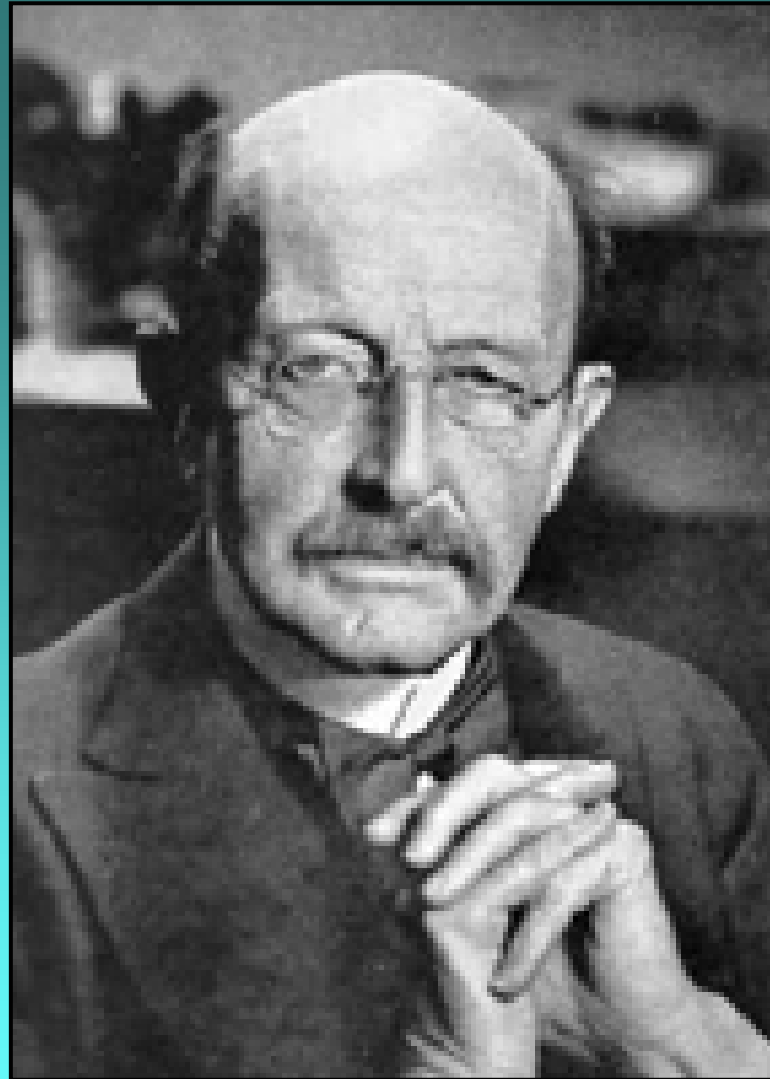


**Az elemi hatáskvantum felfedezője:
gondolatok Max Planck
születésének 150. évfordulóján**

**Varró Sándor
MTA SZFKI**



1858 április 23. (Kiel) – 1947 október 4. (Göttingen)

Rövid életrajzi összefoglaló

**Jolly professzor nem javasolja Planck-nak az elméleti fizikát, mert már minden “lezárt”
Kirchhoff-nál és Helmholtz-nál tanul; Berlin, München (disszertáció, 1879)**

1880-1885 München-ben Privatdozent

1885-1889 Kiel-ben Professor

1889-ben Professor Berlinben (Kirchhoff után) 1926-ig (nyugdíjba vonulásáig)

1894- A Porosz Akadémia tagja, 1912-től állandó titkára

1918 Nobel-díj

1930 alapítója és elnöke a Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft-nak, ezt 1945-ben Max-Planck-Gesellschaft-nak nevezik el

Hosszú ideig az Annalen der Physik egyik fő szerkesztője

1940. április 26-án az MTA külső tagjává választották.

Igazi zenei tehetség (harmónium, zongora), gyermekkorában komolyan felmerült, hogy zenei pályára megy. Egész életében kedvtelése a zene és a hegymászás.

1885-ben nősül, első felesége meghal 1909-ben, újra nősül, három gyermeke fiatalon meghal.

Az idősebb fia, Karl, Verdun-nél elesett 1916-ban, második fia 1945

januárjában a terror áldozata lett.

A háború utolsó heteiben házáat bombatalálat éri, és kigyullad. Egész élete során összegyűjtött könyvtára eltűnik, senki sem tudja hová?

Planckot 1945 május közepén az amerikaiak autón Göttingenbe vitték az időközben csatatérre változott Rittergut Rogätz an der Elbe-ből.

1940. április 26-án Max Planck-ot az MTA külső tagjává választották

A Magyar Tudományos Akadémia Max Planckot 1940. április 26-án választotta meg külső taggá 41 szóval 1 ellenében (Akadémiai értesítő, 1940. 17. o.).

A III. osztályba külső tagnak ajánlották: Pogány Béla r. tag Rybár István r. tag, Hoór-Tempis Mór r. tag, Ortvyay Rudolf l. tag és Bay Zoltán l. tag.

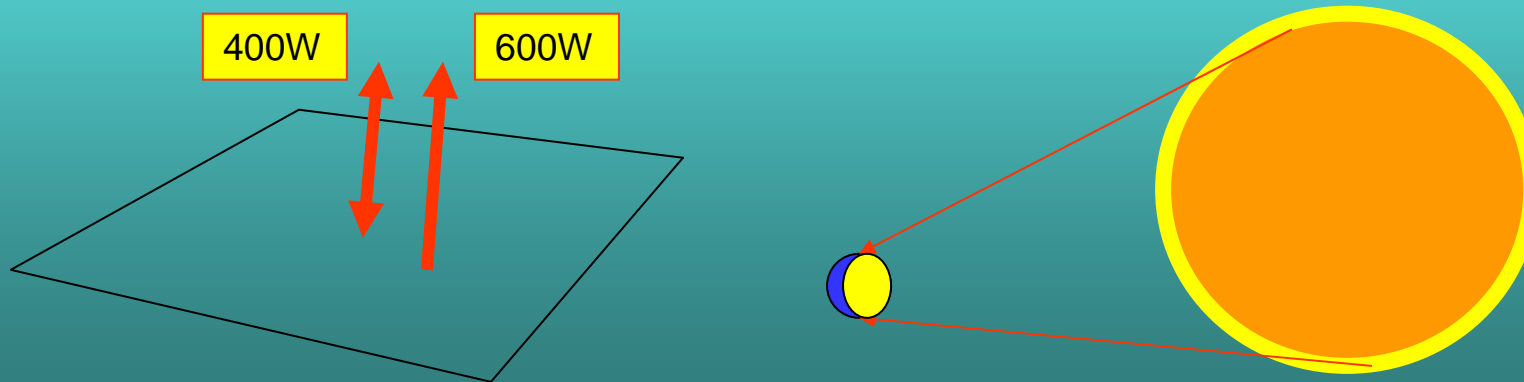
"A.M. T. Akadémia III. osztályába külső tagnak tisztelettel ajánljuk PLANCK MIKSA titkos tanácsost, a berlini egyetem kiérdemesült tanárát, a porosz Tudományos Akadémia évek során volt titkárát, a Kaiser Wilhelm Institut volt elnökét, a fizikai Nobel-díj nyertesét, számos tudományos társaság tagját, német állampolgárt. Planck régebbi munkássága főképp a thermodinamikára vonatkozik melyet számos mélyreható eredménnyel gazdagított. Így Gibbs gondolata csak Planck vizsgálatai segítségével váltak a tudományos világ közkincsévé. Felemlíthetjük a Galván-elemek thermodinamikájára vonatkozó fontos vizsgálatait, valamint a relativisztikus mechanikára vonatkozó mélyenjáró fejtegetéseit. Thermodinamikai vizsgálatait vezették a múlt század kilencvenes éveiben az ún. fekete test sugárzásának problémájára. E problémát egy alapvető és annakidején igen idegenszerű gondolat: az energia-, ill. hatáskvantum fogalmának bevezetésével oldotta meg, és evvel egy oly gondolatot vezetett be a fizikába, mely azt a lefolyt 40 év alatt mélyrehatóan átalakította, a mai atomelméletet lehetővé tette, és ma is a fizika alapjaira vonatkozó minden kutatás alapja. Planck Miksa ma a tudományos világ köztiszteletben álló egyik legnagyobb tekintélye, és mivel hazánk ügye iránt érdeklődik és Budapesten néhány év előtt előadást is tartott, helyesnek tartanók, ha Akadémiánk is kifejezné hódolatát Planck Miksa iránt és megtisztelné önmagát avval, hogy külső tagjai sorába iktatná." (Magyar Tudományos Akadémia. Tagajánlások 1940-ben. Bp. 1940. 81. o.)

Forrás: Fizikai Szemle 1972/10. 307.o.

Györgyi Géza: MAX PLANCK MAGYARORSZÁGON

Hősugárzás

- A hősugárzás is elektromágneses sugárzás.
- Például a 100 C° -os vízgőz 1 m^2 felülete szobahőmérsékleten 1000 Watt -tal sugároz. Ebből 400 Watt ot a környezetéből vesz fel, és szór vissza, tehát nettó 600 Watt keletkezik benne.
- A Nap felszínéről a Föld 1 m^2 felületére érkező sugárzás teljesítménye 1430 Watt . Ennek alapján kiszámolható a napfelszín hőmérséklete : $\sim 5800\text{ C}^\circ$.



A fekete test sugárzása. I

Kirchhoff (1860): Emisszió/Abszorpció=konstans,
a fekete sugárzás univerzális

Clausius (1864): $c^3 u_\nu = \text{invariáns két közeg határán áthaladva}$

Stefan (1879), Boltzmann (1884): $u = aT^4$ (“This is a simplest and the nicest derivation of a fundamental law.”)

Weber (1888), v. Kövesligethy (1885, 1890), Wien (1894): $\lambda_{\max} T = b$,
eltolódási törvény

Paschen, Wien (1896): $u_\nu = \alpha \nu^3 \exp[-\beta \nu / T]$, sugárzási törvény

Planck (1897-1900): “Irreversible Strahlungsvorgänge”

A “SZERENCSES INTERPOLÁCIÓ” (1900. október 19.)

“Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung”

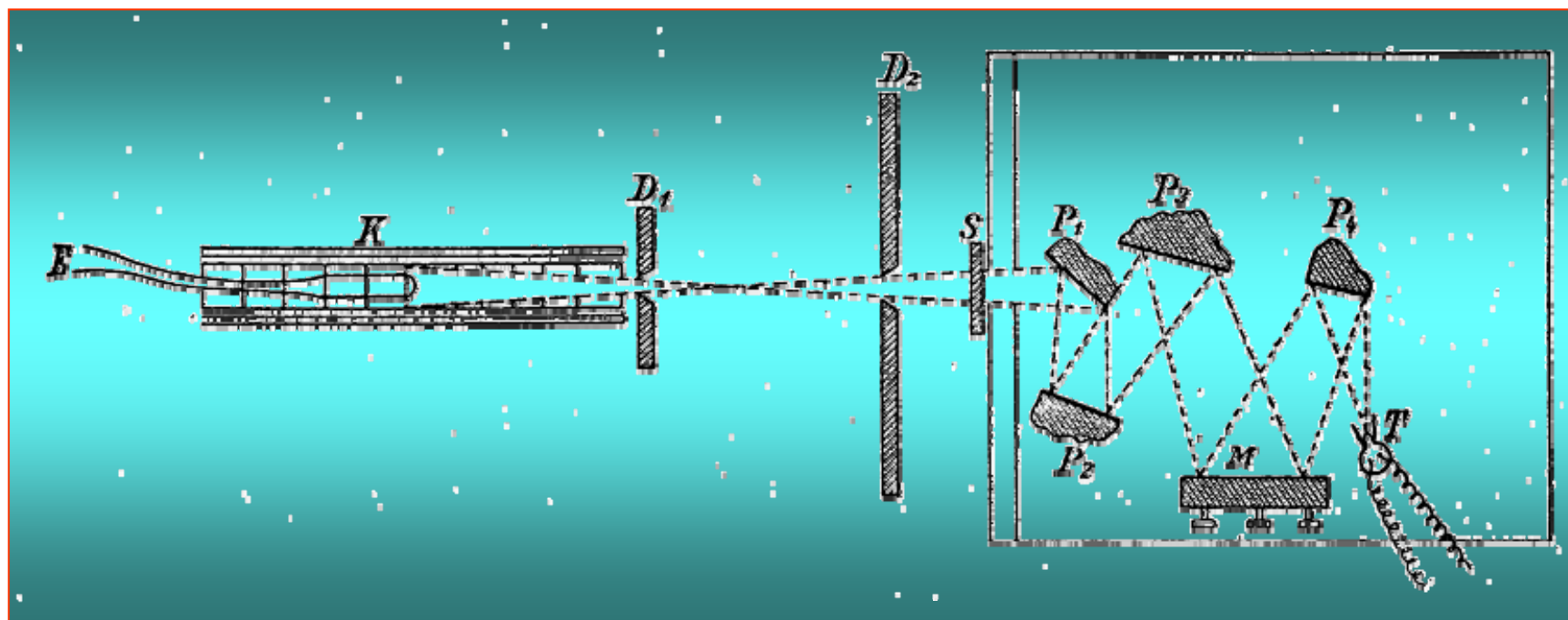
$d^2S/dU^2 = \text{const.}/U \rightarrow d^2S/dU^2 = a/U(b+U)$, $dS/dU = 1/T \rightarrow$

$$E_\lambda = c_1 \lambda^{-5} / [\exp(c_2/\lambda T) - 1]$$

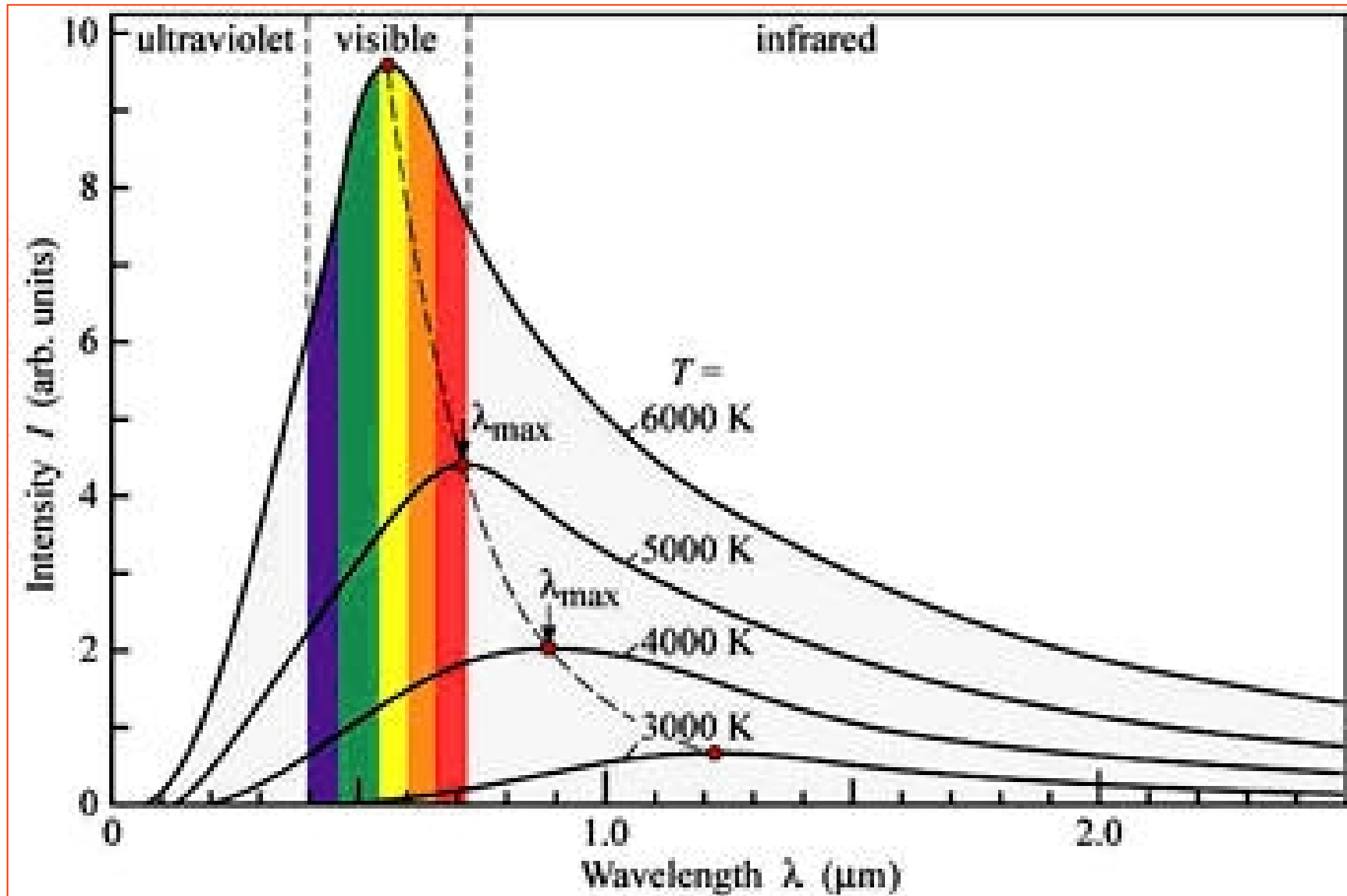
$$(E_\lambda d\lambda = u_\nu d\nu)$$

Rubens és Kurlbaum mérési (1900-) I.

Method of “Reststrahlen” (Beckmann’s Dissertation, 1900)



Planck-féle eloszlások különböző hőmérsékleteken



Planck's "Kohlenstäubchen"

A sugárzás önmagában bármilyen spektrális eloszlásban egyensúlyban lehet a tükröző falú Hohlräumen (üregben), de ez az egyensúly labilis, és minden komponensnek különböző lehet a hőmérséklete. A széndarabka átrendezi ezt egy maximális entrópiájú állapotba, hasonlóan ahhoz, amikor egy kis vízcsepp a túltelített gőz teljes kondenzációját "katalizálja". A fekete sugárzásra éppen az a jellemző, hogy mindegyik spektrális komponens ugyanazon a hőmérsékleten van.

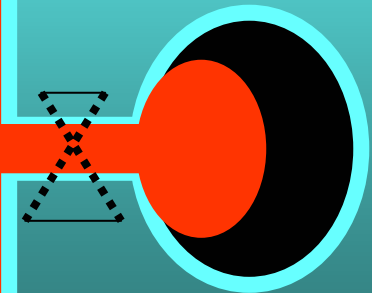
$$ds_v / du_v = 1/T_v$$

$S = S_{\max}$,
egy közös T

szénrészecske



$S < S_{\max}$,
nincs T



A fekete test sugárzása. II

“Molekuláris rendezetlenség”, “Természetes fény”

Boltzmann (1872): ... $H_1 \geq H_2 \geq \dots \geq H_{n-1} \geq H_n \dots$ (Irreverzibilitás, $H=-S$)

Loschmidt (1876): “Umkehrwand” ... $H_n' \leq H_{n-1}' \leq \dots \leq H_2' \leq H_1' \dots$

Zermelo (1896) [Poincaré (1890)]: “Wiederkehrwand”

Boltzmann válasza: **“Molekuláris rendezetlenség”**

Planck (1897-1900): “Irreversible Strahlungsvorgänge”

Boltzmann kritikája (1898): “visszafordulás” (B→-B)

“Denn der ganze Vorgang kann ebensogut auch in gerade umgekehrte Richtung verlaufen. Man braucht nur in irgendeinem Zeitpunkt das Vorzeichen aller magnetische Feldstärken, mit Beibehaltung der elektrischen Feldstärken, umzukehren. Dann saugt der Oszillator die in konzentrischen Kugelwellen emittierte in ebensolchen Kugelwellen wieder ein, und gibt die aus der erregenden Strahlung absorbierte Energie wieder von sich.” Von Irreversibilität kann also bei einem derartigen Vorgang nicht die Rede sein.”

Planck válasza: **“Természetes fény”**

(Source: Zur Geschichte der Auffindung des physikalischen Wirkungsquantums. *Fassung letzter Hand*. Naturwissenschaften. Vol. 31, pp. 153-159 (1943).)

A fekete test sugárzása. III

Energiaelemek és a hatáskvantum (1900. december 14.)

“Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum”

$u_\nu = (8\pi\nu^2/c^3)U$, **energiaelemek:** $U_N = NU = P\varepsilon$, $S_N = NS$,

$$W_N = \frac{(N-1+P)!}{(N-1)!P!}$$

$S_N = k \log W_N \rightarrow S = k[(1+U/\varepsilon)\log(1+U/\varepsilon) - (U/\varepsilon)\log(U/\varepsilon)]$, (ahol $U/\varepsilon = P/N$)

$S = f(U/\nu) \rightarrow \varepsilon = h \cdot \nu$, $dS/dU = 1/T \rightarrow U = h\nu / [\exp(h\nu/kT) - 1]$

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

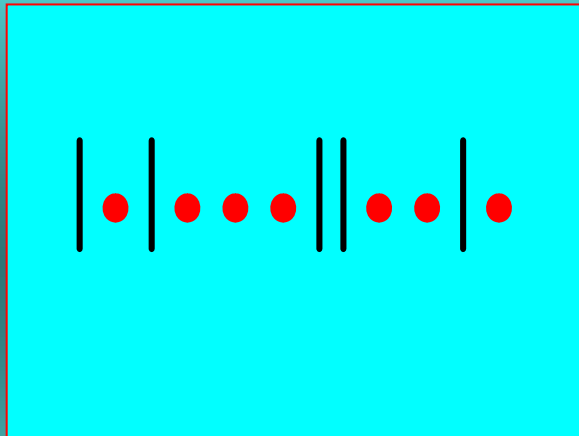
Ma: $u_\nu = Z_\nu h\nu \langle n \rangle$

Megjegyzés: Boltzmann (1877)

A Planck-féle kombinatorikai levezetésről

Van N darab oszcillátor és ezek között kell elosztani P energiaelemet. (Az “oszcillátor” helyett mondhatunk “módust” vagy “fáziscellát” is.)

Ehrenfest és Kamerling-Onnes egyszerű módszere (1914):



$$W_N = \frac{(N-1+P)!}{(N-1)!P!}$$

Ha a P energiaelemet (részecskét) megkülönböztetnénk, akkor

$$W_N = N^P$$

lenne az eredmény, és a Wien-eloszlást kapnánk, ekkor Einstein fotonjai klasszikus részecskék lennének.

Univerzális Állandók

Fénysebesség : $c=299\,792\,458\,00\text{ cm/s}$

Planck-állandó : $h=6.626\times 10^{-27}\text{ g cm}^2/\text{s}$

Boltzmann-állandó : $k=1.346\text{e}10^{-16}\text{ g cm}^2/\text{s}^2\text{ grad}$

Newton-állandó : $G=6.685\times 10^{-8}\text{ cm}^3/\text{g s}^2$

Planck-hossz, -tömeg, -idő és -hőmérséklet

$$l_p=4.03\times 10^{-33}\text{ cm},$$

$$t_p=1.34\times 10^{-43}\text{ s},$$

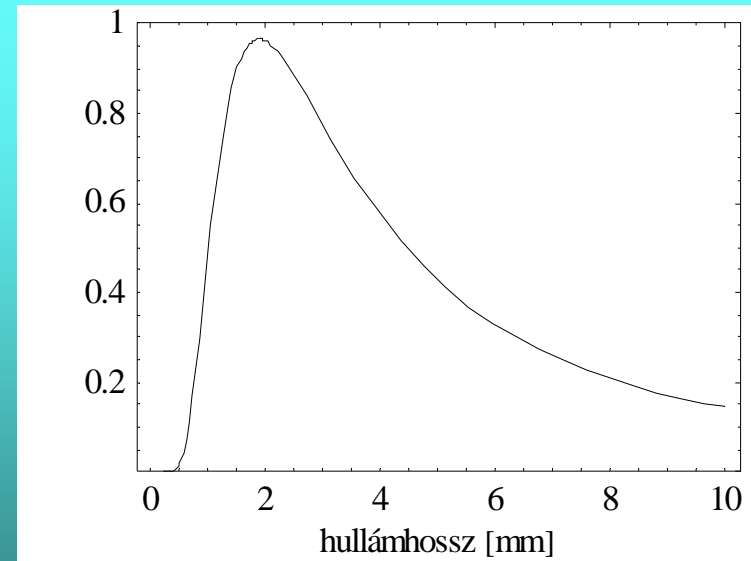
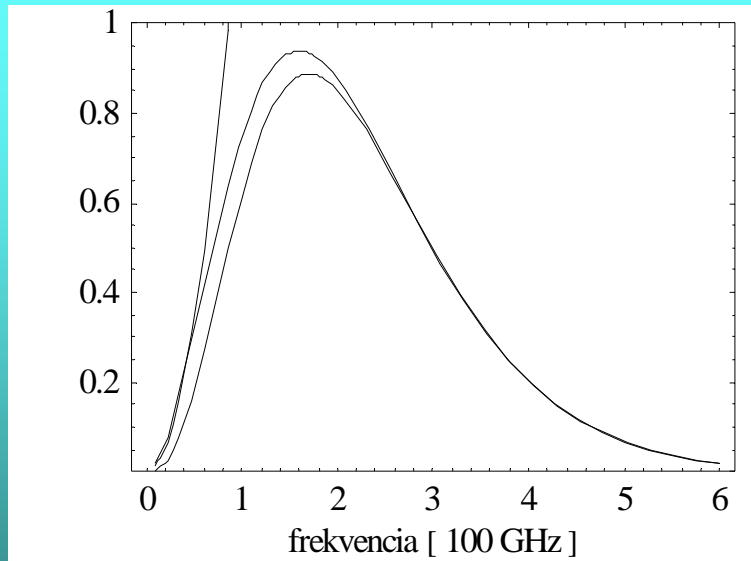
$$m_p=5.47\times 10^{-5}\text{ g},$$

$$T_p=3.63\times 10^{32}\text{ grad.}$$

“természetes egységrendszer, amelynek egységei minden időkre, minden, akár földönkívüli és embernélküli, kultúrákban természetes egységekként használhatók” (1899) :

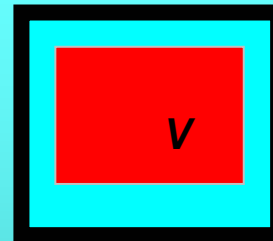
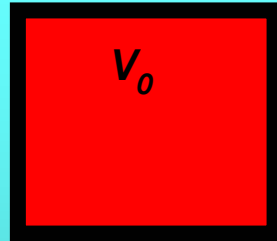
**Egy mai fontos példa: kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás
(Penzias és Wilson, 1965)**

T = 2,728 ~ 0.004 K ~ - 270 °C hőszugárzás (COBE, 1989)



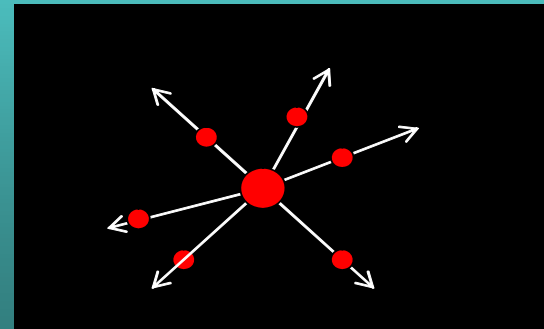
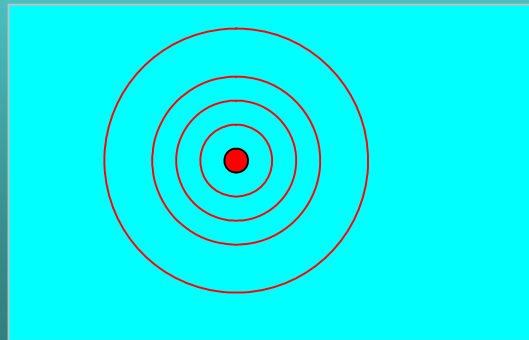
Az Einstein - féle fénykvantumok

Einstein (1905) : a Wien formulából $S-S_0 = k \log[(V/V_0)^{E/h\nu}]$



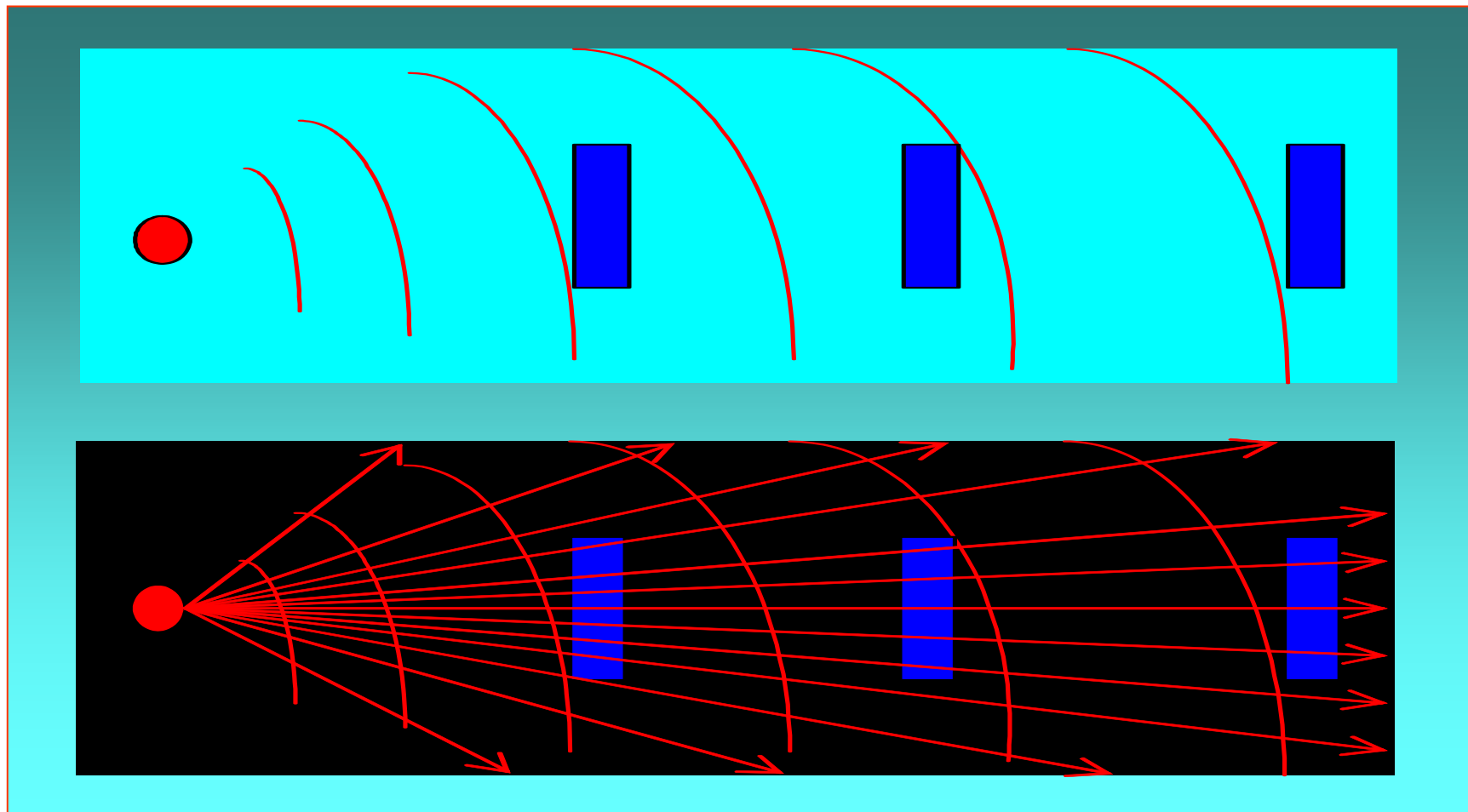
n pontszerű részecskéből álló ideális gáznál $S-S_0 = k \log[(V/V_0)^n] \rightarrow E = nh\nu$

Fénykvantumok: $h\nu$ energiával és $h\nu/c$ impulzussal



Planck szerint a hullámfront nem “foltos” (“fleckig”)

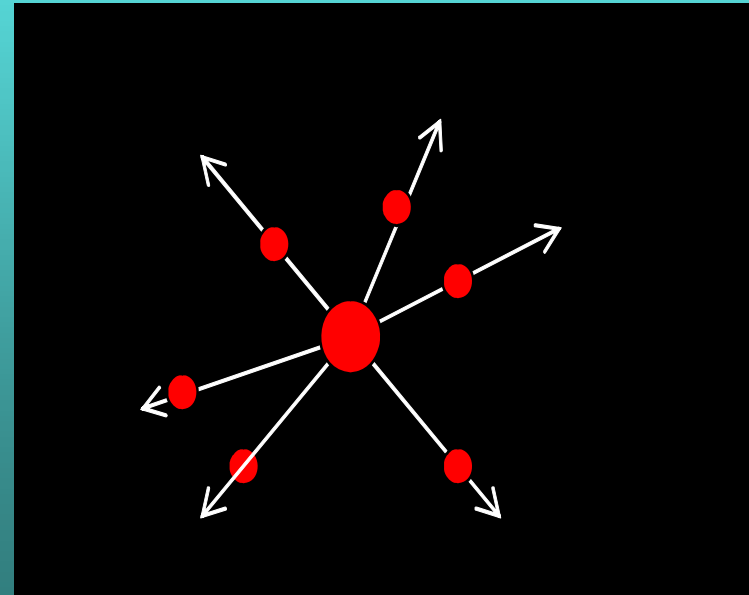
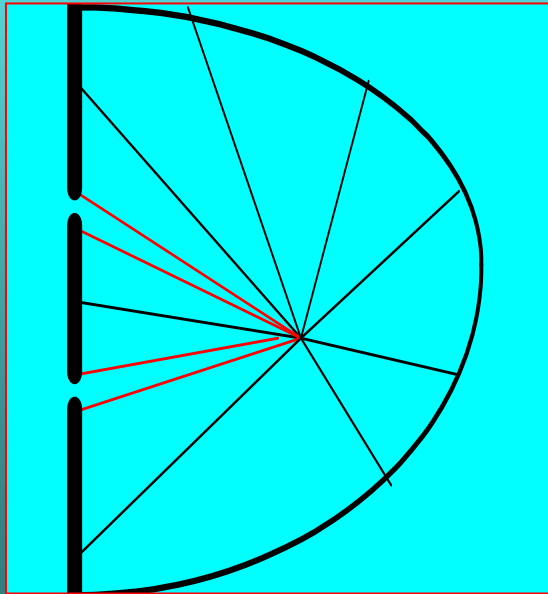
A fotoelektron energiája nem függ a kiváltó fény erősségétől





Diffrakció, Kirchhoff-féle integrálegyenlet (+ Fénykvantumok ?)

$$\psi(\vec{x}) = -\frac{1}{4\pi} \iint_{S_1+S_2} d\vec{f}' \cdot \left[\vec{\nabla}' \psi + ik \left(1 + \frac{i}{k |\vec{x} - \vec{x}'|} \right) \hat{R} \psi \right] \frac{e^{ik|\vec{x} - \vec{x}'|}}{|\vec{x} - \vec{x}'|}$$

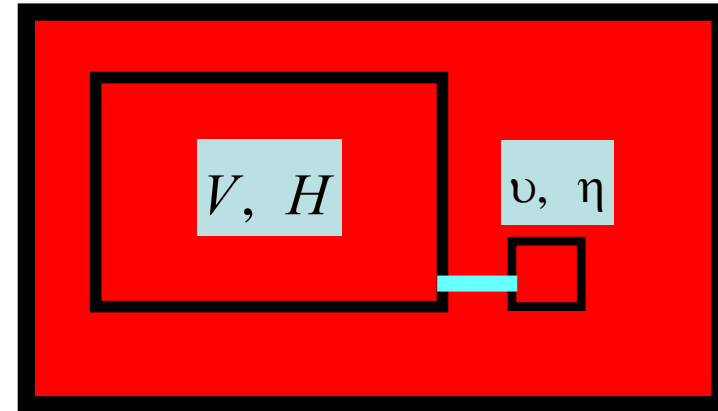


Einstein: fluktuációs formula a Planck-formula alapján; hullám-részecske kettősség

Beteszünk két egymással termodinamikailag kommunikáló dobozt V-t és v-t, egy termikus sugárzással kitöltött Hohlraum-ba, pillanatnyi energiájuk H és η . Az egyensúly beálltával, a homogenitás következtében $H_0:\eta_0=V:v$. Entrópiájuk $S=k \log W$, $dW = \exp(S/k) d\eta$. $S = \Sigma + \sigma$ és $\eta = \eta_0 + \varepsilon$, ahol ε random eltérés η_0 -tól. S-et ε -ban másodrendig kifejtve kapjuk:

$$dW = const \times \exp \left\{ -\frac{1}{2k} \left| \frac{d^2 \sigma}{d\eta^2} \right|_0 \varepsilon^2 \right\}$$

$$\Delta \eta^2 \equiv \overline{(\eta - \eta_0)^2} = \overline{\varepsilon^2} = \left\{ \frac{1}{k} \left| \frac{d^2 \sigma}{d\eta^2} \right|_0 \right\}^{-1}$$



$$\Delta \eta^2 = h\nu \eta_0 + \frac{c^3}{8\pi\nu^2 d\nu} \cdot \frac{\eta_0^2}{\nu}$$

$$\frac{d^2 \sigma}{d\eta^2} = \frac{1}{m_\nu} \cdot \frac{d^2 S_1}{dU_1^2} = \frac{1}{m_\nu} \frac{a}{U_1(b + U_1)}$$

$$m_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot d\nu \cdot \nu$$

Az I. Solvay Kongresszus (1911)

H. A. Lorentz (Leiden) : Ekvipartíció sugárzásra

W. Nernst (Berlin) : A kvantumelmélet alkalmazása a fajhőre

M. Planck (Berlin) : “Második elmélet”, zérusponti energia, a fásistér kvantálása

H. Rubens (Berlin) : A Planck-formula kísérleti bizonyítékai

A. Sommerfeld (München) : A hatáskvantum jelentősége nem-periodikus folyamatokra

W. Wien (Würzburg)

E. Warburg (Charlottenburg) : A Planck-formula kísérleti bizonyítékai

J. H. Jeans (Cambridge) : Kinetikus elmélet, aktív és passzív szabadsági fokok, fajhő

E. Rutherford (Manchester)

M. Brillouin (Paris)

Madame Curie (Paris)

P. Langevin (Paris) : A mágnesség kinetikus elmélete, “Langevin-függvény”

J. Perrin (Paris) : A molekulák létezése, Brown-mozgás stb. kísérleti eredmények

H. Poincaré (Paris)

A. Einstein (Prag) : A fajhő kvantumelmélete, molekulák rotációjának kvantálása

F. Hasenörl (Wien)

H. Kamerling-Onnes (Leiden) : Elektromos vezetőképesség alacsony hőmérsékleten

J. D. van der Waals (Amsterdam)

M. Knudsen (Kopenhagen) : Kinetikus elmélet, belső súrlódás, diffúzió, hővezetés

Planck, Einstein, Ehrenfest és Poincaré

(a) A ν frekvenciájú oszcillátor lehetséges energiái $0, h\nu, 2h\nu, \dots$

Einstein: igen, Planck: igen

(b) Ezek az energiaértékek egymástól független $h\nu$ egységekből állnak össze

Einstein: igen, Planck: nem tette fel ezt a levezetésnél

(c) A fénykvantumok nemcsak mint az emisszió és abszorpció

“atomjaiként” funkcionálnak, hanem léteznek az üres térben is

Einstein: igen, Planck: nem

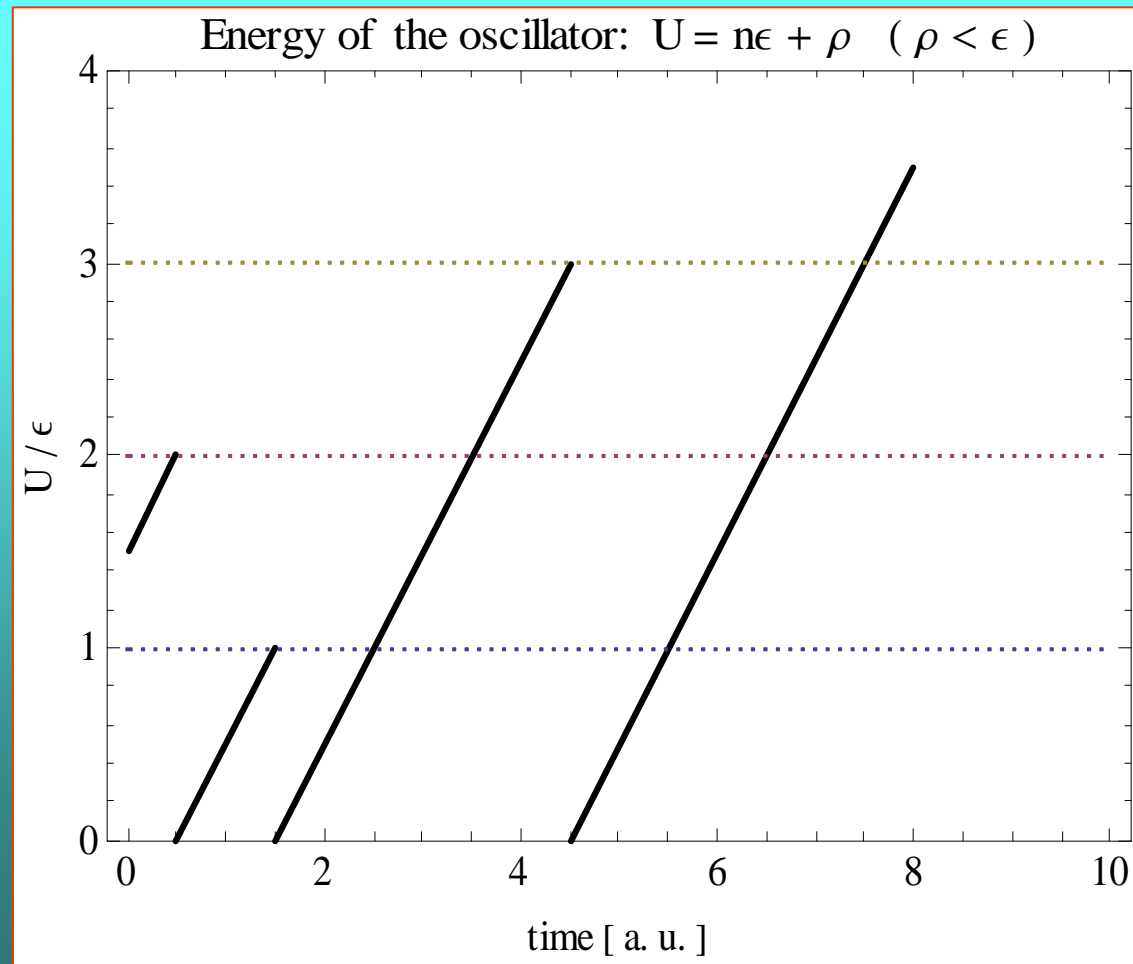
1911-ben Ehrenfest bebizonyítja hogy a kvantáltság szükséges és elégséges a Planck eloszlás érvényességéhez

Poincaré, hazatérve az I. Solvay Kongresszusról, más módszerrel szintén bebizonyítja ezt. 1912-ben publikálja. Ez győzi meg Jeans-t, Planck nagy ellenfelét a kvantumok jogos feltételéről. Jeans által az angolszász kutatók Poincaré levezetését ismerik meg, Ehrenfest munkája továbbra is gyakorlatilag ismeretlen marad.

A (b) ponthoz Ehrenfest: Ha az ϵ energiaelemek Planck-nál igazi részecskék lennének (ahogyan Einstein a fotonokat képzei), akkor ezeknek **nincs individualitásuk**, és **nem-klasszikus korrelációt** mutatnak.

Planck "második elmélete" (1911)

"Emissziós törvény" W [nem sugároz] / W [sugároz] $\propto u$



Indukált emisszió, "Bose-eloszlás", zéruspointi energia

$$\frac{1-\eta}{\eta} = p \cdot u, \quad p = \frac{c^3}{8\pi\nu^2 h\nu} = \frac{B}{A} = \frac{1}{Z_\nu \cdot h\nu}$$

B és A az Einstein-féle koefficiensek (1916)

$$\eta = \frac{A}{A + B \cdot u}$$

$$1 - \eta = \frac{B \cdot u}{A + B \cdot u}$$

Planck emissziós együtthatója (η) nem más mint a spontán emisszió és a teljes emisszió (spontán + indukált) valószínűségeinek hányada.

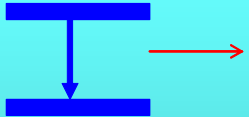
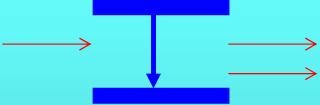
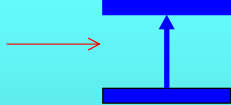
Bose-eloszlás:

$$w_n = \frac{\beta^n}{(1 + \beta)^{1+n}}, \quad \beta = \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} = \bar{n}$$

Zéruspointi energia:

$$u = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \left[\frac{h\nu}{2} + \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \right]$$

Indukált emisszió (Einstein, 1917), mézer (1954) , lézer (1960)

SPONTÁN EMISSZIÓ : $N_2 A_2$	INDUKÁLT EMISSZIÓ : $N_2 B_2 u$	ABSZORPCIÓ : $N_1 B_1 u$
		

Planck és a Speciális Relativitáselmélet

“Az igazán nagyokra jellemző módon Planck azonnal felismerte a továbbfejlesztési lehetőségeket és a továbbiakban Einstein és Planck, de Lorentz is egyre újabb és újabb eredményekkel gazdagították a relativitáselméletet a teljes lezárásig. Mint érdekességet említjük meg, hogy a relativitáselmélet továbbvitelében – egészen Minkowski már említett négydimenziós megfogalmazásáig, tehát 1908-ig talán Planck vitte a vezető szerepet, hasonlóan ahogy Planck kvantumelméletének továbbfejlesztésében viszont Einstein játszotta a főszerepet.”

Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete

Relativisztikus dinamika

Planck: Das Prinzip der Relativität und die Grundgleichungen der Mechanik (1906. március)

Relativisztikus Mozgásegyenlet:

$$\frac{d}{dt} \left\{ \frac{m \cdot v}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \right\} = F = eE + \frac{e}{c} v \times B$$

Lagrange-függvény:

$$L = -mc^2 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

Kanonikus impulzus:

$$p = \frac{\partial L}{\partial v} = \frac{m \cdot v}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

Hamilton-elv:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt (\delta L + F \cdot \delta r) = 0$$

Pauli (1921): ~Planck tulajdonképpen levezette a Lorentz-erőt a relativitáselméletből. Csak a Planck-féle kifejezésekből jön ki, hogy az erő az impulzus idő szerinti deriválja, és hogy zárt rendszer impulzusa állandó.

Sebességfüggő tömegnövekedés, Kaufmann (és mások) kísérletei (1901-...)

Planck: Die Kaufmannsche Messungen der Ablenkbarkeit der β -Strahlen in ihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen (1906. szeptember)

Kaufmann legfrissebb (1906) mérési eredményeinek elemzése az “új dinamika” szerint.

Kaufmann: Über die konstitution des Elektrons (1906)

Előtörténet:

J. J. Thomson (1881): A töltéstől és a formától függő tömegnövekedés.

O. Heaviside (1889): Töltött gömb terének torzulása fénysebességhez közel; ennek alapján J. J. Thomson bebizonyítja, hogy a tömegnek a sebességgel nőnie kell.

Max Abraham (1902) és H. A. Lorentz (1904): A mechanika “elektromagnetizálása”: a tömeg elektromágneses eredetű. Program: a Newton-egyenletek visszavezetése az elektrodinamikára.

Lorentz-Einstein:

$$\frac{p}{m_0 c} = \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Abraham:

$$\frac{p}{m_0 c} = \frac{3}{4\beta} \left[\frac{1 + \beta^2}{2\beta} \log \left(\frac{1 - \beta}{1 + \beta} \right) - 1 \right]$$

ahol

$$\beta \equiv v/c$$

Elektronmodellek

Abraham (1902):



**Lorentz-Poincaré
(1904-6):**



**Bucherer-Langevin
(1904-5):**



Kaufmann mérési módszere

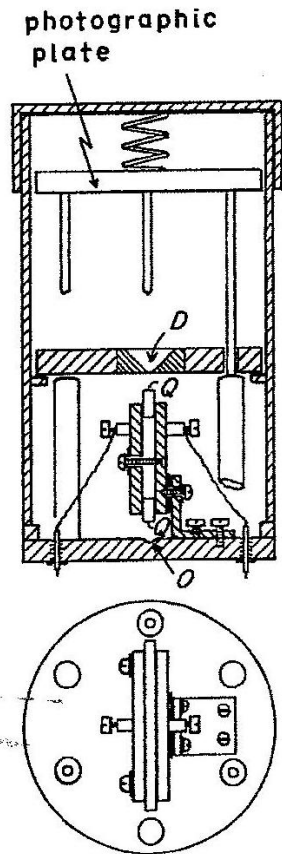


FIGURE 15.3 A sketch of Kaufmann's actual apparatus

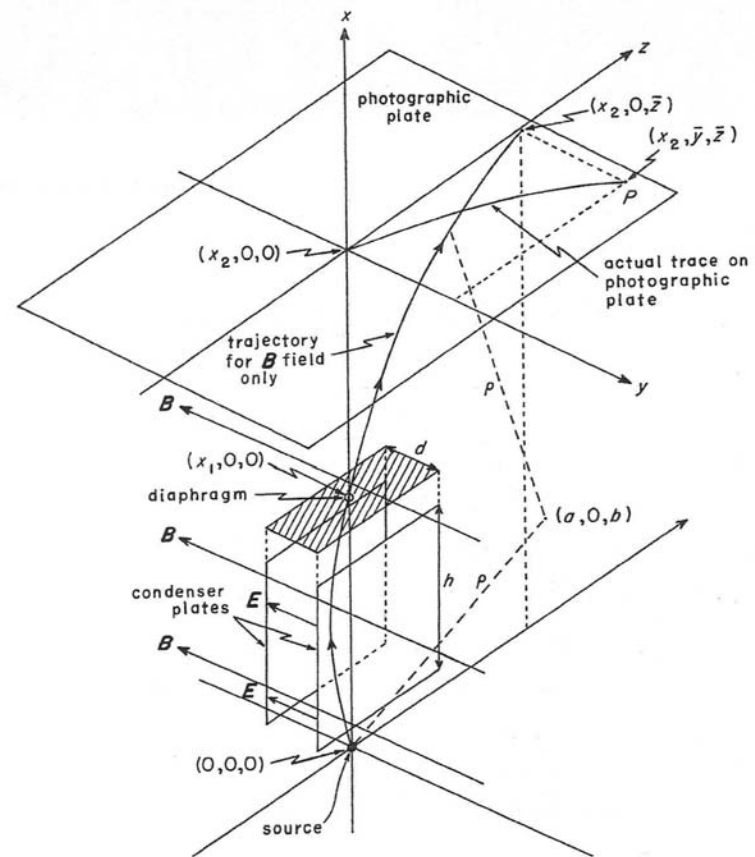


FIGURE 15.4 A diagram of Kaufmann's apparatus

Planck konklúziója (1907)

Planck: “Nachtrag zu der Besprechung der Kaufmannschen Ablenkungsmessungen”
Az újabb mérési eredmények alapján sem lehet dönteni a Lorentz-Einstein elmélet és az Abraham-féle modell között (a hibahatáron belül ugyanazt adják).

Neumann
(1914)

Később a spektrumok finomszerkezetére vonatkozó mérések egyértelműen a relativitáselméletet igazolták.

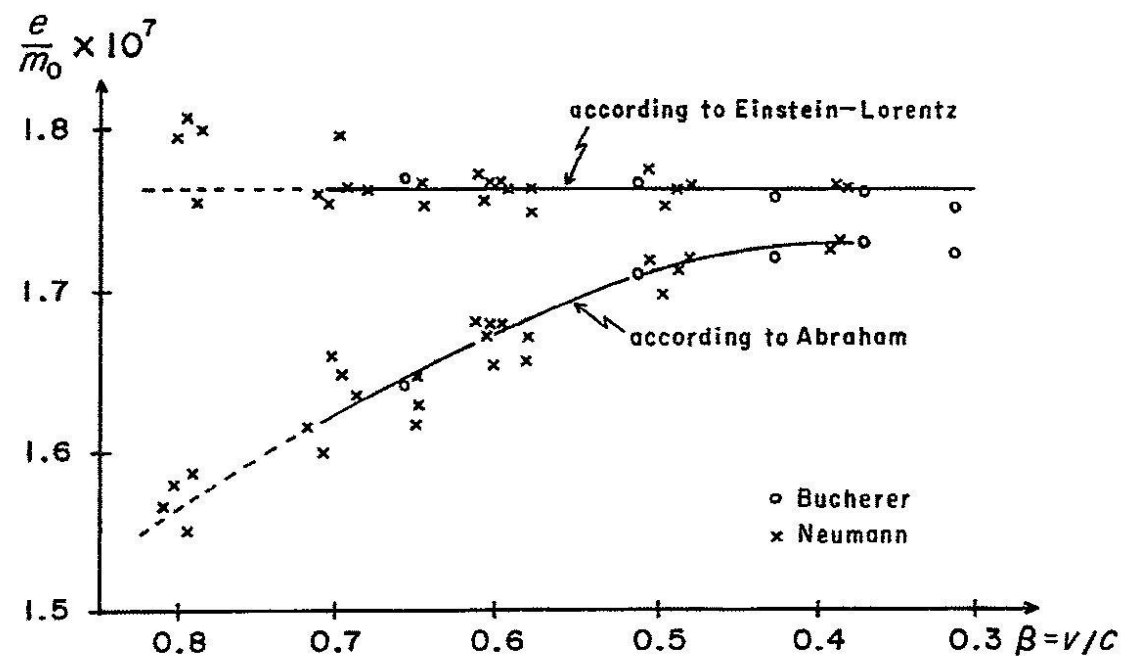


FIGURE 15.8 Conclusive evidence in favor of special relativity

A FIZIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA ÉS AZ
EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT
EGYÜTTES TUDOMÁNYOS ÜLÉSE

május 14. (szerda) 10 óra

PLANCK 2008

**Emlékezés Max Planck születésének 150. évfordulója
alkalmából**

Az ülés helye:

Magyar Tudományos Akadémia

Nagyterem (Budapest V., Roosevelttér 9. II. em.)

Planck tudományos eredményeinek vázlatos összefoglalása

- Disszertációjában bebizonyította, hogy a Termodinamika II. főtétele ekvivalens ezzel az állítással: “A hővezetés folyamata semmiképpen sem fordítható meg teljesen.”
- A híg oldatok termodinamikáját teljes részleteiben kidolgozta.
- Bebizonyította az üregsugárzás-oszcillátor rendszer spontán entrópiánövekedését. Ez Boltzmann H-tételének elektrodinamikai analogója.
- Meghatározta a fekete sugárzás egzakt spektrális sűrűségét. És egyben felfedezte a negyedik univerzális állandót, a Planck-féle hatáskvantumot.
- Ő vezette be a Boltzmann-állandót, amelyet Boltzmann valójában sohasem használt.
- Megalapozta a relativisztikus dinamikát. Ő vezette le elsőként az $E=mc^2$ formulát. Teljes joggal nevezhetnénk ezt az összefüggést “Einstein-Planck-formulának”. Kidolgozta a von Helmholtz-féle általános legkisebb hatás elvének relativisztikus általánosítását.
- Megalapozta a relativisztikus termodinamikát, levezette a tömegnövekedést.
- Megfogalmazta az entópia legáltalánosabb definícióját, amely nem-egyensúlyi rendszerekre is használható.
- Kidolgozta a fázistéren vett kvantálás módszerét, ő vezette be a “fáziscellákat”.
- Planck használt először master-egyenletet és a “Fokker-Planck-egyenletet” sugárzásos folyamatok leírására ... etc.

PLANCK: THEORIE DER WÄRMESTRAHLUNG

“Probably no single book since the appearance of Clerk Maxwell’s ELECTRICITY AND MAGNETISM has had a deeper influence on the development of physical theories.”

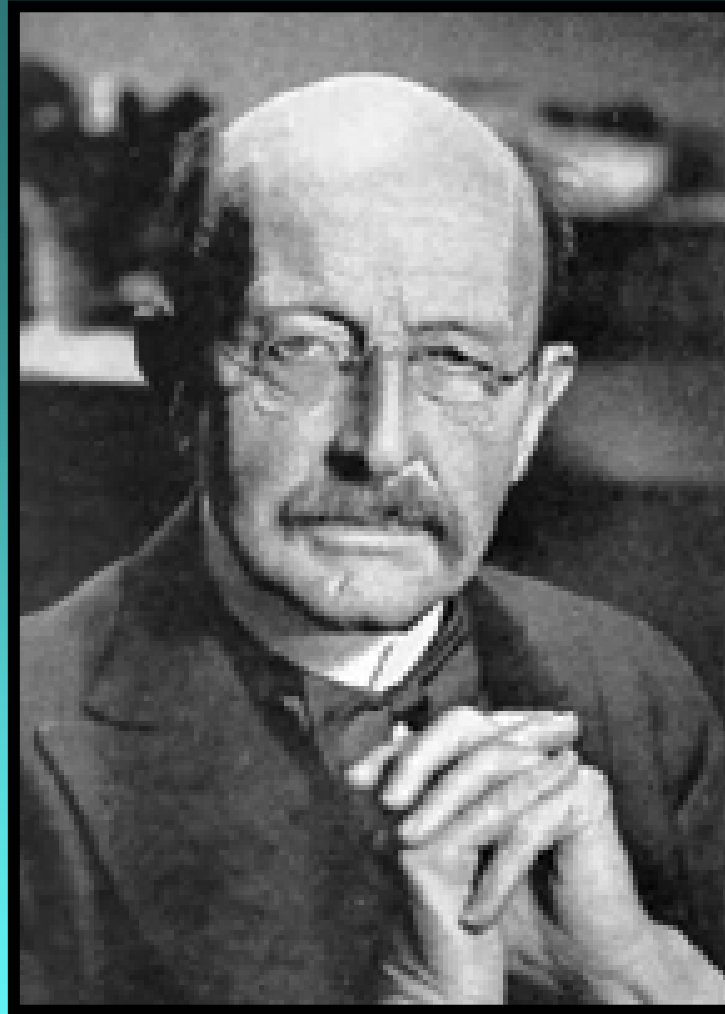
Morton Masius: Translator’s preface (1914)

A TUDOMÁNYOS ESZMÉK EREDETE ÉS HATÁSA

[Idézetek az 1933. február 17-én a Német Mérnökök Egyesületében tartott előadásból]

“ Valamely nagyszabású tudományos gondolat nem úgy szokott elterjedni, hogy ellenzői fokozatosan megtérnek – Saulusból ritkán lesz Paulus –, hanem inkább úgy, hogy az ellenfelek lassan kihalnak és a felnövekvő nemzedék eleve hozzá szokik az eszméhez. Ezért tartozik az iskolaügy szakszerű megszervezése a tudományos haladás legfontosabb feltételei közé...”

“Jellegzetes tünete a jelenleg uralkodó zűrzavarnak, hogy nem kevés feltaláló fáradozik jelenleg ismét olyan szerkezeteken, amelyek az energia határtalan termelését, vagy az újabban divatbajött rejtélyes földsugarak ártalmatlanná tételét célozzák; és még bámulatosabb, milyen gazdag anyagi támogatásban részesülnek a jóhiszeműek részéről az ilyen feltalálók, miközben más oldalon értékes és kilátásokkal kecsegtető tudományos vizsgálatokat kell korlátozni vagy megszüntetni anyagi eszközök hiánya miatt. Itt csupán az alapos iskolai képzés nyújthatna hathatós segítséget, mégpedig nem csupán a feltalálóknál, hanem a pénzt adóknál is.”



“Was mich in der Physik von jeher vor allem interessierte, waren die großen allgemeinen Gesetze, die für sämtliche Naturvorgänge Bedeutung besitzen, unabhängig von den Eigenschaften der an den Vorgängen beteiligten Körper.”