Радиохемија и нуклеарна хемија

Факултет за фармацеутску хемију Београд

- 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

Факултет за физичку хемију Београд

Радиохемија и нуклеарна хемија

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

- **наставник:**
- **доц. Марко Даковић**
- **Технички сарадник: Марко Брашњевић**

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

Факултет за физичку хемију Београд

План предавања

Факултет за физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд

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*

Факултет за физичку хемију Београд

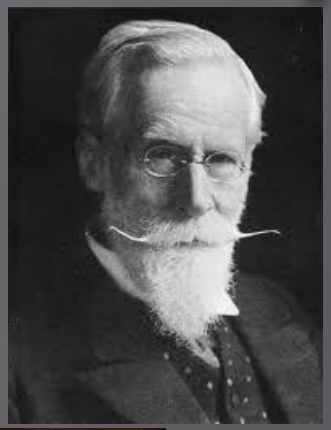
Бодовање

Факултет за физичку хемију Београд

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

Увод у историју радиохемије

Факултет за физичку хемију Београд

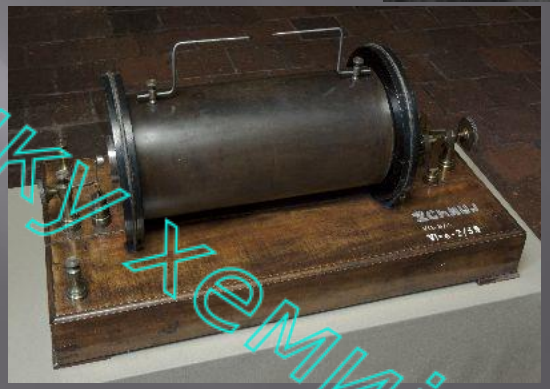


Предисторија

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



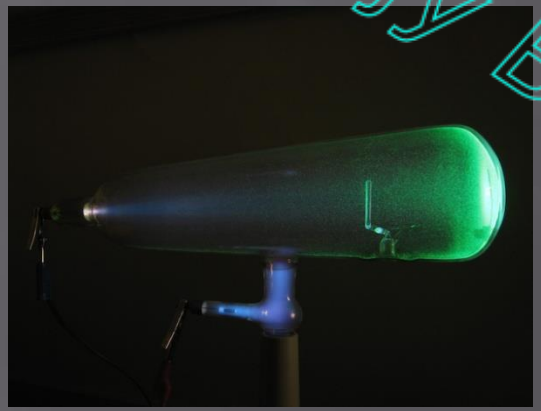
Geissler



Ruhmkoff-ов индуктор



Crookes



Откриће X-зрака

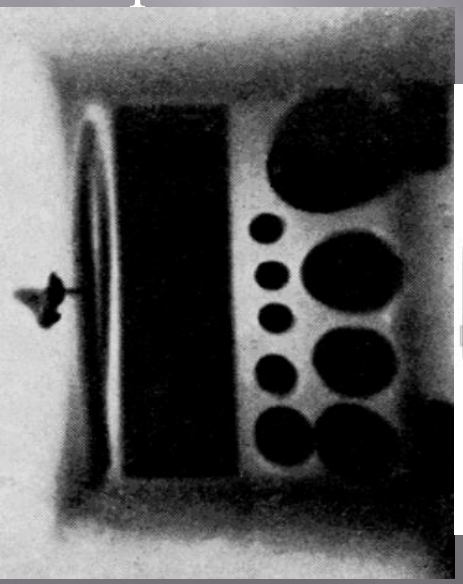


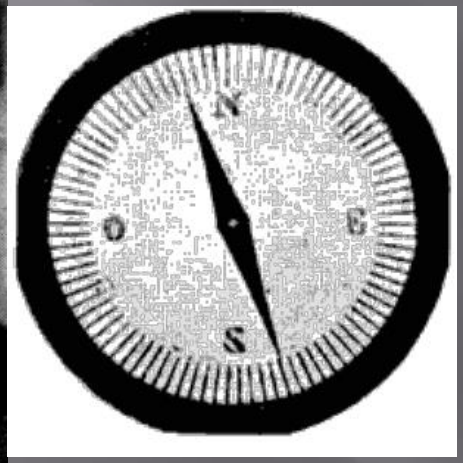
- W. C. Röntgen 28. 12. 1895.
- „Стога сам дошао до закључка да X-зраци нису идентични са катодним зрацима већ их производе катодни зраци у стакленом зиду апарата за пражњење.

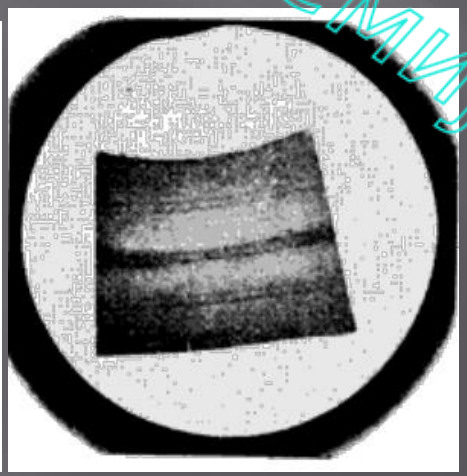

EINE NEUE ART
VON
STRAHLEN.

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.

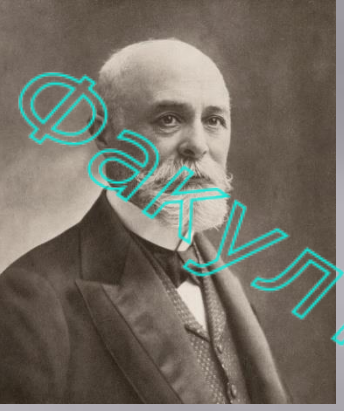








Факултет за физичку хемију Београд



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 $[SO^4(UO)K + H^2O]$*

Факултет за физичку хемију Београд

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.”**

Факултет за физичку хемију Београд

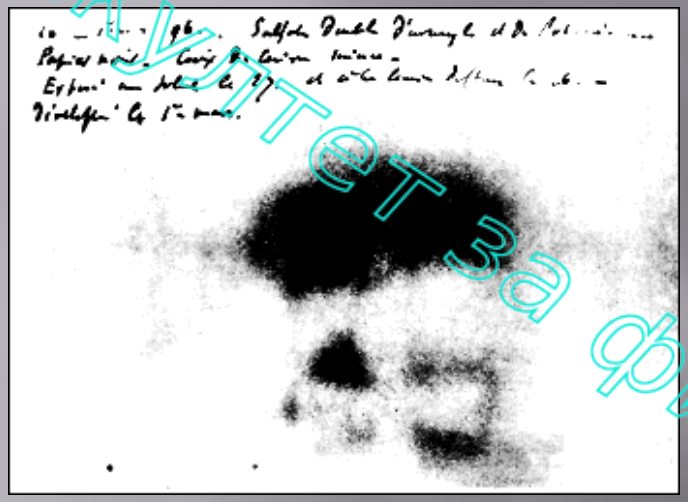
Откриће радиоактивности (3)

- “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.”

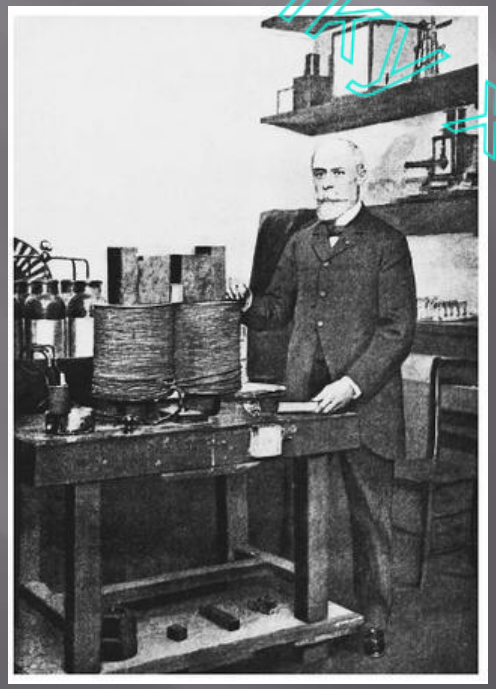
- “Хипотеза која се природно намеће би била претпоставка да су ови зраци, чије дејство има (показује) велику сличност са зрацима проучаваним од стране господина Ленарда и господина Рентгена, невидљиви зраци емитовани фофоресценцијом и да опстају много (бесконачно) дуже од светлосних зрака емитованих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

Факултет за физичку хемију Београд

Откриће радиоактивности (4)



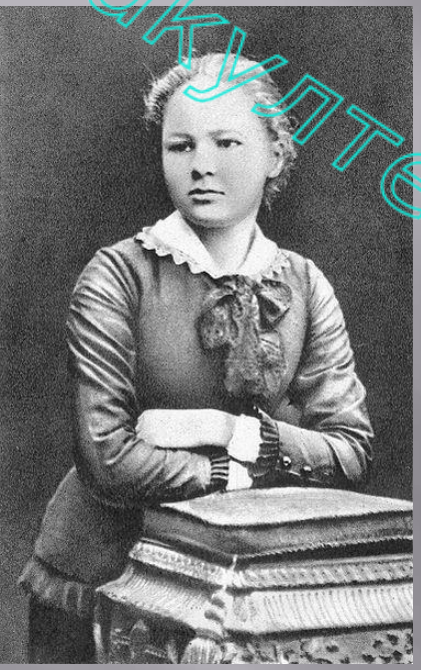




Факултет за физичку хемију Београд

Marie Sklodowska

Факултет за физичку хемију Београд









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

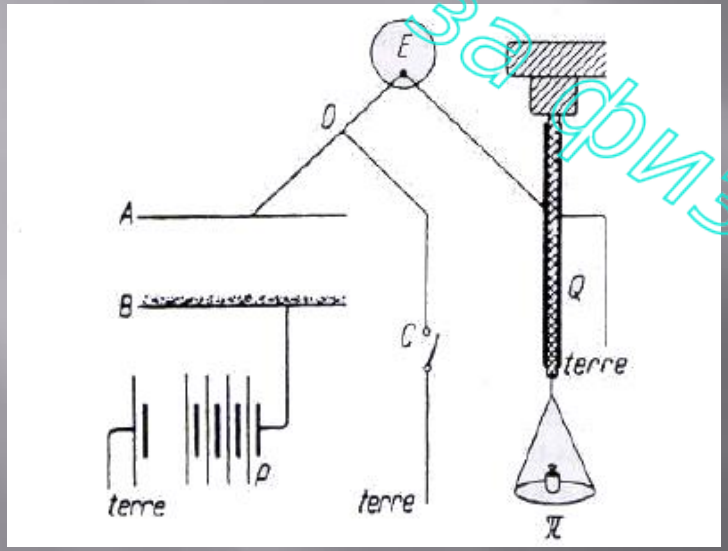


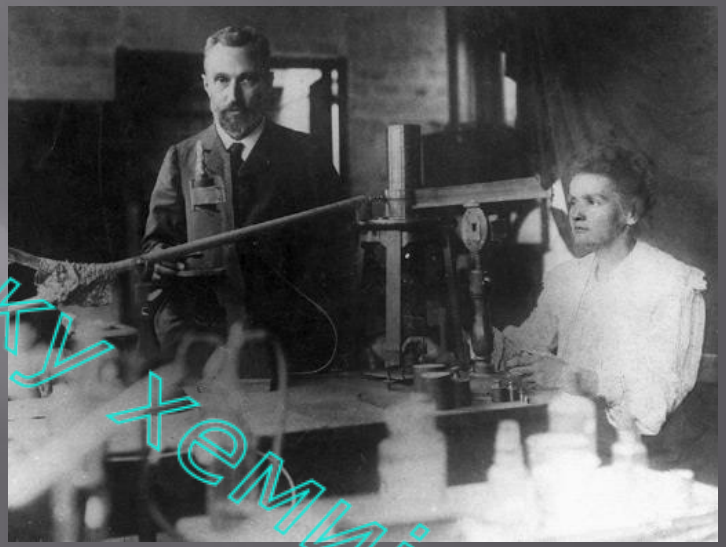


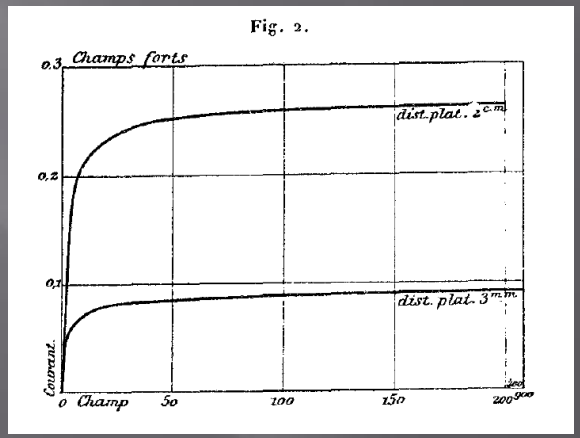
Факултет за физичку хемију Београд

Истраживања везана за Бекерелове (уранијумске) зраке

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







Факултет за физичку хемију Београд

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^7	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_2O_5	27
Green uranium oxide U_3O_8	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

Факултет за физичку хемију Београд

- “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.”

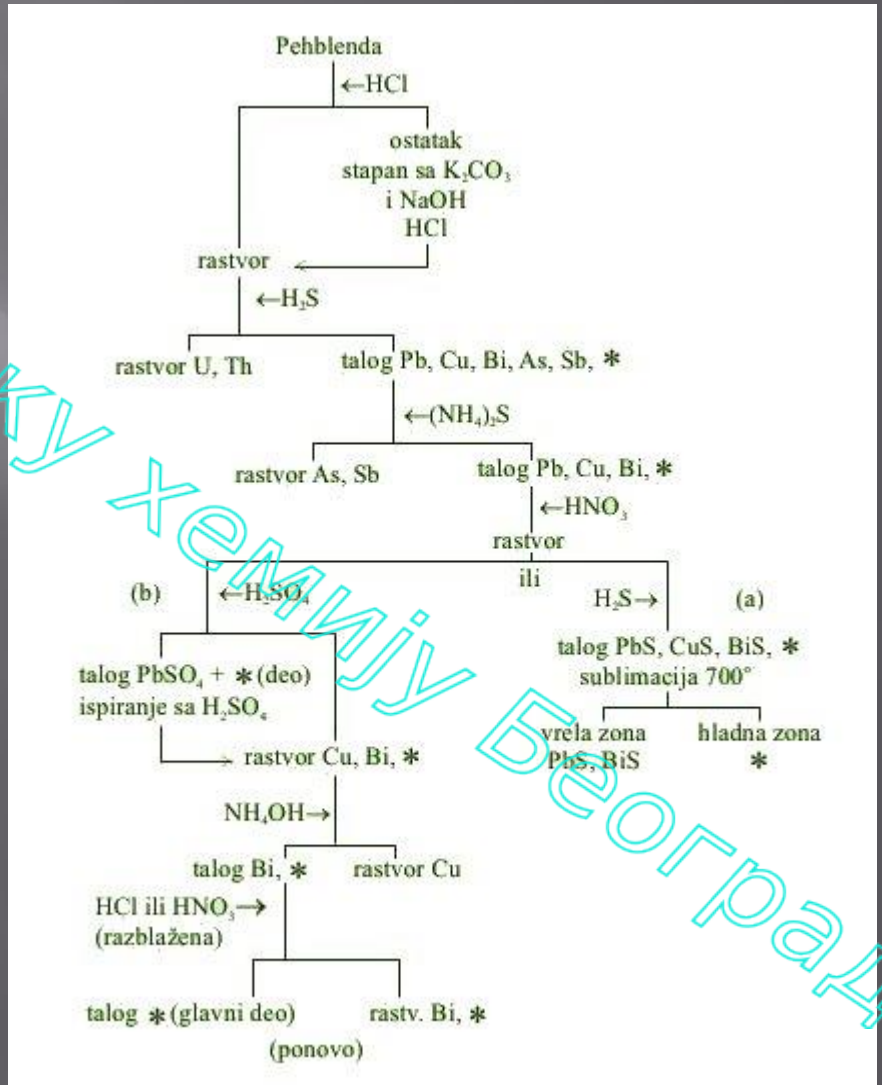
Факултет за физичку хемију Београд

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 пехблende 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)”



Факултет за физичку хемију Београд

- “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.



Факултет за физичку хемију Београд

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.”

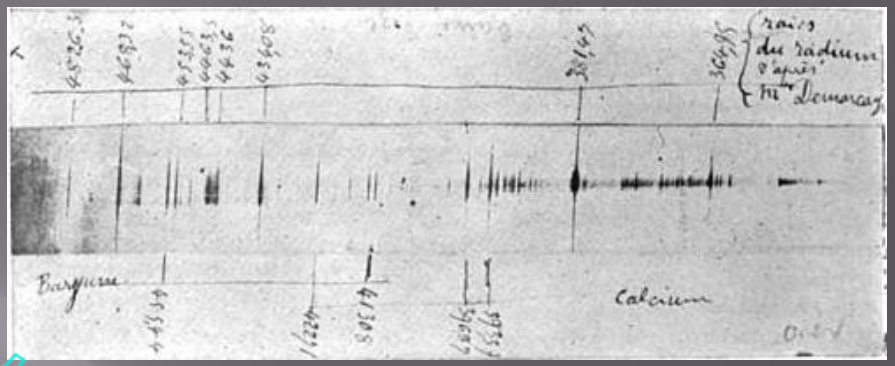
“Ипак ми вериујемо да је ова супстанција, иако у великом делу састављена од баријума, као додатак садржи нови елемент који одаје своју радиоактивност и који је уз то блиско повезан са баријумом и његовим хемијским особинама.”

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

Факултет за физичку хемију Београд

Откриће радијума (2)



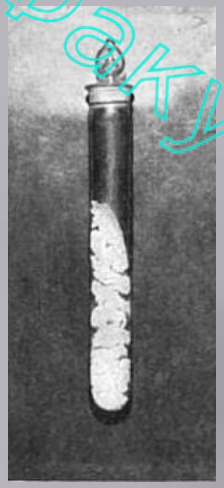


- Одређивање атомске масе радијума – изоловање чистог радијума из неколико тона отпада из прераде пехбленде. Чист радијум је изолован 20. 04. 1902.

Факултет за физичку хемију Београд

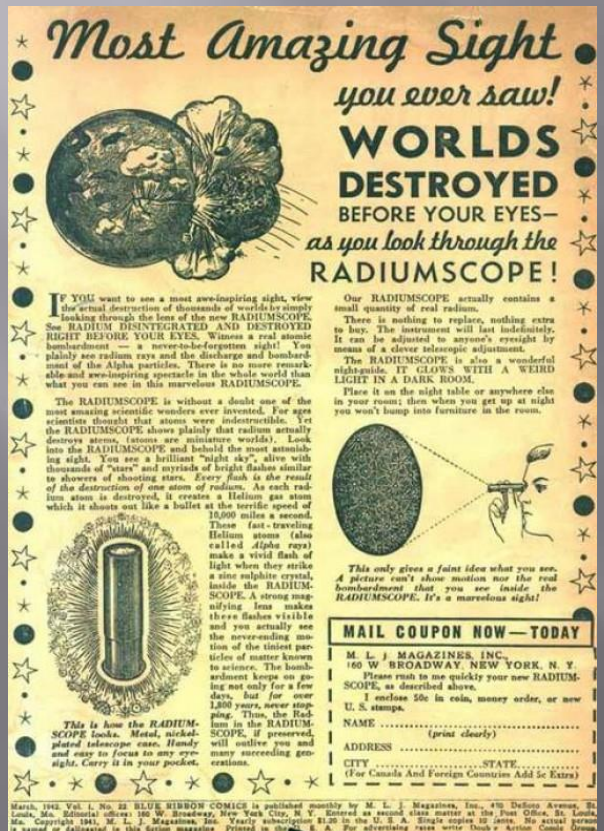
Радијум

Факултет за физичку хемију Београд











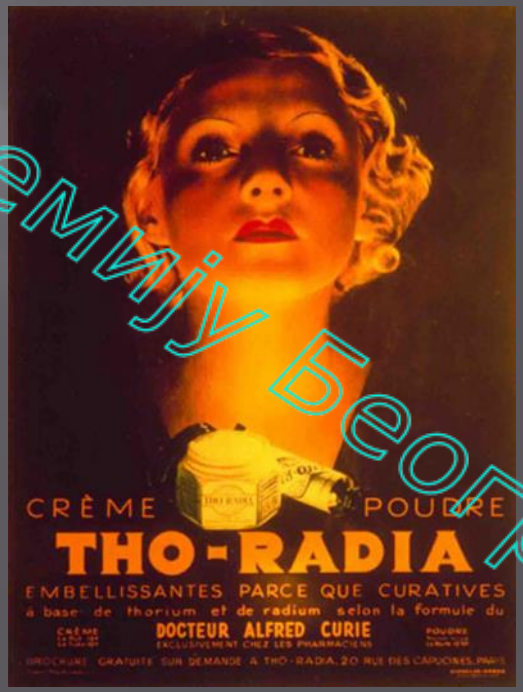
Факултет за физичку хемију Београд











Радијум-последице





Факултет за физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд

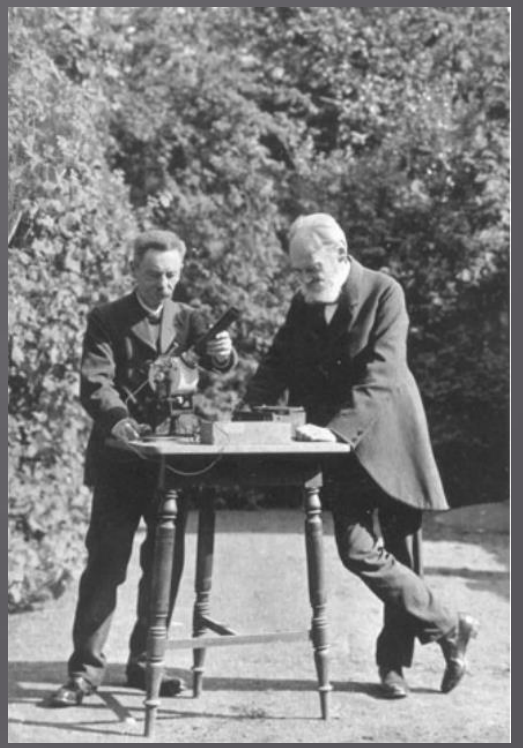




1911. Нобелова награда за хемију

Факултета физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд

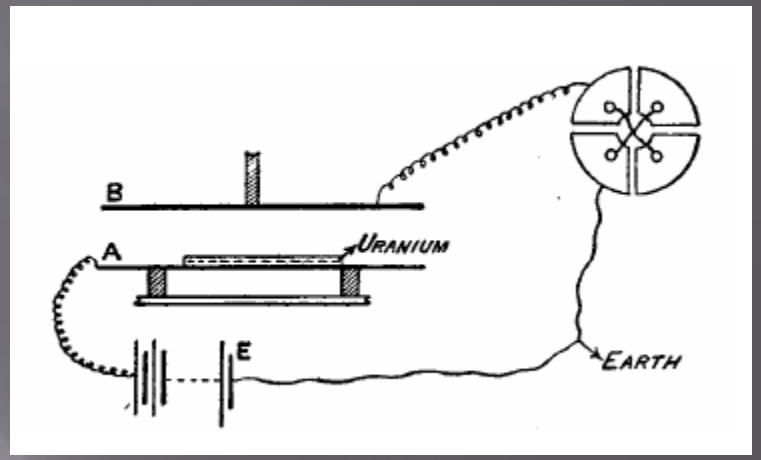
Анализа радиоактивног зрачења- Rutherford



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

Uranium Radiation and the Electrical conduction Produced by it

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



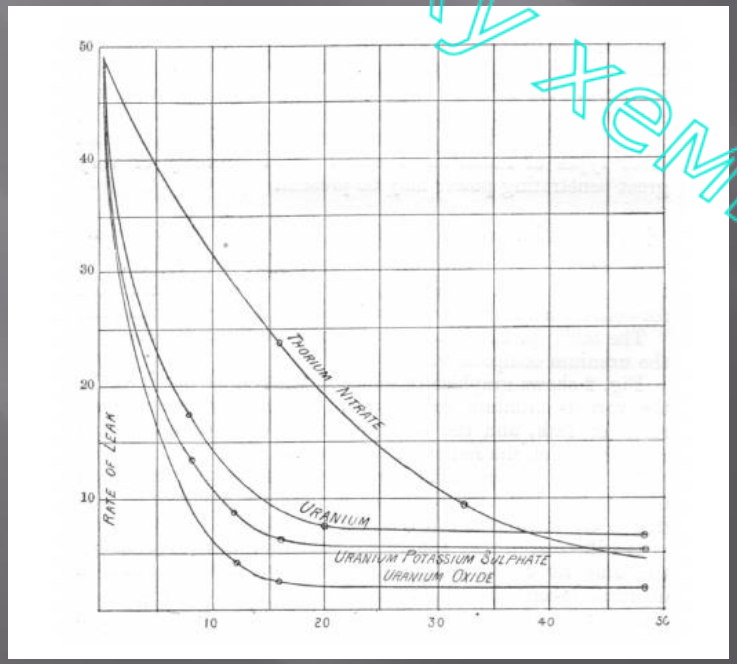
- Комплексна природа зрачења уранијума

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	

Факултет за физичку хемију Београд

- “Ови екперименти 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”



Факултет за физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд

“Индукована” радиоактивност

- Радиоактивност стална и непроменљива?
- R. B. Owens: Зрачење из ThO2 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?

Факултет за физичку хемију Београд

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.”

Факултет за физичку хемију Београд

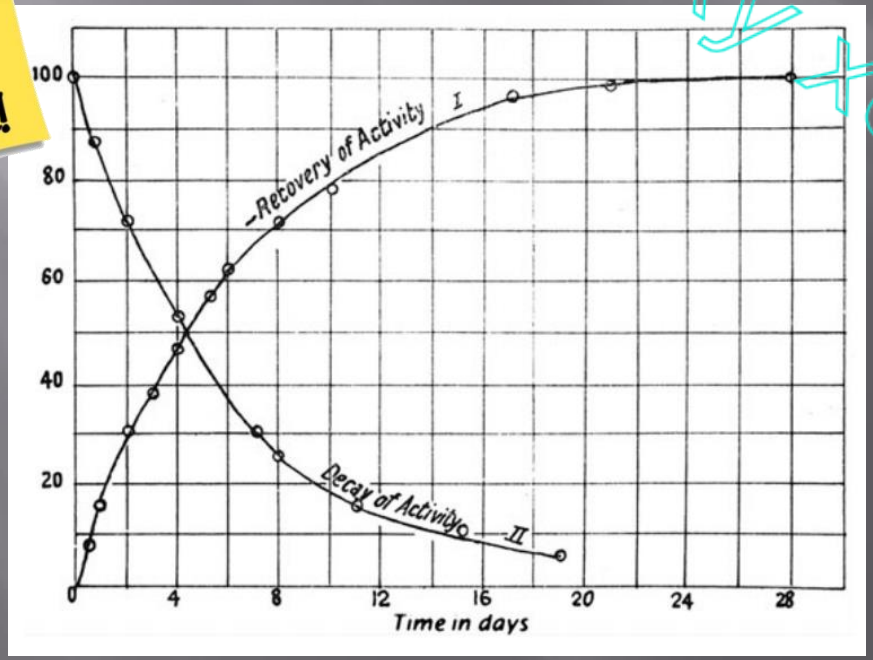
Нова алхемија

- Soddy – екстракција ThX из торијум оксида- остатак неактиван.



- Giesel: Свеже изоловани радијум у почетку добија на активности





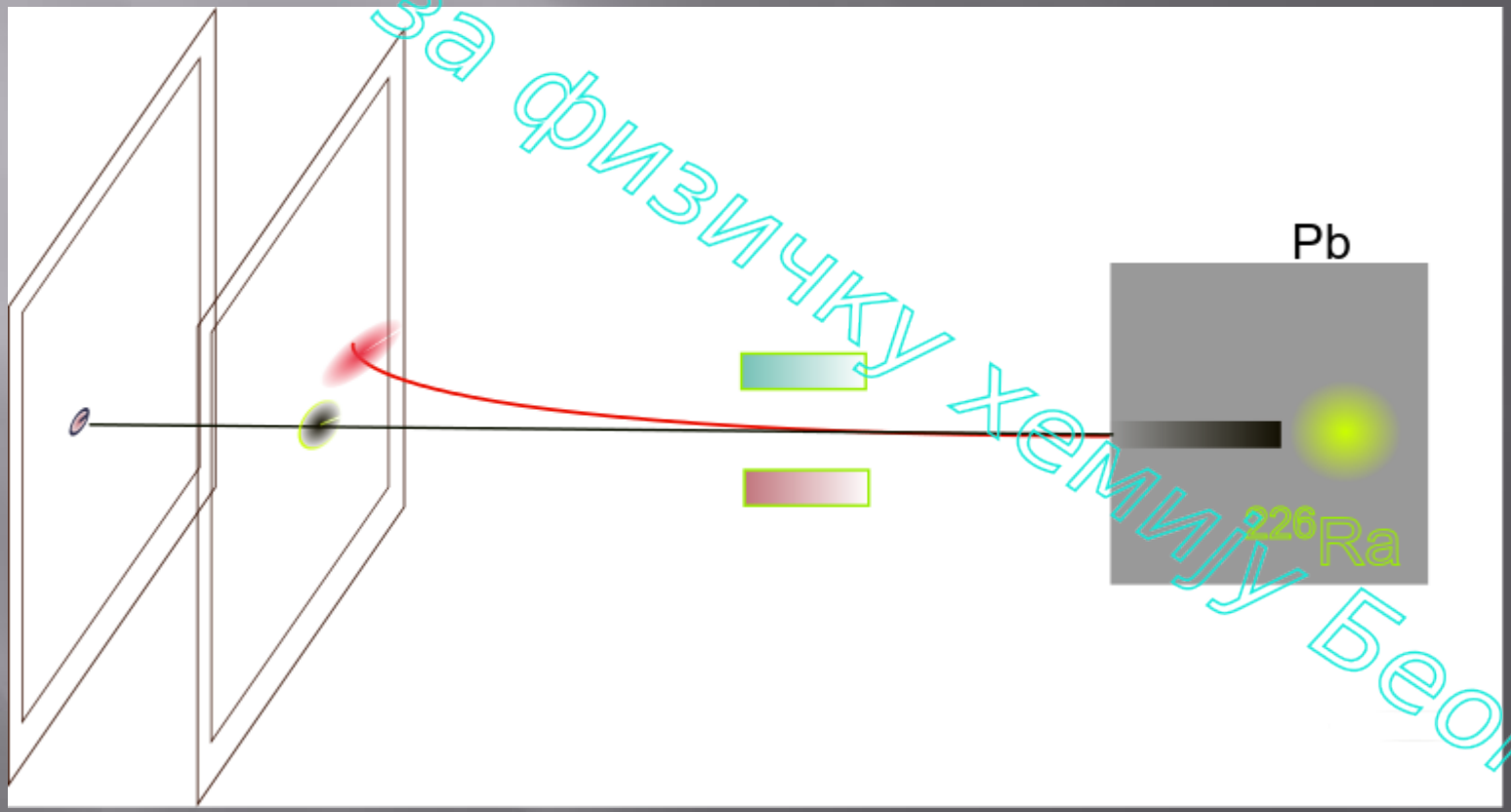
Трансмутација!

Радиоактивни распад!

Факултет за физичку хемију Београд

Откриће γ зрака

- Paul Villard 1900.



Факултет за физичку хемију Београд

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

Факултет за физичку хемију Београд