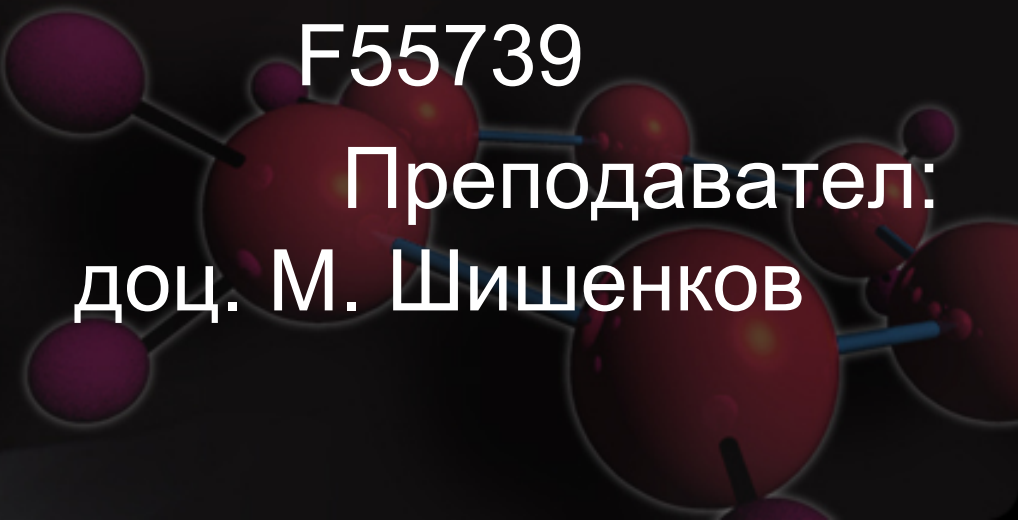




ФОТОМЕТЪР

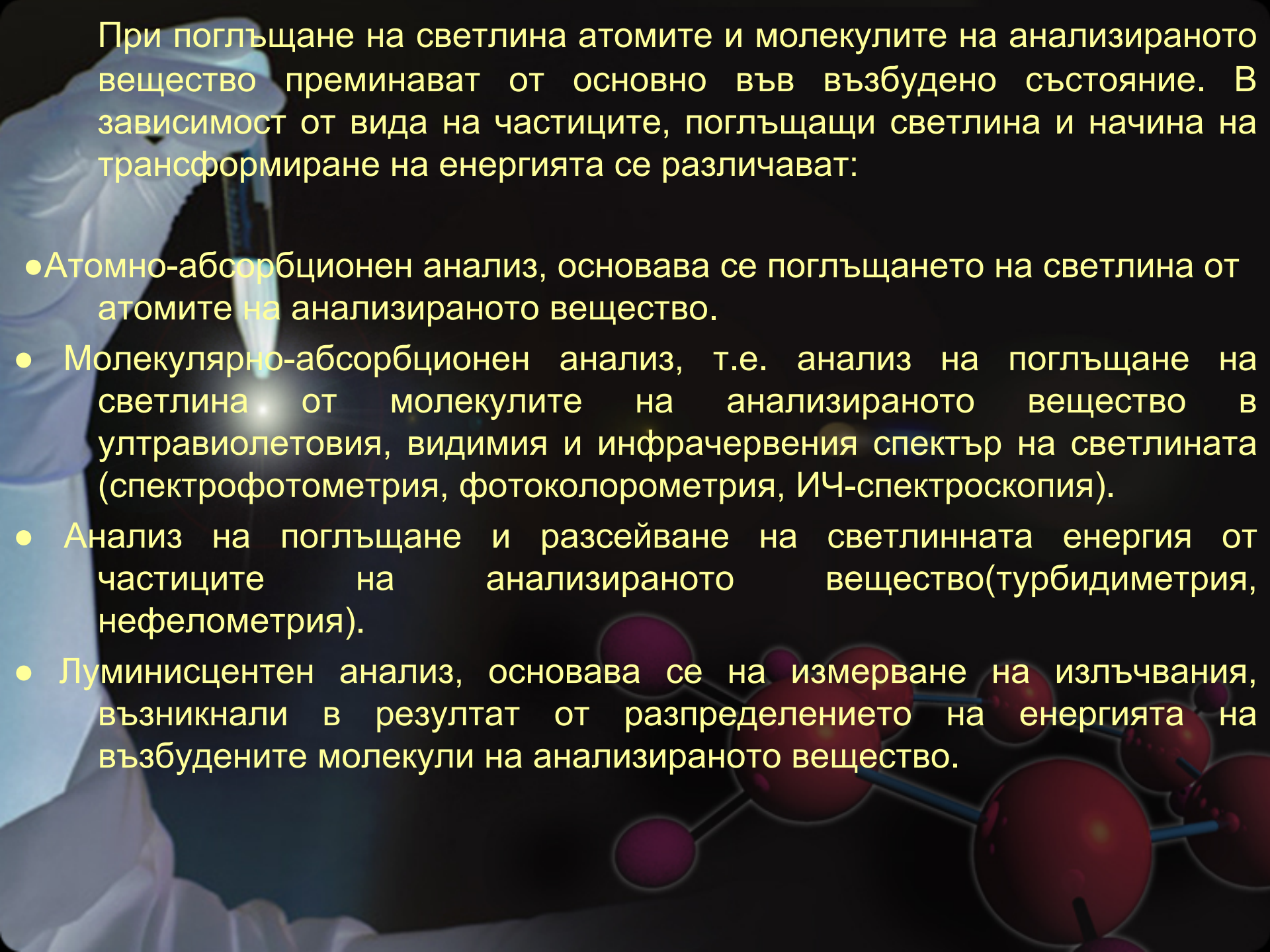
Денис Синев
F55739



Преподавател:
доц. М. Шишков

Фотометър, фотометрични методи

При фотометричните методи се използва избирателното поглъщане на светлина от молекулите на анализираното вещество и определянето на коефициентите на поглъщане на средата. При поглъщането на светлина енергията на светлинната вълна намалява при преминаването ѝ в дадено вещество. Част от енергията на вълната се преобразува във вътрешна енергия на веществото или в енергия на вторично лъчение, имащо друг спектрален състав и друга посока на разпространение (фотолуминесценция).



При поглъщане на светлина атомите и молекулите на анализираният материал преминават от основно във възбудено състояние. В зависимост от вида на частиците, поглъщащи светлина и начина на трансформиране на енергията се различават:

- Атомно-абсорбционен анализ, основава се на поглъщането на светлина от атомите на анализираният материал.
- Молекулярно-абсорбционен анализ, т.е. анализ на поглъщане на светлина от молекулите на анализираният материал в ултравиолетовия, видимия и инфрачервения спектър на светлината (спектрофотометрия, фотоколориметрия, ИЧ-спектроскопия).
- Анализ на поглъщане и разсейване на светлинната енергия от частиците на анализираният материал (турбидиметрия, нефелометрия).
- Луминисцентен анализ, основава се на измерване на излъчвания, възникнали в резултат от разпределението на енергията на възбудените молекули на анализираният материал.

Поглъщането на светлината в дадено вещество се описва от закона на *Бугер -Ламберт*. Законът описва изменението на интензивността на светлината I с изминатото разстояние в дадена среда. Интензивността на светлинната електромагнитна вълна се изразява чрез модула на вектора на Пойнтинг, осреднен за време равно на един период на вълната. За плоска монохроматична вълна

$$I \sim E_0^2,$$

където E_0 е амплитудата на електричния вектор на вълната.

Законът за поглъщането е установен експериментално от *Бугер* през 1729 г., а по-късно е изведен теоретично от *Ламберт* при прости предположения. Той приема, че при преминаването на светлина през слой вещество с дебелина dx намаляването на интензивността на светлината dI е пропорционално на тази дебелина:

$$dI = -k(\lambda) I dx .$$

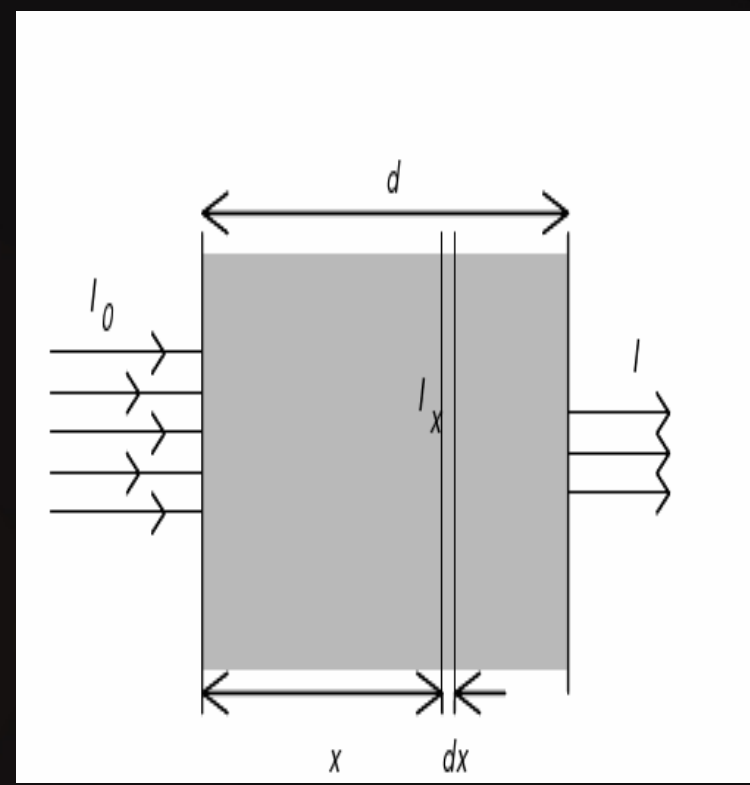
Коефициентът на пропорционалност k не зависи от интензивността на светлината, а само от нейната дължина – λ и се нарича коефициент на поглъщане.

Като се интегрира горното уравнение от 0 до d , където d е дебелината на слоя за интензивността I на преминалата светлина се получава законът на Бугер – Ламберт:

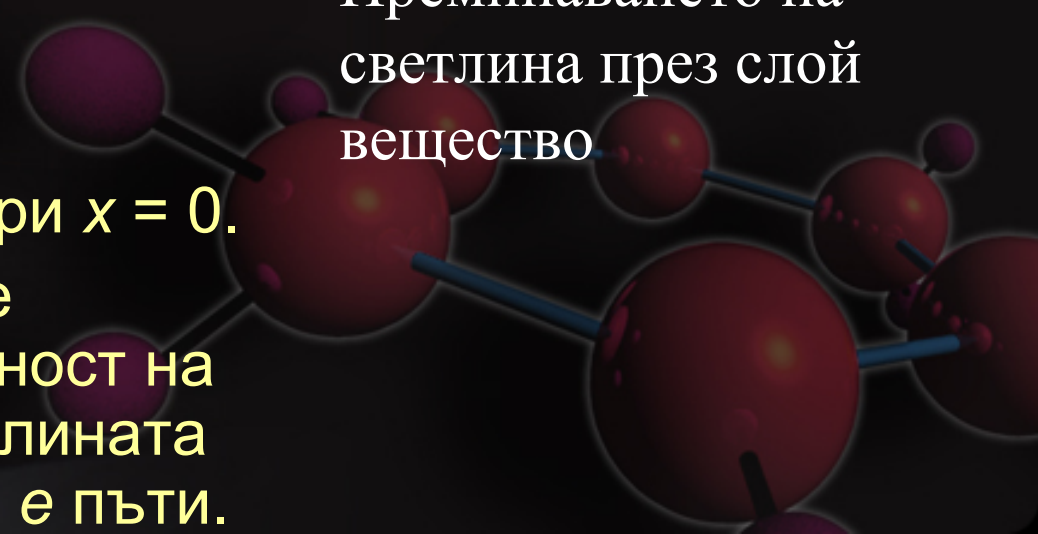
$$I = I_0 e^{-k(\lambda) d}$$

където I_0 е интензивността при $x = 0$.

Коефициентът на поглъщане изразява реципрочната стойност на дебелината d_0 , за която светлината намалява интензивността си е пъти.



Преминаването на светлина през слой вещество



Зависимостта на k от дължината на светлината вълна се нарича спектър на поглъщане на веществото.

При невисоки концентрации на поглъщащо вещество в непоглъщащ разтворител при не много високо налягане е в сила законът на Бер, според който коефициентът на поглъщане е пропорционален съответно на концентрацията на разтвора C

$$k(\lambda) = \varepsilon(\lambda)C$$

Обединеният закон на *Бугер – Ламберт – Бер* има съответно вида:

$$I = I_0 e^{-\varepsilon(\lambda)Cd}$$

Константата $\varepsilon(\lambda)$ зависи от свойствата на разтвореното вещество и от дължината на светлинната вълна. Законът на Бер се нарушава при големи концентрации и налягания. Тогава поради влиянието на физико – химичните взаимодействия между молекулите на веществото $\varepsilon(\lambda)$ започват да зависят от концентрацията на разтвора.

Трябва да се има предвид, че в горните формули I_0 е интензивността на светлината, влизаща в поглъщащото тяло. При наличие на отражение от двете гранични повърхности на тялото (предна и задна), $I_0 < J_0$, където с J_0 е означена интензивността на светлината, падаща върху него, т.е.:

$$I_0 = [1 - R_1(\lambda)] \cdot [1 - R_2(\lambda)] J_0.$$

тук $R_1(\lambda)$ е коефициентът на отражение за съответната дължина на вълната от предната повърхност, а $R_2(\lambda)$ – от неговата задна повърхност, ($R_1(\lambda) < 1$, $R_2(\lambda) < 1$).

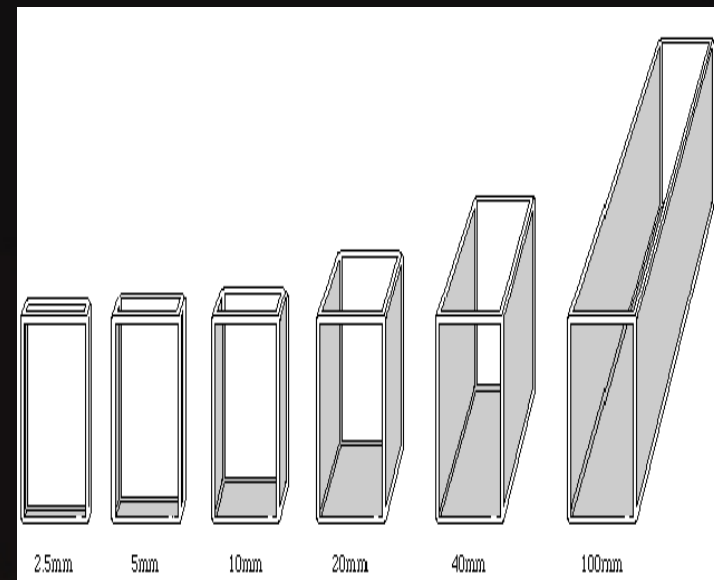
Величината $T = I / J_0$ характеризира прозрачността на тялото и се нарича пропускливост. Пропускливостта обикновено се дава в проценти. Величината $E(\lambda) = \lg(J_0 / I) = \lg(1 / T)$ се нарича екстинкция, отслабване или оптична плътност на веществото. Тя е пропорционална на концентрацията на разтвореното вещество.

При изследване на разтвори, последните се поставят в кювети. Обикновено се използват две еднакви кювети – едната с изследвания разтвор, а другата – с разтворителя. По този начин може да се измерят I и I_0 , участващи в закона на Бугер – Ламберт – Беер. Тогава от дефиницията за екстинкция следва:

$$E = 0.434\varepsilon(\lambda)Cd = \varepsilon'(\lambda)Cd$$

което представлява друг запис на закона на Бугер – Ламберт – Бер. Величината $\varepsilon'\lambda$ се нарича екстинкционна константа.

Измерването на пропускливостта или екстинкцията позволява с помощта на законите на Бугер–Ламберт и на Беер да се определят коефициентът на поглъщане на веществото и екстинкционните му константи.



Различни по размер кювети

Важна характеристика на дадено тяло е зависимостта на неговата пропускливост от дължината на светлинната вълна $T(\lambda)$, която се нарича спектрална пропускливост или спектър на пропускане. От нея, с помощта на

$$T = [1 - R(\lambda)]e^{-k(\lambda)d}$$

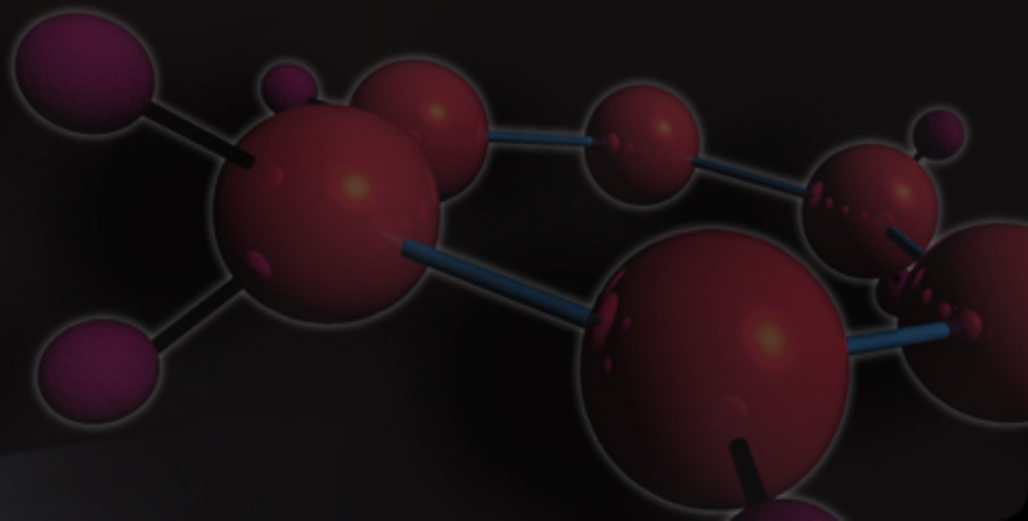
може да се получи спектърът на поглъщане $k(\lambda)$ на веществото.

Уравнение $E = 0.434\varepsilon(\lambda)Cd = \varepsilon'(\lambda)Cd$ дава възможност да се определи концентрацията на разтвор, за който се знаят $\varepsilon'(\lambda)$ и d и се измери $E(\lambda)$.

Точността за определяне на концентрациите (C) на веществата a и b (съответно C_a и C_b) е най-голяма, когато дължините на вълните λ_1 и λ_2 са избрани така, че при λ_1 да поглъща предимно веществото a , а при λ_2 - компонентът b .

Процедура

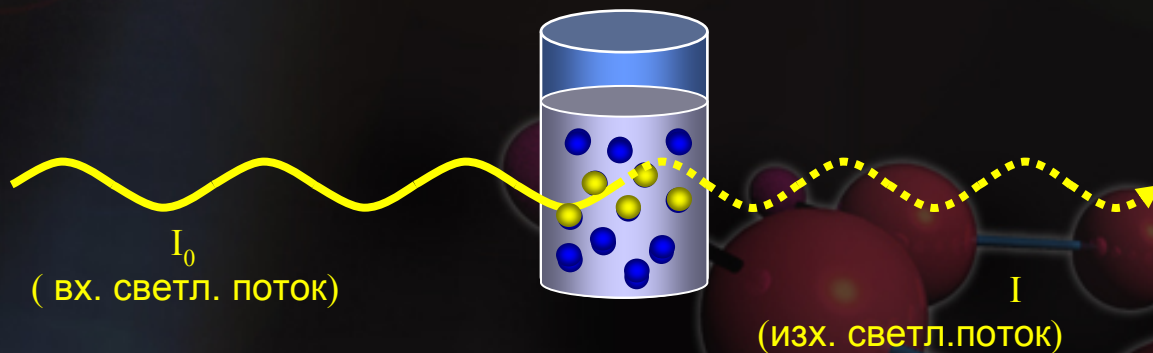
Процедурата се свежда до привеждане на анализирания компонент в цветно съединение, поглъщащо светлина, и последващо определяне на неговата концентрация чрез измерване на светопоглъщането на разтвора.



ПРИНЦИП НА ИЗМЕРВАНЕ



Фотометър:

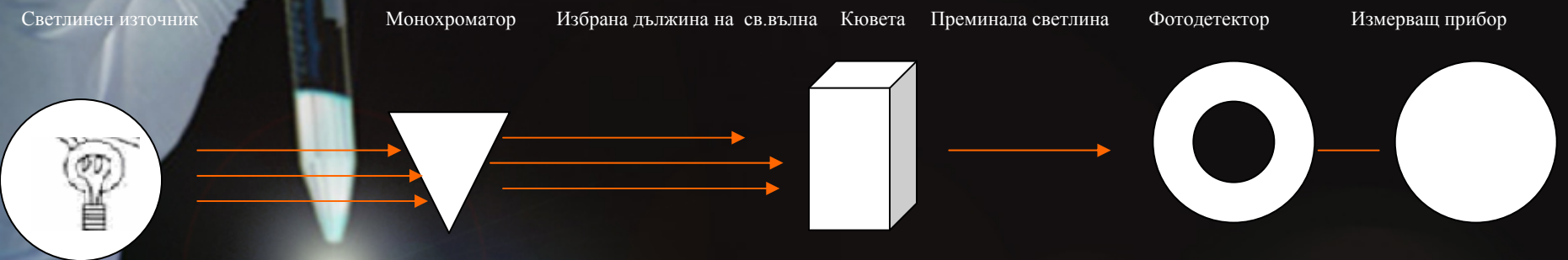


Най-простият тип измерване е визуално сравняване на интензивността на оцветяване на пробата със серия от цветни стандарти, съответстващи на различни концентрации на определяния компонент.

За по-прецизно измерване на интензивността на оцветяване се използват колориметри (фотометри), снабдени с фотоелементи, които превръщат светлинната енергия в електрическа и светлофилтри, отделящи тясна област от спектъра (частична монохроматизация).

Фотометърът се състои от 1) светлинен източник; 2) оптична система за фокусиране на светлината; 3) цветни филтри, които пропускат светлината, която се абсорбира от анализирания компонент в пробата 4) кюветодържател с прозрачни съдове (кювети) за разтвора, 5) чувствителен светлинен детектор, който превръща светлината в електрически ток- фотоклетка 6) галванометри за отчитане показанията на детектора.

Принципна схема



Светлинният източник излъчва бяла светлина, но има и специални фотометри, при които източникът излъчва монохроматична светлина (примерно лазер).

Монохроматорът – призма, дифракционна решетка или филтър, служи за да подбере за работа онзи от съставните цветове на бялата светлина, който е подходящ за даденото измерване.

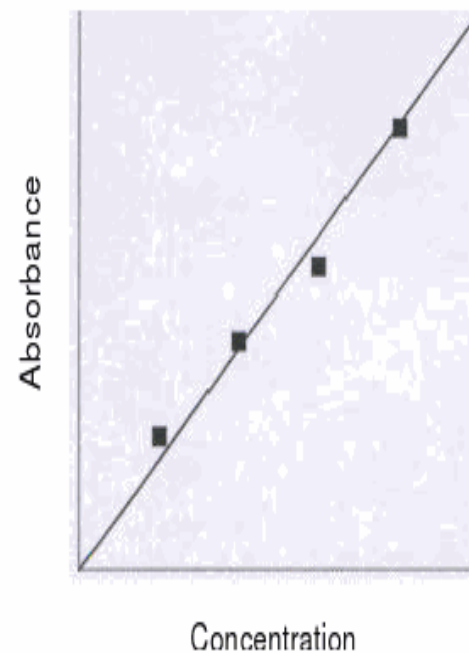
Кюветата е малък стъклен или пластмасов съд с дефинирани оптически свойства и с правилна геометрична форма. Съществуват кювети с най-различни обеми.

Фотодетектор „усеща“ количествено светлината, което се визуализира чрез измерващ прибор – аналогов или дигитален

Фотометрирането се извършва при предварително избрана оптимална дължина на вълната (λ) – това е дължината при която абсорбцията е максимална. Определянето на λ max за конкретния анализ се подбира след построяване на абсорбционния спектър.

Някои фотометри могат да представят резултата директно в концентрационни единици, при други – резултатите се отчитат като светлинна абсорбция и за превръщането им в концентрационни единици е необходима калибрационна(стандартна) крива.

Фотометричният метод се използва за измервания в близката ултравиолетова (УВ) и видима област на спектъра (320-800 nm)



Стандартна крива