Радиохемија и нуклеарна хемија

Fakultet za fizicku hemiju

Радиохемија и нуклеарна хемија

Број часова активне наставе	*Предавања*	*Вежбе*
8	*4*	*4*
	2+2	

- **наставник: доц. Марко Даковић**
- **Сападник у настави: Ђорђе Цвјетиновић**
- **Технички сарадник: Марко Брашњевић**

Web site: www.ffh.bg.ac.rs/RHNH

Fakultet za fiziku hemiju

План предавања

ОСНОВЕ	Увод у Радиохемију и нуклеарну хемију		Наставни колоквијум 2
	Језгра, изотопи. Стабилност језгара		Нуклеосинтеза
	Нестабилна језгра: радиоактивнии распади		Космичко зрачење и природна радиоактивност
	Пролаз зрачења кроз материју		Трансурански елементи
	Детекција и мерење радиоактивног зрачења	ПРИМЕНЕ	Нуклеарна енергетика
	Дозиметрија јонизујућег зрачења Рекапитулација 1		Нуклеарни и термонуклеарни реактори
	Наставни колоквијум 1		Нуклеарни гориви циклус
МОДЕЛИ	Енергија везе у језгру. Модели језгра.		Изотопско обогаћивање
	Теорија а и б распада		Производња радиоизотопа и примене
	Нуклеарне реакције		Хемија “врућих” атома
	Теорија фисије и фузије		Примене радиоизотопа
	Акцелератори		Рекапитулација 3
	Елементарне честице		Наставни колоквијум 3
	Рекапитулација 2		***Предавање по избору студената***

Програм вежби

- 1. колоквијум
  - В1. Одређивање карактеристика Гајгер-Милеровог бројача
  - В2. Одређивање времена полираспада графичком методом и методом мерења апсолутне активности
  - В3. Одређивање енергије β и γ зрачења методом самоапсорпције
  - В4. Одређивање енергије γ зрачења сцинтилационим спектрометром

2. Колоквијум

В1. Одређивање количине микрокомпоненте у узорку методом активационе анализе

В2. Радиоимунолошка анализа (РИА) хормона штитне жлезде

3. Колоквијум

В1. Одвајање радиоактивног $^{56}MnO_2$ из $KMnO_4$ озраченог неутронима

В2. Идентификација природно присутних радионуклида у земљишту коришћењем HP Ge γ спектрометрије

В3. Раздвајање ^{90}Sr и ^{90}Y у микроконцентрацијама употребом катјонске смоле

Faktor na flicku hemiju

Литература

- Х. Ј. Арникар, Основи нуклеарне хемије, Факултет за физичку хемију, Београд, 1992.
- Иван Драганић ед. Радиоактивни изотопи и зрачења, Научна књига, Београд, 1968.
- G. Friedlander, J. W. Kennedy, Нуклеарна и радиохемија, Научна књига, Београд, 1968., превод са енглеског
- M. Haissinsky, Нуклеарна хемија и њене примене, Научна књига, Београд, превод са француског
- Ш. Миљанић, Нуклеарна хемија-скрипта

Fakultet za fizičku hemiju

and..

- *Gregory Chopin et al., Radiochemistry and Nuclear Chemistry, Elsevier, London, 4th ed 2013.*
- *W. D. Loveland, D. J. Morrissey, G. T. Seaborg, Modern Nuclear Chemistry, John Wiley & Sons, New Jersey, 2006.*
- *J-V. Kratz, K. H. Lieser Nuclear and Radiochemistry: Fundamentals and Applications, 3rd Edition, Wiley KAH, Weinheim*

Fakultet za fiziku nemju

Бодовање

Предиспитне обавезе	Поени		Завршни испит	Поени
Активност у току предавања	5	2,5	*Наставни колоквијуми*	*12*
		2,5		*12*
				12
Практична настава	20		*Усмени*	*19*
Колоквијуми	20		Усмени испит	55

Fakultet za hemiju

Полагање испита

- На испит можете изаћи ако имате положене све испите из прве године, положене колоквијуме и одрађене вежбе, те минимум 70% присуства предавањима (Статут Факултета)
- Начини полагања испита:
  - Усмено (цео испит)
  - Преко наставних колоквијума
  - Усмено, из два дела у два узастопна испитна рока (испит се пријављује само приликом полагања другог дела)

Fakultet za fizičku hemiju

Кратка историја радиохемије

Fakultet za fizicku hemiju

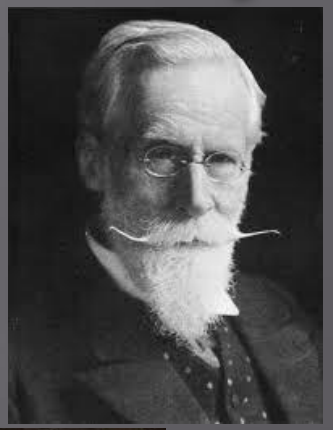
- Радиохемија је наука која проучава природу и својства радиоактивних елемената и производа њиховог распада. (Cameron 1910, Soddy 1911)

- Радиохемија је област (физичке) хемије, која проучава хемију радиоактивних изотопа, елемената и једињења, њихових физичкохемијских својстава, хемију нуклеарних реакција и пратећих физичкохемијских процеса. (Несмеянов)

- Нуклеарна хемија проучава (Seaborg):
  - хемијске и физичке особине најтежих елемената
  - нуклеарне особине као што су структура, реакције и радиоактивни распад
  - макроскопске феномене (као што су геохронологија и астрофизика) који зависе од нуклеарних процеса

Fakulte za fizicku hemiju

Увод у историју радиохемије



Предисторија

- Гајслерова (Geissler) цев 1857
- Круксова (H. Crookes) цев – 1878.
-



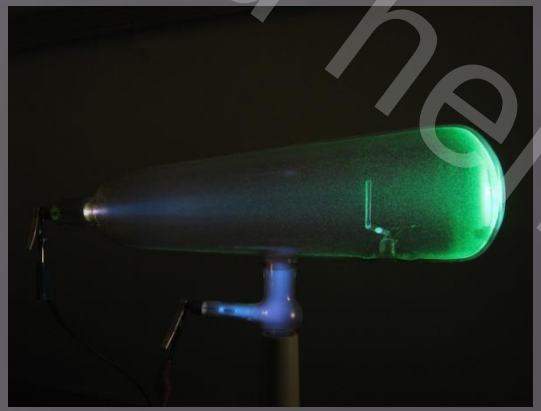
Geissler



Ruhmkoff-ов индуктор



Crookes



Fakultet za fizičku hemiju



Откриће X-зрака

- W. C. Röntgen 28. 12. 1895.
- „Стога сам дошао до закључка

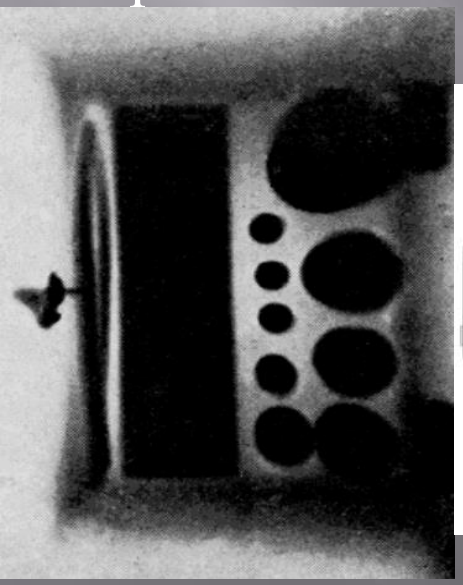
да X-зраци нису идентични са катодним зрацима већ их производе катодни зраци у стакленом зиду апарата за пражњење.

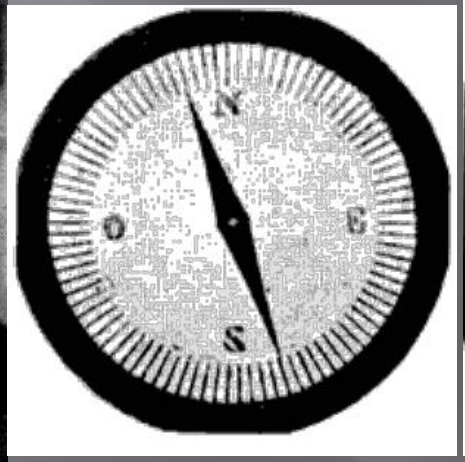


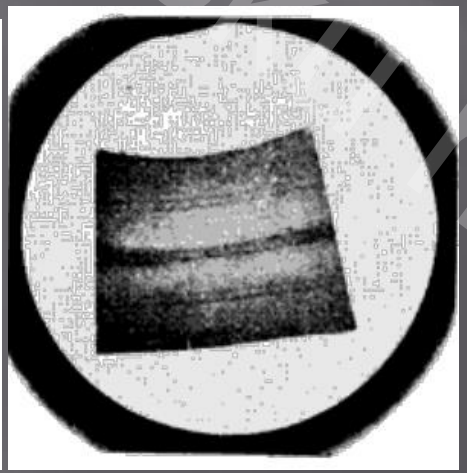
EINE NEUE ART
VON
STRAHLEN.

VON
DR. W. RÖNTGEN,
O. O. PROFESSOR AN DER K. UNIVERSITÄT WÜRZBURG.

WÜRZBURG.
VERLAG UND DRUCK DER STAHEL'SCHEN K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.
Ende 1895.

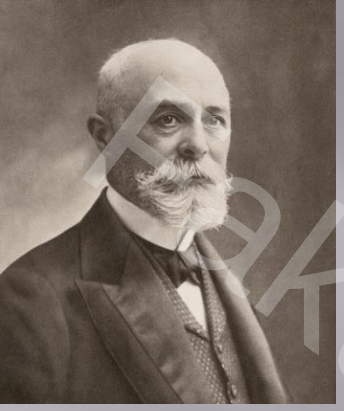








Lekcije za fizičke hemičare



Откриће радиоактивности

Antoine Henri Becquerel 1. 03. 1896.

- ***Експерименти – озрачивање сунчевом $K_2UO_2(SO_4)_2*2H_2O$* светлошћу***
- ***Прво саопштење 24. 02. 1896.***

PHYSIQUE. — *Sur les radiations émises par phosphorescence.*
Note de M. HENRI BECQUEREL.

- ***"Лимијерова фотографска плоча са бромидном емулзијом умота се у два листа веома дебелог црног папира, тако да се избегне замагљивање плоче услед излагања сунцу. Постави се лист папира и на њега плочица од флуоресцентне супстанције и све се то изложи сунчевој светлости у трајању од неколико часова"***
- ***Када се фотографска плоча развије, уочава се силуета фосфоресцентне супстанције као зацрњење на негативу***
- ***"Из ових експеримената се може извести закључак да фосфоресцентна супстанца у питању емитује зраке који пролазе кроз непрозиран папир и редукују соли сребра"***

****Формула по Бекерелу је била $[SO^4(UO)K + H^2O]$***

Fakultet Za Fizičku Hemiju

Откриће радиоактивности (2)

- ***Друго саопштење 2. 03. 1896.***



PHYSIQUE. — *Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents.*
Note de M. HENRI BECQUEREL.

- **“Посебно ћу инсистирати (истаћи) на следећој чињеници, која ми се чини веома значајна и која је изнад феномена за који се могу очекивати: Иста кристална кора, постављена на исти начин у односу на фотографску плочу, под истим условима и кроз исти прозор, али заштићена од ексцитације упадних зрака и чувана у мраку, и даљњ производи исте фотографске слике. Следеће околности су ме водиле ка наведеним запажањима: између претходних експеримената, неки су били припремљени у среду 26-тог и четвртак 27-ог фебруара и пошто се Сунце само повремено појављивало тих дана, сачувао сам припремљене апаратуре и вратио кутије у таму писаћег стола, са плочицом (кором) уранијумове соли на њима. Како се Сунце није појављивало у следећим данима, 1. марта сам развио плоче, очекујући појаву само веома слабих слика. Уместо тога појавиле су се силуете великог интензитета.”**

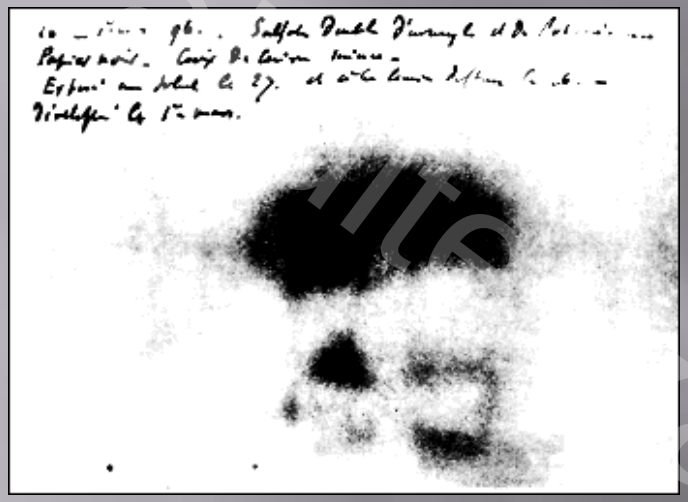
Откриће радиоактивности (3)

- “Важно је приметити да изгледа да се овај феномен не може приписати светлосном зрачењу емитованом фосфорсценцијом, пошто она на крају стотог дела секунде постаје тако слаба да се више не може запазити.”

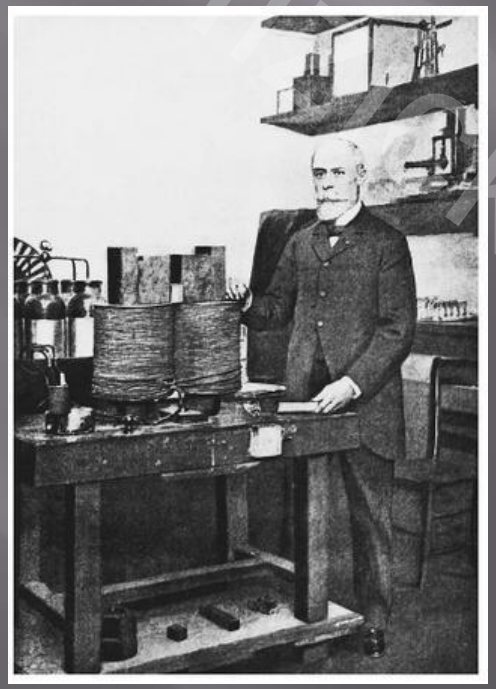
- “Хипотеза која се природно намеће би била претпоставка да су ови зраци, чије дејство има (показује) велику сличност са зрацима проучаваним од стране господина Ленарда и господина Рентгена, невидљиви зраци емитовани фофоресценцијом и да опстају много (бесконачно) дуже од светлосних зрака емитованих од стране ових објеката.”

Fakulteta fizicki.com

Откриће радиоактивности (4)







Fakultet za fizičku hemiju

Marie Sklodowska









Fakultet za hemiju

Marie Sklodowska-Curie & Pierre Curie

- 1891-1894. Сорбона, студије физике и математике
- 1894-1897. Истраживања везана за магнетне особине метала и легура
- 1895. удаје се за Пјера Кирија

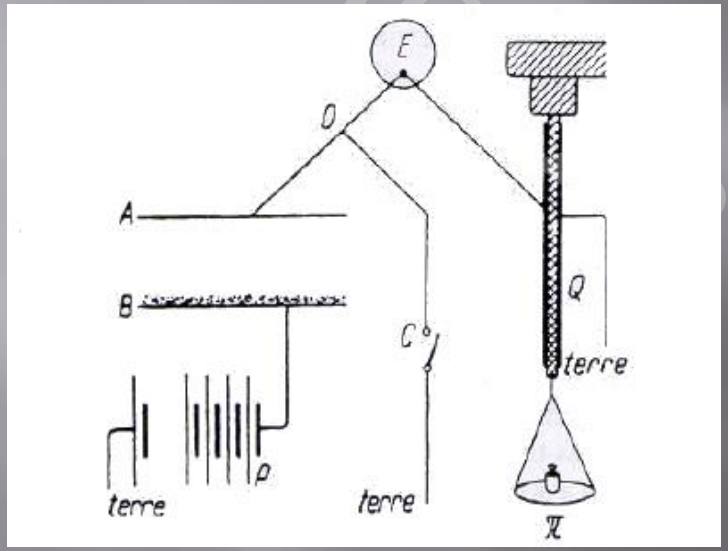


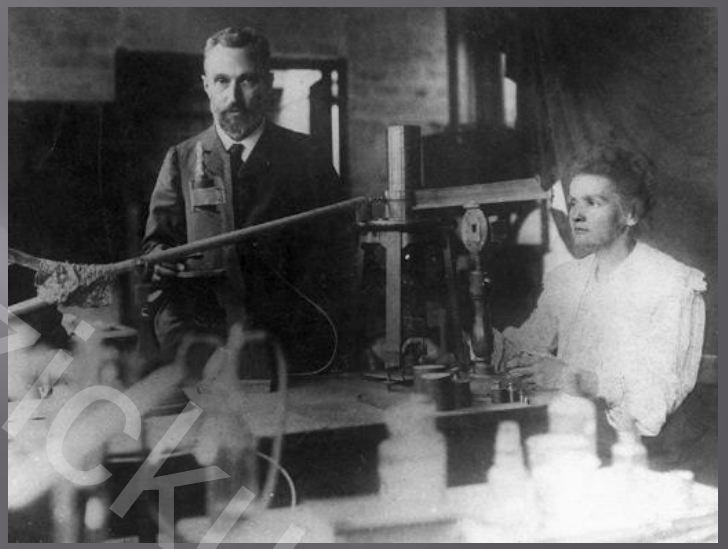


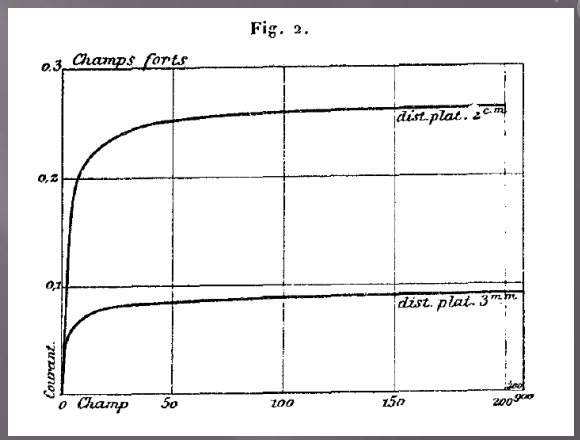
Tajnata na fizikata

Истраживања везана за Бекерелове (уранијумске) зраке

- 1898. почетак истраживања везаних за зрачење из уранијумових једињења и минерала







Fakultet za fizičku hemiju

1898

PHYSIQUE. — *Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium.* Note de M^me^ **Sklodowska Curie** (¹), présentée par M. Lippmann.

	$i \times 10^{11}$.
Uranium métallique (contenant un peu de carbone)	2,3
Oxyde d'urane noir U^2O^5	2,6
Oxyde d'urane vert U^3O^4	1,8
Acide uranique hydraté	0,6
Uranate de sodium	1,2
Uranate de potassium	1,2
Uranate d'ammonium	1,3
Sulfate uraneux	0,7
Sulfate d'uranyle et de potassium	0,7
Azotate d'uranyle	0,7
Phosphate de cuivre et d'uranyle	0,9
Oxysulfure d'urane	1,2

Compound	Intensity in pA
Metallic uranium with slight amounts of carbon	24
Black uranium oxide U_3O_8	27
Green uranium oxide U_3O_x	18
Ammonium, potassium and sodium uranates	about 12
Thorium oxide, 0,25 mm layer	22
Thorium oxide, 6 mm layer	53
Potassium fluoxytantalate	2
Potassium fluoxyniobate	0,3
Pitchblende from Johanngeorgenstadt	83
Pitchblende from Joachimsthal	67
Natural chalcolite	52
Autunite	27
Orangite	20
Samarskite	11

	$i \times 10^{11}$.
Uranium	2,3
Pechblende de Johanngeorgenstadt	8,3
» de Joachimsthal	7,0

	$i \times 10^{11}$.
Pechblende de Pzibran	6,5
» de Cornwallis	1,6
Clévéite	1,4
Chalcolite	5,2
Autunite	2,7
Thorites diverses	0,1
	0,3
	0,7
	1,3
	1,4
Orangite	2,0
Monazite	0,5
Xenotime	0,03
Aeschynite	0,7
Fergusonite, 2 échantillons	0,4
	0,1
Samarskite	1,1
Niobite, 2 échantillons	0,1
	0,3
Tantalite	0,02
Carnotite (¹)	6,2

- “Сва проиучавана уранијумова једињења су активна, и генерално су, активнија су што садрже више уранијума.”
- “Једињења торијума су веома активна. Торијум оксид по активности чак премашује метални уранијум.”

- “Сви минерали који показују активност садрже активне елементе. Два минерала уранијума, пехбленда и чалколит су много више активни него сам уранијум. Ова чињеница је посебно значајна и сугерише да ови минерали могу садржати елемент много активнији од уранијума.”

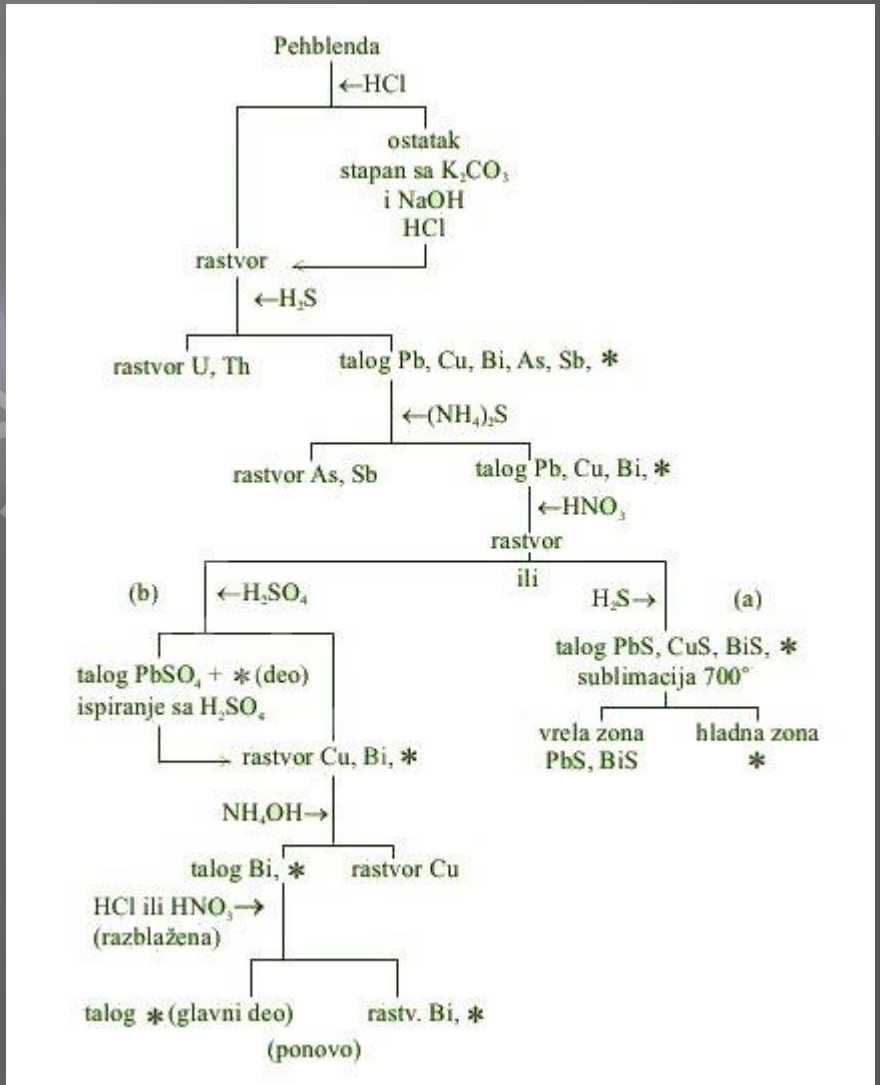
Katedra fizike Nemanjina

Откриће полонијума

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende* (¹). Note de M. **P. Curie** et de M^me **S. Curie**, présentée par M. Becquerel.

84
Po
Polonium
(209)

- **“Настојали смо да изолујемо ову супстанцију из пехбленде и експеримент је управо потврдио раније претпоставке.”**
- **“Наша хемијска истраживања су се константно одвијала уз проверу радијантне активности одвојених продуката у току поступка. Сваки производ је постављан на једну од плоча кондензатора и проводљивост створена у ваздуху је мерена помоћу електрометра и пиезоелектричног кварца (као у претходном раду)”**



- “Верујемо стога да супстанција коју смо издвојили из пехбленде садржи метал чије постојање још није објављено и који је по својим аналитичким особинама близак бизмуту. Ако се потврди постојање овог новог метала, предлажемо да се зове полонијум по имену земље из које једно од нас потиче”

Sur le polonium

Par M^me P. CURIE et A. DEBIERNE

[Faculté des Sciences de Paris].

1910 снимљен спектар полонијума

4642.0	faible,
4170.5	assez forte,
3913.6	faible,
3652.1	très faible.



Fizička hemija

Откриће радијума



“У току ових истраживања дошли смо до друге, јако радиоактивне супстанције, потпуно другачије по хемијским особинама од претходне” (*полонијума).

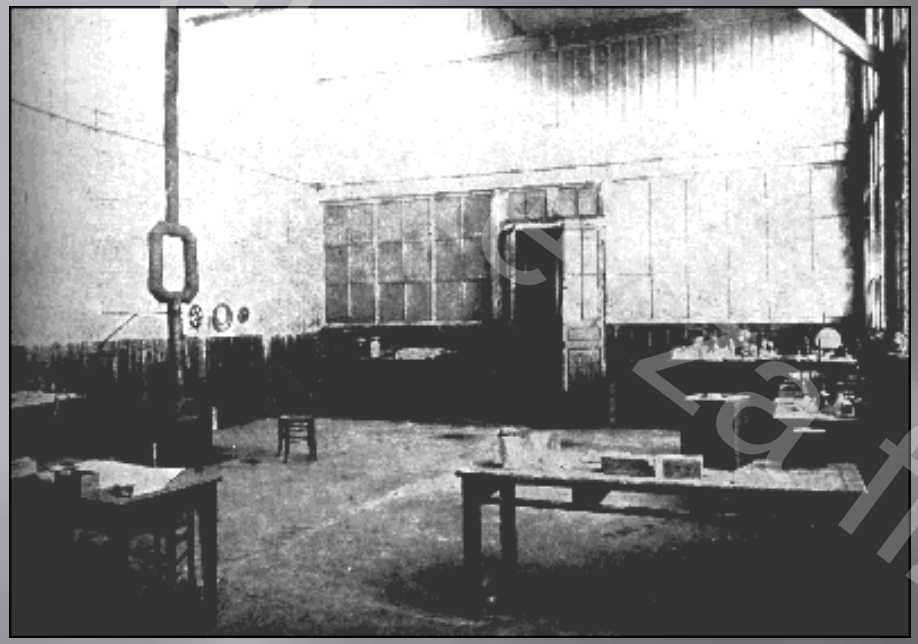
“Нова радиоактивна супстанција коју смо управо открили има хемијску појаву скоро чистог баријума.”

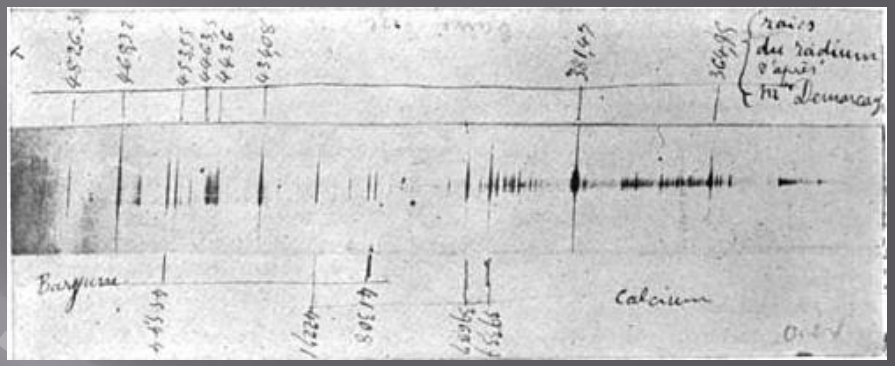
“Ипак ми вериујемо да је ова супстанција, иако у великом делу састављена од баријума, као додатак садржи нови елемент који одаје своју радиоактивност и који је уз то блиско повезан са баријумом и његовим хемијским особинама.”

“Различити разлози које смо навели довели су нас до уверења да нова радиоактивна супстанција садржи нови елемент за који предлажемо да се зове радијум.”

Fakultet za fizičku hemiju

Откриће радијума (2)

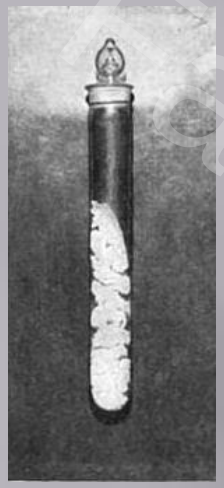




- Одређивање атомске масе радијума – изоловање чистог радијума из неколико тона отпада из прераде пехбленде. Чист радијум је изолован 20. 04. 1902.

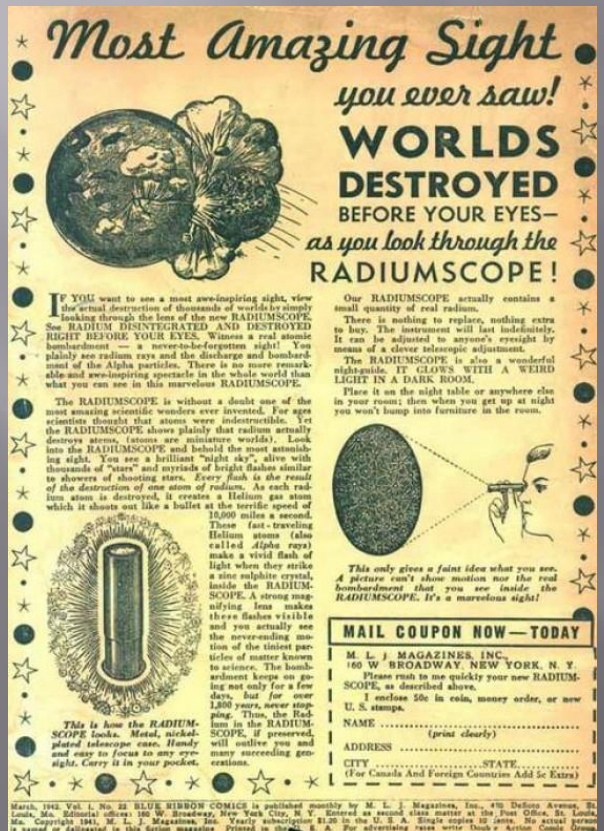
Fakultet za fizičku hemiju

Радијум











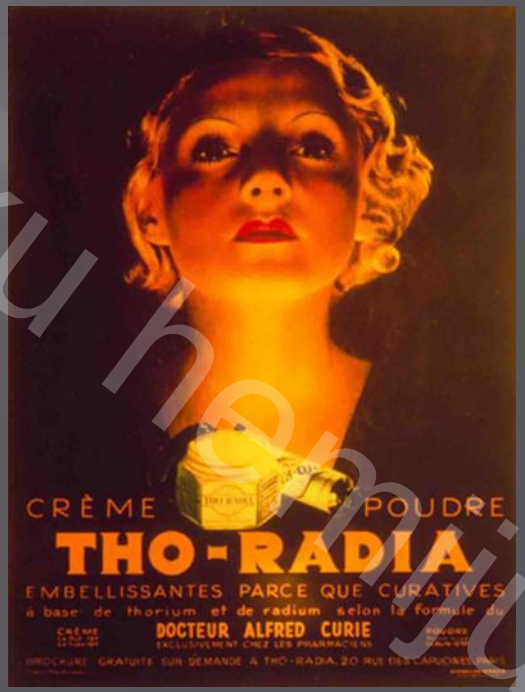
Fakultet prirodnih nauka Univerziteta u Kragujevcu


Burkbraun
RADIUM
SCHOKOLADE
zum Essen und Trinken
(NACH Dr. SENFTNER D.R.P.)
Sind Sie gesund, so erhalten Sie dadurch Ihr kostbares Gut, sind Sie leidend, so erhöhen Sie Ihre Aussicht, wieder gesund zu werden!
Versuchen Sie auch die übrigen Burkbraun-Edelerzeugnisse: Kakao, Schokolade, Pralinen, Sie werden darin Ihre Marke finden, denn alles, was den Namen Burkbraun trägt, ist einzigartig köstlich!
BURK & BRAUN
KAKAO-U.SCHOKOLADENFABRIK
C O T T B U S


154
MÉTHODE
THO-RADIA
EMBELLISSANTE PARCE QUE CURATIVE
DENTIFRICE
THO-RADIA
A BASE DE SELS DE THORIUM
FORMULE
du Docteur Alfred CURIE
Le grand tube : 6 francs
Astringent et bactéricide, il stérilise la cavité buccale, évite et combat les gingivites, prévient la carie et les pyorrhées alvéolaires. Il assainit les dents, laisse dans la bouche une délicieuse impression de fraîcheur, conserve l'éclat, la blancheur et l'intégrité de la dentition.
Pas de joli sourire sans de jolies dents
CHEZ LES PHARMACIENS EXCLUSIVEMENT


REVIGATOR
THE RADIUM ORE REVIGATOR CO.
REVIGATOR BUILDING
SAN FRANCISCO, CAL.


WARD'S
Radium Ore Healing Pads
Nothing in Them but Natural Ore
They cure by Emanation increasing the power of the heat and nerve action.
DIRECTIONS FOR USE
HEAT WELL and use them dry. Apply tightly to the flesh over the source of pain, soreness or swelling, 4 or 6 hours at a time, not more than a total of 12 hours per day alternately with applications up and down the spine, or over the stomach or liver. When not in use keep rolled up your bed.
Helpful in any kind of chronic disease or pain. See cover of general instructions.
V. C. WARD, Mfgr.,
LOS ANGELES
WARD'S
Radium Ore Healing Pads
Nothing in Them but Natural Ore. They cure by Emanation.
Directions for Use.
V. C. WARD, Mfgr.
Los Angeles


CRÈME
POUDRE
THO-RADIA
EMBELLISSANTES PARCE QUE CURATIVES
à base de thorium et de radium selon la formule du
DOCTEUR ALFRED CURIE
EXCLUSIVEMENT CHEZ LES PHARMACIENS
BROCHURE GRATUITE SUR DEMANDE A THO-RADIA, 20 RUE DES CAPUCINES

Радијум-последице





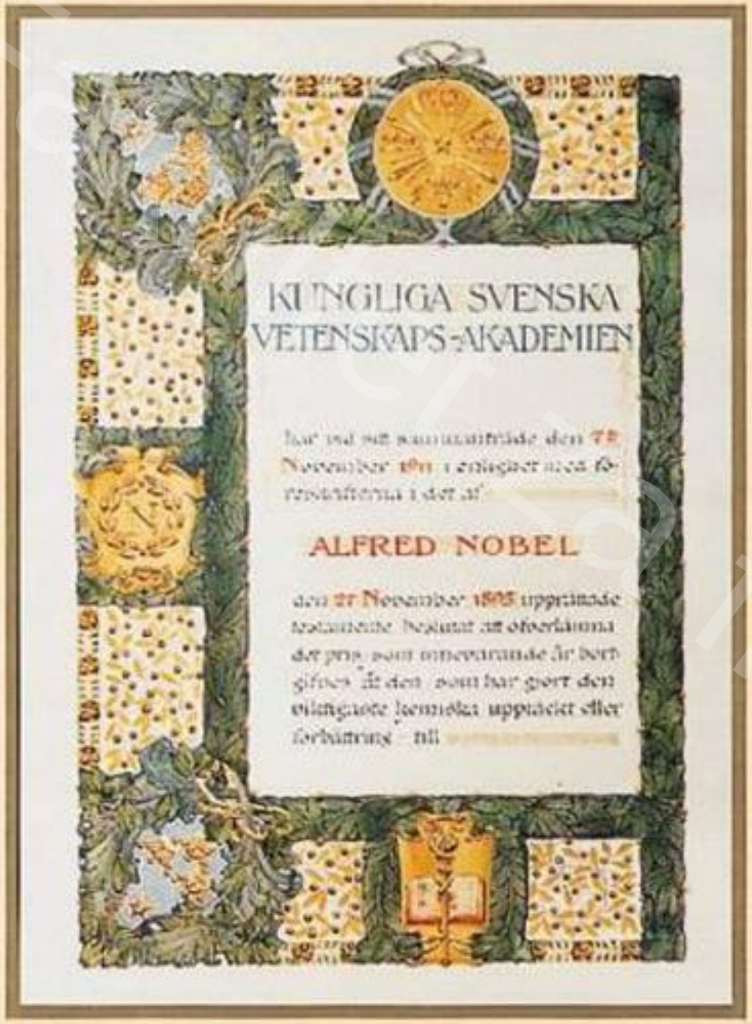
Fakultet za fizicku hemiju

У знак признања...



1903. Нобелова награда за физику заједно са Анри Бекерелом

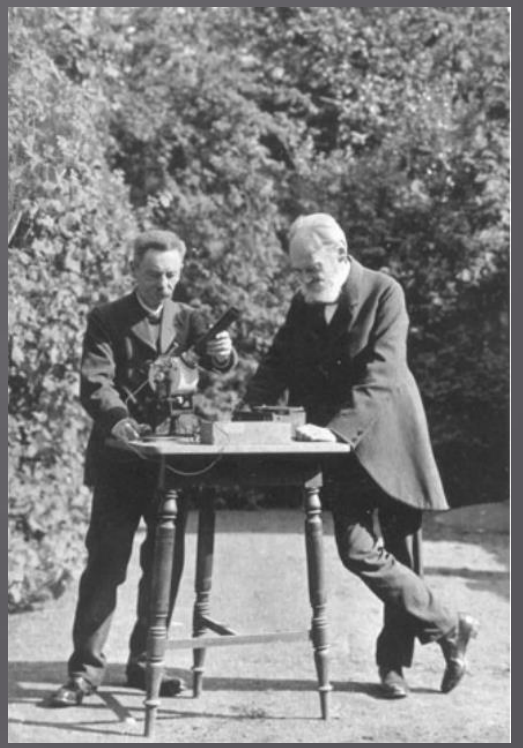
„Морамо се запитати да ли човечанство може имати користи од познавања сила природе или ће ово знање штетити свету“ P. Curie





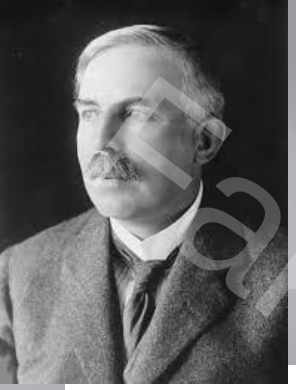
1911. Нобелова награда за хемију

Одакле потиче радиоактивност?



- Етер?
- Озрачивање сунчевом светлошћу?
- Експерименти Elster & Geitel-a
- Нешто у самим атомима “производи” радиоактивност.
- M. Curie: Радиоактивност је знак да тешки атоми еволуирају у различите облике

Fakultet za fizičku hemiju

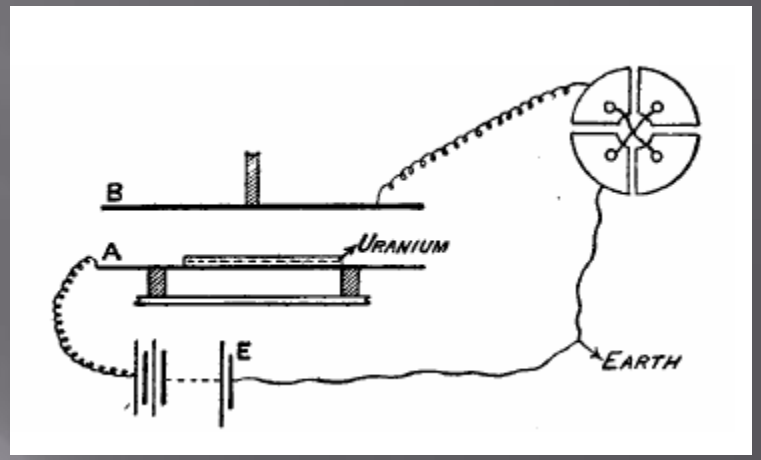


Анализа радиоактивног зрачења- Rutherford

E. Rutherford, Philos. Mag. **47**, 109 **1899**

Uranium Radiation and the Electrical conduction Produced by it

E. Rutherford,
(Received September, 1st, 1898)

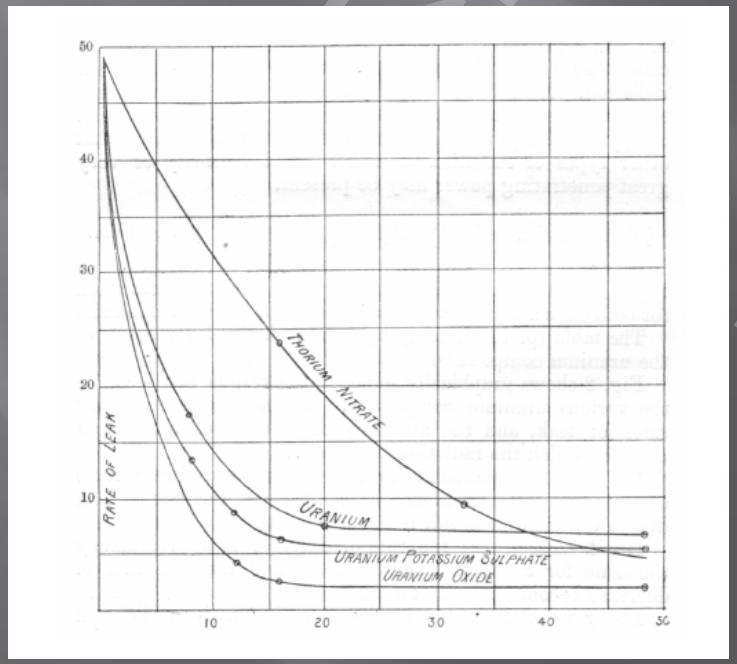


- Комплексна природа зрачења уранијума

Number of Layers Of Aluminium foil	Leak per min. in scale–divisions	Ratio
0	182	
1	77	0.42
2	33	0.43
3	14.6	0.44
4	9.4	0.65
12	7	

- “Ови експерименти показују да је зрачење уранијума сложено, и да постоје најмање две различите врсте зрачења: једна која се веома лако апсорбује и која ће због једноставности бити названа α зрачењем, док ће друга која има већу продорност бити названа β зрачењем.”

- “β зрачење је приближно хомогеног карактера”



Fakultet za fizičku hemiju

β

- Thompson: Катодни зраци су наелектрисане честице – “корпускуле”
- M. Curie (1899): Бекерелово (уранијумско) зрачење је састављено од делића материје.
- if (катодни зраци) = честице
  - then (Бекерелово зрачење) = честице ?
  - else (X-зрачење)
  - endif

- Скретање наелектрисаних честица у магнетном/електричном пољу → потврда

Fakultet za fizicku hemiju

“Индукована” радиоактивност

- Радиоактивност стална и непроменљива?
- R. B. Owens: Зрачење из ThO_2 зависи од струјања ваздуха ?!
- Rutherford: “еманација”
- Све што је “еманација” додирнула постајало је радиоактивно ?!!
- Радиоактивност “еманације” опада са временом !
- Dorn 1900. “и радијум има еманацију”
- Радиоактивност уранијума и торијума потиче од нечистоћа?

Fakultet za fizičku hemiju

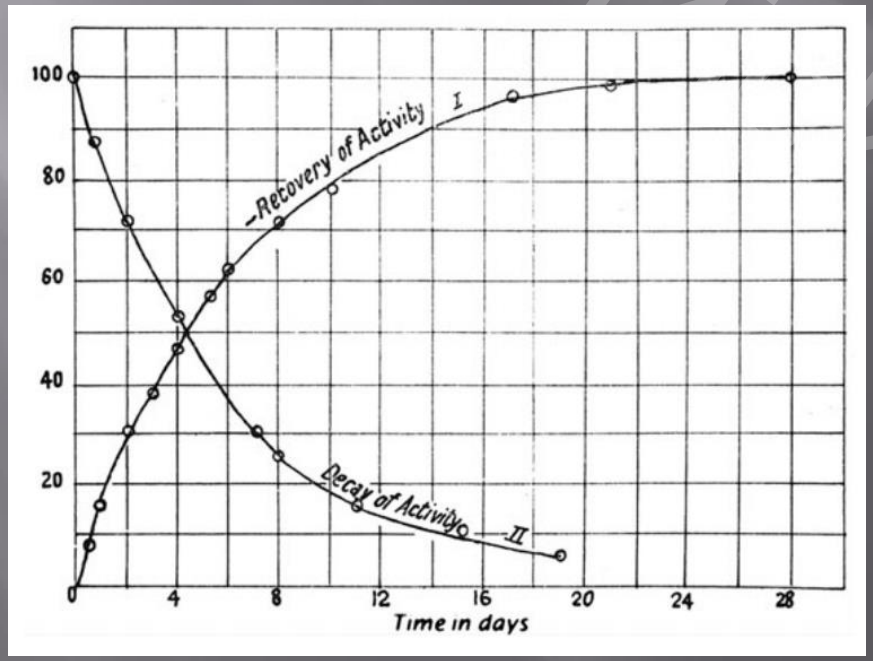
Alchemy revisited



- Експерименти Rutherford-Soddy
- “Еманација” није хемијски реактивна –инертни гас.
- Soddy: “Rutherford, this is transmutation: the thorium is disintegrating and transmuting itself into an argon gas.”
- Rutherford: “For Mike’s sake, Soddy, don’t call it transmutation. They’ll have our heads off as alchemists.”

Fakultet za fizičku hemiju

Нова алхемија

- Soddy – екстракција ThX из торијум оксида- остатак неактиван.
- Giesel: Свеже изоловани радијум у почетку добија на активности
- 

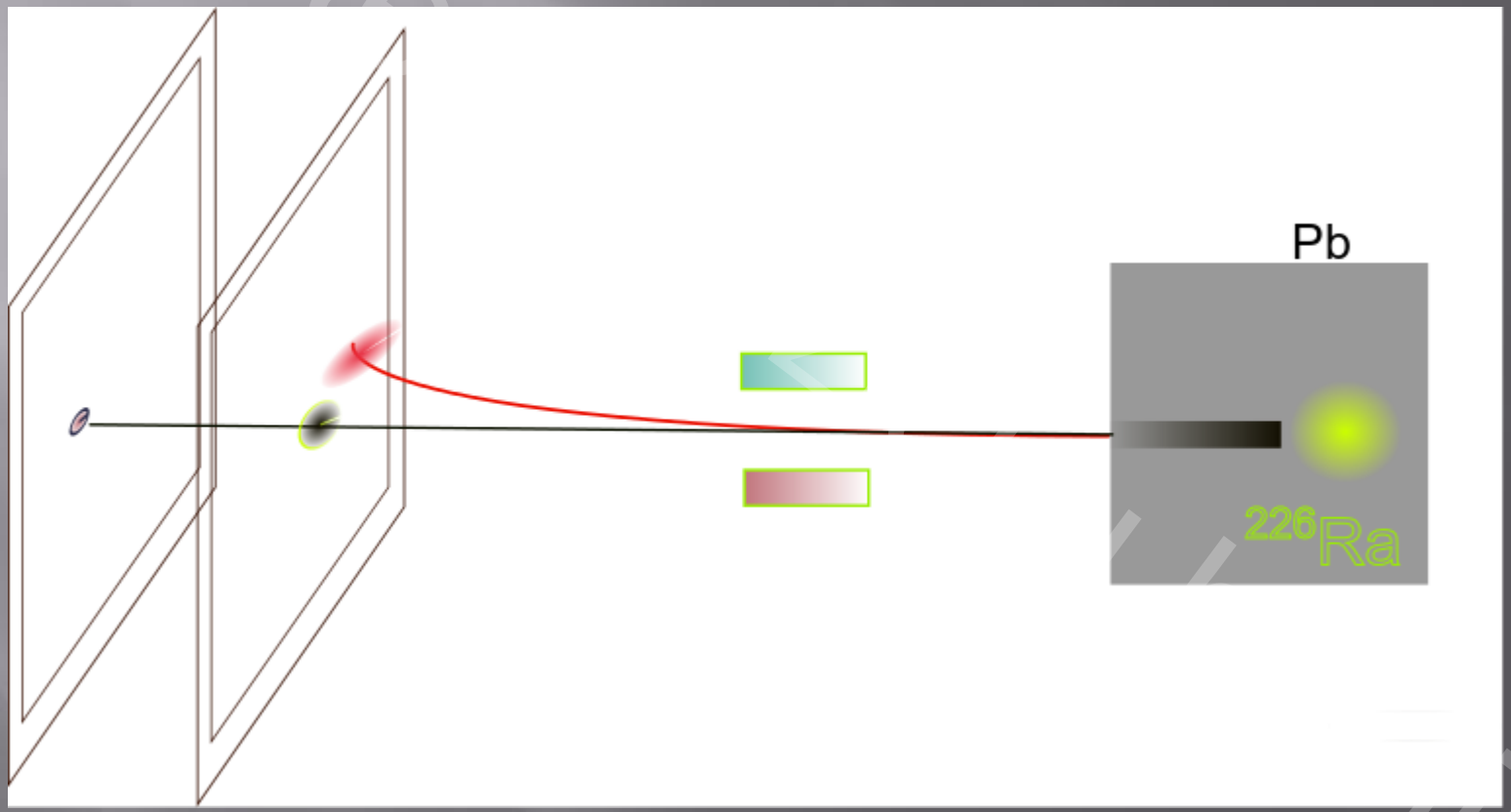
Трансмутација!

Радиоактивни распад!

Fakultet za fiziku i hemiju

Откриће γ зрака

- Paul Villard 1900.



Остала важнија открића из области РХНХ

1905	Einstein формулише $E=mc^2$
1911	Rutherford, Geiger & Marsden – атомско језгро
1912	Wilson-маглена комора за детекцију честица
1913	Hess- космичко зрачење
1913	Soddy, радиоактивне серије, појам изотопа
1919	Rutherford - прва нуклеарна реакција у лабораторијским условима
1921	Hahn – нуклеарна изомерија
1924	de Broglie- дуалистичка природа материје
1925-1927	Паулијев принцип, Шредингерова једначина
1928	Geiger-Muller детектор
1932	Chadwick – откриће неутрона
1934	I & F. Jolio-Curie- вештачка радиоактивност
1938	Hahn-Strassman – откриће фисије

Fakultet za fizičku hemiju