



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ**  
**ФАКУЛТЕТ „Фармация“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

## **Лекция №8 *Медицинска физика***

Магнитно поле - същност, източници и количествени характеристики (магнитна индукция и интензитет). Електромагнитно поле и вълни - същност, източници, енергия, скорост на разпространение и спектър. Биологични ефекти и медицински приложения на електромагнитни полета с ултразвукова честота (дарсонвализация), висока честота (индуктотермия), ултрависока честота (ултракъсовълнова терапия) и свръхвисока честота (микровълнова терапия).

**проф. Константин Балашев, д.х.н.**

# МАГНЕТИЗЪМ

В пространството около всеки неподвижен електричен товар действат *електрични сили*. Те формират **електрично поле**, което е една от формите на съществуване на материята.

Когато електричният товар е в движение, в пространството около него се появяват и друг тип сили - *магнитни сили*. Те формират друг тип силово поле - **магнитно поле**.



Източници на магнитното поле са всички движения на електрични товари - в метални проводници, течности, газове, във вакуум, преместване или въртене на заредени тела или частици в пространството и др. Протичането на електричен ток винаги създава магнитно поле. Магнитното действие на електричния ток е открито през 1820 г. от *Ханс Кристиан Оерстед*.

Магнитното поле се характеризира количествено с векторните величини **интензитет (H)** и **индукция (B)**. Разликата между индукция и интензитет е, че индукцията характеризира силата на магнитното поле е *дадено вещество* зависи от магнитните свойства на това вещество, а интензитетът - не. При един и същ интензитет на магнитно поле, създавано от някакъв електричен ток в точка от пространството, индукцията ще има различна стойност, в зависимост от магнитните свойства на веществото, намиращо се там.

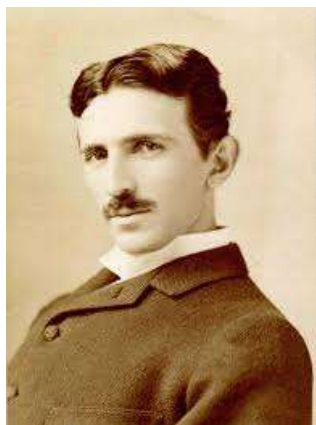
Поради това, че електроните в атомите са в непрекъснато движение, всички вещества притежават собствени магнитни свойства. Те са сумарен резултат от елементарните магнитни полета, създавани от движението на електроните в техните атоми. Във всяко вещество тези магнитни свойства са изявени в различна степен и се определят количествено с величината **магнитна проницаемост на веществото ( $\mu$ )**.

Индукцията  $B$  и интензитетът  $H$  са свързани по следния начин:

$$B = \mu H$$

Магнитната проницаемост на вакуума е  $\mu_0$ . За вакуум:

$$B_0 = \mu_0 H$$



Единицата за измерване на магнитната индукция в системата SI е **Тесла [T]**. Наречена е на името на сръбския физик **Никола Тесла (1856-1943)**, известен с постиженията си в областта на променливия ток и електроснабдяването.

Единицата Тесла е доста голяма. Най-силните магнитни полета, получавани в лабораторни условия, имат индукция  $10\text{ T}$ . На  $1\text{ cm}$  разстояние от проводник, по който тече ток със сила  $100\text{ A}$ , индукцията е от порядъка на  $mT$ . Електричните токове в човешката нервна система създават слаби магнитни полета с индукция  $0.01\text{ nT}$ . Индукцията на магнитното поле на повърхността на Земята е от  $+30$  до  $-30\text{ nT}$ .

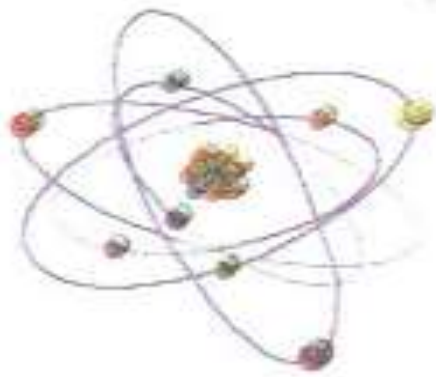
За едно и също поле магнитната индукция  $B$  в някакво вещество и индукцията във вакуум  $B_0$  са свързани със зависимостта:

$$B = \mu_r B_0$$

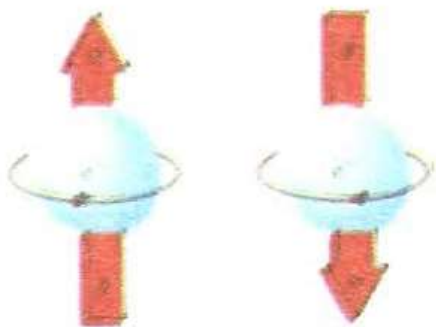
Безразмерната величина  $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B}{B_0}$  характеризира магнитните свойства на даденото вещество спрямо тези на вакуума и се нарича **относителна магнитна проницаемост** на това вещество.

Относителната магнитна проницаемост показва колко пъти индукцията на полето в дадено вещество е по-голяма от индукцията му във вакуум. В зависимост от стойността на относителната магнитна проницаемост щ веществата се делят на:

- диамагнитни ( $\mu_r \leq 1$ , в тях  $B < B_0$ ),
- парамагнитни ( $\mu_r \geq 1$ , в тях  $B > B_0$ ),
- феромагнитни ( $\mu_r \gg 1$ , в тях  $B \gg B_0$ )

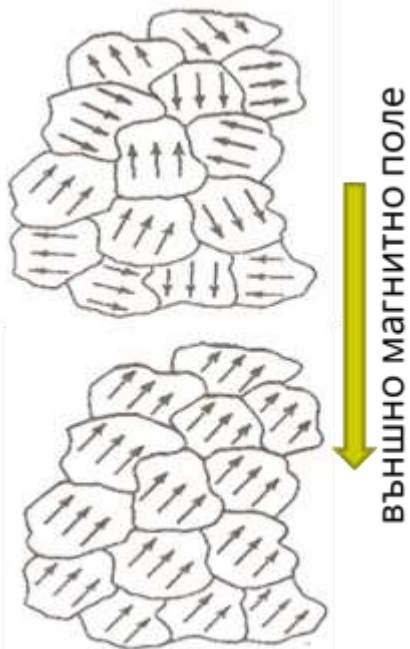


Магнитните свойства на веществата имат електричен произход и са резултат *от движението на електроните в техните атоми*. Два типа движение на електроните имат значение - кръгово около ядрата на атомите и въртеливо около собствената им ос. Първият тип движение придава собствени магнитни свойства на атомите и когато им въздейства външно магнитно поле, те му противодействат. В такива вещества външните магнитни полета отслабват. Това са диамагнитни вещества.

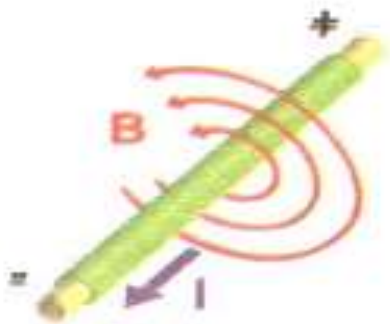


Ако електроните извършваха само такова "орбитално" движение около техните ядра, всички субстанции биха били диамагнитни. Вторият тип движение на електроните е ротация около ос (спин). Всеки въртящ се електрон е малък постоянен магнит. Електрони с противоположна посока на въртене формират двойка и по такъв начин неутрализират техните "спинове" магнитни полета. По тези причини магнитният характер на атомите като цяло е слабо изразен.

*Магнитните свойства*, обаче, се обуславят и от двата типа движение на електроните. Поради дисбаланс между орбиталното и спиновото (*въртеливото движение около собствената им ос*) движения атомите на някои субстанции могат да придобият перманентни магнитни характеристики. Такива вещества са парамагнитни - техните атоми са като малки слаби магнити.



В атомите на феромагнитните вещества (например, желязото, кобалта и никела) има несдвоени електрони, чийто спинове са ориентирани в една посока, от което да следва, че всяко парче желязо ще има магнитни свойства. Това, обаче, не е така, защото атомите на тези метали са групирани в микроскопични магнитни региони, наречени *домени*. Спиновете във всеки домен са ориентирани еднопосочно, докато домените са ориентирани хаотично и поради това общият магнетизъм е нула. Когато, обаче, феромагнитното вещество се постави в силно външно магнитно поле, домените се ориентират еднопосочно и веществото става постоянен магнит.



*Постоянно магнитно поле* се създава от постоянни магнити или от постоянен електричен ток, протичащ през проводник.



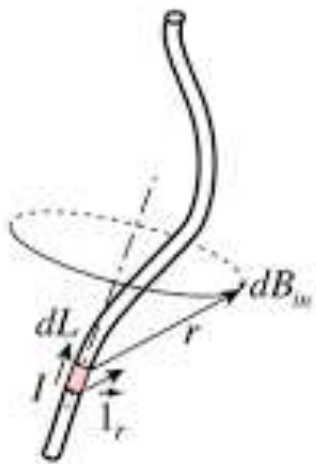
*Жан Био*



*Феликс Савар*

Магнитното поле, създавано от постоянни токове, е изследвано от френските учени *Жан Био* (1774-1862) и *Феликс Савар* (1791-1841). Резултатите от техните опити са обобщени от сънародника им *Пиер Лаплас* в закон, наричан **закон на Био-Савар-Лаплас**.





Magnetic field  
of a current  
element

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{L} \times \vec{1}_r}{4\pi r^2}$$

where

$d\vec{L}$  = infinitesimal length of conductor  
carrying electric current  $I$

$\vec{1}_r$  = unit vector to specify the direction  
of the the vector distance  $r$  from  
the current to the field point.

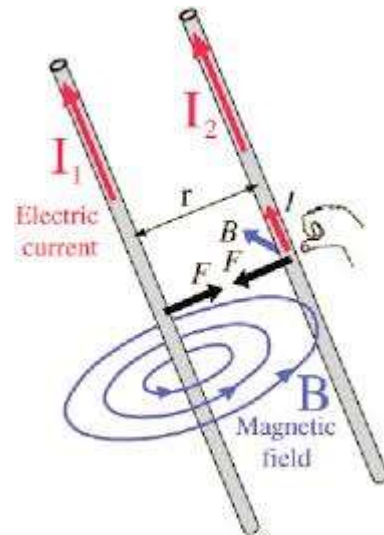
**Законът на Био-Савар-Лаплас**  
определя големината на магнитната  
индукция, създавана от участък от  
проводник, по който тече постоянен  
електричен ток.

Индукцията на магнитното поле в дадена точка от пространството зависи от:

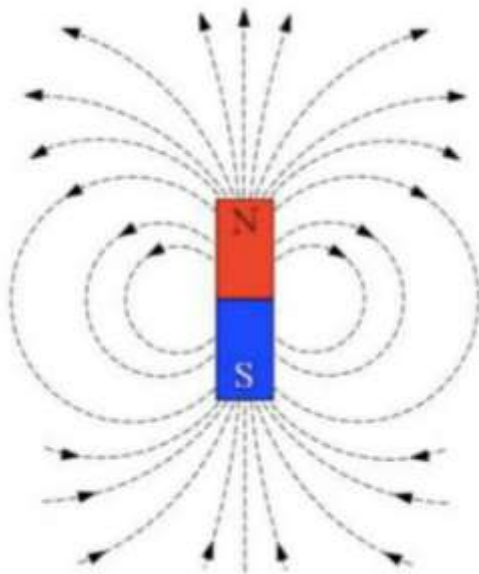
- силата на създаващия го електричен ток,
- разстоянието до източника на магнитното поле (електрическият ток),
- магнитните свойства на веществото, в което се създава полето.



Андре-Мари Ампер



Силата, която действа между магнитно поле и проводник, по който тече ток, се дава от *закона на Ампер*. Този закон се използва и за определяне силата на взаимодействие на два тока.



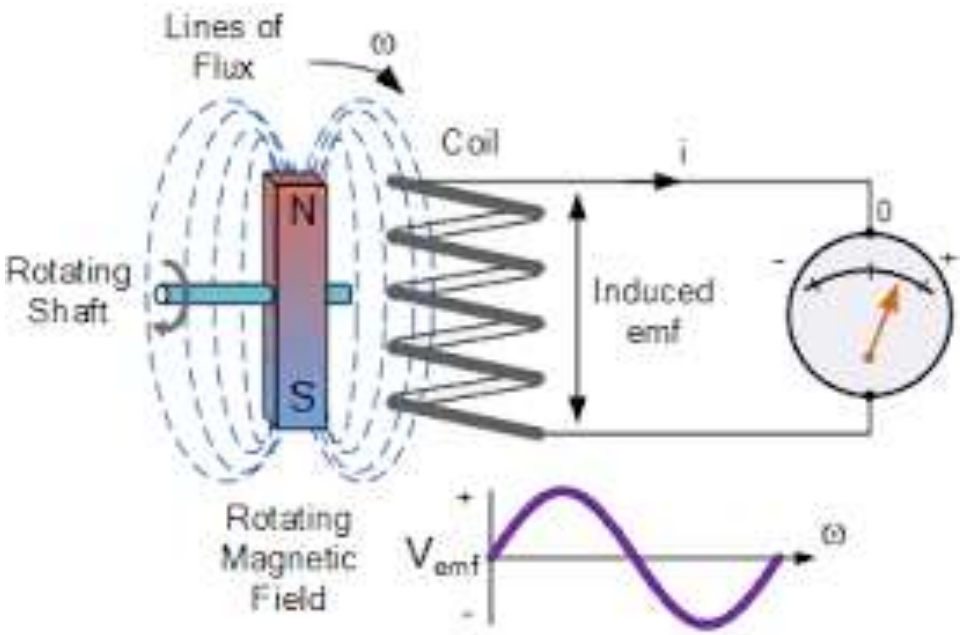
Магнитното поле нагледно се изобразява с т.нар. *магнитни силови линии*. Те представляват въображаеми криви, допирателните към които във всяка тяхна точка показват направлението на **B**. Гъстотата на магнитните силови линии е пропорционална на големината на магнитната индукция. Тези линии са винаги затворени. Те нямат начало и край за разлика от силовите линии на електростатичното поле. Такива полета се наричат *вихрови*. Когато индукцията на полето във всички негови точки е еднаква по големина и посока, то се нарича *хомогенно*.

# ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ИНДУКЦИЯ

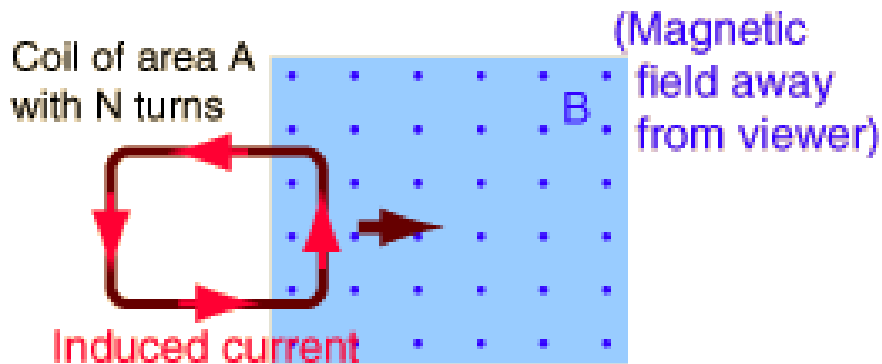


**Майкъл Фарадей**

През 1831 г. Майкъл Фарадей (*Michael Faraday*, 1791-1867), английски физик и химик с приноси в областта на електромагнетизма и електрохимията) открива, че когато въздейства с магнитно поле върху затворен проводник, по проводника протича електричен ток, който "превръща магнетизма в електричество". Това явление е наречено **електромагнитна индукция**. Откриването на електромагнитната индукция и законите, на които тя се подчинява, им революционно значение. Това довежда до промишленото производство на електричество, без което не можем да си представим съвременната цивилизация.



Електромагнитната индукция е процес на възникване на електродвижещо напрежение в затворен проводник при изменение на магнитния поток, преминаващ през площта, обхваната от този проводник.

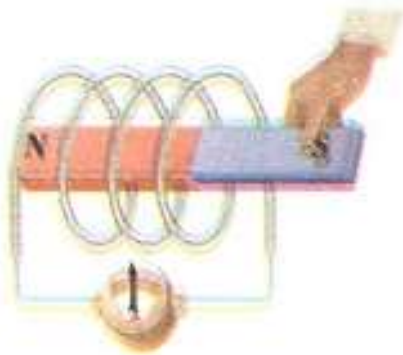


Съгласно **закона на Фарадей** големината на индуцираното електродвижещо напрежение  $U_i$ ; се определя  $T'$  скоростта на изменение на магнитния поток:

$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

(Знакът " - " показва, че когато  $\Phi$  намалява,  $U_i$  се увеличава и обратно.)

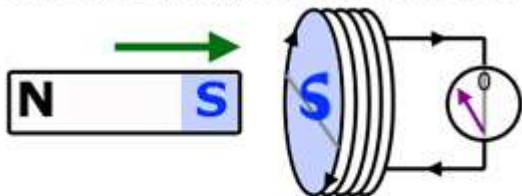
Магнитният поток  $\Phi$  е показател за броя магнитни силови линии, пронизващи площта  $S$ , обхваната от затворен проводник и се дефинира с равенството:  $\Phi = BS \cos \alpha$ . ( $\alpha$  е ъгълът между нормалата към повърхността  $S$  и вектора на магнитната индукция  $B$ )



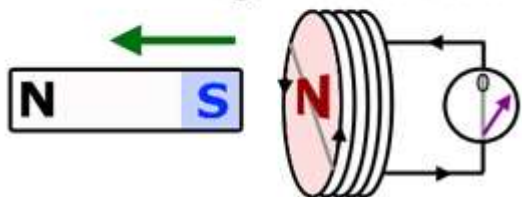
Когато магнитният поток се променя, се индуцира напрежение. Това може да стане по различни начини:

- изменение на големината или посоката на магнитната индукция ( $\Delta B$ );
- преместване на проводника в постоянно нехомогенно магнитно поле ( $\Delta B$ );
- деформация на проводника в магнитно поле ( $\Delta S$ )

movement **against** repulsion



movement **against** attraction



Индуцираното напрежение е причина за протичането на индуциран ток. Съгласно *закона на Ленц* този ток има такава посока, че създаваното от него магнитно поле противодейства на промяната на създаващото го магнитно поле.



Частен случай на електромагнитната индукция е процеса на **самоиндукция**, при който възниква електродвижещо напрежение в затворен проводник при изменение големината на тока протичащ в самия него.

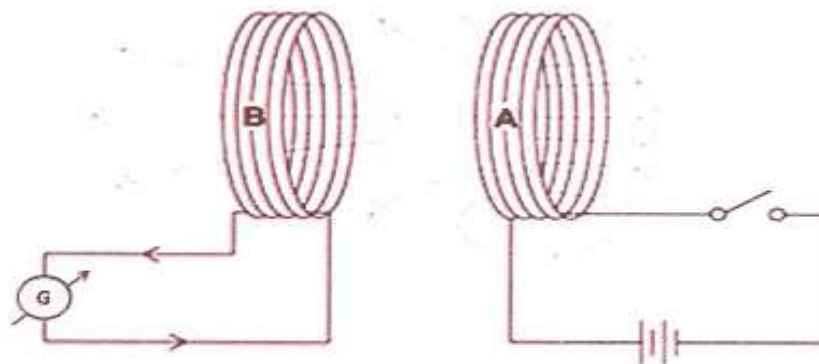
Магнитният поток в този случай е пропорционален на протичащия през проводника ток  $I$  (тъй като този ток създава магнитното поле):

$$\Phi = LI$$

Коефициентът на пропорционалност  $L$  зависи от формата и размерите на проводника и от относителната магнитна проницаемост на средата. Той се нарича коефициент на самоиндукция  $L$  или **индуктивност**. Съгласно закона на Фарадей самоиндуцираното напрежение е:

$$U_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

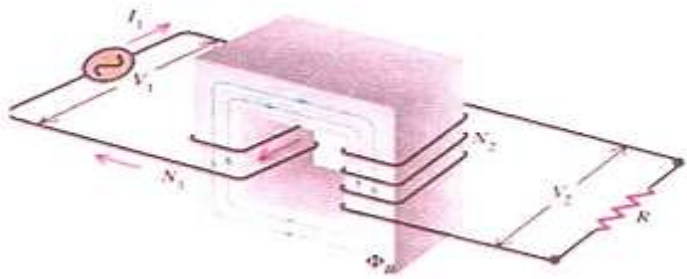
То има обратна полярност спрямо напрежението, което създава тока  $I$ , и следователно се противопоставя на промяната на тока.



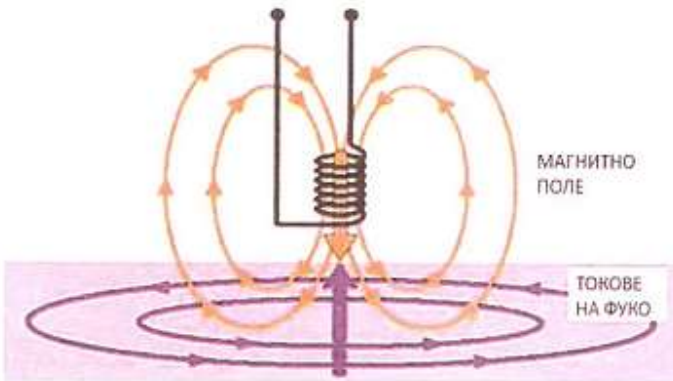
Друга важна проява на електромагнитната индукция е т. нар. **взаимна индукция** - възбуждането на електродвижещо напрежение в един затворен проводник при изменение големината на тока в друг. Връзката  $I$  между двата затворени проводника **A** и **B** се осъществява посредством магнитното поле, създавано от тока  $I_A$  протичащ през първия проводник. Тя се характеризира с коефициент на взаимна индукция  $L_{AB}$ , който зависи от формата и размерите на двата проводника, от тяхното относително разположение, както и от относителната магнитната проницаемост на средата.

Магнитният поток  $\Phi_{AB}$ , преминаващ през втория проводник **B**, е част от потока  $\Phi_A$ , създаван от първия (с коефициент на пропорционалност  $L_{AB}$ ):  $\Phi_{AB} \propto \Phi_A \propto I_A$  или  $\Phi_{AB} = L_{AB}I_A$ . Индуцираното във втория проводник напрежение, съгласно закона на Фарадей, е: 
$$U_i = -\frac{\Delta\Phi_{AB}}{\Delta t} = -L_{AB}\frac{\Delta I_A}{\Delta t}.$$





Явлението взаимна индукция намира широко приложение в уреди, наречени *трансформатори*, с помощта на които променливите електрически напрежения могат да се повишават или намаляват.



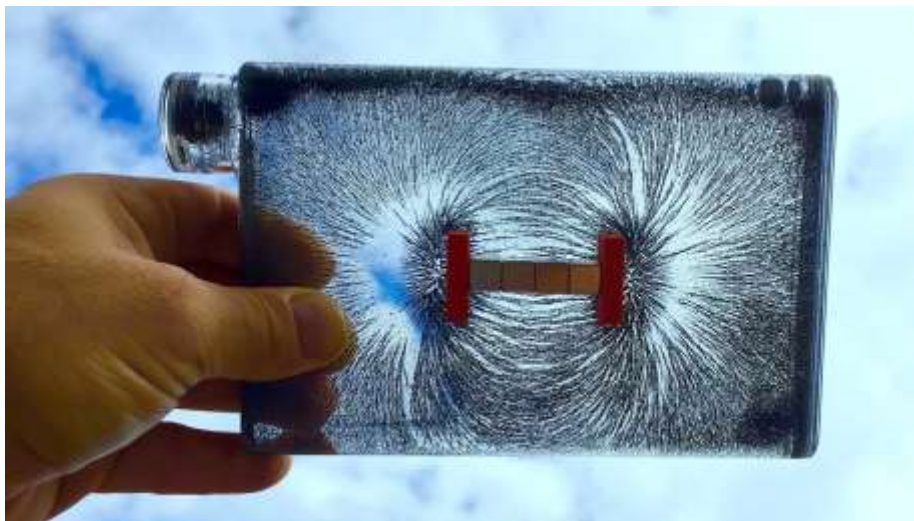
Магнитното поле има затворени силови линии. Такова поле се нарича *вихрово поле*. Електричното поле, което се индуцира от променливо магнитно поле, също е вихрово. Ако проводник се намира в променливо магнитно поле, в неговия обем се индуцират вихрови, електрични токове (*токове на Фуко*), които текат в равнини, перпендикулярни на магнитните силови линии.

Вихровите електрични токове се индуцират във всякакви проводящи среди, намиращи се в променливо магнитно поле, включително и в човешкото тяло. Това се използва при микровълновата медицинска терапия за дълбочинно нагряване на участъци от тялото с лечебна цел.

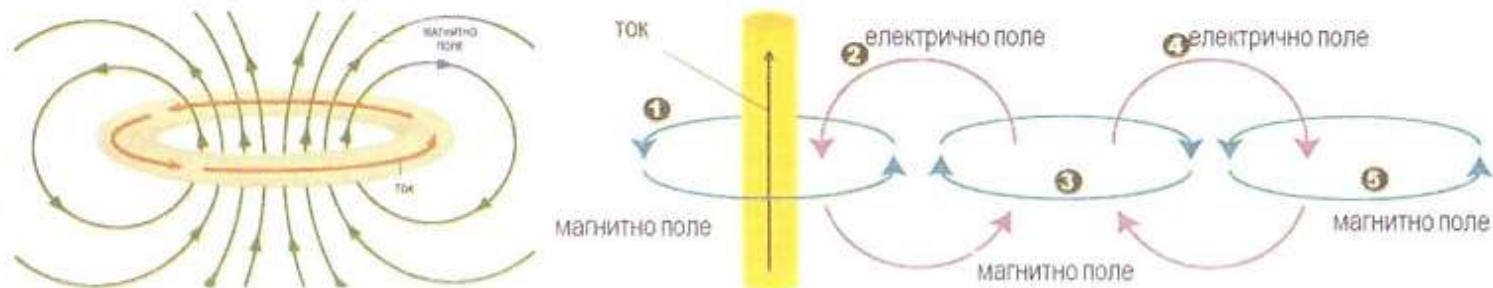
## ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА И ВЪЛНИ



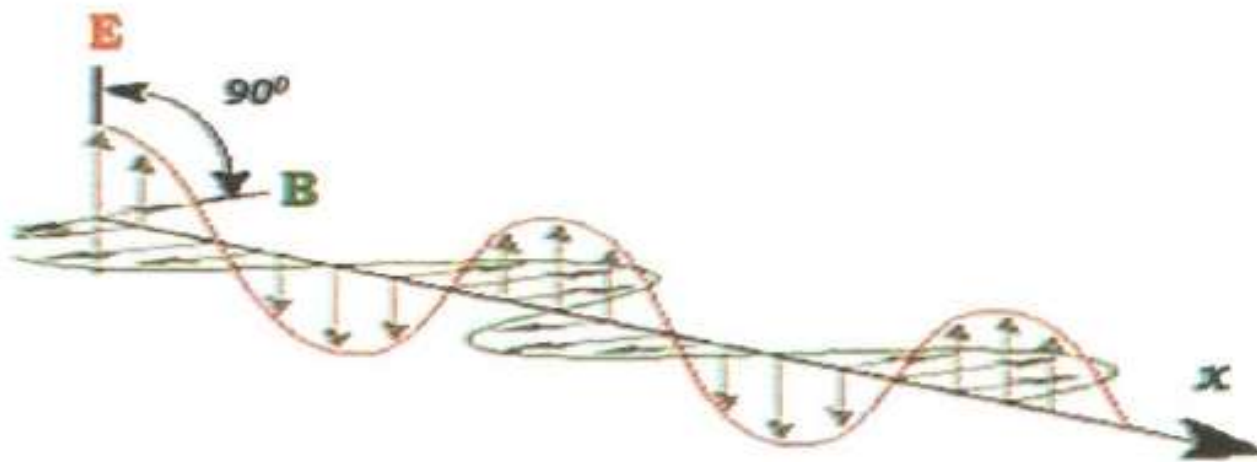
Към средата на XIX век в областта на електрическите и магнитни явления са били натрупани много експериментални факти, показващи че между тях съществуват тесни взаимни връзки. Особено важно в това отношение е било откриването на явлението електромагнитна индукция. На тази база в периода 1861-1873 г. Джеймс Максуел (*James Clerk Maxwell*, 1831-1879, шотландски физик и математик, работил в областта на електричеството, магнетизма и оптиката) създава обобщена теория за електрическите и магнитни явления - т.нар. *теория за единното електромагнитно поле*.



С физичния термин "*поле*" се обозначава една по-особена форма на съществуване на материята - т.н. *полева форма*. Съгласно концепцията за съществуване на полето взаимодействията между материалните частици се осъществяват посредством пространството около тях. В природата съществуват различни типове взаимодействия (*сили*)- електрични, магнитни, ядрени, гравитационни и др. Всеки от тези типове взаимодействия се осъществява посредством съответен тип поле. Между известните понастоящем взаимодействия *електричните и магнитните* заемат водещо място по широта и разнообразие на проявите им. Това се дължи на обстоятелството, че всички тела в природата са изградени от електрически заредени частици, които са в движение.

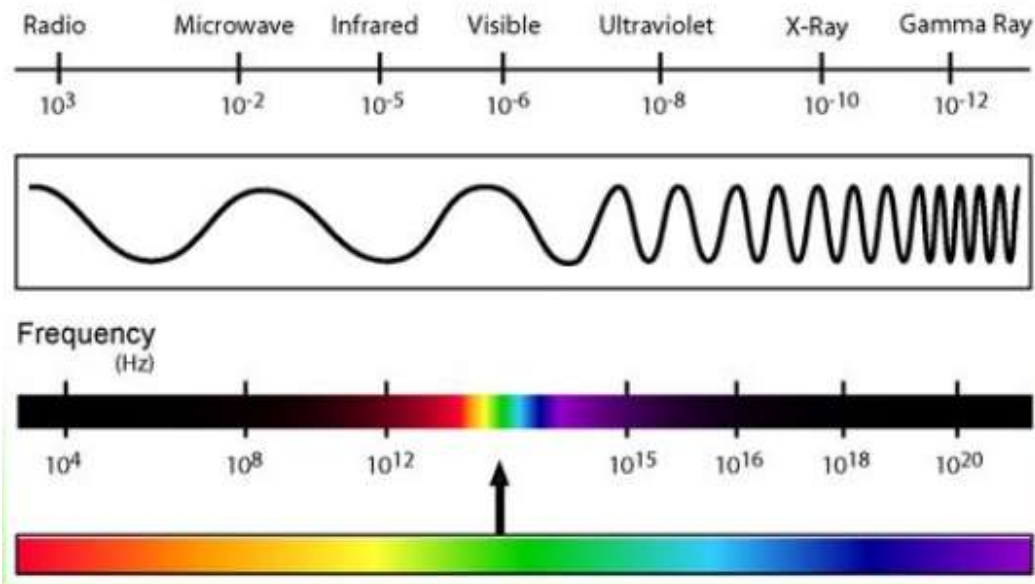


Първоизточник на електромагнитното поле са електрическите товари. Когато те са в покой, създават *постоянно електрическо поле*. Когато се движат с постоянна скорост, освен електрическото се появява и постоянно магнитно поле; и двете полета остават свързани с товарите. Когато електрическите товари се движат с променяща се скорост, електрическото и магнитно полета стават променливи. Променящото се електрично поле създава променящо се магнитно поле. В резултат на електромагнитната индукция енергията на това магнитно поле ще се трансформира в енергия на променящо се електрично поле. Това ще доведе до верига от последователни взаимни превръщания- електрично в магнитно поле, магнитно в електрично и т.н. От това следва, че електричните и магнитните полета са неделими едно от друго, неразривно свързани като компоненти на едно единно поле- **електромагнитно поле**.



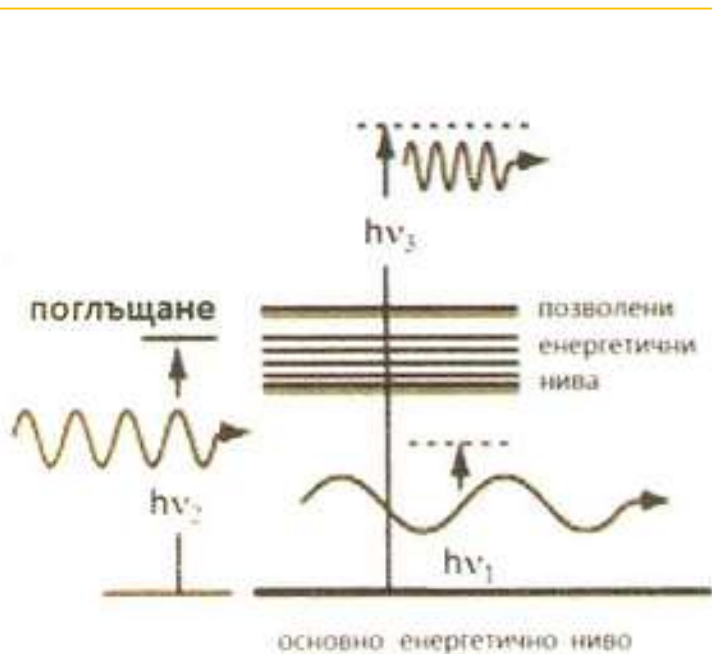
Когато електрическите товари се движат закъснително (т.е. с намаляваща скорост), част от енергията на електромагнитното поле ще започне да се отделя и разпространява в пространството във вид на *електромагнитна вълна*. Нейни компоненти са взаимно свързани, променящи се електрично и магнитно полета. Те се изменят в равнини, перпендикулярни една на друга и на посоката на разпространение на вълната. Електромагнитните вълни са *напречни вълни*. При тях електричното поле **E** и магнитното поле **B** се изменят по синусов закон в две взаимно перпендикулярни равнини, напречно на посоката на разпространение.

# Спектърът на електромагнитните вълни



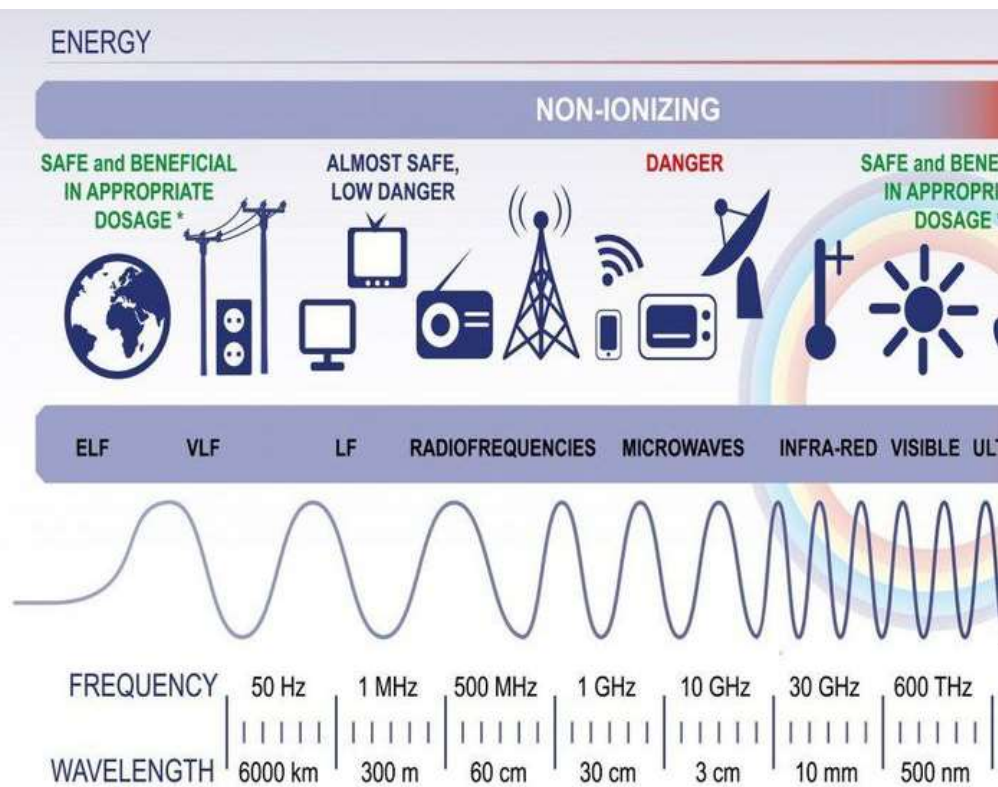
**Спектърът на електромагнитните вълни** е разделен на четири основни диапазона: **радиовълни** (дълги, средни, къси, ултракъси) с дължина на вълната от 10 km до 1 mm, **оптични лъчения** (инфрочервени от 1 mm до 750 nm, видими от 750 nm до 350 nm, ултравиолетови от 350 nm до 10 nm), **рентгенови лъчи** (от 10 nm до 10 pm) и **гама лъчи** (от 10 pm до 10 fm).

# ФИЗИЧНИ ЕФЕКТИ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ВЪЛНИ



Електромагнитните вълни въздействат върху веществата чрез своята енергия. За да може един електромагнитен фотон да отдаде своята енергия  $h\nu$  на атом (т.е. да се погълне от атома), трябва големината на тази енергия да съвпада с разликата между две позволени квантови енергетични нива на атома. Ако това не е изпълнено, веществото ще бъде прозрачно за електромагнитната радиация. Тя ще преминава през него без да му отдава енергия. Фотоните с енергия  $h\nu_2$  ще се поглъщат от веществото, защото тяхната енергия е в диапазона на неговите позволени енергетични нива, но за фотони с енергии  $h\nu_1$  и  $h\nu_3$  това вещество ще е прозрачно, защото техните енергии са извън диапазона, в който могат да бъдат погълнати.

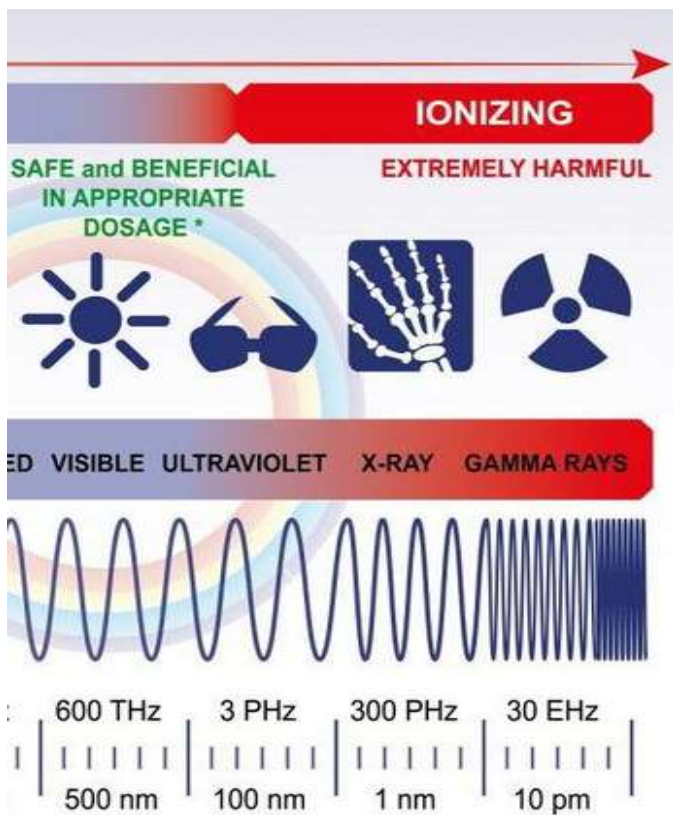




От гледна точка на това, какви промени предизвикват в атомите и молекулите, електромагнитните вълни могат да бъдат разделени на две групи: **неразрушаващи** и **разрушаващи**.

Неразрушаващи са вълните с дължини до 200 nm. Това са свръхнискочестотните електромагнитни вълни, радиовълните, микровълните, инфрачервената, видимата и близката ултравиолетова светлина. Техните фотони нямат достатъчно енергия за да могат при взаимодействия с атоми и молекули да предизвикат необратими и трайни промени в тях.





Вълните от под-диапазона 750-200 nm (видима светлина и близка ултравиолетова) имат преходни свойства. Техните фотони притежават относително по-висока енергия, но и в най-добрия случай тя е достатъчна само за електронно възбуждане. Те не могат да избиват електрони от атоми, нито да разцепват ковалентни връзки в молекулите.

Вълните с дължини над 200 nm са разрушаващи. Техните фотони са с високи енергии и при по-високо енергетичния вакуумен ултравиолет, рентгеновите и гама лъчи.

Физичните ефекти, които предизвикват електромагнитните вълни от първия "недеструктивен" диапазон, са основно два: *индуциране на променливи електрически токове* и *отделяне на топлина*.

Електричната компонента на електромагнитното поле въздейства върху електричните товари (електрони, йони, полярни молекули). Това индуцира протичането на променливи електрически токове. Променливите токове със свръхниска честота (най-дълговълновите електромагнитни вълни) предизвикват промени в локалните йонни концентрации около мембраните на нервните клетки. Нормално те са поляризирани, но придвижването на йони в една или друга посока, може да ги деполяризира, клетката да се възбуди и да генерира акционен потенциал. Това възбуждане на двигателните нерви предизвиква контракции на мускулите. Степента на възбуждащо действие разбира се зависи и от плътността на протичащите токове.

С увеличаване на честотата възбуждащият ефект постепенно намалява и преминава в топлинен. При по- високи честоти, поради инертността на йоните и поради по-бързата смяна поляритета на полето, амплитудата на движение на йоните постепенно намалява. С увеличаване на честотата йоните практически само вибрират на едно място без да се преместват в пространството, при което голяма част от енергията на полето се трансформира в топлина. Затова основният ефект на токовете, индуцирани от полета с такива честоти, който има биологично значение, е отделянето на топлина.

*Топлинното действие* се дължи не само на предизвиканите трептения на йони, но и на преориентиране на диполни молекули. Освен това тези полета в някои случаи могат и да поляризират неполярни молекули на веществото (т.е. да ги направят електрически диполи). Съществуващите и индуцирани диполни молекули се въртят около оста си - полето периодично ги преориентира в синхрон със собствената си честота. Такива са ефектите на микровълните и милиметровите вълни. При инфрачервените вълни поглъщането се увеличава и още по-голяма част от енергията на електрическото поле се трансформира в топлина.

*Движенията на йони и полярни молекули*, предизвикани от електромагнитните вълни, обуславят биологични ефекти, които не винаги могат да бъдат еднозначно описани, защото зависят и от спецификата на тъканите, в които протичат. А човешкият организъм е сложна хетерогенна система, в която има различни структури - проводящи, диелектрични, диамагнитни, парамагнитни, с различна плътност, агрегатно състояние, атомен и молекулен състав. Най-общо може да се каже, че за нагряването на биологичните тъкани най-голям относителен принос има преориентирането на диполните водни молекули. Ето защо максимално отдаване на топлинна енергия от електромагнитните вълни се извършва в тъкани, богати на вода (мускули, лимфа, кръв). В костната и мастна тъкан водното съдържание е по-ниско и поради това те се нагряват относително по-слабо.

# ТОПЛИННА ТЕРАПИЯ С ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ЕНЕРГИЯ

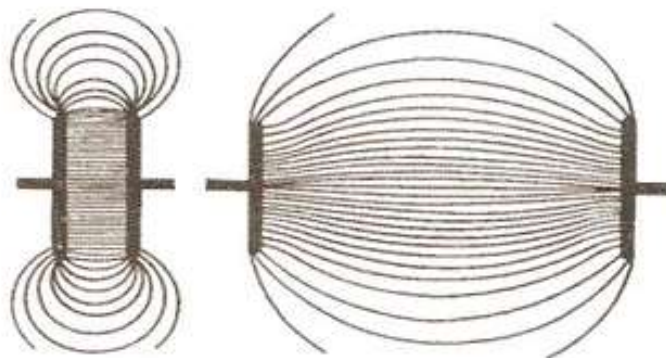


За топлинна терапия се използват електромагнитни вълни от неструктивния диапазон, които индуцират протичане на променливи електрически токове и отделяне на топлина в тъканите на човешкото тяло. Ендогенното топлоотдаване е за предпочитане пред топлолечението с външни източници на топлина (горещи вани, парафин, инфрачервено облъчване и др.) поради въздействието на по-голяма дълбочина и възможностите за по-добро локализиране и дозиране на топлоотдаването. В терапевтичната практика се прилагат въздействия както само с електрическата или магнитна компонента на електромагнитните полета, така и с цялата им електромагнитна енергия.

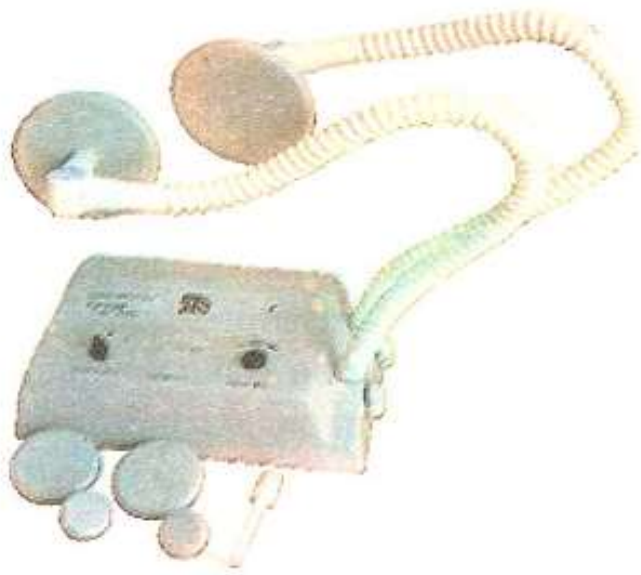
# Дарсонвализация

Дарсонвализацията е терапевтичен метод, състоящ се в облъчване на пациента с електромагнитни трептения с ултразвукова честота (200-300 kHz) посредством капацитивни електроди. Тези електромагнитни трептения индуцират в тъканите токове, носещи названието на техния откривател - *д'Арсонвал*. Те представляват пакети от затихващи синусоидални трептения с малка продължителност (около  $20 \mu s$ ), повтарящи се през по-продължителна пауза (например  $2 ms$ ). Токовете, които тези електромагнитни вълни предизвикват в биологичните тъкани, също имат честота  $200-300 kHz$  и не могат да предизвикат достатъчни промени в йонната концентрация около клетъчните гранични мембрани. Ето защо такива токове възбудят нервно-мускулния апарат, но не в такава степен, че да предизвикат мускулни контракции. Те обаче проникват в дълбочина и предизвикват отделяне на ендогенна топлина с произтичащите от нея физиологични ефекти - хиперемия, подобряване на кръвоснабдяването и на обменните процеси в тъканите. Приложени в подходяща доза токовете на *д'Арсонвал* потискат дразнимостта на кожните рецептори и действат обезболяващо. Местната дарсонвализация се прилага при лечение на болкови синдроми, особено ~ съдово-вегетативен произход - мигрена, стенокардии от функционален тип, невралгии и др.

# Ултракъсовълнова терапия



Два различни метода се използват за трансфер на електромагнитна енергия в тялото при електрическата диатермия - *капацитивен* и *индуктивен*. При първия, онази част от тялото, която трябва да бъде третирана, се поставя между два метални плоски електрода, към които е приложено променливо напрежение с висока честота. Тъканите на тялото, разположени между тези два електрода, се държат като електролитен разтвор, йоните, намиращи се в пространството между електродите осцилират в синхрон с честотата на променливото напрежение. Това води до ендогенно отделяне на топлина. Различните компоненти на тялото реагират различно на вълните и поради това този ефект осигурява известна селективност при загряването.



При т.н. ултракъсовълнова (УКВ) терапия се използват електромагнитни полета с ултрависока честота най-често 27,12 MHz. Ултрависокочестотното поле се създава между два плоски електрода и се прилага кацитивно върху пациента. В този случай въздействието се осъществява главно посредством електрическата компонента на електромагнитното поле.

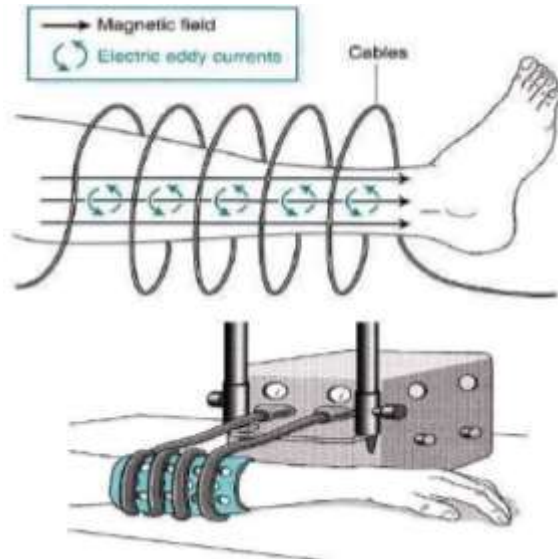
При разполагане на материален обект в променливо електрическо поле, в него се отделя топлина ( $Q$ ), което количество е пропорционално на квадрата на интензитета ( $E$ ) на полето, на честотата на полето ( $\nu$ ) и на диелектричната му проницаемост ( $\epsilon$ ):

$Q \propto \epsilon E^2 \nu$ . Ето защо, при въздействие посредством електрическата компонента на електромагнитното поле диелектричните (непроводящи) тъкани на организма (кожа, мастна тъкан, кости, мозък) се нагряват по-интензивно от проводящите. Лечебният ефект, както и при диатермията, се дължи предимно на ендогенното отделяне на топлина.

Терапевтичното приложение на УКВ терапията се базира на нейното мощно противовъзпалително, трофично, болкоуспокояващо и антиспастично действие. Установено е също, че тя действа съдоразширяващо, усилва обмяната на веществата, понижава възбудимостта и стимулира имунната система (фагоцитозата). Прилага се при заболявания на нервната система - невралгии, неврити, дископатии; заболявания на ставите - артрити, артрози, тендовагинити; при ушно-носно-гърлени болести - отити, ларингити и др.



# Индуктотермия



Вторият подход за прехвърляне на електромагнитна енергия в тялото е основан на процеса на електромагнитна индукция. При *индукционната диатермия* областта от тялото, която ще се загрева, се поставя или вътре в бобина, или близо до нея. Променливият ток през бобината създава променливо магнитно поле в тъканите. Това индуцира променливи токове в тъканите, които ги загреват.



Индуктотермията е терапевтичен метод, който се състои в безконтактното прилагане на високочестотно магнитно поле с висока честота между 10 и 30 MHz (най-често 13,56 MHz). Полето се създава вътре в навит във вид на соленоид проводник, където е разположен обекта на въздействие. При този метод електромагнитното поле въздейства предимно с неговата магнитна компонента.

При въздействие с променливо магнитно поле в тъканите протичат вихрови токове, които генерират топлина. Отделяното количество топлина ( **$Q$** ) е пропорционално на квадрата на индукцията ( **$B$** ) на полето, на квадрата на честотата му ( **$\nu$** ) и на проводимостта на тъканите ( **$\sigma$** ):

$$Q \propto \sigma B^2 \nu^2$$

Ето защо, чрез индуктотермия по-силно ще се нагряват тъканите, които имат по-висока проводимост (например мускулите, кръвта и лимфата, черния дроб, бъбреците, възпалителни ексудати и др.) в сравнение с тъкани с по-малка проводимост (кожата, мастната тъкан).

Променливото магнитно поле може да се прилага и посредством двойка индуктори (соленоиди), разположени от двете страни на участък от тялото. Променливият ток, създаващ полето, може да има различни параметри. При някои апарати неговата честота се изменя автоматично в диапазона от 1 до 100 Hz, което предотвратява адаптацията на организма към това въздействие.

Този вид магнитотерапия се прилага при различни вътрешни болести - хипертония, стенокардия, ревматични заболявания, бронхиална астма, бронхити и др., както и при някои постоперативни състояния.

# Микровълнова терапия



Физиотерапевтичните методи, използващи електромагнитни полета от свръхвисокочестотния диапазон са едни от най-предпочитаните електротерапевтични процедури. Тези вълни се наричат още микровълни, тъй като обхващат диапазон с много малка дължина - от 100 до 1 сантиметра (300 MHz - 30 GHz).

Разделят се на две подгрупи: *дециметрови* и *сантиметрови* вълни. Микровълновите електромагнитни полета действат едновременно с двете си компоненти- с електрическата и магнитна. В зависимост от дължината на вълната се използват два метода: *дециметрова* и *сантиметрова терапия*.

Дълбочината на проникване на електромагнитните вълни от СВЧ диапазона в биологичните тъкани се определя главно от честотата на електромагнитните вълни, но също така и от строежа и състава на тъканите (главно от съдържанието на вода в тях). Така например, дециметровите вълни проникват на дълбочина около 10 сантиметра от повърхността на тялото, а сантиметровите - на приблизително два пъти по-малка. Богатите на вода тъкани и органи (лимфа, кръв, мускули, чер дроб, бъбреци) поглъщат по-силно тези вълни и съответно се загряват в по-висока степен. Тъканите с по-голяма плътност и по-ниско съдържание на вода (подкожна тъкан, сухожилия и кости) поглъщат тези вълни по-слабо и топлоотдаването в тях съответно е по-малко.

Микровълновата терапия е подходяща при възпалителни и дегенеративни процеси. Микровълновата диатермия се прилага при счупвания, увреждания на сухожилия, навяхвания, артрити, заболявания на нервната и на отделителната система, вътрешни и генитални заболявания.

## ***Дециметровая терапия.***

От дециметровите вълни практически се използват такива с дължина на вълната *65 cm* (честота *460 MHz*) и *69 cm* (честота *433,92 MHz*).

Физиологичното действие на дециметровите вълни е сходно с това на останалите високочестотни токове. Различията се отнасят до степента на поглъщане на вълновата енергията и нейното разпределение в различните тъкани. Тези вълни проникват на по-голяма дълбочина в сравнение с по-късовълновите, сантиметрови вълни и се поглъщат по-слабо и равномерно. Ето защо дециметровата терапия е предпочитана, когато е необходимо по-хомогенно и дълбоко въздействие. Добри резултати се получават при лечение на невралгии, дископатии, мастити, бронхити и др.

## **Сантиметрова терапия.**

При сантиметровата терапия (наричана още радартерапия) се използват сантиметрови вълни с дължина на вълната от *1 до 15 cm*. Най-често използваните апарати за микровълнова терапия генерират сантиметрови вълни с дължина на вълната - *12,6 cm* (честота *2,375 GHz*).

Сантиметровите вълни имат твърде висока честота и това обуславя някои особености в тяхното действие. Законите за тяхното разпространение, отражение и поглъщане се доближават до тези на светлината. Те се разпространяват праволинейно, насочено и отразяват силно. При дистанционно облъчване степента на отражение може да достигне до 75 %. Ето защо, по мощността, генерирана от излъчвателя, е невъзможно да се определи енергията, поглъщана от пациента за единица време. Сантиметровите вълни могат да се насочват и локализируют върху даден участък, което е тяхно предимство при някои методи на приложение. Така например, когато с тях се облъчват рефлексогенни зони, това предизвиква рефлекторни реакции, които могат да повлияят на целия организъм.