

On the 75th anniversary
of the discovery of SF.
History. Known and unknown facts

Sergey Khlebnikov
V.G. Khlopin Radium Institute

Nucleus-2015
St-Petersburg



G.N.Flerov and K.A.Petrzhak





HISTORY. 1920th - 1940

Theoretical investigations: high level

Gamov (1928)

Ivanenko (1932)

Tamm (1934)

Experiments: 1920-s - very hard situation
(there was nothing (accelerators.
natural sources of radioactivity...))

Radium Institute. Creation



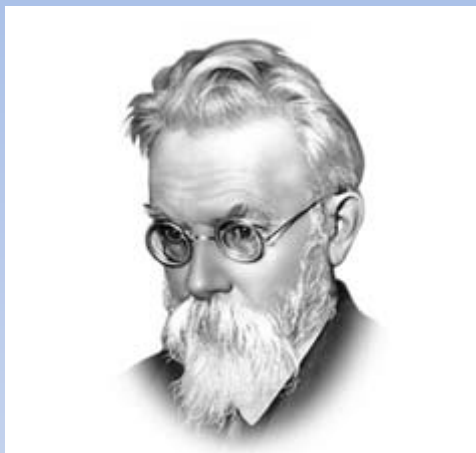
Radium Institute was founded in 1922 by initiative of academician V.I. Vernadsky and under his leadership by the means of integration of all radiological enterprises available by that time in Petrograd:

Radium Laboratory under the Academy of Sciences,
Radium Division of the State Roentgenological and Radiological Institute,
and Radiochemical Laboratory.

The **State Radium Institute** became a center where the Russian nuclear science and engineering were born and being developed



Radium Institute. Creation



Vernadsky Vladimir I. 1863-1945

The founder and First Director of the Radium Institute (1922-1939)

Founder of many radiological facilities in the country.

**The great scientist and lexicographer, a geologist, chemist,
one of the founders of radiogeology and biogeochemistry.**

**Appreciated the practical significance of radioactivity,
and put a lot of effort to the theoretical and practical use of this phenomenon.**



Khlopin Vitaly G. 1890-1950

Director of the Radium Institute (1939 – 1950).

The first Head of Department of Radiochemistry.

Largest Russian chemist, creator of the national radiochemistry and radiochemical techniques.

Together with Vernadsky founded the Radium Institute.

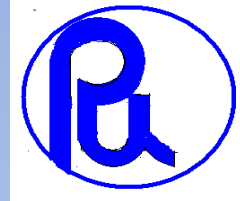
Creator of the national Ra and He industry. Received the first Soviet radium.

Established the law of distribution of microcomponents between the solid and liquid phases.

Provided the scientific management in the development of chemical and technological part of the Soviet atomic project.

Founded a school of domestic radiochemistry.

KHLOPIN RADIUM INSTITUTE HISTORY



Comprehensive approach to the problem of radioactivity was characteristic for the founders of the Institute and predetermined also comprehensive structure of the Institute, based on combination of physical, chemical, and radiogeochemical investigations.

Native radiochemistry as a science arose within the walls of the Institute.

In 20-30-s V.G. Khlopin and his progeny ascertained general behavior of co-precipitation, sorption, and liquid radioelement extraction processes, which were later taken as a base for commercial radiochemical technologies.

Creation of native radium industry and the State radium Fund (middle 20-s) were the main practical results of Institute's working already in early years of its activity

Fundamental researches were carried out by I.E. Starik and his teammates in radiocolloids and adsorption of radionuclide microquantities.

These works formed a basis for further studies on contaminations and decontamination.

Radium Institute was a place, where the native physics of atomic nuclei was started.

Just here in the end of 20-s the theory of alpha decay was created by G.A. Gamov.


In 1937 L.V. Mysovskiy and I.V. Kurchatov put into operation the first in Europe cyclotron.

In 1940 K.A. Petrzhak and G.N. Flerov discovered a phenomenon of spontaneous fission.

The base of native neutron physics, fission physics, and non-destructive gamma test were also formed at the Institute.

Certificates for products from Ra
manufactured in the Radium Institute
signed by H. Geiger (left) and Marie Curie (right)




Prüfungsschein

für das mit der amtlichen Bezeichnung PTR 2127, dem Reichsadler
und der Jahreszahl 1925 versehene
Radiumpräparat.


Das Präparat wurde am 24., 25., 29. und 30. Juli 1925
durch Messung der Gammastrahlung mit einem Normal-Radiumpräparat der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt verglichen. Unter der Voraussetzung,
daß das Präparat frei von Mesothor und Radiothor ist, beträgt der Gehalt an
Radium-Element

3,43
(drei Komma vier drei)

Milligramm. Dabei ist die Absorption der Gammastrahlen in den Umschluß-
röhrchen bereits berücksichtigt. Die Meßfehlergrenze beträgt $\pm 1\%$.

Das äußere Umschlußröhrchen des Präparats ist 5,67 cm lang und
trägt die oben angegebene amtliche Bezeichnung.

Charlottenburg, den 6. August 1925.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt
Abteilung I
I. A.
 H. Geiger

Zu PTR I 4594/25.

INSTITUT DU RADIUM. Paris, le 25 septembre 1925

LABORATOIRE CURIE.
1, rue PERRAS-CURIE, PARIS (5^e).

CERTIFICAT. N^o 5-26

LOSAGE DE RADIUM PAR LE RAYONNEMENT T.

NATURE ET PROVENANCE DE L'APPAREIL.
Appareil : sel de Radium solide sur tube de verre en forme de cône
Masse marquée PTR - 2664 - 1925 -
Longueur du tube extérieur 50,1 mm
diamètre " " 4,8
Poids réel 0,915 g
apporté par l'Institut du Radium de Vénus sur le 31 août 1922
et rendu à " " " le 2 septembre "

CONDITIONS DE MESURES.
Le rayonnement T de l'appareil est comparé au rayonnement T de l'Étalon du Laboratoire
Si l'appareil n'a pas atteint son rayonnement limite, celui-ci est déduit des mesures par le
calcul.
L'appareil qui fait l'objet de ce Certificat — avait — atteint son rayonnement limite.

RÉSULTAT DES MESURES.
Le rayonnement T limite émis à l'extérieur de l'appareil est équivalent à celui de
39,42 Milligrammes de radium élément.

QUANTITÉ DE RADIUM CONTENUE DANS L'APPAREIL.
Cette quantité est évaluée en tenant compte de l'absorption du rayonnement T par la paroi
de l'appareil, conformément à l'épaisseur de celle-ci et à son coefficient d'absorption.
L'épaisseur indiquée par — est —
La correction qui en résulte est évaluée à une fraction négligeable
du rayonnement T qui émane de la substance.
La quantité de radium contenue dans l'appareil est donc :

MILLIGRAMMES DE RADIUM ÉLÉMENT 39,42
vingt-neuf milligrammes, quarante deux centièmes

à la condition que la matière employée ne contienne pas d'autres substances radioactives
que le radium et ses dérivés.
La précision des mesures est suffisante pour que l'erreur ne puisse atteindre $\frac{1}{2}\%$
Ce Certificat est unique et doit accompagner l'appareil pour lequel il a été délivré.

Le Directeur du Laboratoire,
M. Curie

-140-1925. [1187]



Physical experiments
in the Radium Institute
1920-30-s



Myssowsky Lev V. 1888-1939

The first Head of Department of physics of the Radium Institute.

Research in nuclear physics and on cosmic rays.

Initiated work on construction of the first in Europe cyclotron.

**Proposed the method of thick photographic emulsions,
the method of γ - ray defectoscopy.**

Discovered the nuclear isomers.

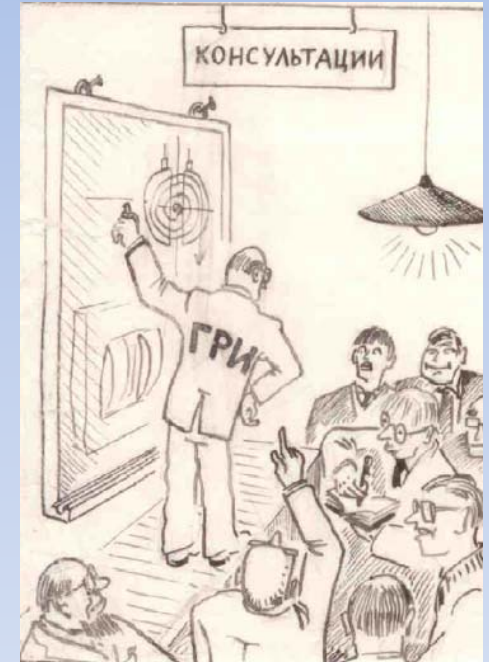
Created the setup for the separation of Rn from Ra.

Lev Myssowsky (Mysovskiy) Lev Vladimirovich



Head of the Department of Physics. Born in February 18, 1888 in Saratov. In 1914 he graduated from St. Petersburg University and was left at the University. From 1918 to 1922 he worked in the X-ray and Radiological Institute; from 1922 to 1939 - Head of the Department of Physics of the Radium Institute. Under his leadership in RIAN created the first in the USSR the setup for Rn production; in 1932-1937 under his leadership in the Institute created the first in the USSR and Europe cyclotron in March-June 1937, the first beam of accelerated protons $E = 3.2 \text{ MeV}$ has been received. In December 1932 scientific consultant of the group on nuclear physics (deputy. Head of Group – Kurchatov). In 1934 he demonstrated the presence of neutrons in cosmic rays. He developed the techniques for measuring of various types of radiation (widely used in the organization of individual production of the nuclear industry); In 1922, one of the first he put forward the idea of creating a particle accelerator; in 1925, he proposed a method for the detection of charged particles by means of thick photographic emulsions; in 1926 he created method of gamma-radiography; In 1935, together with IV Kurchatov e.a. the nuclear isomers have been discovered, together with IV Kurchatov came to the conclusion that the probability of fast neutrons capture is very small.

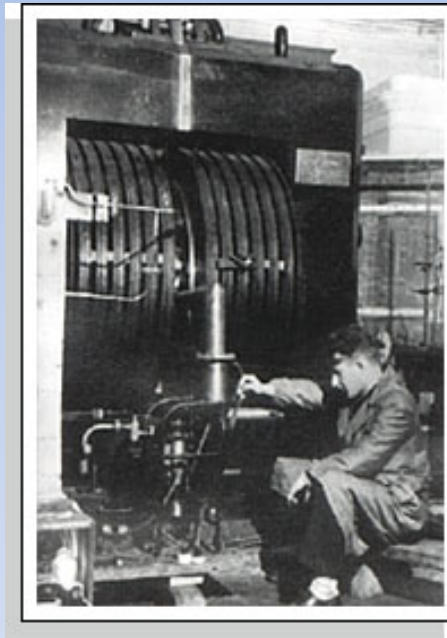
Humorous pictures, dedicated to the first All-Union conference on radioactivity in the Radium Institute in 1932



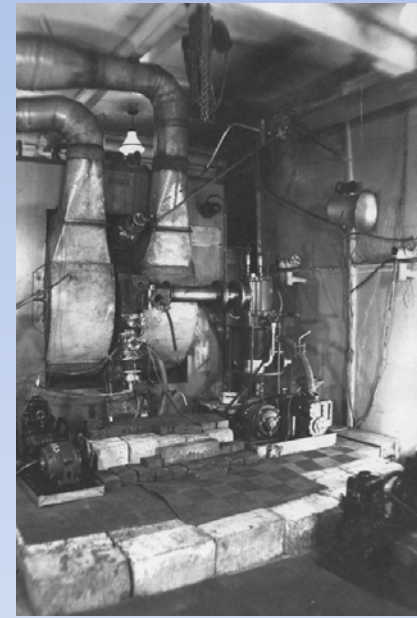
The first in Europe cyclotron of Radium Institute Operated in 1937 - 1976



I. Kurchatov and M. Mesheryakov
near the cyclotron (~ 1936)



The cyclotron
coils



Vacuum pumps and
cooling system



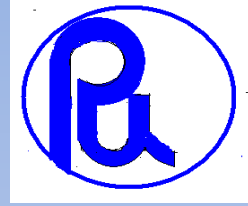
Discovery of the spontaneous fission



K.A. Petrzhak and G.N. Flerov in 1940



Biography of K.A. Petrzhak



K.A.Petrzhak was born on 4 September 1907 in Lukow (Poland, Russian Empire). In 1914, his family, running away from German troops, went to Russia by train. The train crash killed the entire family, except for KA and his older brother. And for the next 6 years junior Petrzhak was a homeless boy. He was good at drawing, so he earned by painting portraits in trains. And one day his drawing was liked a head person, and he recommended him (by a note) to a porcelain factory. So, he started working as a painter at a porcelain factory in Malaya Vishera (Russia).

In 1928 he went to Saint-Petersburg to study at "rabfac" of Leningrad State University.

In 1931 he started studying in radiology group there.

In November 1936 K. Petrzhak completed his diploma work under supervision of I. Kurchatov and graduated from University.

In 1934 he started working at Radium Institute. Here he worked till the last days of his life. I. Kurchatov was the head of laboratory where he started working. There Konstantin Petrzhak wrote Ph.D. thesis "study of thorium and samarium radioactivity". Profs V.G. Khlopin and I. Kurchatov were his scientific supervisors.

K.A.Petrzhak: from 1940th



In 1940 - discovery of the spontaneous fission.

In 1941-1942 served in Red Army.

In March 1942 was ordered to leave the army and started to work in Soviet atomic project.

In 1947 founded a laboratory of neutron physics and nuclear fission in Radium Institute.

Awards:

1946 - Stalin prize (2nd degree; jointly with G. Flyorov for discovery of spontaneous fission)

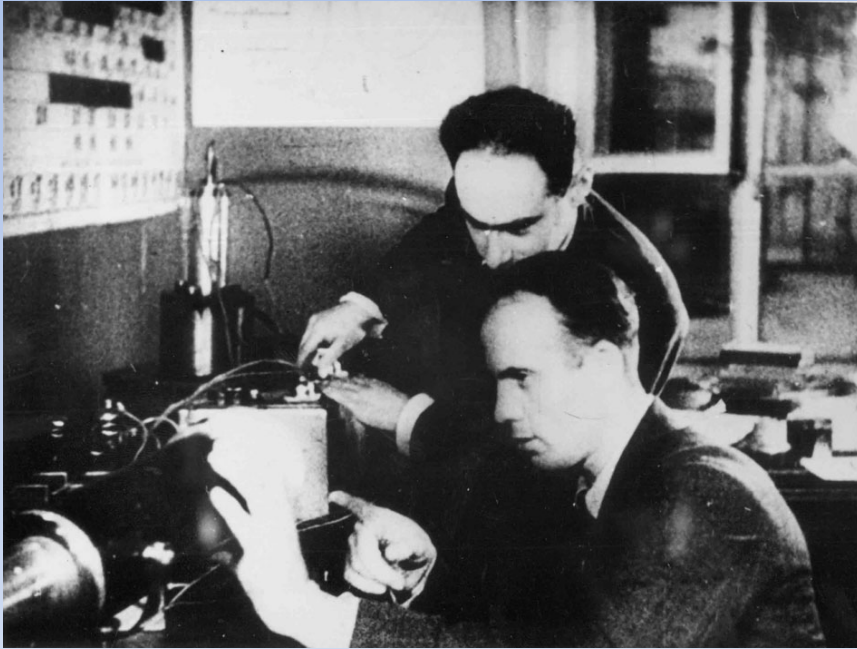
1950 - Council of Ministers Prize (for work on fulfillment of governmental tasks)

1953 - USSR State Prize (for work on soviet atomic project)

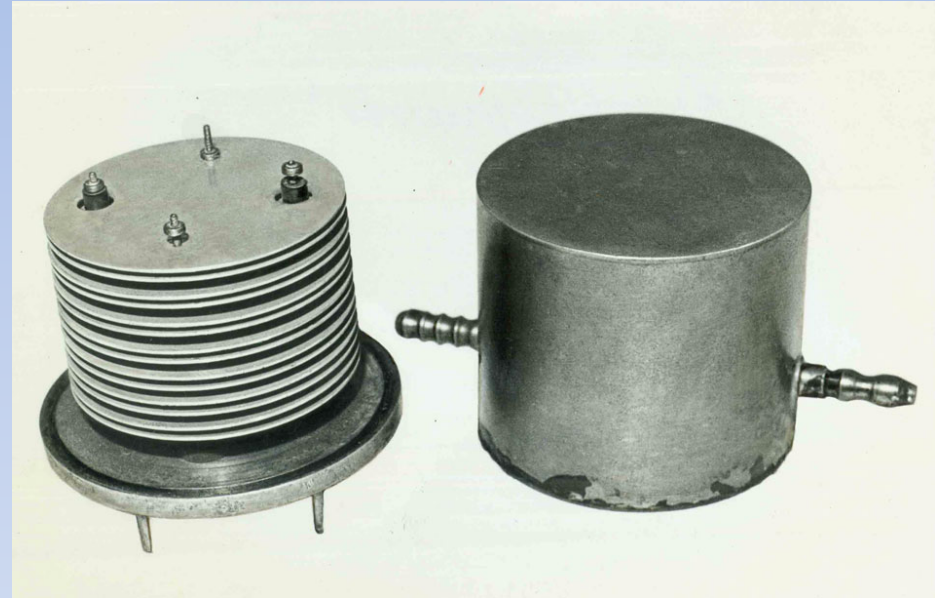
1953 - Order of the Red Banner of Labour (for work on soviet atomic project)



Experiments in Leningrad

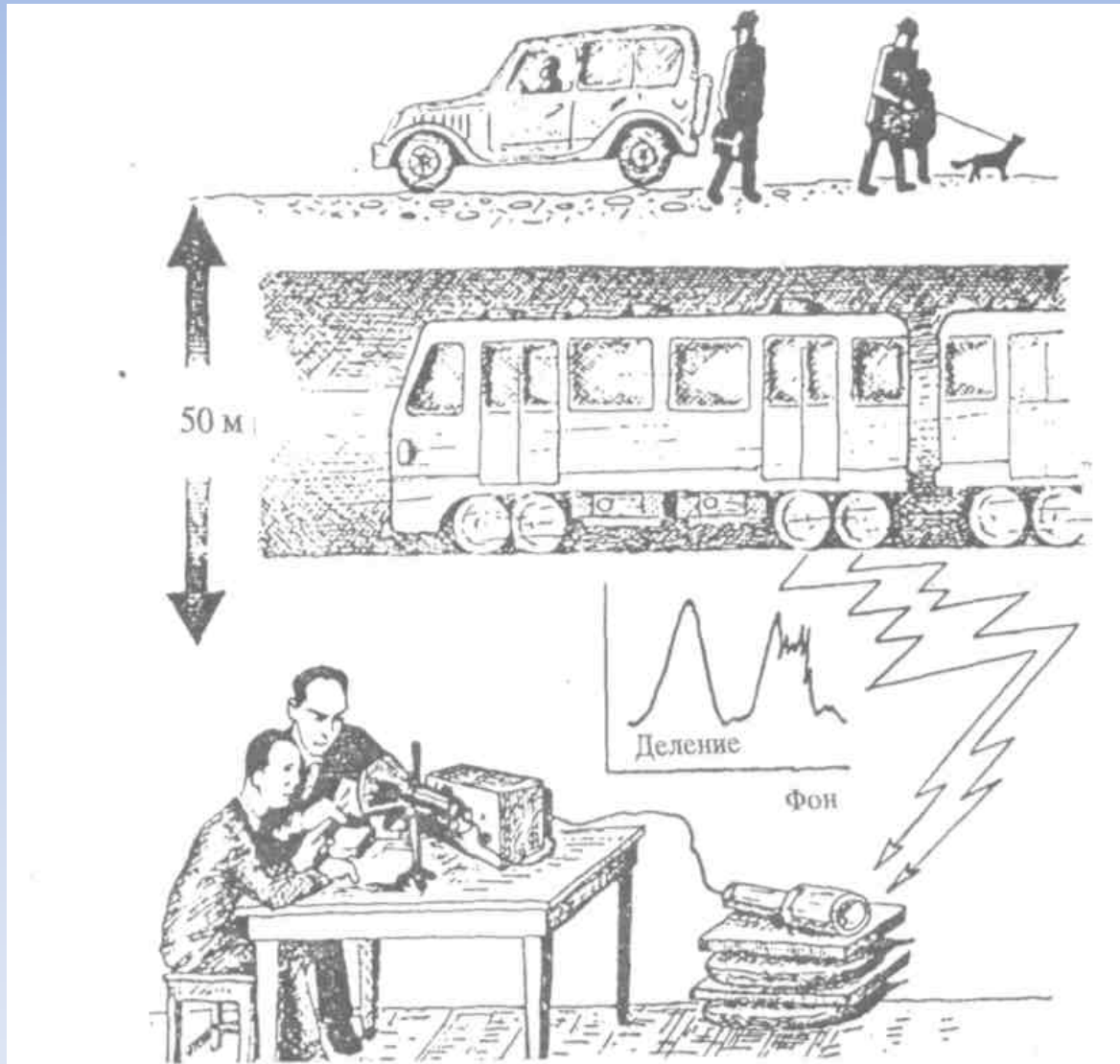
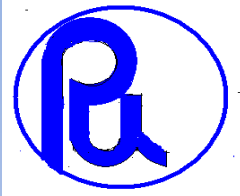


K. Petrzhak and G. Flerov in the laboratory of Radium Institute



**The multilayer fission chamber that was used for the experiments on spontaneous fission
Was donated by K. Petrzhak to the memorial museum of I.V. Kurchatov (Moscow)**

Experiments in Moscow



First known Report of K. Petrzhak on SF (1939)



Петровский институт АН СССР
Петржак К. А.
Время 1
Объем 1/100
Буд. ар. 2 год
Отчет:
к вопросу об открытии
спектрального деления урана.
1939,
Ленинград

Такая установка получила название спектрометра для измерения спектров. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ.

1939
Петржак К. А.
Исследование спектров радиоактивных веществ. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ.

- 1) измерение спектров радиоактивных веществ
- 2) измерение спектров радиоактивных веществ
- 3) измерение спектров радиоактивных веществ
- 4) измерение спектров радиоактивных веществ
- 5) измерение спектров радиоактивных веществ

В заключение следует отметить, что...

ФОН № 1
Объем 1/100
Лит. ар. № 2 год

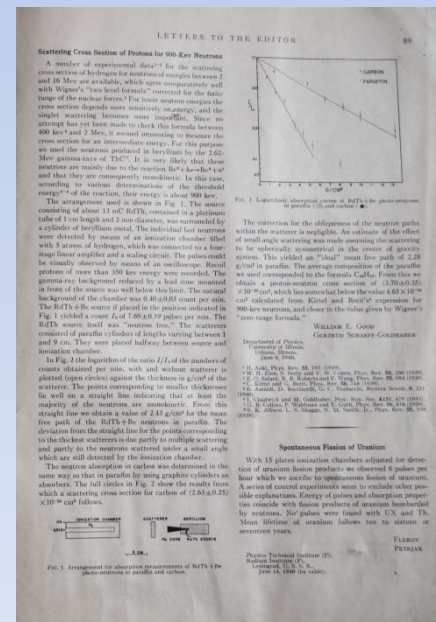
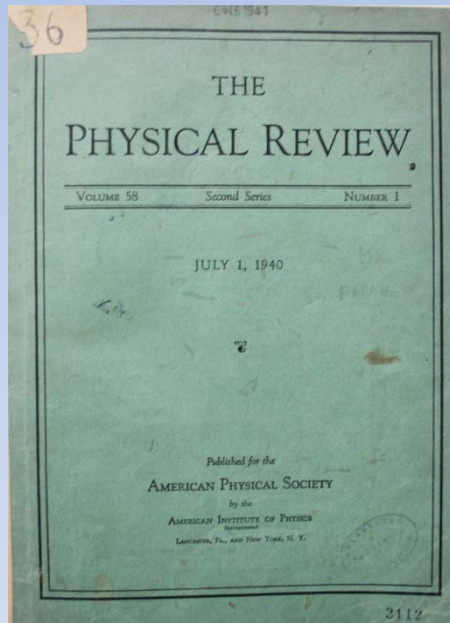
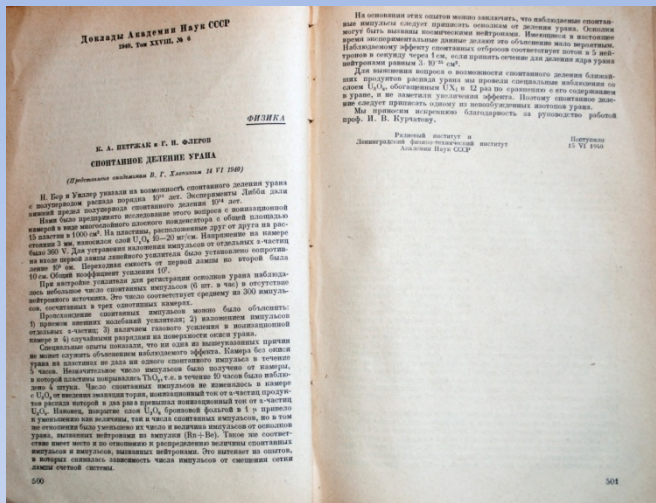
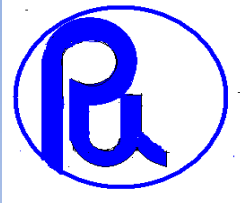
Так как в камере имеется несколько источников света и поэтому спектры спектров радиоактивных веществ являются сложными. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ. В настоящее время спектрометр является основным прибором для исследования спектров радиоактивных веществ.

Кривая I имеет вид спектра радиоактивных веществ. Кривая II имеет вид спектра радиоактивных веществ. Кривая III имеет вид спектра радиоактивных веществ. Кривая IV имеет вид спектра радиоактивных веществ.

В заключение следует отметить, что...

ФОН № 1
Объем 1/100
Лит. ар. № 2 год

The first papers on SF (1940)



1941 УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК Т. XXV, вып. 2

СПОНТАННОЕ ДЕЛЕНИЕ УРАНА¹⁾

К. А. Петржак и Г. Н. Фларек, Ленинград

1. ВВЕДЕНИЕ

Н. Бор и Уиллер²⁾ указали на возможность спонтанного деления урана с периодом полураспада порядка 10^{10} лет. Расчет был произведен для основного изотопа ^{238}U по формуле проникновения частицы сквозь потенциальный барьер. Шеринг барьера была взята равной радиусу осколка, что является допущением, законность которого может быть проверена только на опыте.

Вопрос о возможности спонтанного деления урана рассмотрено также изданием Либби³⁾, который исходил из предположения, что в процессе спонтанного распада должны вылетать нейтроны, как и случае деления урана под действием нейтронов. Нейтроны, появляющиеся в процессе спонтанного деления ядра урана, Либби пытается обнаружить при помощи BF₃ счетчика, чувствительного медленных нейтронов. На основании ориентировочного результата опыта можно было установить нижнюю границу для периода полураспада урана ($T > 10^{14}$ лет).

2. МЕТОДИКА РАБОТЫ

В описанных ниже опытах мы использовали метод, впервые предложенный Фурье⁴⁾ для регистрации процессов деления ядер. Ионизационная камера с пластинами, покрытыми слоем окиси урана, соединяется с линейным усилителем, настроенным таким образом, что α -частицы, вылетающие из урана, не регистрируются системой; нейтроны же от осколка, являющегося по истине являющегося от α -частицы, отпаривают выходной триодatron и считываются механическим реле. Толщина рабочего слоя окиси урана и площадь пластин объекту употребляется монохроматическая камера (2 пластины с диаметром, равным 30 мм) давали возможность установить примерно такой же ионизатор предель для периода полураспада спонтанного деления, как в опытах Либби. Чтобы повысить чувствительность этого метода, необходимо было увеличить рабочую поверхность окиси урана. Для этого было специально сконструирована ионизационная камера, в виде многослойного высококонцентрационного с общей площадью 15 см².

¹⁾ Доклад на Совещании по атомному ядру 1940 г., см. в этом выпуске стр. 241. Опубликован в ЖЭТФ, 10, 103, 1940.

На основании этих опытов можно заключить, что выходящие спонтанно нейтроны способны произвести осколки от деления урана. Осколки могут быть выделены посредством нейтронов. Измерения в настоящее время ионизационными камерами позволяют установить, что нейтроны, выходящие от осколка, имеют энергию порядка 10^4 эв, что является допущением, законность которого может быть проверена только на опыте.

Релейный институт и Ленинградский физико-математический институт имени В. И. Ленина

Публикуем 15 VI 1940

И. Бор и Уиллер указали на возможность спонтанного деления урана с периодом полураспада порядка 10^{10} лет. Осмотрев данные Либби для деления урана, мы обнаружили спонтанное деление урана с периодом полураспада порядка 10^{14} лет.

Ионизационная камера с пластинами, покрытыми слоем окиси урана, соединяется с линейным усилителем, настроенным таким образом, что α -частицы, вылетающие из урана, не регистрируются системой; нейтроны же от осколка, являющегося по истине являющегося от α -частицы, отпаривают выходной триодatron и считываются механическим реле.

Толщина рабочего слоя окиси урана и площадь пластин объекту употребляется монохроматическая камера (2 пластины с диаметром, равным 30 мм) давали возможность установить примерно такой же ионизатор предель для периода полураспада спонтанного деления, как в опытах Либби.

Чтобы повысить чувствительность этого метода, необходимо было увеличить рабочую поверхность окиси урана. Для этого было специально сконструирована ионизационная камера, в виде многослойного высококонцентрационного с общей площадью 15 см².

На основании этих опытов можно заключить, что выходящие спонтанно нейтроны способны произвести осколки от деления урана. Осколки могут быть выделены посредством нейтронов. Измерения в настоящее время ионизационными камерами позволяют установить, что нейтроны, выходящие от осколка, имеют энергию порядка 10^4 эв, что является допущением, законность которого может быть проверена только на опыте.

Релейный институт и Ленинградский физико-математический институт имени В. И. Ленина

301

Published by the AMERICAN PHYSICAL SOCIETY by the AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS

LETTERS TO THE EDITOR

Scattering Cross Section of Protons for 900-kev Neutrons
 A number of experimental data¹ for the scattering cross section of hydrogen for neutrons of energies between 2 and 10 Mev are available, which give comparatively well with Wigner's "low level formula," corrected for the finite range of the nuclear forces. For lower neutron energies the simple scattering becomes more important. Since no data have yet been made to check the formula between 0.5 and 1 Mev, it would be interesting to measure the cross section for an intermediate energy. For this purpose we used the method proposed in Ref. 2 by the 243-Mev gamma-rays of TAC³. It is very likely that these neutrons are mainly due to the reaction $\text{Ba}^{138} + \text{Ba}^{135} \rightarrow \text{Ba}^{141} + n$ and that they are consequently monoenergetic. In this case, according to various determinations of the threshold energy⁴ of the reaction, their energy is about 900 kev.

The apparatus used is shown in Fig. 1. The source consisting of about 10 mg. RaF_2 , contained in a platinum cylinder of 1 cm length and 2 mm diameter, was surrounded by a cylinder of 40-cm diameter. The individual jet neutrons were detected by means of an ionization chamber filled with a mixture of hydrogen, which was connected to a Geiger linear amplifier and a scaling circuit. The points could be visually observed by means of an oscilloscope. Small portions of more than 100 kev energy were recorded. The gamma-rays were absorbed by a lead one inch mounted in front of the source as well before the foil. The usual background of the chamber was 0.40 \pm 0.03 count per min. The RaF_2 source if placed in the position indicated in Fig. 1 yielded a count R of 7.69 \pm 0.19 pulses per min. The RaF_2 source itself was "inactive" form. The scattering consisted of paraffin blocks of lengths varying between 1 and 9 cm. They were placed halfway between source and ionization chamber.

In Fig. 2 the logarithm of the ratio R/L of the number of counts obtained per min. with and without scattering is plotted (open circles) against the thickness L in g/cm² of the scatterer. The points corresponding to smaller thicknesses lie well on a straight line indicating that at least the majority of the neutrons are monoenergetic. From this straight line we obtain a value of 2.43 g/cm² for the mean free path of the RaF_2 neutrons in paraffin. The deviation from the straight line for the points corresponding to the thickest scatterers is due partly to multiple scattering and partly to the neutrons scattered under a small angle which are still detected by the ionization chamber.

The mean absorption in paraffin was determined in the same way as that in paraffin by using graphite cylinders as absorbers. The full circles in Fig. 2 show the results from which a scattering cross section of $(2.8 \pm 0.2) \times 10^{-28}$ cm² follows.

With 15 plates ionization chambers aligned for detection of uranium fission products we observed 4 pulses per hour which we ascribe to spontaneous fission of uranium. A series of control experiments seem to exclude other possible explanations. Energy of fission and absorption properties coincide with fission products of uranium bombarded by neutrons. No pulses were found with U²³⁵ and Th²³². Mean lifetime of uranium follows ten to sixteen or seventeen years.

W. E. COBB
 GEORGE SQUARED CORNER

Division of Physics, National Bureau of Standards, Washington, D. C.

Received July 1, 1940

Phys. Rev. 82, 2112 (1940)

W. E. Cobb, G. S. Squared Corner, Phys. Rev. 82, 2112 (1940)

W. E. Cobb, G. S. Squared Corner, Phys. Rev. 82, 2112 (1940)

W. E. Cobb, G. S. Squared Corner, Phys. Rev. 82, 2112 (1940)

W. E. Cobb, G. S. Squared Corner, Phys. Rev. 82, 2112 (1940)



Thank you!