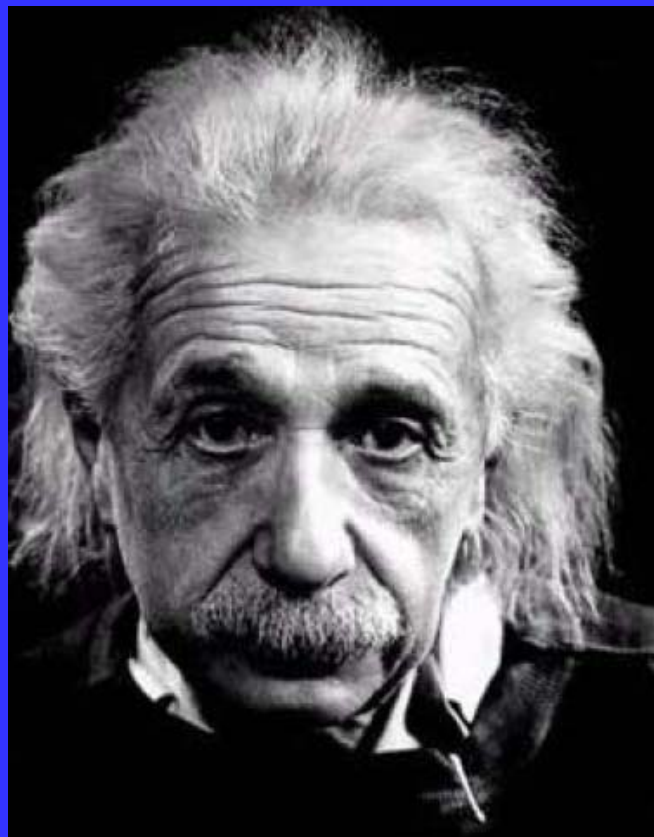


愛因斯坦對科學的貢獻和對研究生的啟發



國立清華大學物理研究所

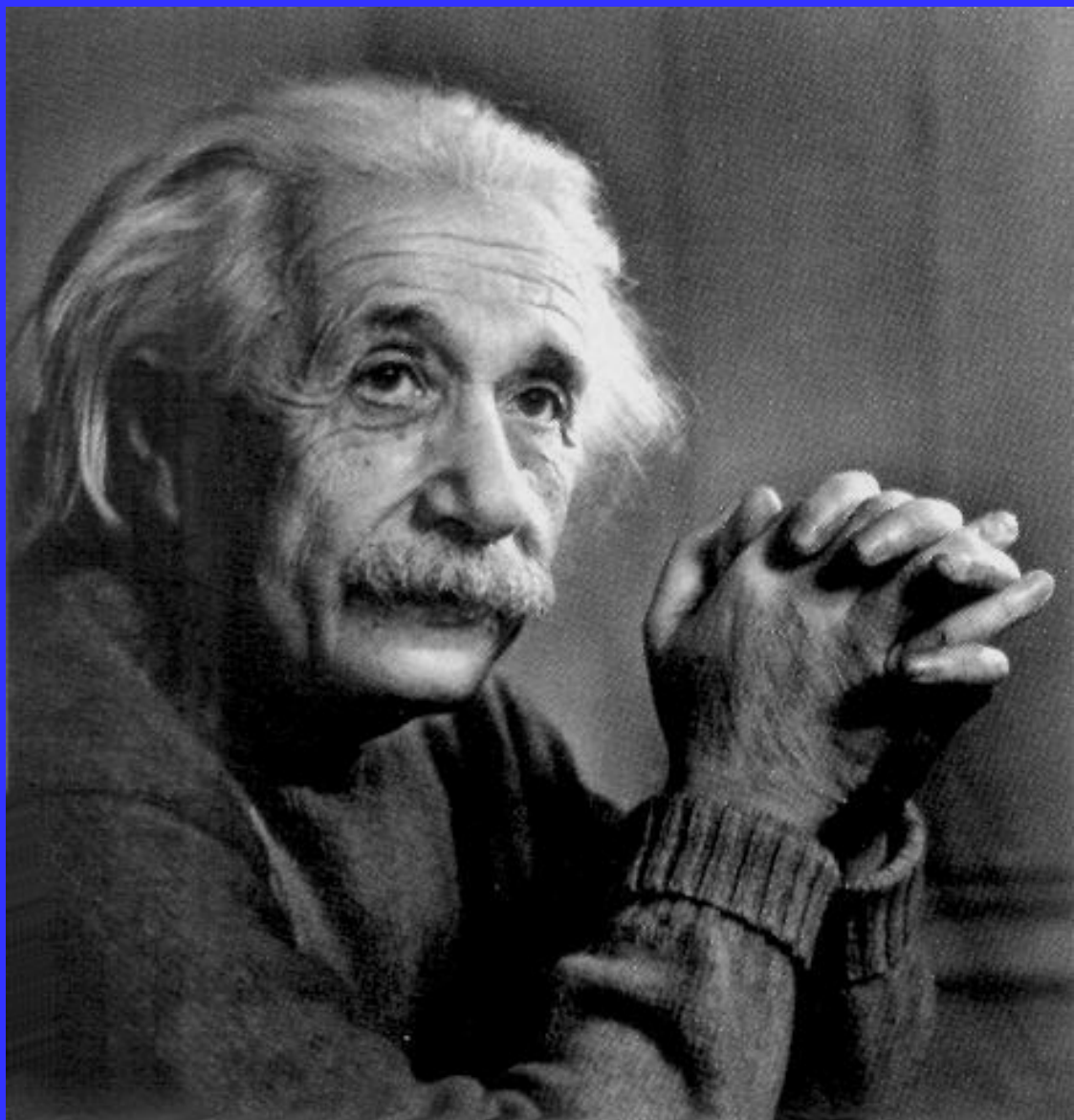
10月18日2007年

主要參考文獻

"Subtle is the Lord..."

The Science and the Life of Albert Einstein

by A. Pais



受教育的目的是爲了培養
獨立的行動能力和
獨立的思考能力，
其目標是爲了服務社會。

用一句話來概括愛因斯坦的一生，
我會說："他是我所知道的最自由的人。"

如果用一句話來寫他的科學傳記，我會寫：

"同他以前和以後的任何人相比，他更好地發明了
不變性原理，更好地運用了統計漲落。"

愛因斯坦在解釋他的個人信仰時就曾這樣寫道："一個宗教信仰者的虔誠,在於他從不懷疑那些既不需要也不可能
有理性基礎的超越個人的目的和目標的意義."他不是禱告者,也不做禮拜,卻生活在一個深刻的信念---一個不可能有理性基礎的信念之中:

一定存在的等待發現的自然定律.
他畢生追求的,就是去發現這些規律.

關於他的實在論和樂觀主義,他自己說得很明白:

"Raffiniert ist der Herrgott aber boshaft ist er nicht"

(Subtle is lord, but malicious He is not.)

上帝難以捉摸,但他並不邪惡.

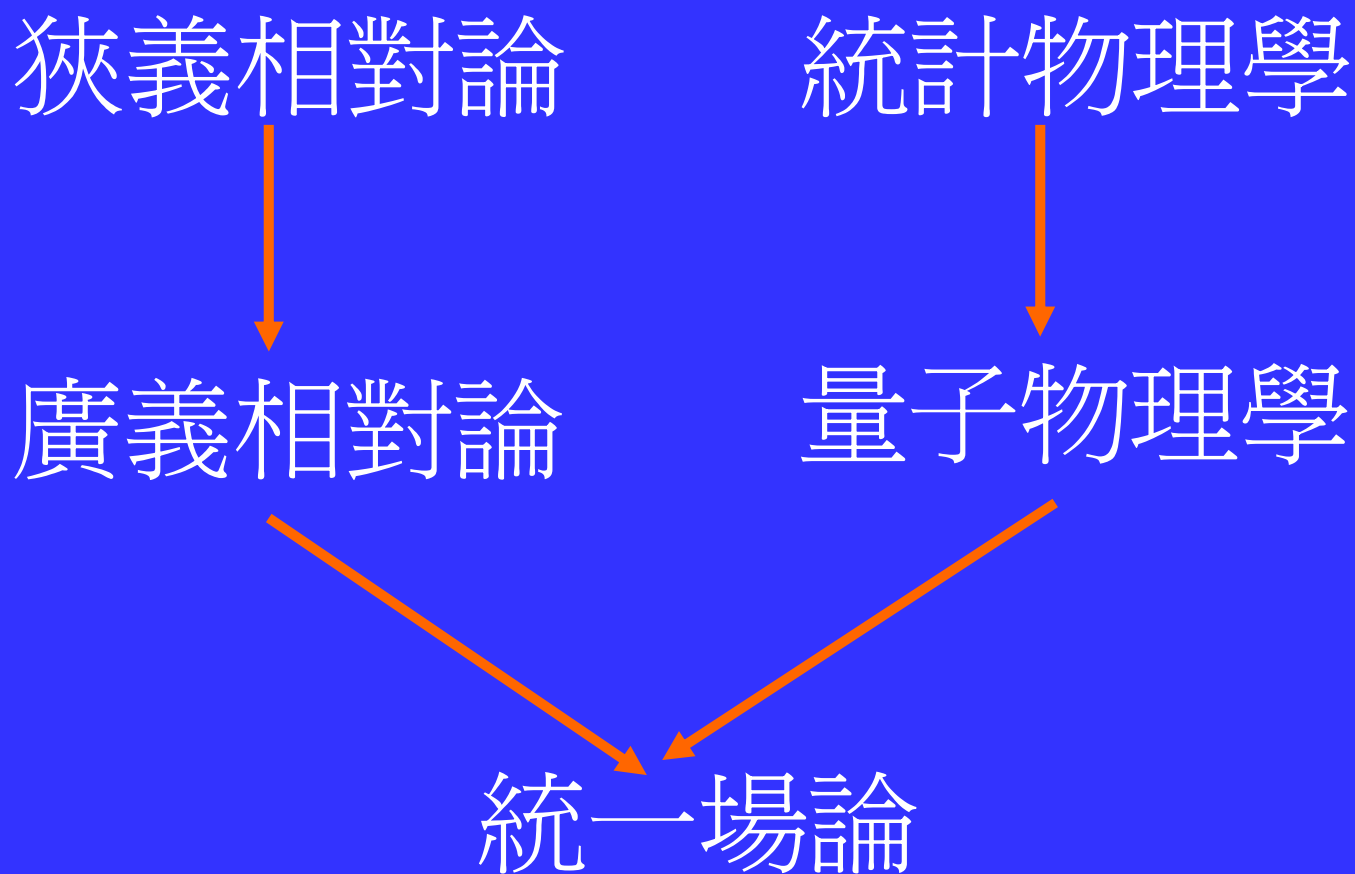
當一個同事問他這句話是什麼意思時,他回答說:

"Die Natur verbirgt ihr Geheimnis durch die Erhabenheit ihres Wesens, aber nicht durch List."

(Nature hides her secret because of her essential loftiness, but not by means of ruse.)

大自然隱藏她的秘密,是因為她本性高傲,
而不是憑什麼狡黠的手段.

如果用圖說明,可以這樣畫：



1879年：3月14日,上午11:30,愛因斯坦
在烏爾姆市火車站大街135號誕生.

愛因斯坦在
這棟房子誕生



現存最早的
愛因斯坦照片
(1882年三歲)





1884年5歲的愛因斯坦和3歲妹妹瑪亞(Maja)

瑪雅(Maja)不僅是愛因斯坦的妹妹,也是他童年以來最信任的人.
二戰爆發前夕,她投奔已在Princeton定居的兄長.
後因身患中風,臥床不起,二戰結束後留在美國.
"在過去的那些年裡,我每天晚上都要給她朗讀
那些最精緻的文學作品",愛因斯坦在她妹妹去世後
對一個朋友說:"別人無法想像我是多麼捨不得她."



14歲的愛因斯坦和妹妹瑪亞

1889年：第一次見到塔爾梅德(後改名塔耳梅)，
(9歲) 他那時是21歲的醫科大學生。他引導愛因斯坦讀伯恩斯坦的〈物理科學普及讀物〉 (Popular Book on Physical Science)，準希納 (Friedrich Buchner) 的〈力與物質〉 (Force and Matter)，康德的〈純粹理性批判〉 (Kritik der reinen Vernunft)，以及其他一些著作。1894年以前，塔耳木德一直是愛因斯坦家的常客。在這期間，他和愛因斯坦討論過科學和哲學問題。

1894年或1895年：愛因斯坦寄給他在比利時的
(14歲) 舅舅科赫一篇題爲〈對磁場中以太狀態的考察〉的論文.



1929年的愛因思坦在拉小提琴

1895年：春,愛因斯坦沒畢業就離開盧伊波耳德
(15歲)

中學,來到帕維亞的家.

秋,愛因斯坦沒考上ETH,盡管他的數學
和物理學考的很好.

10月28日-1896年早秋,

愛因斯坦進入阿勞州立中學補習,

住在老師溫特勒"爸爸"(房東)家中.

在這段時間裡,他用法文寫了

<我未來的計畫>.



在阿勞中學時代跟同學合照(1896年16歲)

1896年:1月28日,愛因斯坦花了3馬克,拿到證明他
(16歲) 不再是德國(更精確的說是符騰堡公國)
公民的文件.接下來的5年裡,他沒有國籍.

秋,愛因斯坦獲阿勞的中學畢業文憑從
而有資格進入ETH.10月29日,來到蘇黎世.
同學有:格羅斯曼和米列娃•瑪利奇(或瑪利蒂).

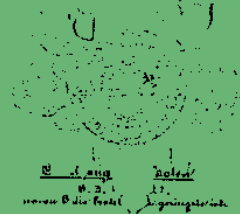
爲能當中學教師,他開始爲文憑讀書.
(他最後的成績是:歷史、代數、幾何、畫法幾何、物理學,6分;
德語、義大利語、化學、自然史,5分;
地理學,繪畫(藝術)、繪畫(技術),4分.滿分6分.



Herrn Albert Einstein sonn Allm.
geboren den 14. März 1879,
bevollmächtigte die aargauische Kantonschule & zwar die III. & IV. Klasse
der Gewerbeschule.
Nach abgelegter schriftl. & mündl. Holmütätsprüfung am 18., 19. & 21.
September d. a. a. am 30. September 1896, erhielt derselbe folgende Noten:

1. Deutsche Sprache und Literatur	5
2. Französische	5
3. Englische	5
4. Mathematik	5
5. Geschichte	6
6. Geographie	4
7. Algebra	6
8. Geometrie	6
9. Darstellende Geometrie	6
10. Physik	6
11. Chemie	5
12. Naturgeschichte	5
13. Im Naturzeichnen	4
14. Im technischen Zeichnen	4

Geprüft hierauf und demselben das Zeugnis der Reife erteilt:
Aarau, den 3. Oktober 1896.



Im Namen des Erziehungsrates,
Der Präsident:

[Signature]
Der Sekretär:
[Signature]

愛因斯坦在阿勞中學的學位證書

1900年:7月27日考試委員會要求,應試者(其中有
(20歲) 格羅斯曼和愛因斯坦)參加文憑考試,7月
28日獲得畢業文憑.愛因斯坦的成績是:
理論物理學、實驗物理學和天文學,5分;
函數論,5.5分;畢業論文,4.5分(滿分為6分).

秋,愛因斯坦為獲得ETH助教職位的努力
都失敗了.12月13日,愛因斯坦從蘇黎世向
<物理學紀事> 投出他的第一篇論文.



1941年的愛因思坦在拉小提琴

1901年:2月21日,愛因斯坦成爲瑞士公民.

(21歲) 3月13日,他因雙腳平板和靜脈曲張而被宣佈不適於服瑞士兵役.3月至4月,爲找工作,愛因斯坦分別向萊比錫的奧斯特瓦爾德和萊頓的昂內斯提出申請,都沒成功.

(失業了10個月)

5月17日,愛因斯坦決定離開蘇黎世.

5月19日至7月15日,愛因斯坦在溫特圖爾中等技術學校臨時代數學課,一直在那裡住到10月14日.

10月20日至1902年1月,
臨時在夏夫豪森一所私校當教師(之後又失業).
12月18日,愛因斯坦向伯爾尼專利局申請職位.

1902年：2月21日,愛因斯坦來到伯爾尼.最初,他的
(22歲) 生活來源是家裡寄的一點錢和當數學、
物理學家庭教師的報酬.

A. Einstein, 願私自為大學生或中學生
徹底講授數學和物理學.
本人持有蘇黎世聯邦工學院的教師證書.
住正義街32號一樓. 免費試聽.

1902年(21歲)

6月16日,瑞士聯邦議會任命愛因斯坦為伯爾尼專利局臨時三級技術專家,年薪3500瑞士法郎.愛因斯坦從6月23日開始工作.

10月10日,愛因斯坦的父親在米蘭去世.

1906年漲到4500瑞士法郎

每小時平均工資為1.95法郎

當時瑞士男人每小時平均工資為0.54法郎

紡織女工每小時平均工資為0.29法郎

一公斤糖只需0.56瑞士法郎



專利局上班時候的愛因斯坦(約1905)

1903年:1月6日,愛因斯坦與米列娃・瑪利奇結婚.
(23歲)

哈比希特、索洛文和愛因斯坦建立"奧林匹亞科學院".

12月5日,向伯爾尼自然研究者協會提交"電磁波理論"的論文.



1903年和 *Mileva* 結婚照片

(結婚時,雙方父母都沒有參加)

愛因斯坦很會寫情書

1900年8月14日給Mileva的信寫道:

沒有妳,我缺乏自信,
缺乏工作的熱情,
缺乏生活的享受----總之,
沒有妳,我的生命就不是生命!

1901年12月28日給Mileva的信寫道:

到妳成為我親愛的妻子的時候,
我們要充滿熱情地一道從事科學工作,
而且到老也不變為庸人,對嗎?!

我覺得我妹妹心胸就很狹窄.
我決不允許妳變成這種人.
那對我是不堪忍受的.
妳必須永遠保持為我的女妖和我的滿街游盪的小子.

1905年是愛因斯坦奇蹟年

愛因斯坦是相對論之父,
也是量子理論的開創者之一.他顛覆了
古典物理學的時間,空間,物質和能量的概念.
他的工作涵蓋了自然界的基本問題.
他的科學生涯就是對物理世界普遍而永恆規律
的不懈追求.愛因斯坦的科學天才表現在他對自然界的
敏銳直覺和深刻洞察之上.

愛因斯坦奇蹟年

1905年:3月17日,愛因斯坦完成光量子假說的論文.

(25歲)

4月30日,愛因斯坦完成博士論文:<論分子大小的新測定法>.他將這篇在伯爾尼印刷的論文提交蘇黎世大學,7月被接受.論文獻給"meinem Freunde Herrn Dr M. Grossmann"(我的朋友M.格羅斯曼博士先生).

5月11日,關於布朗運動的論文被收到.

7月30日,第一篇關於狹義相對論的論文被收到.

9月27日,第二篇關於狹義相對論的論文被收到.

文中提出關係式 $E = mc^2$

3月17日,愛因斯坦完成光量子假說的論文.

3 On a Heuristic Point of View about the Creation and Conversion of Light†

A. EINSTEIN

該效應的一個特徵是,單位時間內激發電子的數量
與光的強度有關,射出電子的速度則與照射光的頻率
有關.古典電磁理論(波動光學)認為,隨著光強度的增加,
射出電子的速度也應該增加,而這與實驗不符.

4月30日,愛因斯坦完成博士論文: < 論分子大小的新測定法 >.

INVESTIGATIONS ON THE THEORY OF, THE BROWNIAN MOVEMENT

BY

ALBERT EINSTEIN, PH.D.

1900年前後,物理學家們還在爭論原子是否真實存在?
懸浮于液體中用顯微鏡才能看見的微小粒子的無序運動,
即"布朗運動"未能真正得到解釋.愛因斯坦指出,這一運動
可以用統計方法描述,借助分子的熱運動理論,人們可以推測
出分子的大小.這樣就為原子假說的成立提出一個具有決定
意義的論據.

III

A NEW DETERMINATION OF MOLECULAR DIMENSIONS

(From the *Annalen der Physik* (4), **19**, 1906,
pp. 289-306. Corrections, *ibid.*, **34**, 1911, pp.
591-592.) (23)

THE kinetic theory of gases made possible the earliest determinations of the actual dimensions of the molecules, whilst physical phenomena observable in liquids have not, up to the present, served for the calculation of molecular dimensions. The explanation of this doubtless lies in the difficulties, hitherto unsurpassable, which discourage the development of a molecular kinetic theory of liquids that will extend to details. It will be shown now in this paper that the size of the molecules of the solute in an undissociated dilute solution can be found from the viscosity of the solution and of the pure solvent, and from the rate of diffusion of the solute into the solvent, if the volume of a molecule of the solute is large

5月11日,關於布朗運動的論文被收到.

**INVESTIGATIONS ON THE THEORY
OF THE BROWNIAN MOVEMENT**

I

ON THE MOVEMENT OF SMALL PARTICLES
SUSPENDED IN A STATIONARY LIQUID
DEMANDED BY THE MOLECULAR-
KINETIC THEORY OF HEAT

IN this paper it will be shown that according to the molecular-kinetic theory of heat, bodies of microscopically-visible size suspended in a liquid will perform movements of such magnitude that they can be easily observed in a microscope, on account of the molecular motions of heat.

7月30日,第一篇關於狹義相對論的論文被收到.

ON THE ELECTRODYNAMICS OF MOVING BODIES

By A. EINSTEIN

June 30, 1905

It is known that Maxwell's electrodynamics—as usually understood at the present time—when applied to moving bodies, leads to asymmetries which do not appear to be inherent in the phenomena. Take, for example, the reciprocal electrodynamic action of a magnet and a conductor. The observable phenomenon here depends only on the relative motion of the conductor and the magnet, whereas the customary view draws a sharp distinction between the two cases in which either the one or the other of these bodies is in motion. For if the magnet is in motion and the conductor at rest, there arises in the neighbourhood of the magnet an electric field with a certain definite energy, producing a current at the places where parts of the conductor are situated. But if the magnet is stationary and the conductor in motion, no electric field arises in the neighbourhood of the magnet. In the conductor, however, we find an electromotive force, to which in itself there is no corresponding energy, but which gives rise—assuming equality of relative motion in the two cases discussed—to electric currents of the same path and intensity as those produced by the electric forces in the former case.

愛因斯坦主張相對性原則應該同樣適用於電動力學和光學。此外,他還主張光速恆定不變,這樣就可以推出空間和時間依賴于參考系的運動狀態。

3. Zur Elektrodynamik bewegter Körper; von A. Einstein.

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen; ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.

9月27日,第二篇關於狹義相對論的論文被收到.
文中提出關係式 $E = mc^2$

13. *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem
Energieinhalt abhängig?*
von A. Einstein.

Die Resultate einer jüngst in diesen Annalen von mir publizierten elektrodynamischen Untersuchung¹⁾ führen zu einer sehr interessanten Folgerung, die hier abgeleitet werden soll.

Ich legte dort die Maxwell-Hertzschen Gleichungen für den leeren Raum nebst dem Maxwell'schen Ausdruck für die elektromagnetische Energie des Raumes zugrunde und außerdem das Prinzip:

DOES THE INERTIA OF A BODY DEPEND
UPON ITS ENERGY-CONTENT?

By A. EINSTEIN

September 27, 1905

The results of the previous investigation lead to a very interesting conclusion, which is here to be deduced.

I based that investigation on the Maxwell-Hertz equations for empty space, together with the Maxwellian expression for the electromagnetic energy of space, and in addition the principle that:—

The laws by which the states of physical systems alter are independent of the alternative, to which of two systems of coordinates, in uniform motion of parallel translation relatively to each other, these alterations of state are referred (principle of relativity).

With these principles* as my basis I deduced (inter alia) the following result (§ 8):—

1906年:11月,愛因斯坦完成關於固體比熱的論文,
(26歲) 這也是第一篇固體量子理論的論文.

很多人認為,導致愛因斯坦在學術界掘起的原因是1905年那幾篇革命性的論文.事實上,愛因斯坦之所以在學術界掘起,主要是這篇文章,這篇文章將能量量子的假說用到固體的熱運動領域,成功解釋了固體低溫的熱運動.

(27歲)

1907年："我一生中最快樂的思想"

愛因斯坦發現勻加速學系統的等效原理.

他把這個原理 推廣到電磁現象,得出紅移的正確解釋,
並且指出這個推廣還導致另一個結果:

光線通過大質量物體時將發生彎曲,
但這個效應太小了,不可能檢測到.

6月17日,愛因斯坦申請伯爾尼大學無薪講師職位,
被拒絕了,因為沒題交必須的資格論文.

經過一段時間的思考,愛因斯坦決定返回學術界.
爲了能在大學教書,必須要有授課資格證書,
既無薪講師資格.
而要獲得資格證書,首先提交資格論文.

1908年：2月28日,第二次申請通過,愛因斯坦獲伯爾尼大學無薪講師職位.他那篇未發表的資格論文題爲〈根據黑體能量分布定律導出的輻射構成的一些結果〉.年初,勞博成爲愛因斯坦的第一個科學夥伴,他們合作發表了兩篇論文.

12月21日,瑪雅以優異的成績(magna cum laude)從伯爾尼大學畢業,獲羅曼斯語(Romance languages)博士學位.

1909年：3月和10月，愛因斯坦完成兩篇論文，每一篇
(29歲) 都有關於黑體輻射理論的猜想。照現代的說法，

這兩個猜想就是互補原理和對應原理
(波粒二象性必須納入物理學理論的基礎)。

10月的論文是為薩爾斯堡的一個會議寫的，那是愛因斯坦參加的第一個物理學會議。

7月6日，愛因斯坦向專利局提出辭呈
(10月15日獲准)；還辭去了無薪講師的職位。

7月8日，在日內瓦大學獲第一個榮譽博士學位。

10月15日，愛因斯坦為蘇黎世大學副教授，起始
年薪為4500瑞士法郎。

1909 年愛因斯坦用下面的話總結了他對輻射理論狀況的看法：
我早就試圖說明，我們必須放棄現有的輻射理論
的基礎.....在我看來，理論物理學的下一個發展
會給我們帶來一個光的理論，它可以認為是波動理論
和微粒理論的融合，這種波動結構和量子結構.....
不會被認為是互不相容的.....從 *Jins* 定律似乎可以看到
我們必須修正現在的理論，但不完全拋棄它.

1910年:10月,愛因斯坦完成他在經典統計物理學
(30歲) 的最後一項主要工作:一篇論臨界乳光的
論文.

1911年：弗朗斯・約瑟夫皇帝簽署命令,從4月1日起
(31歲),任命愛因斯坦為布拉格的卡爾-菲迪南大學
正教授 (共呆了16個月).

3月,愛因斯坦移居布拉格.

7月,愛因斯坦認識到,光線彎曲可以在發生日
全蝕時從實驗上檢測到.他預言光線經過太陽
時的偏折為 $0''.83$ (這是正確答案的一半).

10月30日-11月3日.第一次索爾未會議招開,愛因
斯坦作最後發言:< 比熱問題的現狀 >.

1912年：2月初,愛因斯坦被任命爲ETH教授.
(32歲) 8月,愛因斯坦回蘇黎士.

作爲布拉格大學教授的愛因斯坦
1912年





1912年*Berlin*

1912-1913年：愛因斯坦與格羅斯曼(當時為ETH數學教授)合作研究廣義相對論的基礎.引力第一次由度規張量來描述.他們相信,他們已表明了引力場方程不可能是廣義協變的.

1913年 Planck and Nerst 來到蘇黎世,目的是試探
愛因斯坦是否有興趣去 Berlin. 很久之後愛因斯坦
回憶起那時的交談, Planck 問他在研究什麼問題,
愛因斯坦跟他描述了那時的廣義相對論, Planck 跟他說:

"作為老朋友,我勸你別搞了.
首先,你不會成功;
而且,即使成功了,也沒人相信你."

1914年: 4月6日, 愛因斯坦攜妻小移居柏林. 不久,
(34歲) 愛因斯坦夫婦分居, 米列娃與兒子回蘇黎世, 愛因斯坦搬到維特爾斯巴赫街13號的單身公寓.

4月26日, 愛因斯坦的第一篇報刊文章在柏林 < 福斯報 > 上發表. 文章討論了相對論.

7月2日, 愛因斯坦在普魯士科學院發表就職演說.

8月1日, 第一次世界大戰爆發.



Meleva, Edward, and Hans (1914年)

從1914年4月~1932年12月
愛因斯坦在Berlin住滿18年之久,
Berlin時期是愛因斯坦一生中最
多產和最富創造性的時期之一.
這段時間,他完成了廣義相對論,
得到了光線的彎曲值和水星近日點的位移,
開創了宇宙學和引力波的研究,
引進了幅射躍遷的A,B係數,
發現了Planck幅射公式的新推導,
而且第一次陷入了量子物理學的因果律的困擾.

1916年,他寫了10篇文章,包括
廣義相對論的第一次總結,
自發和感生輻射理論,
第一篇引力波論文,
關於能量-動量守恆和 Schwarzschild 解的系列文章,
測量愛因斯坦-DeHass 效應的建議,
還寫了第一本相對論的半普及性讀物,
因勞累過度,又缺乏適當的照顧,
他終於在1917年病倒了,這場病持續了好幾年!

廣義相對論在1915年10-11月取得巨大的進展

11月18日愛因斯坦提出兩個偉大發現,每個都改變他的生活

第一個發現,他定量的解釋了水星軌道的百年進動
....而不需要任何假設

這一發現可能是愛因斯坦科學生涯中,
或者也許是他一生中最激動人心的.

後來他跟 Fokker 說,他的發現使他的心
都快要跳出來了.

Pais 提到:愛因斯坦當時興奮到幾乎三天沒辦法工作!

第二個發現,光線通過太陽的彎曲,
數值是他以前發現的兩倍

1933年愛因斯坦在*Glasgow*大學發表了廣義相對論
起源的演講,結束時,他說:

在黑暗中探尋我們感覺到卻說不出的真理的歲月裡,
渴望越來越強,信心時來時去,心情焦慮不安,最後終於
穿過迷霧看到光明,這一切,只有親身經歷過的人才會明白.

1915年:6月底到7月初,在哥廷根作了6次關於廣義
(35歲) 相對論的演講,"讓我高興的是,我完全成功地令希爾伯特和[F.]克萊因信服了."

11月4日,愛因斯坦回到廣義相對論的廣義協變性問題上,然而,他的協變性只限於幺模的限制.

11月18日,愛因斯坦得到第一個後牛頓結果(post - Newtonian results): 水星近日點運動值為每世紀43".他還發現光線彎曲是他1911年所想像的兩倍.

11月20日,希爾伯特向哥廷根科學協會提交一篇文章,其中包括了引力場方程的最終形式(同時伴隨著一個多餘的關於能量-動量張量結構的假定).

11月25日,廣義相對論的邏輯結構完成.
愛因斯坦發現他能夠而且應該取消
他11月4日和11月11日引入的限制條件.

ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 49.

1. *Die Grundlage
der allgemeinen Relativitätstheorie;
von A. Einstein.*

Die im nachfolgenden dargelegte Theorie bildet die denkbar weitgehendste Verallgemeinerung der heute allgemein als „Relativitätstheorie“ bezeichneten Theorie; die letztere nenne ich im folgenden zur Unterscheidung von der ersteren „spezielle Relativitätstheorie“ und setze sie als bekannt voraus. Die Verallgemeinerung der Relativitätstheorie wurde sehr erleichtert durch die Gestalt, welche der speziellen Relativitätstheorie durch Minkowski gegeben wurde, welcher Mathematiker zuerst die formale Gleichwertigkeit der räumlichen Koordinaten und der Zeitkoordinate klar erkannte und für den Aufbau der Theorie nutzbar machte. Die für die allgemeine Relativitätstheorie nötigen mathematischen Hilfsmittel lagen fertig bereit in dem „absoluten Differentialkalkül“, welcher auf den Forschungen von Gauss, Riemann und Christoffel über nichteuklidische Mannigfaltigkeiten ruht und von Ricci und Levi-Civita in ein System gebracht und bereits auf Probleme der theoretischen Physik angewendet wurde. Ich habe im Abschnitt B der vorliegenden Abhandlung alle für uns nötigen, bei dem Physiker nicht als bekannt vorauszusetzenden mathematischen Hilfsmittel in möglichst einfacher und durchsichtiger Weise entwickelt, so daß ein Studium mathematischer Literatur für das Verständnis der vorliegenden Abhandlung nicht erforderlich ist. Endlich sei an dieser Stelle dankbar meines Freundes, des Mathematikers Grossmann, gedacht, der mir durch seine Hilfe nicht nur das Studium der einschlägigen mathematischen Literatur ersparte, sondern mich auch beim Suchen nach den Feldgleichungen der Gravitation unterstützte.

1916年：3月20日，第一次系統總結廣義相對論的文章

(36歲) < 廣義相對論的基礎 >，被 < 物理學紀事 > 接受。後來出版單行本，成為愛因斯坦的第一本書。
5月5日，愛因斯坦繼普朗克之後任德國物理學會主席。

6月，愛因斯坦完成第一篇引力波的論文。他發現（照現代說法），引力只有兩個極化狀態。

7月,愛因斯坦回到量子理論.在後來的八個月裡,
他發表了3相互交叉的關於這個課題的論文:
包括(1)自發和感生輻射的吸收係數,
(2)普朗克定律的新推導,
以及愛因斯坦第一次在文章中對光量子的描述:
(3)一個能量為 $h\nu$ 的光量子攜帶著大小 $h\nu/c$ 的動量.
另外,(4)他第一次對量子物理學中的"或然性"感到不安.
(5) 12月,愛因斯坦完成〈狹義和廣義相對論淺說〉,
這是它流傳最廣的一本,後來被譯成許多種文字.

1917年:2月,愛因斯坦寫第一篇關於宇宙學的論文
(37歲),引入宇宙學項.愛因斯坦不斷受到肝病、胃
疼、黃疸病的折磨,身體很虛弱.表姊愛爾莎
一直照顧他,直到1920年,他還沒有完全恢復.
10月1日,威廉皇家研究所開始在愛因斯坦領導
下進行(實驗和理論研究)工作.

盡管他在1917年曾身患重病,
並且以後幾年裡,身體一直很虛弱,
愛因斯坦還是在大戰期間(1914 ~ 1918)
完成了一本書和約50篇文章.

1918年：2月,愛因斯坦發表第二篇關於引力波的論文,提出引力輻射的四級公式.

(38歲)

11月,愛因斯坦謝絕蘇黎世大學和ETH的聯合邀請.

1919年:1月至6月,愛因斯坦大部分時間在蘇黎世,
(39歲) 在大學裡舉辦系列研討班.

2月14日,愛因斯坦和米列娃離婚.

5月29日,日全蝕為測量光線彎曲提供機會.
測量是由愛丁頓在普林西比島和克羅梅林
在巴西北部完成.

6月2日,愛因斯坦與寡居的表姐愛爾莎 • 愛
因斯坦 • 勒溫塔爾(生於1874年)結婚.

9月22日,愛因斯坦收到洛倫茲的電報.電報
告訴他,對5月日蝕數據的初步分析表明,光
線彎曲量在"牛頓值"(0".86)和"愛因斯坦值"
(1".73)之間.

11月7日,倫敦〈泰晤士報〉頭版新聞標題爲
〈科學中的革命/宇宙的新理論/牛頓思想被
推翻〉.

11月10日,〈紐約時報〉的頭版新聞標題:〈光
線在天空中彎曲/愛因斯坦理論成功〉.報刊
的這類宣傳,標誌著在大眾心目中,開始認為
愛因斯坦是一個世界性人物.

12月,愛因斯坦接受他唯一的德國榮譽學位:
羅斯托克大學醫學榮譽博士學位.與布盧門
費爾德討論猶太復國主義.

1922年:1月,愛因斯坦完成第一篇統一場論的論文.

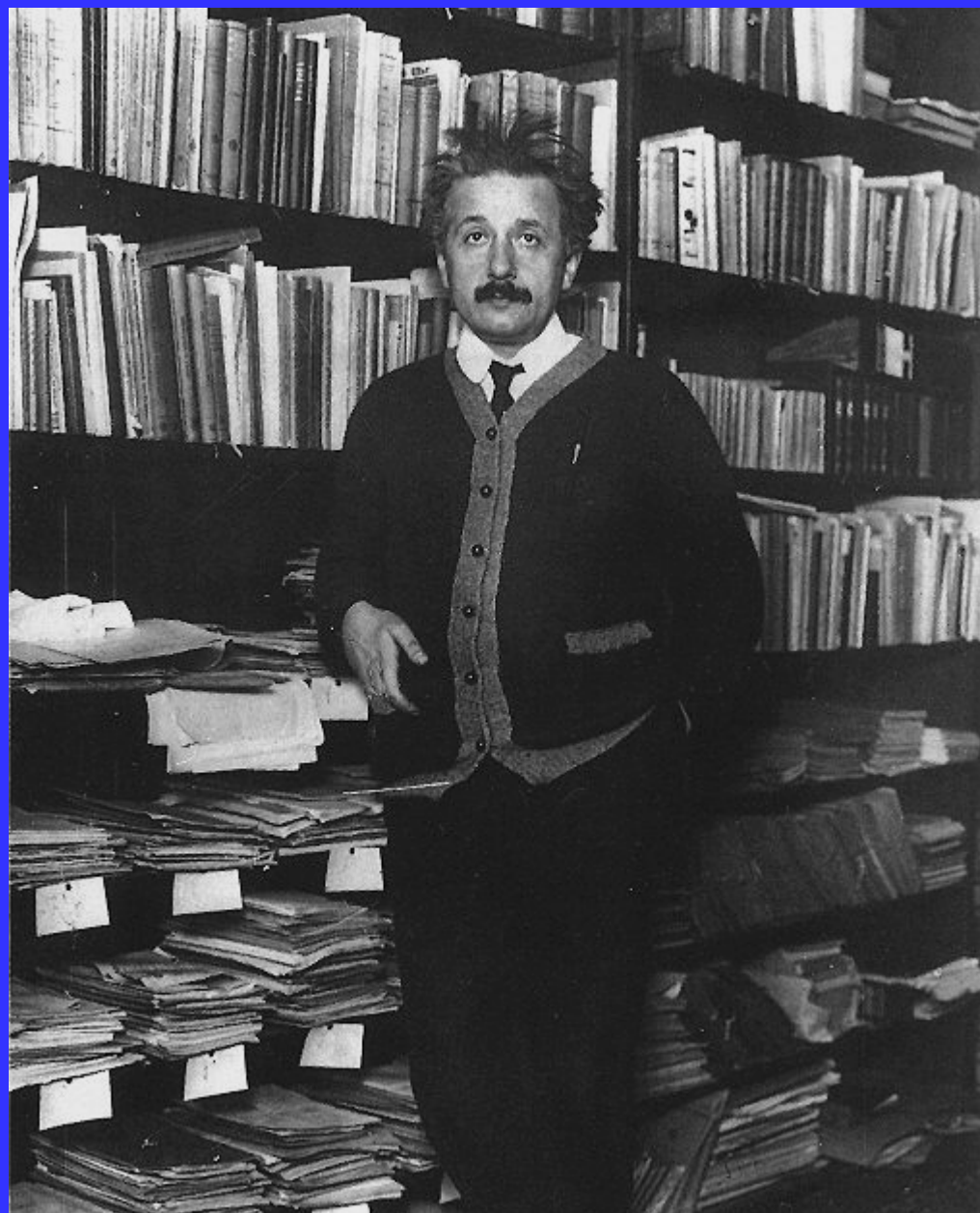
(42歲)

10月8日,愛因斯坦與愛爾莎在馬賽爾乘"北野丸(Kitano Maru)輪船前往日本.一路上,他訪問了科倫坡.新加坡.香港和上海.

11月9日,愛因斯坦在去日本的途中,聽到1921年度諾貝爾物理學獎授與他的消息.

11月17日至12月29日,愛因斯坦訪問日本.

12月10日,在諾貝爾獎頒獎儀式上,德國大使納多爾尼代表愛因斯坦領獎.頒獎詞說:"此獎授與阿爾伯特·愛因斯坦,因為他對理論物理學的貢獻,特別是因為他的光電效應定律的發現."



1922年的愛因斯坦

1923年:2月2日,在從日本回國途中,愛因斯坦到
(43歲) 巴基斯坦訪問了12天.

7月,愛因斯坦在瑞典哥德堡為答謝諾貝爾獎作關於相對論的演講.

康普頓效應的發現消除了長期存在的對光子概念的阻力.

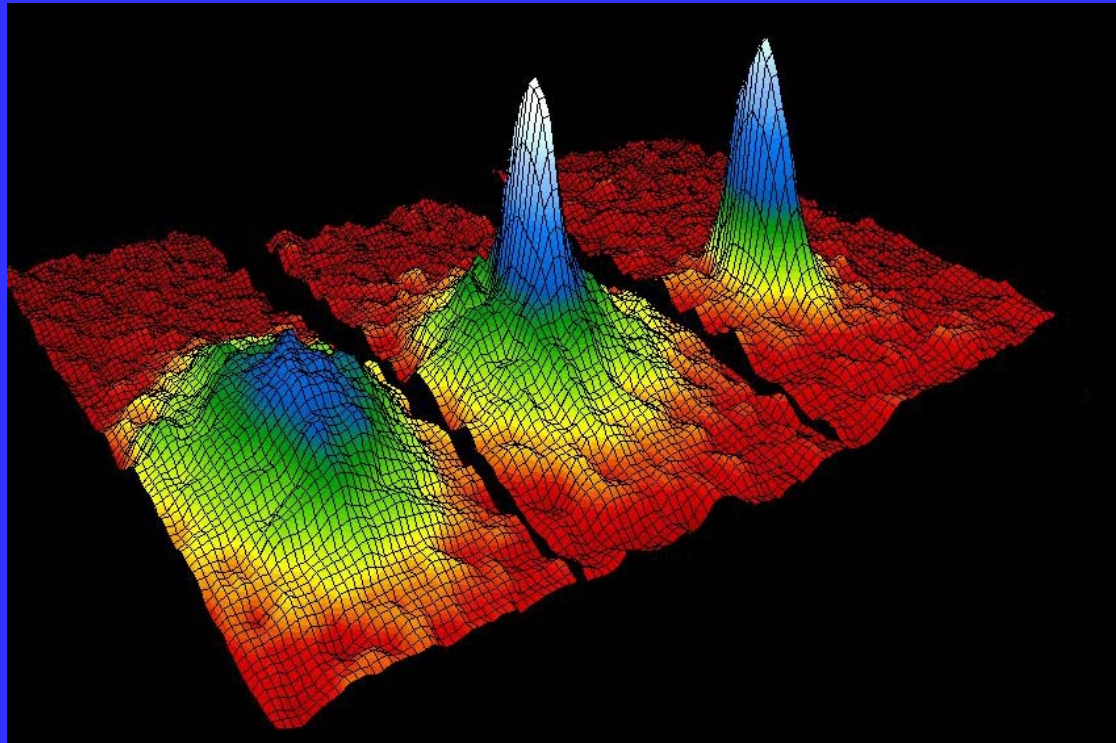
12月,愛因斯坦第一次在科學論文中提出猜想:量子效應可以從超約束的廣義相對論場方程式中產生出來.

(44歲)

1924年 12月,愛因斯坦最後的主要貢獻：

從統計漲落出發,他獨立論述了波與物質的關係.

Bose – Einstein Condensation 也是他在這時發現的.



Bose - Einstein condensation at 400, 200, and 50 nano - Kelvins

愛因斯坦對量子力學發展的影響



De Broglie

1924年愛因斯坦曾提出假設:

"每一個平移運動的粒子,都應該聯繫一個決定其運動的波場".

另外在量子力學的最初一段時間,愛因斯坦正在為進一步發展"聯繫引力與電的理論而拚命工作著".

不過,量子理論新進展的重大意義還是影響著他.玻色曾於1925年11月訪問柏林,他回憶說,"新量子力學使愛因斯坦非常激動.他希望我會嘗試發現,光量子統計和輻射躍遷機率在新理論中會是什麼樣的".後來回答這個問題的,不是玻色而是狄拉克.他在一篇奠定了量子電動力學基礎的文章中給出了愛因斯坦A和B係數表達式的電動力學推導.

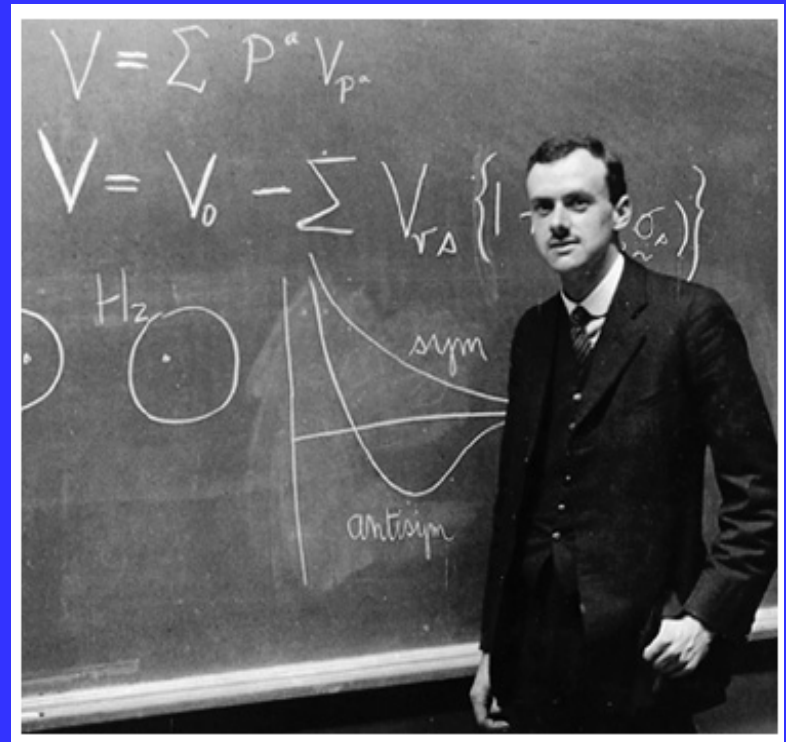
De Broglie 給 Pais 的信：

然而,由於愛因斯坦會收到<<報告>>(Comptes Rendus), 而他的法語也很好,他可能會注意到我的文章.德布羅意還寫到,他給朗之萬第一份打印本是在1924年初,我肯定"愛因斯坦從1924年春就知道我的學位論文了".事情是這樣的,我在1923年就擬好博士論文的內容,想以此獲科學博士.我打印了3份,一份訴給朗之萬先生,請他決定是否可以做為學位論文.朗之萬先生也許對我的新思想感到一絲驚奇,要我為他打印一份,好送給愛因斯坦.也就在這時,愛因斯坦讀完我的文章後說,我的思想似乎令他很感興趣.朗之萬因此決定接受我的論文".

於是愛因斯坦不僅是量子理論的三個"父親"之一,還是波動力學的唯一"教父".

愛因斯坦對 Dirac 工作的反應

最初,愛因斯坦對狄拉克工作的反應是斷然否定的,1926年他寫信給埃倫費絲特,"狄拉克令我煩惱.這簡直是在天才與瘋狂之間走鋼絲,太可怕了".幾天後,他又說:"我一點也不能理解狄拉克".然而,幾年後,他卻滿懷敬意的寫道,"在我看來,我們應該將[量子力學]最完美的邏輯表達歸功於狄拉克".



愛因斯坦對 Heisenberg 工作的反應

愛因斯坦對於海森堡理論的反應一直是猶豫不決的。1925年12月,他流露出不安,但在1926年3月,他又寫信給玻恩夫婦說,"海森堡-玻恩概念令我們所有的人都大吃一驚,他給持不同理論觀點的人都留下了深刻的印象.現在,我們這些怠慢的人,也不在木然沉默了,而感到了奇異的緊張".一個月後,他又表示,他相信海森堡-玻恩誤入歧途了,這是在一封祝賀薛丁格取得新成就的信中寫的.

"薛丁格已經寫了兩篇關於量子法則的奇妙文章".這是1926年5月寫的,也是愛因斯坦最後一次拿筆來稱讚量子力學.





E. Schrödinger

愛因斯坦對 M. Born 工作的影響

玻恩給愛因斯坦寫信說:我把薛丁格的波場當作您所說的那種"鬼場"的思想,在任何時候看起來都很有用.....機率場的傳播,當然不是在普通空間,而是在相空間(或位形空間).

在這裡,我們又一次,但也是最後一次,看到在量子力學誕生時期,承先啓後的愛因斯坦.

愛因斯坦對量子力學的持久對立

第一次表達是在1926年12月,事實上,是在給玻恩來信的回答中說的:

"量子力學固然是堂皇的.可是有種內在的聲音告訴我,它還不是那個真實的東西.這個理論產生了很多結果,但是一點也沒有真正使我們更加接近"上帝"的秘密.我無論如何深信,上帝不是在擲骰子.....".



Max Born

愛因斯坦對 Heisenberg 測不準關係的疑慮

海森保從別人那裡聽說愛因斯坦"已經寫了一篇文章.....您在文章裡主張,比我所期望的更精確地知道粒子的軌道,總還是有可能的".他希望知道更多的情況,

"特別是因爲我自己對這些問題也想了很久,經歷許多良心譴責之後,還是只能相信測不準關係,儘管現在我已經完全相信它了"

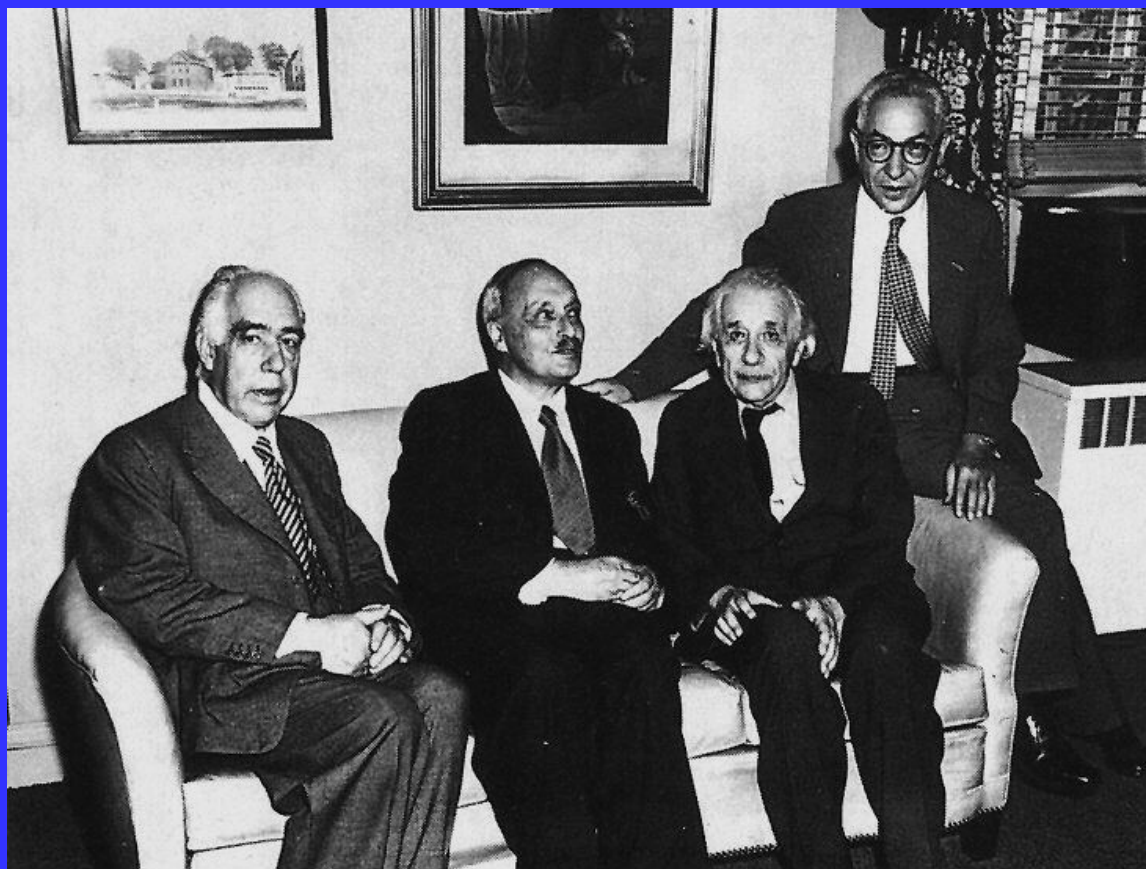
1926年後,
愛因斯坦一直沒有停止對量子力學的批判.
他已經認識到它有著部分的真理,但是他相信,
而且永遠深信,它還不是全部的真理.從1931年起,
對他來講,問題不再是量子力學的自洽性,
而是它的完備性.

量子力學與實在

愛因斯坦堅持物理學的實在論，
既物理理論完全能夠反映與主體無關的客觀世界，
因果性是自然界的基本規律。

而量子理論恰恰在是否存在脫離於人的客觀世界
和完全的因果性上與傳統物理學甚至相對論產生
分歧。正是在這種意義上，愛因斯坦認為量子理論
是不完備的有待進一步發展的理論。

1927年:10月,第五屆索爾衛會議.愛因斯坦
(47歲)
與玻爾關於量子力學基礎的對話開始.



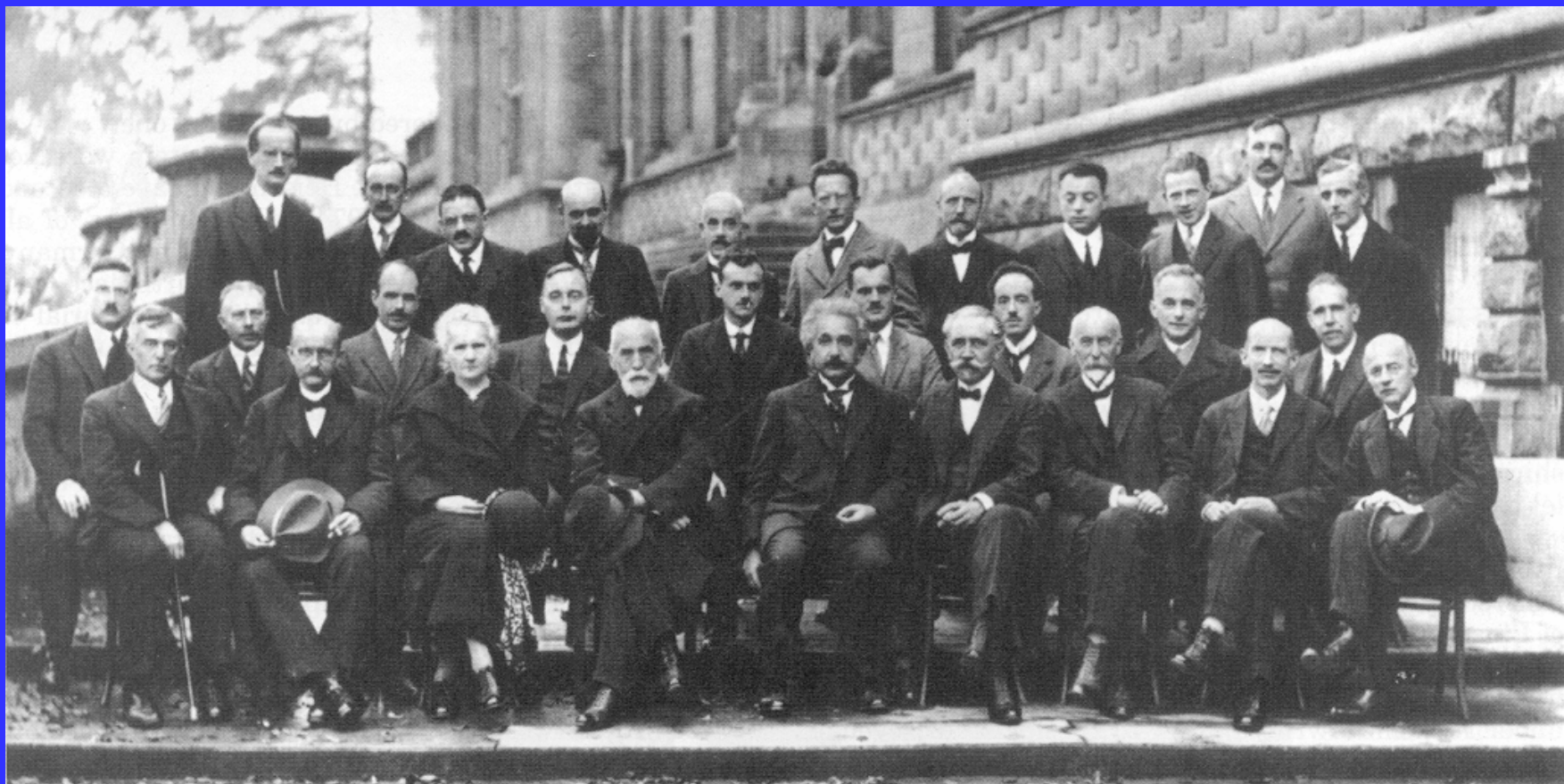
洛倫茲請愛因斯坦在1927年[布魯塞爾]索爾未會議上就量子統計發表講話,愛因斯坦寫於1927年6月的答覆,也許可以作為我們以後對討論量子力學最合適的前言:

我想起曾答應您在索爾未會議上就量子統計問題做一個報告,想來想去,我終於相信,我沒有資格來做一個適應當前狀況的報告.原因是,我不具備承擔這個建議的必要條件,我沒能深入參與量子理論的現代發展.這一方面因為,總的說來,我幾乎沒有能力以完全跟上那暴風雨般的發展,另一方面因為,我不贊成把一個新理論建立在純粹的統計思想上....直到剛才,我還希望能為布魯塞爾作些有益的工作,現在,我放棄了這個希望.我請求你不要因此而生我的氣;我沒小看它,也盡力了....或許費米或朗之萬...能做好這件事.

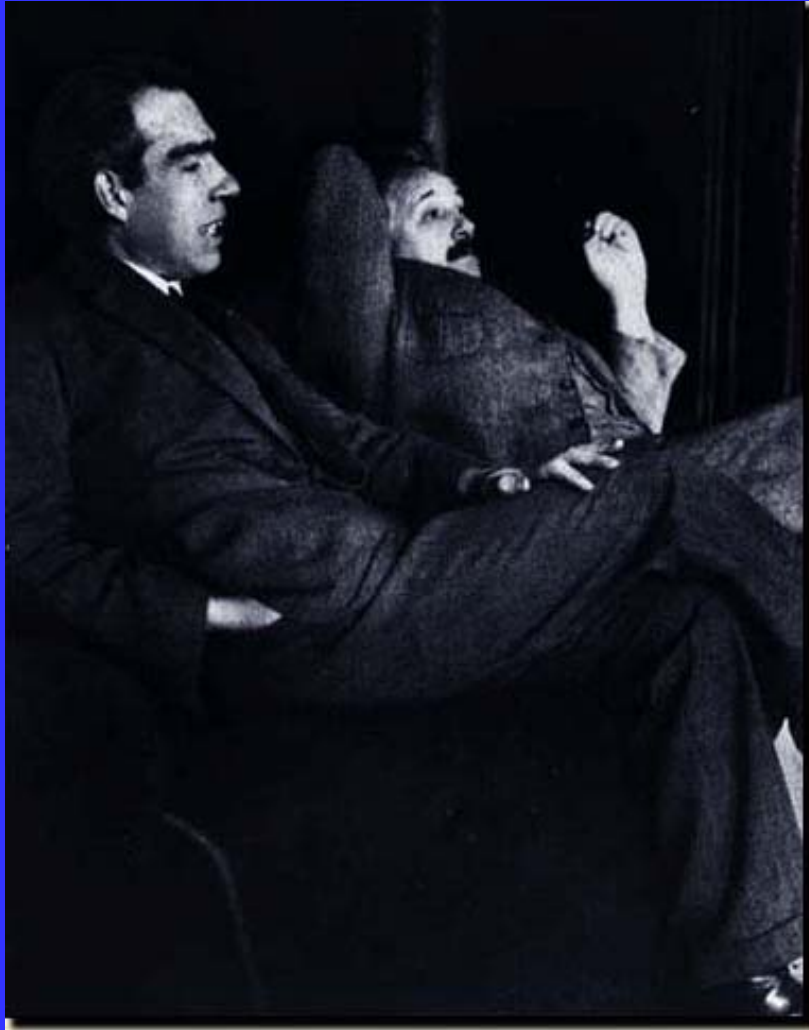
E. Rosenfeld in Proceedings of
the Fourteenth Solvay Conference, p. 232
愛因斯坦大模大樣，帶著譏諷的微笑，
安詳的走著，玻爾疾步走上去，樣子十分激動



1927 年 *Einstein* and *Bohr*



THE SOLVAY CONFERENCE OF 1927 is one of the few occasions when Heisenberg (back row, third from right) and Einstein (front row, center) were photographed together. This conference was the scene of vigorous debates about quantum theory, mainly between Einstein and Schrödinger on one side and Bohr, Heisenberg and their “Copenhagen” colleagues on the other.



"Not often in life has a man given me so much happiness by his mere presence as you have done," Einstein wrote to Bohr.

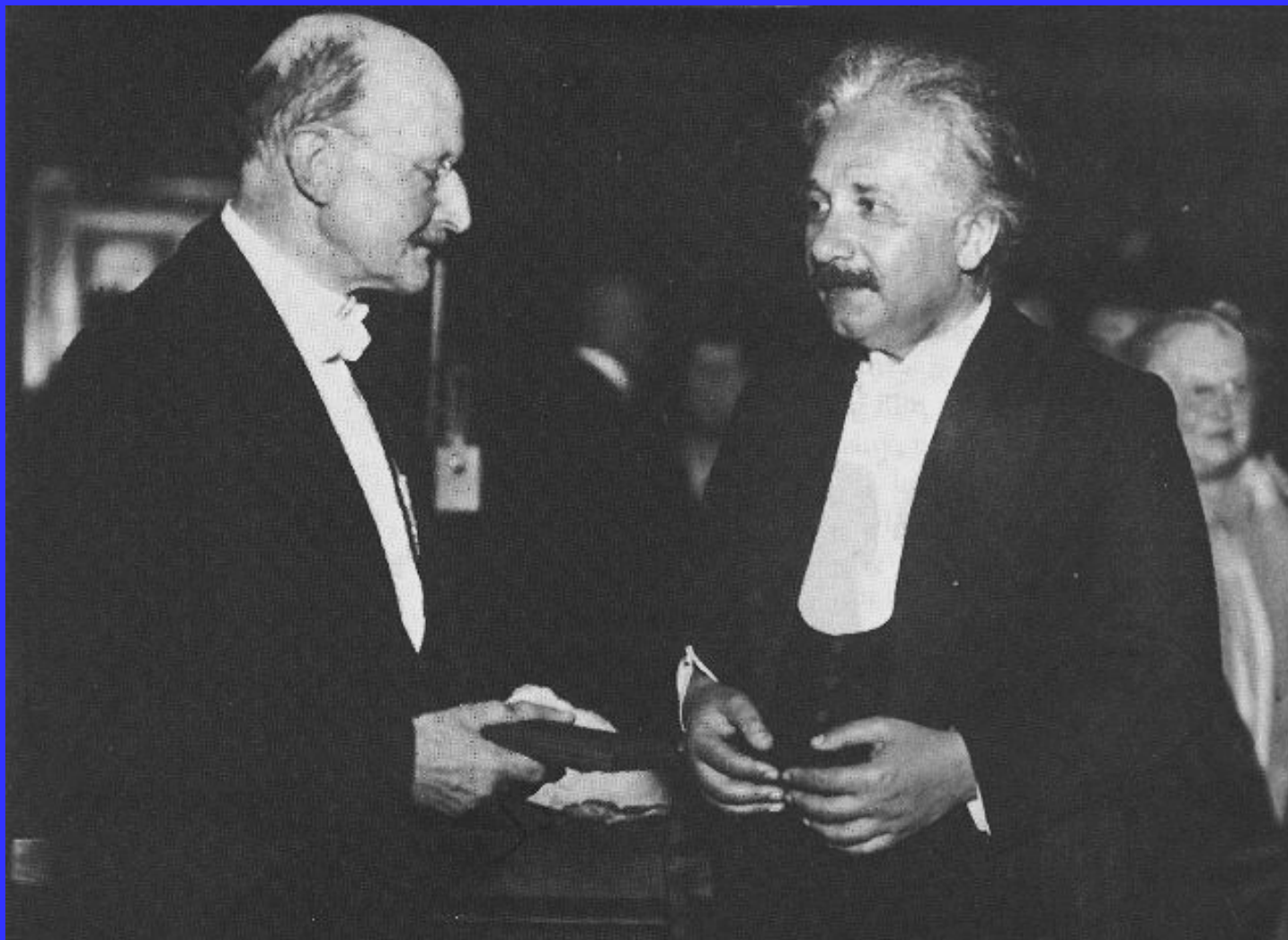
"I have learned much from you, mainly from your sensitive approach to scientific problems."

1928年:2月或3月,愛因斯坦因過度疲勞而病倒了.診斷
(48歲) 結果是心臟腫大.他不得不臥床一個月.不能吃
多鹽的食物.後來,病好了,但幾乎在一年裡,身
體仍很虛弱.

4月13日,星期五,海倫·杜卡斯開始做愛因斯坦
的秘書.

1929年:6月28日,普朗克第一次.愛因斯坦第二次獲普
(49歲) 朗克獎章.接受獎章時,愛因斯坦說,獲得這麼崇
高的榮譽,他感到"慚愧",

因爲他對量子物理學的所有貢獻都是在
"與主要問題毫無結果的奮鬥
過程中產生出來的"偶然覺悟".



愛因斯坦和普朗克(1929年6月28日)
愛因斯坦第二次接受普朗克獎章

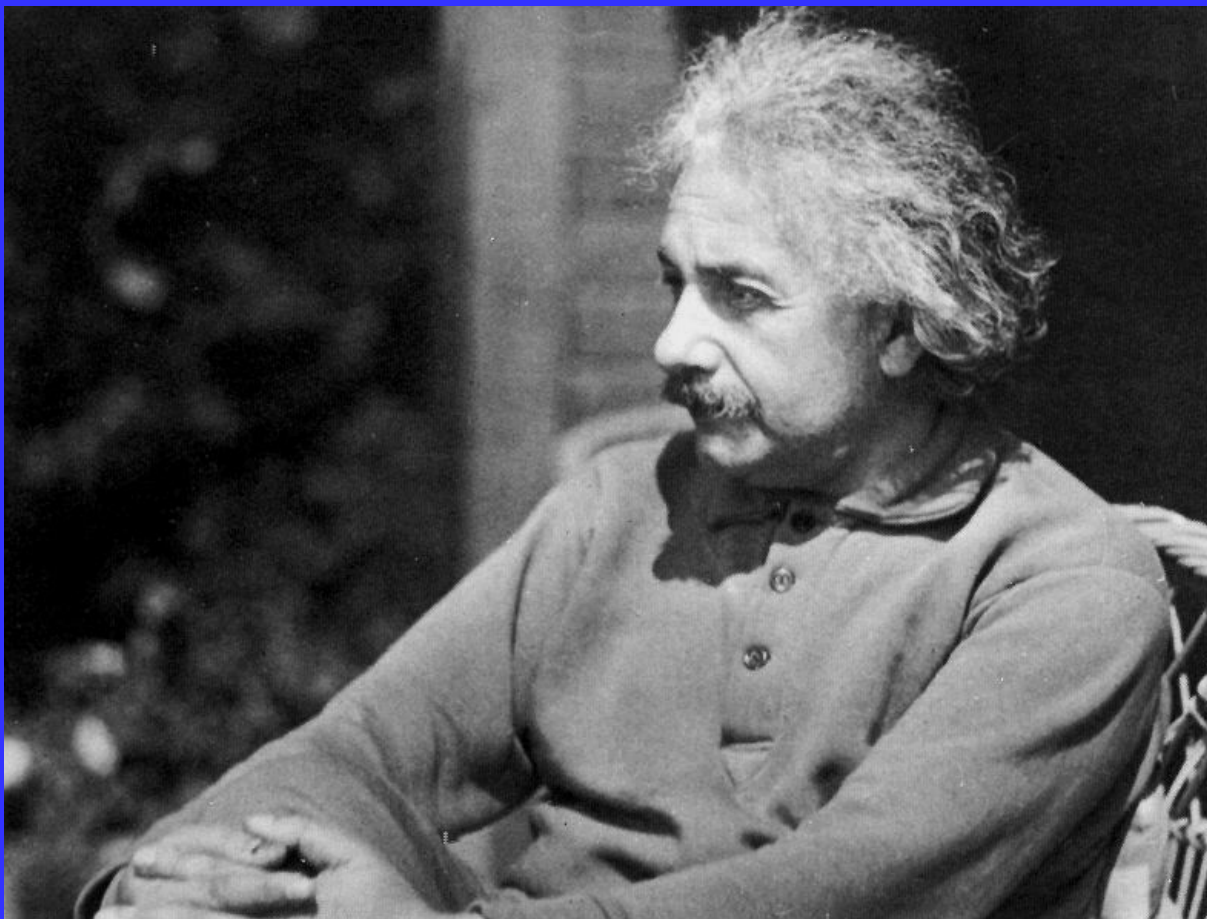


1929年拉小提琴的爱因斯坦



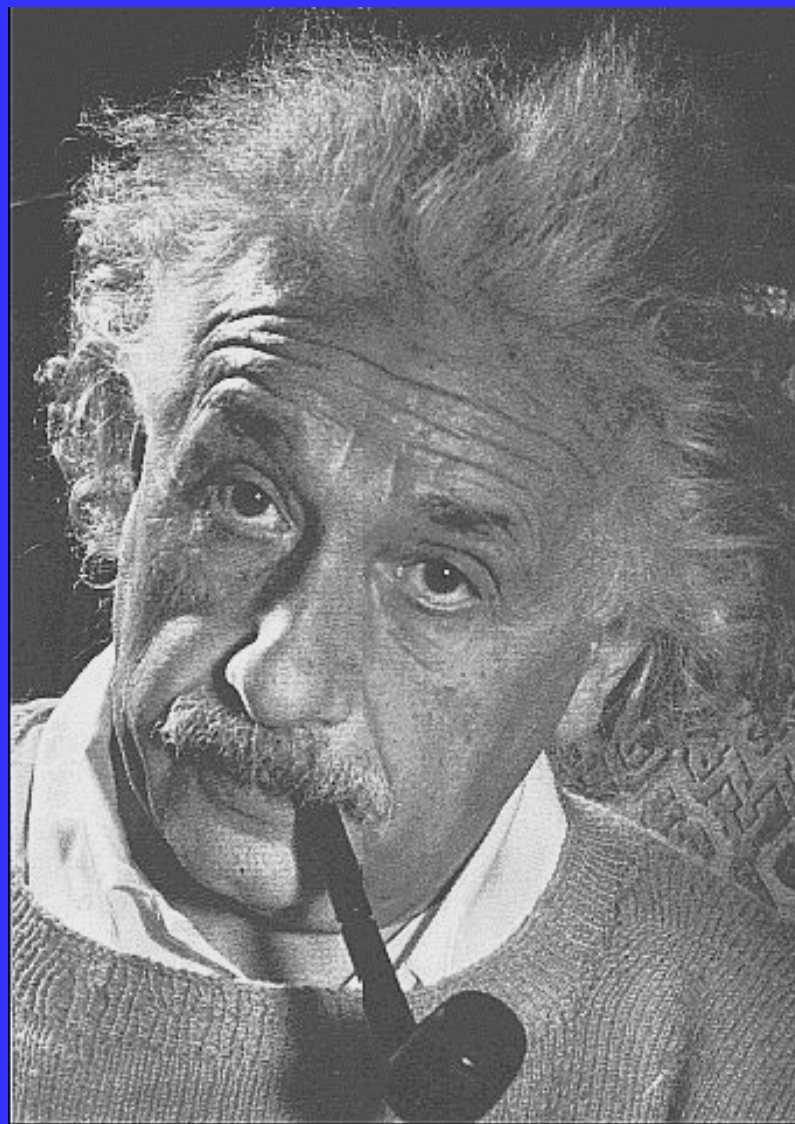
1920年末愛因斯坦在 Berlin 的書房

1931年:4月,愛因斯坦拋棄了未經証明的多餘的
(51歲) 宇宙學項.



1931年的愛因斯坦

1932年:10月,愛因斯坦受聘爲新澤西州的
(52歲) 普林斯頓高等研究院教授.他原打算每年各在普林斯頓和柏林住半年.
12月10日,愛因斯坦和妻子離開德國來美國,原計劃也是來訪問,然而,他們再也沒有回德國.



1932年的愛因斯坦



1932年的愛因斯坦在巴塞隆納

1933年:1月30日,納粹上台.

(53歲)

9月9日,愛因斯坦去英國,永遠離開了
歐洲大陸.

1933年的愛因斯坦
在*Santa Barbara*

The photo was taken at the home of friends in Santa Barbara.

A gift of Evelina Hale to the Archives in 1959.

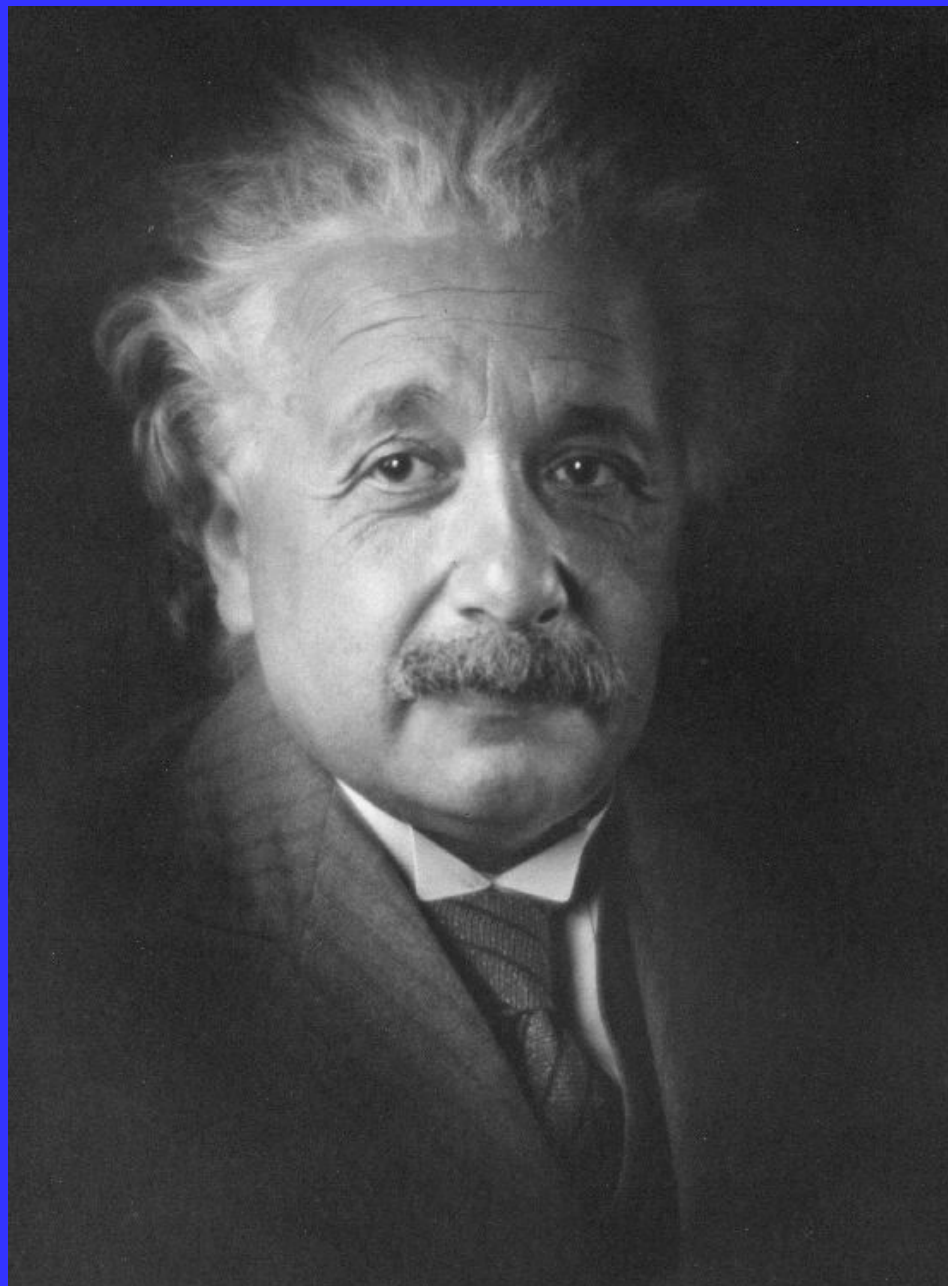
In her letter Mrs. Hale wrote

"Could [the photograph] be called documentary!".

A sepia - toned poster of this image is also available.

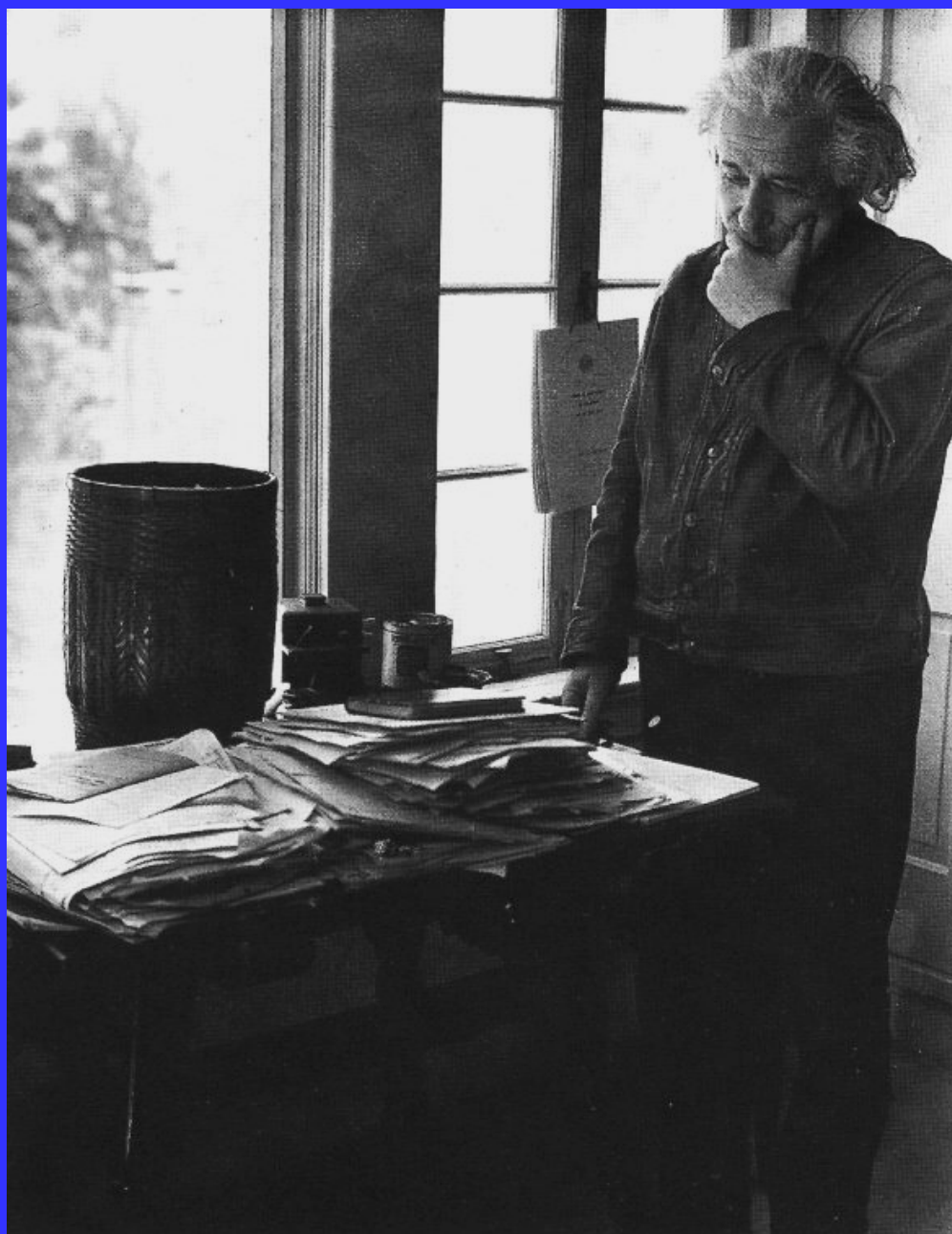


1933年的愛因斯坦
在 *Pasadena*



1935年:5月,愛因斯坦到百慕大旅行,在那正式提出
(55歲) 定居美國申請. 這是他最後一次離開美國.
秋,全家和海倫·杜卡斯搬到梅瑟街112號.
愛因斯坦獲得富蘭克林獎章.

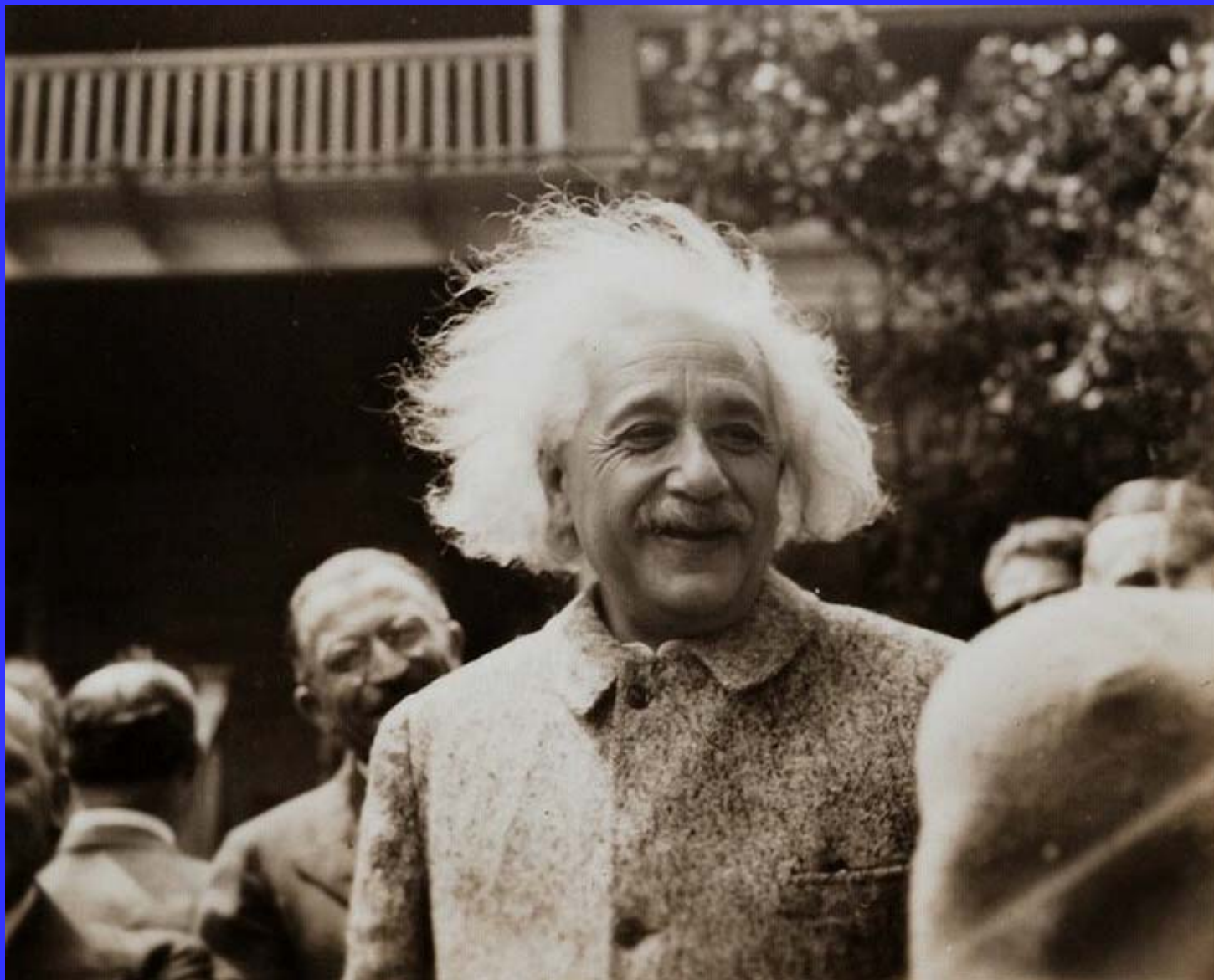
1937年的愛因斯坦
在 Princeton



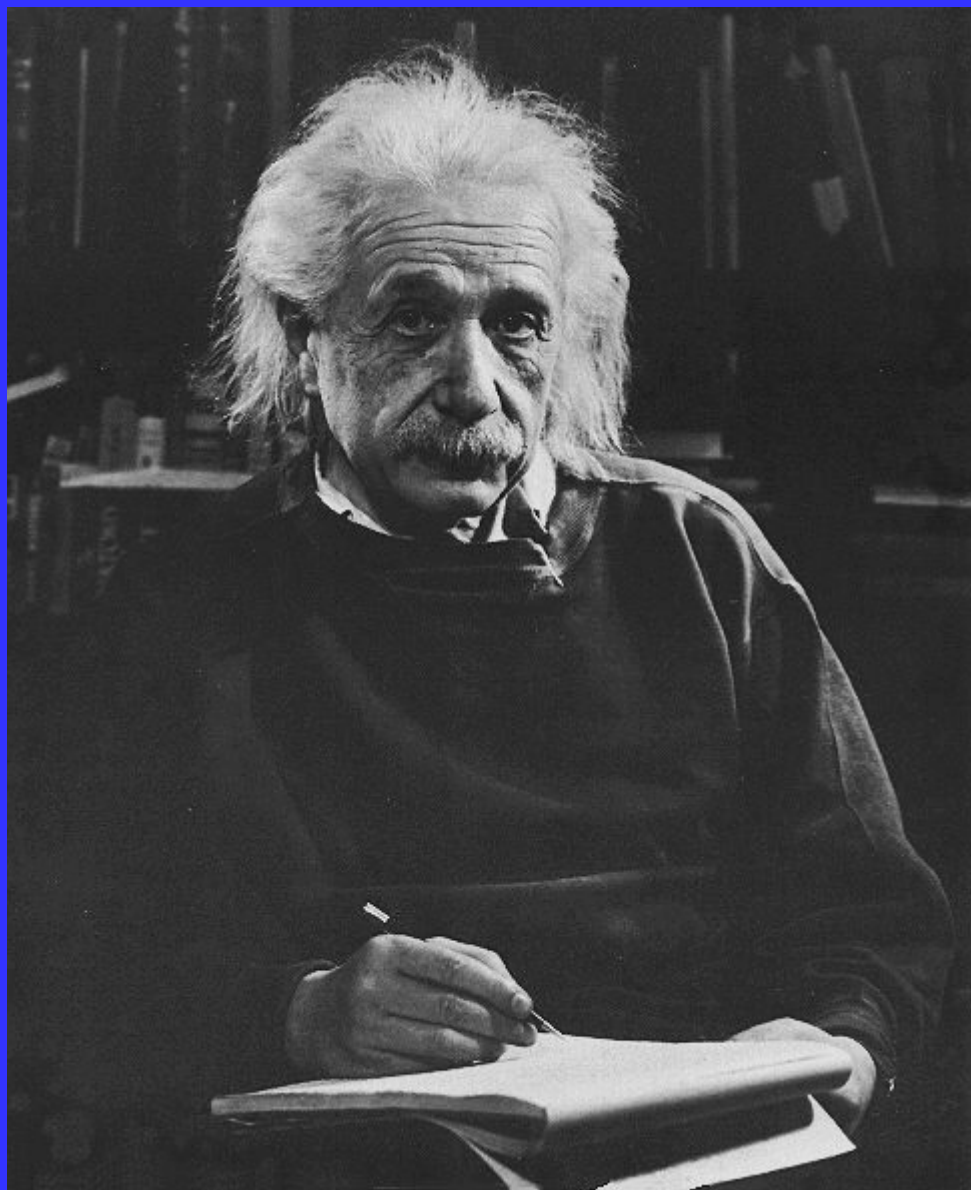


1941年的愛因斯坦
(61歲)

1944年：愛因斯坦1905年狹義相對論論文手稿複本
(64歲) 以600萬美元在堪薩斯城拍賣，作為對美國
反法西斯戰爭的支持(手稿現存美國國會
圖書館).



1945年的愛因斯坦
(65歲)



1947年的愛因斯坦

1948年:8月4日, 米列娃在蘇黎世去世.
(68歲)

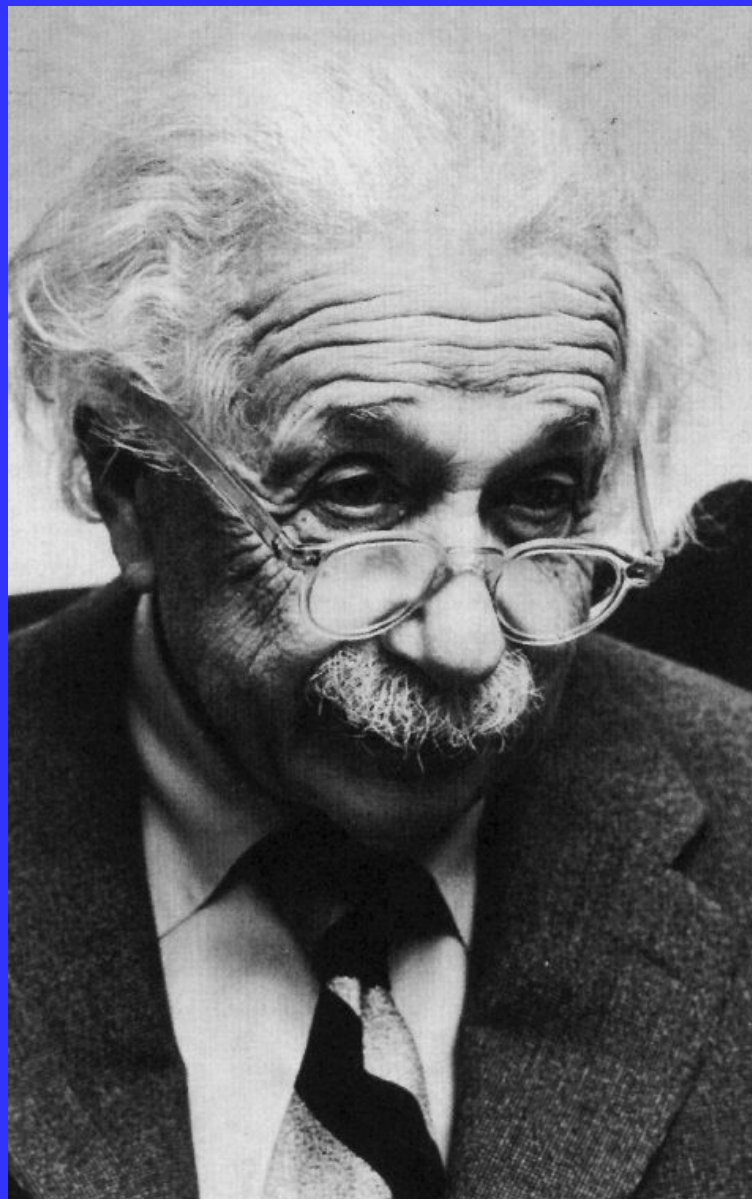
12月, 愛因斯坦做剖腹手術, 發現腹部
動脈瘤.

1949年:1月13日,愛因斯坦離開醫院."訃告"發表,這
(69歲) 是愛因斯坦寫的科學回顧,題為<<自述>>.

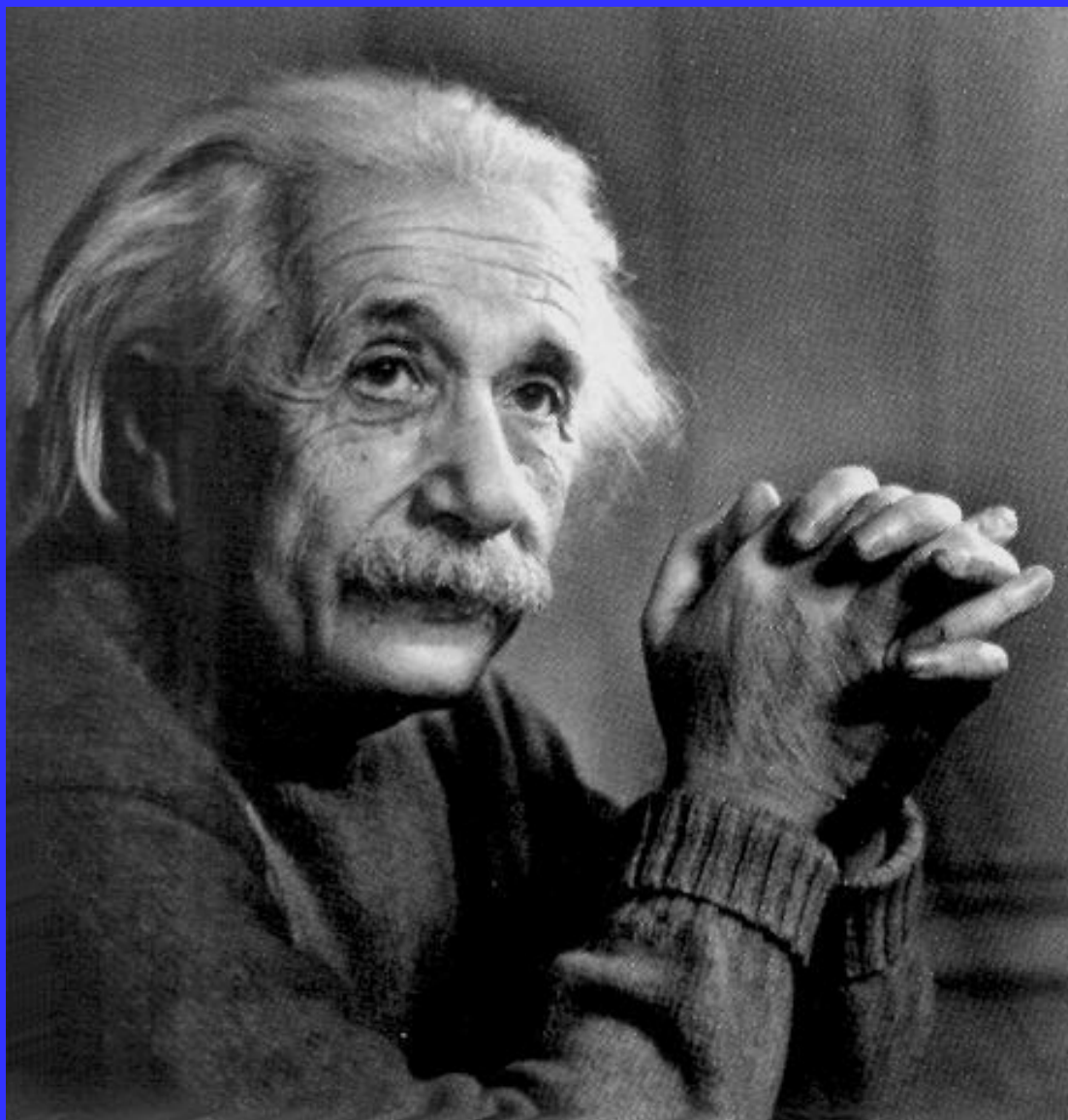
1950年:3月18日,愛因斯坦在遺囑上簽名並加封.他指定納坦

(70歲)

博士為唯一遺囑執行人;納坦博士和海倫·杜卡斯為財產的共同保護人;希伯來大學為書信和手稿的最終保存者.遺囑還有一條規定,小提琴遺贈給孫子伯恩哈德·凱撒.



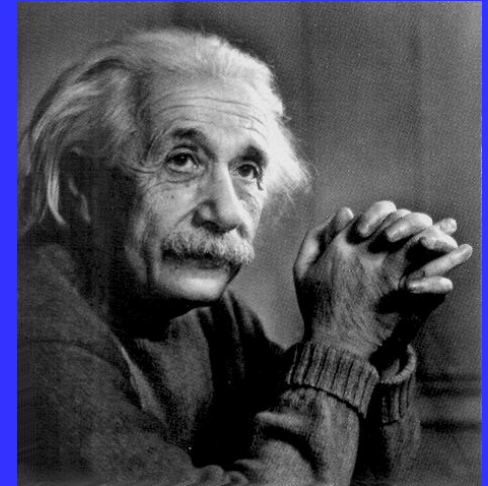
1950年的愛因斯坦



愛因斯坦非常有名的一張照片(1950年)

論教育(紐約時報10/05/1952)

…有時,人們把學校簡單地看作是一種工具,
靠它來把大量的知識傳授給成長中的一代,
但這種看法是不正確的. 知識是死的;
而學校卻要為活人服務.
它應當發展青年人中那些有益於公共福利的品質和才能.
…學校的目標應當是培養有獨立行動和獨立思考的個人,
不過他們要把服務社會看作是自己人生的最高目地…
…人們應當防止向青年人鼓吹那種以習俗意義上的
成功作為人生的目標. 因為一個獲得成功的人,
從他同胞那裡所取得的,
總是無可比擬地超過他對他們所做的貢獻.
然而看一個人的價值,應當看他貢獻什麼,而不應該看他取得什麼…
青年人在離開學校時,是作為一個和諧的人,而不是作為一個專家.
照我的意見,在某種意義上,即使對技術學校來說,這也是正確的,
儘管技術學校的學生將要從事的是一種完全確定的專門職業.
發展獨立思考和獨立判斷的一般能力,應當始終放在首位.
如果一個人掌握了他的學科的基礎理論,
並且學會了獨立思考和工作,他必定會找到他自己的道路,
而且比起那種以獲得細節知識為培訓內容的人來,
他一定會更好地適應進步和變化…

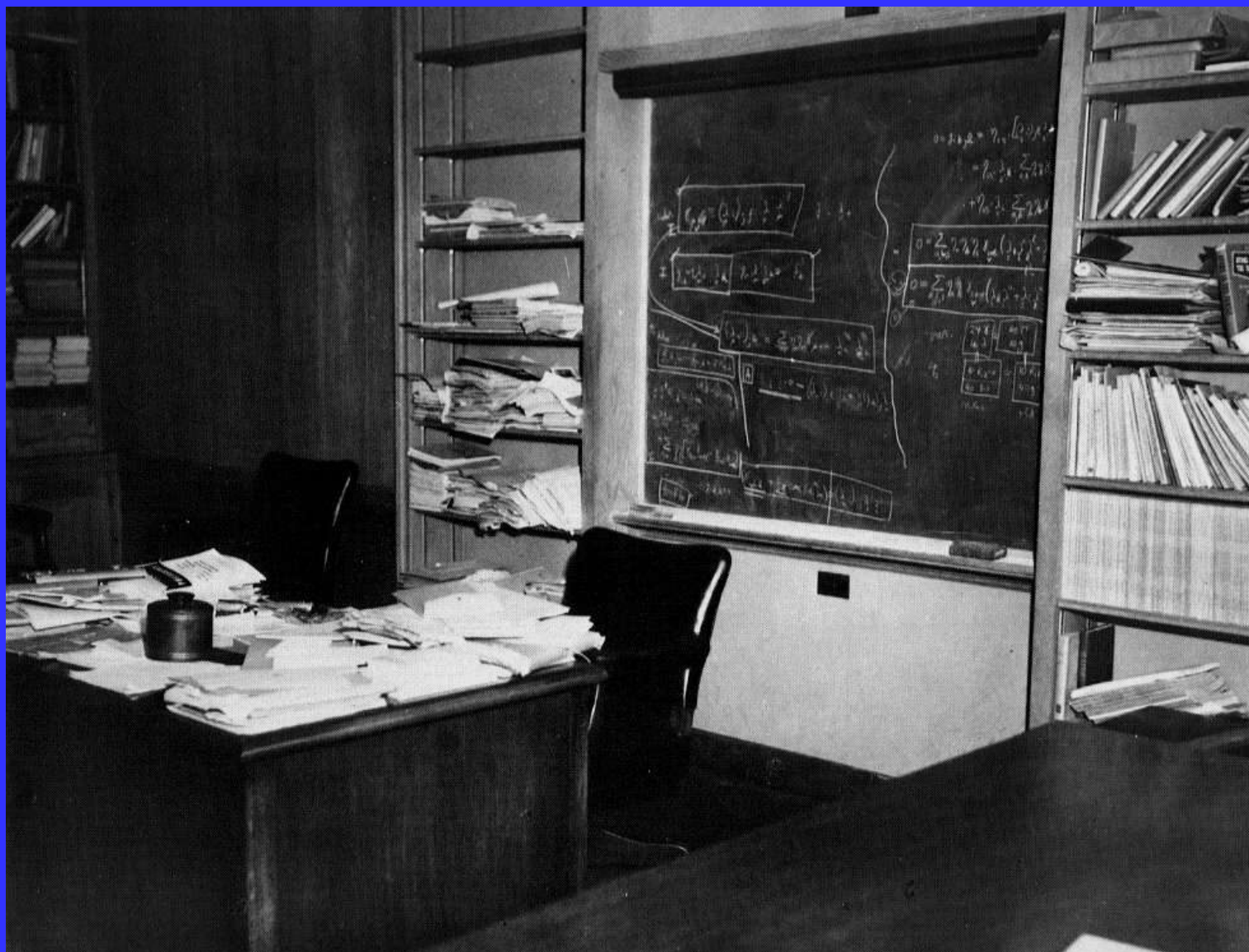


1955年:4月15日, 愛因斯坦住進普林斯頓醫院.

(75歲) 4月17日,愛因斯坦打電話告訴海倫·杜卡斯,他想寫點東西,讓她把最近的計算草稿找來.

4月18日凌晨1時15分,愛因斯坦去世.遺體在當天下午4時火股骨灰撒在保密的地方.

11月21日,阿爾伯特·愛因斯坦的曾孫,漢斯·阿爾伯特的孫子,伯恩哈德·凱撒的兒子,托馬斯·馬丁(Thomas Martin)在伯爾尼出生.



這張照片是他過世後一兩天後所照。

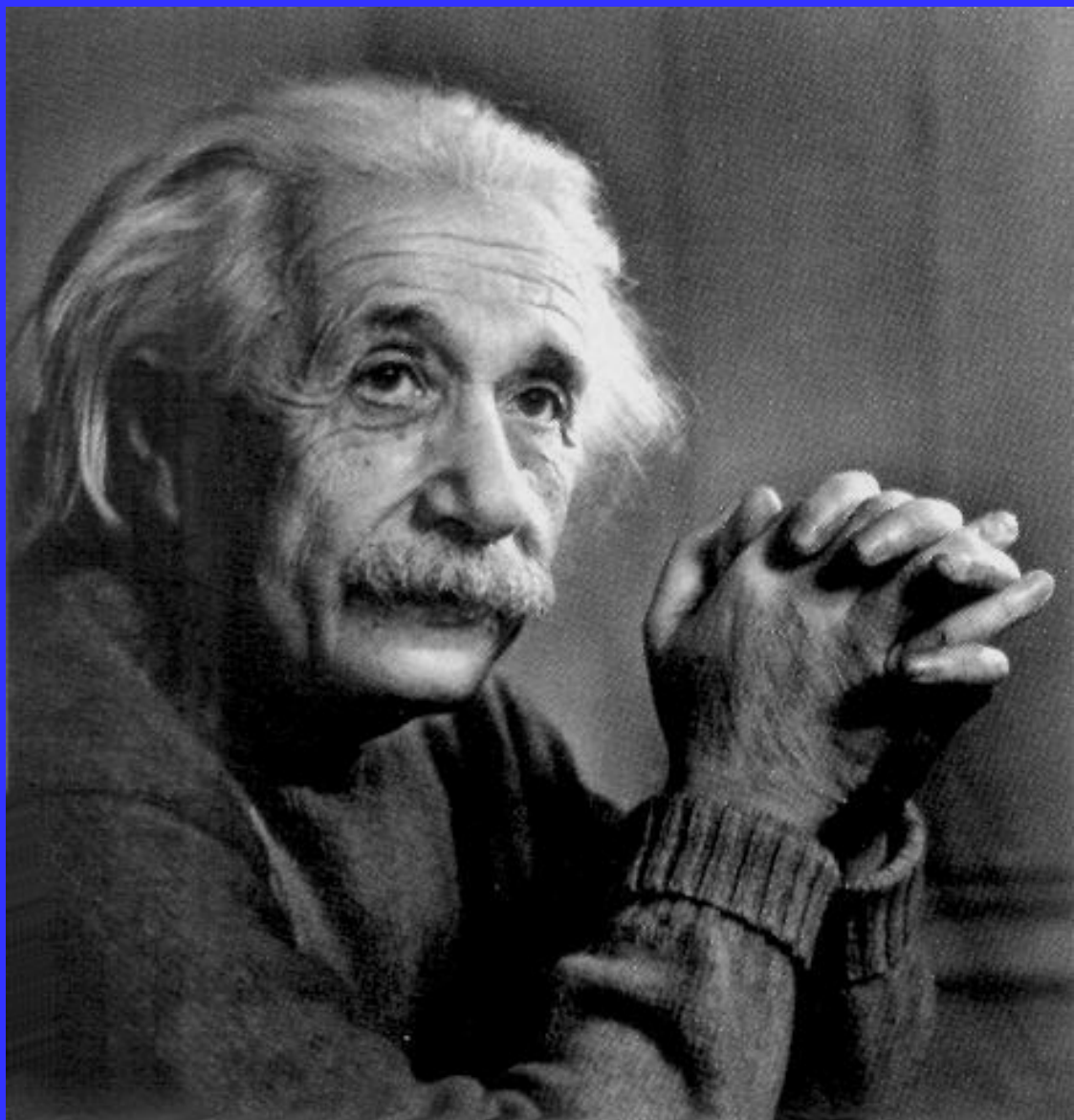
愛因斯坦在後來的歲月爲自己提出的科學任務以三個願望爲基礎,每個願望對他來說都是至關重要的:

- (1)統一引力和電磁力
- (2)從一個根本的因果理論導出量子物理學
- (3)用連續場的無奇異解來描述粒子

愛因斯坦身邊的女性

在婚姻生活方面,愛因斯坦有值得檢討之處.
他不能抵抗有魅力的女性的誘惑,常陷入愛河.
有女人相伴,他感到非常自在.女人也發現他非常有吸引力.
他愛過的女人包括物理學家,間諜,圖書館員,演員,可能還包括一個舞女.
二次結婚不久,和祕書 Betty Neumann 陷入愛河;
不久Berlin 的富有寡婦 Margarete Lebach 追求他;
曾與他交往過密的女性還有
Elisabeth Bergner (他在 Berlin 最愛的演員);
Tilla Durieux (Berlin 另一位演員);
Estella Katzenellenbogen (Berlin 的一位花店老闆);
Margarita Konenkowa (一位俄國間諜);
Hanne Fantova (Princeton 圖書館員,可能是最後一位女友).

謝謝！



受教育的目的是爲了培養
獨立的行動能力和
獨立的思考能力，
其目標是爲了服務社會。