

Fizyka oświecenia

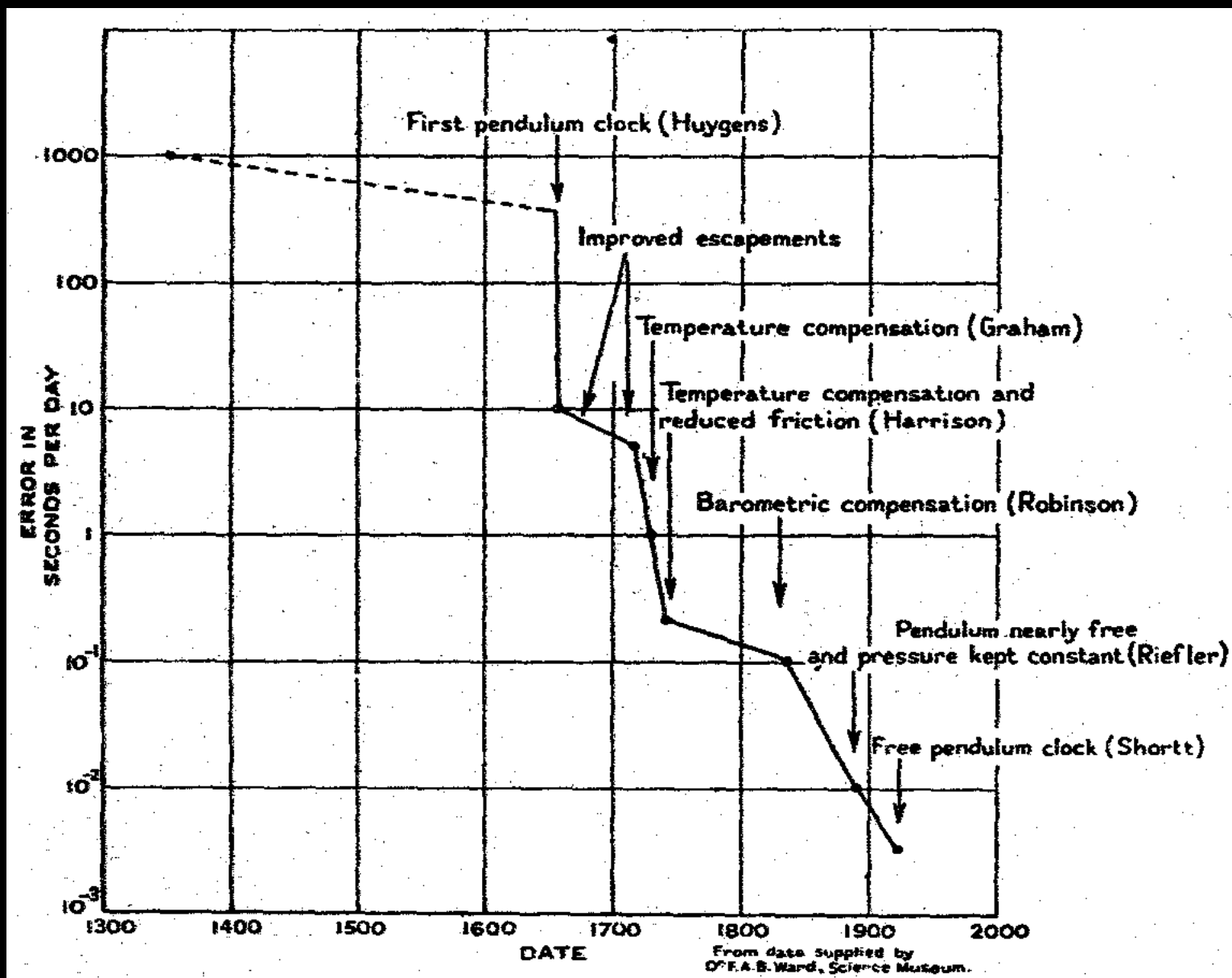
część 1

Wiek XVII - „wiek przyrządów naukowych”

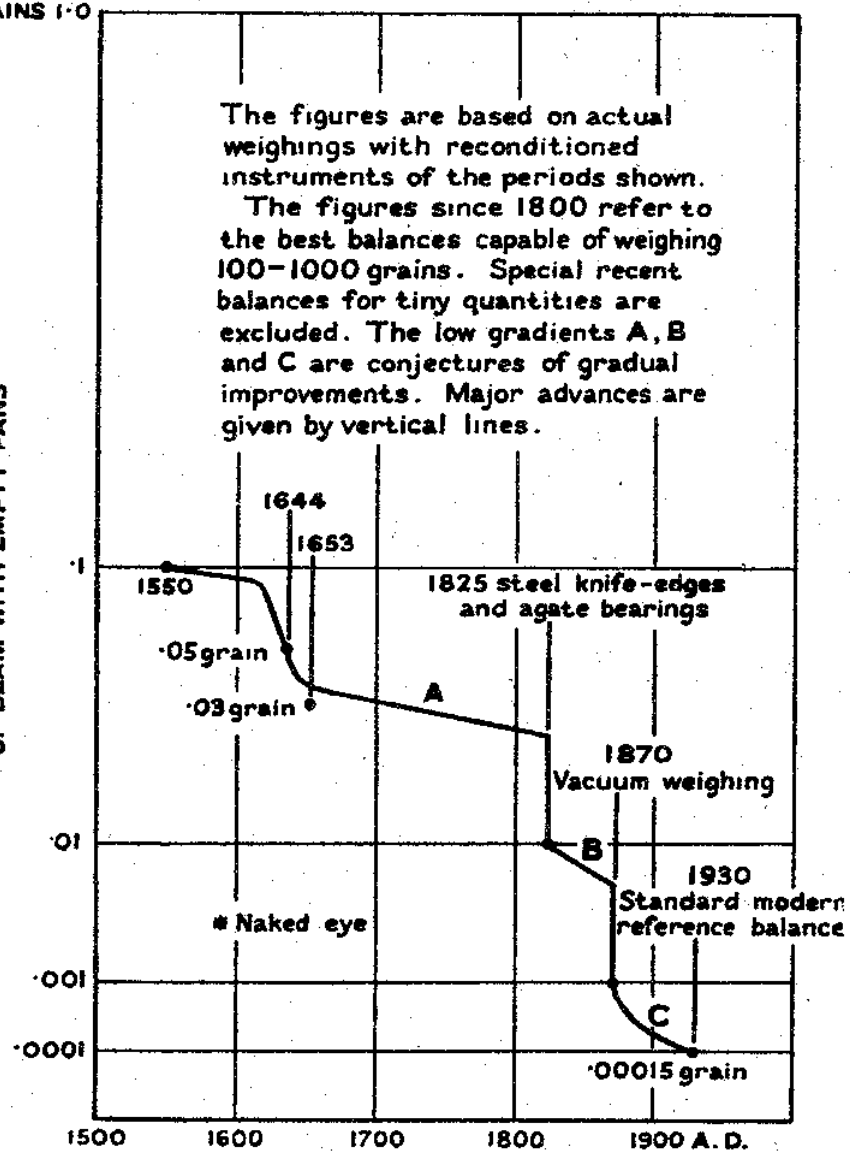
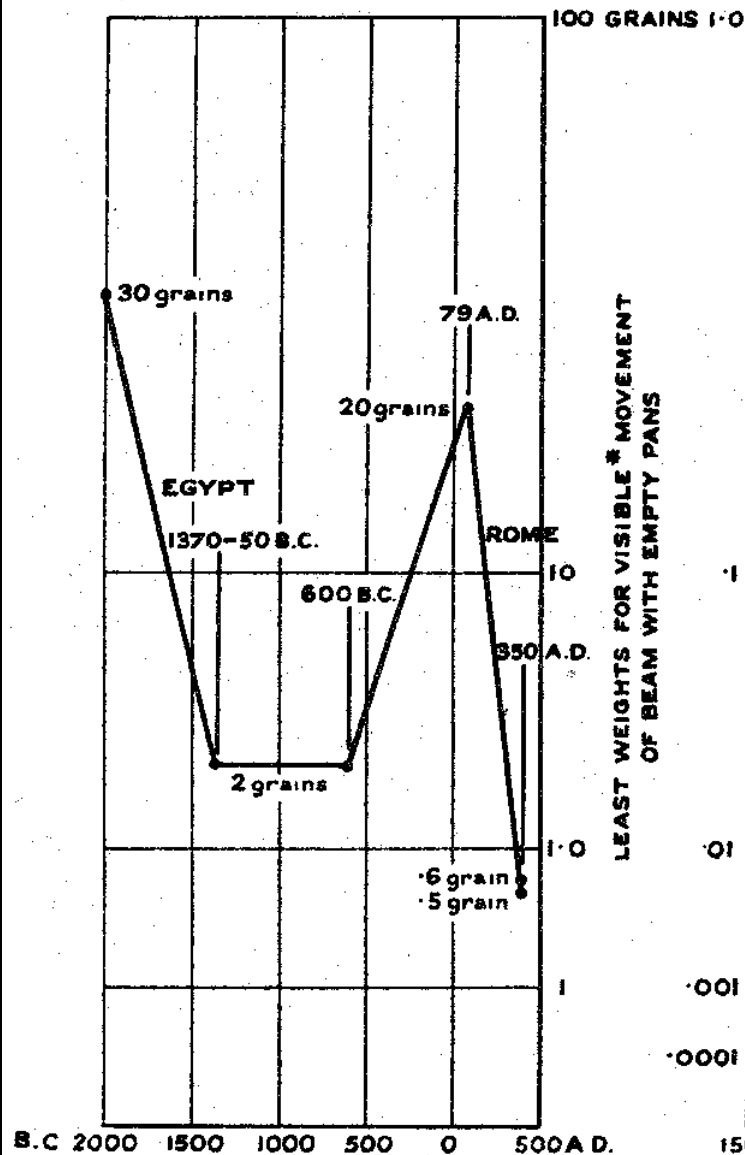
termometr,
barometr,
teleskop soczewkowy,
teleskop zwierciadlany,
mikroskop,
higrometr,
pompa próżniowa,
zegar wahadłowy,
maszyna elektrostatyczna,
elektroskop,

.....

Rozwój dokładności pomiarów czasu

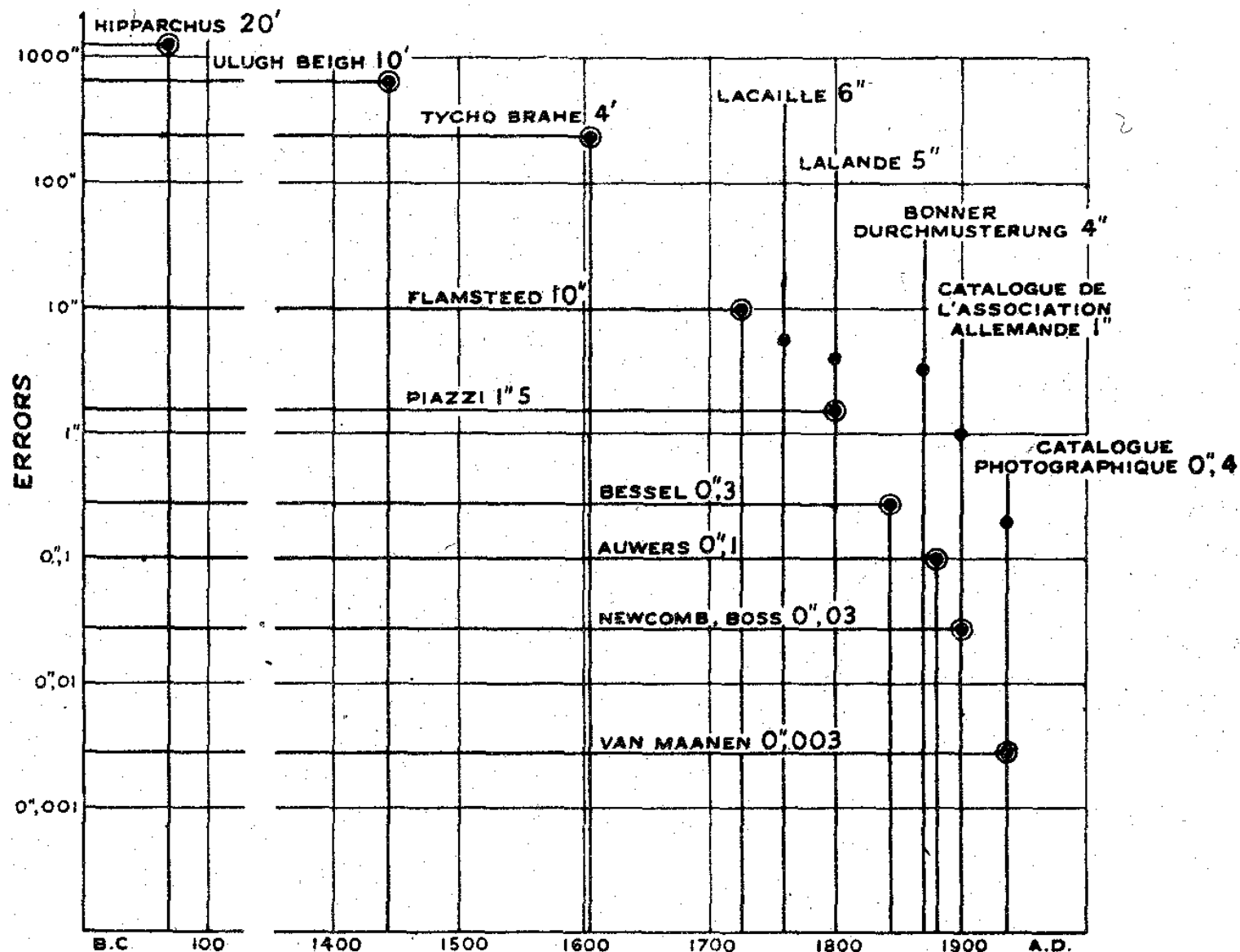


Rozwój dokładności pomiarów masy



From data supplied by
F.G. Skinner, Science Museum

Rozwój dokładności pomiarów kąta



- The most accurate observations
- Catalogue giving a great number of stars

By kind permission of
Messrs. Hermann et Cie

Fizykę oświecenia nazywa się też **fizyką nieważkich fluidów**.

Ze względu na brak pojęcia energii zmiany stanu ciał (ogrzanie, naelektryzowanie, namagnesowanie) przypisywano obecności nieważkich fluidów ciepła, elektryczności, magnetyzmu). Do tej filozofii pasowały też potem pojęcia elektryczności zwierzęcej i magnetyzmu zwierzęcego).

W tym okresie nastąpił wielki postęp w mechanice, która została doprowadzona niemal do postaci obecnej.

W optyce brak znaczącego postępu. Ze względu na wielki autorytet Newtona utrzymywano jego poglądy.

Mechanika

od Newtona do Laplace'a

Newton zbudował fundament
i wytyczył właściwy kierunek rozwoju,
ale niemal cała mechanika, którą dziś
znamy, jest dziełem sławnych
matematyków i fizyków XVIII stulecia

Konkurs Royal Society (1668) na rozprawę o zderzeniach ciał

John Wallis – zderzenia centralne; (masa $\times$ prędkość = *momentum*)

Christopher Wren – tylko zderzenia sprężyste

Christiaan Huygens – najpełniejsze wyniki

„Na końcu chcę podkreślić godne podziwu prawo natury, które mogę udowodnić dla ciał sferycznych, i które wydaje się stosować także do wszystkich innych, twardych i miękkich, które się zderzają centralnie lub ukośnie: wspólny środek ciężkości dwóch, trzech lub dowolnej liczby ciał porusza się zawsze jednostajnie po linii prostej w tym samym kierunku przed i po ich zderzeniu.”

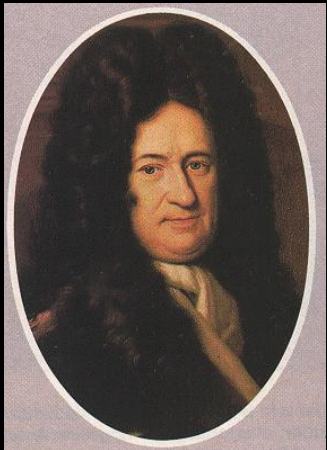
Huygens (1669)

Ilość ruchu

Kartezjusz: ilość ruchu = masa $\times$ prędkość
„...jeśli część materii porusza się dwa razy
szybciej niż inna część, a ta druga część jest dwa
razy większa niż pierwsza, to mamy prawo
sądzić, że w ciele mniejszym jest tyle samo ruchu
co w ciele większym...”



Principia philosophiae (1644)



Leibniz: ilość ruchu = masa $\times$ prędkość do kwadratu
(potem ta wielkość uzyskała nazwę *vis viva*)

„Krótki dowód nadzwyczajnego błędu popełnionego
przez Kartezjusza i innych”, *Acta Eruditorum* (1686)

d'Alembert (1743) – „spór o słowa”

Poczet wielkich mechaników



Jacob
Bernoulli



Johann
Bernoulli



Daniel
Bernoulli



Leonhard
Euler



Jacob
Hermann



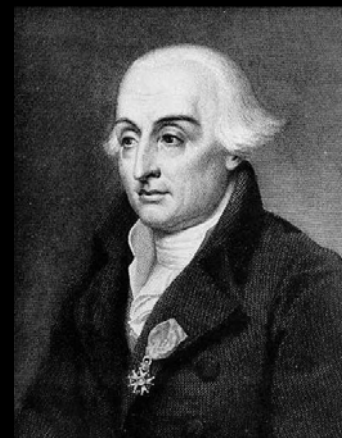
Jean Rond
d'Alembert



Alexis
Clairaut



Pierre Louis
Maupertuis



Joseph Louis
de Lagrange



Pierre Simon
de Laplace

Nicolaus
(1623-1708)

Ród Bernoullich

Nicolaus
(1662-1716)

Jakob I
(1654-1705)



Johann I
(1667-1748)



Nicolaus I
(1687-1759)



Nicolaus II
(1695-1726)



Daniel I
(1700-1782)



Johann II
(1710-1790)

Johann III
(1744-1807)



Daniel II
(1754-1834)

Jakob II
(1759-1789)





Leonhard Euler (1707-1783)

MECHANICA SIVE MOTVS SCIENTIA ANALYTICE

EXPOSITA
AVCTORE
LEONHARDO EVLERO
ACADEMIAE IMPER. SCIENTIARVM MEMBRO ET
MATHESIDOS SVBLIMIORIS PROFESSORE.

TOMVS I.

INSTAR SVPPLEMENTI AD COMMENTAR.
ACAD. SCIENT. IMPER.

PETROPOLI

EX TYPOGRAPHIA ACADEMIAE SCIENTIARVM.
A. 1726.

THEORIA MOTVS CORPORVM SOLIDORVM SEV RIGIDORVM

EX
PRIMIS NOSTRAE COGNITIONIS PRINCIPIIS
STABILITA
ET AD OMNES MOTVS.
QVI IN HVIVSMODI CORPORA CADERE POSSVNT,
ACCOMMODATA

AVCTORE
LÉONH. EVLERO
ACADEMIAE REGIAE SCIENT. BORVSSICAE DIRECTORE
ACADEMIAE IMPER. PETROPOL. SOCHO HONORARIO
ET ACADEMIARVM SCIENC. BUDAPEST. TABLIZNAE
ET LONDINENSIS MEMBRO



ROSTOCKI ET COPENHAGENAE
LITTERIS ET IMPRARIIS A. D. ROSE. MDCCCLV

THEORIA MOTVS LUNAE EXHIBENS OMNES EIVS INAEQUALITATES

IN
ADDITAMENTO
HOC IDEM ARGUMENTUM ALITER TRACTATUR
SIMVLQVE EXTENDITVR
QUEMADMODVM MOTVS LUNAE CVM OMNIBVS
INAEQUALITATIBVS
INNVMERIS ALIIS MODIS
REPRESENTARI
ATQVE AD CALCVLVM REVOGARI POSSIT
AVCTORE
L. EVLERO



IMPRINIS
ACADEMIAE IMPERIALIS SCIENTIARVM
PETROPOLITANAE
A. 1751.

SCIENTIA NAVALIS SEV TRACTATVS DE CONSTRVENDIS AC DIRIGENDIS NAVIBVS

PARS PRIOR
COMPLECTENS
THEORIAM VNIVERSAM
DE SITV AC MOTV
CORPORVM AQVAE INNATANTIVM.

AVCTORE
LEONHARDO EVLERO
PROF. HONORARIO ACADEMIAE IMPER. SCIENT. ET
DIRECTORE ACAD. REG. SCIENT. BORVSSICAE.
INSTAR SVPPLEMENTI AD TOM. I. NOVOBVM
COMMENTAR. ACAD. SCIENT. IMPER.
POTROPOLI
TYPIS ACADEMIAE SCIENTIARVM
MDCCCLXX

Vollständige Anleitung zur Algebra

von
Hrn. Leonhard Euler.

Erster Theil.

Von den verschiedenen Rechnungs-Arten,
Verhältnissen und Proportionen.



St. Petersburg.
gedruckt bey der Kays. Acad. der Wissenschaften 1770.

INSTITVTIONVM CALCVLI INTEGRALIS

VOLVMEN PRIMVM

IN QVO METHODVS INTEGRANDI A PRIMIS PRIN.
CIPIS VBIQVE AD INTEGRATIONEM ALIQVATIONVM DITTE
RENTIALIVM PRIMI GRADVS PERTRACTAVS.

LEONHARDO EVLERO
ACAD. SCIENT. BORVSSICAE DIRECTORE VICENNALI ET SOCHO
ACAD. PETROP. PARISI. ET LONDIN.



PETROPOLI
Impreris Academiae Imperialis Scientiarum
1768.

METHODVS INVENIENDI LINEAS CURVAS

Maximi Minutivae proprietate gaudentes,
SIVE

SOLUTIO
PROBLEMATIS ISOPERIMETRICI
LATISSIMO SENSU ACCEPTI

AVCTORE
LEONHARDO EULERO,
Professore Regio. & Academiae Imperialis Scientia-
rum PETROPOLITANAE Socio.



LAUSANNAE & GENEVAE.
Apud MARCUM MICHAELUM BOUSQUET & Socios.
MDCCCLIV.

LETTRES A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE SUR DIVERS SUJETS de PHYSIQUE & de PHILOSOPHIE

TOME PREMIER



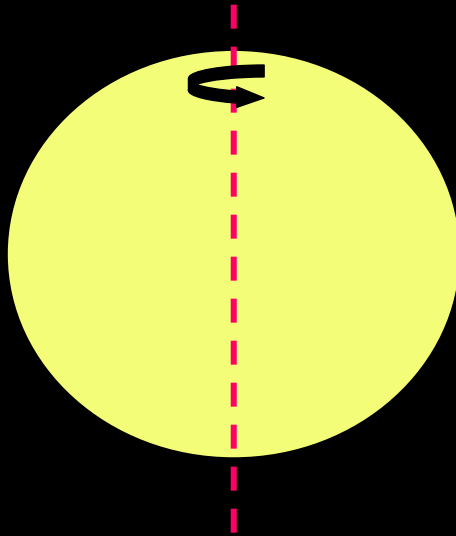
A SAINT PETERSBOURG
de l'Imprimerie de l'Academie Impériale des Sciences
M DCC LX VIII.

Wkład Eulera do mechaniki:

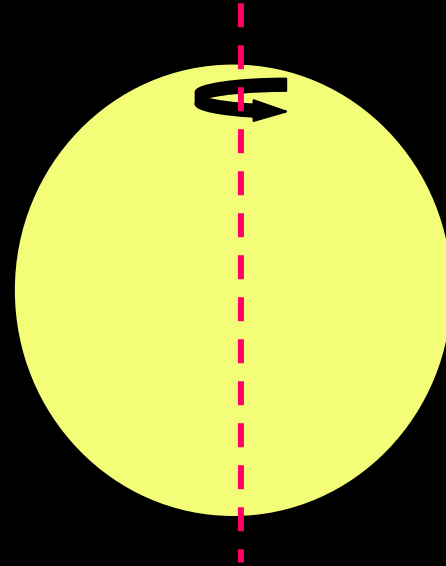
- pierwszy wykład mechaniki analitycznej (*Mechanica sive scientia motus analytice exposita*, 1736)
- wprowadzenie ścisłego pojęcia *punktu materialnego* (Newton rozważał ruch nie dość ściśle zdefiniowanych *ciał*)
- rozważanie *przyspieszenia* jako wielkości kinematycznej w ruchu po torze
- wprowadzenie rozważań wielkości skierowanych (później nazwanych *wektorami*)
- podanie (niezależnie i równocześnie z D. Bernoullim, 1734) równania różniczkowego drgań poprzecznych sprężystego pręta)
- pierwsza analiza oscylatora harmonicznego (1739)
- pierwsze sformułowanie „równań Newtona” $F_x = m a_x$ itd. (1752)
- pierwszy wykład mechaniki bryły sztywnej, z wprowadzeniem równań ruchu, kątów Eulera etc. (*Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, 1765)
- rozwinięcie metod hydrodynamiki (*Scientia navalis*, 1749, *Principia motus fluidorum*, 1752, *Continuation des recherches sur la théorie du mouvement des fluides*, 1757)
- metody rachunkowe w mechanice nieba (*Theoria motuum planetarum et cometarum*, 1744, *Theoria motus lunae*, 1753)

Newtonianizm czy kartezjanizm?

Newton



Kartezjusz



Ekspedycje do Laponii i do Ameryki Południowej w okolice równika 1735 r.

Newtonianizm czy kartezjanizm?

W 1748 r. konkurs Akademii Nauk na pracę o ruchu Księżyca
Trzy prace nadesłane: d'Alembert, Clairaut, Euler

Wyniki obliczeń niezgodne z obserwacjami !

„Mogę podać szereg dowodów na to, że siły, które działają na Księżyc nie podlegają ściśle prawu Newtona... ponieważ błędów nie można przypisać obserwacjom, nie mam wątpliwości, że bardzo prawdopodobną przyczyną jest pewne „*derangement*” sił zakładanych w teorii. Skłania mnie to do sądzenia, że przyczyną tych sił są wiry albo jakieś inne materialne czynniki, wtedy bowiem łatwo jest zrozumieć, że te siły powinny ulegać zmianie, kiedy są przenoszone przez jakiś inny wir.”

Euler w liście do Clairauta, IX 1747

Newtonianizm czy kartezjanizm?



D'Alembert: może to siła magnetyczna, powoduje „*derangement*” prawa Newtona (korelacja położeń Księżyca i zmian magnetycznych na Ziemi)



Clairaut: w prawie powszechnego ciężenia można dodać wyraz proporcjonalny do $1/r^3$ albo $1/r^4$

Georges- Leclerc de Buffon: macie błędy w rachunkach!

i rzeczywiście...

A. Clairaut, *Theorie de la Lune, deduite du seul principe de l'attraction reciproquement aux quarres des distances*, Petersburg 1752



Jacob Hermann (1678-1733)

Siła G działa nierównomiernie.
W nieskończenie małym odcinku czasu dT (*temporis tractum indefinite parvum* dT) ciało uzyskuje infinitezymalną prędkość dV (*celeritas infinitorum* dV); wtedy zachodzi równość

$$G = M \cdot dV/dT, \text{ czyli } dT = M \cdot dV/G$$

W tym wzorze G jest ciężarem (*pondus*) lub ciężkością (*gravitas*) masy M .

PHORONOMIA,
SIVE
DE VIRIBUS ET MOTIBUS
CORPORUM
SOLIDORUM ET FLUIDORUM

LIBRI DUO,

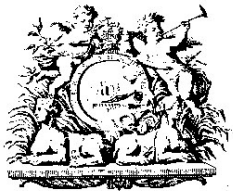
AUTORE

JACOBO HERMANNO Bafil.

ante hac in Illustri Patavino Lyceo; nunc vero

in Regio Viadrino Matb. Prof. Ord.

& Reg. Scientiarum Societatis, quae Berolini est, Sodali.



AMSTELÆDAMI,

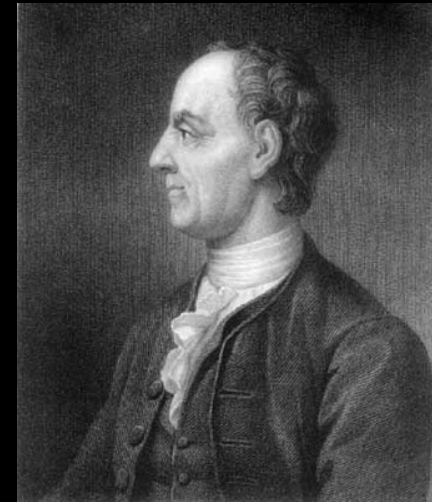
Apud ROD. & GERH. WETSTENIOS H.FF.

M. D. CCXVI.

Pierwszy przykład zapisu praw Newtona w postaci algebraicznej

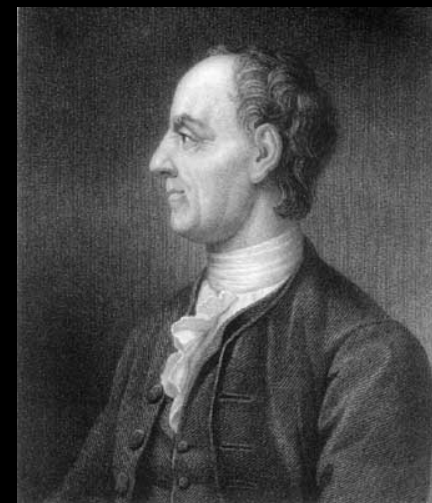
„Jeśli analiza ma być nieodzowna, to właśnie w mechanice. Wprawdzie czytelnik przekonuje się do poprawności rozważań, ale nie nabywa dostatecznie jasnego i dokładnego zrozumienia zagadnień, toteż jeśli zostaną trochę zmienione, to nie będzie mógł ich rozwiązać samodzielnie, jeśli nie zwróci się ku analizie i nie rozwiąże ich metodą analityczną. Tak właśnie było ze mną, kiedy zacząłem zapoznawać się z *Zasadami* Newtona i *Phoronomią* Hermanna; chociaż zdawało mi się, że dostatecznie jasno zrozumiałem rozwiązanie wielu zadań, to zadań trochę różnych od nich nie mogłem zrozumieć.”

Leonhard Euler, *Mechanica sive motus scientia...*, Wstęp



„Wtedy postarałem się w miarę moich umiejętności ponownie rozwiązać te problemy analitycznie, dzięki czemu znacznie lepiej pojąłem istotę rzeczy. Następnie w podobny sposób zbadałem jeszcze inne problemy odnoszące się do tej nauki i dla siebie samego wyłożyłem ich rozwiązanie planową jednorodną metodą i ułożyłem w odpowiednim porządku. Przy tym nie tylko napotkałem cały szereg kwestii wcześniej zupełnie nie rozważanych, które mnie udało się rozwiązać, ale znalazłem także wiele różnych metod, dzięki którym nie tylko mechanika, ale i sama analiza znacznie się wzbogaciły. W ten sposób powstała ta praca o ruchu, w której wyłożyłem metodą analityczną w odpowiednim porządku zarówno to, co znalazłem w innych pracach o ruchu ciał, jak i to, co sam otrzymałem w wyniku tych rozważań.”

Leonhard Euler, *Mechanica sive motus scientia...*, Wstęp



„Jeżeli prędkość jest taka, że ciało ją mające przebywa w sekundę drogę trzech stóp, to prędkość tę wyrażamy liczbą 3.... Ciało przebywające 48 stóp w 6 sekund ma prędkość równą 8 - liczba ta pokazuje, że ciało w ciągu sekundy przebywa 8 stóp.”

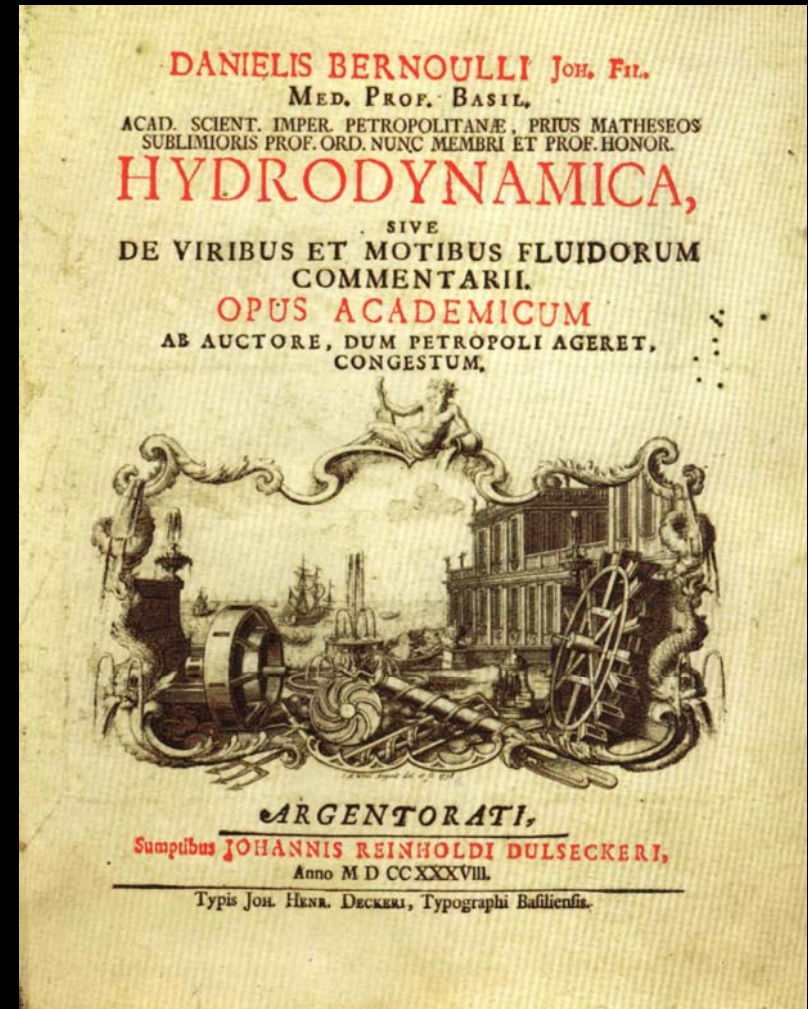
„Może wyniknąć wątpliwość co do tego, jak można dzielić drogę przez czas, ponieważ są to wielkości różnorodne i wobec tego nie można powiedzieć ile razy, na przykład, odstęp czasu 10 minut mieści się w odcinku drogi 10 stóp.”

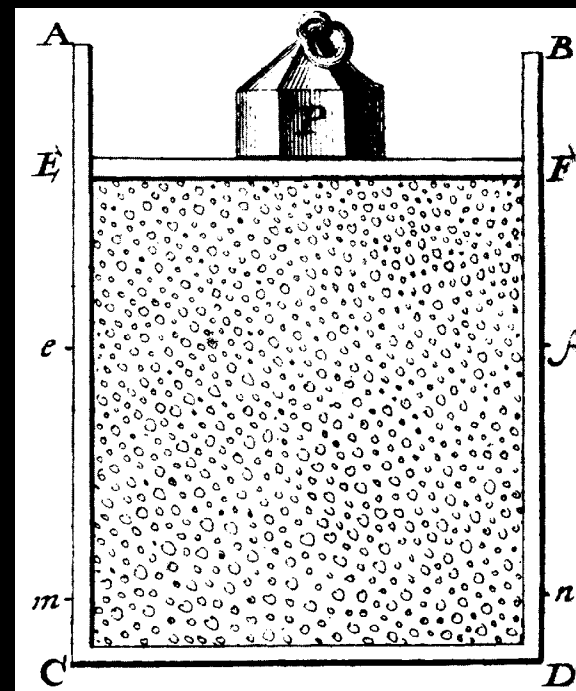
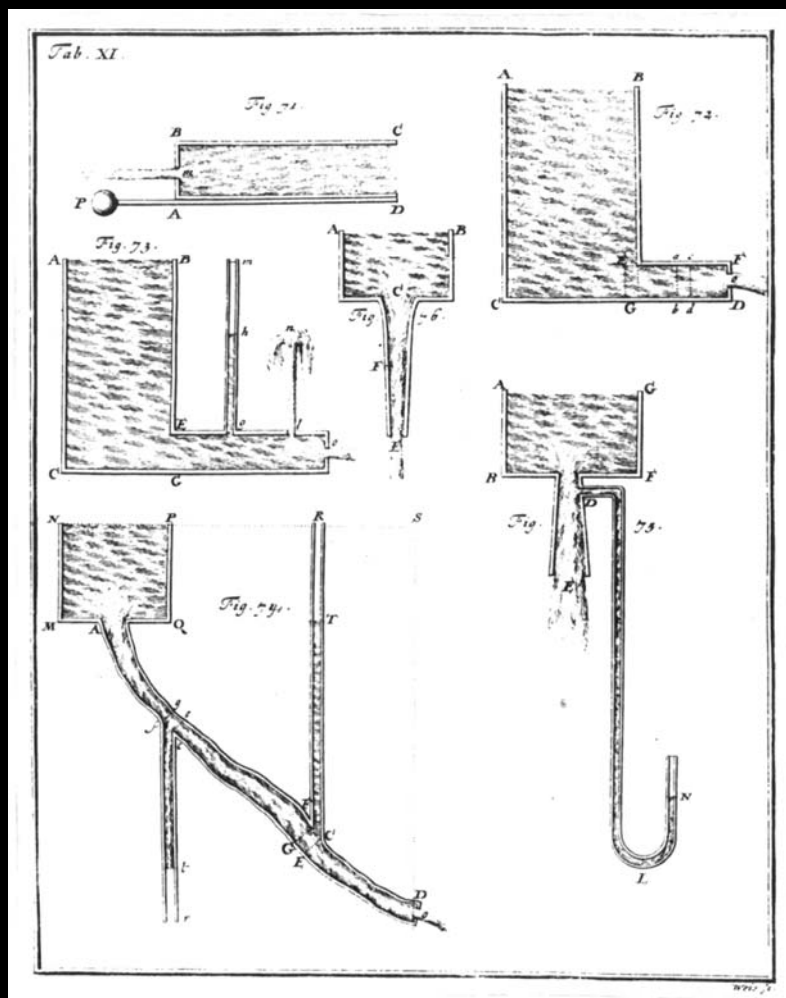
„ d^2s/dt^2 przedstawia odcinek drogi, który ciało przebywa ponad to, co przebyło by, gdyby jego ruch nie uległ zmianie... Ten dodatkowy odcinek drogi jest wprost proporcjonalny do siły i odwrotnie proporcjonalny do masy ciała.”

Euler, *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*



Daniel Bernoulli - *Hydrodynamica* (1738)





Ilustracje z *Hydrodynamiki* Daniela Bernoulliego

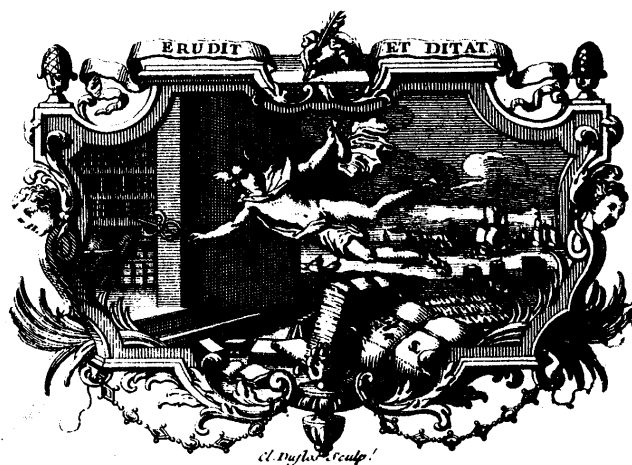


(1717-1783)

TRAITÉ DE DYNAMIQUE,

DANS LEQUEL LES LOIX DE L'EQUILIBRE
& du Mouvement des Corps sont réduites au plus petit nombre possible, & démontrées d'une manière nouvelle, & où l'on donne un Principe général pour trouver le Mouvement de plusieurs Corps qui agissent les uns sur les autres, d'une manière quelconque.

Par M. d'ALEMBERT, de l'Académie Royale des Sciences.



A PARIS,

Chez DAVID l'aîné, Libraire, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.

M D C C X L I I I.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.



„Za Newtonem nazywam siłą
bezwładności właściwość, dzięki której
ciała pozostają w swoim stanie; ciało jest
albo w stanie spoczynku albo w ruchu...

Prawo 1: Ciało spoczywające pozostaje w spoczynku, dopóki
przyczyna zewnętrzna wyprowadzi je z tego stanu; ciało
bowiem nie może samo przez się zacząć się poruszać.

Prawo 2: Ciało raz wprowadzone w ruch przez jakąś
przyczynę musi pozostawać w ruchu jednostajnym wzdłuż linii
prostej, chyba że podziała na nie inna przyczyna, różna od tej,
która wprowadziła je w ruch; ciało będzie przebywało wzdłuż
prostej równe odcinki w równych czasach.”

d'Alembert – *Traité de dynamique* (1743)

MÉCHANIQUE

ANALITIQUE;

Par M. DE LA GRANGE, de l'Académie des Sciences de Paris.

de celles de Berlin, de Pétersbourg, de Turin, &c.



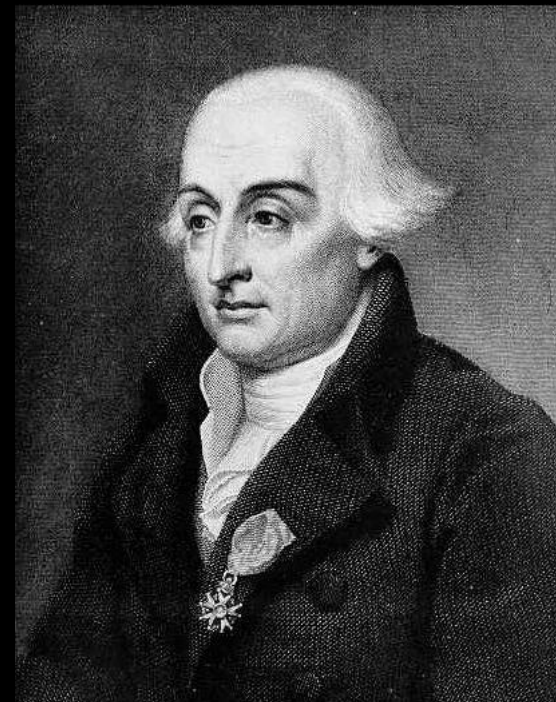
A PARIS,

Chez LA VEUVE DESAINT, Libraire,
rue du Foin S. Jacques.

M. DCC. LXXXVIII.

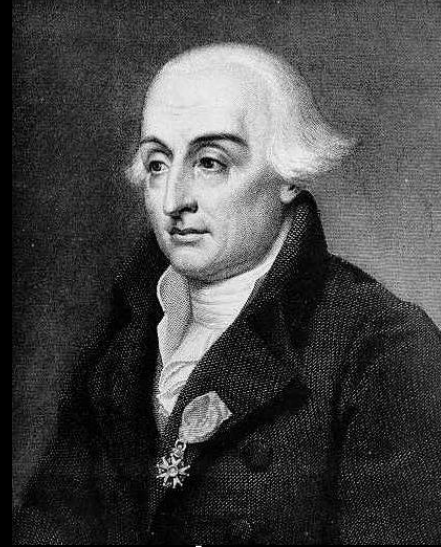
AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

Joseph Louis de la Grange (1736-1813)



„Mamy już wiele traktatów z mechaniki, lecz plan tej książki jest zupełnie nowy. Postawiłem sobie za cel sprowadzić teorię mechaniki i metody rozwiązywania odnoszących się do niej zadań do ogólnych wzorów, których proste rozwinięcie daje wszystkie równania potrzebne do rozwiązania każdego zadania....”

„Dzieło to przyniesie jeszcze jedną korzyść, jednocząc i objaśniając z jednego punktu widzenia rozliczne zasady, znalezione dotychczas w celu ułatwienia rozwiązywania zagadnień mechaniki, wykazując ich związek i współzależność i pozwalając wnioskować o ich słuszności i zakresie stosowalności. Podzieliłem ten traktat na dwie części: na statykę, czyli teorię równowagi, oraz dynamikę, czyli teorię ruchu. W każdej z tych części rozważam oddzielnie ciała sztywne i płyny. W tym dziele nie ma w ogóle rysunków. Metody, jakie przedstawiam, nie wymagają ani konstrukcji ani rozważań geometrycznych i mechanicznych; wymagają tylko operacji algebraicznych przeprowadzanych planowo i jednolicie. Wszyscy miłośnicy analizy stwierdzą z zadowoleniem, że mechanika staje się nową gałęzią analizy i będą mi wdzięczni za to, że w ten sposób rozszerzyłem zakres jej zastosowań.”





Strona z *Mécanique analytique* z równaniami Lagrange'a

9. De cette manière la formule générale du mouvement $T + \Delta = 0$ (art. 2) sera transformée en celle-ci,

$$\Xi \delta \xi + \Psi \delta \psi + \Phi \delta \phi + \&c = 0,$$

dans laquelle on aura

$$\Xi = d. \frac{\delta T}{\delta d \xi} - \frac{\delta T}{\delta \xi} + \frac{\delta V}{\delta \xi}$$

$$\Psi = d. \frac{\delta T}{\delta d \psi} - \frac{\delta T}{\delta \psi} + \frac{\delta V}{\delta \psi}$$

$$\Phi = d. \frac{\delta T}{\delta d \phi} - \frac{\delta T}{\delta \phi} + \frac{\delta V}{\delta \phi}$$

&c,

en supposant

$$T = S \left(\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{2 dt^2} \right) m, \quad V = S \Pi m,$$

$$\& d\Pi = P dp + Q dq + R dr + \&c.$$

Si donc dans le choix des nouvelles variables $\xi, \psi, \phi, \&c$, on a eu égard aux équations de condition données par la nature du système proposé, en sorte que ces variables soient maintenant tout-à-fait indépendantes les unes des autres, & que par conséquent leurs variations $\delta \xi, \delta \psi, \delta \phi, \&c$, demeurent absolument indéterminées, on aura sur le champ les équations particulières $\Xi = 0, \Psi = 0, \Phi = 0, \&c$, lesquelles serviront à déterminer le mouvement du système; puisque ces équations sont en même nombre que les variables $\xi, \psi, \phi, \&c$, d'où dépend la position du système à chaque instant.

Mais quoiqu'on puisse toujours ramener la question à cet état, puisqu'il ne s'agit que d'éliminer par les équations de condition, autant de variables qu'elles permettent de le faire, & de prendre ensuite pour $\xi, \psi, \phi, \&c$, les variables

Pierre Simon de Laplace (1749-1827)

TRAITÉ DE MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR P. S. LAPLACE,

Membre de l'Institut national de France, et du Bureau
des Longitudes.

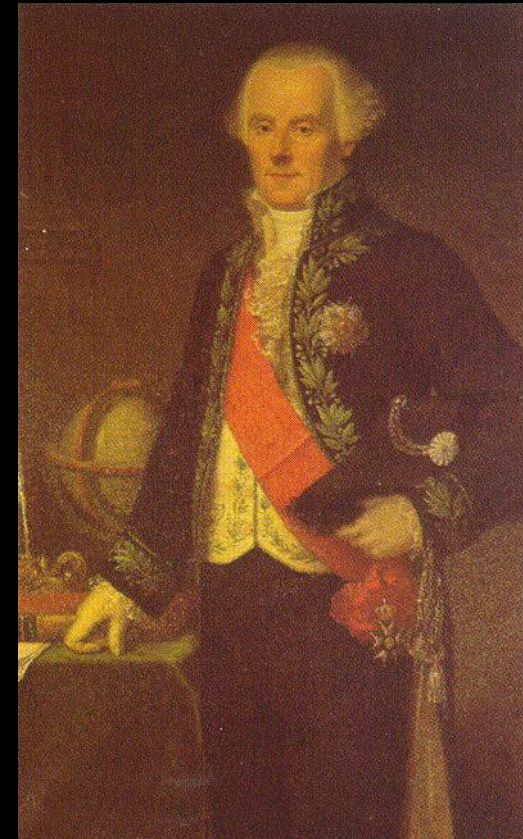
TOME PREMIER.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

A PARIS,

Chez J. B. M. DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques,
quai des Augustins.

AN VII.



według kalendarza rewolucyjnego
wprowadzonego w 1792 r.

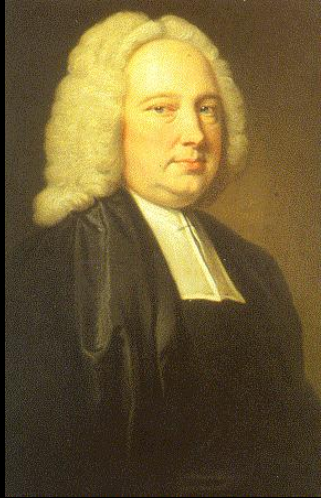


„Inteligencja, która by w danej chwili znała wszystkie siły działające w przyrodzie oraz wzajemne położenia bytów ją tworzących i przy tym byłaby dostatecznie obszerna, by te dane poddać analizie, mogłaby w tych samych wzorach objaść ruch największych ciał wszechświata i najmniejszych atomów: nic nie byłoby dla niej niepewne i zarówno przyszłość jak przeszłość byłyby dostępne dla jej oczu. Umysł ludzki daje słaby zarys tej inteligencji, której doskonałość mógł osiągnąć tylko w astronomii.”

Théorie analytique des probabilités (1812)

„Światło od najbliższej gwiazdy może lecieć do nas dłużej niż trwa podróż statkiem do Indii Zachodnich (6 tygodni)”

Phil. Trans. (1694)



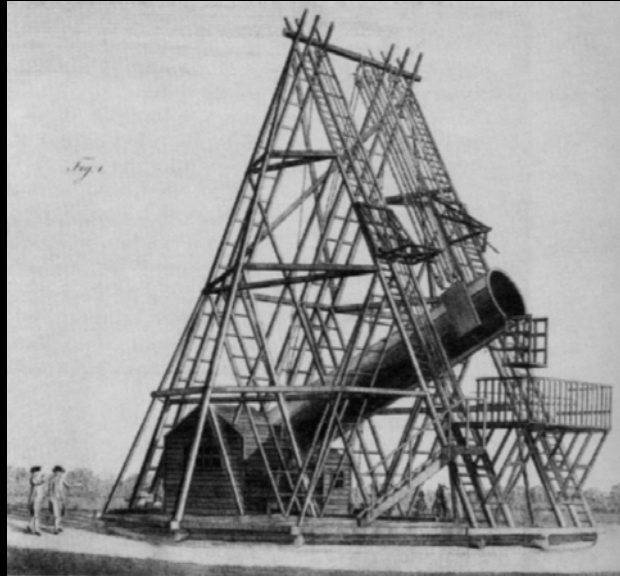
James Bradley (1693-1762)

Odkrycie aberracji światła gwiazd (1729)

„...prędkość światła tak się ma do prędkości Ziemi w jej rocznym ruchu po orbicie jak 10210 do 1, skąd wynika, że światło dociera do nas ze Słońca w 8 minut i 12 sekund.... Trzeba się zgodzić, że paralaksa gwiazd stałych jest znacznie mniejsza niż to dotychczas sądzili ci, którzy donosili, iż znaleźli ją z obserwacji. Sądzę, że gdyby ona wynosiła 1 sekundę łuku, to bym ją zaobserwował, zwłaszcza z dużej liczby obserwacji gwiazdy γ *Draconis*... jest więc bardzo prawdopodobne, że jej paralaksa jest mniejsza od jednej sekundy, a to oznacza, iż ta gwiazda jest od nas ponad 400 000 razy dalej niż Słońce.”



William Herschel (1738-1822)



Wielki teleskop
Herschela
147 cm średnicy
22 m długości

1781 Odkrycie planety Uran (13 III)

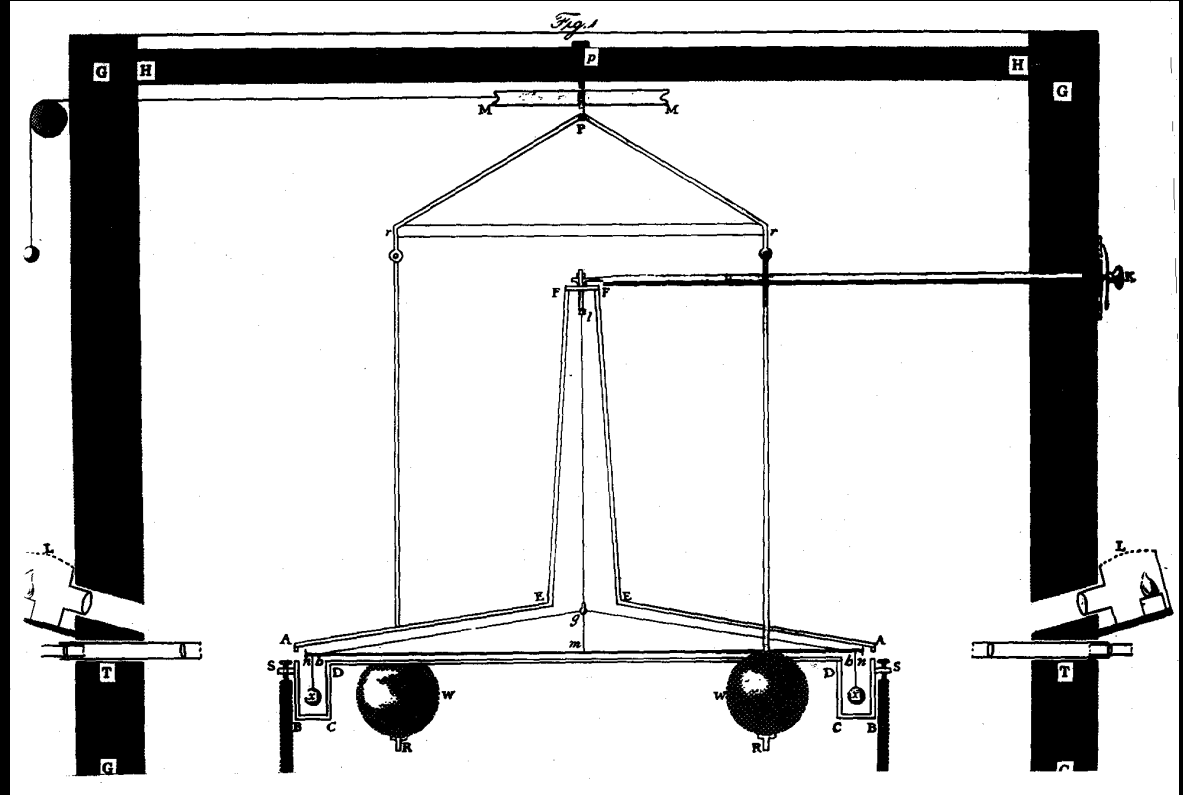
1783 Wyznaczenie apeksu Słońca (λ Her)

1785 Kształt i rozmiary Galaktyki

Wyznaczenie masy Ziemi



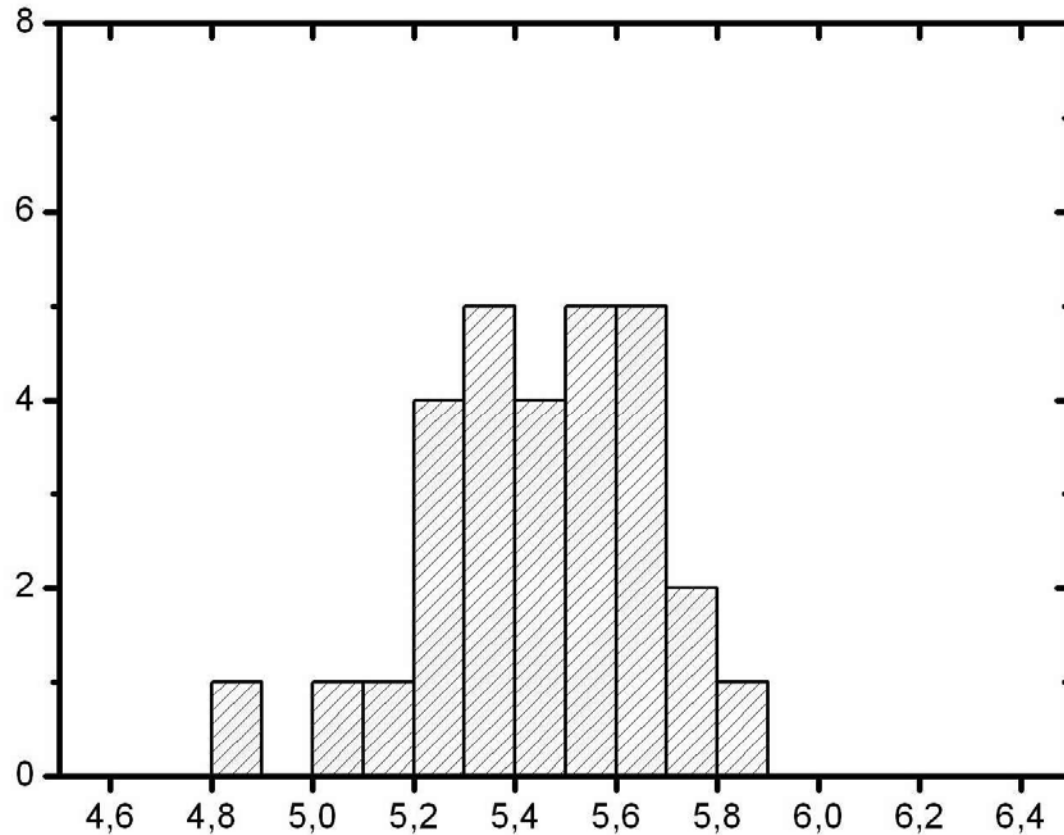
Henry Cavendish
(1731-1810)



Waga skręceń Cavendisha (1798)

Wyniki Cavendisha

Liczba
pomiarów



Gęstość Ziemi w g/cm³

Wynik końcowy: $5,48 \pm 0,39$

Rozwój fizyki zjawisk cieplnych

Ciepło i zimno traktowano przez długi czas jako odrębne jakości, tzn. zimno nie było postrzegane jako mała ilość ciepła

Przykład: Jean Baptiste Morin (1583-1656) uważał, że ciepło i zimno mają pewien maksymalny stopień, którego nie mogą przekroczyć, a także pewien stopień minimalny, poniżej którego nie mogą się obniżyć.

arbitralne założenie: stopień ciepła + stopień zimna = 8

Na przykład: pewna ilość wody o 2 stopniach ciepła i 6 stopniach zimna została zmieszana z taką samą ilością wody o 4 stopniach ciepła i 4 stopniach zimna. Zdaniem Morina mieszanina będzie miała $2\frac{4}{5}$ stopnia ciepła oraz $5\frac{1}{5}$ stopnia zimna.



Temperatura mieszanin

Termometry pozwalały mierzyć „ciepło”

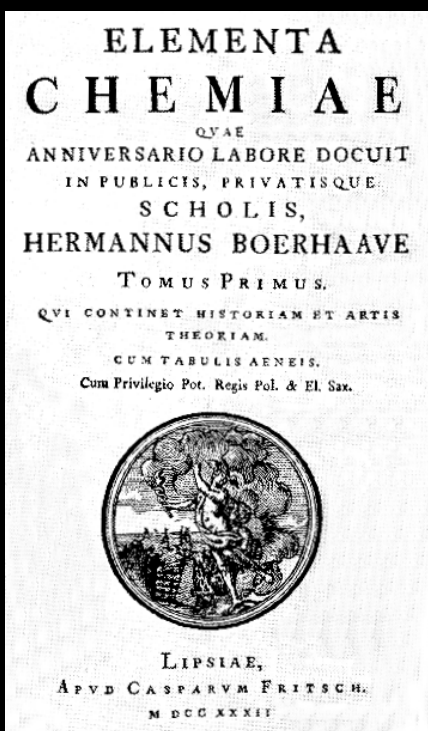
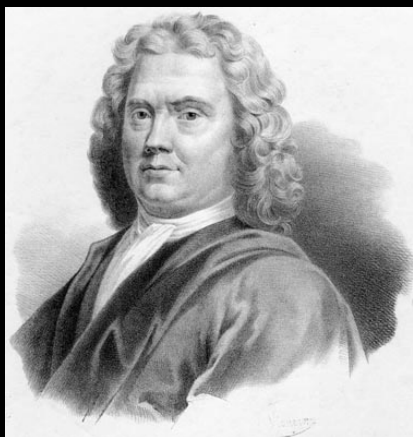
(temperatura od łacińskiego *temperatura* - mieszanina)

W stanie równowagi „ciepło”, jak sądzono (np. Boerhaave, Musschenbroek), jest po prostu proporcjonalne do objętości albo proporcjonalne do masy, ale z doświadczeń wynikało, iż jest to niezgodne ze wzorami termometrycznymi na temperaturę mieszanin.



Porównanie niektórych skal termometrycznych

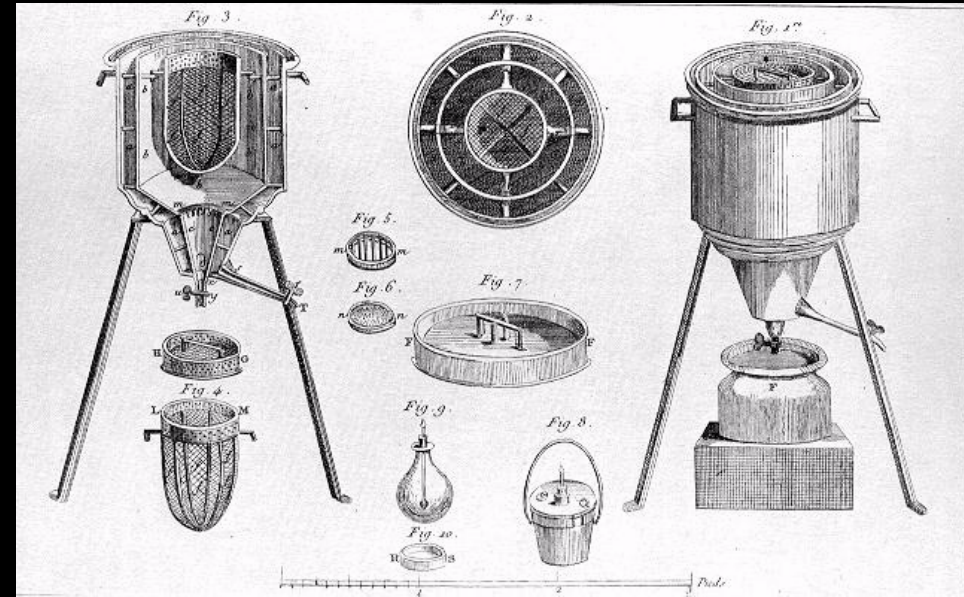
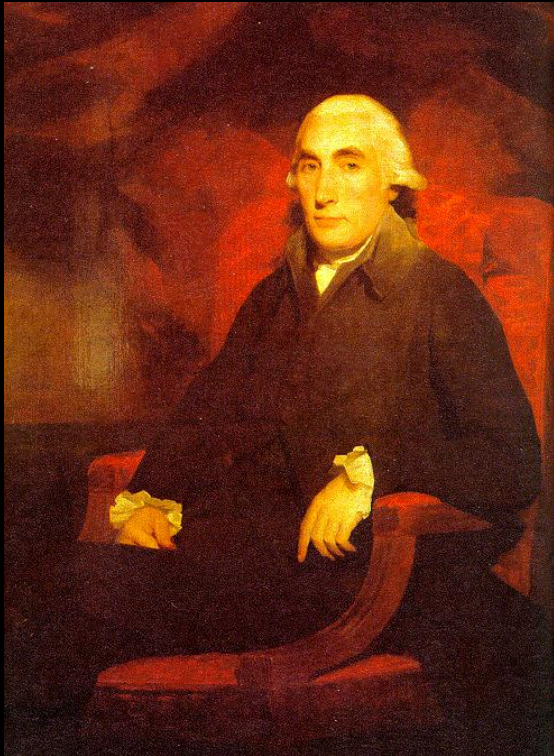
Newton 1701	Rømer 1702	Amontons 1702	Fahrenheit 1717	Reaumur 1730	Delisle 1733	Celsius 1742	Szwecja 1745	Deluc 1772	
34	60	73	212	80	0	0	100		Wrzenie wody
12	22,5	59,2	96	30,8	96,5	64,3	35,5	28,5	Ciało ludzkie
0	7,5	51,5	32	0	150	100	0	0	Topnienie lodu
	0								
-5,5		46	0	-14,2	176,2	117	-18		



„...wydaje się więc, że prawdziwy element ognia jest materialny, ponieważ słowo „materialny” obejmuje każdą rzecz, która jest mierzalna geometrycznie trzema liniami narysowanymi prostopadle do siebie ze wspólnego środka... Przypuśćmy bowiem, że zawieszoną na nici kulę ze srebra, nagrzaną niemal do punktu zapalenia, upuszczamy łagodnie do zimnej wody...wówczas ogień rozprzestrzeni się w mierzalnej objętości tej wody... Cała historia ognia dobitnie pokazuje, że jest on równie rozciągliwy jak ciało lub sama przestrzeń...

Cząstki ognia, które - jak już wykazano - są materialne, wydają się być najmniejsze ze wszystkich znanych ciał; gdyż skoro są materialne, muszą koniecznie być niezmiernie subtelne, ponieważ z łatwością przenikają wszystkie ciała, nawet te najgęstsze...”

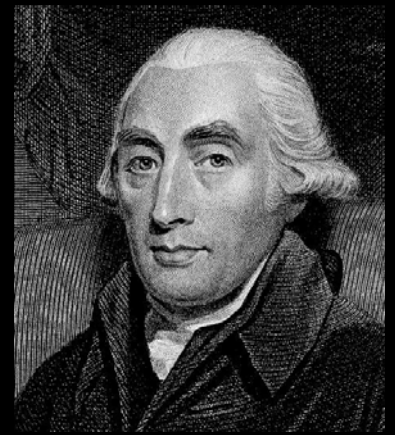
Początki kalorymetrii



**Kalorymetry
Laplace i Lavoisier - (1783)**

Joseph Black (1728-1799)

Odkrył różnicę między ilością ciepła i temperaturą oraz stwierdził istnienie ciepła utajonego (ok. 1760 r.)



„To właśnie nazywa się zwykle równym ciepłem, albo równością ciepła między różnymi ciałami; nazwę to równowagą ciepła.

Natury tej równowagi dobrze nie rozumiano, zanim nie podałem metody jej badania. Dr Boerhaave sądził, że kiedy ona występuje, to w każdej jednakowej części przestrzeni znajduje się jednakowa ilość ciepła bez względu na to, jakimi ciałami wypełniona jest ta przestrzeń. Także profesor Musschenbroek wyrażał opinię, że „ogień jest równo rozdzielony między wszystkie ciała stosownie do ich wielkości, tak że w stopie sześcienniej złota, powietrza i pierza jest jednakowa ilość ognia”. Jako podstawę tego przekonania podawano to, że gdy do któregośkolwiek z tych ciał przykładano termometr, to wskazywał on zawsze jednakowy stopień.”

Joseph Black

„Tę opinię wyciągnięto jednak zbyt pośpiesznie. Pomieszano tu ilość ciepła w różnych ciałach z jego ogólną siłą albo natężeniem, chociaż jest oczywiste, że są to dwie różne rzeczy, które zawsze należy od siebie odróżniać, kiedy myślimy o rozmieszczeniu ciepła.

Poprzednio zakładano powszechnie, że ilość ciepła potrzebna do zwiększenia ciepła różnych ciał o taką samą liczbę stopni, jest wprost proporcjonalna do ilości materii zawartej w każdym z nich, i że wobec tego dla ciał równej wielkości ilość ciepła jest proporcjonalna do ich gęstości. Jednak wkrótce potem kiedy zacząłem myśleć o tym przedmiocie (w 1760 r.), przekonałem się, że ten pogląd jest błędny i że ilości ciepła, które muszą otrzymać różne materie, aby znalazły się w stanie równowagi z sobą, czyli zwiększyły temperaturę o równą liczbę stopni, nie są proporcjonalne do ilości zawartej w nich materii, lecz są w stosunku bardzo od tego różnym, czego nie można jeszcze wyjaśnić żadną ogólną zasadą...”

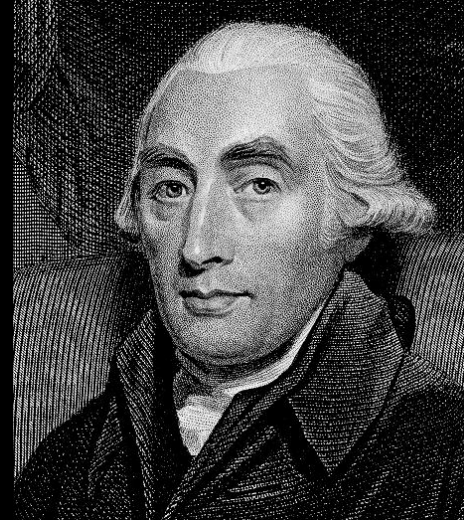
Joseph Black

„Ten pogląd został mi pierwszy raz przekazany przez dr Boerhaave. Po omówieniu doświadczenia z mieszaniem wody zimnej i gorącej, wykonanego na jego życzenie przez Fahrenheita, opowiada on także, że Fahrenheit zmieszał niejednakowo ogrzaną rtęć i wodę. Z jego relacji jest oczywiste, że chociaż rtęć ma gęstość 13 razy większą od gęstości wody, to wywołuje znacznie mniejszy efekt ogrzewania lub oziębiania wody, z którą jest zmieszana, niż to daje równa ilość wody. Podaje on wprost, że rtęć, czy to gorąca zmieszana z zimną wodą, czy też zimna zmieszana z gorącą, nigdy nie daje większego efektu ogrzewania lub oziębiania równej jej ilości wody, niż to daje równie gorąca lub zimna woda w ilości tylko dwóch trzecich ilości rtęci. Dodaje on, że aby uzyskać taką samą temperaturę wypadkową, jaką się otrzymuje mieszając gorącą i zimną wodę, trzeba wziąć trzy miary rtęci na dwie miary wody.”

Joseph Black

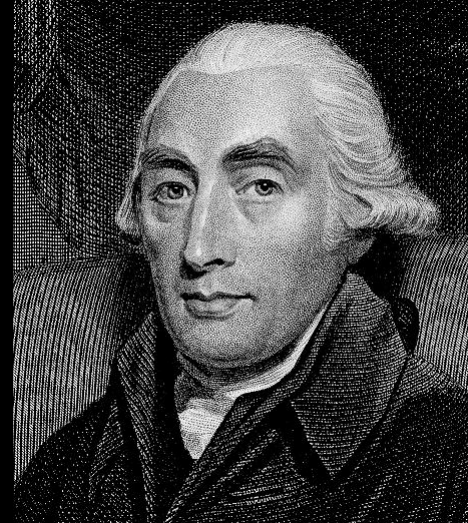
Cieplik i flogiston

„Ale większość francuskich i niemieckich filozofów przyrody i dr Boerhaave było zdania, że ruch składający się na ciepło nie jest drganiem samych cząstek gorącego ciała, lecz cząstek subtelного, bardzo sprężystego i przenikającego wszystko fluidu, który jest zawarty w porach gorących ciał, między ich cząstkami, fluidu, który - jak sobie wyobrażali - jest rozproszony w całym wszechświecie i przenika nawet najgęstsze ciała. Niektórzy uważają, że ta materia, zmieniona w różny sposób, wytwarza światło i zjawiska elektryczne....”

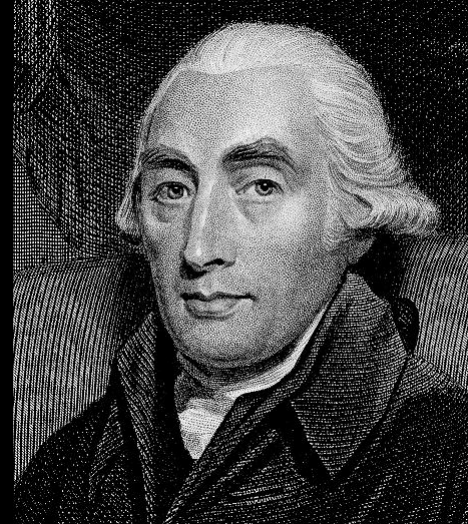


Black, *Lectures on Chemistry*

„Bardziej pomysłowa próba została podjęta ostatnio. Jej pierwszy zarys podał zmarły już dr Cleghorn w swej dysertacji na temat ciepła tutaj ogłoszonej [Uniwersytet w Edynburgu, 1779 r.]. Przyjął on, że ciepło zależy od obecności tego subtelного i sprężystego fluidu, który według wyobrażeń innych filozofów jest obecny w całym wszechświecie i jest przyczyną ciepła. Ale ci inni filozofowie przyjmowali tylko jedną właściwość tej subtelnej materii: jej wielką sprężystość, czyli silne odpychanie wzajemne jej cząstek.”



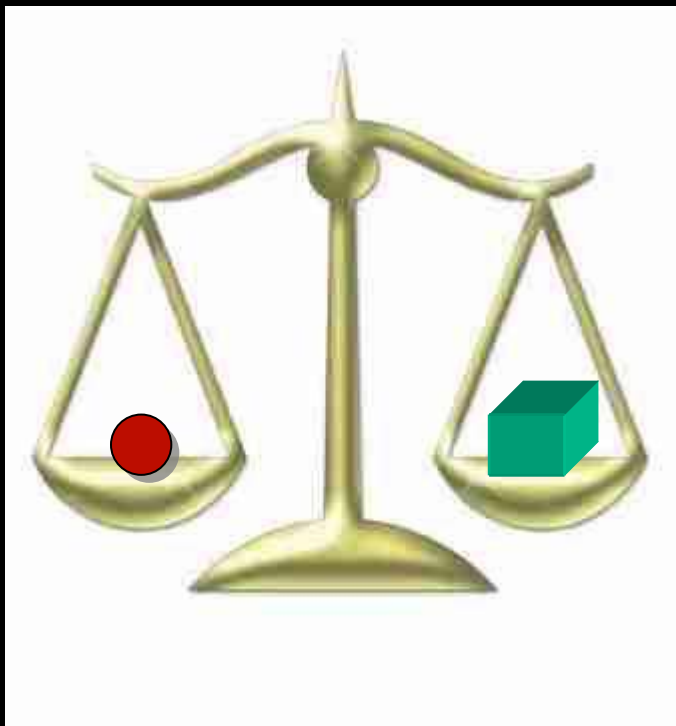
„Natomiaś dr Cleghorn założył jeszcze inną jej właściwość, a mianowicie silne przyciąganie między jej cząstkami i innymi rodzajami materii w przyrodzie, które ogólnie wykazują mniejsze lub większe wzajemne przyciąganie grawitacyjne. Przyjął on zatem, że zwykłe rodzaje materii składają się z cząstek obdarzonych właściwością silnego przyciągania się wzajemnego i przyciągania materii ciepła; natomiast subtelna, sprężysta materia ciepła ma właściwość odpychania, jej cząstki wzajemnie się odpychają, chociaż są przyciągane przez inne rodzaje materii...”



Black, *Lectures on Chemistry*

Podstawowe założenia teorii cieplika

1. Cieplik jest fluidem, którego cząstki odpychają się wzajemnie.
2. Cząstki cieplika są przyciągane przez cząstki zwykłej materii, przy czym to przyciąganie może być różne dla różnych substancji.
3. Cieplik jest fluidem niezniszczalnym i niemożliwym do stworzenia. Ta swoista „zasada zachowania cieplika” była podstawą teorii.
4. Cieplik może być swobodny albo utajony. Cieplik swobodny tworzy „atmosferę” wokół każdej cząstki materii, cieplik utajony wiąże się z cząstkami materii tworząc połączenia podobne do chemicznych.
5. Cieplik jest (przypuszczalnie) nieważki.



Liczne próby eksperymentalnego
wyznaczenia gęstości cieplika
przy użyciu zwykłej wagi dawały
sprzeczne wyniki

Herman Boerhaave (1732) – ogrzewana miedź nie zmienia ciężaru

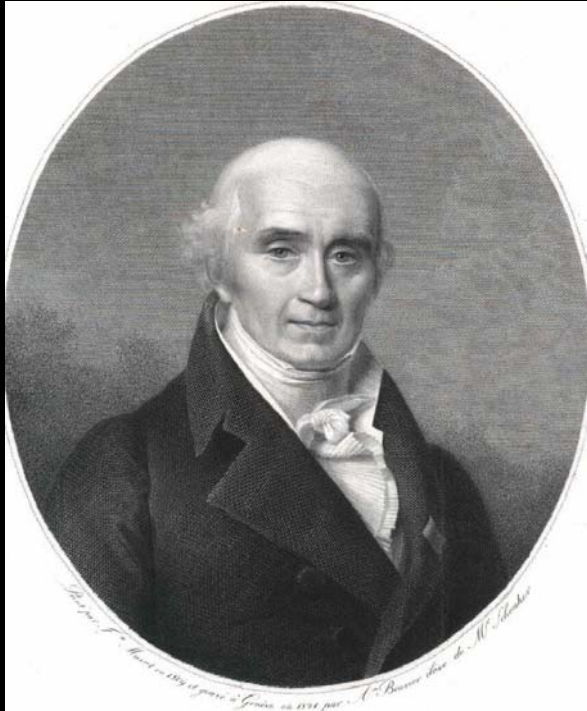
Georges Buffon (1773) – ogrzewane żelazo zwiększa ciężar

John Roebuck (1776) – ogrzewane żelazo zmniejsza ciężar

George Fordyce (1785) – zamarzająca woda zwiększa ciężar

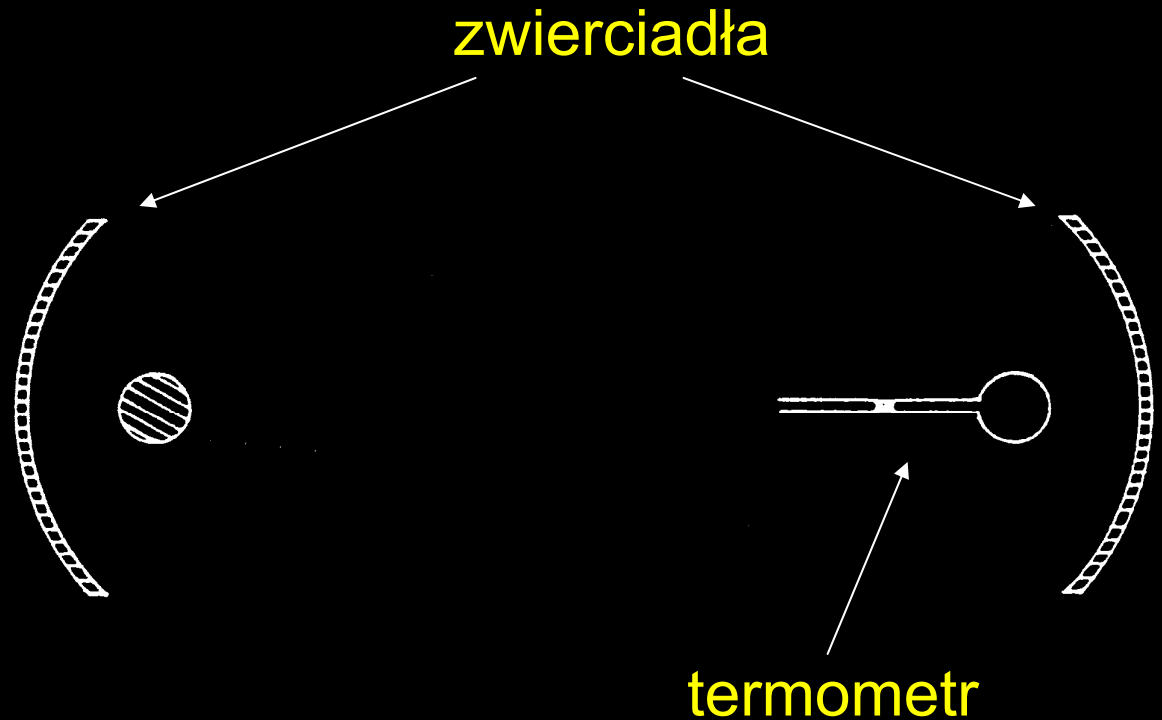
Hrabia Rumford (1799) – ogrzewanie nie zmienia ciężaru ciał
(wynik licznych eksperymentów)

Promieniowanie ciepła i zimna

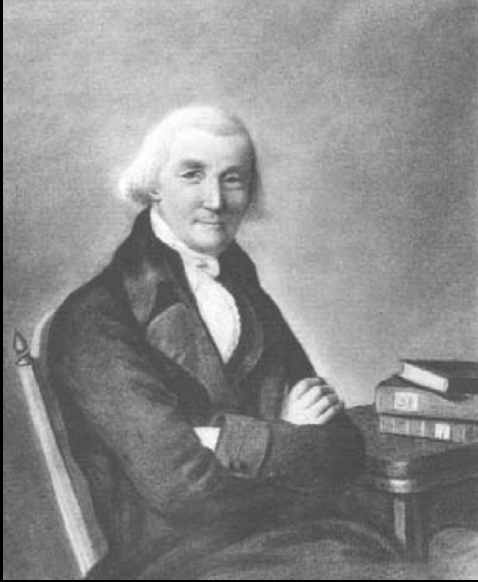


Marc-Auguste Pictet

Essai sur le feu (1790)



Wyjaśnienie eksperymentów Picteta



równowaga dynamiczna
(*l'équilibre mobile*) między
ciepłem pochłanianym
i wypromieniowanym

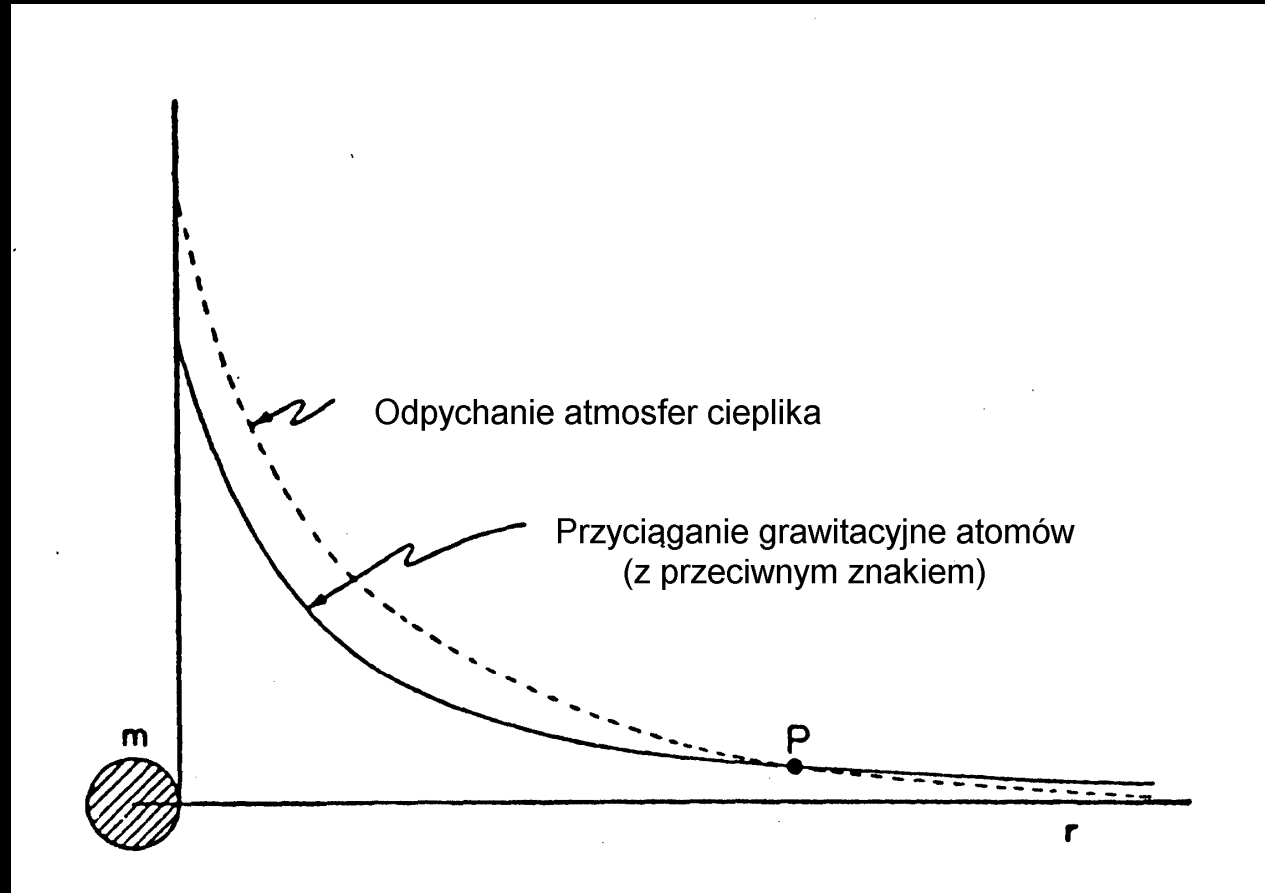
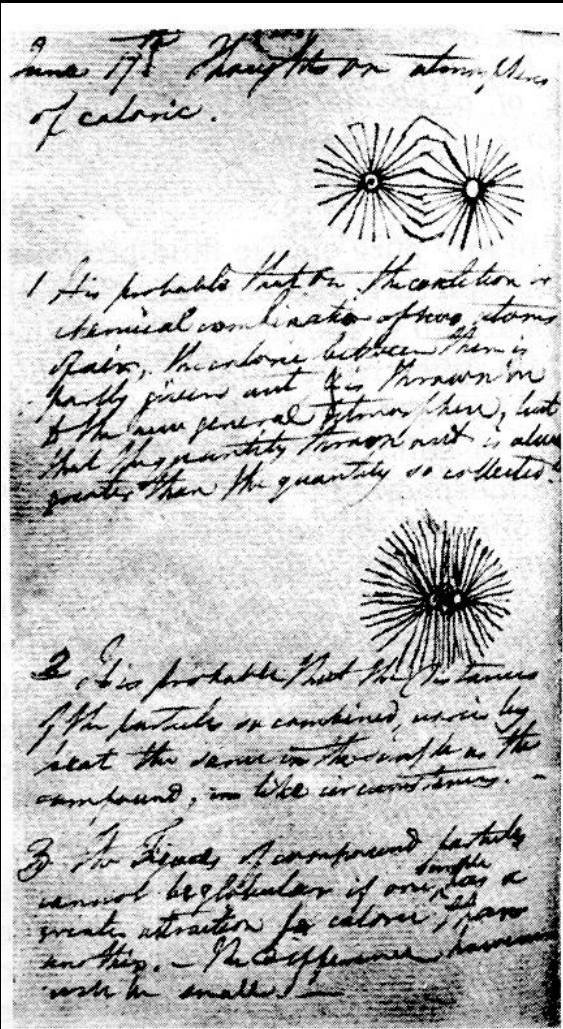
Pierre Prevost

Mémoire sur l'équilibre du feu (1791)

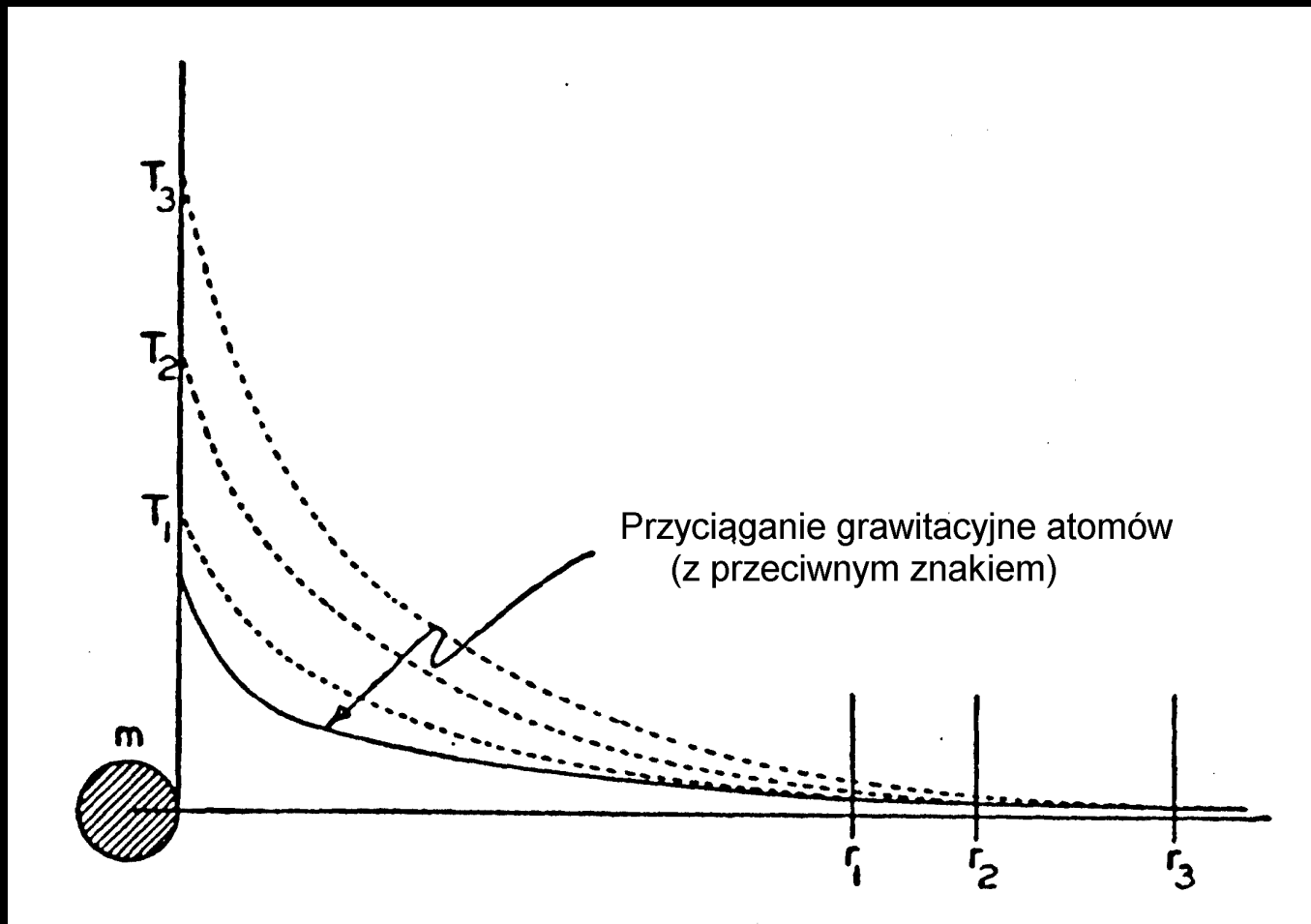
Zjawiska i fakty wyjaśniane przez teorię ciepła

- Istnienie materii
- Stany skupienia
- Rozszerzalność cieplna i jej różnice
- Wydzielanie ciepła przez tarcie itd.
- Przewodnictwo cieplne (Fourier)
- Przechodzenie ciepła przez próżnię
- Zmiany ciepła właściwego
- C_p/C_v (Laplace, Poisson)
- Promieniowanie, pochłanianie, odbijanie ciepła
- Działanie maszyn cieplnych (Carnot)

John Dalton (1766-1844)

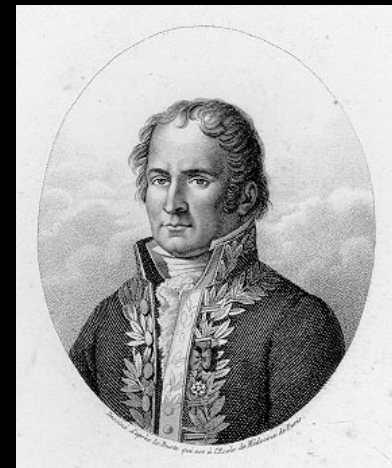


**Kartka z notatnika
Daltona**



Rozszerzalność cieplna według teorii cieplika

„Cieplik wszystkie ciała przeymuie, oddala od siebie pierwotne ich cząstki mieszcząc się między niemi, zmniejsza ich atrakcyą, powiększa ciał objętość, topi stałe, rozrzedza ciekłe do takiego stopnia, iż stają się niewidzialnemi, nadaje im kształt powietrza, zamienia w płyny sprężyste, ściśliwe, powietrzne. Podług tego, ciecze są to kombinacye ciał stałych z cieplikiem, a zaś płyny sprężyste czyli gazy, są to rozpuszczenia rozmaitych ciał w ciepliku, który sam w sobie uważany, jest istotą naybardziej rozdzieloną, nayłżeyszą, naysprężystszą, i której wagi dotąd nieoznaczono.”



Antoine-François de Fourcroy, *Filozofia Chemiczna czyli fundamentalne prawdy teraźniejszej chemii* (1808)

„Dlatego to niektórzy Fizycy brali ciepłik wolny czyli sprawuiący w nas ciepło, za modyfikacją jakąś innych ciał od wewnętrznego ruchu ich cząstek zależącą... Wszystkie te zdarzenia dowodzą, że ciepłik jest szczególnem ciałem exystuiącym przez się, i nie zawisłym od innych ciał. Nie okazano ieszcze czyli jest toż samo co światło: wielu iednak terażniejszych Fizyków i Chimików rozumie, że dwa te skutki światło i ciepło od iednego ciała to jest cieplika pochodzą, że pierwszy zależy od zagęszczenia i nagłego ruchu po linii prostey, a drugi od wolnego trzęsienia się i poruszenia w rozmaite strony... Zdaie się, że światło zwolnione w swym ruchu jest cieplikiem, czyli sprawuie tylko ciepło; ieżeli zaś ciepłik zgęszczony w jakim ciecie, nagle się z niego wydobywa, wtenczas wydaie się światłem”

Antoine-François de Fourcroy, *Filozofia Chemiczna ...* (1808)

„Ten materiał ognia sam przez się, inaczej niż inne rzeczy (specjalnie powietrze i woda), nie znajduje się zjednoczony i aktywny, ani jako ciecz, ani w stanie rozrzedzonym. Ale jeśli przez ruch ognia, przy dodatku powietrza, staje się rozrzedzony i ulatnia się, wtedy pozostaje rozproszony dzięki swej niepojętej subtelności i niemierzalnemu rozrzedzeniu i żadna wiedza znana człowiekowi, żadna ludzka umiejętność nie może go zebrać ponownie i zamknąć w małej przestrzeni, zwłaszcza jeśli zaszło to szybko i na dużą skalę...”

Georg Ernest Stahl, *Zufällige Gedanken... von den Sogenannten Sulphure* (1718)



„Wobec tych jego właściwości uważam, że zasługuje on na swą nazwę własną, jako pierwsza, jedyna, podstawowa zasada palności. Ale ponieważ dotychczas nie może być wyodrębniony sam, poza związkami i połączeniami z innymi materiałami i nie ma wobec tego podstaw, by nadać mu nazwę opisową wyjaśniającą właściwości, sądziłem, że najlepiej nadać mu nazwę od ogólnego działania, które zwykle pokazuje we wszystkich swych związkach. Dlatego wybrałem dlań grecką nazwę flogiston...”

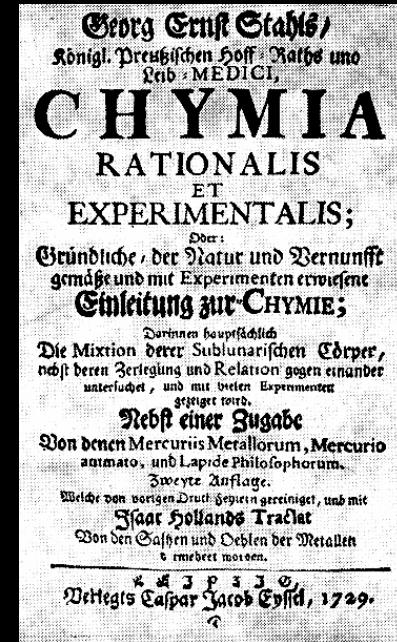
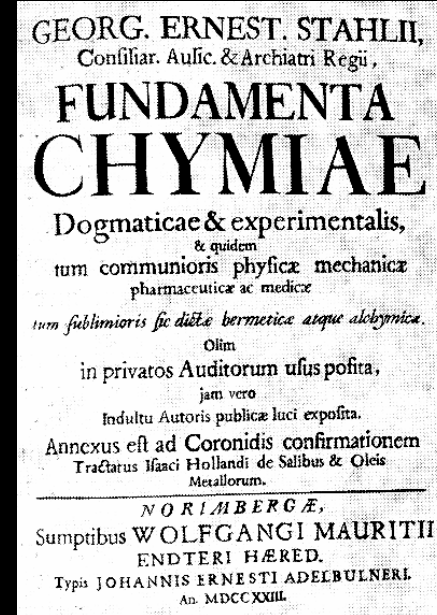
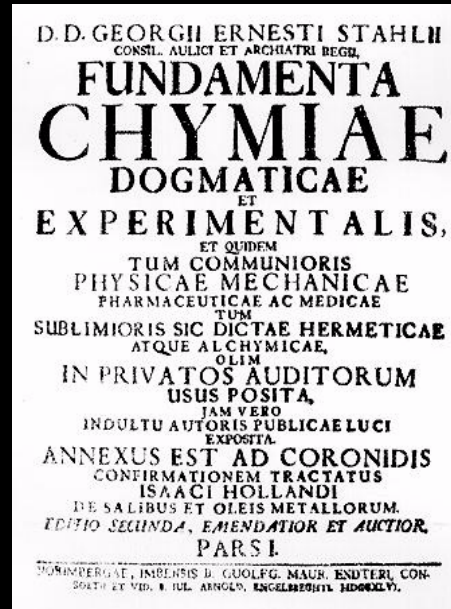
Georg Ernest Stahl, *Zufällige Gedanken...
von den Sogenannten Sulphure* (1718)



Teoria flogistonu



Georg Ernest Stahl
(1660-1734)



Teoria flogistonu: metal $\rightarrow$ metal „zwapniały” + flogiston („popiół”)

„popiół” + węgiel drzewny (źródło flogistonu) $\rightarrow$ metal

Lavoisier: metal + powietrze $\rightarrow$ metal „zwapniały”
„popiół” + węgiel drzewny $\rightarrow$ metal + „powietrze trwałe”

Obecnie:
 $2 \text{Pb} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{PbO}$
 $2 \text{PbO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Pb} + \text{CO}_2$

„Nie oczekujecie przecież, że chemia powinna być zdolna dać garść flogistonu oddzielonego od ciała palnego; równie nierozsądne byłoby żądanie otrzymania garści magnetyzmu, grawitacji albo elektryczności wydzielonych z ciał magnetycznych, ciężkich lub naelektryzowanych; w przyrodzie są siły, które objawiają się wyłącznie przez swe działania i do nich właśnie należy flogiston.”

R. Watson, *Chemical Essays* (1782)

„W pracy, której autorami są panowie De Morveau, Berthollet, De Fourcroy i ja, na temat reformy nomenklatury chemicznej [1787 r.]... wyróżniliśmy przyczynę ciepła, czyli ten niezmiernie sprężysty fluid, który je wywołuje, nadając mu nazwę ciepłik...

W obecnym stanie wiedzy nie możemy zdecydować czy światło jest modyfikacją ciepłika, czy też przeciwnie, ciepłik jest modyfikacją światła. Nie podlega jednak dyskusji to, że w systemie, w którym dopuszcza się jedynie ustalone fakty, musimy unikać za wszelką cenę przypuszczania rzeczy, których istnienie nie jest udowodnione; zatem powinniśmy prowizorycznie rozróżniać odmiennymi nazwami rzeczy, które wywołują różne efekty. Wobec tego odróżniliśmy światło od ciepłika; nie zaprzeczamy jednak, że mają one pewne cechy wspólne i że w pewnych sytuacjach łączą się z ciałami niemal w ten sam sposób i wywołują takie same efekty.”

Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (1789)

„To, co powiedziałem dotąd, może wystarczyć dla wyjaśnienia idei przypisanej słowu *cieplik*, pozostaje jednak sprawa trudniejsza, a mianowicie wyjaśnić sposób, w jaki ciepik działa na ciało. Ponieważ ta materia subtelna przenika pory wszystkich znanych substancji, ponieważ nie ma naczyń, z których by nie mogła się wydostać, i wobec tego żadnych naczyń, w których można by ją przechowywać, możemy poznać jej właściwości jedynie na podstawie zjawisk ulotnych i trudnych do stwierdzenia. W tych rzeczach, których nie widzimy, ani nie czujemy, trzeba nam szczególnie strzec się ekstrawagancji w naszej wyobraźni, zawsze skłaniającej się do przestępowania granic ustalonej prawdy i trudnej do utrzymania w wąskim zakresie faktów. Widzieliśmy już, że to samo ciało występuje w stanie stałym albo jako ciecz, lub gaz, zależnie od zawartości przenikającego je ciepika, lub ściślej mówiąc, zależnie od tego czy siła odpychająca wywierana przez ciepik jest równa, większa lub mniejsza od przyciągania wzajemnego cząstek ciała.”



Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (1789)

Eksperymenty z wierceniem luf
armatnich, które przeprowadził
w 1798 roku Benjamin
Thompson (Rumford) ...



i eksperymenty na temat
wywiązywania ciepła przy tarcu
kawałków lodu, które wykonał
Humphry Davy (1799),

interpretowane w duchu mechanicznej teorii
ciepła, mogły zostać z łatwością odrzucone
przez zwolenników ciepłika.

„Na początku tego rozumowania czyni się bardzo nieszczęśliwe założenie, a mianowicie, że jeśli ciepło będąc fluidem sprężystym wywiązuje się przy ściskaniu materii w stanie stałym, to pojemność cieplna tego ciała ma zostać zmniejszona w stosunku do ilości ciepła, która została wydzielona. Niewątpliwie cała ilość ciepła zawartego w ciele stałym zostaje zmniejszona, ale dlaczego ma się zmieniać pojemność cieplna?...Bez wątpienia ilość ciepła wywiązanego w tym eksperymencie była wielka, ale to nie wystarcza do zapewnienia wniosków, które wyciągnięto...W tych eksperymentach bardzo duża masa metalu została poddana podwyższonemu ciśnieniu i w masie tej, przez stopniowe ścieranie się brązu, stale coraz to nowe warstwy były wystawiane ma naciskanie. Zatem kolejno z każdej warstwy oddzielana była określona ilość ciepła. Jeżeli przyjmiemy, że w metalach występuje cieplik w stanie dużej gęstości, to wymieniona przyczyna wystarcza do wytworzenia obserwowanego efektu. Największym błędem okazuje się założenie, że źródło ciepła w ten sposób wytwarzanego jest niewyczerpane, tymczasem ilość ciepła, która może być w ten sposób wytwarzana, jest skończona.”

I. Emmet, *Annals of Philosophy* (1820)

Kilka uwag o chemii

Uwagi o stanie chemii przed reformą Lavoisiera

- Nadal utrzymywała się teoria czterech elementów, nawet „potwierdzana” doświadczalnie, np. przez van Helmonta.
- Alchemicy byli przekonani o nieskończonej liczbie kombinacji czterech elementów. Nawet metale uważano wtedy za mieszaniny elementów.
- Próba reformy Paracelsusa: wprowadził on trzy zasady: rtęć (zasada rozpuszczalności), siarkę (zasada palności) i sól (zasada trwałości). Nawoływał do porzucenia bezowocnych poszukiwań „kamienia filozoficznego” i skoncentrowania się na poszukiwaniu nowych leków (jatrochemia).
- Najśłynniejszy polski alchemik Michał Sędziwój był zwolennikiem czterech żywiołów Arystotelesa, ale jednocześnie wyznawał trzy zasady Paracelsusa.
- Robert Boyle - próba nowej definicji pierwiastka chemicznego (*Sceptical Chymist*, 1661).



Paracelsus
(1493-1541)



Michał Sędziwój
(1566-1636)



Jan Baptista
van Helmont
(1577-1644)



Deciphered,

1. The form of an *Athamor* or great *Furnace*.
- 2: The *Forceps* or *Tongs* and *Fork*.
3. The *Coppel* or *Test*, with *Philosophers Bellows*.
4. The *Digestive Pot* with its *Cover* and *Fire* about it.
5. A covered *Crucible*.
6. The long *Bell*, or *Matras-Glass* on a *Sand Furnace*.
7. The *Wind Furnace* with a *Blow-pipe*.
8. A *Furnace* with a *Copper head*, and its *Receiver*.
9. A *Furnace* with a *naked* and open *Fire*.
10. The *Pestel* and *Mortar*, with one beating the *Metals*.
11. The *Owl's Head*, or another form of a *Cover* to the Figure 8.
12. A *Retort*.

A NEW LIGHT
OF
ALCHYMIE:

Taken out of the fountaine of
NATURE, and Manuall
Experience.

To which is added a TREATISE of
SVLPHR:

Written by *Michael Sandivogius*:

i.e. Anagram matically,
DIFI LESCHI GENUS AMO.

Also Nine Books *Of the Nature of Things*,
Written by PARACELSUS, viz.

Of the	Generations	Renewing Transmutation Separation Signatures	of Naturel things.
	Growthes		
	Conservations		
	Life : Death		

Also a Chymicall Dictionary explaining hard places
and words met withall in the writings of *Paracelsus*,
and other obscure Authors.

All which are faithfully translated out of the
Latin into the English tongue,

By J. F. M.D.

London, Printed by *Richard Cotes*, for *Thomas Williams*, at the
Bible in Little-Britain, 1650.

COSMOPOLITE

OV
NOUVELLE LUMIERE
de la Physique naturelle.

*Traictant de la constitution generale des
Elements simples & des composez.*

Traduit nouvellement de LATIN
EN FRANÇOIS.

Par le Sieur DE BOSNEY



A PARIS.

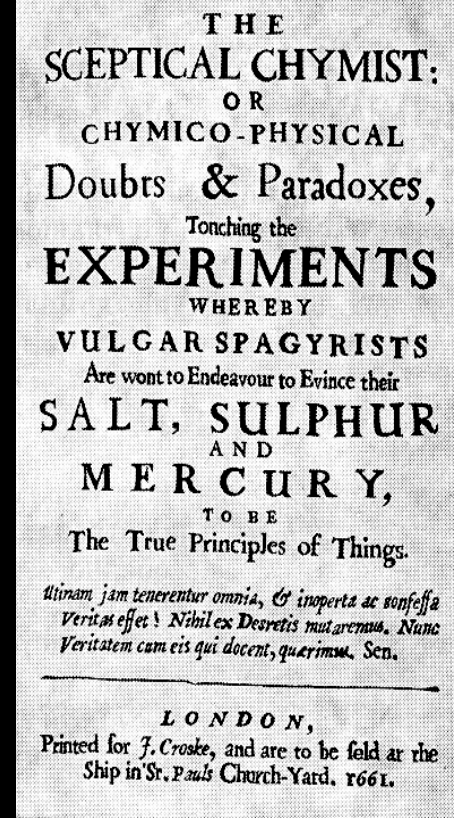
Chez ABRAHAM PACARD, rue Saint
Jacques, au sacrifice d'Abraham.

M. DC. XVIII.

Dzieła Michała Sędziwoja cieszyły się wielkim powodzeniem
i były tłumaczone na wiele języków. Miał je w swej bibliotece Newton.



Robert Boyle



„Przez pierwiastki rozumiem... pewne pierwotne i proste, albo całkowicie pozbawione domieszek ciała, które nie będąc złożone z żadnych innych ciał lub jedno z drugich, są składnikami, z których złożone są bezpośrednio wszystkie tak zwane doskonałe mieszane ciała, i na które te ostatnie mogą być ostatecznie rozłożone...”

„...jeżeli nazwą „pierwiastki” chcemy określić molekuły proste i niepodzielne, z których złożone są ciała, to prawdopodobnie nic o nich nie wiemy; jeśli natomiast przez nazwę „pierwiastki” lub „zasady ciał” chcemy wyrazić ideę ostatecznego kresu, do którego doprowadza analiza, to musimy uznać za pierwiastki wszystkie substancje, których dotychczas nie mogliśmy w żaden sposób rozłożyć. Nie mamy podstaw aby zapewnić, iż te ciała uznawane za proste, nie są same złożone z dwu lub więcej zasad; ponieważ jednak zasady te nigdy się nie rozkładają lub raczej ponieważ nie znamy żadnego sposobu, aby je rozłożyć, to z naszego punktu widzenia działają one jako ciała proste i nie możemy ich uważać za złożone, dopóki eksperyment albo obserwacja nie dostarczy nam na to dowodu.”

Antoine Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (1789)



TRAITE ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE,

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Pologne, &c.



A PARIS,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIX.

Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique.	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Cobalt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épsum.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Pierwiastki

ok. 1750

ok. 1800

ogień

światlik
fluid elektryczny
fluid magnetyczny

powietrze

cieplik

tlen

azot

woda

wodór

tlen

ziemia

żelazo, złoto, srebro, miedź,
ołów, węgiel, siarka, krzem,
bismut, kobalt, nikiel, platyna,
cyna, cynk, rtęć, antymon,
arsen, molibden, mangan...

CIAŁA NIEROZŁOŻONE CZYLI PIERWIASTKI.

Wdzisiejszym stanie wiadomości chemicznych, za ciała proste czyli nierozłożone liczą następujące. Naprzód, w stanie promienistym *Elektryczność*, *Magnetyzm*, *Świetlik* czyli *światło*, *Ciepłik*, w stanie lotnym, *kwasoród*, *Saletroród*, *Wodoród*, *Soliród*, *Jod*, (*) *Węglik* i w stanie stałym. *Fosfor*, *Siarka*, *Bor*, *Fluoryna*, Dwa metalle jako zasady alkali; *Potas*, i *Sod*. Dziewięć metallów czyli zasady ziem jakimi są: *Baryt*, *Stroncyan*, *Wapnian*, *Magnezjan*, *Krzemionek*, *Glinian*, *Cyrkonian*, *Glucyn*, *Itryn*, i dwadzieścia siedm metallów jako to: *Arsenik*, *Chrom*, *Molybden*, *Tunsten*, *Antymon*, *Kobalt*, *Bismut*, *Manganecz*, *Uran*, *Tytan*, *Ziemiak*, *Tantal*, czyli *Kolumb*, *Ceres*, *Zynk*, *Żelazo*, *Cyna*, *Ołów*, *Miedź*, *Nikiel*, *Żywe srebro*, *Srebro*, *Pallas*, *Osmium*, *Złoto*, *Platyna*, *Irys*, *Rhodium*, będziemy przeto o niektórych zaraz, a o reszcie w przyszłości szczególnie mówić.

Jan Wolski - *Fizyka*
stosownie do teraźniejszego
stanu wiadomości krótko
zebrana,
Warszawa, 1817

(*) Jod w zwyczajnej temperaturze jest w stanie stałym, ale pospolicie wydobywać się zwykły w postaci gazu.

Nowoczesna teoria atomistyczna

Prawa gazowe

1699 - 1702 Guillaume Amontons - ciśnienie powietrza rośnie w przybliżeniu proporcjonalnie do temperatury

XVIII wiek - badania rozszerzalności cieplnej powietrza prowadzone przez wielu fizyków (Berthollet, Deluc, De la Hire, Hauksbee, Lambert, Priestley, Saussure i in.) dawały rozbieżne wyniki, od rozszerzalności nierównomiernej do równomiernej, ale ze współczynnikami rozszerzalności od $1/85$ do $1/235$

1787 Jacques Charles - powietrze, tlen, azot, wodór, dwutlenek węgla wykazują równomierną rozszerzalność cieplną (wynik nieopublikowany)

1793 Alessandro Volta - współczynnik rozszerzalności cieplnej powietrza wynosi $1/270$ (praca opublikowana w *Annali di Chimica* nie była znana większości fizyków)

1802 John Dalton - wyniki badań rozszerzalności cieplnej gazów rozszerzalność różnych gazów niemal jednakowa

1802 Joseph-Louis Gay-Lussac - wyniki badań rozszerzalności cieplnej gazów $V = V_0(1 + \alpha t)$, gdzie współczynnik rozszerzalności cieplnej $\alpha = 1/266,66$
(Prawo Gay-Lussaca)

W XVIII wieku opinie fizyków o atomach bywały ironiczne

„Atom – mała korpuskuła o doskonałej sztywności, całkowicie twarda i nieporowata, nie dająca się podzielić, czyli całkowicie niepodzielna. Niektórzy filozofowie dopuszczali możliwość istnienia atomów i traktowali je jako składniki ciał. Czy można jednak rozsądnie dopuszczać istnienie czegoś, co odpowiada podanej wyżej definicji? Atomy są z pewnością materią, gdyż inaczej nie mogłyby być cząstkami ciał. Jeśli są one materią, to są złożone z części różniących się od siebie, ponieważ strona górna różni się od dolnej, strona prawa różni się od lewej etc. Jeżeli składają się z części, to trzeba je traktować jako podzielne i przestać uważać za niepodzielne, czyli za atomy. System Epikura dotyczący atomów jest zbyt śmieszny żeby warto było go dyskutować.”

Dictionnaire raisonné de physique (1781)

Jeremias Benjamin Richter

Prawo stosunków wzajemnych (1791)



(1762-1807)

Joseph Louis Proust

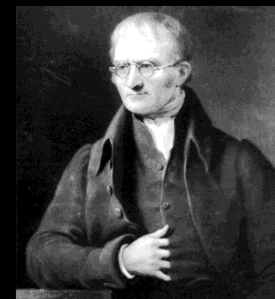
Prawo stosunków stałych (1797)



(1754-1826)

John Dalton

Prawo stosunków wielokrotnych (1804)



(1760-1844)

Louis Joseph Gay-Lussac

Prawo stosunków objętościowych (1808)



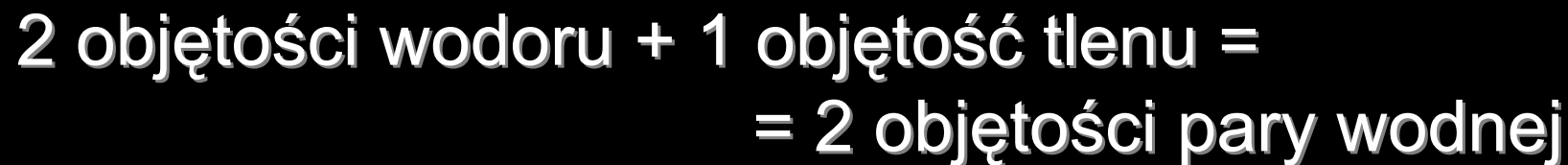
(1778-1850)

Proust i Dalton zwracali uwagę na odmienne parametry,
na przykład

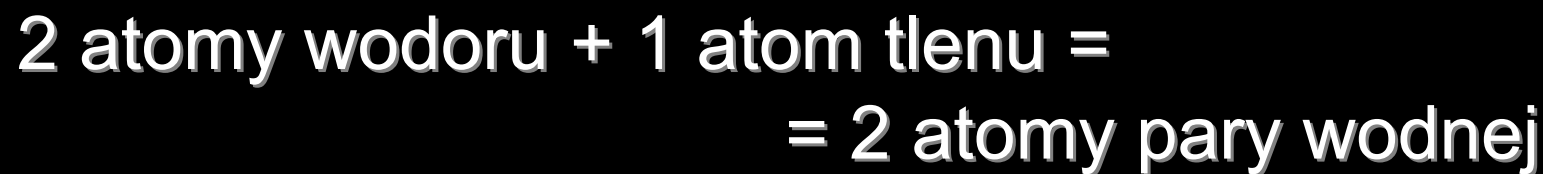
Proust: **88.1%** cyny i **11.9%** tlenu
 oraz **78.7%** cyny i **21.3%** tlenu
(w takich liczbach trudno się dopatrzeć regularności)

Dalton: **100** g cyny łączy się albo z **13.5** g tlenu
 albo z **27** g tlenu
(regularność oczywista)

Wyniki Gay-Lussaca trudne do pogodzenia z poglądami Daltona:

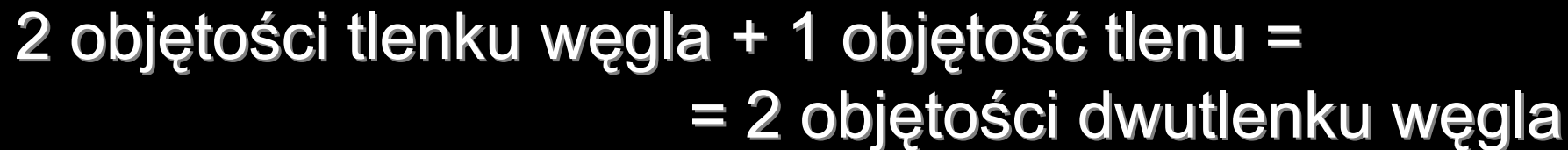


jeżeli równe objętości gazów zawierają jednakowe liczby atomów, to :



co prowadzi do absurdu (1/2 atomu tlenu) na 1 atom pary wodnej

podobnie:



„Ważnym pytaniem jest to, czy podstawowe cząstki ciała, takiego jak woda, są wszystkie jednakowe, to znaczy czy mają ten sam kształt, ciężar itd. Z tego, co wiemy, nie mamy powodu, żeby oczekiwać pod tym względem różnorodności. Jeśli występuje ona w wodzie, to musi istnieć także w pierwiastkach składających się na wodę, to znaczy w tlenie i wodorze. Jest jednak trudno pojąć jak skupiska różnorodnych cząstek miałyby być tak jednorodne. Gdyby niektóre cząstki wody były cięższe od innych, to porcja cieczy składająca się głównie z tych cięższych cząstek wykazywałaby różną gęstość, a takiego wypadku nie znamy. Podobne obserwacje można czynić na innych substancjach. Możemy zatem wyciągnąć wniosek, że *podstawowe cząstki wszystkich jednorodnych ciał są dokładnie jednakowe co do ciężaru, kształtu itd.* Inaczej mówiąc, każda cząstka wody jest taka sama jak każda inna cząstka wody; każda cząstka wodoru jest jak każda inna cząstka wodoru...”



John Dalton, *A New System of Chemical Philosophy* (1808)

ELEMENTS

	Hydrogen	<i>wt</i> 1		Strontian	<i>wt</i> 46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

Proponowane przez
Daltona symbole
pierwiastków i ich
względne ciężary

„W badaniach dotyczących syntezy chemicznej można stosować, jako wskazówki, następujące ogólne reguły.

1. Jeżeli można otrzymać tylko jeden związek dwóch ciał, to należy założyć, że jest on podwójny, chyba, że są jakieś powody przeciw temu.
2. Jeśli obserwuje się dwa związki, to trzeba przyjąć, że są to związek podwójny i potrójny.
3. Jeśli otrzymuje się trzy związki, to możemy się spodziewać, że jeden jest podwójny, a pozostałe dwa potrójne.
4. Jeżeli otrzymuje się cztery związki, to możemy się spodziewać jednego podwójnego, dwóch potrójnych i jednego poczwórnego.
5. Związek podwójny powinien mieć zawsze większy ciężar właściwy niż prosta mieszanina dwóch składników.
6. Związek potrójny powinien mieć większy ciężar właściwy od mieszaniny związku podwójnego i potrójnego, które by go mogły utworzyć.
7. Powyższe reguły i obserwacje stosują się także kiedy wiążą się dwa ciała takie jak C i D, D i E itd.

Stosując te reguły do dobrze ustalonych faktów chemicznych wyciągamy następujące wnioski:

1. Woda jest związkiem podwójnym wodoru i tlenu, a względne ciężary dwóch atomów elementarnych są w stosunku bliskim 1 : 7.
2. Amoniak jest związkiem podwójnym wodoru i azotu, a względne ciężary atomów są w stosunku bliskim 1 : 5 ...”

John Dalton, *A New System of Chemical Philosophy* (1808)

„Jeżeli są dwa ciała A i B, które mogą się łączyć, to związki mogą występować w następującym porządku, począwszy od najprostszego:

1 atom A + 1 atom B = 1 atom C -
związek podwójny.

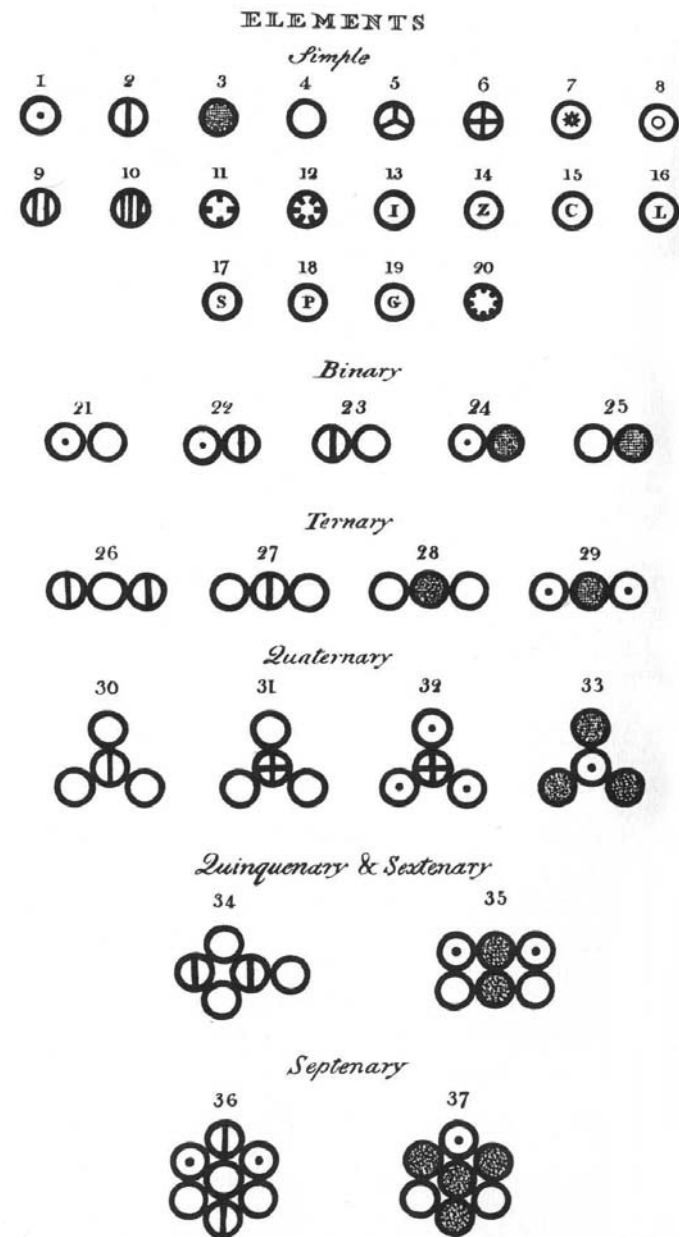
1 atom A + 2 atomy B = 1 atom D -
związek potrójny.

2 atomy A + 1 atom B = 1 atom E -
związek potrójny.

1 atom A + 3 atomy B = 1 atom F -
związek poczwórny.

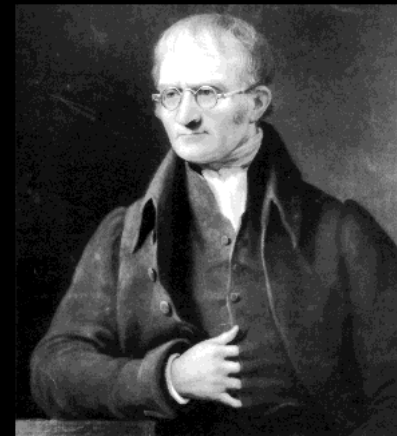
3 atomy A + 1 atom B = 1 atom G -
związek poczwórny

itd.”



John Dalton, *A New System of Chemical Philosophy* (1808)

„Newton dowiódł w Zagadnieniu XXIII Zasad, że fluid elastyczny składa się z małych cząstek czyli atomów materii, które odpychają się siłą odwrotnie proporcjonalną do odległości między nimi. Ale skoro współczesne doświadczenia wykazały, że atmosfera zawiera trzy lub więcej fluidów sprężystych o różnych ciężarach właściwych, to nie mogłem zrozumieć jak ten dowód Newtona mógłby się stosować do przypadku, o którym on oczywiście nie mógł wiedzieć...



W 1801 roku znalazłem hipotezę, która zupełnie usunęła te trudności. Powinniśmy mianowicie założyć, że atomy jednego rodzaju nie odpychają atomów innego rodzaju, lecz tylko te, które są tego samego rodzaju...”

John Dalton, 1810



Amedeo Avogadro (1776-1856)

Hipoteza Avogadro (1811)

Równe objętości różnych gazów przy jednakowej temperaturze i ciśnieniu zawierają równe liczby cząsteczek



Przyjęte przez chemików dopiero po referacie Stanislao Cannizzaro na I Kongresie Chemików (1860)

Nowoczesna teoria atomistyczna

John Dalton



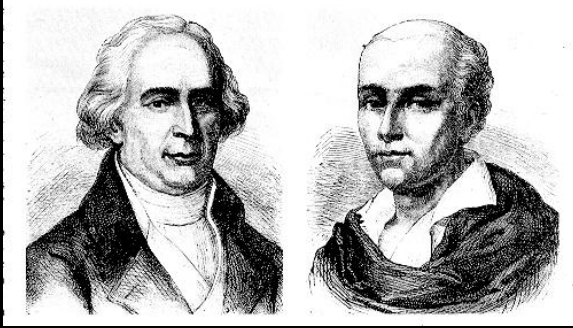
Materia składa się z niezniszczalnych, niepodzielnych atomów, jednakowych dla danego pierwiastka. Połączenia atomów w związkach chemicznych w najprostszych możliwych proporcjach liczbowych (1 : 1, 1 : 2 itd.)

Model **statyczny** gazu złożonego z atomów stykających się atmosferami cieplika!



Amedeo Avogadro

Równe objętości gazów zawierają równe liczby atomów (atomy małe w porównaniu z objętością - model **kinetyczny**)



Joseph-Michel i Jacques-Etienne Montgolfier



Pierwszy pokaz
balonu na gorące
powietrze
4 lipca 1783 r.



Pierwszy lot ludzi
balonem
na gorące powietrze
21 listopada 1783 r.



Pierwszy lot ludzi
balonem wypełnionym
wodorem
1 grudnia 1783 r.

Balony w Polsce

OPISANIÉ DOŚWIADCZENIÁ CZYNIONÉGO z BANIĄ POWIETRZNĄ w Krakowie Dnia 1. Kwie- tnia Roku 1784. puszczoną z Ogrodu Botanicznégó na Wesołéy

Za staraniem i nakładem Jmć

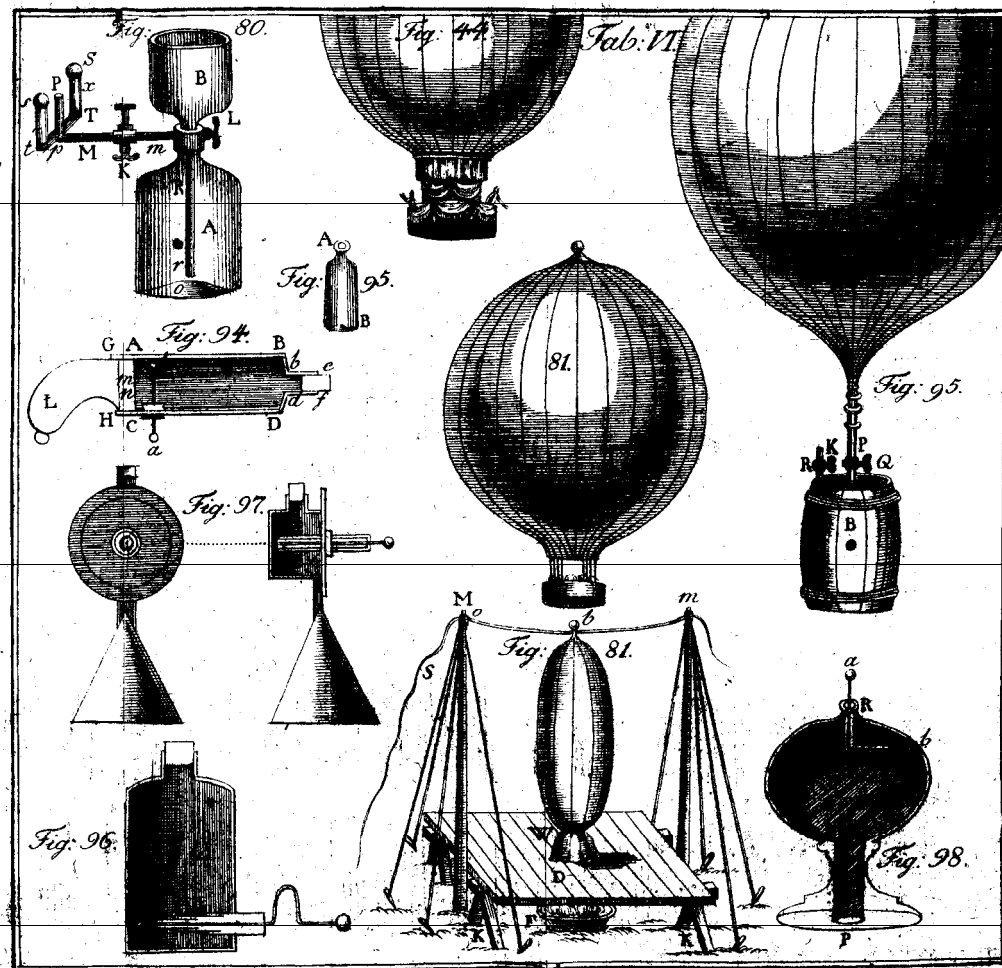
JANA JAŚKIEWICZA Doktora Nadwornégó
J. K. Mci. Historji Naturalnéy, Chimii, Bo-
taniki Professora, Collegium Fizycznego
Prezesa.

JANA ŚNIADECKIEGO Matematyki wyższéy i
Astronomii Professora, Szkoły Głównéy Se-
kretarza.

JANA SZASTERA Medycyny Doktora, Far-
macyi i Materji Medyki Professora.

FRANCISZKA SZEIDTA Professora Fizyki w
Szkołach Narodowych.

Z przyłączeniem uwag częścią od nich sa-
mych dostrzeżonych, częścią im od Akademii
Paryskiej przez korespondencyą udzielonych.



Józef Herman Osiński

Fizyka najnowszemi odkryciami pomnożona
(Warszawa, 1801)