

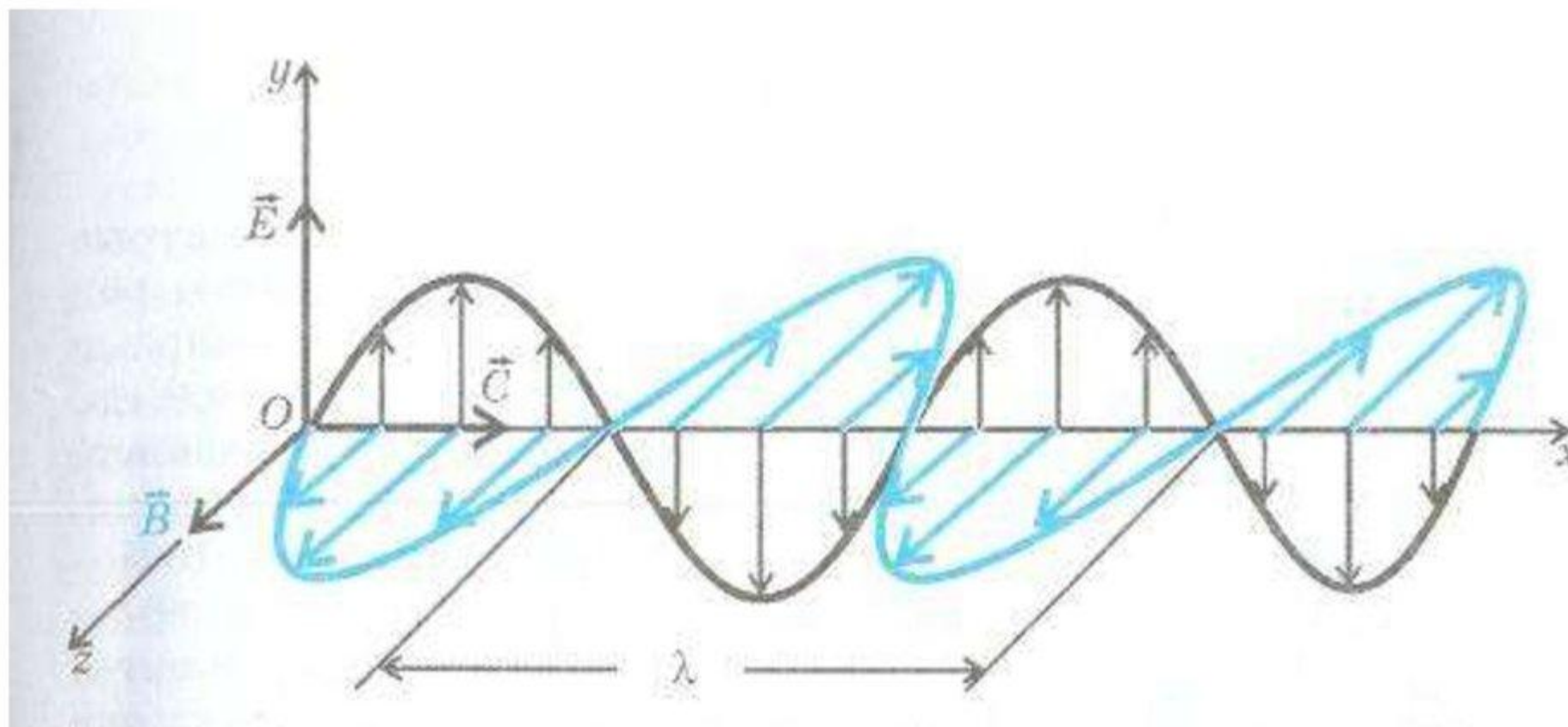
# Электромагниттік толқындар

# Толқындық қозғалыс

- Тербелістің ортада таралу процесін **ТОЛҚЫНДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС** деп, ал өзара байланысып тербелетін материялық нүктелер жиынтығын **ТОЛҚЫН** деп атайды. Тербеліс таралған кезде энергия қоршаған ортаға беріледі, сондықтан үздіксіз толқын таралу үшін сол серпімді ортада орналасқан тербеліс көзі болуы керек. Толқындық қозғалыс кезінде кеңістіктің бір аумағынан екінші аумағына бөлшектер емес энергия тасымалданады. Егер ортаның бір бөлшегі тербемелі қозғалыс күйіне келсе, онда дәл осы күйге сол жүйемен байланысқан барлық жүйенің де бөлшектері тербемелі қозғалысқа келеді, бірақ уақыт бойынша кешігеді.

# Электромагниттік толқындар

- **Электромагниттік толқындар** - бір-бірімен байланысқан айнымалы электр және магнит өрістерінің кезекпен өзгеруі. Жиілігіне және толқын ұзындықтарына байланысты электромагниттік толқындарды мынадай жеті түрге бөледі:
  - 1. Төменгі жиілікті сәуле шығару;
  - 2. Радиотолқындар;
  - 3. Инфрақызыл;
  - 4. Көрінетін сәуле шығару;
  - 5. Ультракүлгін сәуле шығару;
  - 6. Рентген сәулелері;
  - 7. Гамма-сәуле шығару.
- Олардың табиғаты бірдей болғанымен қасиеттері әр түрлі.





# Электромагниттік толқындарға тәжірибе

- Электр өрісін электр заряды бар денелер туғызады. Бойымен электр зарядтары өтетін өткізгіштің төңірегінде магнит өрісі пайда болады. Қозғалмайтын зарядтың электр өрісі барлық уақытта да өзгеріссіз қалады. Бірқалыпты қозғалатын зарядтардың, яғни тұрақты электр тоқтарының төңірегінде пайда болатын магнит өрісі де өзгермейді.
- Ал егер электр заряды бар бөлшектер тыныштық немесе бірқалыпты қозғалыс калпынан шығып, айнымалы қозғалыс жасаса, онда қандай өріс пайда болар еді? Бұл сұрақтың жауабын ағылшынның ұлы ғалымы Максвелл тапты.
- Электр зарядтары айнымалы қозғалғанда, яғни кез келген айнымалы тоқта электр өрісі де, магнит өрісі де уақыт өтуіне қарай өзгеріп отырады. Сонымен қатар бұл өрістер, Максвеллдің 1865 жылғы теориялық пайымдауынша, өздерін біртұтас электро-магниттік өріс түрінде керсетеді.
- Максвелл сегіз жыл бойы тынбай жүргізген физика-математикалық талдауларын 1873 жылы қорытындылады. Ол біртұтас электромагниттік өрістің теориясын жасады және оның бос кеңістікте де толқын түрінде тарай алатынын дәлелдеді.

- Максвеллдің электромагниттік өріс теориясының түйіні мынаған саяды.
- 1. Өзгеріп отыратын магнит өрісі кеңістікте өзгеріп отыратын электр өрісін тудырады.
- 2. Өзгеріп отыратын электр өрісі кеңістікте өзгеріп отыратын магнит өрісін тудырады
- Осылайша өзгеріп отыратын электр және магнит өрістері әр уақытта да өзара байланыста болады, сондықтан олардың ажырамас бірлігін электромагниттік өріс дейді. Электромагниттік өрісті көрнекі түрде бейнелеу үшін оны, бір жағынан, электр өрісінің  $E$  кернеулік векторы арқылы, екінші жағынан, магнит өрісінің  $B$  индукция векторы арқылы сипаттап кескіндейді.
- Электромагниттік толқынның пайда болуы туралы Максвеллдің 1865 ж. айтқан болжамы кейінірек эксперимент жүзінде дәлелденді.
- 1887—1888 жж. Г. Герц жасаған тәжірибелер айнымалы электромагниттік өрістің кеңістікте толқын түрінде тарайтынын көрсетіп берді.



# Электромагниттік толқындар мен механикалық толқындардың ұқсастықтары мен ерекшеліктері

- 1. *Электромагниттік толқын әртүрлі заттарда да, вакуумде де таралады.* Ал механикалық толқындар тек заттардың бөлшектері қатысатын орталарда ғана (қатты денеде, сұйықта және газда) тарайды. Механикалық толқында ортаны құрайтын заттардың бөлшектері тербеледі. Ал электромагниттік толқында өрістің  $E$  және  $B$  векторлары ғана тербеледі. Міне, сондықтан электромагниттік тербеліс вакуумда да толқын түрінде тарай алады.
- 2. *Электромагниттік толқындар — тек көлденең толқындар болып табылады.* Шынында да  $B$  индукция және  $E$  кернеулік векторлары бір-біріне перпендикуляр бағытта тербеледі. Ал механикалық толқындар көлденең толқындар да, бойлық толқындар да бола алады.
- 3. Максвеллдің теориялық есептеулері бойынша вакуумдегі электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы  $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  тұрақты шама.
- 4. *Вакуумге қарағанда заттағы электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы аз болады*
- 5. *Механикалық толқындар сияқты электромагниттік толқындар да энергия тасиды.* Жер бетіндегі тіршіліктің, органикалық заттардың (ағаштың, көмірдің, мұнайдың, газдың, шымтезектің, т.б.) пайда болуы күн сәулесімен келетін, яғни

# Электромагнитті толқындарының диапазоны

- Электромагниттік толқындар шкаласы ( $\nu < 10^{21}$  Гц) төменгі жиілікті толқындар мен радиотолқындардан бастап, гамма сәулелерге дейінгі ( $\nu < 10^{21}$  Гц) аралықты қамтиды. Жиілік пен ұзындықтарына байланысты әр түрлі электромагниттік толқындарды шартты түрде шығарып алу және тіркеу тәсіліне, затпен өзара әсерлесу сипаты бойынша диапазондарға бөледі. берілген. Төменгі жиілікті толқындар шығару, радиотолқындар, инфрақызыл сәулелер, көрінетін жарық, ультракүлгін сәулелер, рентгендік сәулелер және  $\gamma$ - гамма шығару деп диапазондарға бөлу қабылданған



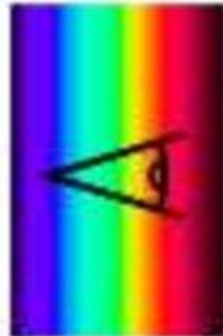
0.01nm



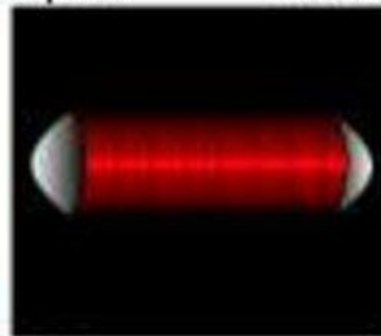
1nm



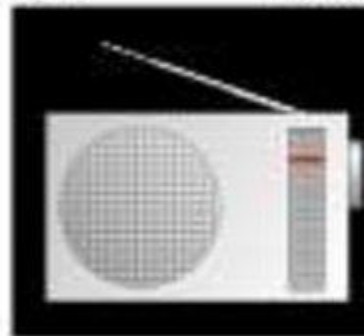
100nm



1  $\mu$ m

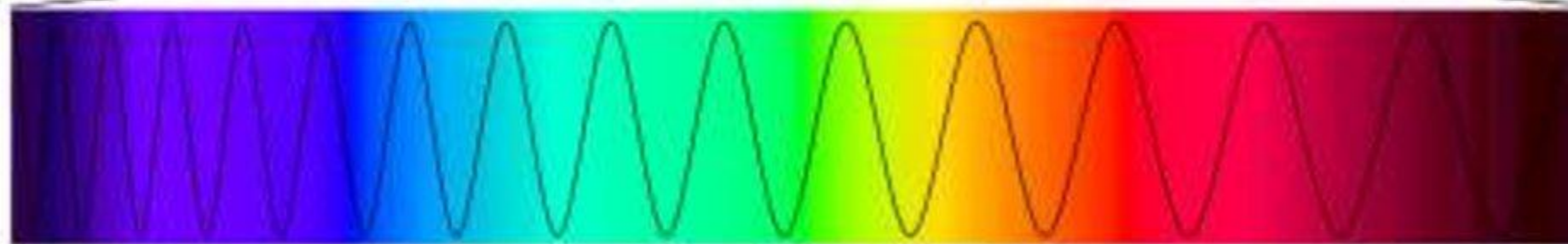


1cm



1m

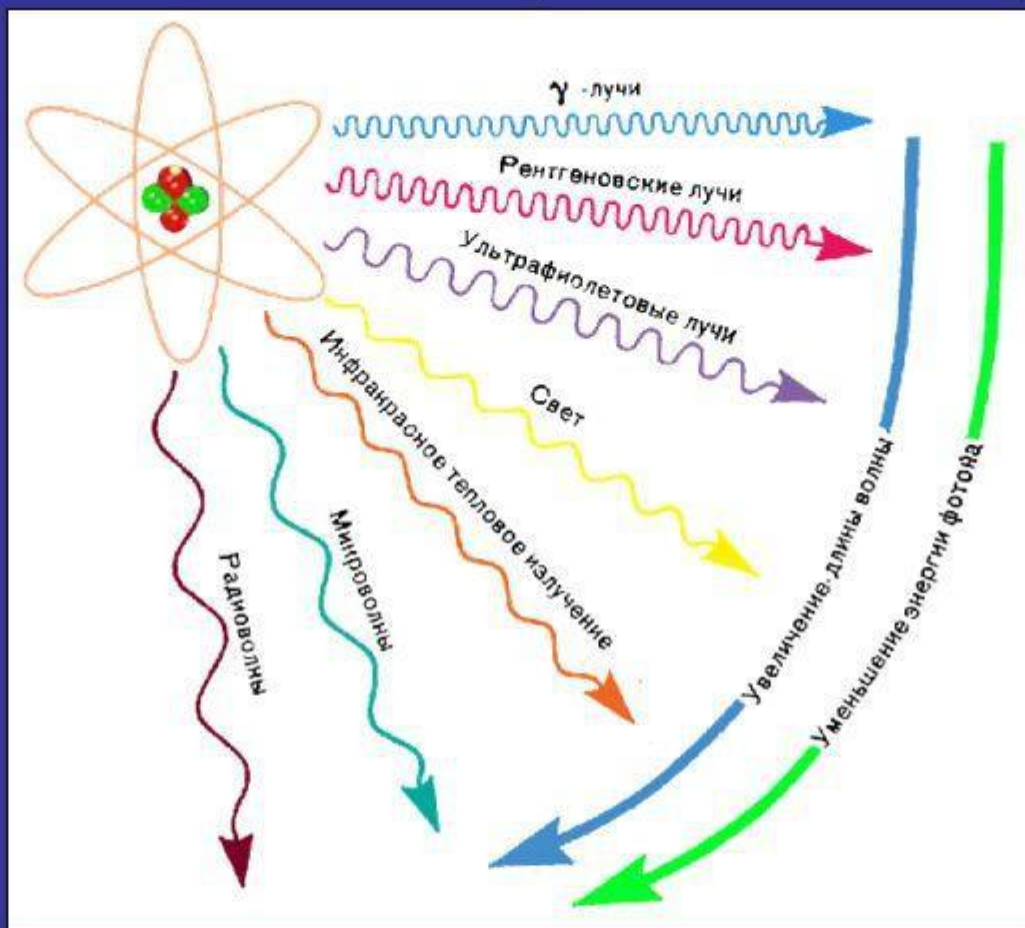
1kr



400nm

700nm

## Разновидности электромагнитных волн:



## Свойства электромагнитных волн:

- отражение;
- преломление;
- поглощение;
- поляризация;
- огибание препятствий (дифракция);
- сложение волн (интерференция);
- конечная скорость распространения;
- скорость в среде убывает.

# Радиотолқындар

- **Радиотолқындар** — радиобайланыста колданылатын, толқын ұзындықтары  $X = 0,1$  мм-ден бірнеше км-ге дейінгі (жиілігі  $= 3 \cdot 10^2$  Гц-тен бірнеше Гц-ке дейінгі) электр-магниттік толқындар.
- **Радиотолқындар** — радиобайланыста колданылатын, электр-магниттік толқындар. Радиотолқындар көзі ретінде электромагниттік тербелістер генераторлары пайдаланылады. Адам баласы бүкіл жер жүзінде байланысудың түрлі тәсілдерін ойлап тапты, тіпті ғарыш кеңістігіндегі кемелермен де байланыс бар.
- Радиотолқындардың таралуы Радио және телехабарларда, радиобайланыста, радиолокация мен радионавигацияда қолданылатын электромагниттік толқындарды радиотолқындар деп атайды. Радиотолқындарды төменде көрсетілгендей бірнеше диапазондарға бөледі.



Толқындардың аталуы	Толқын ұзындықтарының диапазоны, $\lambda/m$
Аса ұзын толқын	$\lambda > 10000$
Ұзын толқын	$10000 \div 1000$
Орташа толқын	$1000 \div 100$
Қысқа толқын	$100 \div 10$
Ультрақысқа толқындар: метрлік	$10 \div 1$
Ультрақысқа толқындар: дециметрлік	$1 \div 0,1$
Ультрақысқа толқындар: сантиметрлік	$0,1 \div 0,01$
Ультрақысқа толқындар: миллиметрлік	$0,01 \div 0,001$

# Инфрақызыл сәуле

- **Инфрақызыл сәуле** – көрінетін жарықтың қызыл бөлігі (0,74 мкм) мен қысқа толқынды радиосәуленің (1 – 2 мм) арасындағы спектр аймағына орналасқан электромагниттік сәуле. Инфрақызыл сәуле қыздыру шамын, газразрядты шам шығаратын сәулелердің едәуір бөлігін құрайды
- **Инфрақызыл сәулелер** - Толқын ұзындығы 760 нм-ден 2 мм-ге ( $\lambda = 0,74 \text{ мкм}$ ) және ( $\lambda \sim 1\text{—}2 \text{ мм}$ ) дейінгі аралықта жататын электромагниттік сәуле. Инфрақызыл сәуле қыздыру шамын, газразрядты шам шығаратын сәулелердің едәуір бөлігін құрайды. Инфрақызыл сәулелер электромагниттік толқындар шкаласында радиотолқындар мен көрінетін жарық арасындағы бөлікті алып жатады. Инфрақызыл сәулені 1800 жылы ағылшын ғалымы В.Гершель ашты.

Инфрақызыл сәулелер толқын ұзындығына байланысты үшке бөлінеді:

- жақын (0,75—1,5 мкм);
- орташа (1,5 – 5,6 мкм);
- алыс (5,6—100 мкм).

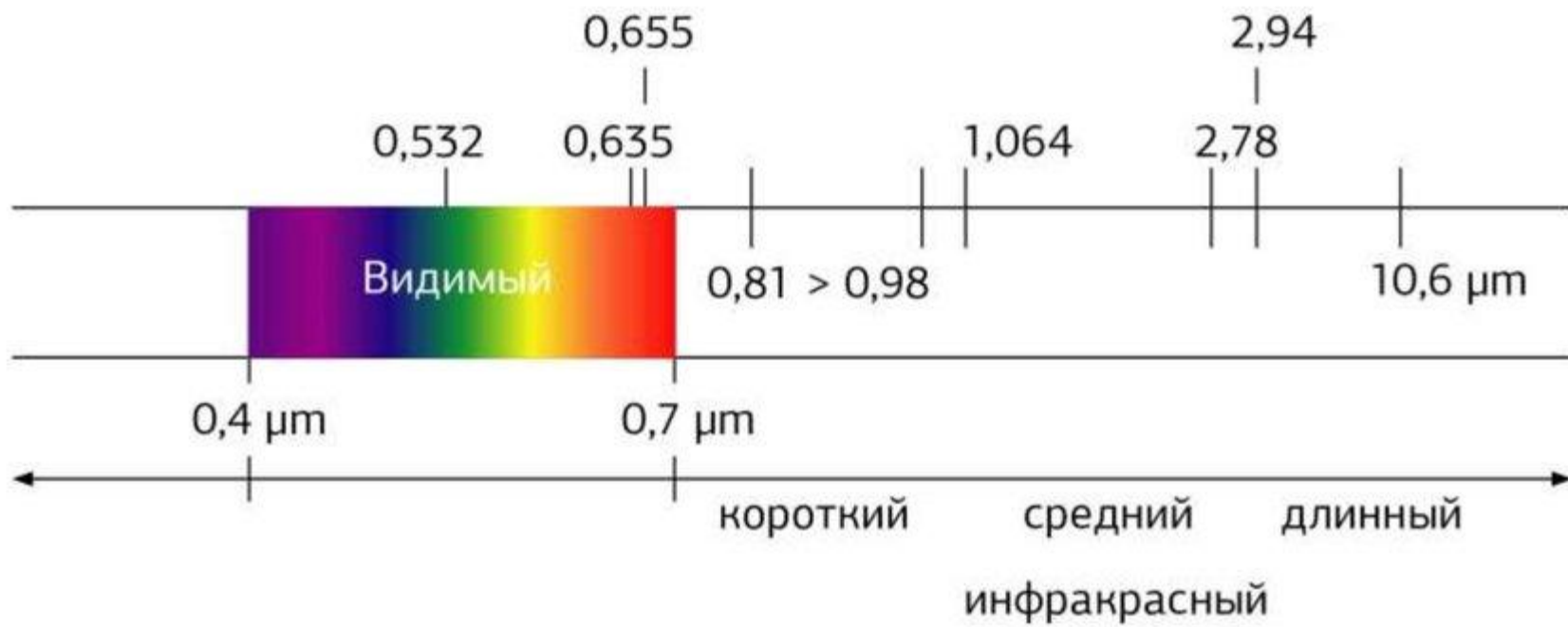


# Жарық

- **Жарық** – қуаттың бір түрі. Осының арқасында тірі жаратылыстардың барлығы, оның ішінде адам баласы да айналасындағы әлемді көре алады. Жарықтың өзі көзге көрінбейді, алайда өзі басқа заттардың барлығына көруіне себепші болады. Ол түзу сызық бойымен қозғалады, жолында мөлдір емес зат кездесе, сол заттың көлеңкесі пайда болады. **Көлеңке дегеніміз**- жарық көзіне қарама-қарсы жақта пайда болатын қараңғы аймақ.
- Тар мағынада – көрінетін сәуле, яғни жиілігі  $7,5 \cdot 10^{14} - 4,0 \cdot 10^{14}$  Гц аралығындағы адам көзі қабылдайтын электрмагниттік толқын;
- Кең мағынасында – қабылданатын сәулемен бірге спектрдің ультракүлгін және инфрақызыл аймағындағы сәулелерді де қамтитын оптикалық сәуленің синонимі.

# Жарық жылдамдығы

- 'Жарық жылдамдығы,  $c$ ' – кез келген электрмагнитті толқындардың (оның ішінде жарықтың да) бос кеңістікте (вакуумдағы) таралу жылдамдығы; іргелі физикалық тұрақтылардың бірі. Жарық жылдамдығының шамасы материалдық дененің массасы мен толық энергиясы байланыстырып тұрады. Санақ жүйесі өзгерген кезде координатты, жылдамдықты және уақытты түрлендіру жарық жылдамдығы арқылы өрнектеледі. Жарық жылдамдығы алғаш рет 1676 ж. Юпитер серіктерінің тұтылулары арасындағы уақыт аралығының өзгеруі бойынша дат астрономы Ол Ремер өлшеді (бақылау нәтижесінде  $c=215000$  км/с болды). Жарық көзі ретінде лазерлерді пайдаланып жүргізген өлшеулер нәтижесінде жарық жылдамдығын өлшеу дәлдігі жоғары көтерілді:  $c=299792,5 \cdot 0,15$  км/с. Қазіргі кезде жарық жылдамдығының вакуумдағы мәні үшін ресми түрде  $c=299792,458 \cdot 1,2$  м/с  $\approx 3$  м/с қабылданған.





# Ультракүлгін сәуле шығару

- **Ультракүлгін сәуле шығару** — жарық сәулелері [спектрінің](#) күлгін бөлігіне іргелес, күлгін және радиосәулелер аралығында орналасқан, толқын ұзындығы 400—10 нанометр (нм) аралығына сәйкес келетін электромагниттік сәулелер. Толқын ұзындығы қысқарған сайын мөлдір денелердің оларды сіңіруі күшейе түседі, ал ұзындығы 100 нм-ден кем сәулелер толық ұсталып қалады. Көптеген ғарыш денелері, әсіресе Күн ультракүлгін сәуле шығарады. Жерге түсетін ультракүлгін сәулелер А (толқын ұзындығы 400—320 нм), В (320-290 нм) және С (290-40 нм) болып бөлінеді. "А" ультракүлгін сәулесі Жер бетіне көрінетін сәулелермен (жарық сәулелерімен) қатар келіп жетеді, айтарлықтай фотохимиялық әсері бар, мысалы, теріні "тотықтырады" (секпіл басып кетеді). "В" ультракүлгін сәулесінің едәуір бөлігі Жер атмосферасының озон қабатында тұтылып қалады, тірі протоплазманы жою қасиеті бар. Ол көп мөлшерде әсер еткен жағдайда теріні күйдіреді, қабыршақтандырады, тері обырының кейбір түрлерінің (базальдық клеткалар ісігі, терінің тікенек тәріздес клеткаларының обыры, меланома) себепші болады. Жер бетіне келіп жететін "С" ультракүлгін сәулесі толығымен дерлік атмосфера қабатында тұтылып қалатындықтан, Жер бетіне жетпейді.

# Тәжірибелер

- Инфрақызыл сәуленің анықталғанынан кейін, неміс физигі Иоганн Вильгельм Риттер спектрдің қарсысындағы, күлгін түстен толқын ұзындығы қысқа сәулені зерттеуді бастады. 1801 жылы көрінбейтін ол жарықта ыдырайтын күміс хлориді күлгін ауданның шекарасынан тыста орналасқан көрінбейтін сәуле әсерінен тезірек ыдырайтынын байқады. Күміс хлориді жарықта бірнеше минут ішінде күңгірттенеді, ал спектрдің әр бөлігі процесс жылдамдығына әртүрлі деңгейде әсер етеді. Күлгін түске дейінгі ауданда бұл процесс ең тез байқалады. Сол кезде көптеген ғалымдар жарық үш компоненттен құралады деген тұжырымға келді: тотықтандыратын(инфрақызыл), жарықтандыратын (көрінетін жарық) және тотықсыздандыратын (ультракүлгін).





# Рентген сәулесі

- **Рентген сәулесі** — гамма және ультракүлгін сәулелер арасындағы диапазонды қамтитын электромагниттік толқындар. Толқын ұз. 2 ангстремнен кіші Рентген сәулесі шартты түрде қатаң, 2 ангстремнен үлкен Рентген сәулесі жұмсақ *Рентген сәулесі* деп аталады. Рентген сәулесін 1895 ж. неміс физигі В.К. Рентген ашқан. Ол 1895 — 97 ж. Рентген сәулесінің қасиеттерін зерттей отырып, алғашқы рентген түтігін жасады. 1912 ж. Рентген сәулесінің дифракциясы ашылып, кристалдардың құрылымы периодты болатыны дәлелденді. 20 ғ-дың 20-жылдары рентгендік спектрлер материалдарға элементтік талдау жасауға, 30-жылдары заттың электрондық энергетик. құрылымын зерттеуге қолданыла бастады.

## *Рентген сәулесі түзілу механизміне байланысты үздіксіз және сызықтық болады.*

- Үздіксіз Рентген сәулесі зарядталған шапшаң бөлшектердің (мыс., катодтан ұшып шыққан электрондар) нысана атомдарының сыртқы электрондық қабаттармен әсерлесуі нәтижесінде пайда болады
- Сызықтық Рентген сәулесі — ішкі электрондық қабаттармен әсерлесуі нәтижесінде пайда болады.
- Рентген сәулесінің затпен әсерлесуі кезінде Рентген сәулесі жұтылады, шашырайды немесе фотоэффект құбылысы байқалады.



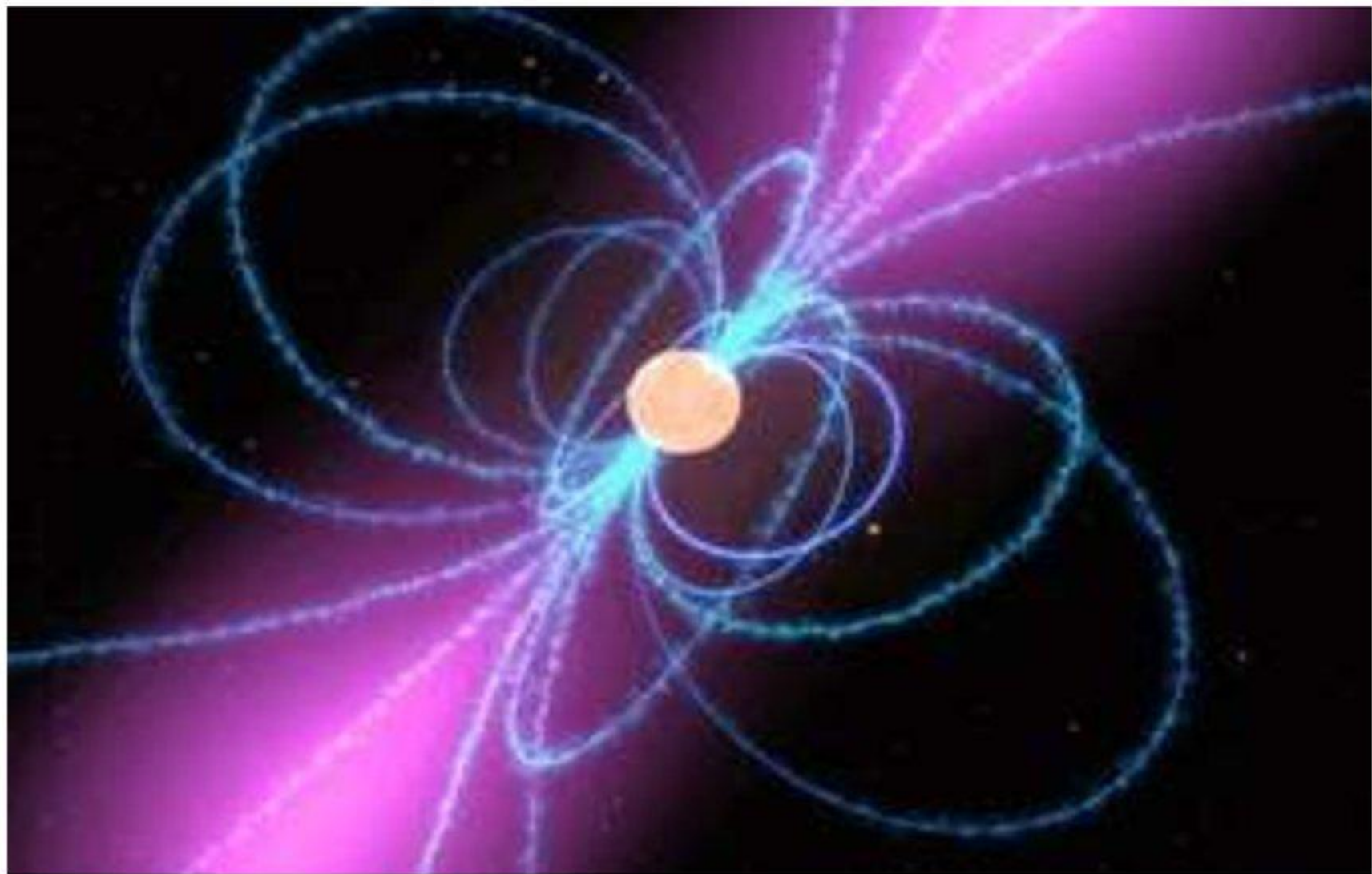


# Гамма-сәулелер

- **Гамма-сәулелер**( $\gamma$ -сәулелер) — табиғи және жасанды радиоактивті элементтер ядросынан ұшқындайтын қысқа толқынды электромагнитті сәулелер.
- Гамма-сәулелену (гамма-сәулелер,  $\gamma$ -сәулелер) - өте қысқа толқын ұзындығы -  $2 \cdot 10^{-10}$  м-нен аз, нәтижесінде айқын корпускулярлық және әлсіз толқындық қасиеттерімен сипатталатын электромагниттік сәулеленудің түрі.
- Бұл иондаушы сәуле, яғни радиацияға жатады. Затпен өзара әрекеттесуі әртүрлі белгілердегі иондардың пайда болуына әкелуі мүмкін.

# Тәжірибе

- 1900 жылы радиациялық сәулеленуді зерттеуде француз физигі Пол Виллард гамма-сәулеленуін анықтады. Радиациялық-226 иондаушы сәулеленудің үш құрамдасы магниттік өрістегі бөлшектердің ауытқу бағытында бөлінді: оң зарядталған радиацияның  $\alpha$ -сәулелері, теріс -  $\beta$ -сәулелері деп аталды, магниттік өрісте деформацияланбаған электрлік бейтарап сәулелену  $\gamma$ -сәулелер деп аталды. 1903 жылдың басында Э. Рутерфорд алғаш рет терминологияны қолданды. 1912 жылы Рутерфорд пен Эдвард Андрад гамма-сәулеленудің электромагниттік сипатын дәлелдеді.





# Электромагниттік толқындардың қасиеттері

- Электромагниттік толқындардың қасиеттерін толқын ұзындығы **3 см** электромагниттік толқын шығаратын арнайы генераторды қолданып зерттейді. Аса жоғары жиілікті генератор қоздыратын электромагниттік толқын рупор түрінде таратқыш антеннада ось бағытымен шығарылады. Қабылдағыш антеннаның пішіні дәл таратқыш антенна сияқты. Қабылдағыш антеннада кристалдық диод орнатылған, ол антеннада қозатын жиілігі жоғары айнымалы тоқты бір полярлы толықсыма тоққа айналдырады. Ток күшейтілгеннен кейін дыбыс қабылдағышқа немесе гальванометрге беріліп тіркеледі.

- Таратқыш және қабылдағыш рупорлардың арасына металл қаңылтыр қойылса, дыбыс естілмейді. Электромагниттік толқын металл қаңылтырдан **өтпей** **алмай шағылады.**
- Электромагниттік толқынның сынуын парафинмен толтырылған үшбұрышты призманы пайдаланып бақылауға болады. Электромагниттік толқын екі ортаны бөліп тұрған ауа-парафин және парафин-ауа шекараларынан өткенде сынған. Электромагниттік толқын **бір ортадан екінші ортаға өткенінде сыну заңының орындалатынын** зерттеулер көрсетті.
- Рупорларды бір-біріне қарама-қарсы қойып, олардың арасына түрлі диэлектриктер, мысалы, фанера, плексиглас және т.б. қойсақ, **толқынның жұтылатынын** байқауға болады. Жұтылу дәрежесі түрлі диэлектриктер үшін әр түрлі.



- Электромагниттік толқынның **E** және **V** векторларының бір-біріне және толқынның таралу бағытына перпендикуляр болуы оның көлденең толқын екенін көрсетеді. Таратқыш антеннадан шығатын толқынның электр өрісінің кернеулік **E** векторының тербелістері белгілі бір жазықтықта өтеді. Ал магнит индукциясының **V** векторының тербелістері оған перпендикуляр жазықтықта жасалады. Өріс тербелістері бір бағытта өтетін электромагниттік толқынды **поляризацияланған толқын** деп атайды.
- Кеңістікте екі немесе бірнеше таратқыш антеннадан таралған электромагниттік толқындар бір-бірімен қабаттасады. Жиіліктері бірдей екі толқын қосылғанда қорытқы толқын амплитудасының арту немесе кему құбылысын **толқындардың интерференциясы** дейді.
- Толқындардың түзусызықты таралуынан ауытқуын, бөгеттерді орағытып өтуін толқынның дифракциясы деп атайды. Толқын жолындағы бөгеттердің өлшемдері толқын ұзындығынан кіші немесе онымен шамалас болған жағдайларда **толқын дифракциясы** айқын байқалады.



## Үй жұмысы:

### 1 тапсырма

- Неліктен домбыра шанағында немесе басқа ішекті аспаптарда ойық жасалады?
- Жаңғырық деген не?
- Үй ішіндегі дыбыс даладағыға қарағанда неліктен қаттырақ естіледі?
- Жазық далада жаңғырық пайда болу мүмкін бе?
- Адам жаңғырықты есту үшін бөгет қандай қашықтықта болу керек?
- Неліктен тау баурайында жаңғырық бір емес бірнеше қайтара естіледі?
- Ультадыбыстың қандай ерекшелігі оны эхолокацияда қолдануға мүмкіндік береді?
- Ультрадыбыстарды, инфрадыбыстарды пайдалануға мысалдар келтіріңдер?

## ***2 тапсырма:***

***Электромагниттік  
толқындардың  
пайдасы мен зияны  
?????????***