

“物理学家与物理学史” 2025 春季研讨会 非凡一念与传奇一生

Eugene Paul Wigner and His Friends

尤金·维格纳和他的朋友们

主要参考

**The Recollections of Eugene Paul Wigner as told to Andrew Szanton, Springer 1992;
The collected works of Eugene Paul Wigner, Part A&Part B, Springer 1990s;
Various memoirs given by Wigner's friends, colleagues and students.**

杨德山•中国科学院大学物理科学学院•中国高等科学技术中心•2025.4.25



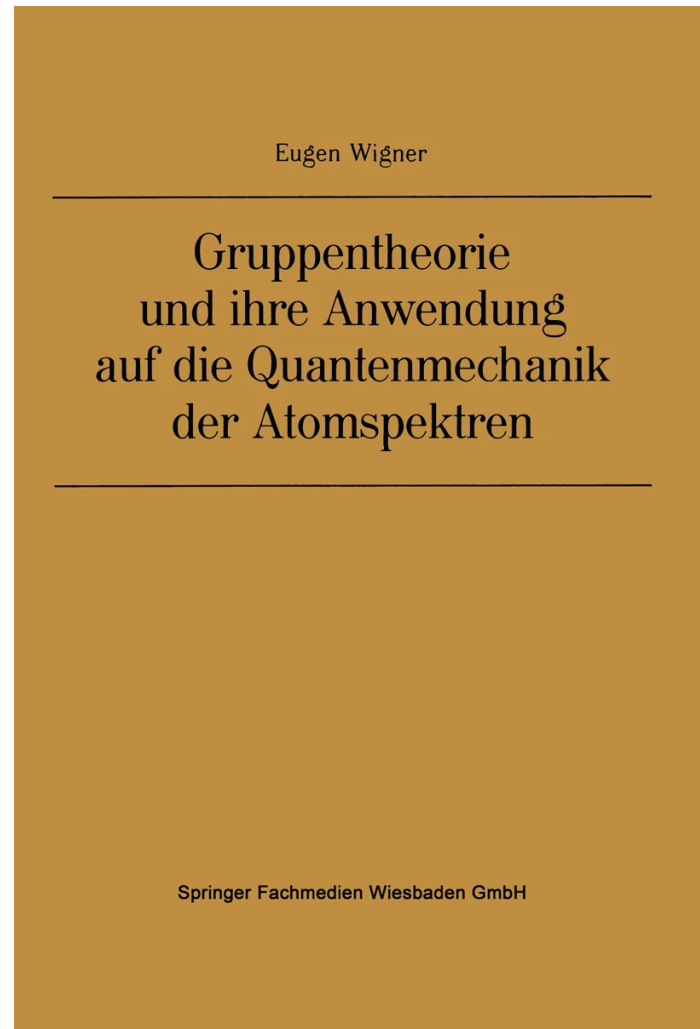
Eugene Wigner(1902-1995)

匈牙利-美国理论物理学家；

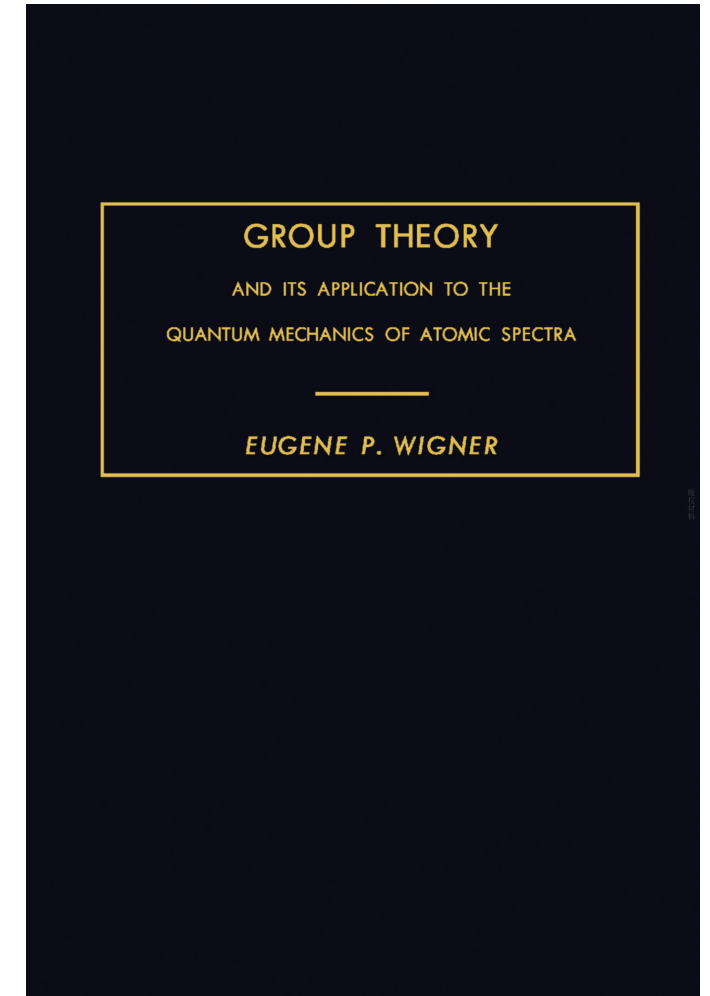
1963年与Maria Mayer、Hans Jensen分享1963年诺贝尔物理学奖(1/2)

"for his contributions to the theory of the **atomic nucleus** and the **elementary particles**, particularly through the discovery and application of fundamental symmetry principles"

别人是把获诺贝尔奖发现写进教科书；
维格纳是靠一本教科书获得了诺贝尔奖！



Gruppentheorie und ihre Anwendung
auf die Quantenmechanik der
Atomspektren © 1931



Group Theory: And Its
Application to the Quantum
Mechanics of Atomic
Spectra © 1959

绝对不是那么简单！

95年Wigner去世后，美国国家科学院官方纪念文章里，他的学生(合作者)F. Seitz, E. Vogt和A.M. Weinberg写道：

“在准备这个回忆录的时候，深深地感到我们正尝试记录半打科学家丰碑成就。”

Wigner是

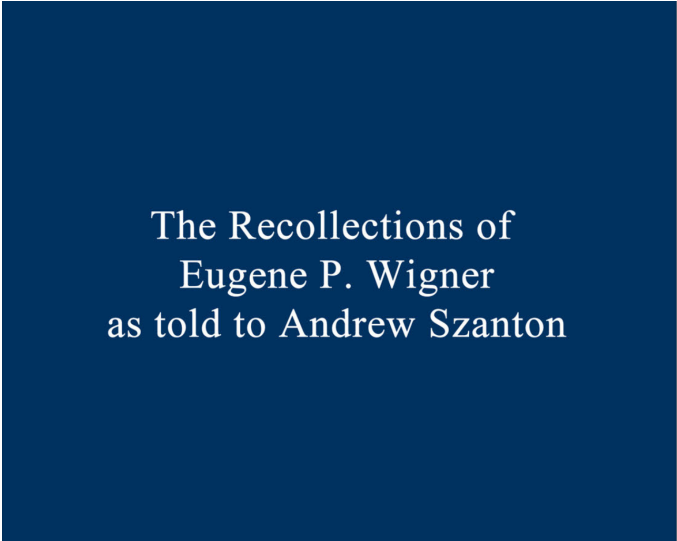
1. 群论在量子力学中应用的先驱
2. 量子力学在化学反应动力学与固体物理中应用的先驱；
3. 最早的原子核工程师；
4. 原子核物理和核化学中最基础概念的重要贡献者；
5. 量子混沌的先知；
6. 数学家和科学哲学家；
7. 伟大的导师：在普林斯顿大学40年的教学生涯中，指导了超过40个博士生。

在Wightman在AMS给Wigner撰写的讣告中写到：

“维格纳是曾经见证了量子力学创立并且亲身参与了量子力学最初几年激动人心的大发展的那一代人中的最后在世者之一。在他晚年，他意识到自己处于一个不同寻常的地位，受到物理学家、数学家、化学家、工程师和哲学家的高度重视。”

这可能也是他在晚年要撰写回忆录和编录作品集的重要原因，他觉得除了爱因斯坦、玻尔、海森堡、薛定谔、狄拉克等之外的一些也对量子力学和物理学做出过重要贡献的科学家也值得被后世铭记。

I have never wanted to be famous. Sometimes, I hope that my life will soon be completely forgotten. You may say, “Oh, that could not happen to a Nobel prize-winning physicist.” But many important scientists of 100 years back have already been forgotten. People get forgotten.



The Recollections of
Eugene P. Wigner
as told to Andrew Szanton

So I have decided to speak for myself, to broaden and deepen the record of my life, and to preserve my own memories of people and events that have changed physics, technology, even warfare.

Many of the men I want to describe have already been nearly forgotten. I trust that Newton and Einstein will never be forgotten. But what about those of only slightly lesser rank: Max von Laue, Walther Nernst, Michael Polanyi, and Wolfgang Pauli? How many of those names are widely known? How many will be known in 50 years time? We should know them all, and many more.

The Collected Works of Eugene Paul Wigner

Volume I

八卷本，5000多页

The Collected Works of Eugene Paul Wigner

Part A

The Scientific Papers

Volume I

Part I: Eugene Paul Wigner – A Biographical Sketch

Part II: Applied Group Theory 1926–1935

Part III: The Mathematical Papers

Volume II

Nuclear Physics

Volume III

Part I: Particles and Fields

Part II: Foundations of Quantum Mechanics

Volume IV

Part I: Physical Chemistry

Part II: Solid State Physics

Volume V

Nuclear Energy:

Part I: Eugene Wigner and Nuclear Energy

Part II: Memoir of the Uranium Project

Part III: Articles, Reports, and Memoranda on Nuclear Energy

Part IV: The Wigner Patents

Part B

Historical, Philosophical, and Socio-Political Papers

Volume VI

Philosophical Reflections and Syntheses

Volume VII

Historical and Biographical Reflections and Syntheses

Volume VIII

Socio-Political Reflections and Civil Defense

提纲

1. Wigner的生平简述

柏林时期、普林斯顿、曼哈顿计划

2. Wigner的科学成就

对称性原理的应用、Wigner相关科学术语

3. Wigner的朋友们

冯·诺伊曼、西拉德、泰勒、狄拉克.....

4. 总结与讨论

1. Wigner 生平

- 布达佩斯的高中 (1915-1920)
- 柏林求学时期 (1921-1930)
- 普林斯顿 (1930s)
- 曼哈顿计划 (1939-1945)
- 晚年 (1945-1995)

布达佩斯的高中时代(1915-1920)

1902 年出生在Budapest一个富有的犹太人家庭，父亲是一个皮革厂厂长，有两个妹妹。

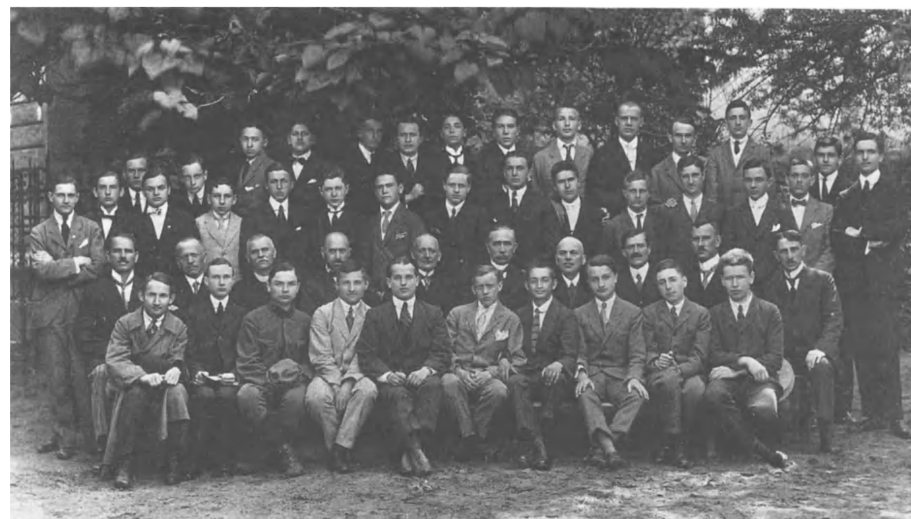
1915-1920 年在一个路德教派高中(gymnasium)上学（Wigner认为是当时全世界最好的高中）。期间学习优异，受到数学老师Laszlo Ratz的特别关注，并结识同校低一级的天才一生挚友——Jansci von Neumann。



Wigner幼时和妈妈级两个妹妹的合影。小妹Manci后来成为Paul Dirac的夫人。



László Rátz, the first of my many great teachers. No one else could evoke a subject like Rátz. (Photo courtesy of Eugene P. Wigner)



The Lutheran gimnázium, around 1919. I am the second boy from the right, in the front row. It may have been the finest high school in the world. (Photo courtesy of Eugene P. Wigner)

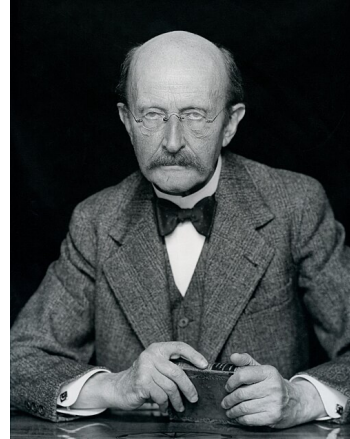


Jansci von Neumann, third from left, with his siblings and friends in 1915. Jansci was truly a prodigy. (Photo courtesy of the AIP Niels Bohr Library)

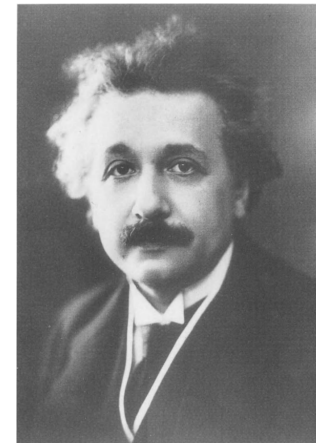
Berlin求学(1920-1925)

1920年Wigner高中毕业后，原本想学习物理，但在父亲的要求下，选择在布达佩斯工业大学学习一年后，于1921年转入柏林工业大学(Technische Hochschule)学习化学工程。

在学习化学之余，Wigner还独自学习物理。1923年后，他经常性参加周三下午德国物理学会的研讨会(Colloquia)。他见到了普朗克、爱因斯坦、劳厄、能斯特等大物理学家、化学家，也认识了物理学新贵泡利和海森堡，后来的博士博士后导师Polanyi、Becker等人，还有Leo Szilard和Dennis Gabor (1971 Nobel prize) 等一众匈牙利老乡。



M. Planck

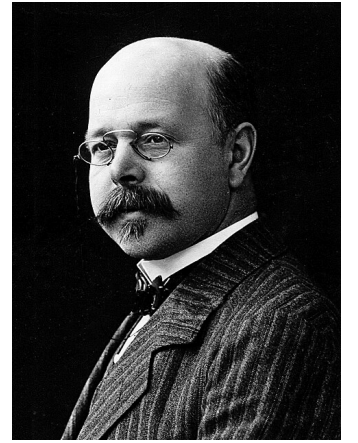


Albert Einstein. All of the rest of us were in his shadow. (Photo courtesy of Burndy Library)

A. Einstein



M. von Laue



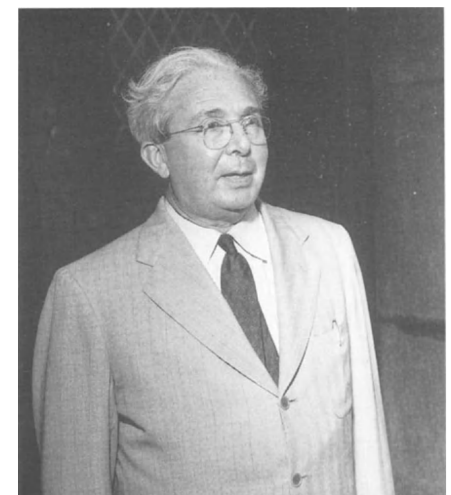
W. Nernst



Pauli



Heisenberg



Leo Szilard. It was hard being his friend, but it was always deeply interesting. (Photo courtesy of the Argonne National Laboratory)

Szilard是一个大社牛。虽然不名一文，却可以上前和任何大人物握手认识，并快速谈论自己的看法，然后离去。他建议并促成了Einstein给学生们开设一个统计力学的研讨课(seminars)。Wigner 从中受益很多。

Learning from Einstein

决定投身理论研究

But in Berlin, I not only learned of the great contemporary physicists, I saw them every week with my own eyes, heard them speak with my own ears, and studied some of the same questions they did. These were physicists who not only

Their attitude opened my eyes. Already I knew that I lacked the patience to ever be a great experimentalist. Defining experiments requires theory, but the primary need of the experimentalist is patience. The work is slow. You hope that an unusual result will prove some new theory, but you know very well that most such results come instead from a flaw in the testing procedure. I never had the patience for that. I wrote my theoretical papers quickly. I had an idea and quickly set it down on paper.

—The Recollections of Eugene Paul Wigner, Szanton, 1992

分子的形成和衰变

Michael Polanyi指导的博士论文 (1925)

在Heisenberg提出不确定性关系前两年给出 $\Delta\varepsilon \cdot \tau \sim h$?

Bildung und Zerfall von Molekülen

M. Polanyi und E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 33, 429–434 (1925)

$$\frac{c_1 c_2}{c} = e^{\frac{Q}{kT}} \frac{(2\pi\mu kT)^{3/2}}{h^3},$$
$$\frac{c}{\tau} = \frac{c_1 c_2}{(kT)^{3/2}} \sqrt{Q} \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{Q}{kT}} \Delta\varepsilon \sqrt{\frac{2Q}{\mu}} d^2 \pi.$$
$$\tau d^2 = \frac{h^3}{8\pi^2 Q \mu \Delta\varepsilon}.$$

Für $\tau \Delta\varepsilon$ setzen wir nun in Übereinstimmung mit der Theorie der Linienbreite¹⁾ h . Dann folgt

$$d \sqrt{2Q\mu} = \frac{h}{2\pi} \cdot \text{角动量量子化} \quad (3)$$

¹⁾ Vgl. N. Bohr, l. c.

参考了玻尔原子理论

量子论在化学反应理论中的最早应用:

- Wigner提出由于分子C的能级分立, $A+B \rightarrow C$ 缔合反应的几率为零。Polanyi不同意, 后发现Born和Franck差不多同时得到相同结论, 并已经发表文章。
- Wigner后又考虑C能级(过度态理论, Polanyi有重要贡献)有能量展宽 $\Delta\varepsilon$ 和存活时间 τ , 则反应几率不为零。文中用到了两个和量子论相关的关系式 $\Delta\varepsilon \cdot \tau \sim h$ 和角动量量子化。
- 量子理论在化学反应理论也是Wigner后来最重要研究主题之一, 为后期从事核反应/工程研究奠定基础。



Fig. 9 Eugene P. Wigner (on the right) with Michael Polanyi and his son, John C. Polanyi in 1934 in Manchester (courtesy of John C. Polanyi)

Michael Polanyi (1891-1976), Polymath, 物理学家、化学家、科学哲学家。儿子John获1986年诺贝尔化学奖。

小心灵得到了打击！



Max Born (1882-1970)
1954 Nobel Prize in
Physics



James Franck (1882-1964)
1925 Nobel Prize in
Physics

Once I made an observation to Polanyi about the impossibility of an association reaction. He heard my idea without grasping it. I felt sure that I was right and even that my idea had merit. But I was too modest to press it home.

Months later, Polanyi told me one day, “I am quite sorry. This point which you have always made on association reactions: I have just heard it in a paper of Born and Franck. I told them that you had the same idea, but they have already sent in the article, and nothing can be done.” Polanyi paused a moment. “I am quite sorry,” he said again, “I don’t know why I failed to understand you.”

I published my results anyway, hoping that if I could not impress Max Volmer, I might still impress Max Born and James Franck. I was puzzled to find them little impressed. They responded: “Maybe so, maybe not so.”

—The Recollections of Eugene Paul Wigner, Szanton, 1992

1925布达佩斯：To be or not to be

何去何从？子承父业？



返回柏林：成为一个物理学家

开启群瘟Gruppenpest时代 (1926-1931)

重返柏林：初识群论

1926年Wigner从Budapest回到柏林，受Polanyi举荐在Kaiser Wilhelm Institute做X射线晶体学家Karl Weissenberg的研究助手。

Weissenberg问Wigner几个晶体结构方面的问题（诸如为什么晶体里的原子位置在对称轴和平面上），并建议他去学学群论，去看看德国数学家Heinrich Weber的《代数》。

这就是Wigner对群论在量子力学研究的起始点。这也符合历史的发展规律，毕竟群论在物理中的应用就是从Schöflies等人对晶体的对称性和点群、空间群的分类开始的。Weissenberg是这方面的专家，而Wigner早在大学期间在化学家Hermann Mark的指导下就做过X射线晶体学方面的工作。

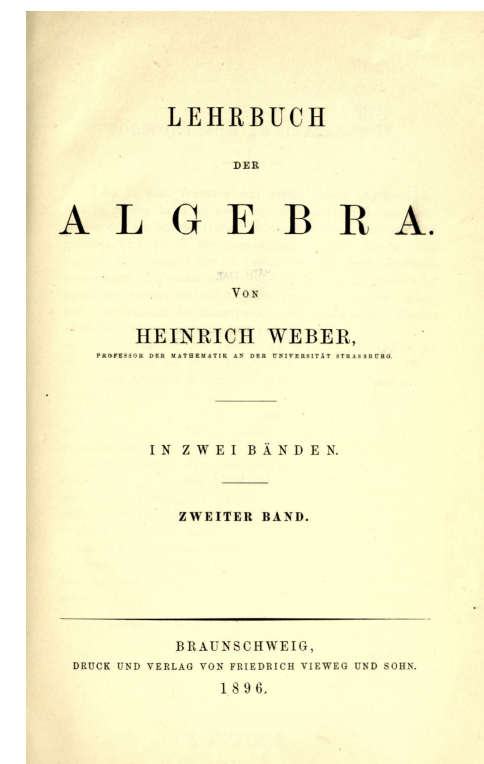
Wigner花了几周读Weber的书，并给出了答案，然后Weissenberg不满意，要求更优雅明晰的答案。这样反反复复成为师徒之间的日常。

但Wigner当时对Weissenberg的追问应该烦得不得了，因为Wigner正着迷于刚刚诞生的量子力学。



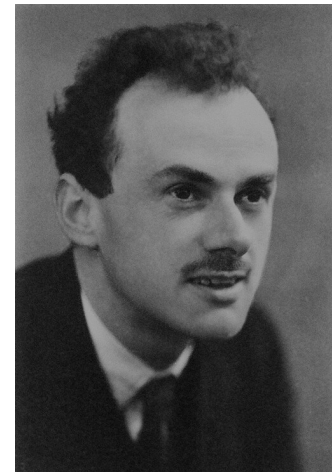
Figure 1. Karl Weissenberg. This photo was described by Fritz Haber as "[Weissenberg] Als Sphinx", that is "Weissenberg posing as Sphinx face". Courtesy of the Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, Boltzmannstr. 14, Berlin (Dahlem), Germany.

Karl Weissenberg



1925-26: 旧量子理论—» 量子力学

1925年6月之后，Heisenberg、Born和Jordan的“一个人、两个人、三个人”的三篇文章奠定了量子力学的矩阵力学基础；1926年初，Schrödinger的系列论文给出了量子力学的波动力学表述以及和矩阵力学的等价性；也是在1926年，Dirac也在其博士论文里给出了量子力学的一般性理论框架。



Wigner由于在布达佩斯订阅了Z. Physik，所以他知道Heisenberg的工作。1926年到了柏林后，他才从Polanyi那里知道薛定谔的最初几篇文章，然后就深深地被吸引了。他觉得波动力学和经典力学有着很深的联系。

1926年底-1927年初，Wigner开始给Richard Becker做了两个学期的研究助手。Becker没有烦扰他在量子力学方面的研究。

初试锋芒：多电子波函数问题

Heisenberg在1926年发表了“Über die Spektren von Atomsystemen mit zwei Elektronen.” ZP 39, 499-518. **Recd. 24**

Juli, 讨论了2个电子的波函数，发现一组为交换对称、一组是交换反对称，且两组态之间不会跃迁。现在我们知道这分别对应自旋单态和三重态，且E1跃迁只改变轨道角动量，不改变电子自旋。

Wigner很感兴趣，并在没有群表示论背景下给出了3个电子的反对称波函数 (Recd. **12 Nov. 1926**)。

Über nicht kombinierende Terme in der neueren Quantentheorie. Erster Teil

E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 40, 492-500 (1926)

简并微扰论求解能级修正：

$$\begin{vmatrix} 123 - \Delta E & 213 & 231 & 321 & 312 & 132 \\ 213 & 123 - \Delta E & 132 & 312 & 321 & 231 \\ 312 & 132 & 123 - \Delta E & 213 & 231 & 321 \\ 321 & 231 & 213 & 123 - \Delta E & 132 & 312 \\ 231 & 321 & 312 & 132 & 123 - \Delta E & 213 \\ 132 & 312 & 321 & 231 & 213 & 123 - \Delta E \end{vmatrix} = 0,$$

$$b_{123} \quad b_{213} \quad b_{231} \quad b_{321} \quad b_{312} \quad b_{132}$$

得到2个单态能级、2组2重态能级：

Gleichung (11) hat zwei einfache und zwei doppelte¹⁾ Wurzeln

$$\left. \begin{aligned} \Delta E_1 &= 123 + 132 + 231 + 213 + 312 + 321, \\ \Delta E_2 &= 123 - 132 + 231 - 213 + 312 - 321, \\ \Delta E_3 = \Delta E_4 &= 123 + 231 \\ &+ \sqrt{132^2 + 321^2 + 213^2 - 213 \cdot 132 - 321 \cdot 132 - 321 \cdot 213}, \\ \Delta E_5 = \Delta E_6 &= 123 + 231 \\ &- \sqrt{132^2 + 321^2 + 213^2 - 213 \cdot 132 - 321 \cdot 132 - 321 \cdot 213}. \end{aligned} \right\}$$

2组2重态能级波函数

$$\left. \begin{aligned} \Psi_1(r_1 r_3 r_2) &= \Psi_1(r_2 r_3 r_1) = -\frac{1}{2} \Psi_1(r_1 r_2 r_3) \pm \frac{\sqrt{3}}{2} \Psi_2(r_1 r_2 r_3), \\ \Psi_1(r_2 r_1 r_3) &= \Psi_1(r_3 r_1 r_2) = -\frac{1}{2} \Psi_1(r_1 r_2 r_3) \mp \frac{\sqrt{3}}{2} \Psi_2(r_1 r_2 r_3), \\ \Psi_2(r_1 r_3 r_2) &= -\Psi_2(r_2 r_3 r_1) = \pm \frac{\sqrt{3}}{2} \Psi_1(r_1 r_2 r_3) + \frac{1}{2} \Psi_2(r_1 r_2 r_3), \\ \Psi_2(r_2 r_1 r_3) &= -\Psi_2(r_3 r_1 r_2) = \mp \frac{\sqrt{3}}{2} \Psi_1(r_1 r_2 r_3) + \frac{1}{2} \Psi_2(r_1 r_2 r_3), \end{aligned} \right\}$$

群表示理论在量子力学中第一次明确应用

Wigner 发现用自己3个电子的方法就非常繁复，很难给出的4个电子的波函数。在咨询了von Neumann之后，他开始系统学习Frobenius和Schur的文章，两周后就给出n个电子(无自旋)的波函数。

Über nicht kombinierende Terme in der neueren Quantentheorie. Zweiter Teil

E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 40, 883–892 (1927)

(Recd. 26 Nov. 1926)。这是第一篇在量子力学问题中明确使用群表示理论的文章。

Die Gleichung für die Energiestörung $\Delta \varepsilon$ ist $n! = h$ ten Grades.

$$\begin{vmatrix} J_E - \Delta \varepsilon & J_{H_1} & J_{H_2} & J_{H_3} & \dots & J_{H_{h-1}} \\ J_{H_1^{-1}} & J_E - \Delta \varepsilon & J_{H_2 H_1^{-1}} & J_{H_3 H_1^{-1}} & \dots & J_{H_{h-1} H_1^{-1}} \\ J_{H_2^{-1}} & J_{H_1 H_2^{-1}} & J_E - \Delta \varepsilon & J_{H_3 H_2^{-1}} & \dots & J_{H_{h-1} H_2^{-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ J_{H_{h-1}^{-1}} & J_{H_1 H_{h-1}^{-1}} & J_{H_2 H_{h-1}^{-1}} & J_{H_3 H_{h-1}^{-1}} & \dots & J_E - \Delta \varepsilon \end{vmatrix} = 0. \quad (7)$$

Es ist hierin zu beachten, daß $J_R = J_R^{-1}$ ist, wie man durch Vertauschung der Integrationsvariablen in (6) ohne weiteres sieht, daß also die Determinante (7) symmetrisch ist, und demgemäß lauter reelle Lösungen hat.

Nun betrachten wir eine k -dimensionale irreduzible Darstellung der symmetrischen Gruppe. Ihr, der Permutation R entsprechendes Element, bezeichnen wir mit

$$\begin{pmatrix} a_{11}^R & a_{12}^R & \dots & a_{1k}^R \\ a_{21}^R & a_{22}^R & \dots & a_{2k}^R \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1}^R & a_{k2}^R & \dots & a_{kk}^R \end{pmatrix} \quad (8)$$

Es ist $a_{ij}^E = \delta_{ij}$; (a_{ij}^E) ist die Einheitsmatrix. Wir bilden folgende Gleichung

$$\begin{vmatrix} \sum_R a_{11}^R J_R - \Delta \varepsilon & \sum_R a_{12}^R J_R & \dots & \sum_R a_{1k}^R J_R \\ \sum_R a_{21}^R J_R & \sum_R a_{22}^R J_R - \Delta \varepsilon & \dots & \sum_R a_{2k}^R J_R \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_R a_{k1}^R J_R & \sum_R a_{k2}^R J_R & \dots & \sum_R a_{kk}^R J_R - \Delta \varepsilon \end{vmatrix} = 0. \quad (9)$$

Gleichung (9) ist nichts anderes als die Gruppenmatrix unserer irreduziblen Darstellung mit den Variablen $J_E - \Delta \varepsilon, J_{H_1}, J_{H_2}, \dots, J_{H_{h-1}}$ und ist also¹⁾ eine irreduzible Gleichung, z. B. für $J_E - \Delta \varepsilon$, also auch für $\Delta \varepsilon$. Insbesondere hat sie also keine doppelten Wurzeln.

¹⁾ J. Schur, Berl. Ber. 413, 1905.

I described to Jancsi the irritating problem in group theory which Dr. Weissenberg had just assigned me. Von Neumann understood it. He had not only the gift of cracking stubborn problems, but the far rarer ability to see their inner workings in perfect relation to any number of other, quite different concepts. Jancsi considered my group theory problem for about half an hour's time. Then he said, "Jenö, this involves representation theory."

Jancsi gave me a reprint of a decisive 1905 article by Frobenius and Schur. Von Neumann was both tactful and kind. He said, "You could perhaps work this out yourself, Jenö, but it's one of the things on which old Frobenius made his reputation. So it can't be easy."

From the articles of Frobenius and Schur, Wigner learned the theory of group representations, "and that was marvellous!" [1] With the knowledge obtained from these articles, Wigner could treat the situation in the case of an arbitrary number of electrons. "That was very good. With the help of these articles I also became convinced that all the regularities of atomic spectra were due to the symmetry of rotation; that was just marvellous! I felt very happy and lucky. There is a German proverb: 'Der Dumme hat Glück!' ('The stupid one is lucky!')." [1]

傻人有傻福
Der Dumme
hat Glück!

—The Recollections
of Eugene Paul
Wigner, Szanton,
1992

— Historical and Biographical Reflections and Syntheses
E.P. Wigner. Annotation by Jagdish Mehra

哥廷根1928：David Hilbert的助手

1927年底-1928底，Wigner被Sommerfeld推荐去哥廷根大学给David Hilbert做助手。这时候的Hilbert由于严重贫血，已经不再是大数学家Hilbert了。Wigner只和Hilbert见了几次面。

在哥廷根，他认识了Max Born和James Franck (Again! 以后还会在美国再次相见。)，还结识了一众年轻同辈，包括Pascual Jordan和Walter Heitler、Viktor Weisskopf。von Neumann当时已经不在哥廷根，但也经常回来。当时的哥廷根应该是门庭若市。Wigner还在这里认识未来的妹夫——Paul Dirac。

二次量子化(Jordan&Wigner): 在Dirac给出计算自发辐射的文章中，利用产生湮灭算符的对易关系，给出了光子的二次量子化框架，可以自然给出Bose-Einstein统计。Jordan和Wigner随后给出了费米子的二次量子化框架，核心是用产生湮灭算符反对易子关系。在这篇文章中还给出了后来在凝聚态物理中广泛引用的Jordan-Wigner变换。

Dirac方程: 在写给Born的讨论他去哥廷根访问信中结尾，Dirac告诉Born他得到了一个相对论性的量子力学方程，就是后来的Dirac方程。Born马上告诉了Jordan和Wigner，因为他们也正在做类似的尝试，不过没有成功，因为他们用的是二分量波函数。

关于Pauli不相容原理

Über das Paulische Äquivalenzverbot

P. Jordan und E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 47, 631–651 (1928)

(Eingegangen am 26. Januar 1928.)

Zusatz bei der Korrektur: Zwischen den $2K$ Operatoren $a_1, a_2, \dots, a_K; a_1^\dagger, a_2^\dagger, \dots, a_K^\dagger$ bestehen die Relationen

$$\left. \begin{aligned} a_\kappa a_\lambda + a_\lambda a_\kappa &= 0 \\ a_\kappa^\dagger a_\lambda^\dagger + a_\lambda^\dagger a_\kappa^\dagger &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

und

$$a_\kappa^\dagger a_\lambda + a_\lambda a_\kappa^\dagger = \delta_{\kappa\lambda}. \quad (40)$$

Wir wollen nun zeigen, daß diese ψ -Zahlrelationen die Operatoren $a, a^\dagger$ schon eindeutig bestimmen, wenn man sich auf irreduzible Matrizenysteme beschränkt und Matrizenysteme, die auseinander durch Ähnlichkeitstransformation hervorgehen, als nicht verschieden voneinander ansieht*.

Um dies einzusehen, bilden wir zunächst folgende Größen

$$\left. \begin{aligned} \alpha_\kappa &= a_\kappa + a_\kappa^\dagger, \\ \alpha_{K+\kappa} &= \frac{1}{i} (a_\kappa - a_\kappa^\dagger). \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

Die $2K$ Matrizen α bestimmen umgekehrt die a eindeutig. Nun gilt für die α_κ allgemein

$$\alpha_\kappa \alpha_\lambda + \alpha_\lambda \alpha_\kappa = 2 \delta_{\kappa\lambda}. \quad (II)$$

Bose-Einstein	Pauli
$b_\alpha(\beta') b_\alpha(\beta'') - b_\alpha(\beta'') b_\alpha(\beta') = 0;$	$a_\alpha(\beta') a_\alpha(\beta'') + a_\alpha(\beta'') a_\alpha(\beta') = 0;$
$b_\alpha^\dagger(\beta') b_\alpha(\beta'') - b_\alpha(\beta'') b_\alpha^\dagger(\beta') = \delta(\beta' - \beta'');$	$a_\alpha^\dagger(\beta') a_\alpha(\beta'') + a_\alpha(\beta'') a_\alpha^\dagger(\beta') = \delta(\beta' - \beta'');$
$b_\alpha^\dagger(\beta') b_\alpha(\beta') = N(\beta');$	$a_\alpha^\dagger(\beta') a_\alpha(\beta') = N(\beta');$
$b_\alpha(\beta') = \sum_{q'} \Phi_{\alpha p}(\beta', q') b_p(q');$	$a_\alpha(\beta') = \sum_{q'} \Phi_{\alpha p}(\beta', q') a_p(q').$

Wir bestimmen noch die Anzahl von Zeilen und Spalten, die Dimension dieser Darstellung. (Es muß dabei natürlich 2^K herauskommen.) In der Tat ist der Grad der Gruppe 2^{2K+1} gleich der Summe der Quadrate der Dimensionen ihrer Darstellungen. Es haben 2^{2K} die Dimension 1, die letzte muß die Dimension 2^K haben, damit $(2^K)^2 + 2^{2K} \cdot 1^2 = 2^{2K+1}$. Sie stimmt also tatsächlich mit unserem Matrizenystem (69) oder § 3 und 6 überein.

$$\begin{aligned} & a_\lambda(x_1, x_2, \dots, x_K; y_1, y_2, \dots, y_K) \\ &= (-1)^{x_1+x_2+\dots+x_{\lambda-1}} \delta_{x_1 y_1} \delta_{x_2 y_2} \dots \delta_{x_{\lambda-1} y_{\lambda-1}} \delta_{x_\lambda 0} \delta_{y_\lambda 1} \delta_{x_{\lambda+1} y_{\lambda+1}} \dots \delta_{x_K y_K}, \quad (69) \end{aligned}$$

und entsprechend ist dann $a_\kappa^\dagger$

$$\begin{aligned} & a_\kappa^\dagger(x_1, \dots, x_K; y_1, \dots, y_K) \\ &= (-1)^{x_1+\dots+x_{\kappa-1}} \delta_{x_1 y_2} \dots \delta_{x_{\kappa-1} y_{\kappa-1}} \delta_{x_\kappa 1} \delta_{y_\kappa 0} \dots \delta_{x_K y_K}. \quad (69 a) \end{aligned}$$

Wigner:

That you make those matrix equations be group equations and if it is a group equation, then it is a representation of the group which will solve it. In all these cases it turned out

that the group has only one faithful, irreducible, representation, so that is the solution. I remember also that there are some parts of that paper with which I was not in complete agreement. I said to Jordan at the end when the article was written, “Now look, Jordan, we could eliminate the whole first part and start with the second part and it would be much shorter and much more concise.”

He said, “Yes, that is true, but I don’t want to do that because everybody knows that the second part is written by you whereas the first part is written by me, and if we eliminate the first part it will appear that it is your contribution, wh-wh-which a-a-as y-y-you kn-kn-know—.” And of course he was right. As soon as he said that I said, “Well, you know that I am essentially honest.”

— **Historical and Biographical Reflections and Syntheses**
E.P. Wigner. Annotation by Jagdish Mehra

和von Neumann的合作

Wigner和von Neumann在1928年一起发表了三篇文章，考虑了有电子自旋的原子光谱一般情形。Wigner说，在他发表第一篇应用群表示论的文章时受到了von Neumann巨大的帮助，为了还人情，在这3篇文章里把von Neumann作为co-author，文章是他一个人写的。

Von Neumann frequently came from Berlin to discuss matters with Wigner, who recalled: ‘These papers were written principally by me, but I felt that I had to express my gratitude to von Neumann for having introduced me to the work of Frobenius and Schur; therefore I proposed to him that we should publish them together.’ (Mehra & Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, Vol. 6, pp. 495-6)

Zur Erklärung einiger Eigenschaften der Spektren aus der Quantenmechanik des Drehelektrons. Erster Teil

J. von Neumann und E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 47, 203–220 (1928)

(Eingegangen am 28. Dezember 1927.)

Zur Erklärung einiger Eigenschaften der Spektren aus der Quantenmechanik des Drehelektrons. Zweiter Teil

J. von Neumann und E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 49, 73–94 (1928)

Zur Erklärung einiger Eigenschaften der Spektren aus der Quantenmechanik des Drehelektrons. Dritter Teil

J. von Neumann und E. P. Wigner

Zeitschrift für Physik 51, 844–858 (1928)

(Eingegangen am 19. Juni 1928.)

非常懂世故人情：)

再返柏林

1928年，Wigner经常往返于哥廷根和柏林。也是在这一年，他在柏林认识了同样来自布达佩斯的优秀年轻人Edward Teller。这样，著名的“Hungarian quartet”就凑齐了。Teller比Wigner小6岁，是Heisenberg的学生。彼时，Heisenberg已经是Lepzig大学的教授，经常带着助手们往返柏林。

1928年底，Wigner回到柏林，作为Richard Becker的助手成为了一个privatdozent，开始讲授量子力学，并继续量子力学、光谱学的研究和群论书的写作。

B.T.W 也是在1928年，Wigner有了自己一个非婚生的女儿Erika Zimmerman。



Heisenberg&Wigner 1928'



Edward Teller



Wigner 和女儿 Erica Zimmerman

《群论与量子力学》

Hermann Weyl @1928

Hermann Weyl(1885-1955): 德国数学家, 彼时在苏黎世理工ETH。1929年他回到哥廷根接了老师Hilbert的职位。但30年代移居美国, 加入普林斯顿高研院。

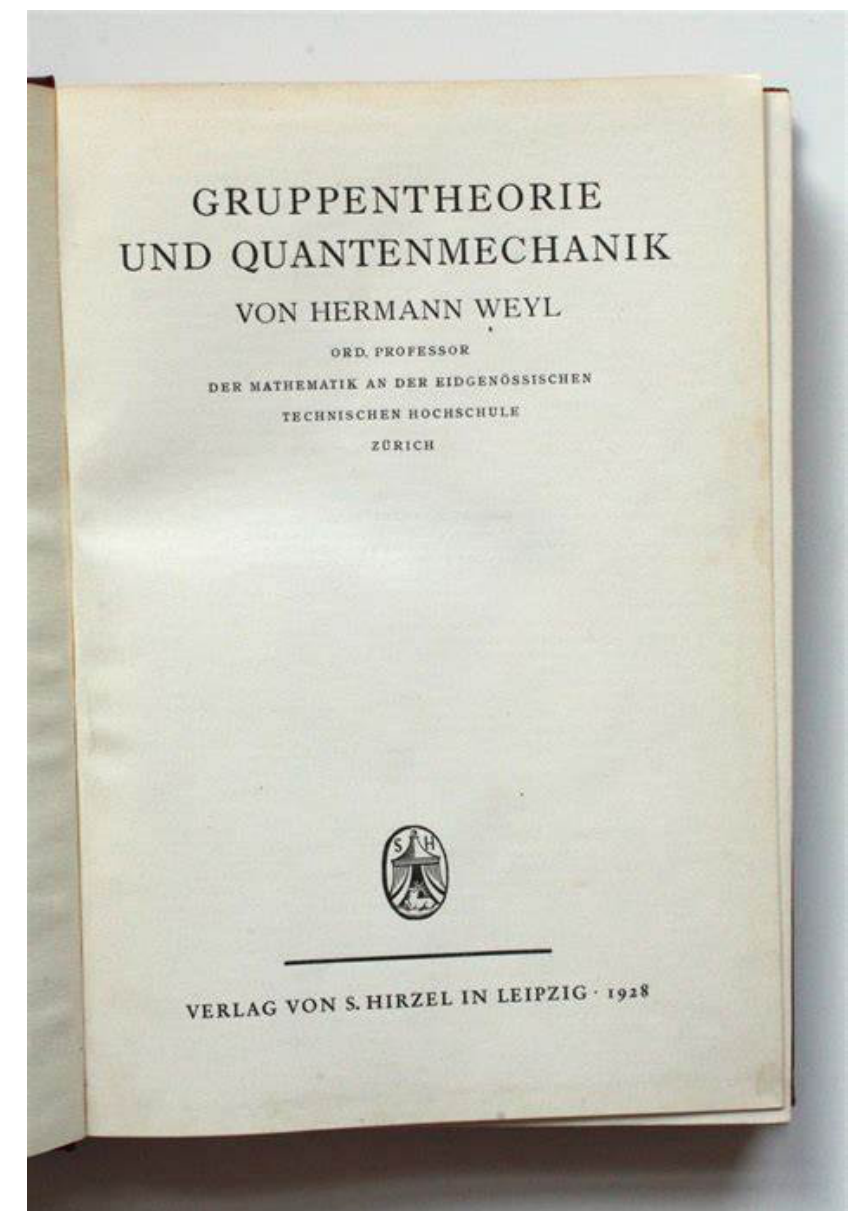
1928年他基于在前一年在大学的讲义, 出版了《群论与量子力学》, 成为了当时从事研究人员唯一能够选择的群论教科书。大多数人当时都觉得太数学化, 晦涩难懂。

Quantenmechanik und Gruppentheorie.

Von H. Weyl in Zürich.

Mit 1 Abbildung. (Eingegangen am 13. Oktober 1927.)

Einleitung und Zusammenfassung. — I. Teil. Bedeutung der Repräsentation von physikalischen Größen durch Hermitesche Formen. § 1. Mathematische Grundbegriffe, die Hermiteschen Formen betreffend. § 2. Der physikalische Begriff des reinen Falles. § 3. Die physikalische Bedeutung der repräsentierenden Hermiteschen Form. § 4. Statistik der Gemenge. — II. Teil. Kinematik als Gruppe. § 5. Über Gruppen und ihre unitären Darstellungen. § 6. Übertragung auf kontinuierliche Gruppen. § 7. Ersatz der kanonischen Variablen durch die Gruppe. Das Elektron. § 8. Übergang zu Schrödingers Wellentheorie. — III. Teil. Das dynamische Problem. § 9. Das Gesetz der zeitlichen Veränderung. Die Zeitgesamtheit. § 10. Kinetische Energie und Coulombsche Kraft in der relativistischen Quantenmechanik. — Mathematischer Anhang.



Wigner对Weyl群论书的反应

Wigner和von Neumann都认为Weyl在书中没有提及他们的工作是不公平的，是“严重不正确”。

Both Johnny and I felt that that was a very unfair thing. Johnny knew what Weyl knew about the application of group theory. He, V. Neumann, said Weyl knew and saw clearly that the operators for M_x , M_y and M_z are the infinitesimal operators of the rotation group. But otherwise Weyl had, before the article which you mentioned, (“Einige Eigenschaften”), appeared, no knowledge of it. He says in his book that, “was implizit vorhanden war”; of course the whole mathematics is implicitly contained in the axioms. We both felt, I particularly—well, Johnny about equally—that it was, as Johnny said—he said it in Hungarian—**“schwer inkorrekt”**. You speak German?

Thomas Kuhn's interview with Wigner, Eugene Paul on 1963 November 21 and December 3, 4.

AIP: Oral History Interview (OHI)

决定自己也写一本

西拉德鼓励Wigner自己写一本更容易读的群论教科书，同时也能夺回优先权。

Wigner花了两年时间，打磨自己已经发表的文章表述，再加上一些没有发表的结果，终于在1931年出版了自己的群论教科书“Gruppentheorie und ihre Anwendung auf die Quantenmechanik der Atomspektren” (“Group Theory and Its Applications to Quantum Mechanics of Atomic spectra”)。

... and his textbook, Group Theory and Quantum Mechanics, first published in 1928, **had become the standard text** in that field. **Those who understood it saw in it a rigorous beauty. But Weyl did not write clearly, and so most physicists did *not* understand his book. Young students especially found the book awfully dense.**

Leo Szilard was the one who most encouraged me to write my own group theory text. He assured me that the field badly needed a book more accessible than Weyl's. Szilard felt that by writing a group theory text, I could establish a priority claim on the subject. He urged me to do so, and I agreed to try.

—The Recollections of Eugene Paul Wigner, Szanton 1992

Weyl和Wigner群论书的比较

将Weyl的书与Wigner在1931年发表的《群论和其在量子力学原子能谱中的应用》进行比较是有教育意义的。

1. 这两本书都有关于线性变换、群和量子力学的介绍性章节。**Weyl**更强调向量空间；**Wigner**更强调用矩阵进行计算。
2. **Wigner**对置换群和旋转群或其相关的 $SU(2)$ 群及这些群的表示理论进行了更为详细的论述。例如，他导出了张量算符矩阵元的**Wigner-Eckart**公式，由此推导出谱线强度关系。他还对存在外部对称性破坏相互作用时的谱线分裂进行了定量和一般性的分析。另一方面，**Weyl**讨论了Lorentz群及其覆盖群 $SL(2,C)$ 及其有限维表示与量子场论的关系。**Wigner**书在1959年翻译成英文版时，也增加了他在1930年代后期以来关于Poincare群不可约么正表示的一些研究内容。
3. 对光谱学感兴趣的物理学家自然更喜欢维格纳的书，而不是Weyl的书。但对于数学更好的物理学家，Weyl或许更好一些。例如：Segre就告诉过Wigner，Majorana更喜欢Weyl的书。

Die Gruppenpest

Weyl、Wigner、Heitler等人在量子力学中大肆应用群论，尤其是群表示论。大多数的物理学家对此是不适应的，也是不情愿的，甚至是讨厌的。他们称Wigner这些人为“群害虫”(Die Gruppenpest)，而Pauli很可能就是始作俑者。不论是Weyl的书还是Wigner的书在当时都没有改变这种情况。

Schrödinger曾经和爱因斯坦抱怨过群论方法在光谱学中的应用只是权宜之计。他告诉Wigner: "This may be the first method to derive the root of spectroscopy. But surely no one will still be doing it this way in five years."

von Neumann知道后，曾安慰Wigner，说："哦，这都是些老顽固。过五年，每个学生都得来上群论课。"von Neumann一如以往的正确。很快，甚至是Pauli，也都来学习群论了。



Walter Heitler



Wolfgang Pauli

Slater has slain the 'Gruppenpest'

在一众不喜欢群论人当中，Slater是著名的代表。他用以他名字命名的Slater行列式，构造出了多电子(费米子)反对称波函数，并能得到Gruppenpest的几乎所有结果 (**Slater has slain the 'Gruppenpest'**)。后来有人回忆，到了1970年代，Slater对群论在物理中的应用还是持一贯否定态度。而当时，基于对称性原则构造的粒子物理标准模型已经诞生。

在1935年Condon和Shortley著的《原子光谱学》中也表明了这种情绪。

We wish finally to make a few remarks concerning the place of the theory of groups in the study of the quantum mechanics of atomic spectra. The reader will have heard that this mathematical discipline is of great importance for the subject. *We manage to get along without it.*



John C. Slater

$$\frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \chi_1(\mathbf{x}_1) & \chi_2(\mathbf{x}_1) & \cdots & \chi_N(\mathbf{x}_1) \\ \chi_1(\mathbf{x}_2) & \chi_2(\mathbf{x}_2) & \cdots & \chi_N(\mathbf{x}_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \chi_1(\mathbf{x}_N) & \chi_2(\mathbf{x}_N) & \cdots & \chi_N(\mathbf{x}_N) \end{vmatrix}$$



Edward Condon

成为物理学家

1926年开始的一系列群论在量子力学和光谱学的应用研究，使得Wigner逐渐认识到自己工作的价值，也认定了自己心怡的终身职业——物理学家！

The exact theoretical consequences of my work in symmetry and group theory took years to develop. But eventually this work had quite fundamental applications. It spread the basic truth that laws of nature have simple invariance properties. It even influenced the basic design of nuclear reactors.

And the work had a wonderful immediate consequence: It convinced me that I truly belonged in the field of physics. The years between 1928 and 1931 were very rich ones for me. I learned an awful lot, worked very hard, and was very happy. It is a joyful thing to know that you are truly a physicist.

What else besides love can compare with it?

新大陆

从1930年到1933年，被Ehrenfest向普林斯顿大学推荐，Wigner和von Neumann可以每年在欧洲工作半年，在普林斯顿大学工作半年。普林斯顿发给Wigner的工资是4000美元，差不多700美元一个月，是Wigner在柏林的工资七倍多；当然普林斯顿大学给von Neumann的工资要比给Wigner多1000美元（因为他结婚了）。

1933年春，纳粹在德国掌权，von Neumann和Wigner在柏林失去了位置。von Neumann随后加入了新的高等研究院。Wigner继续在普林斯顿大学工作了三年。

1936年Wigner没有得到想要的Thomas教席教授职位，负气离开普林斯顿。求得朋友/合作者G. Breit帮助，去了Wisconsin大学工作。在Wisconsin，他遇到了他的第一任妻子Amelia Frank，她是那里的一名物理学生。然而，她在1937年意外去世，让Wigner心烦意乱。因此，他在1938年再次接受了普林斯顿大学的邀请，担任教授。Wigner于1937年1月8日成为归化的美国公民，并将他的父母带到了美国。



John von Neumann



Gregory Breit



Wigner 第一任妻子
Amelia Frank

普林斯顿大学的天才学生

1930年到1936年，Wigner在普林斯顿除了继续对称性方面的研究之外，研究方向扩展到原子核物理和固体物理。原子核物理的方面的主要合作者就是Gregory Breit，而固体物理理论方面的主要研究助手就是他三个美国学生：

1. Frederick Seitz: Wigner在普林斯顿的第一个研究生，1934年获得博士学位。他们一起发展了固体理论，并一起参与了曼哈顿计划。Seitz曾是美国科学院(National Academy of Sciences)主席(1959-1962)和洛克菲勒大学的校长。Wigner-Seitz原胞是固体物理的基本概念之一。
2. John Bardeen: Wigner在普林斯顿的第二个研究生，1936年获得博士学位。J. Bardeen是目前是唯一一位两次获得诺贝尔物理学奖的物理学家(1956&1972)。获奖理由分别为发明二极管和BCS超导理论。
3. Conyers Herring: Wigner在普林斯顿的第三个研究生，应用物理学家，曾在Bell实验室工作超过30年，后来担任Stanford大学教授，并于1984年和Philippe Nozieres因"their major contributions to the fundamental theory of solids, especially of the behavior of electrons in metals"一起获得Wolf奖。他在1937年博士论文 On Energy Coincidences in the Theory of Brillouin Zones中预言了Weyl半金属，于2015年在实验上被证实存在。



Frederick Seitz



John Bardeen

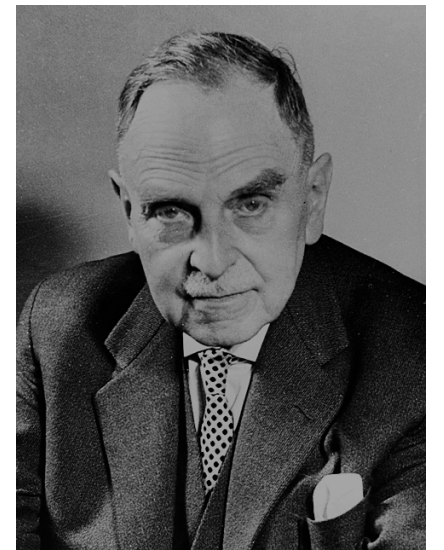


Conyers Herring

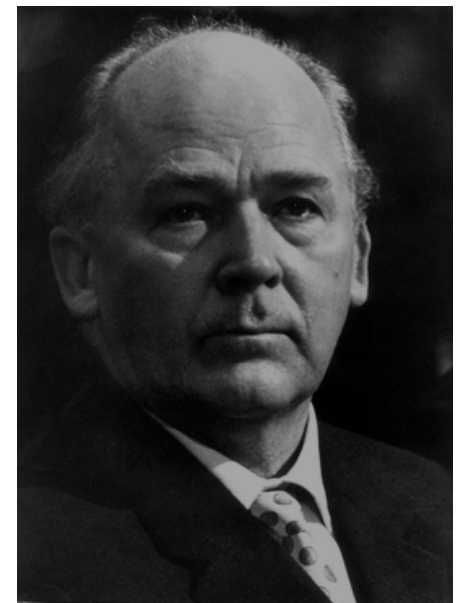
原子核链式反应

1932年中子被发现后，Wigner投身于原子核物理研究。他通过对核子散射数据研究，发现核力很强且短程，以及具有一定的近似对称性，也就是后来同位旋对称性(Heisenberg)。他还提出了将自旋对称性和同位旋对称性统一在一起的SU(4)超多重态理论。和Breit等人对中子打靶实验中共振现象研究，提出了著名的Breit-Wigner公式，这应该得益于他对化学反应过渡态理论(TST)的研究。在二战结束之后，他在此基础上发展了核反应的R矩阵理论。

1938年，慕尼黑协议的达成，日益剧增的纳粹威胁深深困扰着Wigner。在他回到普林斯顿大学后不久，柏林的Hahn和Strassmann发现了核裂变，伴随着大量的能量释放。这验证了当时也来到美国的Szilard在1933年时可以从原子核中提取能量的猜想(为此他还申请了专利)。彼时，费米因在中子俘获核反应的实验研究刚刚获得诺贝尔奖，并趁领奖时机，也从欧洲迁到美国。国际上很多研究组都意识到，中子可以导致核裂变链式反应，从而有可能被用来制造核武器。



Otto Hahn



Fritz Strassmann



Lise Meitner

爱因斯坦-西拉德信件

1939年，西拉德和Wigner因为担心纳粹德国先发展出核裂变炸弹，想找出一个途径建议美国政府推进核武器的开发。7月16日两人找到了爱因斯坦讲述了核武器的可能性和威胁。爱因斯坦理解了相关科学原理，并在由Wigner起草的给驻美比利时大使一封信上签名，以提醒比利时政府纳粹德国可能从比利时刚果殖民地获得铀矿。另外他们还起草了给美国国务院的相关事宜的说明。Wigner将信件的德文版翻译成英文。

正式的爱因斯坦-西拉德信件是当年8月2日由Szilard和Teller找爱因斯坦再次确认并定稿。(Szilard不会开车，而当时Wigner因为吃生蚝得了肝炎，因此Szilard找了Teller开车。)10月份该信件通过中间人递交给美国政府高层。这次的信件是Szilard系里的一位速记员翻译的。当时她的想法是“我一定是在给一个疯子干活儿！”

从爱因斯坦-西拉德信件到后来的曼哈顿计划，西拉德、维格纳、泰勒、冯·诺伊曼等一些匈牙利科学家起到了非常重要的作用。因此也有人把美国核武器的开发称为“**Hugarian conspiracy**”。

The letter dated August 2 and addressed to President Roosevelt warned:[14]

In the course of the last four months it has been made probable – through the work of [Joliot](#) in France as well as Fermi and Szilard in America – that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future. This new phenomenon would also lead to the construction of [bombs](#), and it is conceivable – though much less certain – that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. **However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.**

It also specifically warned about Germany:[14]

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, [von Weizsäcker](#), is attached to the [Kaiser-Wilhelm-Institut](#) in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

["Albert Einstein's Letters to President Franklin Delano Roosevelt"](#). *E-World*. 1997. [Archived](#) from the original on April 17, 2012. Retrieved October 9, 2013.

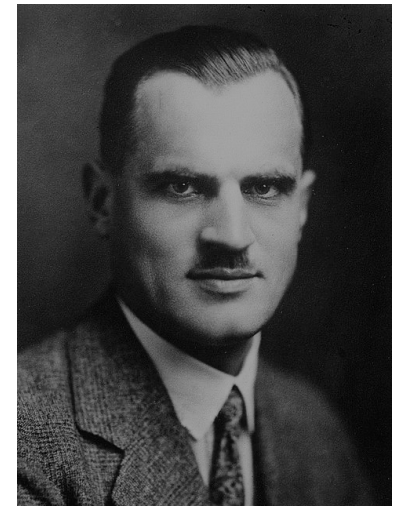
曼哈顿计划：核反应堆工程师

1941年12月初，珍珠港事件之后，曼哈顿计划正式启动。

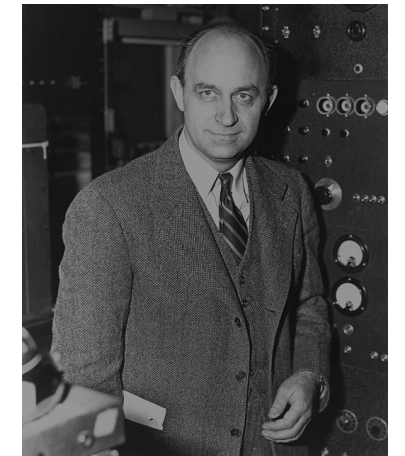
虽然前期关于链式反应堆的实验和原理设计大多是由费米、西拉德和维格纳在纽约的哥伦比亚大学完成，但是由于主管Arthur Compton(1927年诺贝尔物理学奖获得者)在芝加哥大学。因此曼哈顿计划中的反应堆部门就设在了芝加哥，也就是著名的芝加哥冶金实验室(Metallurgical Laboratory)，战后演变成了Argonne国家实验室。

反应堆的设计主要分成了两个队伍。一个由费米主导的实验团队，成员有Herbert Anderson和Walter Zinn(后来Argonne国家实验室主任)，负责芝加哥1号以及后续的实验堆设计和实验。一个由维格纳主导的理论设计团队，成员有Alvin Weinberg、Gale Young和Edward Creutz等，负责设计地点在华盛顿州的Hanford的工业级反应堆，用来生产后来制造裂变弹所需的放射性钚元素。

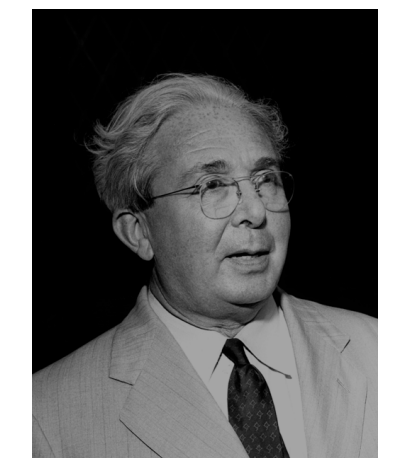
该反应堆由杜邦公司负责承建，维格纳的团队负责理论设计。维格纳在这上面倾注了巨大精力，也和杜邦公司发生过巨大冲突，并导致了他在项目执行期间辞职(Compton没批准，让他去休假)。



Arthur Compton

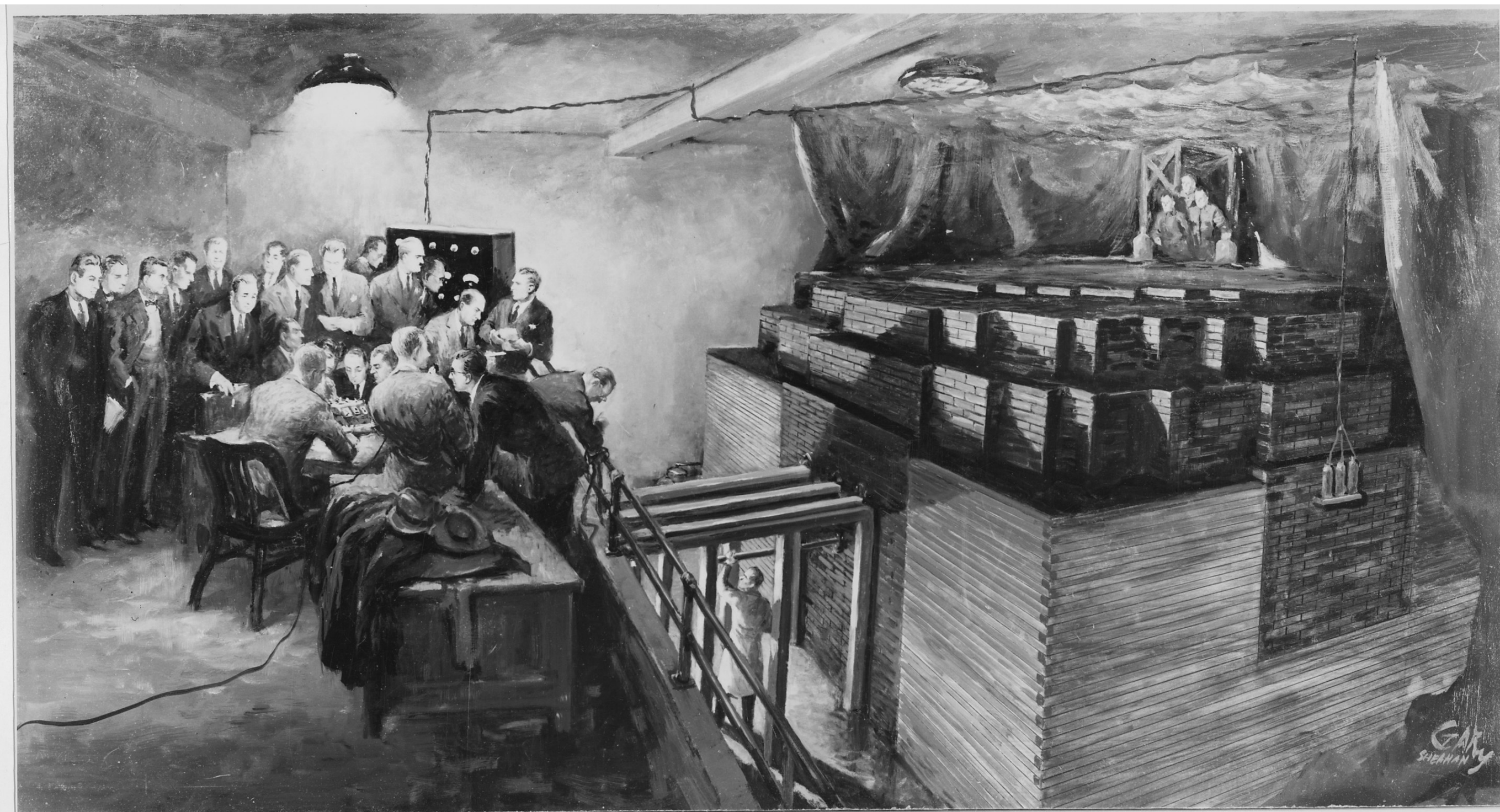


Enrico Fermi



Leo Szilard

芝加哥1号堆CP-1: December 2, 1942





Charcoal drawing created with the moderator graphite used in the first nuclear chain reaction (from left: Leó Szilárd, Arthur Compton, Enrico Fermi and Eugene Wigner).



The [Chianti fiasco](#) purchased by Wigner to help celebrate the first self-sustaining, controlled chain reaction. It was signed by the participants.

Hanford的反应堆只用了4个月完成设计。Alvin Weinberg事后称之为Mozart似的(艺术品)!

Wigner作为一个数学物理学家，仔细去检查杜邦公司的每一张工程蓝图，对自己的判断充满自信，当他发现设计缺陷的时候坚持修改。

最终Hanford的反应堆在1945年生产出足够的钚用来制造“Trinity”实验和轰炸长崎的“Fat Man”。



Perhaps the last was the most important. Wigner knew from first-hand contact with Nazi Germany, that the project had to succeed. No matter the administrative obstacles or the criticism he might encounter, Wigner committed himself absolutely and completely. He is, as John Wheeler said, a person who cares. I saw this in innumerable ways, but perhaps most strikingly when Wigner, the same person who had published the monumental paper “On Unitary Representations of the Inhomogeneous Lorentz Group”, would pore over the detailed blueprints of the Hanford reactor – and who was sufficiently confident of his judgment to insist on changes when he spotted a deficiency.

战后生涯

二战结束后，Wigner重返普林斯顿大学继续以往的科学研究，直到1971年退休。他的研究包括核反应理论、庞加莱群的不可约表示、量子力学基本问题等。他的思考在晚年越来越哲学化。他在1960年发表的“Unreasonable effectiveness of mathematics in natural sciences”在哲学界、科学界都有着广泛的影响。

由于他在战争期间反应堆工程设计中形成的领导地位，1946-47年，他短暂地担任过Clinton Laboratory(Oakridge国家实验室前身)主任。后期，他也加入了原子能委员会(Atomic Energy Committee)。他和Alvin Weinberg在1958年所著“Physical Theory of Neutron Chain Reactors”是核反应堆理论的经典文献。由于这些贡献，他多次获得美国政府的嘉奖，包括Franklin Medal(1950')、Enrico Fermi award(1958')、Atoms for Peace Award(1959')等。

他的群论书英文版也在1959年出版。1963年，获得诺贝尔物理学奖。The International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics (ICGTMP)为在群论方法在物理中应用的杰出贡献者设立了Wigner Medal，Wigner本人是第一个获奖者。

战后，Wigner也积极参与美国关于原子能开发和民防(Civil defense)政策制定。他的意识形态立场引起很多争议。如：支持越南战争等。他和Teller都是上世纪80年代里根政府提出的星球大战计划的著名鼓吹者。

1995年元旦，Wigner在新泽西去世。

Wigner和第二任妻子Mary及他们的孩子



A Wigner family portrait, taken around 1950. Mary Wheeler Wigner, Eugene P. Wigner, and our two children. (Photo courtesy of Eugene P. Wigner)

Wigner和第三任妻子Eileen



Eugene Wigner with his third wife, Eileen Clare-Patton Hamilton, called Pat, at the 32nd Lindau Nobel Laureate Meeting, 1982. Photo: Archive/Lindau Nobel Laureate Meetings

2. 科学成就

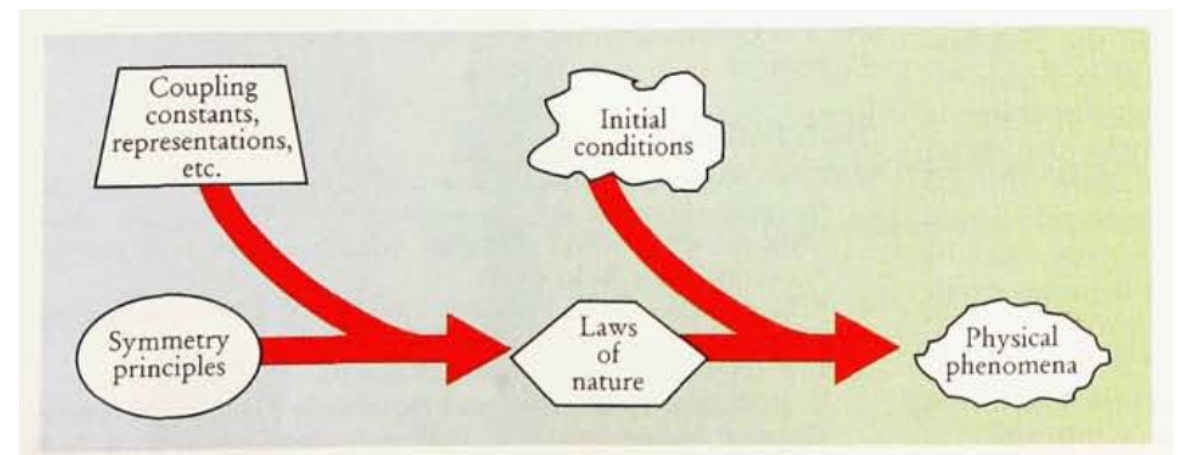
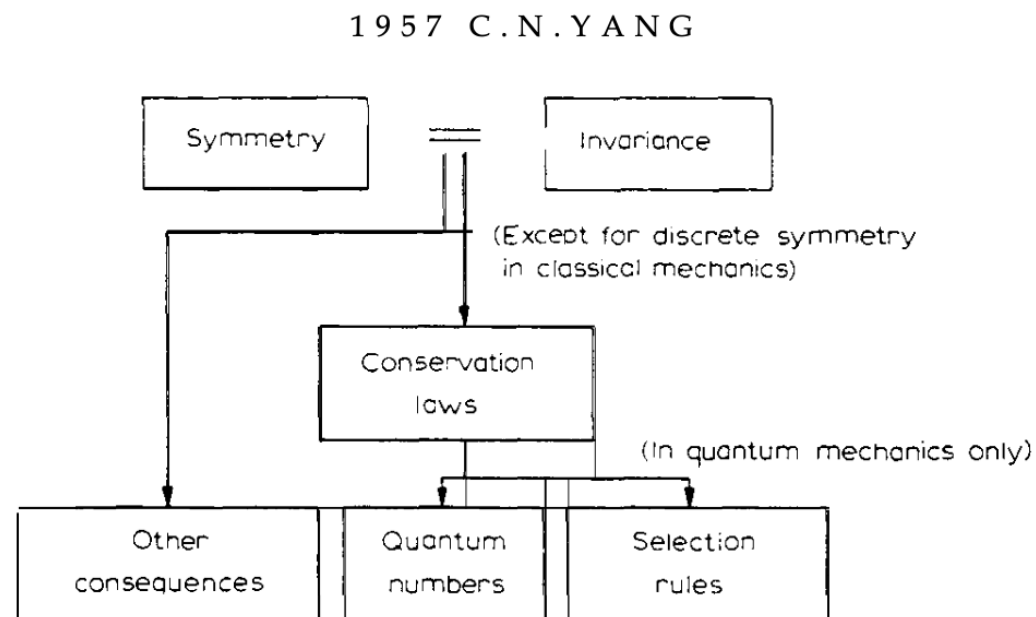
Wigner的科学研究：

- 以量子理论在化学反应理论中的应用为开端；
- 以群论方法在量子力学及光谱学中应用成名。
- 1930年代物理研究前沿领域固体物理和核物理研究的先驱，其研究通常量子力学第一性原理出发，注重方法的数学严谨性和系统性，强调对称性的应用，也善于借鉴其它学科，如化学反应理论方面的成果。
- 这些研究积淀和风格导致他能在曼哈顿计划时期，迅速成为核反应堆物理和工程方面的全才和领导者。
- 他深入观察和思考的习惯，也促进了他对量子力学基础以及数学在自然科学中地位的深刻反思。

对称性应用-» 对称性原理

物理定律中对称性的发掘和应用

对称性原理决定物理定律



1957年C.N.Yang诺贝尔奖演讲

1963年Wigner诺贝尔奖演讲

CHEN NING YANG

EUGENE P. WIGNER

The law of parity conservation and other
symmetry laws of physics

Events, laws of nature, and invariance principles

Nobel Lecture, December 11, 1957

Nobel Lecture, December 12, 1963

Wigner相关科学术语-对称性相关

- Wigner's Theorem: 量子力学中对称变换以在Hilbert空间上的么正或反么正算符呈现，前者给出对称群的(投影)表示，后者通常与时间反演相关。
- Wigner-D矩阵: $D_{m'm}^j(\alpha, \beta, \gamma) \equiv \langle jm' | \mathcal{R}(\alpha, \beta, \gamma) | jm \rangle = e^{-im'\alpha} d_{m'm}^j(\beta) e^{-im\gamma}$
- Wigner-Eckart定理: $\langle jm | T_q^{(k)} | j' m' \rangle = \langle j' m' k q | jm \rangle \langle j || T^{(k)} || j' \rangle$
- Wigner's little group: $\{ W(W_\nu^\mu k^\mu = k^\nu) \}$

$$U(W) |k, \sigma, n\rangle = \sum_{\sigma'} |k, \sigma', n\rangle D_{\sigma'\sigma}(W),$$

- Thomas-Wigner rotation: $B(\beta_1)B(\beta_2) = B(\beta_{\text{tot}})R(\theta)$
- Bargmann-Wigner方程: $\left(-\gamma^\mu \hat{P}_\mu + mc \right)_{\alpha_r \alpha'_r} \psi_{\alpha_1 \dots \alpha'_r \dots \alpha_{2j}} = 0$
-
- Wigner曾写文章称：群表示的直乘分解和在子群上的分导表示约化是理论家的日常

Wigner相关科学术语-核物理、 固体物理

- Breit-Wigner分布：描述共振反应区域的截面分

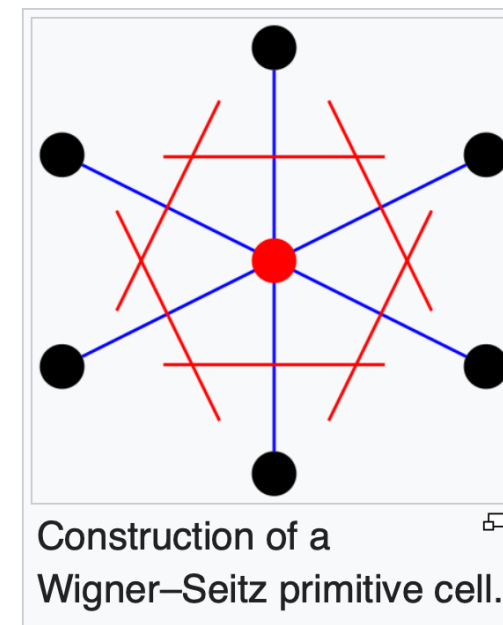
$$\sigma(E) = \frac{\pi}{k^2} \frac{\Gamma^2}{\frac{1}{4}\Gamma^2 + (E - E_0)^2},$$

- Jordan-Wigner变换：second-quantization 广泛应用于凝聚态物理模型求解中

$$\sigma_j^+ = (\sigma_j^x + i\sigma_j^y)/2 \equiv f_j^\dagger$$

$$\sigma_j^- = (\sigma_j^x - i\sigma_j^y)/2 \equiv f_j$$

$$\sigma_j^z = 2f_j^\dagger f_j - I$$



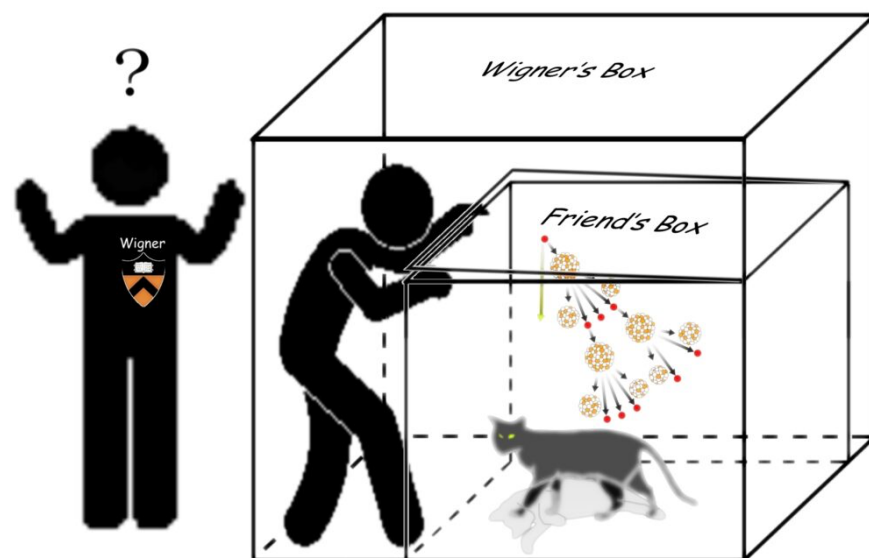
- Wigner-Seitz cell：只包含一个格点的原胞，动量空间WS原胞就是第一Brillouin区

Wigner相关科学术语-量子力学相关

- Wigner分布函数：变种广泛应用于化学/核/粒子反应理论中

$$W(x, p) = \frac{1}{\pi\hbar} \int_{-\infty}^{+\infty} dy \psi^*(x+y) \psi(x-y) e^{2ipy/\hbar}$$

- von-Neumann-Wigner量子力学诠释：意识参与波函数塌缩
- Brillouin-Wigner微扰论：对应的有Rayleigh-Schrödinger微扰论
- Wigner's friend：薛定谔猫的升级版



“*Amicus est Socrates, magister meus, sed magis est amica veritas.*
“Socrates is my friend but a greater friend is truth” – Plato c. 428-348 BCE.”

“*Amicus Plato, sed magis amica veritas.* “Plato is my friend, but a greater friend is truth” – Aristotle, *Nicomachean Ethics*, 350 BCE.”

“*Amicus Plato amicus Aristoteles magis amica veritas.* “Plato is my friend, Aristotle is my friend, but a greater friend is truth.” – Isaac Newton, *Cambridge Student Notebook*, 1661”

“*You are my friend, but what is truth?* – Eugene Wigner, 1961”

4. 维格纳的朋友们

- 老师：Laszlo Ratz、Micheal Polanyi、Einstein
- 学生：F. Seitz、J. Bardeen、C. Herring
- 主要合作者：John von Neumann、P. Jordan、G. Breit
- Enrico Fermi：竞争者和合作者！
- Paul Dirac：不止是妹夫！
- Hungarian Martians（火星星人）：
Leo Szilard、J. von Neunmann、E. Teller

维格纳的老师们

1. László Rátz: Wigner在布达佩斯路德教会中学的数学老师，也是von Neumann的数学老师，是Wigner走上科学之路的启蒙者。
2. Michael Polanyi: Wigner的博士论文导师，通才(polymath)，在物理化学、经济学、哲学方面都做出过重要贡献。他不但在科学上，而且在哲学上对Wigner有重要的影响。Wigner和他有长达30多年的通信历史，相关资料保存在芝加哥大学。他有两个学生获得了诺贝尔奖(Wigner之外，还有Melvin Calvin由于发现光合作用中的Calvin循环获得了1961年诺贝尔化学奖)。他的儿子John也因化学反应动力学方面的研究获得了1986年诺贝尔化学奖。Polanyi在科学哲学方面的著作《科学、信仰和社会》(1946年)和《个人知识》(1958年)都非常有影响力。他认为，我们相信的比我们所知道的更多，知道的比我们能说的更多。
3. Einstein: Wigner在柏林求学时期，曾经上过Einstein（在Szilard建议下）开设统计力学方面的regular seminar，也多次参加德国物理学会定期在周三下午举办的Colloquium。后来Wigner和Einstein在普林斯顿成为同事和朋友，经常在一起散步。



EINSTEIN AND WIGNER (second from left) both considered symmetry principles to be of fundamental importance. Einstein's theories of special relativity (1905) and general relativity (1915) are classic examples of symmetry principles constraining and even dictating dynamics. Wigner's great contribution in the late 1920s and 1930s was to discover the fundamental role symmetry plays in quantum theories, from explaining atomic spectra to classifying types of elementary particles. Pictured here at Einstein's 70th birthday celebration in 1949 at the Institute for Advanced Study in Princeton are (from left to right) Howard Robertson, Wigner, Herman Weyl, Kurt Gödel, I. I. Rabi, Einstein, Rudolf Ladenburg, J. Robert Oppenheimer and G. M. Clemence. FIGURE 1.

维格纳的学生们

1. Victor Weisskopf: 名义上的博士导师维Max Born，但其博士论文[*Zur Theorie der Resonanzfluoreszenz*](#) (1931)的主要内容是和Wigner合作的。最后悔的事情是未发表关于Lamb Shift的正确计算而错失Nobel物理学奖。
2. Frederick Seitz: Wigner在普林斯顿的第一个研究生，1934年获得博士学位。他们一起发展了固体理论，并一起参与了曼哈顿计划。Seitz曾是美国科学院(National Academy of Sciences)主席(1959-1962)。Wigner-Seitz原胞是固体物理的基本概念之一。
3. John Bardeen: Wigner在普林斯顿的第二个研究生，1936年获得博士学位。J. Bardeen是第一位（目前也是唯一一位）两次获得诺贝尔物理学奖的物理学家。
4. Conyers Herring: Wigner在普林斯顿的第三个研究生，应用物理学家，曾在Bell实验室工作超过30年，后来担任Stanford大学教授，并于1984年和Philippe Nozieres因"their major contributions to the fundamental theory of solids, especially of the behaviour of electrons in metals"一起获得Wolf奖。他在1937年预言了Weyl半金属，并于2015年在实验上被发现，这正是他博士论文 *On Energy Coincidences in the Theory of Brillouin Zones* 的主要工作。
5. Hugh Everett III: 量子力学多宇宙诠释的提出者。Wigner是他在普林斯顿一开始时的导师，后来换成了Wheeler。在其有名的博士论文里提到了Wigner's friend的思想实验。

维格纳的合作者们

1. von Neumann: Wigner和他早期的几篇合作文章，主要是Wigner出于对von Neumann给他介绍了Frobenius和Schur群表示论方面的工作的感激之情。当然他们后来关于绝热过程中能级交叉的工作很重要，但也主要是Wigner完成的。30年代，von Neumann、Jordan和Wigner有一篇关于量子力学的代数基础的文章，应该是von Neumann主导的。
2. P. Jordan: Wigner和他在哥廷根的重要工作就是费米子的二次量子化，是在Dirac对光子的二次量子化工作的启发下完成。Wigner提到，在这篇工作中用反对易关系代替对易关系是Jordan提出的，而么正性的证明是他完成的，但不值一提，因为"it did not require imagination"。
3. G. Breit: 是Wigner 在核反应理论方面的最重要的早期合作者。
4. Alvin Weinberg: 曼哈顿计划时期核反应堆团队重要成员，后来橡树岭国家实验室主任。他们一起合著了核反应堆理论的教科书。

Dirac: Wigner著名的妹夫

Paul Dirac是维格纳妹妹Manci的丈夫（第二任），Wigner经常戏称为“我著名的妹夫”。Wigner最早遇到Dirac是在1928年Dirac到哥廷根访问期间。

在1930-1936年间，已经在Princeton的Wigner和经常去IAS访问的Dirac一起进餐。以沉默著称的Dirac觉得同是I人的Wigner是很好的伙伴，当然也因为Wigner早在哥廷根时期就和他认识。就是在这个时候，Dirac和Wigner成为了真正意义上的朋友，Wigner也知道了Dirac为什么那么沉默的原因是幼年时的悲剧。Dirac的父亲是个法语老师，只允许孩子们在家说法语，而Dirac觉得说法语并不能足够表达自己的需求，干脆就不如不说。

1934年，Wigner的妹妹Manci离婚心情不好，被von Neumann当时的妻子邀请从布达佩斯去Princeton散心。一次Manci和Wigner一起在餐馆吃饭的时候，注意到Wigner身后有个高个青年一直注视着他们这桌，就告诉了Wigner。Wigner回头一看，发现是Dirac，就告诉Manci说这是通常和他一起进餐的同事，Manci就让Wigner邀请Dirac一起进餐。如此，Dirac就和Wigner的妹妹相识、相熟，并在1937年结婚。后来，Dirac的妹妹嫁给了Manci的一个朋友，于是Dirac家就有了两个匈牙利人。

Enrico Fermi

我个人觉得Wigner自己心目中和他在科学研究道路上很相似的科学家就是费米。他对费米充满尊敬。他两人都是1902年出生，都是理论物理学家，都在原子核物理，尤其是核反应理论和中子物理里做出过重要贡献，都在曼哈顿计划负责过核反应堆的设计和建造。在芝加哥设计第一个核反应堆时，两个人领导的团队之间有一定竞争关系。

在晚些时候，杨振宁对Wigner的某次采访中，Wigner提到他认为费米最重要的工作是弱相互作用的四费米子理论。虽然他是二次量子化的提出人之一，但当时没有人会想到原子核内怎么会跑出一个电子来。（在前几期的活动中，赵玉民老师已经在关于费米学派的报告中提到此事。）另外杨先生也提到过，当年去美国想找的导师，第一是费米，第二是Wigner。

一则轶事是，在曼哈顿计划时期。一次Wigner和费米一起去Los Alamos开会，由于两人严重的口音受到卫兵盘查。卫兵把Wigner听成了Wagner。费米说，如果他是Wagner，那就是Farmer。

布达佩斯的火星星人

“There is a rumor in America that there are two intelligent races on Earth: Humans and Hungarians” — Isaac Asimov



John von Neumann, Paul Erdős, Eugene Wigner and Edward Teller, Leó Szilárd, Theodore von Kármán, Paul Halmos, George Polya and John G. Kemeny

<https://www.privatdozent.co/p/the-martians-of-budapest-03b>

这些匈牙利火星人大多于19和20世纪交际之时出生，并在富裕的家庭中长大。父母受过高等教育并很成功，强调教育和努力工作的价值。欧洲和美国的学校教育系统使他们大多能在25岁之前就开始他们的研究生涯。对于冯·诺伊曼和埃尔多斯的情况下，在18岁之前发表研究成果。Wigner的说法，这些都得益于他们上了当时世界上最好的高中(gymanism)。而当时这些高中的设立，得益于冯·卡门父亲(时任教育部长)的推动。可以说，美国的两弹一星元勋里有不少火星星人。

Leo Szilard

Szilard比Wigner同来自于布达佩斯，但大几岁，是Hungarian Quartet的老大哥。据Wigner的描述，他总是很匆忙，人生的第一抱负是成为一名成功的政治家，而不是成为一名科学家。事实上，在Bella Kun在匈牙利苏维埃共和国时期(1919)，Szilard兄弟组织了一个社会主义政党（匈牙利社会主义学生联合会），但随后并未取得承认。

Szilard与Wigner相识于柏林，也经常出现在爱因斯坦的seminar和组织的colloquia。他的博士导师之一就是爱因斯坦，论文题目与统计力学中麦克斯韦妖有关。他还和爱因斯坦有一个制冷机的专利。他一生执着于专利申请，强调学术发现的优先权。他和费米共同持有核反应堆的专利。后来他以15416美元(前期花费报销)+1美元(专利费)将专利卖给了美国政府。也是他鼓励Wigner写出自己的群论教科书，以夺回Wigner将群论应用到量子力学中的优先权（作为Weyl在其群论教科书中对Wigner和von Neumann工作的无视的回击）。

也是他引起Wigner对原子能研究的兴趣，从核反应堆到核武器开发。在1960年Wigner由于在原子核链式反应和原子核反应堆的先驱性工作获得原子和平奖（Atoms for peace prize）。西拉德是前一年的该奖获得者，也是Wigner的获奖提名人。Wigner认为原子能的和平利用不止局限在能源方面，核武器的开发也具有保护和平的重要作用。这个就和Szilard的主张大相径庭。

John von Neumann

上个世纪最伟大的数学家之一，博弈论的提出者、第一台电子计算机的发明人。在逻辑学、泛函分析、量子力学的公理化等方面做出过很多重要贡献。曼哈顿计划中，他也做为军方的顾问，是原子弹内爆方案的提出者之一。战后，他也曾经是原子能委员会成员。他在科学家的圈子里以敏锐和幽默著称。市面上有很多和他的最强大脑相关的故事。

von Neumann非常乐意帮助周围的科学家们，提供一些数学方面的咨询和帮助。Wigner说从Jansci那里学到的数学比从任何人学到的都多。除了早期为Wigner提供群表示理论的数学文献外，Wigner最为著名一篇数学文章“On the unitary representation of the inhomogeneous Lorentz group”也是于1939年在von Neumann作为编辑的“Annals of Mathematics”上发表。

Wigner和von Neumann是一生的“伴侣”：从布达佩斯到柏林，再到普林斯顿。Wigner说：“我一生中认识过很多聪明人。我认识普朗克、冯·劳厄和海森堡。Paul Dirac是我的妹夫；Leo Szilard和Edward Teller是我最亲密的朋友之一；Albert Einstein也是好朋友。但他们中没有人像Jansci von Neumann那样头脑敏捷和敏锐。我经常在那些人面前提起这一点，从来没有人对我提出异议。”

von Neumann于1957年去世，享年不足55。他去世时非常痛苦，和同样早逝的Fermi形成强烈对比。

早期人型AI

Only an extraordinary mind could have made the unusual contributions to science which von Neumann made. The accuracy of his logic was, perhaps, the most decisive character of his mind. One had the impression of a perfect instrument whose gears were machined to mesh accurately to a thousandth of an inch. "If one listens to von Neumann, one understands how the human mind should work," was the verdict of one of our perceptive colleagues. Brilliance was the second, perhaps even more striking characteristic von Neumann's mind. This property was clearly evident in the youth of fifteen. The third characteristic of his mind was its retentiveness. It was his exceptional memory which enabled him to pursue a host of hobbies, in addition to his scientific endeavors. He was an amateur historian as intimately familiar with long stretches of history as any professional. He spoke five languages well, was able to read Latin and Greek. He had read and remembered innumerable books, both fiction and popular summaries of other sciences. Of all the subjects this writer ever discussed with him, only the descriptive natural sciences did not arouse his interest. He was ever ready to help and he was genuinely interested in every problem that presented a challenge. I have learned more mathematics from him than from anyone else, and much more about the essence of creative thinking in mathematics than a lifetime's study without him could have taught me. "If he analyzed a problem, it was not necessary to discuss it any further. It was clear what had to be done," said the present chairman of the U. S. Atomic Energy Commission.

Edward Teller

众所周知，泰勒被视为美国氢弹之父，而且是杨振宁先生的博士导师。

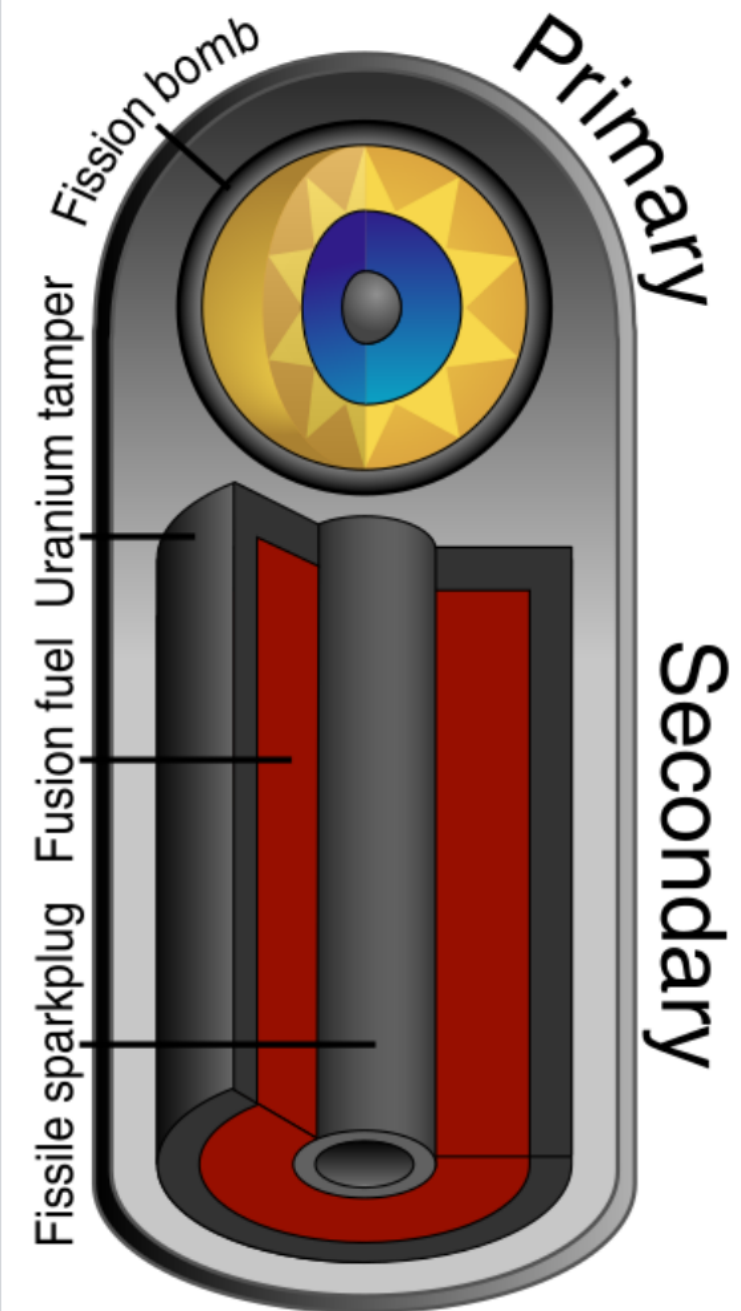
泰勒从小也是神童，早年也是在德国接受高等教育，是Heisenberg最早的学生之一。1930年代从事核物理的研究，提出beta衰变中除Fermi型的另外一种类型Gamow-Teller型。曼哈顿计划期间，Teller原本参加了设计原子弹的理论组，但负责人Hans Bethe对Teller不满，之后Teller被奥本海默安排专门研究氢弹原理。Teller在著名的奥本海默听证会上作证，导致奥本海默被踢出AEC。他的这一举动，引起物理学界同行的不满，但Wigner为他有很多辩护。泰勒是1962年的Enrico Fermi奖得主。奥本海默是63年得主，而泰勒是提名人(杨振宁先生在多次访谈都提及过此事)。

在冷战时期，泰勒受到政府和军方的青睐。他在美国的反应堆安全、核武器开发等政策方面有很大的影响力。他是劳伦斯利弗莫尔国家实验室的联合创始人和主任。该实验室主要任务之一就是核武器开发。

泰勒2003年去世，和Wigner一样长寿。



Edward Teller, in a recent photograph, one of the very few which reflect his wonderful sense of humor. Too few people appreciate Teller. (Photo courtesy of Edward Teller)



The Teller–Ulam design kept the fission and fusion fuel physically separated from one another, and used X-rays from the primary device "reflected" off the surrounding casing to compress the secondary.



Discussing physics with my good friend, Edward Teller. Old Hungarian friends never completely lose touch. (Photo courtesy of Eugene P. Wigner)



Teller became a major lobbying force of the [Strategic Defense Initiative](#) to President [Ronald Reagan](#) in the 1980s.

4. 总结

EUGENE PAUL WIGNER



[A bigger picture](#)

一个多学了一点数学和化学的物理学家；

一个多学了一点物理和数学的化学家；

一个多学了一点物理和化学的数学家；

一个多学了一点工程的科学家；

一个多学了一点科学的工程师；

一个多学了一点理工科的哲学家、业余政治家；

别人获得了诺贝尔物理学奖的研究成果被写进教科书；

他将自己的成果写成了教科书，并因此获得了诺贝尔物理学奖！

一个极度礼貌，却积极投入核武器开发、不避讳核战争的人！

He was a very strange man and one of the giants of twentieth-century physics.

— A. Pais

后注：朗道天才尺度中Wigner被评为1级

- 朗道天才尺度：
大约在1930年至1960年，物理学家 Lev Landau (1908-1968) 提出了一个他个人物理学家排名系统，使用对数0到5分制来对伟大的物理学家进行排名(Lifshitz, 1974&Pitaevskii, 2010’).
- 1974年，Landau的亲密伙伴俄罗斯 Lifshitz在意大利的里雅斯特阿卜杜斯·萨拉姆国际理论物理中心（ICTP）的一次演讲中提到了Landau的天才尺度；印度物理学家阿索克·米特拉 (2006) 对此的描述如下：

“1974年在意大利的里雅斯特的Abdus Salam国际理论物理中心（ICTP）的演讲中，Landau对杰出天才物理学家的分类由他的亲密伙伴Lifshitz叙述。根据Landau的分类，艾萨克·牛顿获得了最高等级，0，其次是阿尔伯特·爱因斯坦，等级为0.5，然后是尼尔斯·玻尔、维纳·海森堡、埃尔文·薛定谔、保罗·狄拉克、玻色、尤金·维格纳和其他几个人为1，等等。Landau给了自己2.5的适度等级。”