

*Южно - Казахстанская медицинская академия  
Кафедра «Медицинская биофизика и информационная технология»  
Дисциплина: «Физика»*



## **РЕФЕРАТ**

***Тема: Эффект доплера и его использование в фармако-биологических исследованиях.***

***Выполнила: Чимкентбаева Р.А.***

***Проверила: Абдрахманова Ж.Ж.***

***Группа: ТФПО-06-22***

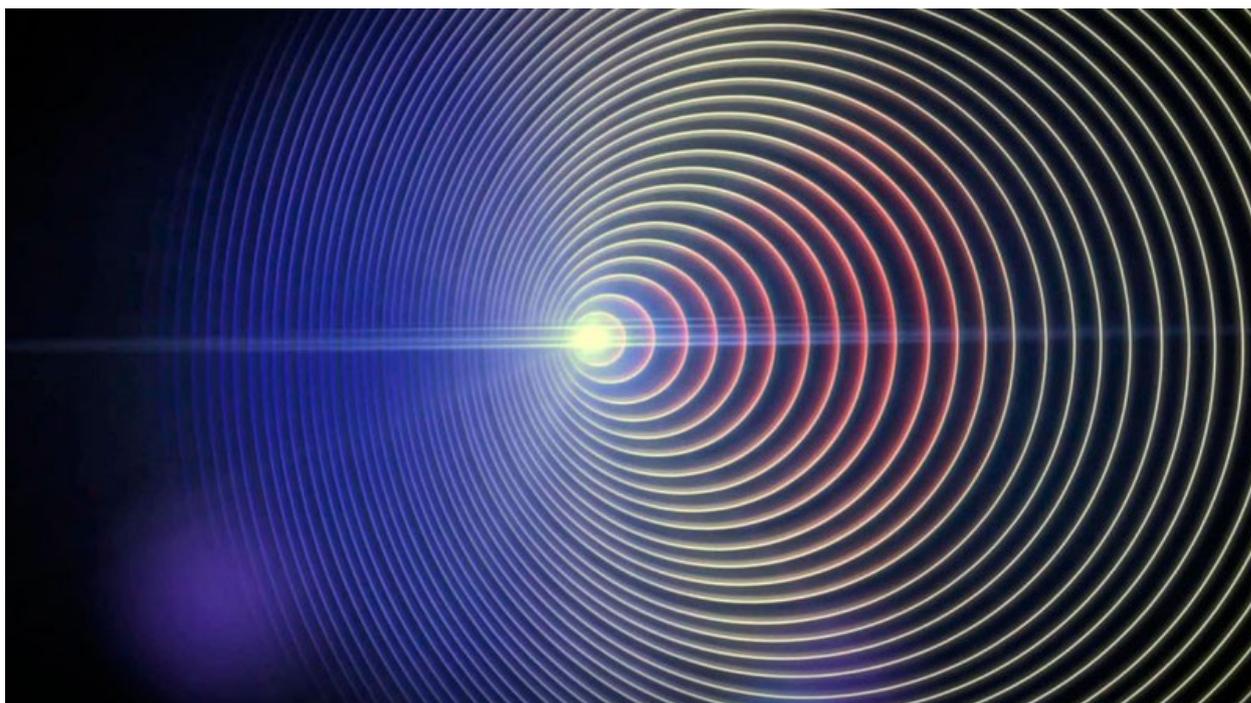
***Шымкент, 2022 год***

## ***План:***

1. Введение
2. Эффект Доплера
3. Сущность явления
4. Релятивистский эффект
5. Как наблюдать эффект Доплера
6. Применение Эффекта Доплера в  
медицине
7. Доплерография
8. Заключение
9. Список литературы

## *Введение*

Особый интерес в диагностике вызывает использование эффекта Доплера. Суть эффекта заключается в изменении частоты звука вследствие относительного движения источника и приемника звука. Когда звук отражается от движущегося объекта, частота отраженного сигнала изменяется (происходит сдвиг частоты). При наложении первичных и отраженных сигналов возникают биения, которые прослушиваются с помощью наушников или громкоговорителя. В настоящее время на основе эффекта Доплера исследованы только движение крови и биение сердца.



## *Эффект Доплера*

**Эффéкт Дóплера** — изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника. Его легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена выдаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится (а длина уменьшится), и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В тот момент, когда машина будет проезжать мимо наблюдателя, он услышит тот самый тон, который на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты (и, соответственно, большей длины) звуковых волн.

Для волн (например, звука), распространяющихся в какой-либо среде, нужно принимать во внимание движение как источника, так и приёмника волн относительно этой среды.

Для электромагнитных волн (например, света), для распространения которых не нужна никакая среда, в вакууме имеет значение только относительное движение источника и приёмника.

**Эффект был впервые описан Кристианом Доплером в 1842 году.**

Также важен случай, когда в среде движется заряженная частица с релятивистской скоростью. В этом случае в лабораторной системе регистрируется черенковское излучение, имеющее непосредственное отношение к эффекту Доплера.

## Сущность явления

Если источник волн движется относительно среды, то расстояние между гребнями волн (длина волны) зависит от скорости и направления движения. Если источник движется по направлению к приёмнику, то есть догоняет испускаемую им волну, то длина волны уменьшается. Если удаляется — длина волны увеличивается.

$$\lambda = \frac{(c - v)}{\omega_0}$$

где  $\omega_0$  — частота, с которой источник испускает волны,  $c$  — скорость распространения волн в среде,  $v$  — скорость источника волн относительно среды (положительная, если источник приближается к приёмнику и отрицательная, если удаляется).

Частота, регистрируемая неподвижным приёмником

$$\omega = \frac{c}{\lambda} = \omega_0 \frac{1}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$

Аналогично, если приёмник движется навстречу волнам, он регистрирует их гребни чаще и наоборот. Для неподвижного источника и движущегося приёмника.

$$\omega = \omega_0 \left(1 + \frac{u}{c}\right)$$

$u$  — скорость приёмника относительно среды (положительная, если он движется по направлению к источнику).

Подставив значение частоты из формулы (1) в формулу (2), получим формулу для общего случая.

$$\omega = \omega_0 \frac{\left(1 + \frac{u}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$

## *Релятивистский эффект*

В случае электромагнитных волн формулу для частоты выводят из уравнений специальной теории относительности. Так как для распространения электромагнитных волн не требуется материальная среда, можно рассматривать только относительную скорость источника и наблюдателя <sup>[2]</sup> <sup>[3]</sup>.

$$\omega = \omega_0 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v}{c} \cdot \cos \theta}$$

где  $c$  — скорость света,  $v$  — скорость источника относительно приёмника (наблюдателя),  $\theta$  - угол между направлением на источник и вектором скорости в системе отсчёта приёмника. Если источник радиально удаляется от наблюдателя, то  $\theta=0$ , если приближается -  $\theta=\pi$ <sup>[4]</sup>.

Релятивистский эффект Доплера обусловлен двумя причинами:

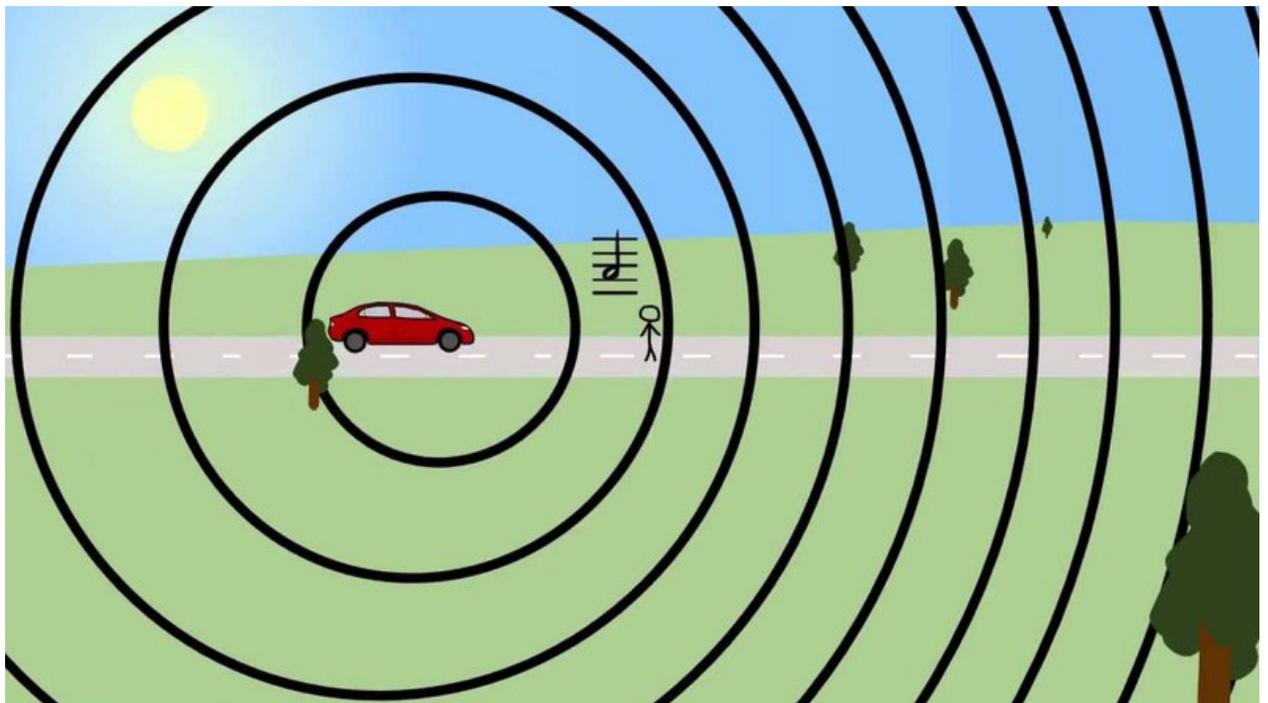
- классический аналог изменения частоты при относительном движении источника и приёмника;
- релятивистское замедление времени.

Последний фактор приводит к поперечному эффекту Доплера, когда угол между волновым вектором и скоростью источника равен  $\theta = \pi / 2$ . В этом случае изменение частоты является релятивистским эффектом, не имеющим классического аналога.

## ***Как наблюдать эффект Доплера***

микрофон записывает звук, издаваемый сиренами двух движущихся влево полицейских машин. Снизу можно видеть частоту каждого из двух звуков, принимаемую микрофоном.

Поскольку явление характерно для любых колебательных процессов, то его очень легко наблюдать для звука. Частота звуковых колебаний воспринимается на слух как высота звука. Надо дожидаться ситуации, когда быстро движущийся автомобиль или поезд будет проезжать мимо вас, издавая звук, например, сирену или просто звуковой сигнал. Вы услышите, что когда автомобиль будет приближаться к вам, высота звука будет выше, потом, когда автомобиль поравняется с вами, резко понизится и далее, при удалении, автомобиль будет сигналить на более низкой ноте.



***Применение Эффекта Доплера в медицине***

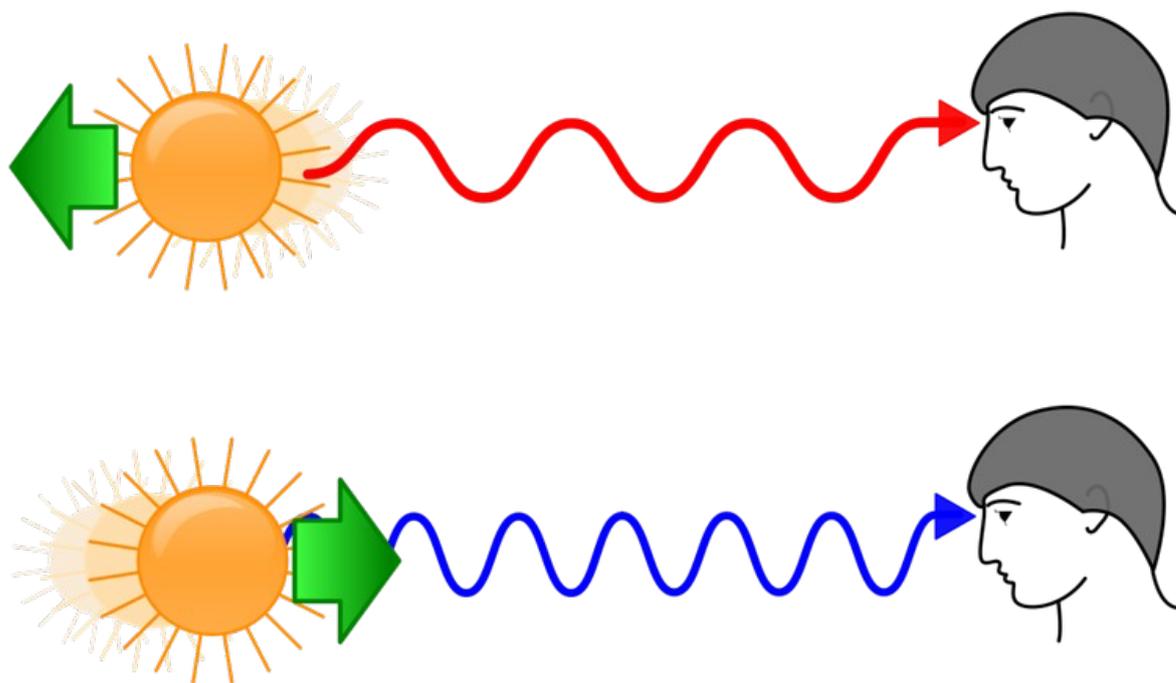
Этот эффект широко применяется в акушерстве, так как звуки, идущие от матки легко регистрируются. На ранней стадии беременности звук проходит через мочевой пузырь. Когда матка наполняется жидкостью, она сама начинает проводить звук. Положение плаценты определяется по звукам протекающей через нее крови, а через 9 - 10 недель с момента образования плода прослушивается биение его сердца. С помощью ультразвуковых устройств количество зародышей или констатировать смерть плода.

На его же принципе основана диагностика показателей кровотока практически в любом сосуде, что очень важно для выявления патологии поражающей сердечно-сосудистую систему и контроля ее лечения. При исследовании кровотока пациента посредством ультразвукового исследования фиксируют изменение частоты ультразвукового сигнала при отражении его от движущихся частиц крови, основную массу которых составляют эритроциты.

Для регистрации эффекта Доплера используют ультразвук, посылаемый в направлении исследуемого сосуда. Отражаясь от движущихся эритроцитов, ультразвук, принимаемый устройством, соответственно меняет частоту. Это позволяет получить информацию о скорости движения крови по исследуемому участку сосудистого русла, направлении движения крови, объеме кровяной массы, движущейся с определенными скоростями, и, исходя из этих параметров, обосновывать суждение о нарушении кровотока, состоянии сосудистой стенки, наличии атеросклеротического стеноза или закупорке сосудов, а также оценить коллатеральное кровообращение.

Трение внутри потока крови обуславливает распределение скоростей в нормальном сосуде так, что в пристеночных

слоях скорость близка к нулю, а по оси сосуда достигает максимума. Спектр доплеровского сигнала вследствие этого близок к сплошному, и поле между нулевой линией и огибающей спектра (максимальная частота, соответствующая максимальной скорости движения в данный момент времени) в норме оказывается достаточно равномерно заполненным, за исключением небольшого просвета под систолическим пиком. В зависимости от сосуда спектрограмма имеет характерный вид. Например, в мозговых сосудах циркуляторное сопротивление низкое, в результате чего движение крови имеет однонаправленный характер во все фазы сердечного цикла, так что систолическая и диастолическая фазы доплеросонограммы лежат выше нулевой линии, а диастолическая скорость достаточно велика.



## *Доплерография*

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.

### ***Заключение***

Эффект Доплера – важнейшее явление в физике волн. Прежде чем перейти напрямую к сути вопроса, немного вводной теории.

**Колебание** – в той или иной степени повторяющийся процесс изменения состояния системы около положения равновесия. **Волна** — это колебание, которое способно удаляться от места своего возникновения, распространяясь в среде.

Волны характеризуются амплитудой, длиной и частотой. **Звук**, который мы слышим — это волна, т.е. механические колебания частиц воздуха, распространяющиеся от источника звука.

Вооружившись сведениями о волнах, перейдем к эффекту Доплера.

### ***Список литературы***

1. Б.М.Яворский, А.А. Пинский, "Основы физики. Том 2. Колебания и волны. Квантовая физика", Наука, 1981

2. М.М.Архангельский, "Курс физики. Механика", Москва, Просвещение, 1975
3. Горохов А.В.Релятивистский эффект Доплера.
4. Ландау Л.Д, Лифшиц Е.М. Теория поля -- Издание 7-е, исправленное.--М.:Наука, 1988. -- С.158-159. -- («Теоретическая физика», том II).