

## Лекція. Спектроскопія. 20130216

На сьогоднішній день найчутливішими методами, для вимірювання фізичних величин, є **методи спектроскопії**. Тільки методи спектроскопії дозволяють проводити прямі дослідження фізико-хім. процесів, які лежать в основі всіх біологічних процесів. Наприклад таких як

**метаболізм** – (процес перетворення енергії та інформації, що забезпечує основу для функціонування організму). Метаболізм це фізика живих систем, що вивчає системи на різних рівнях організація біологічної системи. Тобто починаючи з рівня молекулярного, клітинного, переходячи до рівня організмів.

Ось з початком цих досліджень з фізичної точки зору, з т.з. фізики, перші важливі роботи були виконані **Гальвані 1786 рік**. Він перший який звернув увагу на електричні властивості м'язів і проводив відповідні експерименти. Саме з цього періода **1786 року** починається історія розвитку електрики.

І це почалось з так званої зеленої ропухи (класична жаба). Зеленої ропухи 8-10 видів. Приблизно 5 видів є на Україні. Типовий розмір жаби десь так по гелмгольцу 140 мм. Для кого вона інтересна, особливо для французів, а для нас протилежно. Електрику ми почали і освоювали завдяки гальвані і завдяки жабі. =)))

Гальвані був анатом, фізіологом, фізиком і перші дослідження, які йому вдалось зрозуміти – це скорочення м'язів. В результаті цього він отримав значення для потенціалів скорочення, при пропусканні струму через м'язові волокна. Так наприклад потенціал для жаби 0.5

Зараз при вирішенні сучасних наукових, практичних та технічних проблем в багатьох випадках застосовується -- **електромагнітне випромінювання**. В перу чергу, історично і практично дослідження проводилися за використання видимого діапазону. Це було обумовлено тією обставиною, що людина від Боженки отримала очі =)) . І людина бачить електромагнітне поле, яке лежить у видимому діапазоні. Більш широкий – оптичний діапазон. **Оптичний діапазон** починається десь з рентгенівського і більш червоної області. **Видимий діапазон** – те що ми бачимо. Від фіолетового (390 нм і десь до 780 нм.). \* *Оптичний діапазон випромінювань* - діапазон електромагнітного випромінювання з довжинами хвиль від 10 пм до 1 мм. Оптичний діапазон підрозділяється на чотири області: *рентгенівську* (10 пм — 5 нм), *ультрафіолетову* (5—380 нм), *видиму* (380—770 нм) *та інфрачервону* (770 нм - 1 мм). Інфрачервона область включає короткохвильову (0,77—1,5 мкм), середньохвильову (1,5—20 мкм) і довгохвильову (20 мкм — 1 мм) ділянки. Зазначені границі діапазонів і області довжин хвиль умовні, а наведені довжини хвиль дійсні для вакууму.\*

При цьому в першу чергу було проведено відповідні аналізи речовин, використовуючи методи поглинання, або методом випромінювання при дослідженні властивості емісій, або явищ взаємодії випромінювання з речовиною. Історично дослідження були проведені при прямому спостереженні випромінювання і тому виникла фотометрія. **Фотометрія** пов'язана з тією обставиною, які проводять випромінювання, були прив'язані до ока.

\* Фотометрія – це розділ фізики, в якому вивчаються величини, що характеризують електромагнітне випромінювання та техніку його вимірювання. Людське око може сприймати електромагнітні хвилі довжиною  $\lambda$  від 0,38 до 0,76 мкм і найчутливіше до зелених променів ( $\lambda=0,556$  мкм).

Одиницею сили світла І є кандела (кд). *Кандела* – сила світла, яке випускається з поверхні площею  $1/600000$  м<sup>2</sup> повного випромінювача в перпендикулярному напрямі, при температурі випромінювача, що дорівнює температурі твердіння

платини при тиску 101325 Па. Світловий потік  $\Phi$  – це кількість теплової енергії,

$$\Phi = \alpha \frac{W}{\tau}$$

що проходить через деяку поверхню за одиницю часу.

де  $\alpha \leq 1$  – функція видимості людського ока, яка дорівнює нулю, коли довжина хвиль  $\lambda < 0,38$  мкм і  $\lambda > 0,76$  мкм і дорівнює одиниці при  $\lambda = 0,550$  мкм.

Одиниця світлового потоку в СІ – люмен,  $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot 1 \text{ ср}$ .

Світловий потік дорівнює добутку сили світла джерела на тілесний кут  $\omega$ , в який посилають випромінювання :  $\Phi = I \cdot \omega$

Якщо джерело випромінює світло рівномірно у всіх напрямках, то сила світла:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}$$

Відношення світлового потоку  $\Phi$ , що падає на поверхню площею  $S$  до цієї площі, називають освітленістю  $E$ :

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

За одиницю освітленості в СІ приймають люкс (лк). Освітленість поверхні точковим джерелом прямо пропорційна силі світла джерела, косинуса кута падіння променів і обернено пропорційна квадрату відстані від джерела до поверхні: \*

Дослідження випромінювання з речовини, при вик. оптичного випромін для діагностики захворювання, для хірургічних дій, і в першу чергу завдяки дій, з 1954 року почали використовувати лазери як скальпелі. Хірургічні операції з лазером були дуже чисті. ( Т.е. на фотонах бацили не тримаються. І тому все що ріжеться фотонами то все дуже дуже чистесінько. =))).

Відомо, що відповідно кожній довжині хвилі відповідає і частота. Суттєво залежить від на півширини лінії випромінювання. Найбільш вузькі лінії випромінювання здійснюються тільки завдяки когерентному випромінюванню фотонів. Тобто ще означає, по ГОСТУ монохроматор випромінювання вважається монохроматичним якщо він має  $\Delta\lambda = 10$  нм, якщо більше – то не монохроматичне випромінювання.

З врахуванням різних довжин хвиль випром. виникають цікаві аспекти:

- 1) В інституті онкології професор Гамалея Микола Дмитрович перший застосовував лазери рубіновий і неодимовий для проведення хірургічних операцій. Раніше це було в мед. зроблено в США. (**Якщо ви бували на пляжах, в Одесі, в Ялті і т.д. ви бачили людей, частіше їх називали моряки, в яких були наколки і ці наколки дійшли до такого рівня, що на спині і на грудях цілі картини розвора чуються. Навіть є така ситуація як жива картинка. Тобто якщо людина йде а там кишка і мишка. І мишка ховається, ну в ж... коли кішка кидається. Були всякі тези «Матір рідну не забуду». У деяких були портрети наших марксистів.XD**)

Для виведення таких татуювань і застосовуються лазери. В залежності від кольору татуювання, вибирається довжини хвилі випром лазера. Наприклад, якщо синя краска, то мається досить великий коеф поглинання для гелій неоновий. В результаті проводити, фарба прогривається і випаровується ( між іншим практично, треба вик. нормальний гелій неоновий лазер 15-20 мВт на опромінювання іде за сеанс це приблизно 10 сенасів(+ -) повністю зникають гріхи які там виникли. І ще цікаво : Такий був експеримент. 100 здорових і 100 помічених мишок краскою. Всіх опромінювали лазером.

Була окрема робота по визначення впливу когерентного випромінювання на людину. З'ясувалось, що із 100 і 100 мишей загинули на 50 %та 50% але раку не помітили. )

### **Оптична спектроскопія**

важливішою особливістю оптичного діапазону це можливість *викор геометричну оптику.*

В діапазоні від мм і суб мм хвиль (від см до 1 десят мм) і далі іде перехід на інфрачервону область. Головна *відміна оптичного випромінювання від рентгенівського* випромінювання є суттєва проникність відповідних довжин хвиль. Таким чином ділянку спектру від **10 до 1 нанометра** можна рахувати **перехідною межею між рентгенівським і опт. діап.**

Випромінювання яке досліджується несе інф про хім. склад речовини, про агрегатний стан, про температуру рівня яке збуджує температуру рівня речовини. А збудження говорить про виконання реакції.

Інформація в світлі зосереджується і визначається по параметрам: по потужності по ширині та формі спостережених смуг, поляризації, особливості полярзації і безумовно по параметрам збудження середовища.

Наука оптика існує по деяким міркуванням різних авторів існує приблизно *5 тисячоліть*. Минуле оптики це еволюція ідей експериментальних методів, відкриття, які змінюються відповідно і уточнюються які відбуваються в сесвіті.

Суттєвим розвитком опт науки припадає на 19 та 20 століття. Саме в цей період були зроблені найважливіші відкриття, і це відноситься до теор. відносності, квантової електроніки, лазерної фізики, оптоелектроніка, теорія ядра і багато інших аспектів, які мають і впливають на оптичне уявлення людей.

Треба сказати так що безумовно важко дати строге та вичерпне визначення поняття оптики. В різні епохи її зміст суттєво змінювався в залежності від епох і взагалі заганання були трансформовані, вдосконалені і більш з'ясовані.

### **Оптика**

Можна так сказати що оптику можна умовно розділити на **2 основні розділи**

- 1) Розділ. **Фізична оптика**. Яка вивчає процеси випромінювання що розповсюджуються в різних середовищах. + взаємодія світла з речовиною + такий великий розділ *фізіологічна оптика* (розділ фізіології й оптики, що вивчає закономірності сприйняття світла органом зору й зоровим аналізатором людину) і окремо розділ який називається *фотометрія*. Тобто кількісні виміри і відповідно якість цих вимірів.
- 2) Розділ. **Прикладна оптика**. Вона досліджує закономірності формування і перетворення опт зобр за доп опт приладів. Сюди : *оптичне метріалознавство і технології в оптиці*. \* **Матеріалознавство** — міждисциплінарна галузь науки, яка вивчає залежність між хімічним складом, будовою і властивостями матеріалів, а також впливом на їх будову і властивості теплових, хімічних, електромагнітних та інших факторів. Тут при опроміненні і оптичному діапазоні \*

Безумовно розділення оптики на фізичну та прикладну суттєво умовне. В той же час гілки оптики 1 та 2 тісно переплітаються між собою і утв загальне уявлення оптики в цілому. Тепер треба відмітити що

**Світло** – електро магнітне випромінювання – джерело енергії і є основою життя. Це є об'єктом вивчення минулих століть.

\* **Світло** — електромагнітні хвилі видимого спектру. До видимого діапазону належать електромагнітні хвилі в інтервалі частот, що сприймаються людським оком ( $7.5 \times 10^{14}$  —  $4 \times 10^{14}$  Гц), тобто з довжиною хвилі від 390 до 750 нанометрів.

У фізиці термін «світло» має дещо ширше значення і є синонімом до оптичного випромінювання, тобто включає в себе інфрачервону та ультрафіолетову області спектру. Властивості світла вивчаються розділами фізики оптикою та спектроскопією.\*

**Зір** – джерело інформації про навколишній світ. 90% несе інформації з зовнішнього миру. Розвиток людського інтелекту в значній мірі пов'язаний з оком. Загальний тезис випромінювання сонця породило життя на землі. Саме енергія сонця підтримує антиентропійний процес, який йде в розріз до основ термодинаміки. Бо всі процеси які йдуть завдяки класичної фізики, термодинаміки, направлені

*\*ДОДАТОК: Антиентропийные процессы*

*Второе начало (закон) термодинамики – раздела физики, изучающего превращения энергии во всех ее формах (теплота, работа, электричество и др.), - устанавливает наличие в Природе фундаментальной асимметрии, то есть односторонности всех происходящих в ней самопроизвольных процессов. Это означает, что все виды энергии во Вселенной необратимо превращаются в теплоту, которая, в свою очередь, передается от тел, более нагретых, к телам, менее нагретым. В результате температура всех тел во Вселенной выравнивается на низком уровне, и наступает т.н. «тепловая смерть», обусловленная прекращением всех форм движения материи.*

*Второе начало термодинамики гласит: все естественные процессы в природе сопровождаются ростом энтропии.*

*Энтропия – функции состояния термодинамической системы, характеризующей меру преобразования порядка в беспорядок (хаос, деградация).*

*«Основываясь на втором начале термодинамики, мы считаем, что качество энергии неуклонно понижается; по мере того, как она все более вырождается и наступает состояние хаоса, все события и явления становятся существенно необратимыми. Энергия диссипирует (теряет энергетический потенциал) везде и всегда; мир – это средоточие явлений вырождения. Мы – дети хаоса, и глубоко в основе каждого изменения скрыт распад. Изначально существует только процесс рассеяния, деградация; все захлестывает волна хаоса, не имеющего причины и объяснений. В этом процессе отсутствует какая-либо изначальная цель, в нем есть только непрерывное движение» (155, с. 199).*

*В материалистической парадигме прошлого века сложилось мнение, что процесс деградации энергии, стремление всего окружающего нас мира и нас самих к хаосу, распаду, к смерти характеризуется ростом энтропии.*

*Однако, ученые, изучив свойства времени, пришли к выводу (156, с. 234): «Во Вселенной нет никаких признаков деградации, которая вытекает из второго начала; ...в целом влияние активных свойств времени проявляется в противодействии наступлению тепловой смерти».*

*Энтропия, как величина, пригодная для количественной оценки исключительно идеальных (равновесных, обратимых) процессов, была введена в термодинамику Р.Клаузиусом в 1865 году. Для изучения же реальных (неравновесных, необратимых) процессов энтропия Клаузиуса непригодна.\**

Розвиток рослинного тваринного світу залежить від : сонячного випромінювання, енергетичний максимум якого припадає на оптичний діапазон.

Універсальний механізм фотосинтезу перетв. енергію в інші форми. Сонечко управляє складними закономірностями, циклічних, сонячно земних зв'язків, які керують процесами живої та не живої природи. =)))

За сучасних даних **вік людства** приблизно дорівнює 2.6 млн років. Архіологи ділять історію людства на 3 етапи:

- 1) Кам'яний період. Триває до 3 тис до н.е.
- 2) Бронзовий. 1000 років.
- 3) Залізний. Сьогодні в ньому живемо.

Приблизно 150 тис. років люди навчились добувати вогонь. Знаменний початок оптики. Це було початком оволодіння джерелом тепла, світла, переходом до нових тех. Розвиток знарядь і полювання.

Період від 40 до 10 тис. років до н.е. почалися соціальні процеси розділення праці та вдосконалення ремесел.

За даними археологів на зміну людини неандертальського типу прийшов так званий неандерталець з Німеччини і це почалось приблизно 250 тис. тому років. Потім прийшла людина -- кроманйонець. Він в'явився в Франції.

З іншого боку сонце було родоначальником життя, яке виникло на землі. 3 млрд. років ця машина живе. Таким чином енергетична машина стимулює появу нових форм. І ств. складні і вдосконалені організми.

*Перші організми: інфузорія туфелька.*

*Важливі пару моментів.*

**Перенос сонячної енергії** здійснюється декількома шляхами. Перше. ЕМХ – фотони. Температура сонячної поверхні  $T = 6000 \text{ }^{\circ}\text{C}$  а в центрі, де ядерний процес відбувається,  $T = 10^6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Кожну секунду сонячне випромінювання втрачає приблизно 60 млн. тон водню, який переходить в гелій. Приблизно за 5 млрд. років Сонечко втратило, за рахунок випромінювання 1% своєї маси. ( печалька =((( )

Біля 10 % сонячної енергії доходить до земної поверхні. Ультра фіолетове випромінювання (50%), далі випромінювання видимого діапазону і інфрачервоного (40%). Значний вплив на земну пов. відбув за рах сонячних плям. Енергія передається зарядженими частками. Принциповий момент який дискутується на всіх рівнях – процес зародження життя.

### **Процес зародження життя.**

Полягає з утворенням довгих сполук – вуглецю. Органічні сполуки утворенні на базі вуглецю -- органічна хімія. Цей вуглець утв скелет органічних молекул. Процес абіотичними методами, тобто поза живих організмів призводить до ств більш складних сполучень вуглецю, які утворюються завдяки випромінюванню сонця.

В живій клітині виникають різні хім. процеси в клітині і ці реакції відбуваються з швидкістю в 2 – 3 секунди. Зокрема хімічний синтез інсуліну під дією відповідних гормонів, які керують вуглецевим обміном, здійснюється за 223 етапи.

Виявляється, це етапи які можуть і вміють штучно викликати хіміки. Наприклад, вони можуть синтезувати молекули інсуліну. Природнім методом інсулін нормальна людина отримує за 2 – 3 секунди. (3 роки - десять спеціалістів).Переведення реакцій на основі синтетичного, який виник при тепловому русі, хаотично розподіленими в просторі молекул можуть виникнути за тисячі мільйонів років. А так за допомогою використання різних вуглецевих сполук і високих енергій, ми можемо штучно синтезувати різні реч.

Ми всі побудовані на основі нуклеїнових кислот.

**15 останніх хвилин – не писав, було ліньки**

## Лекція 20130222.

Чинник, який забезпечив появу людини та появу всього живого -- радіоактивний ізотоп вуглецю 14. Хімічно активний вуглець 14 окислюється до CO<sub>2</sub>, I. Внаслідок цього появився фотосинтез. Так активний вуглець 14 окислюється до CO<sub>2</sub> і проникає в нижні шари атмосфери ( повний Бред, що він має на увазі не знаю !!! ).

Суть фотосинтезу полягає в утворенні з вуглекислоти в першу чергу повітря, ґрунтової вологи і відповідно похідних органічних сполук. В реакціях фотосинтезу приймає участь **хлорофіл**, який і на сьогодні є одним із важливіших компонентів яке забезпечує життя на планеті.

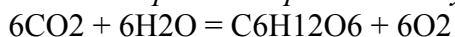
**Хлорофіл зелений.** Має таку особливість, що центральний атом в молекулі хлорофілу є магній. Магній в своєму направленні забезпечує червону речовину нашої крові, т.е. забезпечує кисень, який потім споживається організмом.

*Завдяки хлорофілу, рослини поглинають 3% енергії Сонця.* Це забезпечує синтез гігантської маси біосфери та зміну умов на безжиттєвий поверхні Землі.

\* **Хлорофіл** — зелений пігмент, присутній в клітинах рослин, деяких водоростей і ціанобактерій, що надає їм відповідного кольору.  
рейти до: навігація, пошук

**Фотосинтез** (від грец. фото- — світло та грец. σύνθεσις — синтез, сукупність) — процес синтезу органічних сполук з вуглекислого газу та води з використанням енергії світла й за участю фотосинтетичних пігментів: (хлорофіл у рослин, хлорофіл, бактеріохлорофіл і бактеріородопсин у бактерій), часто з виділенням кисню як побічного продукту  
Фотосинтез – єдиний процес у біосфері, який призводить до засвоєння енергії Сонця і забезпечує існування як рослин, так і всіх гетеротрофних організмів.

Узагальнене *рівняння фотосинтезу* (брутто-формула) має вигляд:



\*

Хлорофіл по своїй будові представляє типову антену, як в радіотехніці.

Хлорофілова антена має фотосинтетичну систему рослинного типу та бактеріологічного типу, за доп. якого виникають фотохімічні реакції.

Тепер треба мати на увазі такий чудовий аспект. Спектральний склад і енергетичне сонячне світло в наслідок достатнього часу, 1000 років, сформувало око, інших живих організмів, в т.ч. і Людину.

### **Око як базове джерело інформації (80 % інформації)**

Роль ока – приймач, який забезпечує інформацію і є суттєво необхідною системою життя. Скажемо так, що око повільно розвивалося одночасно з удосконаленням головного мозку. І на даному етапі стала на вершині внутрішніх органів відчуття.

Діапазон його спектральної чутливості (400 – 760 нм).

Відомий такий науковець, був директором інститута Гої це петербург, держ оптичний інститут. Він казав що відчуває 365 нм. А стандартна людина 400 нм.

Крючки Рождественского, який відповідає відповідній дисперсії.

. Сучасна оптична наука вона суттєво просунулася в дослідження властив. Ока.

І взагалі природного бачення. Однак залишилось багато невіршених питань. Відомо, що ембріон людини в процесі розвитку існування проходить основні етапи розвитку. У двохмісячного плоду в момент становлення кришталика, виникає окрім фоторецепторів та нервових клітин його проміжного мозку, третє око яке чомусь одразу починає атрофуватись і переходить так само в залозу епіфіз.

Епіфіз дає команду для вироблення відповідних гормонів специфічних для даної тварини. Особливість полягає в тому, що гормони існують коли є третє око, воно(око) чутливе в УФіолеті та інфра червоному діапазоні, відчуває хвилі ультра звуку. Це око мають земноводні і як на сьогоднішній день відомо, що морфологічний склад епіфіза багато в чому подібний клітині сітківки, яке має око людини.

Третє око це, імовірно, одно з прикладів глибинних проявів земних зв'язків, що встан процес еволюції життя.

Завдяки *Копилову* існують прилади хвильової терапії. ( як ми до нього перейшли хз ) На сьогоднішній день прилад копилова створено на базі нелінійних хвильових процесів які резонансно впливають на клітину. Так знаючи індивідуальний спектр випромінювання кожного мікроба ми можемо забезпечити деякі методи для знищення цих мікробів. За такою самою методикою, хоча в деякому випадку є деякі сумніви, відомо що 86.5% пацієнтів повністю позбавляються від раку.

Опромінювання методами Копилова, відповідно програми, 100% ракових захворювань – позбавляються. Область резонансних частот, на якій прац. 10 гц до 10Кгц відповідно програмами.

*Існує теза. \* немає ліків від всіх хвороб, але є хвороби від всіх ліків\*.*

Треба до всього відноситись об'єктивно і мало лі які можуть бути. Комусь воно

Історія **спектроскопії як науки** починалась з *відкриттям Ньютоном в 1666 році.* за доп. трьохгранної призми розкладу білого світла в 6 кольорів. Причому людське око отримало зразу великий багатий набір випромінювання. Приблизно через 130 років, Ріктер у 1830 році за доп. хлорного срібла відкрив УФ область. В тому ж 1800 році Гершель за доп. термометра відкрив існування ІЧ спектру.

1840 році. Син цього Гершеля виявив смуги ІЧервоного спектру.( дійшли до 25 мікрометрів) Він працював за доп. болометрів.

\* **Болометр** (дав.-гр. βολή - промінь і μέτρον - міра) - прилад для вимірювання енергії випромінювання . Був винайдений Самуелем Пірпонтотом Ленглі в 1878 р. Основний компонент болометра - дуже тонка пластинка (наприклад, з платини або іншого провідного матеріалу), зачорнена для кращого поглинання випромінювання. Через свою малу товщину пластинка під дією випромінювання швидко нагрівається і її опір підвищується. Для вимірювання малих відхилень опору пластинки її включають у вимірювальний міст, який балансує у відсутність засвічення.

Болометр чутливий до всього спектру випромінювання. Але застосовують його в основному в астрономії для реєстрації випромінювання з довжиною хвилі субміліметрової (проміжних між НВЧ та інфрачервоним): для цього діапазону болометр - найчутливіший датчик. Джерелом теплового випромінювання може бути світло зірок чи Сонця, що пройшло через спектрометр і розкладене на тисячі спектральних ліній, енергія в кожній з яких дуже мала. . І чутливість його рівномірна по всьому діапазону \*

За доп. вик. болометра дійшли до Ічервної області 250 мк. Треба відмітити що подальше просування в області ІЧ області почалось розвиватися за доп. Іч ґратки.

Однак була проблема зв'язана з тим, що спектральна густина потужності ІЧ випромінювання і інтенсивність спектра суттєво швидко падала.

Освоєння УФіол області дуже повільно розвивалася. По суті справи 18-19 століття, дало можливість зрозуміти як розвивається.

Так *Йоган Ріхтер* (вик результати Гершеля) просунувся до довжини хвилі 200 нм. (від пройшов від 200 до 125 нм) Але область починаючи десь з 200 нм, . Потребувала проведення робі у вакуумі, оскільки газу, в першу чергу азот, кисень, починали поглинати такі довжини хвиль.

( Крім того, треба було отримувати скло, яке пропускає довжини хвиль, якщо взяти хлоритову оптику, кальцій калій хлор 2 до 120 -180 нм. А далі почин шумовська область. Пізніше встановили вже втористолітєве скло (літій фтор) яке стало прозорим «=» 150 нм. Після того як Лайн побудував вакуумний спектрометр з увігнутою ґраткою. Він просунувся до довж хвиль 500 нм. ЦЕ ближче до ренг. Випром)

1906 р Лайман відкрив Лаймановську лінію для водню. І він отримав що серія Лаймана збігається до довжини хвиль від 126,6 нм. При подальшому зменшенні довжині хвилі коеф відбиття при нормальному падінні на ґратку була дуже слабенька і тому він пішов під малесеньким кутом попадання випромінювання на ґратку.

В1931 році. Таким методом отримано довжину хвилі 5нм і дошли до рентгенівської області. Починаючи з 1 нм.

Можна рахувати, що рентгенівська область. Всі області не мають іншої грані.

*Рентгенівська обл.. від 1 нм. до 0.01 нм.* Якщо прац.в в рентгенівській області ми автоматично отримаємо збільшене без всякої оптики зображення в 10 тисяч разів. Спрацює чиста голографічна система.

Треба відмітити що панування довгохвильового діапазону, що лежить за ІЧ областю.

Панування оптичного спектру пришли з відімого діапазону. 1920 році отримано випромінювання, генерацію для довжин хвиль 0.9 мм. Спрацювало оцей напрямом від 50 мм до 82 мікрометрів. . . . Для отримання, використовували металеву трису, занурену в масу. Джерела випромінювання викор оцю тирсу і отримали над високі частоти. Почила отримували генератори з довж хвилі 1 десята мкм.

Досягнення Теряковим. отримано клістроли. 45000 Мгц. амічаний мазер (1954) на частоті грубо 24000 Мгц. Перший був типа клістроли.

\* **Клістрон** — електроракуумна лампа, що використовується для підсилення високочастотного радіосигналу, і в якій енергія від модульованого пучка електронів передається електромагнітному полю резонатора. Клістроли використовуються у приймачах та передавачах комунікаційних та радіолокаційних пристроїв, а також у прискорювачах заряджених частинок.

### ***Принцип дії***

У клістролі електронний пучок рухається від катода до колектора, між якими прикладена постійна напруга, при цьому електрони пролітають повз два резонатори: вхідний та вихідний. Коливання електромагнітного поля в першому з резонаторів модулює пучок, змушуючи електрони в ньому групуватися в згустки, оскільки поле сповільнює електрони, що рухаються швидше, й прискорює електрони, які рухаються повільніше. У проміжку між вхідним та вихідним резонаторами електрони прискорюються, а у вихідному резонаторі віддають набрану енергію коливанням електромагнітного поля, набагато потужнішим, ніж коливання у вхідному резонаторі. У вихідному резонаторі вмонтована петля для виводу електромагнітної хвилі у коаксіальний кабель або хвилевід.\*

Був отриманий мегагерцовий магнітрон.

Лампа бігучої хвилі в ГГц. 3.4 ГГц.

Лампа оберненої хвилі. 2.6 до 13 ГГц.



Між іншим Девятков був людиною, яка був академік. Був одним із перших який почав будувати пеловізори. Які на сьогоднішній день мають суттєвіше значення для біологічних досліджень. Тепловізори. На сьогоднішній день найкращим дж. Рентг випром як супроводж рухом електрона на зовн полі.

Випромінювання дає синхротрон. Він дає можливість отримати суцільне випромінювання. Воно залежить від енергії електрона і від УФ випромінювання в вакуумному діапазоні.

На сьогоднішній день 21 століття. Значніший прогрес у спектроскопії пов'язаний з створенням лазерів, що є першими генераторами когерентного випромінювання.

## Лазери

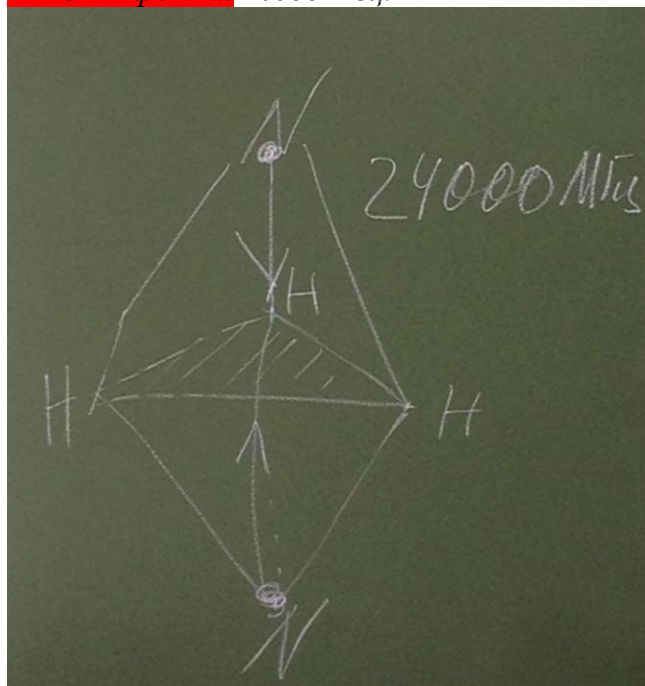
**Аміачний мазер** на основі аміаку. 1954р . ( *мазер* - випромінює когерентні радіохвилі у сантиметровому чи міліметровому діапазоні (довжина хвилі порядку сантиметра). – *тобто це радіодіапазон*

Генератори когерентного випромінювання характеризуються високою когерентністю. В дійсності коли ми отримуємо лазерні.. Напівширина лінії може досягати 1 соті а деколи і 1 тисячної нм. ( по ГОСТУ поч. 10нм – монохроматичне когерентне випром)

Я хочу нагадати ту обставину, якщо відійти до 1954 року. *Перші квантові генератори*. США- Чарльз Таунс, СРСР- Басов Микола Григорович і Прохоров Олександр Михайлович. Практично одночасно отримали квантовий генератор. Отримали реальний працюючий квантовий генератор 1954 році. Принцип отримання був у обох один і той же.

Використовували аміак. З точки зору з радіоспектроскопії ... Квантовий генератор для аміаку. Він виглядає таким чином.

**IPHONE фотка.** 24000 Мгц.



1.25 см/2 **точність.**

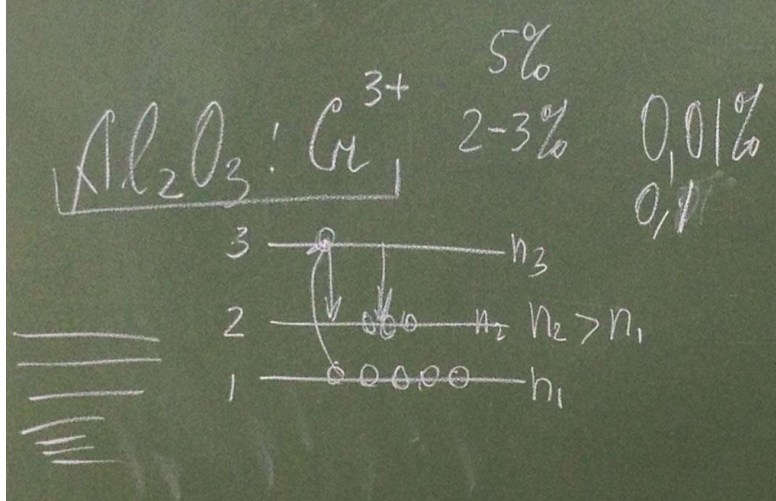
Якщо ми візьмемо уран то можна на основі спектроскопії розрізнити 238 і 235 радіоактивний.

В видимому діапазоні квантовий генератор був реалізований на рубіні  
 $Al_2O_3 : Cr^{3+}$  - рубіновий лазер

Якщо ми маємо звичайну температуру, то електронники лежать тут. Якщо ми цю систему накачуємо, то ми повинні її так накачати, вони повинні піти на верх, вони спонтанно пригають на другий рівень. Але  $n_2 > n_1$ .

Перша генерація була зроблена Нейманом.

IPHONE фотка 2.  $Al_2O_3:cr^{3+}$



Перші два генератори були ств на аміку в 1964 році Басов, Прохоров і Таус отримали нобелівську премію в області «За фундаментальні дослідження в квантовій електроніці». Відповідно держ стандарту всі **квантові генератори наз лазерами**.

**Твердотільні лазери.** Як правило використовують діелектричні кристали.  
**Напівпровідникові лазери.**

**Рідинні лазери.** Фазери на атомних переходах.

**Газові** на молекулярних і на йонних переходах. На космічних апаратах використ фотодисаційні лазери бо живляться від сонця.

Маються електронно іонізаційні лазери (плазмені), газодинамічні лазери – бо це лазери які працюють на теплових ефектах і дають високо когерентне випромінювання. Найбільш прогресивні і бажані **хімічні лазери**. Теоретично люба хім. реакція буде давати квантовий перехід. Це може бути 100% генерація корисної дії.

1960 ККД на рубіні 0.001% (З точністю 963 нм можна було виміряти відстань від нас до Місяця). Зараз 0.01-0.02%.

Краще працювати на ніодімі. Як правило 1.06 мкм.

**Плазмові лазери.** Дуже цікаві ексимерні лазери. Це розуміється така ситуація. Це дуже важливий момент. У ексимера дуже великий ККД. Отримували 12-15%. Це молекули які не існують у нормальному стані, це молекули, іони інертних газів з хлором або киснем. І отримуємо відповідно великі довжини хвиль.

\*

**Ексимерний лазери** - це група лазерів, в яких типовою активним середовищем є суміш інертного і галогенні газів. Термін "Ексимер" - аббревіатура англійського словосполучення excited dimers (порушені димер), що означає нестабільне, що існує лише у збудженому електронному стані димерів цих газів. При переході ексимерний молекул в основний стан випускаються високоенергетичних фотони УФ-світла. При різних комбінаціях інертного і галогенні газів електролюмінісцентним можуть випромінювати короткі (наносекундні) імпульси світла на різних довжинах хвиль УФ-області спектру:

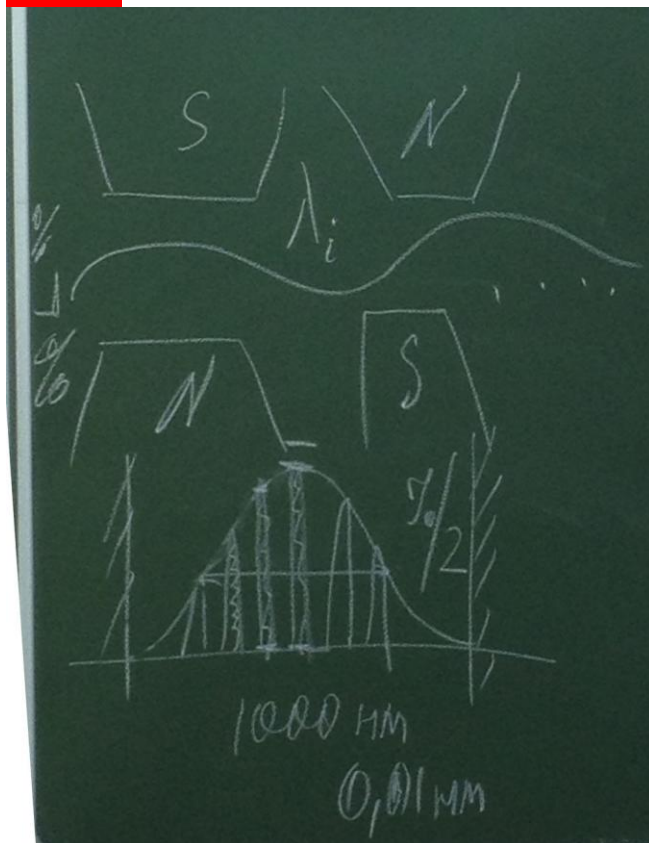
фтор - 157 нм, аргон-фтор - 193 нм, криптон-хлор - 222 нм, криптон-фтор - 248 нм , ксенон-хлор - 308 нм, ксенон-фтор - 351 нм. Тривалість імпульсу - 10 -16 нс. Глибина впливу на живу тканину - до 60 мкм.\*

Лазери, засновані на цьому принципі, були створені в 70-х роках, є джерелами УФ-випромінювання та використовуються у багатьох галузях науки.

#### Є лазери на вільних електронах.

На сд. Це досить кладна система одулятори , яка скл з такої системи

**ФОТО3:**



Таких лазерів декілька. Їх мало прох дослідження.

**Рентгенівські лазери.** Проблеми зв'язані з накачкою таких систем.

**Гамма лазери.** Ще короті довж. Звиль.

**Світлазери.**

**Лазери на барвниках.**

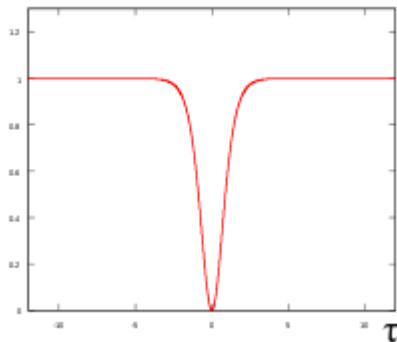
**Лазери на комбінаційному розширюванні світла.** Підсилювачі на комбінаційному розсіюванні світла.

\* **Комбінаційне розсіювання світла** (ефект Рамана) - неупруге розсіяння оптичного випромінювання на молекулах речовини (твердого, рідкого або газоподібного), що супроводжується помітною зміною частоти випромінювання. На відміну від релеевського розсіювання, у разі комбінаційного розсіювання світла в спектрі розсіяного випромінювання з'являються спектральні лінії, яких немає в спектрі первинного (збудливого) світла. Число і розташування з'явилися ліній визначається молекулярною будовою речовини.\*

Передача інформації з використанням нелінійної оптики зумовили виникнення поняття **солітонів**

## Солітон

\*



**Солітон** — структурно стійка усамітнена (відокремлена) хвиля, що розповсюджується в нелінійному середовищі. Солітони поведуться подібно до частинок (тому їх можна називати частинкоподібними хвилями): при взаємодії один з одним або з деякими іншими збудженнями вони не руйнуються, а рухаються, зберігаючи свою структуру незмінною.

( За Дразінім та Джонсоном )Згідно з цим визначенням солітоном називають хвильове збудження в нелінійному середовищі, яке задовольняє наступним трьом вимогам:

1. воно розповсюджується з постійною швидкістю, не змінюючи при цьому своєї форми;
2. воно локалізоване у просторі;
3. воно не змінюється після зіткнення з іншим таким же збудженням (окрім можливого зсуву фаз).

На солітонах без підсилення поетапно можна передати інформацію на 34 тисячі км

Новий прогрес для покращення передачі інформації був пов'язаний з відкриттям – **волоконних лазерів**

\* **Волоконний лазер** - лазер, активне середовище і, можливо, резонатор якого є елементами оптичного волокна. При повністю волоконній реалізації такий лазер називається суцільноволоконним, при комбінованому використанні волоконних і інших елементів в конструкції лазера він називається волоконно-дискретним чи гібридним. Волоконні лазери застосовуються в промисловості для різання металів і маркування продукції, зварюванні і мікрообробки металів, лініях волоконно-оптичного зв'язку. Їх основними перевагами є висока оптична якість випромінювання, невеликі габарити і можливість вбудовування в волоконні лінії.

На сьогоднішній день рівень можливостей спектроскопічних властивостей того чи іншого об'єкта – фантастична по точності і однозначності отриманих результатів. Вирішення спектроскопічних досліджень без створення спектральних приладів було б не можливо .

Перша людина яка запропонувала і зробила спектральний прилад у 1802 році був Волластон. Призма Волластона була у Лансберга була центральною фігурою для побудови поляризаційних приладів. Волластон вперше: ввів поняття показника заломлення, спостерігав темні лінії в сонячному спектрі.

Основна заслуга відкриття дискретних спектрів належить Фраунгоферу. В 1914 році Фраунгофер отримав фраунгоферову лінію.

\* **Фраунгоферові лінії** — лінії поглинання видимі на фоні неперервного спектру сонця та зірок. Були відкриті і досліджені німецьким фізиком Йозефом Фраунгофером у 1814 у при спектроскопічних спостереженнях Сонця. Фраунгофер виділив і позначив понад 570 ліній, причому сильні лінії отримали літерні позначення від А до К, а слабші були позначені рештою літер. В наш час астрономи виділяють у спектрі Сонця тисячі фраунгоферових ліній.

За спектром ліній поглинання можна судити про хімічний склад зоряних атмосфер. У 1859 у Кірхгоф і Бунзен довели, що ідентифіковані лінії спектру емісії однозначно характеризують хімічні елементи, які їх випромінюють. Так було показано, що в атмосфері Сонця присутні такі елементи, як водень, залізо, хром, кальцій, натрій та ін. в різних стадіях іонізації. Саме на Сонці вперше спектроскопічними методами було відкрито гелій. На основі цього було встановлено також зв'язок ліній поглинання — Фраунгоферових ліній, на спектрі адсорбції з певним хімічним елементом, чи його іоном.\*

Таким чином подальший розвиток спектроскопічних приладів, які дозволяли визначати поглинання, випромінювання різних джерел світла, в першу чергу зв'язано з полем і таким чином на першому етапі з'ясувалась що наш всесвіт складений всього лише групо кажучи зі 100 елементів.

## Лекція 20130322. Спектроскопія

--

### Метрологія оптичної спектроскопії.

Лорд Кельвін стверджував: « Коли ви можете виміряти те про що говорите і виразити це числами, тоді ви децю знаєте про це.»

ЦЕ в першу чергу відноситься до метрології. Метрології оптичної спектроскопії.

\* **Метрологія** (грецька μέτρον — міра, λόγος - слово, вчення)- це наука про вимірювання, методи забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. Основне її завдання - установлення одиниць вимірювань фізичних величин, відтворення їх з допомогою еталонів, а також розроблення методів передачі розмірів одиниць вимірювань від національних еталонів через робочі еталони до робочих засобів вимірювань. Розрізняють *теоретичну, прикладну (практичну) і загальну метрологію*. Крім того, введення поняття «загальна» метрологія дало поштовх до появи ряду «галузевих» метрологій, наприклад, медичної, будівельної, спортивної, гравітаційно-релятивістської метрології тощо.\*

Оптична система.

Система мір будується з основних базових фізичних величин і є сукупність незалежних та похідних одиниць які захоплюють всі... між одиницями.

Основні визначаються рівняння між відповідними одиницями. Тобто відповідний зв'язок. Таким чином маємо ту обставину, що незалежні одиниці утв систему одниць яка застосовуються в той чи іншій галузі науки.

Одиниці вимірів зокрема, довжини або часу, за всю історію існування людства багато разів змінювалась. Про те було природним, що би всі держави отримали однакові універсальні одиниці вимірів.

*1790 року відбувся перехід до єдиних одиниць виміру.*

Це було зроблено установами Франції, яка запропонувала створити та узаконити єдину обов'язкову для всіх систем мір.

10сяткову систему мір запропонував Наполеон 1 Бонапарт. І вона була затверджена конвектом у 1994

Система одиниць, що складається з **основних одиниць виміру: довжина, маса і час.( саме в такому порядку)**

**Система СГС** була заснована як абсолютна система Гауса у 1833 році. І складалась вона з таких одиниць.

*Міліметр*

*Міліграм*

*Одна секунда.*

**Ця система одиниць використовується як універсальна фізична система сталих.** Крім цієї системи існує система яка базується на світових константах.

**Природнича система** – система одиниць виміру, що базується на світових константах.

**Гаусова система – абсолютна. На природних одиницях – це природна система.**

*Вперше хто її заснував- Макс Планк у 1906 році. Він перший хто спрямовувався отримувати природну систему одиниць.*

*Природна, бо викор за одиниці світові константи: Планка, Больмана, Надтонкої структури, Авогадро.  $h, N_a, k, a$*

**Одиниці можуть бути: кратними, дольними та позистивними.**

**1. Кратна** – у декілька разів більша за системну одиницю. Відносяться одиниці як: кПа, кВ, ТГц, *найбільша екса*  $10^{18}$ , пета  $10^{15}$ , тера  $10^{12}$  і т.д.

**2. Дольні одиниці**- така яка в цілу раз менше за системну або поза системною одиниць: Пікометр (пм), наносекунда ( $10^{-9}$  сек), фенто  $10^{-15}$ , йоктометр  $10^{-24}$  м. Мається спеціальна відома таблиця префіксів та множників за доп яких утв множники та часткові одиниці.

**3. Позасистемні одиниці.** Це така фізична величина, яка не входить до жодної з існуючих систем одиниць. Значного поширення набули одиниці тиску: атмосфера, бар, міліметр ртутного стовпа, міліметр водяного стовпа. Позасистемними одиницями часу є хвилина, година; одиницями довжини — ангстрем, світловий рік, парсек; одиницями площі — ар, гектар; одиницями електричної енергії — кіловат-година; одиницями акустичних величин — белл, фон, октава та ін. В астрономічних системах використовується довжина. Світловий рік. Це якщо перевести в систему міжнародної ( $9,47$  на  $10$  в  $15$  м). Паралакс  $3$  на  $9$  на  $10$  в  $15$  метра.

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ пм}.$

$9\ 460\ 730\ 472\ 580,8 \text{ км} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$

$1_{\text{пк}} \approx 206\ 264,8 \text{ а.о.} \approx 3,08568 \cdot 10^{16} \text{ м} \approx 3,2616 \text{ світлових років}.$  (парсек == паралакс – секунда)

1 ар дорівнює  $100 \text{ м}^2$ , або  $0,01 \text{ га}$

Один гектар означає площу квадрату  $100\text{м} \times 100\text{м}$ , дорівнює  $10\ 000 \text{ м}^2$  або  $100 \text{ а}$  або  $0,01 \text{ км}^2$ .

Всі позасистемні одиниці співвідношується із прийнятої в той чи інший момент системи одиниць. Як правило, це буде в першу чергу які називаються абсолютною системою. Бо перекликається з гаусом.

Позасистеми, незалежні які визначаються... : цецьсій, белл.

Довільні одиниці. Визначаються числа в інших одиницях. Вони можуть бути зв'язані але не прив'язані.

**Метрична система мір складається для СІ з одиниць виміру.**

Основна одиниця у системі вимірів, функціонально повинна бути незалежна від інших одиниць, які входять в систему мір. Входять в між нар сист одиниць.

Теоретично, можуть обрані бя величини. Ці величини, які можна виміряти на сьогоднішній день з найкращою точністю. Вони ввійшли в систему СІ.

**для СІ: м, сек, кг, А, В, К( кельвін), моль, Кд**

**і.** *Одиниця часу – секунда.* Термін секунда спочатку між іншим використовувався зовсім при іншому понятті. Секунда. Градус, який потім преїшов в секунду.

Градуса що відноситься до теплоти а потім вже трансформувалася в одиницю часу – секунду. Останнім часом в системі СІ використовуються як базову одиницю, яка наз *атомна секунда*, яка визначається коливаннями *цезійового лазера ЦеЗІЙ 133* що



відповідає еталону частоти і еталону часу. Паралельно існує астрономічне поняття секунди, яка має назву ЕФЕМЕРИДИННА СЕКУНДА.

**Ефемеридинна секунда** – це секунда, яка визначається в часі але в таблицях астрономічних. Тобто вона використовується при обчисленні небесних світил. Ця одиниця є стала. І вона завжди одна і так як і для систем і підсистем. Ми вимірюємо секунду, називаємо секунда, яка називається всесвітній час. Ця секунда розрах з точки зору обертання землі. Вона кожен час змінюється.. Це веде до величезної космічної катастрофи.

\* продолжительность одной эфемеридной секунды, равной 1/31556925.9747 тропического года. Так как тропический год не является постоянным, то за эталон принята продолжительность тропического года в фундаментальную эпоху 1900.0 янв.0, 12h ET., в таблицах Ньюкомба\*

У першому випадку **атомна секунда = 9 мільярдів 192 631 770 коливань довжини звилі у цезія**, який взагалі буде відповідним чином зафіксований як величина довжини хвилі. Визначається за доп інтерферометра майкельсена, що б пройшла кільк довж хвиль яка вийде на секунду і забезпечить метр.

Цей цезієвий еталон, цей еталон був введений в 1967 році на 13тій генеральній конференції по мірам і вагам.

Тут підкреслю: **похибка у атомної секунди:  $10^{-13}$  секунди.**

Означає: що дрейф в атомній секунді. **Дрейф за рік відбувається в  $10^{-12}$  секунди.** При цьому потужність випромінювання цезієвого генератора – 60 ват.

Треба відмітити, що різниця між ефемеридного часу, співпадає з частотою атомної секунди з точністю до  $2^{-9}$  секунди. Зеркала секунда = 0.99 секунди. Приблизно. Різниця між атомною і ефемеридною секундою. Для визначення ефемеридного часу тут можна провадити скажемо тропічного року, тобто це *проміжок часу між двома послідовними проходженнями центра сонячного диска через точку весняного рівнодення.* Вона буде відповідати для тропічного року землі. Це буде так: 365 діб, 5 годин, і 48 хвилин. При цьому можна ще додати 47 секунд. Ці секунди потім виявляються великі катастрофи існування нашої системи.

**Кутова секунда** – позасистемна одиниця. Це одиниця плоского кута, який дорівнює **4,8 на 10 в мінус 6 рад.**

2. Відносно *одиниці довжини метра в системі СІ.* Метр –

Практично до 1960 року, міжнародна система метра була яка наз **ШТРИХОВА МІРА ДОВЖИНИ.** Вона дорівнює  $10^{-7}$  частини однієї четвертої довжини парижського меридіана. В 1960 році відповідно рішення 11 ген конф по мір та ваг.

*1 метр = 1 мільйон, 650 тисяч 763 і з хвостиком, довжини хвиль, які випром в вакуумі на переходах атомах криптона.* Обов'язково повинен бути 86 елемент, який дає довжину *хвилі 605,61 нанометра.*

**Похибка у криптона на секунду.  $10^{-6}$ .**

3. *Одиниця маси кілограм.* Треба підкреслити що в сист **СІ кілограм, єдина основна одиниця – яка є штучною.**

**Еталон кілограма** маси є циліндр зі сплавами: платини - 90 %. іридій 10 %. Ця залізяка має 39 мм і висота теж 39 міліметрів. Її довго і тяжко робили, підгоняли. **Похибка кілограма – 2 на  $10^{-9}$ .**

Центральний оцей кілограм знх в між нар бюро мір і вагів. В Севрі під Парижем.



Таким чином, при встановленні метричної системи за один маси була принята маса за 1 кг що дор масі 1 дм кубічного чистої води при температурі 4 градуси Цельсія..

!!!! Тут є один момент, який спец зверт вашу увагу. Маса речовини – фізична величина, яка є мірою його інертності і гравітаційних властивостей. Для будь якої речовини . Але це все відноситься до *нерелятивістської механіки*. **Оця маса речовини є незмінна, при цьому інерційна і гравітаційна маси – вони однакові. !!!!!!!**

По кг треба відмітити такі моменти: правильно викон виміри, мається на увазі, що все відбувається при швидкостях менших швидкості світла світлу. Таким чином маса покою треба визначати в режимі покою. Ну скажемо, якщо ми візьмемо електронник, то його інерція, його енергія =  $E = m_0 c^2$

Це між іншим принциповий момент. Якщо в дійсності визначати масу електронника, то ми маємо таку ситуацію. Для маси електронника покою.

Найбільш об'єктивна ситуація відповідає  $m_e = 0,511 MeV$

Для протона  $m_p = 938,2 MeV$

Електрончика:  $m_n = 939,6 MeV$

Час життя електронника до спонтанного зникнення:

$$\tau_p = 10^{31} c$$
$$\tau_e = 10^{33} c$$

Таким чином на сьогоднішній день ситуація складається таким чином, що для мас елементарних часток, що таке маса – відповідної частки невідомо. Ці частки утворюють дискретний спектр системи реєстрації дозволяють визначити рівні цих рівнів, збудження оцих станів. Це невідомо... Що ж таке фізична сутність маси кілограму? Це проблема над якою вже дуже довго працюють американці. Дивуючись, що тут є різниця.(938 та 939).

Слідуюча одиниця – це одиниця кількості речовини в системі СІ.

N(CI).

Одиниця – це один моль. Це така кількість речовини яка має стільки формульних одиниць, скільки атомів вміститься в 12 грамів вуглецю дванадцятого. Кількість одниниць є стала авогадн ро. 6.02 на 10 в 23 на моль.

Н оце і кількість одиниць які будуть відповідати молю. Треба відмітити, що поняття моль поширюється на бя формульні одиниці. Філологи кажуть, що треба газати, речовина кількістю в один моль, або кількість одного моля речовини. А якщо буде сказано кількість речовини 1 моль то філологічно вони кажуть не правильно. А краще речовина кількістю в один моль.

тЕпер одинця світла. Проклятій царській росії замість лат слова кандела існувала свічка. На сьогоднішній день свічки не має. Є кандела в системі сі.

Коли казали свічка, то че розумілось , свічка вагою фунт, зроблена як свічка, оцю якравість яку дає це буде свічка.

В Сі основна одиниця сили світла, яка дорівнює випромінюванню з поверхні 1/60 см квадратного з такої поверхні, в якій наз абсолютне чорне тіло, зробленої з платини і так щоб температура була 2042 кельвіна при атм 41 КПаскаль і це випромінювання яке буде від такої системи буде відповідати 1 канделі. Тепер далі 1 термодинамічної температури в системі сі. Саме термодинамічної температури. Вона йде в одиницях кельвіна, вона в законена і прийнята з 1067 року наз вона кельвін без градуса кельвіна. І вона відповідає одной деленной на 273 і 63 сотих частини термодинамічної температури потрійної точки при нормальних умовах. Тиск 611 паскалів. І ця температура буде відповідати. 1 кельвін = 1 Цельсію по градусу. Прийнято оця одиниця кельвін в 1954 році. А сам Кельвін без градуса в 1967 році. І вона є відповідно 10тої генеральної конференції ПО МІРАМ І ВАГАМ.

Підкреслюю під температурою розуміють термодинамічну речовину, яка характ стан термодинамічної рівноваги. Мається на увазі маркоспомічної системи.

Слідуюча одиниця – одиниця електричного струму яка називається ампер. Під одним амером розуміється постійний струм, який при проходженні по двом паралельним провідникам нескінченної довжини, при цьому нехтують малою площею сеченія цих провідників, які на відстані два. По кожному іде 1 ампер, а різниця в один метр і при цьому виникає сила яка дорівнює 1 нютону. Тобто 10 в 5 дін. Сила з якою стандартний марохор тягне один грамчик. Тобто сила повинна бути в 1 нютон.

Інші аспекти. Вперше поняття основа фізичних величин, як ще зазначав карг Гаус. Що для фізичних вимірів достатньо три незалежних одна від одної фізичної одиниці. Всі інші можна визначити з цих трьох одиниць. Це відноситься до довжини, до маси, до секунди. В 1861 – 1870 рік. Комітет з електричних станів британської академії наук у складі самого кельвіна, максвела, джоуля, сіменса і таких видатних людей. Узаконила систему яка була СГС. Сантиметр, ГРАМ, Секунда. Відповідно рішенню оцих видатних фізиків були вирішено, 1 сили діна, 1 роботи ЕРГ, час це секунда. І це є система яку можна називати абсолютна електро магнітна система Гауса. Було декілька перетворень системи СГС. Перетв. Електричних ,магнітних, тисових систем. Мали вклив діелектрична проникність.

В той же час Планк, запропонував за Іцю систем одиниць такі величини. Значить він взяв такі величини які можна було спів ставляти з системою сі.

У планка. Стала гравітації на 1980 рік. А планк працював в 1900 році. А в 1980 року стала гравітаційна принята була такою  $G = 6,67 * 10^{-11} H * m^2 * кг^{-2}$  -1980 р. При цьому

$$C = 3 * 10^8 \frac{M}{c}$$

$$K = 1,38 * 10^{-23} ДЖ * K^{-1}$$

$$h = 6,63 * 10^{-34} Дж * c$$

Якщо ЦЕ Були одиниці а не система сі то повертаючи їх для системи сі то ми отримували такі величини. Одиниця маси. Це було б 5,434 сотих 10 в -35 м.

10 в мінус 33 см.

При такій параметрів системи вимірів. 3,63 сотих на 10 в 32 кельвіна

Не зручно з такими величинами працювати. Не сприяли. Випала.

В той же час існує інша метрична система одиниць. Система дугласа арки. Вона дуже зручна для розрахунків в ядерних системах. Якщо перевести на нашу звичайну систему вимірів, то вона теж буде дуже не приємна і не зручна. Повинні пам'ятати що існує декілька різних систем, що дозв впрров сис оцінки і вимірювання. Буде декілька різних ситуацій. Базуємось на абсолютній системі гауса, яка трохи трансформована і система природна не є зручною і тому ми і не користуємося. Тепер

Повернемося до 1799 році. На основі вимірів, причому методом тріангуляції по зіркам частим, дуги, по різкам меридіана, було виготовлено перший метр у вигляді платинової лінійки. Товщиною Довжина 25 мм в 4 мм і який мав відстань. Довжиною в один метр. Штрихований метр.

Чому штрихований. Його зробили як лінійку і робили таким чином. Отут на кінцях робилось по три штриха. З цієї точки зору що оця відстань.Оце метр.

Це повинно все бути в відповідному приміщенні, де витримується, відпов темп, тиск та газу, які напов це приміщення. Цей еталон по сей день зберігається в нац. Архіві франції і відповідно рішення метричної між нар комісії яка була створена в 1872 рок. Таким чином, практично 25 років це виміряли, робили творили і зробили оцей еталон.

Леонский астроном Мютом, запроп прийняти за метр ?? 1799. ...

1772 року Гюйгенс, пропонував зробити математичний маятний з довжиною коливання який дорівнює по довжині одному метру. При цьому півперіода повинно відповідати 1 секундї.

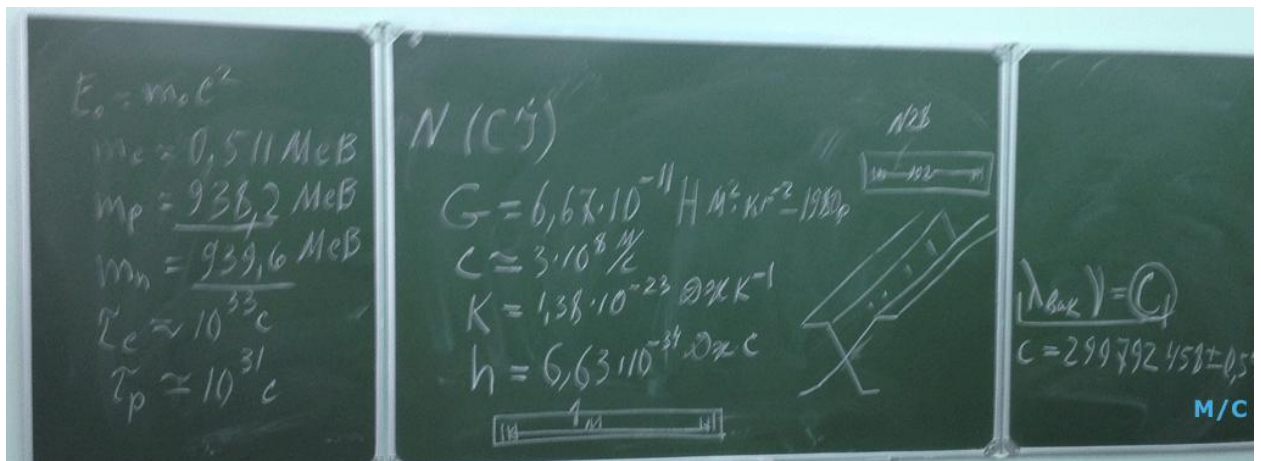
Таким чином поступово ситуація складалась таким чином, треба що б всі країни прийняли одну таку систему одиниць.

1775 році згідно рішень міжнародної дипломатичної конвенції, було підписано «Медична конвенція», відповідно цьому було зроблено 31 штриховий зразок метра. Взяли платину та іридій. 90 та 10 відсотків.

31 зразок методом жеребкування, росія 1875 рік отримала зразок №11 та №28. Славному 1918 році. 14 вересня. Зразок №28 був підтверджений декретом народних комісарів, і є основою на яку росія і далі корист зразком №28.. Найкращий зразок достався франції. Під номером 6. З'явувалось таким чином. Найкращий зразок відповідає одному метру. Всі інші були трохи різні. От 28 номер. Його номер був 102 см. Його потім переробили, таким чином, що оцей номер 28 там є також знак, що це платін іридій. 1 метр. В 1936 році еталон ретельно перевірявся і було визначено що при 0°C оцей 28 = 1 метр + 0.71 мкм з похибкою +/- 0.21 мкм. Таким чином ми маємо що на сьогоднішній день, номер 28 формально є 102 см. Він представляє з себе іксові таку штуківину, приблизно так виглядає.

36 році підігнали до мкм. Залишились штриховані метри. І так до 1960 року існував такий еталон. Після цього досконалюючи одиницю довжини був створений оптичний метр. Тут треба мати на увазі момент. В оптичній частоті частота вимірювання визначається через вимірювання довжини хвилі не по частотам а по довжині хвилі. Це обумовлено тією обставиною, що фотоприймачі по техніці тех. Можливостей, не дозв отрим точність більш ніж ГГц. Ми попадаємо в пета МГц. Приймачі наші на таких частотах працювати не можуть. Тому базовим є співвідношення до довжини хвилі і частоти. Принциповий момент полягає в тому, що в нас є співвідношення, що  $\lambda$  в вакуумі на частоту є швидкість світла.

Все завязано на швидкості світла. На сьогодні тобто на 1980 рік ми мали такі числа  $c = 99792458 \pm 0,5$  м/с.



## Спектроскопія. 20130301

Ій етап розвитку спектроскопії можна сказати закінчився. І закінчився він в 1914 році, коли всі ознайомились і знали про наявність і походження фраунгоферових ліній. З появою фраунгоферових ліній, люди зрозуміли, що у них мають місце смуги поглинання.

*Другий етап розвитку спектроскопії* розраховується від відкриття *Кірхгофом* 1859 році основного *закону теплового випромінювання*. Це дуже важливий закон і його завжди треба пам'ятати.

**Відношення емісійної здатності** відповідного тіла  $\rho(\lambda, T)$  по відношенню до абсолютно чорного тіла  $K(\lambda, T)$

$$\frac{\rho(\lambda, T)}{K(\lambda, T)} = \rho_0(\lambda, T) \quad \text{Закон Кірхгофа}$$

*Кірхгоф* висунув концепцію абсолютно чорного тіла – еталон, по якому можна було орієнтуватися, відношення оптичних властивостей відношення і поглинання.

\* **Абсолютно чорне тіло** — фізична абстракція, що вживається у термодинаміці; тіло, яке цілком поглинає проміння (всіх довжин хвиль), що падає на нього. Не зважаючи на назву, абсолютно чорне тіло може випускати теплове випромінювання. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла визначається тільки його температурою. Практичною моделлю чорного тіла може бути порожнина з невеликим отвором і зачорненими стінками, оскільки світло, що потрапляє крізь отвір в порожнину, зазнає багатократних віддзеркалень і сильно поглинається. Глибокий чорний колір деяких матеріалів (деревного вугілля, чорного оксамиту) і зіниці людського ока пояснюється тим же механізмом. Термін введений Густавом *Кірхгофом* у 1862 році.\*

В 1900 *Релей*, відповідно до закону абсолютно чорного тіла отримав експериментальне значення, як поводить себе, емісійна здатність тіла в залежності від температури.

$$\rho_0(\lambda, T) = c\lambda^4 T$$

..

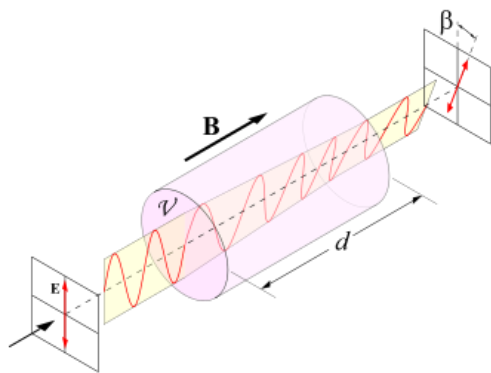
В тому ж році *Макс Планк* висунув ідею про існування квантів світла і отримав **закон спектральної густини для абсолютно чорного тіла**.

$$\rho(\lambda, T) = \frac{8\pi h V^3}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{hV}{KT}\right) - 1} = \frac{8\pi h c}{\lambda^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kt}\right) - 1}$$

В 1905 *Енштейн* підтримав квантову теорію, хоча вона і не збігалася з теорією Ньютона про світло як потік фотонів.

Перемогла хвильова теорія. (Про фотони забули аж до 1900 року.)))

Дуже великий вклад в розвиток подальшого розвитку спектроскопії зробив *Фарадей* Максвелла можна розглядати як творця класичної електродинаміки. Творець ЕМ явищ середовища, в т.ч. і в вакуумі був Фарадей (встановив 1833 закон електролізу, Ефект Фарадея, ототожнив трактування різних видам зарядів). Саме він *ввів поняття електромагнітних хвиль*.



\* **Ефект Фарадея** полягає у виникненні оптичної активності в середовищі під дією магнітного поля. При поширенні світла в оптично ізотропному середовищі або в напрямку оптичної осі кристалу і прикладанні магнітного поля вздовж напрямку поширення світла, ефект Фарадея проявляється у повертанні площини поляризації світла на кут, який лінійно залежить від напруженості магнітного поля. Знак повертання площини поляризації світла при ефекті Фарадея не залежить від знаку хвильового вектора.\*

1833 році, *Максвел* був керівником кембрійської лабораторії. Ця лабораторія колиска фізики 19 століття. Там працювали: Лорд Релей, сер Томпсон, лорд Резерфорд. Брег. Саме там були отримані результати Резерфорда, по розчепленню ядра (1913). Відкрито нейтрино. Нарешті звідти модель структури ДНК.

\* **Нейтрино** — стабільні нейтральні лептони (тобто елементарна частинка, ферміон, що не бере участі в сильній взаємодії.) з напівцілим спіном, що беруть участь тільки в слабкій і гравітаційній взаємодіях. Надзвичайно слабо взаємодіють з речовиною: нейтрино з енергією 1 МеВ мають в свинці довжину вільного пробігу  $\sim 1020$  см ( $\sim 100$  світлових років).

*Нейтрино* - стабільна електрично нейтральна елементарна частинка, маса якої близька до нуля. Вона належить до групи лептонів. Швидкість руху нейтрино близька до швидкості світла. Розрізняють нейтрино електронне, мюонне і  $\tau$ -лептонне нейтрино. Нейтрино і відповідні їм антинейтрино беруть участь тільки у слабких та гравітаційних взаємодіях. Вони відіграють велику роль у перетвореннях елементарних частинок, у глобальних космогонічних процесах.

Маса мюона в 207 разів більша від маси електрона \*

1953 рік. Андерсон, Ватсон, Крік, Полен (двіні лауреат ноб. Премії). Рентген, Франкіш.

**Застосовник спектроскопії розуміють Кірхгофа і Бунзена**(горелка бунзена, з якої отримали значну кількість результатів саме по спектроскопії). Зокрема це відноситься до важливих аспектів, скажемо 1885 році. Бальмер в перше зафіксував 13 смуг спектральної серії водню спостерігаючи їх у зірок. Найбільша кількість водню має у зірок. Перша Бальмерівська серія яка була перша записана, виглядала таким чином.

$$\lambda = \frac{ah^2}{n^2 - 4} \quad n = 3, 4, 5, \dots \text{ борівський радіус} \quad a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{me^2} = \frac{\hbar}{m\alpha},$$

$$a_0 = 5,291772108(18) \times 10^{-11} \text{ м} = 52,91772108(18) \text{ пм.}$$

1886 році *Рідберг* ввів поняття термів спектральних смуг і дав в першу чергу більш приємну і зручну форму, кожній такій смузі відповідала деяка **частота**. І для Бальмера, це була частота, яка виглядала

$$\nu = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

**Терми, які ввів Рідберг**

$$T = \frac{R}{(n+a)^2}$$

n – число.

Лаймана n=1

Бальмера n = 2

Пашена n = 3

Брегера n = 4

Фонт n =5

... Прізвища і ЕН

Особливу роль відіграє стала Рідберга. Різниця в частотах. Різниця термінів.

$$\nu = T - T' = \Delta T \text{ см}^{-1}$$

Чому = стала рідберга було зроблено Бором. В залежності від того, в яких одиницях записується стала Рідберга, записується таким чином.

Рідберг може бути

$$R = \frac{2\pi^3 m e^4}{h^2} \text{ ерг} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} [\text{с}^{-1}] = \frac{2\pi^2 m e^4}{ch^3} [\text{см}^{-1}] \quad \text{стала Рідберга}$$

Хочу записати, у вигляді по відношення електрона у ядру, при R = нескінченності

$$R_\infty = \frac{2\pi m e^4}{ch^3} = 109737,309 \pm 0,012 \text{ см}^{-1}$$

3,288с<sup>-1</sup>  
19,598еВ

Якщо враховувати зведену масу для системи з центром мас

$$m = m_e \left(1 - \frac{m_e}{M}\right)$$

Відповідно до цього ми маємо, що

$$R = R_\infty \left(\frac{1}{1 + \frac{m}{M}}\right)$$

R для H. Це Рідберговська для водню. Тут маються на увазі тільки атоми, елементи.

$$R_H = 109677,576 \text{ см}^{-1}$$

$$R_{He^3} = 109717,345 \text{ см}^{-1}$$

$$R_{He^{IV}} = 1097226267 \text{ см}^{-1}$$

Ці результати показали, що Менделєєв 1833 досліджуючи особливості елементів, правильно встановив періодичний закон. Це дало поштовх до дослідження будови речовини. Безумовно, велика людина, *Нільсон Бор* в 1913 році створив систему термів

дискретних рівнів в якості в яких існують електронні атоми. Така структура як молекула складніша ніж сферична система будь якого елемента.

Таким чином в першу чергу треба відмітити, що нільс Бор шукав аналогії, які потім суттєво підкреслив і отримав Резерфорд, будь який атом представляє собою конструкцію типу зіркової системи навколо якої існують відповідні супутники. Дуже красиво в свій час написав поет Валерій Брюсов. Брюсов писав, відповідно його мовою: «Быть может эти электроны, миры где пять материков, искусство знания войны троны, и пять сороковых веков. Еще быть может каждый атом, вселенная где 100 планет, где также все в объеме сжато, чего здесь точно нет???».

Пер Лаплас писав «Те що ми знаємо, обмежено. Все що ми знаємо – нескінченно».

### **Заряд і як воно все крутиться.**

З точки зору **Теорії Бора**. Випромінювання або поглинання спостерігається в результаті переходу із системи одного електронного стану в вищий або нижчий електронний стан. Нільс Бор стверджував, що ці переходи між рівнями відбуваються миттєво. Коли електронник на якомусь рівні, він не втрачає енергію. Це не відповідає теорії випромінювання рухомим зарядом.

Деякі теорем дослідження, *Феймана*, який зав'язався і створив квантову електродинаміку. Він показав. Що **перехід між рівнями відбувається за час  $10^{-15}$  секунди**. В фізиці нічого не буває миттєво. В зв'язку з тим, що відбуваються такі ситуації, що сам електрон може існувати і зникати, т.е. **час життя електрона на сьогоднішній день по оцінкам Фейнмана  $10^{-44}$  секунд**.

Саме та обставина, що електронник не втрачає енергію, і час життя його довгий, Бор допускає непридатність теорії яку він висунув

\*

**Планетарна модель атома або модель Резерфорда** — історична модель будови атома, яку запропонував Ернест Резерфорд внаслідок експерименту з розсіяння альфа-частинок. За цією моделлю атом складається із невеликого додатньо зарядженого ядра, в якому зосереджена майже вся маса атома, навколо якого рухаються електрони, подібно до того, як планети рухаються навколо Сонця. Планетарна модель атома відповідає сучасним уявленням про будову атома з врахуванням того, що рух електронів має квантовий характер і не описується законами класичної механіки.

Історично планетарна модель Резерфорда прийшла на заміну «моделі сливового пудингу» Джозефа Джона Томсона, яка постулювала, що від'ємно заряджені електрони поміщені усередину додатньо зарядженого атома.

### **Модель атома Бора**

1. Атомна система може перебувати тільки в особливих стаціонарних, або квантових станах, кожному з яких відповідає певна енергія  $E_n$ . У стаціонарному стані атом енергію не випромінює.

2. У стаціонарному стані атома електрон повинен мати дискретні (квантовані) значення моменту імпульсу. Радіуси  $r_n$  орбіт електронів задовольняють умову:

$$L_n = m v_n r_n = n \hbar \quad \text{де } n = 1, 2, 3, \dots, m - \text{ маса електрона}$$

3. Перехід атома з одного стаціонарного стану в інший супроводжується випромінюванням чи поглинанням фотонів, енергію яких визначають за формулою:  $h\nu_{kn} = E_k - E_n$   $E_k > E_n$  фотон випромінюється, якщо  $E_k < E_n$  - поглинається. Поглинаючи світло, атом переходить із стаціонарного стану з меншою енергією в стаціонарний стан з більшою енергією. Усі стаціонарні стани, крім одного, *є умовно стаціонарними*. Нескінченно довго кожен атом може знаходитись лише в стаціонарному

стані з мінімальним запасом енергії. Цей стан атома називається основним, всі інші - збудженими.\*

Тотожність задачі побудови атома і побудови центральної астрономічної системи підпорядковано законам з одного боку законам Кеплера, та Ньютона. Таким чином стан руху таких систем, описується відповідно п загальних величин, такі як координати і імпульси.

Гамільтон отримав що швидкість і імпульс представляють з себе, і таким чином ввів узагальнені координати

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial P_i}$$

$$P_i = \frac{\partial H}{\partial \dot{q}_i}$$

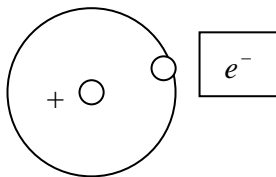
$$H(q, \dot{q}, t)$$

$$S = \int_{t_1}^{t_2} H(q, \dot{q}, t) dt$$

Таким чином  $I_i = \oint P_i dq_i$

Розраховуючи Боровські орбіти, в першу чергу для водню отримано: величина, яка буде відповідати боровському варіанту. І це буде означати що

$$r_1 = 0,05291 \text{ нм}$$



$$V = 2,2 * 10^8 \frac{cm}{c}$$

$$w = 6,6 * 10^{15} \frac{об}{c}$$

$$\tau = 2,4 * 10^{-17} c$$

### Нелінійна оптика.

Новий спектроскопічний напрямок фізики. З атомної моделі Бора **Енергія атома** буде визначатися, наприклад.



$$a = -\frac{\hbar^2 n^2}{m e^2 Z}$$

$$E = \frac{e^2 Z}{2a}$$

Дослідження альфа частинок атома. Виконується планетарна система ( Резерфордом). Далі в 1897 році був відкритий електрон *Томсоном*.

**Заряд електрона**  $e = 1.6 * 10^{-19}$  Кл

**Маса електрона**  $m_e = 9.1 * 10^{-27}$  грама = 0.511 MeV

Маємо **розмір електрона**.

$$r_e = \frac{e^2}{m_e e} \approx 10^{-11} \text{ см}$$

$$Se = \hbar / 2$$

$$Me = 1 M_B$$

**Магнітон Бора**

$$M_B = \frac{e\hbar}{2me} = 9,279 \frac{erg}{Gc} = 9,27 * 10^{-24} \frac{Дж}{Т}$$

$$\tau_e \approx 10^{23} \text{ роки}$$

Отримані результати рентгенівських спектрів, по закладанню рівнів. 1913-1914 році.

Для рентгена  $\sqrt{\frac{\nu}{R}} = \frac{1}{n} (Z - \sigma)$

Основа валентності в хімії. Тут треба відмітити, що з'являється специфічне заповнення конкретних оболонок атома. І було з'ясовано в 1925 році, завдяки Паулі з'явився закон:

**«Принцип паулі».**

принцип, згідно з яким у багаточастинковій системі невзаємодіючих ферміонів, жодні дві частки не можуть описуватися одночастинковими хвильовими функціями із однаковим набором усіх квантових Дві тотожні частинки з напівцілими спінами підкоряються статистиці Фермі – Дірака.

Лазерні системи не можуть існувати завдяки ферміонам.

Бозе - Енштейнівська статистика. Лазери існують! В значній кількості.

За успіхами Бора появились і недоліки.

Борівська теорія була не спроможна, побуд вн атом механіку, розкрити тонкощі, особливості спектрів. Багато результатів і розрахунків були наближені. А інтенсивності ліній, спектрів були розрах за доп принципу відповідності.

В 1923 році. Коли був створений міст між квантовими і класичними уявленнями

**Принцип відповідності спектральних законів Бора**

- 1) Кожному кватовому переході, відповід частота розрах за класичною теорію, підпорядковано числу ЕН яке збіг з ДЕЛЬТА ЕН.
- 2) По принципу відбору і правилах заборони для главного квантового числа ДЕЛЬТА ЕН НЕ МАЄ ЗНАЧЕННЯ. Може бути одиницею. Для головного квантового числа.

3) Відстань між рівнями зменшується і гранично асиметрично наближується до нуля.

4)

\* У квантовій **механіці принципом відповідності** називається твердження про те, що поведінка квантовомеханічної системи прагне до класичної фізики в межі великих квантових чисел. Цей принцип ввів Нільс Бор в 1923 році.

\*

Таким чином, якщо частоти зміг розрахувати, а от інтенсивності і поляризацію центральних смуг. Таким чином, підкреслю так, відповідно існуючих на сьогодні стандартів, які прийняті держ стандартами, аж до 1980 року. І всі числа, які мають відповідати цьому значенню. В першу чергу для радіуса Бора. 0.5 на 10 в мінус 8 см. Або в системі міжнародних 5.2 на 10 в -11 метра. Це відноситься до першого борівського радіусу.

M=1

Z=1

Так сталося, що діаметр водню 0.1 нанометра.

Таким чином, **радіуси орбіталей** пропорційні N квадрату. І ми отримуємо радіус. І це в нас буде

$$r_{n,z} = \frac{n^2 e^2}{2RZ}$$

Розташовування термів пропорційні Z.

H – 1

He -2

Li – 3

Таким чином, відповідно рішенню рівняння Шредінгера на 1926 рік,

$$E_{n,z} = -\frac{RZ^2}{n^2}$$

### Стала тонкої структури

Стала тонкої структури є основою константою квантової електродинаміки, оскільки визначає інтенсивність електромагнітної взаємодії. У квантовій електродинаміці часто використовується природна система одиниць, в якій приведена стала Планка і швидкість світла, а також маса електрона, дорівнюють одиниці. В такій безрозмірній системі одиниць стала тонкої структури дорівнює квадрату елементарного електричного заряду, Це світова безрозмірна величина, яка дає поправку до релятивіських поправок,

$$\frac{r_{n,z}}{c} = \frac{2\pi e^2}{cn} \sim \frac{1}{137}$$

*Фізична інтерпретація:* З історичної точки зору першою інтерпретацією сталої тонкої структури було відношення швидкості електрона на першій круговій орбіті в Боровській моделі атома до швидкості світла.

1925 році встановили, що електрон має власний момент. Спін.

**Спін**- власний момент кількості руху елементарної частки. Це означає чисто квантову природу і не пов'язано з переміщенням.

## Лекція 2013 03 15

1915 році Енштейн досліджував вимушене випромінювання. Тобто завжди розуміли що є поглинання, спонтанне випромінювання, і завжди існує вимушене випромінювання.

Поглинання є вимушеним з точки зору процесу.

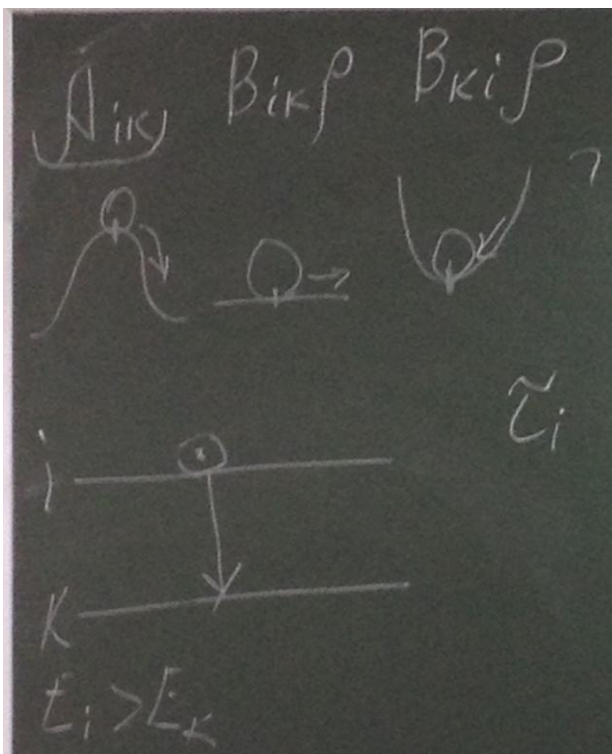
Виникає цікаве питання : *спонтанне випромінювання – це класичне явище, чи це квантове явище?*

Вимушене випромінювання – це **квантове явище** чи природне?

$A_{ik}$  \_\_\_\_\_  $B_{ik}\rho$  \_\_\_\_\_  $B_{ki}\rho$  – поглинання

Вимушене випромінювання – **класичний ефект**

Спонтанне випромінювання – **квантовий ефект**



Далі будемо розглядати дворівневу систему.

**\*Ультрафіолетова катастрофа** — фізичний термін, що описує парадокс класичної фізики, який полягає в тому, що повна потужність теплового випромінювання будь-якого нагрітого тіла має бути нескінченною. Свою назву парадокс отримав через те, що спектральна густина потужності випромінювання мала б нескінченно зростати при скороченні довжини хвилі за законом Релея-Джинса. *Закон Релея-Джинса* — формула, що описує частотну та температурну залежності інтенсивності рівноважного випромінювання абсолютно чорного тіла при малих частотах (великих довжинах хвиль).

$$Q_\nu = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} k_B T$$

По суті цей парадокс показав якщо не внутрішню суперечливість класичної фізики, то принаймні вкрай різке (абсурдне) розходження із результатами елементарних спостережень та експериментів.

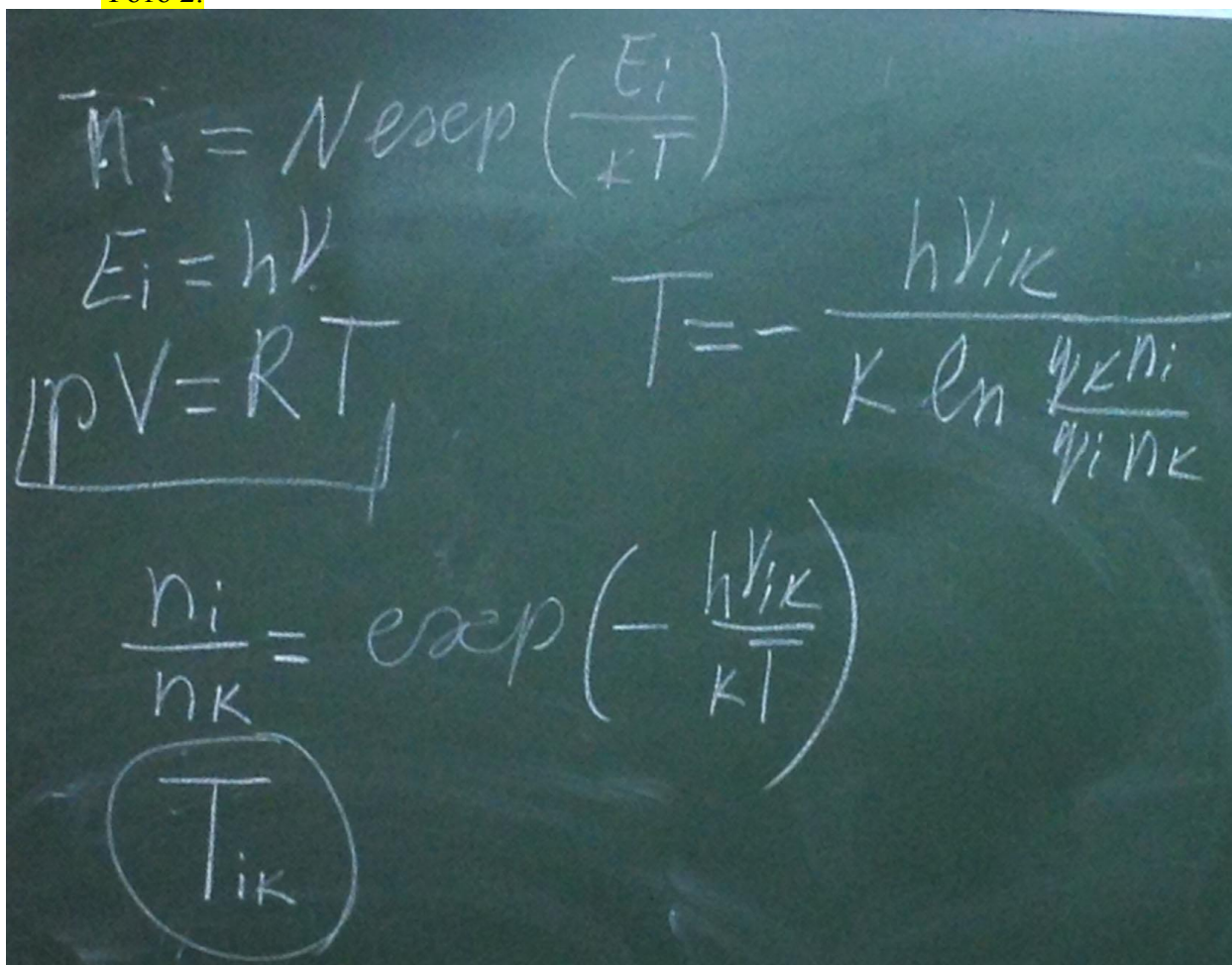
Проблему було розв'язано за допомогою квантової теорії випромінювання, розробленої Максом Планком у 1900 році. **Інтенсивність випромінювання** абсолютно чорного тіла залежно від температури й частоти визначається **законом Планка**:

$$I(\nu) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

де  $I(\nu)d\nu$  — потужність випромінювання на одиницю площі поверхні випромінювання на одиницю тілесного кута у діапазоні частот від  $\nu$  до  $\nu + d\nu$ \*

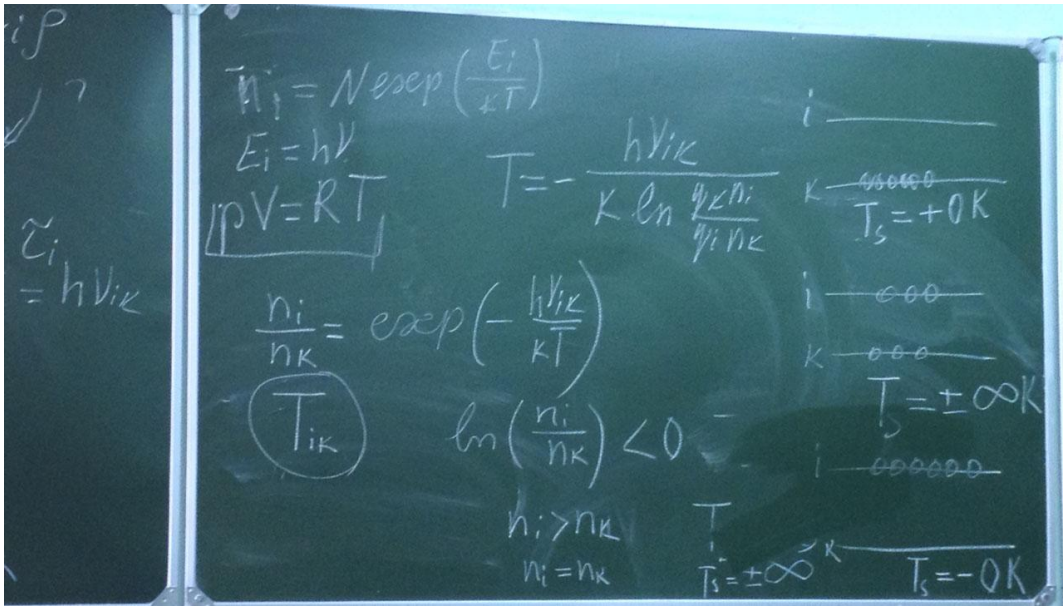
Якщо ми маємо рівноважну систему, то температура в цій системі однакова

**Фото 2.**



В 1970 Хохлов і Ахманов ввели свою температуру. Для кожного переходу є своя температура. На заході кажуть – **спінова температура**. Вона може бути абсолютно різною. Для різних пар рівнів може бути різні температури. При цьому.

**ФОТО 3.**



Якщо логарифм...

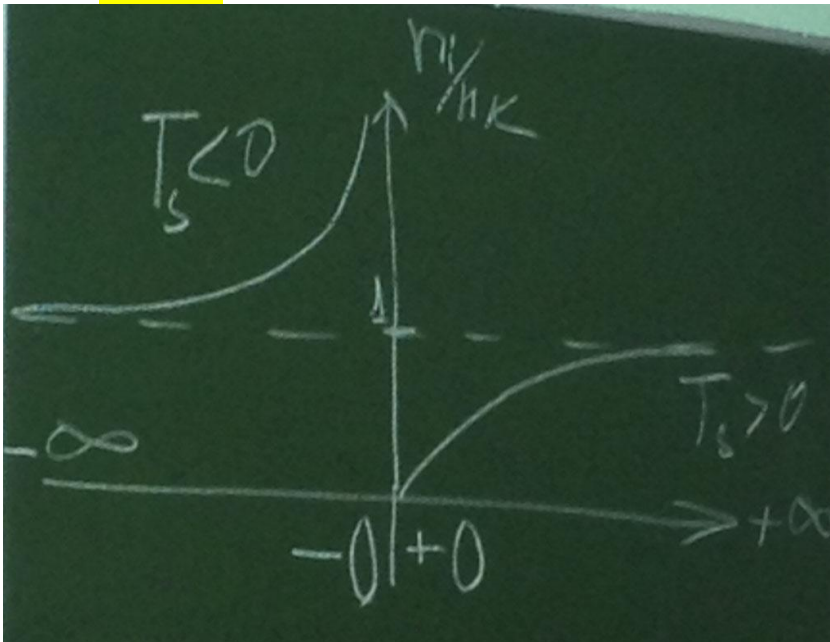
З 1980 кажуть уже не ГРАДУС КЕЛЬВІНА – волік викидають.

Таким чином виникає від'ємна температура. Вона означає нерівномірний стан системи.

При цьому температура макроскопічного тіла як цілого може бути лише позитивною, загальна ситуація. І при цьому може бути для відповідного переходу менше нуля.

Картинка виглядає таким чином (дошка №3 ГРАФІК)

ФОТО 4.



**Фізичний зміст від'ємна температура не має.** По суті справи це є метод запису інверсного стану речовини. Який реалізується відповідному робочому тілі в даному випадку в квантовому генераторі який буде означати інверсію.

$$n_i > n_k$$



Якщо згадаємо термодинаміку. То температура грає роль як тепловий потенціал. Як тільки виникає поняття потенціал. То він може займати відповідну точку лобу, від якої потенціали розраховуються. **Таким чином будь яка температура може розумітися як потенціал і це має фізичний зміст.** В цьому сенсі, тут є цікавий момент який зв'язаний з квантовим генератором, який полягає в тому що ми маємо ситуацію таку, ми маємо 3 імовірності.

Ситуація складається в тому, що

$$\frac{B_{ik} \rho}{A_{ik}} > 1$$

якщо буде менше одиниці, то переважають спонтанні переходи. Вони забезпечуються існуванням квантової частки на відповідному рівні.

$$\frac{B_{ik} \rho}{A_{ik}} = 1$$

то отримаємо таку цікаву штуку.

$$\begin{aligned} (\exp \frac{h\nu}{kT} - 1)^{-1} &= 1 \\ T &= \frac{h\nu}{k \ln 2} \approx 2 * 10^4 K \\ \chi &= 10^{-4} cm^{-1} \\ T &= 20.000K \end{aligned}$$

Статистика

$$n_i = \frac{1}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) - 1} \text{ Бозе - Енштейн}$$

$$n_i = \frac{1}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) + 1} \text{ Фермі - Дірака}$$

**1 випадок** Бозони які представляють фотони, гравітони, фонони

**2. випадок** Ферміони, які відповідають квазічастинкам, у яких спід  $\frac{1}{2} S$ .

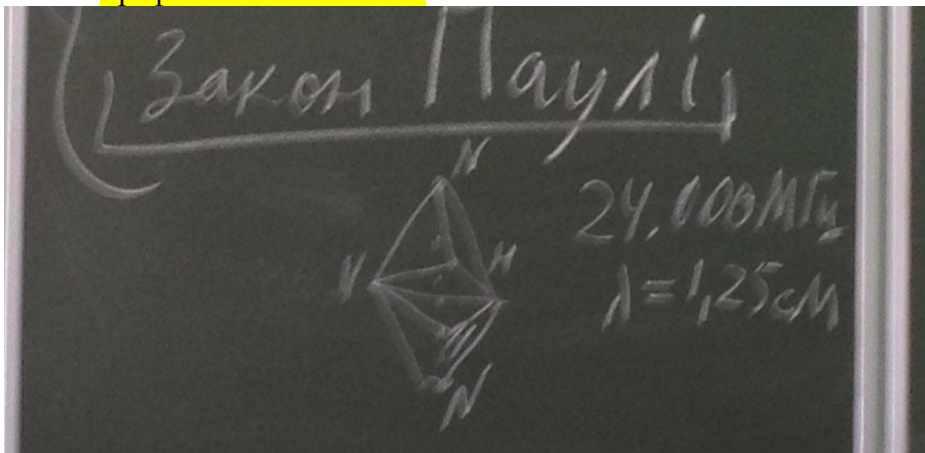
Для цих компонент  $S = \frac{1}{2}$  виконується **закон Паулі**. Принциповий момент.

На цьому спрацьовує ситуація.

Коли маємо інверсну ситуацію, то ми виходимо на квантові генератори.

В цьому напрямку великий успіх був отриманий завдяки **Прохорову, Басову і Таунсу, які перші отримали квантовий генератор, який називається МАЗЕР на аміаку.** Ситуація така.

**Граф. 3 ЕНАМИ ФОТО**



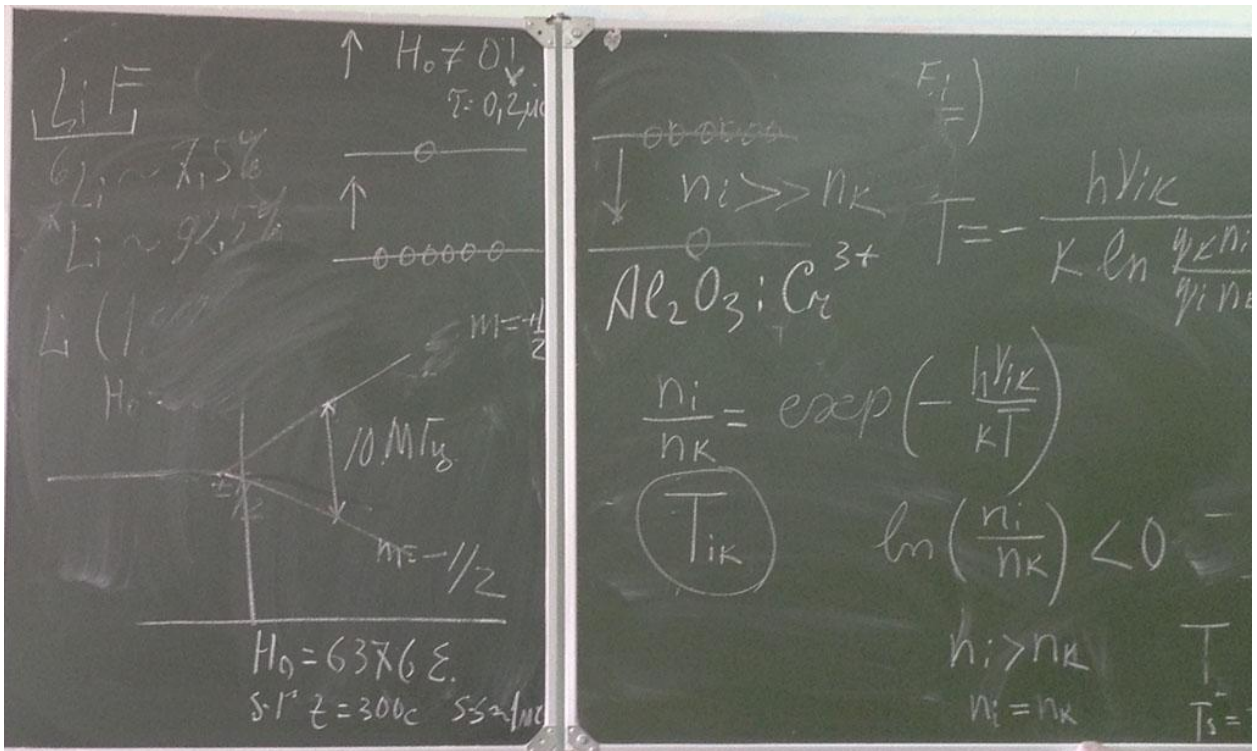
Басов і прохоров працювали над точністю субміліметрового діапазону, для спектральних досліджень.

1850 році Парсер і Пауль не думали чи може бути чи ні, але вони хотіли отримати перший високоякісний генератор. Правда на тому етапі, починаючи десь з 1940 року хотіли отримати радіолокацію.

Вони взяли чудовий об'єкт **літій-фтор**

1940 році – нобелівська премія за фундаментальні роботи лазерного принципу підсилення.

**ФОТО. 10 МГц**



Всі квантові генератори наз мазери. Відповідно до гост стандарту всі вони наз лазерами.

Мазер -- радіодіапазон

*Opt diap – лазер.*

*Далі – рентгенівський лазер*

*Далі – гамма лазер*

1964 році були отримані мазери і в США і в нас. **Перші оптичні квантові генератори, були на рубіні**

У Меймана ККД був всього  $10^{-4}\%$

На сьогоднішній день досягли, що ККД досягає десь одного відсотка.

Наступний важливий крок був зроблений в створенні великої кількості різного роду квантових генераторів **на основі напівпровідників.**

Видатна людина в цьому випадку, отримала в 2000 році отр ноб премію.

*Ольфромов, з Джексоном ...* отр за «Оптика та мікроелектроніка напівпарових багатопровідникових гетеро структур». Була створена ситуація, і на сьогодні багато успіхів в волоконній системі зв'язку.

## Типи квантових генераторів

Твердотільні лазери.

Напіпровідникові.

Газодинамічні,

Молекулярні,

Хімічні

Плазмові

Ексімерні

Лазери на вільних електронах.

Рентгенівські

Гамма лазери

Світлазери

Волоконні лазери.

Вавілов. Ефект не лінійний.

Академік Хохлов. Про нелінійну оптику він казав завжди. Нелінійна оптика – це не оптика. Вона має свої особливості. Лінійна оптика, ґрунтується на матеріалах зв'язаних з поляризацією середовища.

Для лін оптики ми маємо поляризацію середовища.

$$\vec{p} = \chi \vec{E}$$

Коли і як це поле буде впливати коли ця інтенсивність буде проходити через це середовище.

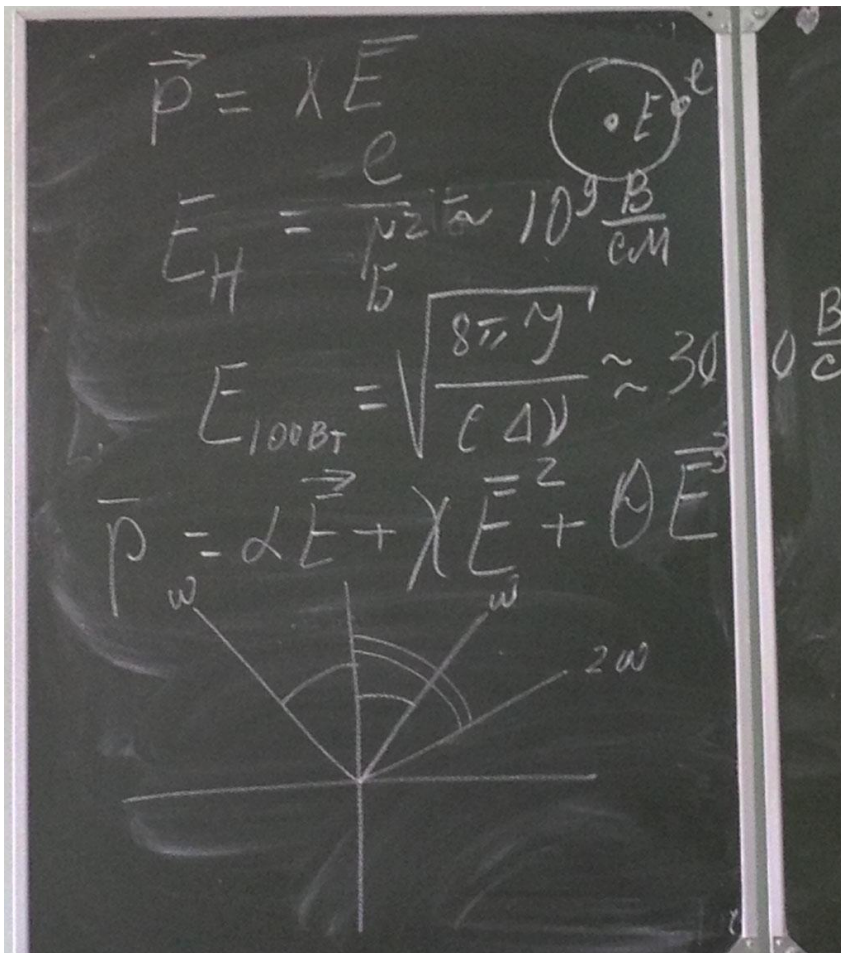
В атомі водню, інтенсивність.

$$E_H = \frac{e}{r^2_B} \approx 10^9 \frac{B}{cm}$$

$$E_{100Bm} = \sqrt{\frac{8\pi}{c\Delta\nu}} \approx 300 \frac{B}{C}$$

**ФОТО КУТИ**





Побачили випромінювання світла, 2 та 3 гармоніки, ефекти самофокусування. Знакла червона Межа фотоэффекту. То з чим в перше мав справу Енштейн. Виникли ефекти просвітлення і затемнення середовища. Порушення закону снеліуса та закона френеля.

### Виникнення інтегральної оптики.

\* **Інтегральна оптика** — це розділ сучасної оптики, який займається дослідженням процесів розповсюдження оптичних хвиль в планарних тонкоплівкових діелектричних хвилеводах, проблемами вводу (виводу) випромінювання у такі хвилеводи, а також питаннями генерації і детектування світлових пучків в таких хвилеводах та керування ними з метою створення нових інтегрально-оптичних схем, які аналогічні за своїм функціональним призначенням існуючим інтегральним електронним схемам на напівпровідниках.\*

В 1969 році – виникла розумна інтегральна оптика. Виникла на стику сучасної оптики і квантової електроніки. Оптоелектроніка.

**Оптоелектроніка** – галузь в фізики, яка розробляє засоби та методи функціонування фізики, в основі яких лежать мікрохвиле води, що інтегровані з підкладинкою.

Інтегральна оптика здійснює сполучання оптичних елементів з мікроелектронікою, яка є елементною базою обчислювальної та вимірювальної техніки. Обробка, перебування і збереження інформації.

Тут аспект, який мати на увазі – всяка інформація яка проводиться, вона проводиться на рівні відповідних біт-тобто сигналів. Сьогодні встановлено якщо маємо сучасну інформацію яку передає біт, то один біт потребує  $10^{-8}$  Дж.

А якщо це робити на лазерних принципах, тобто на когерентних сигналах. То затрати на 1 біт на лазерну систему  $10^{-16}$  Дж.

Результати потрясаючі.

**На волоконній системі здійснюється передача інформація за доп оптичних солітонів**

Солітони дозволяють передачі інформацію. 50-100 км. Стоять генератори. А оптичний солітон у відповідних умовах пробігає без регенерації на відстань **35 тис. км.** При цьому швидкість передачі інформації приблизно сьогодні стандартна 10 Гбіт.

Японці дошли сьогодні до 100 гбіт за сек. При цьому викор солітони, імпульси довжиною приблизно 20 пікосекунд.

## Лекція 20130322. Спектроскопія

--

### Метрологія оптичної спектроскопії.

Лорд Кельвін стверджував: « Коли ви можете виміряти те про що говорите і виразити це числами, тоді ви децю знаєте про це.»

ЦЕ в першу чергу відноситься до метрології. Метрології оптичної спектроскопії.

\* **Метрологія** (грецька μέτρον — міра, λόγος - слово, вчення)- це наука про вимірювання, методи забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. Основне її завдання - установлення одиниць вимірювань фізичних величин, відтворення їх з допомогою еталонів, а також розроблення методів передачі розмірів одиниць вимірювань від національних еталонів через робочі еталони до робочих засобів вимірювань. Розрізняють *теоретичну, прикладну (практичну) і загальну метрологію*. Крім того, введення поняття «загальна» метрологія дало поштовх до появи ряду «галузевих» метрологій, наприклад, медичної, будівельної, спортивної, гравітаційно-релятивістської метрології тощо.\*

Оптична система.

Система мір будується з основних базових фізичних величин і є сукупність незалежних та похідних одиниць які захоплюють всі... між одиницями.

Основні визначаються рівняння між відповідними одиницями. Тобто відповідний зв'язок. Таким чином маємо ту обставину, що незалежні одиниці утв систему одниць яка застосовуються в той чи іншій галузі науки.

Одиниці вимірів зокрема, довжини або часу, за всю історію існування людства багато разів змінювалась. Про те було природним, що би всі держави отримали однакові універсальні одиниці вимірів.

*1790 року відбувся перехід до єдиних одиниць виміру.*

Це було зроблено установами Франції, яка запропонувала створити та узаконити єдину обов'язкову для всіх систем мір.

10сяткову систему мір запропонував Наполеон 1 Бонапарт. І вона була затверджена конвектом у 1994

Система одиниць, що складається з **основних одиниць виміру: довжина, маса і час.( саме в такому порядку)**

**Система СГС** була заснована як абсолютна система Гауса у 1833 році. І складалась вона з таких одиниць.

*Міліметр*

*Міліграм*

*Одна секунда.*

**Ця система одиниць використовується як універсальна фізична система сталих.** Крім цієї системи існує система яка базується на світових константах.

**Природнича система** – система одиниць виміру, що базується на світових константах.

**Гаусова система – абсолютна. На природних одиницях – це природна система.**

*Вперше хто її заснував- Макс Планк у 1906 році. Він перший хто спрямовувався отримувати природну систему одиниць.*

*Природна, бо викор за одиниці світові константи: Планка, Больмана, Надтонкої структури, Авогадро.  $h, N_a, k, a$*

**Одиниці можуть бути: кратними, дольними та позистивними.**

**4. Кратна** – у декілька разів більша за системну одиницю. Відносяться одиниці як: кПа, кВ, ТГц, *найбільша екса*  $10^{18}$ , пета  $10^{15}$ , тера  $10^{12}$  і т.д.

**5. Дольні одиниці**- така яка в цілу раз менше за системну або поза системною одиниць: Пікометр (пм), наносекунда ( $10^{-9}$  сек), фенто  $10^{-15}$ , йоктометр  $10^{-24}$  м. Мається спеціальна відома таблиця префіксів та множників за доп яких утв множники та часткові одиниці.

**6. Позасистемні одиниці.** Це така фізична величина, яка не входить до жодної з існуючих систем одиниць. Значного поширення набули одиниці тиску: атмосфера, бар, міліметр ртутного стовпа, міліметр водяного стовпа. Позасистемними одиницями часу є хвилина, година; одиницями довжини — ангстрем, світловий рік, парсек; одиницями площі — ар, гектар; одиницями електричної енергії — кіловат-година; одиницями акустичних величин — белл, фон, октава та ін. В астрономічних системах використовується довжина. Світловий рік. Це якщо перевести в систему міжнародної ( $9,47$  на  $10$  в  $15$  м). Паралакс  $3$  на  $9$  на  $10$  в  $15$  метра.

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ пм}$ .

$9\ 460\ 730\ 472\ 580,8 \text{ км} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$

$1_{\text{пк}} \approx 206\ 264,8 \text{ а.о.} \approx 3,08568 \cdot 10^{16} \text{ м} \approx 3,2616 \text{ світлових років}$ . ( парсек == паралакс – секунда)

1 ар дорівнює  $100 \text{ м}^2$ , або  $0,01 \text{ га}$

Один гектар означає площу квадрату  $100\text{м} \times 100\text{м}$ , дорівнює  $10\ 000 \text{ м}^2$  або  $100 \text{ а}$  або  $0,01 \text{ км}^2$ .

Всі позасистемні одиниці співвідношується із прийнятої в той чи інший момент системи одиниць. Як правило, це буде в першу чергу які називаються абсолютною системою. Бо переключається з гаусом.

Позасистеми, незалежні які визначаються... : цецьсій, белл.

Довільні одиниці. Визначаються числа в інших одиницях. Вони можуть бути зв'язані але не прив'язані.

**Метрична система мір складається для СІ з одиниць виміру.**

Основна одиниця у системі вимірів, функціонально повинна бути незалежна від інших одиниць, які входять в систему мір. Входять в між нар сист одиниць.

Теоретично, можуть обрані бя величини. Ці величини, які можна виміряти на сьогоднішній день з найкращою точністю. Вони ввійшли в систему СІ.

**для СІ: м, сек, кг, А, В, К( кельвін), моль, Кд**

**4. Одиниця часу – секунда.** Термін секунда спочатку між іншим використовувався зовсім при іншому понятті. Секунда. Градус, який потім перейшов в секунду.

Градуса що відноситься до теплоти а потім вже трансформувалася в одиницю часу – секунду. Останнім часом в системі СІ використовуються як базову одиницю, яка наз *атомна секунда*, яка визначається коливаннями *цезійового лазера Цезій 133* що

відповідає еталону частоти і еталону часу. Паралельно існує астрономічне поняття секунди, яка має назву ЕФЕМЕРИДИННА СЕКУНДА.

**Ефемеридинна секунда** – це секунда, яка визначається в часі але в таблицях астрономічних. Тобто вона використовується при обчисленні небесних світил. Ця одиниця є стала. І вона завжди одна і так як і для систем і підсистем. Ми вимірюємо секунду, називаємо секунда, яка називається всесвітній час. Ця секунда розрах з точки зору обертання землі. Вона кожен час змінюється.. Це веде до величезної космічної катастрофи.

\* продолжительность одной эфемеридной секунды, равной 1/31556925.9747 тропического года. Так как тропический год не является постоянным, то за эталон принята продолжительность тропического года в фундаментальную эпоху 1900.0 янв.0, 12h ET., в таблицах Ньюкомба\*

У першому випадку **атомна секунда = 9 мільярдів 192 631 770 коливань довжини звилі у цезія**, який взагалі буде відповідним чином зафіксований як величина довжини хвилі. Визначається за доп інтерферометра майкельсена, що б пройшла кільк довж хвиль яка вийде на секунду і забезпечить метр.

Цей цезієвий еталон, цей еталон був введений в 1967 році на 13тій генеральній конференції по мірам і вагам.

Тут підкреслю: **похибка у атомної секунди:  $10^{-13}$  секунди.**

Означає: що дрейф в атомній секунді. **Дрейф за рік відбувається в  $10^{-12}$  секунди.** При цьому потужність випромінювання цезієвого генератора – 60 ват.

Треба відмітити, що різниця між ефемеридийного часу, співпадає з частотою атомної секунди з точністю до  $2^{-9}$  секунди. Зеркала секунда = 0.99 секунди. Приблизно. Різниця між атомною і ефемеримединною секундою. Для визначення ефемеримединного часу тут можна провадити скажемо тропічного року, тобто це *проміжок часу між двома послідовними проходженнями центра сонячного диска через точку весняного рівнодення.* Вона буде відповідати для тропічного року землі. Це буде так: 365 діб, 5 годин, і 48 хвилин. При цьому можна ще додати 47 секунд. Ці секунди потім виявляються великі катастрофи існування нашої системи.

**Кутова секунда** – позасистемна одиниця. Це одиниця плоского кута, який дорівнює **4,8 на 10 в мінус 6 рад.**

5. Відносно *одиниці довжини метра в системі СІ.* Метр –

Практично до 1960 року, міжнародна система метра була яка наз **ШТРИХОВА МІРА ДОВЖИНИ.** Вона дорівнює  $10^{-7}$  частини однієї четвертої довжини парижського меридіана. В 1960 році відповідно рішення 11 ген конф по мір та ваг.

*1 метр = 1 мільйон, 650 тисяч 763 і з хвостиком, довжини хвиль, які випром в вакуумі на переходах атомах криптоноу.* Обов'язково повинен бути 86 елемент, який дає довжину *хвилі 605,61 нанометра.*

**Похибка у криптона на секунду.  $10^{-6}$ .**

6. *Одиниця маси кілограм.* Треба підкреслити що в сист **СІ кілограм, єдина основна одиниця – яка є штучною.**

**Еталон кілограма** маси є циліндр зі сплавами: платини - 90 %. іридій 10 %. Ця залізяка має 39 мм і висота теж 39 міліметрів. Її довго і тяжко робили, підгоняли. **Похибка кілограма – 2 на  $10^{-9}$ .**

Центральний оцей кілограм знх в між нар бюро мір і вагів. В Севрі під Парижем.

Таким чином, при встановленні метричної системи за один маси була принята маса за 1 кг що дор масі 1 дм кубічного чистої води при температурі 4 градуси Цельсія..

!!!! Тут є один момент, який спец зверт вашу увагу. Маса речовини – фізична величина, яка є мірою його інертності і гравітаційних властивостей. Для будь якої речовини . Але це все відноситься до *нерелятивістської механіки*. **Оця маса речовини є незмінна, при цьому інерційна і гравітаційна маси – вони однакові. !!!!!!**

По кг треба відмітити такі моменти: правильно викон виміри, мається на увазі, що все відбувається при швидкостях менших швидкості світла світлу. Таким чином маса покою треба визначати в режимі покою.

Ну скажемо, якщо ми візьмемо електронник, то його енергія =  $E = m_0 c^2$

Якщо в дійсності визначати масу електронника, то ми маємо таку ситуацію. Для маси електронника покою.

Найбільш об'єктивна ситуація відповідає  $m_e = 0,511 \text{ MeV}$

Для протона  $m_p = 938,2 \text{ MeV}$

Електрончика:  $m_n = 939,6 \text{ MeV}$

Час життя електронника до спонтанного зникнення:

$$\tau_p = 10^{31} \text{ c}$$
$$\tau_e = 10^{33} \text{ c}$$

Таким чином на сьогоднішній день ситуація складається таким чином, що для мас елементарних часток, що таке маса – відповідної частки невідомо. Ці частки утворюють дискретний спектр системи реєстрації дозволяють визначити рівні цих рівнів, збудження оцих станів. Це невідомо... Що ж таке фізична сутність маси кілограму? Це проблема над якою вже дуже довго працюють американці. Дивуючись, що тут є різниця.(938 та 939).

7. Слідуюча одиниця – це *одиниця кількості речовини* в системі СІ.  
N(CI).

Одиниця – це один моль. **Моль** - це така кількість речовини яка має стільки формульних одиниць, скільки атомів вміститься в 12 грамів вуглецю дванадцятого. Кількість одиниць є стала авогадро.  $N_A = 6,022 \ 141 \ 29(27) \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

На це і є кількість одиниць які будуть відповідати молю.

Треба відмітити, що поняття моль поширюється на будь які формульні одиниці. Філологи кажуть, що треба казати, *речовина кількістю в один моль*, або кількість одного моля речовини. А якщо буде сказано кількість речовини 1 моль то філологічно вони кажуть не правильно. А краще речовина кількістю в один моль.

8. Тепер *одиниця світла*.

Є кандела в системі СІ

Коли казали свічка, то це розумілось , свічка вагою фунт, зроблена як свічка, оцю яскравість яку дає це буде свічка.

В Сі основна **одиниця сили світла**, яка дорівнює випромінюванню з поверхні 1/60 см квадратного з такої поверхні, що наз абсолютне чорне тіло, зробленої з платини і так щоб температура була 2042 кельвіна при атм тиску P= 41 кПа і це випромінювання яке буде від такої системи буде відповідати 1 канделі.

\* як сила світла у заданому напрямі джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою 540·1012 герц, та має інтенсивність випромінювання у даному напрямку 1/683 ват на стерadian.\*

6. Тепер далі 1 *термодинамічної температури* в системі СІ.

Саме термодинамічної температури = К, або що те саме абсолютна температура — параметр стану, який характеризує макроскопічну систему в стані термодинамічної рівноваги. Вона йде в одиницях кельвіна, вона в узаконена і прийнята з 1067 року наз вона **кельвін без градуса кельвіна**. І вона відповідає 1/ 273, 63 частини термодинамічної температури потрійної точки при нормальних умовах. Тиск P= 611 Па. І ця температура буде відповідати. 1 кельвін = 1 цельсію по градусу. Прийнято оця одиниця кельвін в 1954 році. А сам Кельвін без градуса в 1967 році. І вона є відповідно 10тої генеральної конференції ПО МІРАМ І ВАГАМ.

!!!! Підкреслюю під температурою розуміють термодинамічну речовину, яка характ стан термодинамічної рівноваги. Мається на увазі макроскопічної системи. !!!!

9. Слідуюча одиниця – *одиниця електричного струму* яка називається ампер. Під **одним амером** розуміється постійний струм, який при проходженні по двом паралельним провідникам нескінченної довжини, при цьому нехтують малою площею перерізу цих провідників, які на знах на відстані 1м. По кожному іде 1 ампер, а різниця в один метр і при цьому виникає сила яка дорівнює 1 нютону. Тобто  $10^5$  дін. сила повинна бути в 1 нютон.

Інші аспекти. Вперше поняття основа фізичних величин, як ще зазначав Гаус. Що для фізичних вимірів достатньо три незалежних одна від одної фізичної одиниці. Всі інші можна визначити з цих трьох одиниць. Це відноситься до довжини, до маси, до секунди.

В 1861 – 1870 рік. Комітет з електричних станів британської академії наук у складі самого Кельвіна, Максвела, Джоуля, Сіменса і таких видатних людей узаконила систему яка була СГС.

### СГС сантиметр, грам, секунда.

Відповідно рішенням оцих видатних фізиків були **вирішено**,

**1 сили = діна, 1 роботи = ЕРГ, час = секунда.** І це є система яку можна називати **абсолютна електромагнітна система Гауса**. Було декілька перетворень системи СГС. Перетв. Електричних ,магнітних, тисових систем. Мали вплив діелектрична проникність.

В той же час Планк, взяв такі величини які можна було спів ставляти з системою СІ

**У Планка** : стала гравітації на 1980 рік. А в 1980 року стала гравітаційна принята була такою

$$G = 6,67 * 10^{-11} \text{ Н * м}^2 * \text{кг}^{-2} \text{ -1980 р. При цьому}$$

$$C = 3 * 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

$$K = 1,38 * 10^{-23} \text{ ДЖ * К}^{-1}$$

$$h = 6,63 * 10^{-34} \text{ Дж * с}$$

Якщо ЦЕ Були одиниці а не система сі то повертаючи їх для системи сі то ми отримували такі величини. Одиниця маси. Це було б 5,434 сотих 10 в -35 м.

10 в мінус 33 см.

При такій параметрів системи вимірів. 3,63 сотих на 10 в 32 кельвіна

Не зручно з такими величинами працювати. Не сприяли. Випала.

В той же час існує інша метрична система одиниць. **Система Дугласа Арки**. Вона дуже зручна для розрахунків в ядерних системах. Якщо перевести на нашу звичайну систему вимірів, то вона теж буде дуже не приємна і не зручна. Повинні пам'ятати що існує декілька різних систем, що дозв впров сис оцінки і вимірювання. Буде декілька

різних ситуацій. Бауємося на абсолютній системі гауса, яка трохи трансформована і система природна не є зручною і тому ми і не користуємося.

Повернемося до 1799 році. На основі вимірів, причому методом триангуляції по зіркам частим, дуги, по різкам меридіана, було виготовлено перший метр у вигляді платинової лінійки. Товщиною Довжина 25 мм в 4 мм і який мав відстань в один метр. Штрихований метр.

Чому штрихований. Його зробили як лінійку і робили таким чином. Отут на кінцях робилось по три штриха. З цієї точки зору що оця відстань, оце метр.

Це повинно все бути в відповідному приміщенні, де витримується, відпов темп, тиск та газу, яки напов це приміщення. Цей еталон по сей день зберігається в нац. Архіві франції і відповідно рішення метричної між нар комісії яка була створена в 1872 рок. Таким чином, практично 25 років це виміряли, робили творили і зробили оцей еталон.

Леонский астроном Мютом, запроп прийняти за метр ?? 1799. ...

1772 року Гюйгенс, пропонував зробити математичний маятник з довжиною коливання який дорівнює по довжині одному метру. При цьому півперіода повинно відповідати 1 секунд.

Таким чином поступово ситуація складалась таким чином, треба що б всі країни прийняли одну таку систему одиниць.

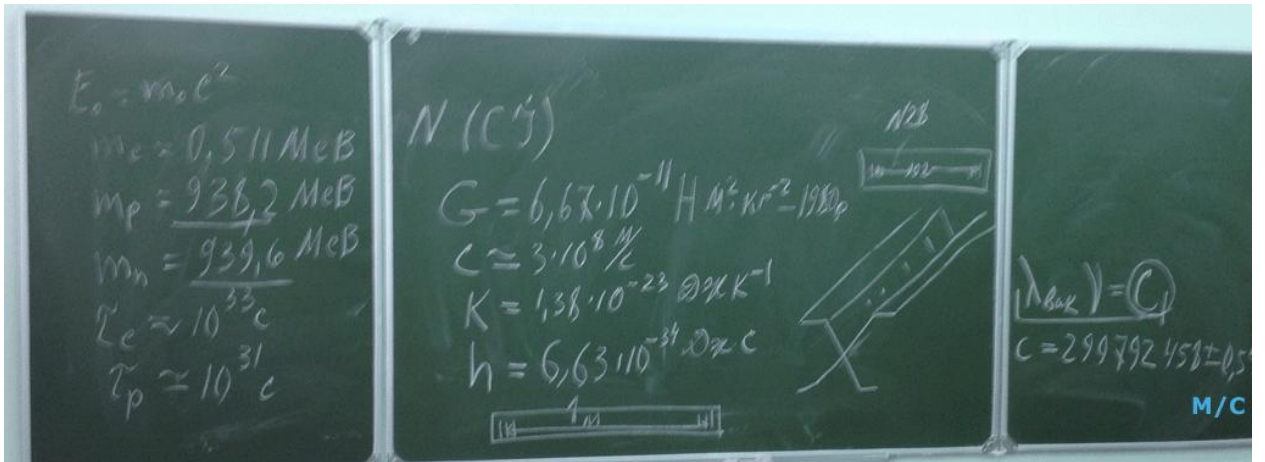
1775 році згідно рішень міжнародної дипломатичної конвенції, було підписано «Медична конвенція», відповідно цьому було зроблено 31 штриховий зразок метра. Взяли платину та іридій. 90 та 10 відсотків.

31 зразок методом жеребкування, росія 1875 рік отримала зразок №11 та №28. Славному 1918 році. 14 вересня. Зразок №28 був підтверджений декретом народних комісарів, і є основою на якою росія і далі корист зразком №28.. Найкращий зразок достався франції. Під номером 6. Зязувалось таким чином. Найкращий зразок відповідає одному метру. Всі інші були трохи різні. От 28 номер. Його номер був 102 см. Його потім переробили, таким чином, що оцей номер 28 там є також знак, що це платін іридій. 1 метр. В 1936 році еталон ретельно перевірявня і було визначено що при 0°C оцей 28 = 1 метр+0.71 мкм з похибкою +- 0.21 мкм. Таким чином ми маємо що на сьогоднішній день, номер 28 формально є 102 см. Він представляє з себе іксові таку штуківину, приблизно так виглядає.

36 році підігнали до мкм. Залишились штриховані метри. І так до 1960 року існував такий еталон. Після цього досконалюючи одиницю довжини був створений оптичний метр. Тут треба мати на увазі момент. В опт діап частота вимірювання визначається через вимірювання довжини хвилі не по частотам а по довжині хвилі. Це обумовлено тією обставиною, що фотоприймачі по техніці тех. Можливостей, не дозв отрим точність більш ніж гГц. МИ попадаємо в пета мГц. Приймаці наші на таких частотах прцювати не можуть. Тому базовим є співвідношення до довжини хвилі і частоти. Принциповий момент полягає в тому, що в нас є співвідношення, що ламбда в вакумі на частоту є швидкість світла.

Все завязано на швидкості світла. На сьогодні тобто на 1980 рік ми мали такі числа  $c=99792458 \pm 0,5$  м/с.





Горелка Бунзена, в нижней части расположены входной штуцер для подачи газа и рукоятка крана с накаткой для регулирования величины этой подачи.

**Горелка Бунзена** — газовая [горелка](#), имеющая [инжектор](#), установленный в металлической трубке с отверстиями для поступления воздуха, которая закреплена на подставке с боковым вводом для подачи газа. Изобретение немецкого химика [Роберта Бунзена](#).

## Содержание

- [1 Принцип работы](#)
- [2 Использование](#)
- [3 Питание](#)
- [4 Ссылки](#)
- [5 Примечания](#)

## Принцип работы

При работе горелки газ в виде струи с большой скоростью выходит из сопла инжектора, создавая разрежение в трубке. Благодаря этому разрежению, окружающий воздух засасывается (инжектируется) в горелку через отверстия в трубке, и при движении вверх вдоль трубки смешивается с газом, образуя горючую смесь, которая поджигается на выходе из горелки. Поскольку для горения используется кислород воздуха, поступающий из окружающей среды (атмосферы), то горелка Бунзена относится к классу атмосферных горелок.

Важными параметрами для практического использования горелки являются:

- внутренний диаметр выходного отверстия горелки;
- высота горелки;
- масса горелки;
- расход газа;
- тепловая мощность.

## Использование

Горелка Бунзена применяется для пайки деталей низкотемпературными припоями, подогрева и плавления материалов, стерилизации в открытом пламени медицинских инструментов, для проведения испытаний на огнестойкость, воспламеняемость, на нераспространение горения, термостойкость и пожаробезопасность материалов и изделий, для нагрева небольших лабораторных сосудов (пробирок, колб, тиглей и т. п.), для простейших стеклодувных операций и других подобных термических процессов. Используется в химических и школьных лабораториях, ювелирных мастерских, микробиологических, цитологических, биотехнических лабораториях, медицинских учреждениях, испытательных технических центрах и зуботехнических лабораториях, а также везде, где требуется применение открытого пламени небольшой тепловой мощности (до 1300 ватт).

## Питание

В качестве топлива для горелки используется натуральный ([метан](#)) или сжиженный газ ([пропан-бутановая смесь](#)). Расход газа до 200 л/час. Питание горелки для натурального газа должно осуществляться от газовой сети с природным газом (метаном) с номинальным давлением 1274 Па (130 мм вод. ст.). Питание горелки для сжиженного газа должно осуществляться от баллона со сжиженным газом. Баллон с газом должен быть снабжен [редуктором](#). Редуктор требуется для оптимизации расхода газа из баллона, контроля давления на выходе из баллона и создания стабильного газового потока для подачи последнего в горелку. Применять можно баллоны вместимостью от 5 до 50 л.

Горелка Бунзена может иметь устройства для стабилизации пламени. Для этого используются поджигающие горелки и цилиндрические насадки.

Горелка с поджигающим пламенем имеет вспомогательную стационарную (жестко соединенную с основной горелкой) запальную горелку для зажигания пламени основной горелки. Запальная горелка может быть расположена либо снаружи основной горелки, либо внутри ее. Последний вариант имеет преимущество в том, что облегчается, поджог основного пламени, так как вспомогательное пламя находится внутри газового потока основного пламени. Кроме того, постоянное пламя запальной горелки, которая расположена внутри основного пламени, повышает тепловую мощность горелки, так как тепловой поток от вспомогательного пламени непосредственно складывается с тепловым потоком основного пламени. Все запальные горелки имеют устройство для регулировки подачи в них газа. Обычно эти устройства выполнены в виде винта, цилиндрическая головка которого имеет либо шлиц под отвертку, либо накатку для ручного вращения винта.

Горелка с цилиндрической насадкой имеет короткую трубку цилиндрической формы, которая расположена соосно с зазором относительно наружной верхней части трубки основного пламени и закреплена на последней, как это показано на рисунке. В зазор между трубками поступает газ через отверстия, выполненные в корпусе трубки основного пламени. В этом случае стабилизация пламени основного факела горелки обеспечивается за счет создания вокруг его корневой зоны постоянного кольцевого поджигающего пламени, в котором скорость подачи газа меньше, чем в основной горелке.

Горелки Бунзена снабжаются устройствами для изменения характеристик пламени. К ним относятся устройства для регулировки подачи воздуха и газа.

Горелка с регулировкой подачи воздуха имеет устройство, служащее для частичного перекрытия отверстий в трубке основного пламени горелки, через которые в нее поступает воздух. Конструктивно это может быть выполнено различными способами. В одних горелках применяются втулка с одним или несколькими отверстиями, установленная на скользящей посадке, на трубке основного пламени горелки, как это показано на рисунке. Вращая втулку, совмещают полностью или частично отверстия во втулке и горелке. В результате площадь входных отверстий для воздуха изменяется вследствие чего и меняется его подача. В ряде горелок втулка связана с трубкой горелки посредством резьбового соединения. В этом случае втулка может быть выполнена без отверстий и регулировка подачи воздуха осуществляется за счет плавного перекрытия втулкой отверстий горелки. Имеются конструкции, когда основная трубка основного пламени горелки выполнена из двух частей. В этом случае каждая из частей горелки имеет отверстия. Навинчивая верхнюю часть трубки на нижнюю, добиваются частичного или полного совмещения отверстий.

Горелка с регулировкой подачи газа имеет для перекрытия подачи газа краны, шаровые вентили или игольчатые затворы. Подобная горелка показана на рисунке, рукояткой крана которого регулируется количество газа, поступающего в горелку.

Обычно масса горелок Бунзена не превышает 0.5 кг. Усовершенствованные варианты горелки [Бунзена](#) — это горелки [Теклу](#) и Мекера.

Одной из последних разработок горелки Бунзена является конструкция горелки которая имеет систему "газ-контроль". При случайном гашении пламени подача газа в горелку перекрывается.

# СГС

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

Перейти к: [навигация](#), [поиск](#)

**СГС** (**сантиметр-грамм-секунда**) — система [единиц измерения](#), которая широко использовалась до принятия Международной системы единиц ([СИ](#)). Другое название — *абсолютная<sup>[1]</sup> физическая система единиц*.

В рамках СГС существуют три независимые [размерности](#) (длина, масса и время), все остальные сводятся к ним путём умножения, деления и возведения в степень (возможно, дробную). Кроме трёх основных единиц измерения — [сантиметра](#), [грамма](#) и [секунды](#), в СГС существует ряд дополнительных единиц измерения, которые являются производными от основных. Некоторые физические константы получаются безразмерными. Есть несколько вариантов СГС, отличающихся выбором электрических и магнитных единиц измерения и величиной констант в различных законах электромагнетизма (СГСЭ, СГСМ, Гауссова система единиц).

СГС отличается от СИ не только выбором конкретных единиц измерения. Из-за того, что в СИ были дополнительно введены основные единицы для электромагнитных физических величин, которых не было в СГС, некоторые единицы имеют другие размерности. Из-за этого некоторые физические законы в этих системах записываются по-разному (например, [закон Кулона](#)). Отличие заключается в коэффициентах, большинство из которых — размерные. Поэтому, если в формулы, записанные в СГС, просто подставить единицы измерения СИ, то будут получены неправильные результаты. Это же относится и к разным разновидностям СГС — в СГСЭ, СГСМ и Гауссовой системе единиц одни и те же формулы могут записываться по-разному.

В формулах СГС отсутствуют нефизические коэффициенты, необходимые в СИ (например, [электрическая постоянная](#) в законе Кулона), и, в Гауссовой разновидности, все четыре вектора электрических и магнитных полей ***E***, ***D***, ***B*** и ***H*** имеют одинаковые размерности, в соответствии с их физическим смыслом<sup>[2]</sup>, поэтому СГС считается более удобной для теоретических исследований.

В научных работах, как правило, выбор той или иной системы определяется более преимуществом обозначений и прозрачностью физического смысла, чем удобством измерений.

## Содержание

- [1 Расширения СГС](#)
  - [1.1 СГСЭ](#)
  - [1.2 СГСМ](#)
  - [1.3 СГС симметричная, или Гауссова система единиц](#)
- [2 История](#)
- [3 Некоторые единицы измерения](#)
- [4 См. также](#)
- [5 Примечания](#)

## Расширения СГС

Для облегчения работы в СГС в [электродинамике](#) были приняты дополнительно системы СГСЭ (*абсолютная электростатическая система*) и СГСМ (*абсолютная электромагнитная система*).

### СГСЭ

В СГСЭ [электрическая постоянная](#)  $\epsilon_0$  (диэлектрическая проницаемость вакуума) безразмерна и равна 1, [магнитная постоянная](#)  $\mu_0 = 1/c^2$  (размерность:  $c^2/\text{см}^2$ ), где  $c$  — [скорость света в вакууме](#), фундаментальная физическая постоянная. В этой системе [закон Кулона](#) в вакууме записывается без дополнительных коэффициентов:  $F = Q_1 Q_2 / r^2$ , в результате единица заряда должна быть выбрана как квадратный корень из единицы силы ([дина](#)<sup>1/2</sup>), умноженный на единицу расстояния (сантиметр). Из выбранной таким образом единицы заряда (называемой [статкулоном](#), размерность:  $\text{см}^{3/2} \text{г}^{1/2} \text{с}^{-1}$ ) выводятся определения производных единиц (напряжения, силы тока, сопротивления и т. п.).

### СГСМ

В СГСМ [магнитная постоянная](#)  $\mu_0$  безразмерна и равна 1, а электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 1/c^2$  (размерность:  $c^2/\text{см}^2$ ). В этой системе нефизические коэффициенты отсутствуют в формуле [закона Ампера](#) для силы, действующей на единицу длины  $l$  каждого из двух бесконечно длинных параллельных прямолинейных токов в вакууме:  $F = 2I_1 I_2 l / d$ , где  $d$  — расстояние между токами. В результате единица силы тока должна быть выбрана как квадратный корень из единицы силы ([дина](#)<sup>1/2</sup>). Из выбранной таким образом единицы силы тока (иногда называемой [абампером](#), размерность:  $\text{см}^{1/2} \text{г}^{1/2} \text{с}^{-1}$ ) выводятся определения производных единиц (заряда, напряжения, сопротивления и т. п.).

### СГС симметричная, или Гауссова система единиц

В симметричной СГС (называемой также смешанной СГС или Гауссовой системой единиц) магнитные единицы равны единицам системы СГСМ, электрические — единицам системы СГСЭ. Магнитная и электрическая постоянные в этой системе единичные и безразмерные:  $\mu_0 = 1$ ,  $\epsilon_0 = 1$ .

## История

Система мер, основанная на сантиметре, грамме и секунде, была предложена немецким ученым [Гауссом](#) в 1832. В 1874 [Максвелл](#) и [Томсон](#) усовершенствовали систему, добавив в неё электромагнитные единицы измерения.

Величины многих единиц системы СГС были признаны неудобными для практического использования, и вскоре она была заменена системой, основанной на [метре](#), [килограмме](#) и секунде ([МКС](#)). СГС продолжали использовать параллельно с МКС, в основном в научных исследованиях.

После принятия в 1960 системы [СИ](#) СГС почти вышла из употребления в инженерных приложениях, однако продолжает широко использоваться, например, в [теоретической физике](#) и [астрофизике](#) из-за более простого вида законов [электромагнетизма](#).

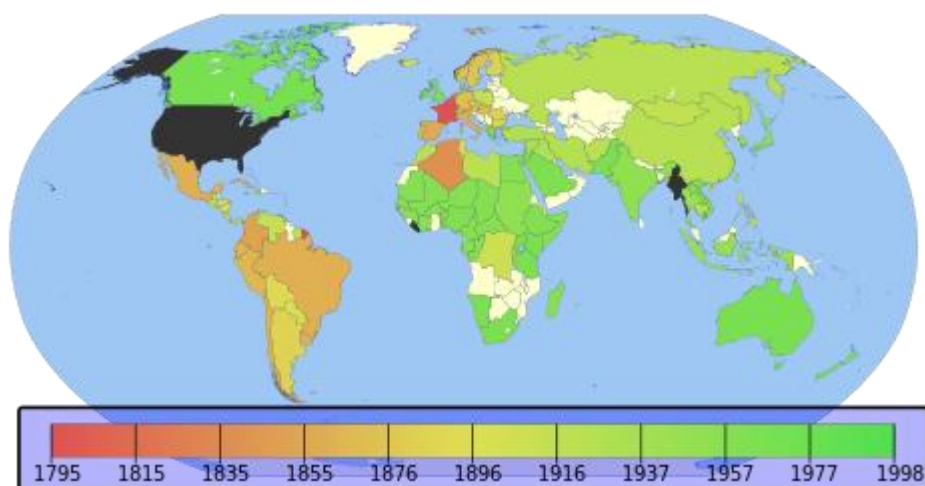
Из трёх дополнительных систем наибольшее распространение получила система СГС симметричная.

## Некоторые единицы измерения

- Длина — сантиметр (см);
- масса — грамм (г);
- время — секунда (с);
- скорость — см/с;
- ускорение — см/с<sup>2</sup>;
- сила — дина, г·см/с<sup>2</sup>;
- энергия — эрг, г·см<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;
- мощность — эрг/с, г·см<sup>2</sup>/с<sup>3</sup>;
- давление — дина/см<sup>2</sup>, г/(см·с<sup>2</sup>);
- динамическая вязкость — пуаз, г/(см·с);
- кинематическая вязкость — стокс, см<sup>2</sup>/с;
- магнитный поток — максвелл (СГСМ, гауссова система);
- магнитная индукция — гаусс (СГСМ, гауссова система);
- напряжённость магнитного поля — эрстед (СГСМ, гауссова система);
- магнитодвижущая сила — гильберт (СГСМ, гауссова система);
- индуктивность — сантиметр (СГСМ, гауссова система), статгенри (СГСЭ);
- электрический заряд — статкулон, франклин (СГСЭ, гауссова система);
- ёмкость — сантиметр, статфарад (СГСЭ, гауссова система).

**Международная система единиц, СИ** ([фр. \*Le Système International d'Unités, SI\*](#)) — система [единиц](#) физических величин, современный вариант [метрической системы](#). СИ является наиболее широко используемой системой единиц в мире, как в повседневной жизни, так и в [науке](#) и [технике](#). Тем не менее, в большинстве научных работ по [электродинамике](#) используется [Гауссова система единиц](#), из-за ряда недостатков СИ. В частности, в СИ напряжённость (В/м) и смещение (Кл/м<sup>2</sup> (L<sup>-2</sup>TI)) имеют разную размерность; возникает т. н. [диэлектрическая проницаемость вакуума](#), лишённая физического смысла.<sup>[1]</sup> В настоящее время СИ принята в качестве основной системы единиц большинством стран мира и почти всегда используется в области техники, даже в тех странах, в которых в повседневной жизни используются традиционные единицы. В этих немногих странах (например, в [США](#)) определения традиционных единиц были изменены таким образом, чтобы связать их фиксированными коэффициентами с соответствующими единицами СИ.

Официальным международным документом по системе СИ является Брошюра СИ ([фр. \*Brochure SI\*](#), [англ. \*SI Brochure\*](#)), издающаяся с 1970 года. С 1985 года выходит на французском и английском языках, переведена также на ряд других языков. В 2006 году вышло 8-е издание.



Даты перехода на метрическую систему. Страны, которые не приняли систему СИ в качестве основной или единственной ([Либерия](#), [Мьянма](#), [США](#)), отмечены чёрным цветом

## Содержание

- [1 Общие сведения](#)
  - [1.1 Названия и обозначения единиц](#)
- [2 История](#)
- [3 Единицы СИ](#)
  - [3.1 Основные единицы](#)
  - [3.2 Производные единицы](#)
  - [3.3 Новое определение](#)
- [4 Единицы, не входящие в СИ](#)
- [5 Кратные и дольные единицы](#)
- [6 Правила написания обозначений единиц](#)
- [7 Критика СИ](#)
- [8 Примечания](#)
- [9 Литература](#)



- [10 Ссылки](#)

## Общие сведения

Строгое определение СИ формулируется таким образом:

Международная система единиц (СИ) — система единиц, основанная на Международной системе величин, вместе с наименованиями и обозначениями, а также набором приставок и их наименованиями и обозначениями вместе с правилами их применения, принятая [Генеральной конференцией по мерам и весам](#) (CGPM).

— Международный словарь по метрологии<sup>[2]</sup>

При этом под [Международной системой величин](#) (англ. *International System of Quantities*, ISQ) понимается система величин, основанная на подмножестве семи основных величин: длине, массе, времени, электрическом токе, термодинамической температуре, количестве вещества и силе света.

СИ была принята XI [Генеральной конференцией по мерам и весам](#), некоторые последующие конференции внесли в СИ ряд изменений.

СИ определяет семь [основных](#) и [производные единицы физических величин](#) (далее — единицы), а также набор [приставок](#). Установлены стандартные сокращённые обозначения для единиц и правила записи производных единиц.

Основные единицы: [килограмм](#), [метр](#), [секунда](#), [ампер](#), [кельвин](#), [моль](#) и [кандела](#). В рамках СИ считается, что эти единицы имеют независимую [размерность](#), то есть ни одна из основных единиц не может быть получена из других.

Производные единицы получаются из основных с помощью [алгебраических](#) действий, таких как [умножение](#) и [деление](#). Некоторым из производных единиц в СИ присвоены собственные названия, например, [радиану](#).

Приставки можно использовать перед названиями единиц; они означают, что единицу нужно умножить или разделить на определённое целое число, [степень](#) числа 10.

Например, приставка «кило» означает умножение на 1000 (километр = 1000 метров).

Приставки СИ называют также десятичными приставками.

## Названия и обозначения единиц



Дорожный указатель в [Китае](#) с использованием международного обозначения километра, [кратной единицы](#) от единицы СИ

Согласно международным документам (Брошюра СИ, ISO 80000, Международный метрологический словарь<sup>[21]</sup>), единицы СИ имеют названия и обозначения. Названия единиц могут записываться и произноситься по-разному на разных языках, например: [фр.](#) *kilogramme*, [англ.](#) *kilogram*, [порт.](#) *quilograma*, [валл.](#) *cilogram*, [болг.](#) *килограм*, [греч.](#) *χιλιόγραμμα*, [кит.](#) 千克 [яп.](#) キログラム В таблице даны французские и английские названия, указанные в международных документах. Обозначения единиц, согласно Брошюре СИ, являются не сокращениями, а математическими объектами ([фр.](#) *entités mathématiques*, [англ.](#) *mathematical entities*). Они входят в международную научную символику ISO 80000 и от языка не зависят, например: kg. В международных обозначениях единиц используются буквы [латинского алфавита](#), в отдельных случаях [греческие](#) буквы или специальные символы.

Однако на постсоветском пространстве ([СНГ](#), [СНГ-2](#), [Грузия](#)) и в [Монголии](#), где принят алфавит на основе [кириллицы](#), наряду с международными обозначениями (а фактически — вместо них) используются обозначения, основанные на национальных названиях: [рус.](#) *килограмм* — кг, [груз.](#) ჰოლოგრამი — ჰგ, [азерб.](#) *kiloqram* — kq. С 1978 года русские обозначения единиц подчиняются тем же правилам написания, что и международные (см. ниже).

В России действует [ГОСТ 8.417—2002](#), предписывающий обязательное использование единиц СИ. В нём перечислены единицы физических величин, разрешённые к применению, приведены их международные и русские обозначения и установлены правила их использования.

По этим правилам, при договорно-правовых отношениях в области сотрудничества с зарубежными странами, а также в поставляемых за границу вместе с экспортной продукцией технических и других документах разрешается применять только международные обозначения единиц. Применение международных обозначений обязательно также на шкалах и табличках измерительных приборов. В остальных случаях, например, во внутренних документах и обычных публикациях можно использовать либо международные, либо русские обозначения. Не допускается одновременно применять международные и русские обозначения, за исключением публикаций по единицам величин.

Названия единиц подчиняются [грамматическим](#) нормам того языка, в котором используются: *один моль, два моля, пять молей*; [рум.](#) *cinci kilograme, treizeci de kilograme*. Обозначения единиц не изменяются: 1 mol, 2 mol, 5 mol; 1 моль, 2 моль, 5 моль; 5 kg, 30 kg. Грамматической особенностью ряда названий единиц в русском языке является [счётная форма](#): *пятьдесят вольт, сто ватт*.<sup>[31]</sup>

## История



Международный эталон метра, использовавшийся с [1889](#) по [1960 год](#)

СИ является развитием [метрической системы мер](#), которая была создана французскими учёными и впервые широко внедрена после [Великой французской революции](#). До введения метрической системы единицы выбирались независимо друг от друга. Поэтому пересчёт из одной единицы в другую был сложным. К тому же в разных местах применялись разные единицы, иногда с одинаковыми названиями. Метрическая система должна была стать удобной и единой системой мер и весов.

В [1799 году](#) во Франции были изготовлены два [эталона](#) — для единицы длины ([метр](#)) и для единицы массы ([килограмм](#)).<sup>[4]</sup>

В [1874 году](#) была представлена система [СГС](#), основанная на трёх единицах — [сантиметр](#), [грамм](#) и [секунда](#) — и десятичных приставках от микро до мега.<sup>[4]</sup>

В [1875 году](#) была подписана [Метрическая конвенция](#). Были начаты работы по разработке международных эталонов метра и килограмма.

В [1889 году](#) I [Генеральная конференция по мерам и весам](#) приняла систему мер, сходную с СГС, но основанную на метре, килограмме и секунде, так как эти единицы были признаны более удобными для практического использования.<sup>[4]</sup>

В последующем были введены базовые единицы для физических величин в области электричества и оптики.

В [1960 году](#) XI Генеральная конференция по мерам и весам приняла стандарт, который впервые получил название «Международная система единиц (СИ)».

В [1971 году](#) XIV Генеральная конференция по мерам и весам внесла изменения в СИ, добавив, в частности, единицу количества вещества ([моль](#)).

В [1979 году](#) XVI Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое, действующее поныне, определение канделы.

В [1983 году](#) XVII Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое, действующее поныне, определение метра.

## Единицы СИ

Названия единиц СИ пишутся со строчной буквы, после обозначений единиц СИ точка не ставится, в отличие от обычных сокращений.

### Основные единицы

Основная статья: [Основные единицы СИ](#)

Наименование	Величина	Размерность	Единица			
			Наименование	Обозначение		
			русское	французское/английское	русско-международное	международное
<a href="#">Длина</a>		L	<a href="#">метр</a>	mètre/metre	м	m
<a href="#">Масса</a>		M	<a href="#">килограмм</a> <sup>1</sup>	kilogramme/kilogram	кг	kg
<a href="#">Время</a>		T	<a href="#">секунда</a>	seconde/second	с	s

<a href="#">Сила электрического тока</a>	I	<a href="#">ампер</a>	ampère/ampere	A	A
Термодинамическая <a href="#">температура</a>	Θ	<a href="#">кельвин</a>	kelvin	К	К
<a href="#">Количество вещества</a>	N	<a href="#">моль</a>	mole	моль	mol
<a href="#">Сила света</a>	J	<a href="#">кандела</a>	candela	кд	cd

## Производные единицы

Основная статья: [Производные единицы СИ](#)

Производные единицы могут быть выражены через основные с помощью математических операций: умножения и деления. Некоторым из производных единиц для удобства присвоены собственные названия, такие единицы тоже можно использовать в математических выражениях для образования других производных единиц.

Математическое выражение для производной единицы измерения вытекает из физического закона, с помощью которого эта единица измерения определяется или определения физической величины, для которой она вводится. Например, скорость — это расстояние, которое тело проходит в единицу времени; соответственно, единица измерения скорости — м/с (метр в секунду).

Часто одна и та же единица может быть записана по-разному, с помощью разного набора основных и производных единиц (см., например, последнюю колонку в таблице *Производные единицы с собственными названиями*). Однако на практике используются установленные (или просто общепринятые) выражения, которые наилучшим образом отражают физический смысл величины. Например, для записи значения [момента силы](#) следует использовать [Н·м](#), и не следует использовать м·Н или Дж.

### Производные единицы с собственными названиями

Величина	Единица		Обозначение		Выражение
	русское название	французское/английское название	русское	международное	
<a href="#">Плоский угол</a>	<a href="#">радиан</a>	radian	<a href="#">рад</a>	rad	$\text{м} \cdot \text{м}^{-1} = 1$
<a href="#">Телесный угол</a>	<a href="#">стерадиан</a> <a href="#">н</a>	steradian	<a href="#">ср</a>	sr	$\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2} = 1$
<a href="#">Температура</a> по шкале Цельсия <sup>[6]</sup>	<a href="#">градус Цельсия</a>	degré Celsius/degree Celsius	°C	°C	К
<a href="#">Частота</a>	<a href="#">герц</a>	hertz	Гц	Hz	$\text{с}^{-1}$
<a href="#">Сила</a>	<a href="#">ньютон</a>	newton	Н	N	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
<a href="#">Энергия</a>	<a href="#">джоуль</a>	joule	Дж	J	$\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}}$
<a href="#">Мощность</a>	<a href="#">ватт</a>	watt	Вт	W	$\frac{\text{Дж/с}}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}}$
<a href="#">Давление</a>	<a href="#">паскаль</a>	pascal	Па	Pa	$\frac{\text{Н/м}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}}$

<a href="#">Световой поток</a>	<a href="#">люмен</a>	lumen	лм	lm	кд·ср
<a href="#">Освещённость</a>	<a href="#">люкс</a>	lux	лк	lx	лм/м <sup>2</sup> = кд·ср/м <sup>2</sup>
<a href="#">Электрический заряд</a>	<a href="#">кулон</a>	coulomb	Кл	C	A·с
<a href="#">Разность потенциалов</a>	<a href="#">вольт</a>	volt	В	V	Дж/Кл = кг·м <sup>2</sup> ·с <sup>-3</sup> ·А <sup>-1</sup>
<a href="#">Сопротивление</a>	<a href="#">ом</a>	ohm	Ом	Ω	В/А = кг·м <sup>2</sup> ·с <sup>-3</sup> ·А <sup>-2</sup>
<a href="#">Емкость</a>	<a href="#">фарад</a>	farad	Ф	F	Кл/В = с <sup>4</sup> ·А <sup>2</sup> ·кг <sup>-1</sup> ·м <sup>-2</sup>
<a href="#">Магнитный поток</a>	<a href="#">вебер</a>	weber	Вб	Wb	кг·м <sup>2</sup> ·с <sup>-2</sup> ·А <sup>-1</sup>
<a href="#">Магнитная индукция</a>	<a href="#">тесла</a>	tesla	Тл	T	Вб/м <sup>2</sup> = кг·с <sup>-2</sup> ·А <sup>-1</sup>
<a href="#">Индуктивность</a>	<a href="#">генри</a>	henry	Гн	H	кг·м <sup>2</sup> ·с <sup>-2</sup> ·А <sup>-2</sup>
<a href="#">Электрическая проводимость</a>	<a href="#">сименс</a>	siemens	См	S	Ом <sup>-1</sup> = с <sup>3</sup> ·А <sup>2</sup> ·кг <sup>-1</sup> ·м <sup>-2</sup>
<a href="#">Активность радиоактивного источника</a>	<a href="#">беккерель</a>	becquerel	Бк	Bq	с <sup>-1</sup>
<a href="#">Поглощённая доза ионизирующего излучения</a>	<a href="#">грей</a>	gray	Гр	Gy	Дж/кг = м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>
<a href="#">Эффективная доза ионизирующего излучения</a>	<a href="#">зиверт</a>	sievert	Зв	Sv	Дж/кг = м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>
<a href="#">Активность катализатора</a>	<a href="#">катал</a>	katal	кат	kat	моль/с

## Новое определение

На XXIV Генеральной конференции по мерам и весам 17—21 октября 2011 года была единогласно принята резолюция<sup>[71]</sup>, в которой, в частности, предложено в будущей ревизии Международной системы единиц переопределить основные единицы таким образом, чтобы некоторые физические константы, выраженные через эти единицы, стали точно определёнными числами. Некоторые из этих определений уже введены ранее. В своём окончательном виде СИ будет системой единиц, в которой<sup>[71]</sup>:

- частота [сверхтонкого расщепления](#) основного состояния [атома цезия-133](#) в точности равна 9 192 631 770 Гц<sup>[81]</sup>;
- [скорость света в вакууме](#)  $c$  в точности равна 299 792 458 м/с<sup>[81]</sup>;
- [постоянная Планка](#)  $h$  в точности равна  $6,626\ 068\ 96 \times 10^{-34}$  Дж·с;
- [элементарный электрический заряд](#)  $e$  в точности равен  $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$  Кл;

- [постоянная Больцмана](#)  $k$  в точности равна  $1,380\ 6Х\cdot 10^{-23}$  Дж/К;
- [число Авогадро](#)  $N_A$  в точности равно  $6,022\ 14Х\cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>;
- [световая эффективность](#)  $k_{cd}$  [монохроматического излучения](#) частотой  $540\cdot 10^{12}$  Гц в точности равна 683 лм/Вт<sup>[81]</sup>;
- упомянутые в предыдущих пунктах [производные единицы СИ](#) — [герц](#) (Гц), [джоуль](#) (Дж), [кулон](#) (Кл), [люмен](#) (лм) и [ватт](#) (Вт) выражаются через [основные единицы СИ](#) ([метр](#) (м), [килограмм](#) (кг), [секунду](#) (с), [ампер](#) (А), [кельвин](#) (К), [моль](#), [канделу](#) (кд)) следующим образом<sup>[81]</sup>:  $1\ \text{Гц} = 1\ \text{с}^{-1}$ ,  $1\ \text{Дж} = 1\ \text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$ ,  $1\ \text{Кл} = 1\ \text{А}\cdot\text{с}$ ,  $1\ \text{лм} = 1\ \text{кд}\cdot\text{м}^2\cdot\text{м}^{-2} = 1\ \text{кд}\cdot\text{ср}$ ,  $1\ \text{Вт} = 1\ \text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$ .

Выше  $X$  заменяет одну или более значащих цифр, которые будут определены в окончательном релизе на основании наиболее точных рекомендаций [CODATA](#).<sup>[91]</sup> Из этого набора семи точно определённых констант будут получены семь скорректированных основных единиц СИ.

Как сказано в резолюции<sup>[71]</sup>, единицы СИ будут определяться следующим образом:

- Секунда, символ с, является единицей времени; её величина устанавливается фиксацией численного значения частоты [сверхтонкого расщепления](#) основного состояния [атома цезия-133](#) при температуре 0 К равным в точности 9 192 631 770, когда она выражена единицей СИ с<sup>-1</sup>, что эквивалентно Гц.
- Метр, символ м, является единицей длины; его величина устанавливается фиксацией численного значения скорости света в вакууме равным в точности 299 792 458, когда она выражена единицей СИ м·с<sup>-1</sup>.
- Килограмм останется единицей массы; но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения Постоянной Планка равным в точности  $6,626\ 06Х\cdot 10^{-34}$ , когда она выражена единицей СИ м<sup>2</sup>·кг·с<sup>-1</sup>, что эквивалентно Дж·с.
- Ампер останется единицей силы электрического тока; но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения элементарного электрического заряда равным в точности  $1,602\ 17Х\cdot 10^{-19}$ , когда он выражен единицей СИ с·А, что эквивалентно Кл.
- Кельвин останется единицей термодинамической температуры; но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения постоянной Больцмана равным в точности  $1,380\ 6Х\cdot 10^{-23}$ , когда она выражена единицей СИ м<sup>-2</sup>·кг·с<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>, что эквивалентно Дж·К<sup>-1</sup>.
- Моль останется единицей количества вещества; но его величина будет устанавливаться фиксацией численного значения постоянной Авогадро равным в точности  $6,022\ 14Х\cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>, когда она выражена единицей СИ моль<sup>-1</sup>.
- Кандела, символ кд, является единицей силы света в заданном направлении; её величина устанавливается фиксацией численного значения световой эффективности монохроматического излучения частотой  $540\cdot 10^{12}$  Гц равным в точности 683, когда она выражена единицей СИ м<sup>-2</sup>·кг<sup>-1</sup>·с<sup>3</sup>·кд·ср или кд·ср·Вт<sup>-1</sup>, что эквивалентно лм·Вт<sup>-1</sup>.

## Единицы, не входящие в СИ

Некоторые единицы, не входящие в СИ, по решению Генеральной конференции по мерам и весам «допускаются для использования совместно с СИ».

Единица	Французское/ английское	Обозначение русское международное	Величина в единицах СИ
---------	----------------------------	--------------------------------------	---------------------------

	название			
<a href="#">минута</a>	minute	мин	min	60 с
<a href="#">час</a>	heure/hour	ч	h	60 мин = 3600 с
<a href="#">сутки</a>	jour/day	сут	d	24 ч = 86 400 с
<a href="#">градус</a>	degré/degree	°	°	( $\pi/180$ ) рад
<a href="#">угловая минута</a>	minute	'	'	$(1/60)^\circ = (\pi/10\ 800)$
<a href="#">угловая секунда</a>	seconde/second	"	"	$(1/60)' = (\pi/648\ 000)$
<a href="#">литр</a>	litre	л	l, L	1/1000 м <sup>3</sup>
<a href="#">тонна</a>	tonne	т	t	1000 кг
<a href="#">непер</a>	neper	Нп	Np	безразмерна
<a href="#">бел</a>	bel	Б	B	безразмерна
<a href="#">электронвольт</a>	electronvolt	эВ	eV	$\approx 1,602\ 177\ 33 \cdot 10^{-19}$ Дж
<a href="#">атомная единица массы, дальтон</a>	unité de masse atomique unifiée, dalton/unified atomic mass unit, dalton	а. е. м.	u, Da	$\approx 1,660\ 540\ 2 \cdot 10^{-27}$ кг
<a href="#">астрономическая единица</a>	unité astronomique/ astronomical unit	а. е.	ua	$\approx 1,495\ 978\ 706\ 91 \cdot 10^{11}$ м
<a href="#">морская миля</a>	mille marin/nautical mile	миля	M <sup>[10]</sup>	1852 м (точно)
<a href="#">узел</a>	nœud/knot	уз	kn <sup>[10]</sup>	1 морская миля в час = (1852/3600) м/с
<a href="#">ар</a>	are	а	a	10 <sup>2</sup> м <sup>2</sup>
<a href="#">гектар</a>	hectare	га	ha	10 <sup>4</sup> м <sup>2</sup>
<a href="#">бар</a>	bar	бар	bar	10 <sup>5</sup> Па
<a href="#">ангстрем</a>	ångström	Å	Å	10 <sup>-10</sup> м
<a href="#">барн</a>	barn	б	b	10 <sup>-28</sup> м <sup>2</sup>

Кроме того, ГОСТ 8.417-2002 разрешает применение следующих единиц: [град](#), [световой год](#), [парсек](#), [диоптрия](#), [киловатт-час](#), [вольт-ампер](#), вар, [ампер-час](#), [карат](#), [текс](#), [гал](#), [оборот в секунду](#), [оборот в минуту](#). Разрешается применять единицы относительных и логарифмических величин, такие как [процент](#), [промилле](#), [миллионная доля](#), [фон](#), [октава](#), [декада](#). Допускается также применять единицы времени, получившие широкое распространение, например, [неделя](#), [месяц](#), [год](#), [век](#), [тысячелетие](#).

Другие единицы применять не разрешается.

Тем не менее, в различных областях иногда используются и другие единицы.

- Единицы системы [СГС](#): [эрг](#), [гаусс](#), [эрстед](#) и др.
- Внесистемные единицы, широко распространённые до принятия СИ: [кюри](#), [калория](#), [ферми](#), [микрон](#) и др.

Некоторые страны не приняли систему СИ, или приняли её лишь частично и продолжают использовать [английскую систему мер](#) или сходные единицы.



# Кратные и дольные единицы

Основная статья: [Приставки СИ](#)

Десятичные кратные и дольные единицы образуют с помощью стандартных множителей и приставок, присоединяемых к названию или обозначению единицы.

## Правила написания обозначений единиц

- Обозначения единиц печатают прямым шрифтом, точку как знак сокращения после обозначения не ставят.
- Обозначения помещают за числовыми значениями величин через пробел, перенос на другую строку не допускается. Исключения составляют обозначения в виде знака над строкой, перед ними пробел не ставится. Примеры: 10 м/с, 15°.
- Если числовое значение представляет собой дробь с косой чертой, его заключают в скобки, например:  $(1/60) \text{ с}^{-1}$ .
- При указании значений величин с предельными отклонениями их заключают в скобки или проставляют обозначение единицы за числовым значением величины и за её предельным отклонением:  $(100,0 \pm 0,1) \text{ кг}$ ,  $50 \text{ г} \pm 1 \text{ г}$ .
- Обозначения единиц, входящие в произведение, отделяют точками на средней линии (Н·м, Па·с), не допускается использовать для этой цели символ «×». В машинописных текстах допускается точку не поднимать или разделять обозначения пробелами, если это не может вызвать недоразумения.
- В качестве знака деления в обозначениях можно использовать горизонтальную черту или косую черту (только одну). При применении косой черты, если в знаменателе стоит произведение единиц, его заключают в скобки. Правильно: Вт/(м·К), неправильно: Вт/м/К, Вт/м·К.
- Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведённых в степени (положительные и отрицательные): Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>, А·м<sup>2</sup>. При использовании отрицательных степеней не разрешается использовать горизонтальную или косую черту (знак деления).
- Допускается применять сочетания специальных знаков с буквенными обозначениями, например: °/с (градус в секунду).
- Не допускается комбинировать обозначения и полные наименования единиц. Неправильно: км/час, правильно: км/ч.
- Обозначения единиц, произошедшие от фамилий, пишутся с заглавной буквы, в том числе с приставками СИ, например: ампер — А, мегапаскаль — МПа, килоньютон — кН, гигагерц — ГГц.

См. также: [Приставки СИ#Правила использования приставок](#)

## Критика СИ

Д. В. Сивухин указывает<sup>[1]</sup>, что система единиц СГС и система единиц СИ эквивалентны во многих разделах физики, но если обратиться к электродинамике, то в СИ возникают такие, не имеющие непосредственного физического смысла величины, как [электрическая постоянная](#) и [магнитная постоянная](#). Кроме того, в системе единиц СИ [электрическое поле](#), [электрическая индукция](#), [магнитное поле](#) и [магнитная индукция](#) имеют разную размерность. Таковую ситуацию Д. В. Сивухин характеризует так:



В этом отношении система СИ не более логична, чем, скажем, система, в которой длина, ширина и высота предмета измеряются не только различными единицами, но и имеют разные размерности.

Отвечая на критику Д. В. Сивухиным и другими системы СИ в части её применения к электромагнитным явлениям, С. Г. Каршенбойм поясняет<sup>[11]</sup>, что в критических высказываниях происходит смешение двух различных понятий: [система единиц](#) и [система физических величин](#), а также отмечает, что в действительности бо́льшая часть критики относится именно к системе величин. Кроме того, он показывает, что проблема избыточности описания электромагнитных явлений в вакууме возникла не в связи с системой СИ, но в результате исторического процесса: как проблема эфира и нековариантности подхода к описанию. В завершение С. Г. Каршенбойм обосновывает и высказывает убеждённую уверенность в том, что в качестве конкурирующих системы СИ и СГС можно рассматривать лишь при фиксированном значении [электрической постоянной](#)  $\epsilon_0$ , а при измеряемой величине  $\epsilon_0$  выбор в пользу СИ станет безальтернативным. Поясним здесь, что в силу действующего определения ампера электрическая постоянная в настоящее время имеет фиксированное точное значение, но после осуществления предполагаемого в соответствии решениями XXIV Генеральной конференции по мерам и весам пересмотра определения ампера она станет измеряемой величиной и приобретёт погрешность<sup>[7]</sup>.