquad \omega = 2\pi\nu$$

$(\omega_0 t + \varphi_0)$ - фаза

ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ



$$x = A_0 e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_0)$$

β -коэффициент затухания

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

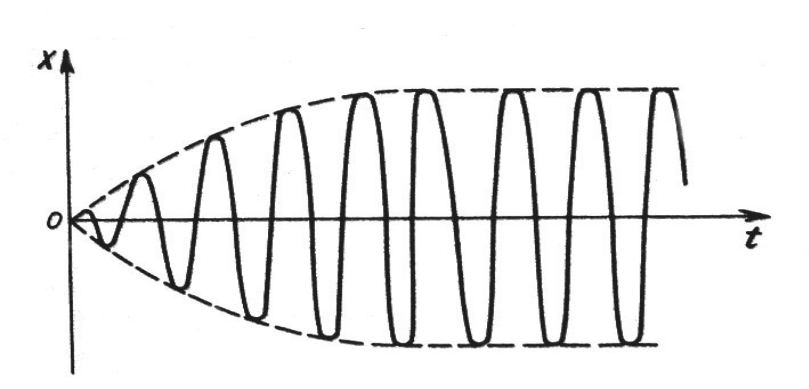
$A_0 e^{-\beta t}$ -амплитуда

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$ - период

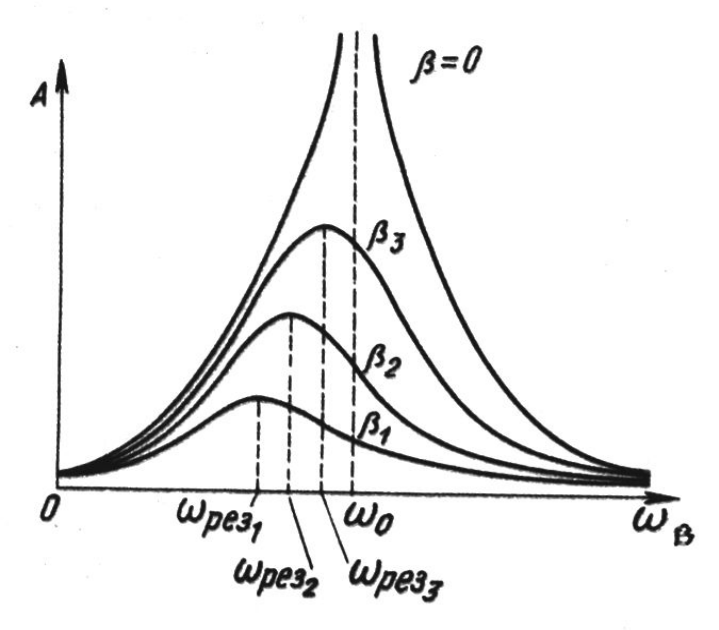
$$\lambda = \ln\frac{A_t}{A_{t+T}}$$ - Логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \beta T$$

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ. РЕЗОНАНС.



$$F_{ВНЕШ} = F_0 \sin \omega t$$



$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$ - **ПЕРИОД**

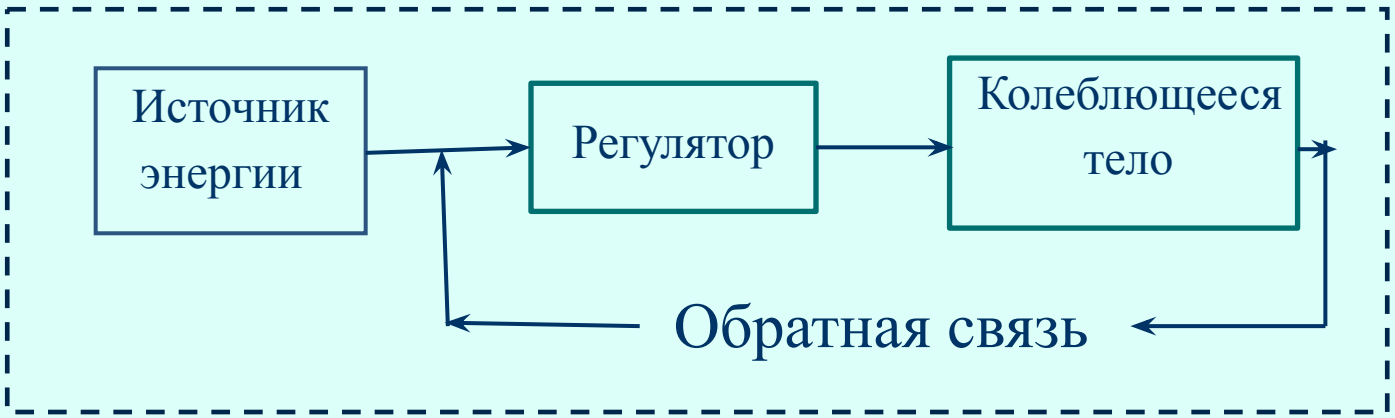
$$\omega_{res} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$$

АВТОКОЛЕБАНИЯ-

Существуют системы, регулирующие периодическое восполнение потерянной энергии и поэтому способные колебаться длительное время.

Автоколебания *- незатухающие колебания, поддерживаемые внешним источником энергии, поступление которой регулируется самой колебательной системой.*

Системы, в которых возникают такие колебания, называются ***автоколебательными***



Амплитуда и частота автоколебаний зависят от свойств самой автоколебательной системы. В автоколебательной системе сама колебательная система каналом ***обратной связи*** *воздействует на регулятор энергии, информируя его о состоянии системы.* ***Обратной связью*** называется воздействие результатов какого-либо процесса на его протекание.

Если такое воздействие приводит к возрастанию интенсивности процесса, то обратная связь называется ***положительной.*** Если воздействие приводит к уменьшению интенсивности процесса, то обратная связь называется ***отрицательной***.

Примером механической автоколебательной системы являются часы, в которых маятник получает толчки за счет энергии поднятой гири, причем эти толчки происходят в те моменты, когда маятник проходит через среднее положение (демонстрация).

Примером биологических автоколебательных систем являются такие органы, как сердце, легкие.

Опрос

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

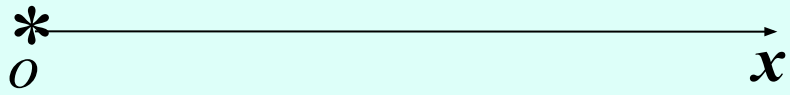
V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

Волна – возмущения в среде, распространяющиеся с определенной скоростью

Механическая волна– механические возмущения (колебания), распространяющиеся в упругой среде с определенной скоростью и несущие энергию.

Распространение волны в среде не сопровождается перемещением частиц, частицы колеблются на месте, а волна переносит энергию

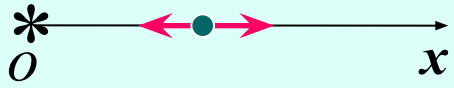


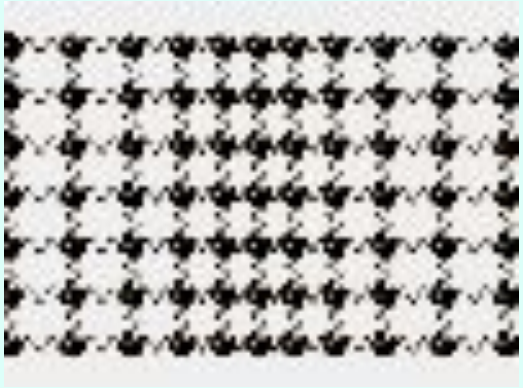
Направление распространения волны

МЕХАНИЧЕСКАЯ ВОЛНА

ПРОДОЛЬНАЯ

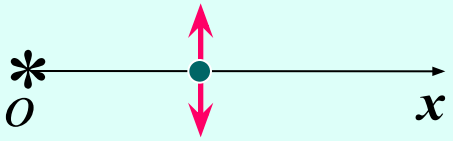
Волна в которой колебания частиц среды совершаются вдоль направления распространения



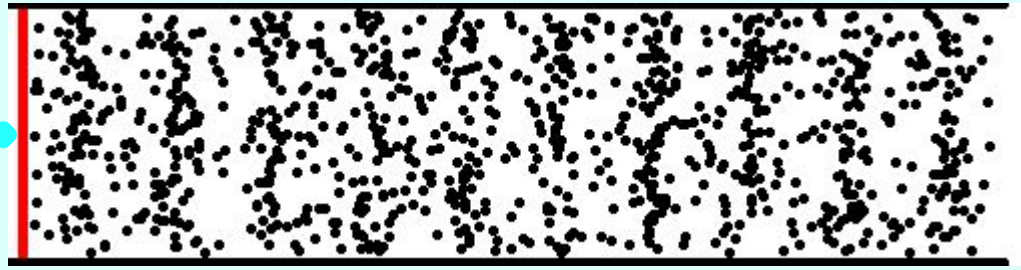


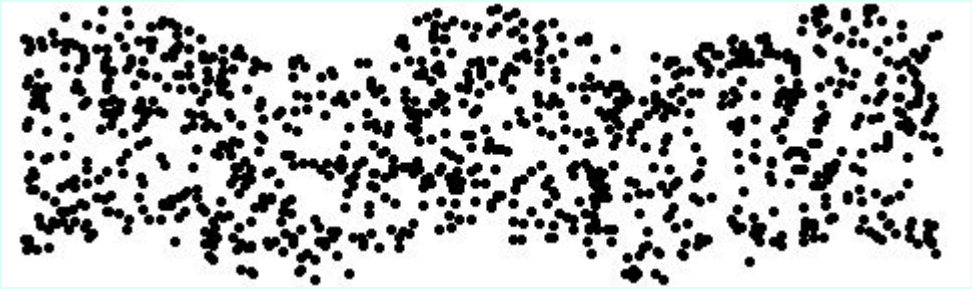
ПОПЕРЕЧНАЯ

Волна в которой колебания частиц среды совершаются поперёк направления распространения



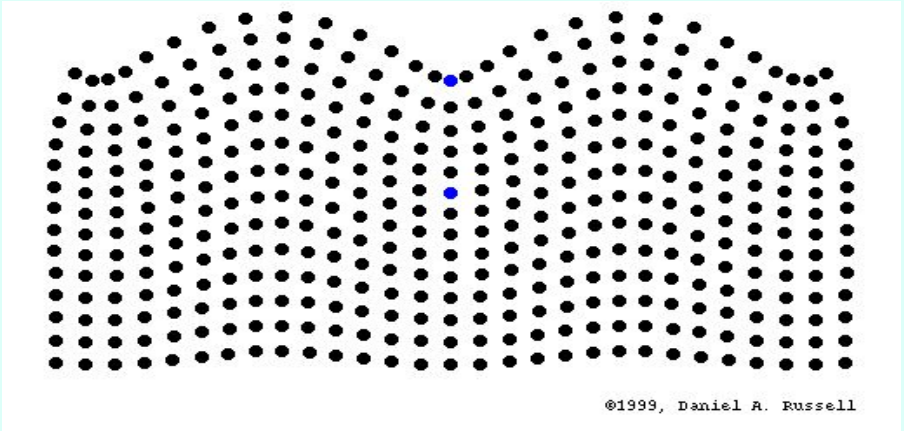
Продольные волны

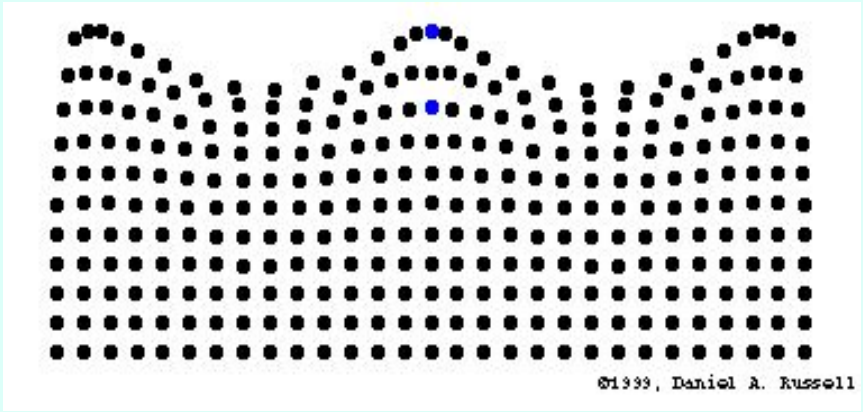




Поперечные волны

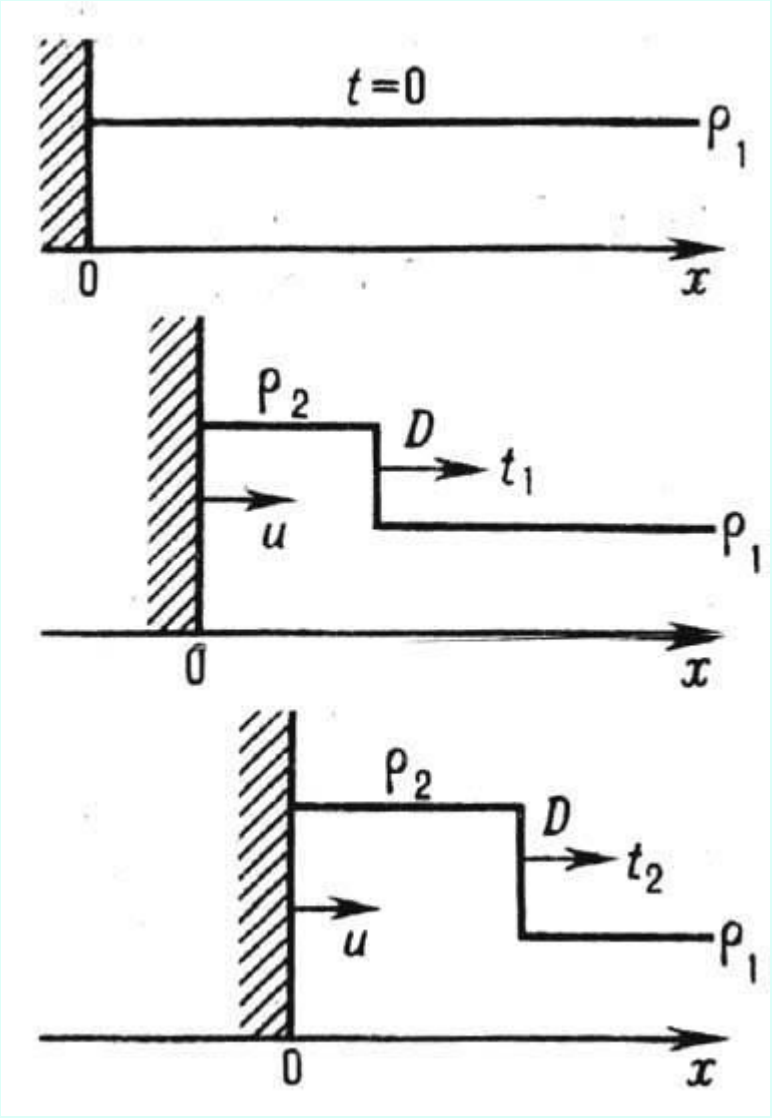
Поперечные волны на поверхности воды





Поперечные волны на поверхности твердого тела (волны Рэлея)

Ударная волна - тонкая переходная область, в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и скорости вещества. Такие волны возникают при взрывах, детонации, при сверхзвуковых движениях тел, при мощных электрических разрядах и пр. Например, при взрыве образуются высоконагретые продукты, обладающие большой плотностью и находящиеся под высоким давлением. Расширяющиеся продукты взрыва сжимают окружающий воздух, в каждый момент времени сжатым оказывается лишь воздух, находящийся в определённом объёме; вне этого объёма воздух остаётся в невозмущённом состоянии.



Простейший пример возникновения и распространения ударной волны- сжатие поршнем газа в трубе. Если покоившийся поршень мгновенно приходит в движение со скоростью *u*, то перед ним возникает ударная волна. Скорость её распространения *D* постоянна и больше *u*. Поэтому расстояние между поршнем и волной увеличивается пропорционально времени движения.

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

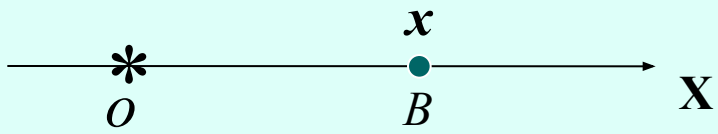
VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

УРАВНЕНИЕ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ

Уравнение плоской волны – это зависимость смещения (S) любой точки среды в любой момент времени: S=f(x, t)

$$s = A\cos\omega t$$

$$\tau = \frac{x}{\upsilon}$$



$$s = A\cos\omega(t-\tau)$$

$$s = A\cos\omega\left(t - \frac{x}{\upsilon}\right)$$

УРАВНЕНИЕ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

Характеристики волны и среды, в которой она распространяется

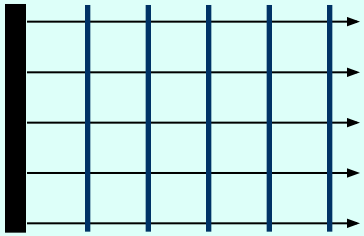
ФАЗА ВОЛНЫ $\varphi = \omega(t - \frac{x}{\upsilon})$ $[\varphi] = рад$

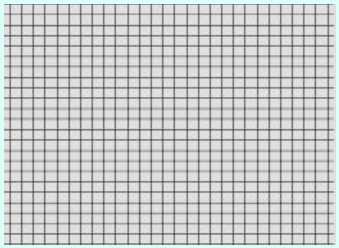
ФРОНТ ВОЛНЫ – множество точек, имеющих одинаковую фазу в данный момент времени

волна

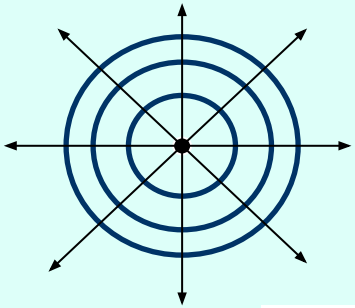
ФРОНТ ВОЛНЫ

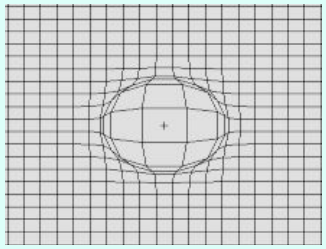
ПЛОСКОСТЬ

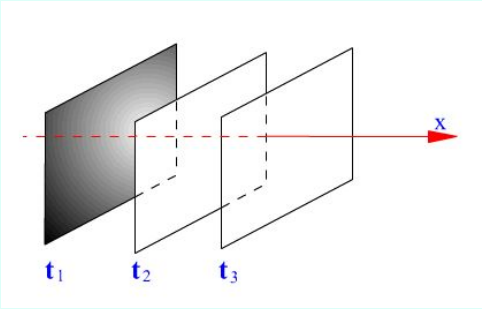


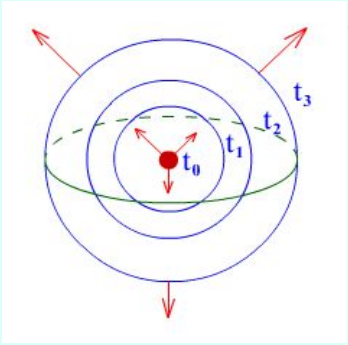


СФЕРА









СКОРОСТЬ ВОЛНЫ – скорость распространения ее фронта (фиксированной фазы); зависит от свойств среды (плотности, температуры)

Среда	Скорость звука
воздух	330 м/с
вода	1500 м/с

ДЛИНА ВОЛНЫ – расстояние между двумя точками, фазы которых отличаются на 2π;

- расстояние, которое волна проходит за время, равное периоду колебаний частиц среды

Для однородной среды скорость распространения волны постоянна:

$$\lambda = \upsilon T \qquad [\lambda] = м$$

$$\lambda = \frac{\upsilon}{\nu}$$

При одинаковой частоте, длина волны меняется при переходе из одной среды в другую, так как скорость распространения волны зависит от свойств среды

ПОТОК ЭНЕРГИИ –средняя энергия, переносимая волной через некоторую поверхность за единицу времени (усреднение за время, превышающее период колебаний)

$$\Phi = \frac{E}{t} \qquad [\Phi] = Вт$$

ИНТЕНСИВНОСТЬ –отношение потока энергии к площади поверхности, ориентированной перпендикулярно распространению волны, через которую переносится энергия

$$I = \frac{\Phi}{S} \qquad [I] = \frac{Вт}{м^2}$$

$$I = \frac{\rho A^2 \omega^2 \upsilon}{2}$$

ρ — плотность среды

A – амплитуда колебаний точек среды

ω – частота колебаний

Опрос

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН

- В однородной среде волна распространяется прямолинейно с постоянной скоростью
- При переходе через границу раздела сред волна может отражаться и преломляться
- Если размер препятствия на пути распространения волны соизмерим с длиной волны, наблюдается явление ***дифракции***- огибания волной препятствия
- При сложении двух волн одинаковой частоты с постоянной во времени разностью фаз происходит ***интерференция***- чередование в пространстве максимумов и минимумов интенсивности результирующей волны

ЧАСТОТНЫЕ ДИАПАЗОНЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛН

ЧАСТОТА, Гц	ДИАПАЗОН	ПРИМЕРЫ
0,5 - 20	Инфразвук	Природные, производственные шумы, тоны сердца, лёгких и т.д.
20 - 20000	Слышимый звук	Голос, музыкальные звуки
	Ультразвук (УЗ)	Животные, насекомые, УЗ-излучатели
	Гиперзвук	Тепловые колебания молекул

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

I. Понятие о хронобиологии и хрономедицине.

II. Механические колебания.

III. Механические волны. Виды волн.

IV. Уравнение плоской волны.

V. Характеристики волны и среды, в которой распространяется волна.

VI. Эффект Доплера и его использование в медицине.

Эффект Доплера ***изменение частоты волны, воспринимаемой наблюдателем (приемником волн), вследствие относительного движения источника волн и/или их приёмника***

Кристиан Иоганн Доплер (1803–1853)

Австрийский физик. Родился в Зальцбурге в семье каменщика. Окончил Политехнический институт в Вене, остался в нем на младших преподавательских должностях до 1835 года, когда получил предложение возглавить кафедру математики Пражского университета. Закончил свою карьеру в должности профессора Венского королевского имперского университета.

В 1842 году предложил математическое объяснение смещения спектра некоторых звезд. Через 3 года провели опыт с целью опровержения данной теории, но неожиданно получили её подтверждение.

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА- кажущееся изменение частоты волны при взаимном перемещении источника и наблюдателя волн

$$\nu' = \frac{\upsilon \pm \upsilon_{наб}}{\upsilon \mp \upsilon_{ист}} \nu_{ист}$$

υ -скорость волны $\nu_{ист}$ -частота генератора (источника)

$\upsilon_{наб}$ - скорость наблюдателя ν' -наблюдаемая частота

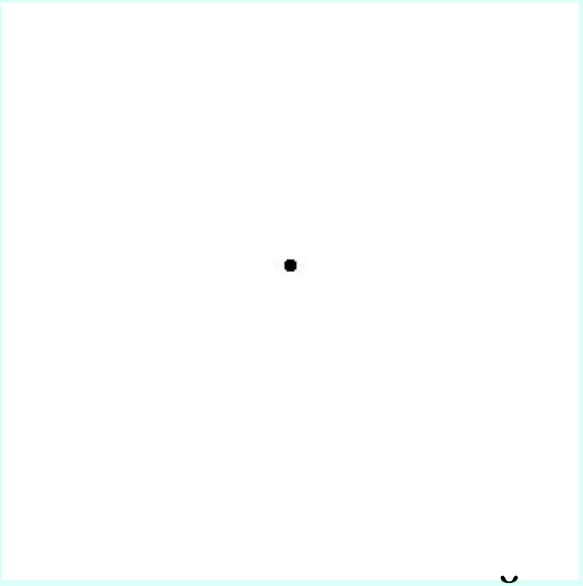
$\upsilon_{ист}$ -скорость источника

$\pm$ -движение навстречу

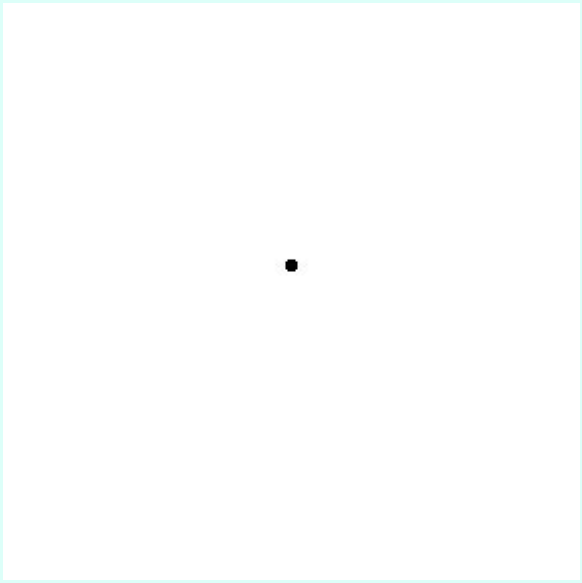
$\mp$ -движение друг от друга

Опрос

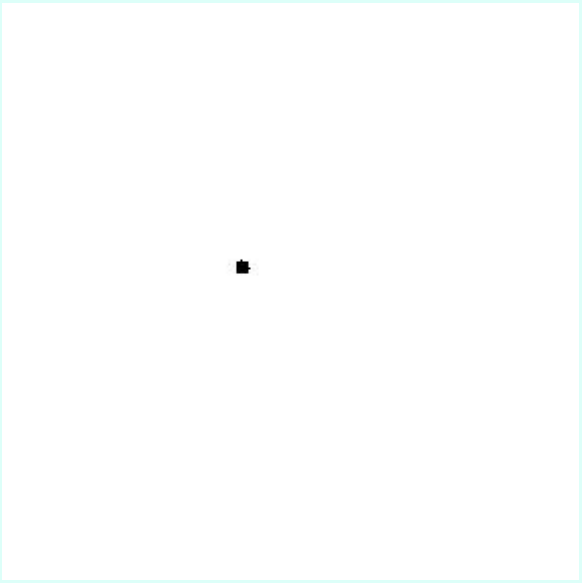
Источник неподвижен



Источник движется с некоторой скоростью

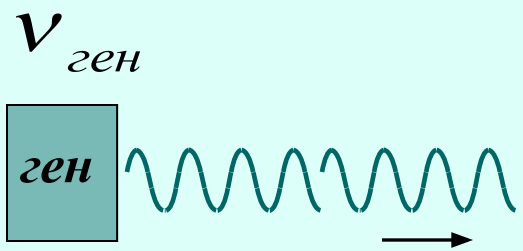


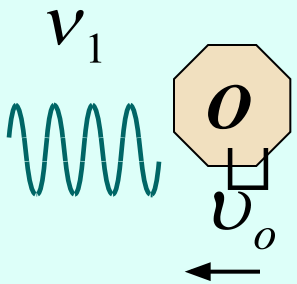
Источник движется со скоростью волны



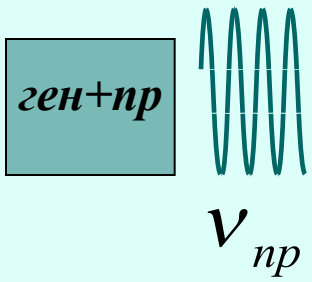
Скорость движения источника больше, чем скорость волны

Физические основы использования эффекта Доплера в медицине. «Доплеровский сдвиг частоты»





$$\nu_1 = \frac{\upsilon + \upsilon_0}{\upsilon}\nu_{ген}$$

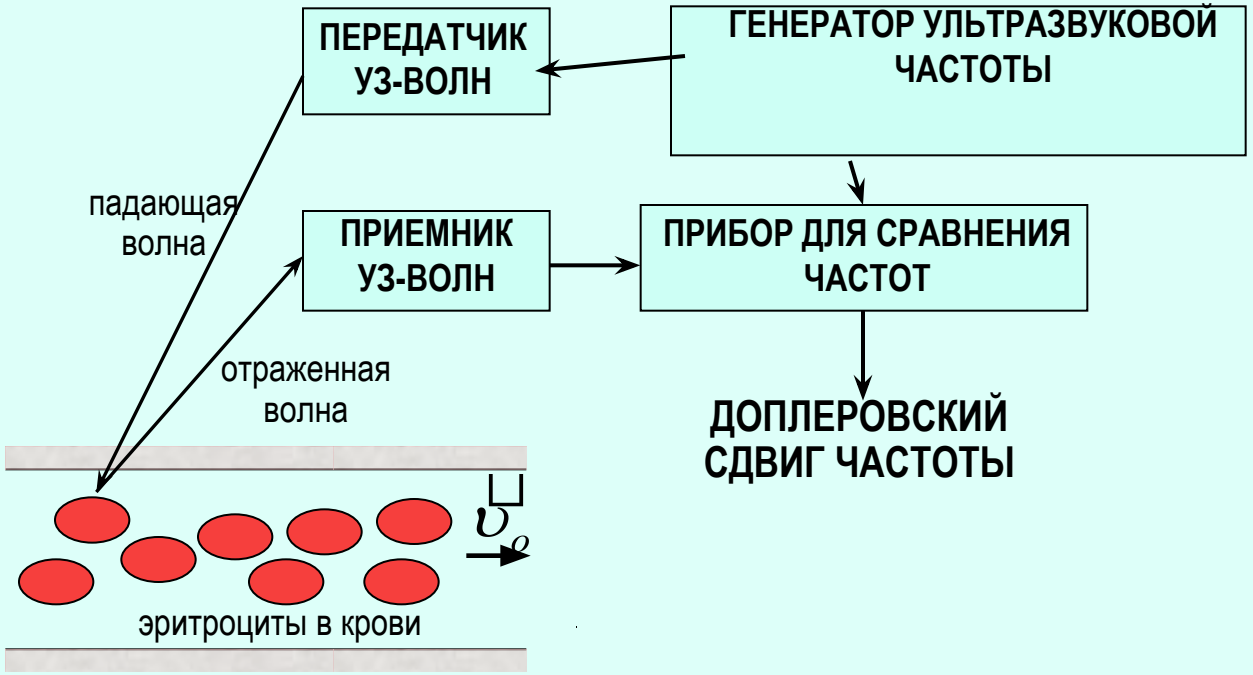


$$\nu_{пр} = \frac{\upsilon}{\upsilon - \upsilon_0}\nu_1 = \frac{\upsilon}{\upsilon - \upsilon_0} \times \frac{\upsilon + \upsilon_0}{\upsilon}\nu_{ген}$$

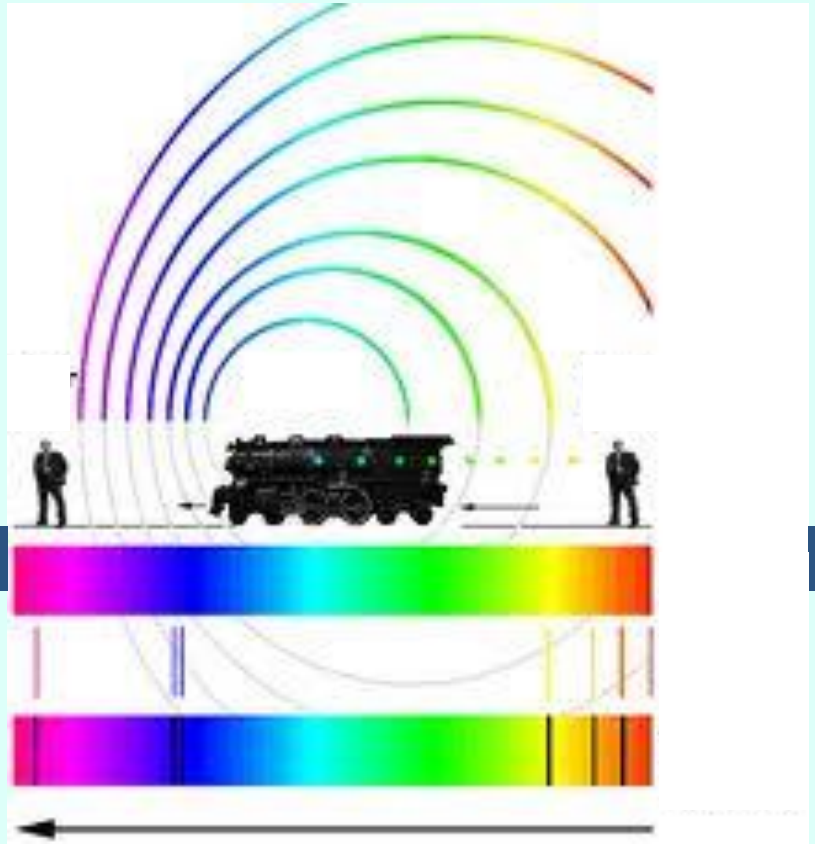
«Доплеровский сдвиг частоты»: $\Delta\nu = \nu_{пр} - \nu_{ген} = \frac{2\upsilon_0}{\upsilon - \upsilon_0}\nu_{ген}$

$$\Rightarrow \quad \upsilon_o = \frac{\upsilon}{2}\frac{\Delta\nu}{\nu_{ген}}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ



Полученные данные позволяют получить основные характеристики кровотока в исследуемом сосуде: скорость и направление движения крови, объем кровяной массы, движущейся с определенными скоростями. Исходя из этих характеристик, можно сделать определенные выводы о нарушении кровотока, состоянии сосудистой стенки, наличии атеросклеротического стеноза или закупорке сосудов тромбами и т.д.



На доплерограммах используют цветовое картирование изображения

Доплерография как метод диагностики в медицине

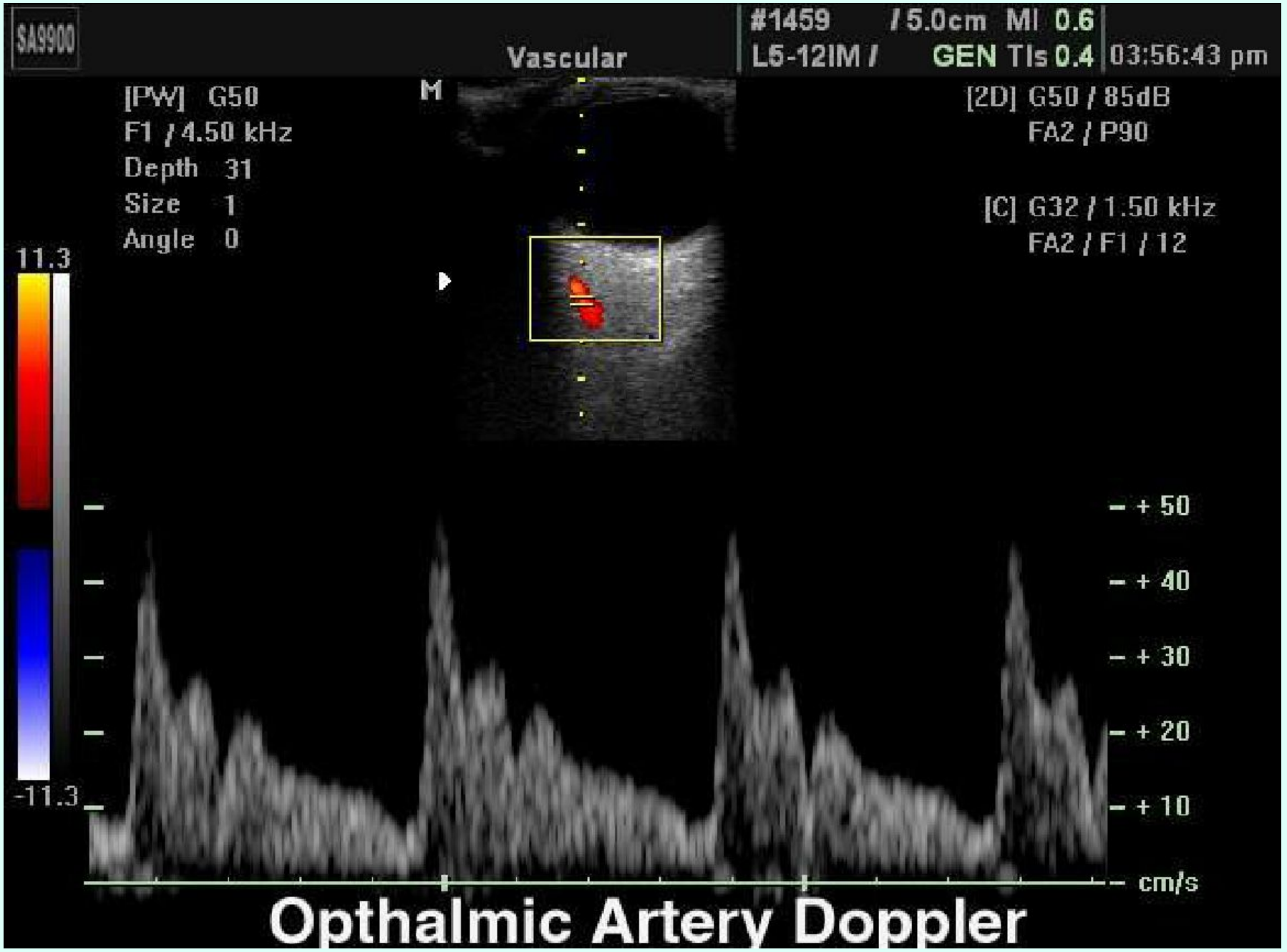
Доплерография - методика ультразвукового исследования, основанная на использовании эффекта Доплера. Сущность эффекта состоит в том, что от движущихся объектов ультразвуковые волны отражаются с измененной частотой. Этот сдвиг частоты пропорционален скорости движения лоцируемых структур — если движение направлено в сторону датчика, то частота увеличивается, если от датчика — уменьшается.

Допплерография относится к ***неинвазивным*** способам обследования, не оказывает на организм негативного воздействия и совершенно безболезненна. Метод обладает ***высокой информативностью***, возможностью ***качественной визуализации*** исследуемой области. Оборудование оснащено компьютерной системой обработки результатов, это дает ***возможность воспроизведения и сравнительного анализа***.

Благодаря ***безопасному проведению*** процедуру можно постоянно назначать для наблюдения, для ***контроля лечения*** и с ***профилактической целью***. Проведенное ультразвуковое обследование сосудов головного мозга позволяет специалисту выявить уязвимую зону сосудистого русла, грамотно спланировать предстоящее лечение, подобрать лекарственные препараты и методики терапии.

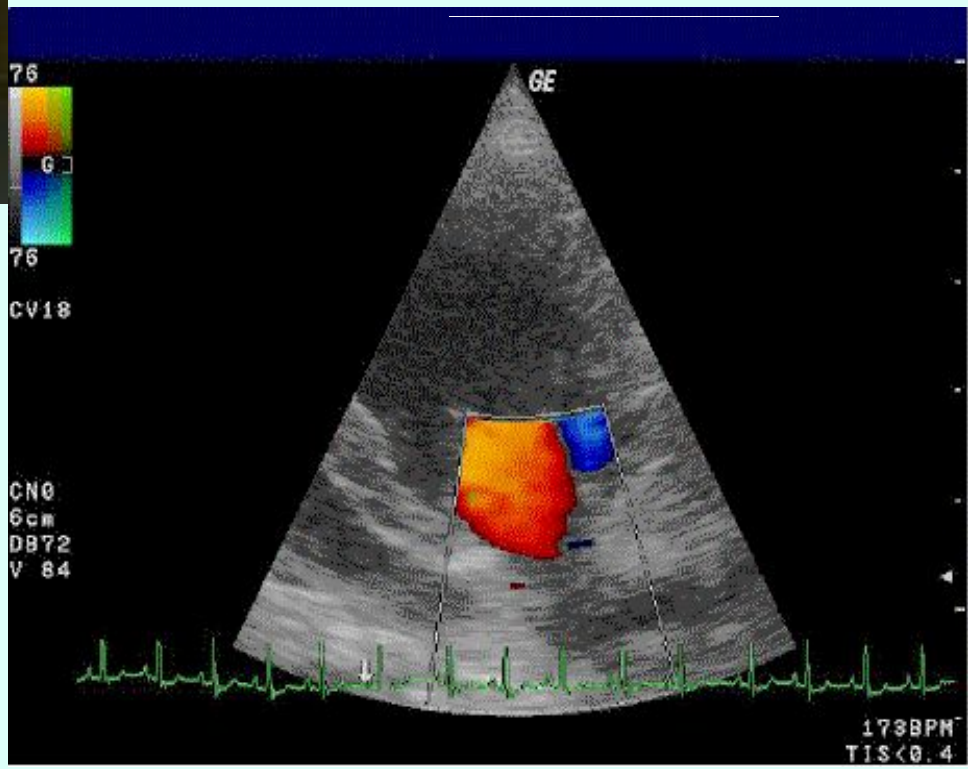
Классификация методов ультразвуковой допплерографии

Потоковая спектральная допплерография (ПСД)	Энергетическая допплерография (ЭД)
Используется для оценки кровотока в относительно крупных сосудах и камерах сердца (эхокардиография). Полученные данные похожи на кардиограмму, представляют собой график скорости кровотока за определенное время (по вертикальной оси отражается скорость, а по горизонтальной – время). Непрерывная ПСД регистрирует движение крови на всю глубину проникновения ультразвуковой волны, а импульсная позволяет фиксировать только кровоток на заданном расстоянии от датчика.	Позволяет отображать кровоток во всех сосудах на исследуемом участке тела, в том числе мелких сосудах с очень небольшой скоростью течения крови. Применяется для оценки достаточности кровоснабжения внутренних органов и отдельных участков мягких тканей. Полученные при ЭД данные выводятся на монитор прибора в виде цветного изображения исследуемого органа, при этом оттенки цвета несут информацию об интенсивности эхосигнала, и, соответственно, о качестве кровоснабжения.


SA9900
Vascular
#1459 / 5.0cm MI 0.6
L5-12IM / GEN TIs 0.4
03:56:43 pm
[PW] G50
F1 / 4.50 kHz
Depth 31
Size 1
Angle 0
M
[2D] G50 / 85dB
FA2 / P90
[C] G32 / 1.50 kHz
FA2 / F1 / 12
11.3
-11.3
+ 50
+ 40
+ 30
+ 20
+ 10
cm/s
Opthalmic Artery Doppler

Доплерография скорости течения крови в каротидной артерии

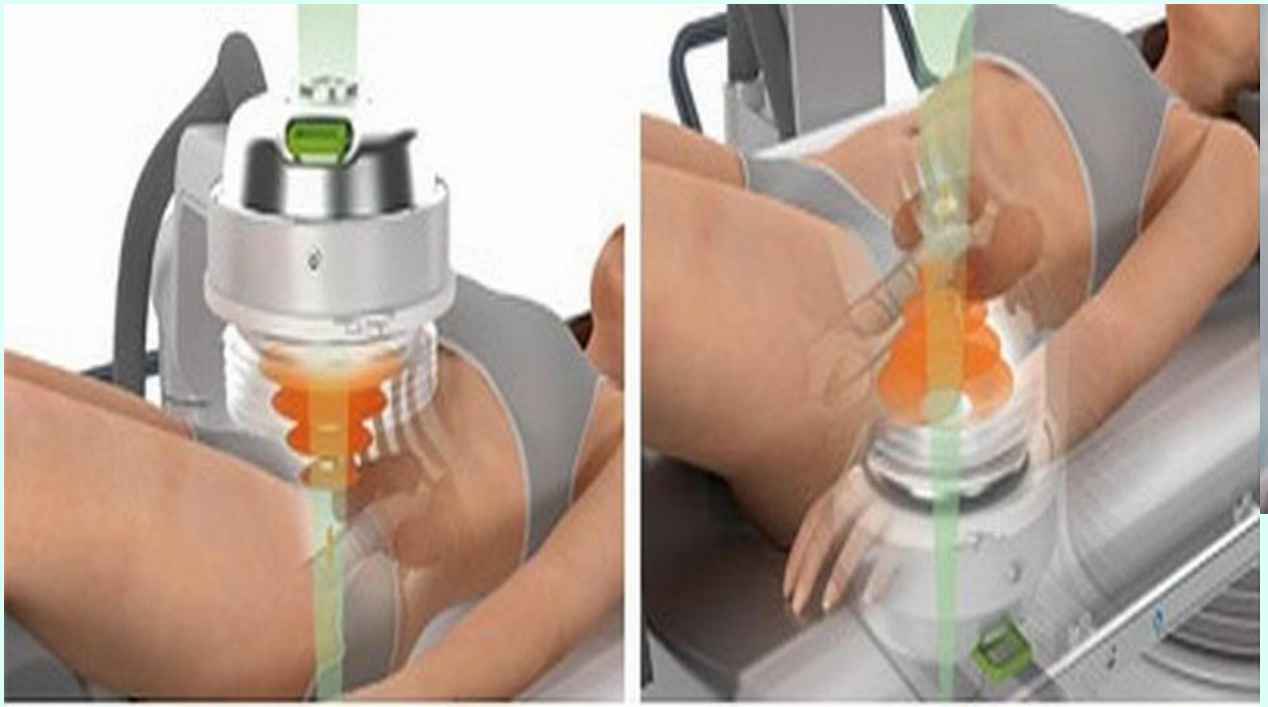
Доплеровское исследование митрального клапана



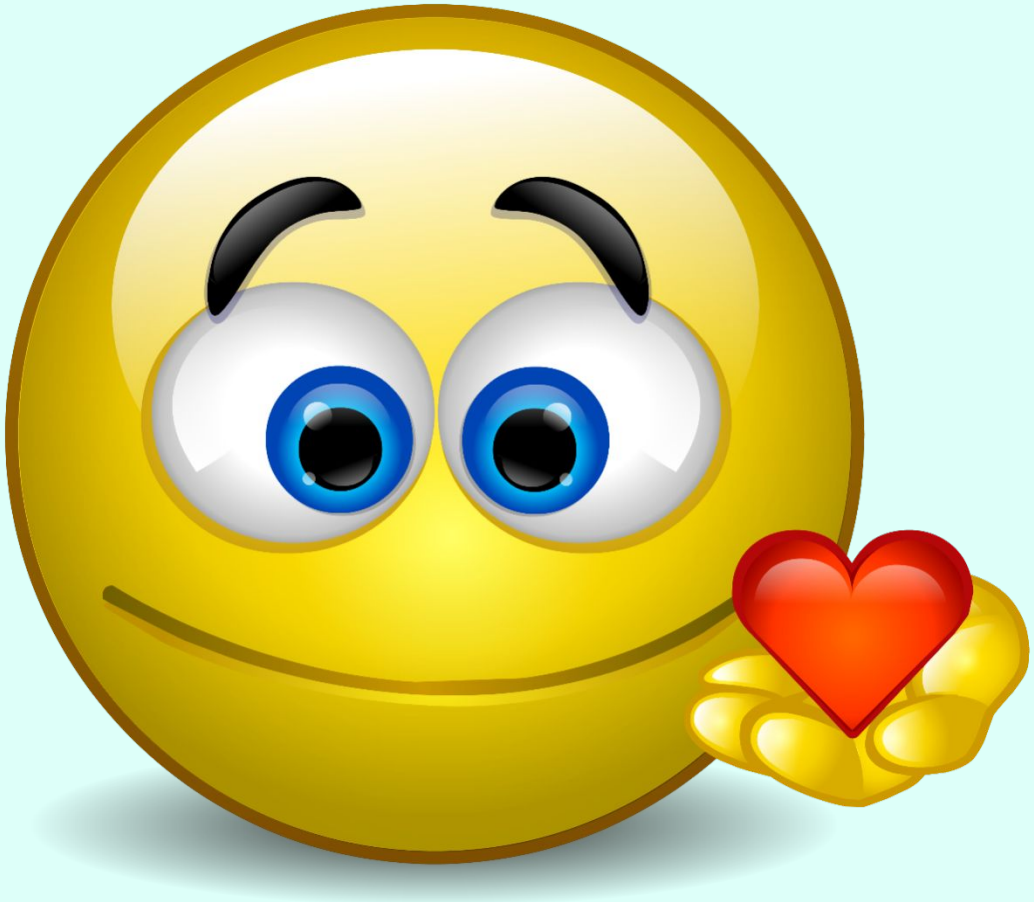
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДАРНЫХ ВОЛН В МЕДИЦИНЕ

В 1980-х годах начали применять экстракорпоральную ударно-волновую терапию (УВТ) в дроблении мочевых камней в человеческом теле.

Сегодня с помощью фокусированных ударных волн лечению поддаются не только почечные камни, но и камни, образующиеся в желчном пузыре, слюнных и поджелудочной железах (ударно-волновая литотрипсия).



Лечение мочекаменной болезни

Лечение
пяточной шпоры

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ