

て来た。

慣性力は、マッハの見解に従へば、宇宙にある廻轉又は竝進加速物體による一種の萬有引力である。萬有引力はニュートンによれば、静止状態にある物體によつて生ずるもののみであるが、運動する物體は、その運動のためからも、萬有引力作用を起すのである。

大きなハズミ車が廻はつてみるとする。車輪は、巨大なる宇宙的物質に比すれば、その中に浸漬された小さな物體に過ぎぬから、これには外方に向ふ遠心力が働く。然るに、これを大なる物質に展げたと考へれば、車軸の中心に近い所にあつてこれと共に動かない質點にも、廻轉方向に力を及ぼすであらう。

この實驗は既に、マッハの時代、技師イマヌエル・フリードレンダー¹⁾が試みてゐる。

¹⁾ Immanuel Friedländer

第 5 章 相 對 性 原 理

1. 相等性現象 相對思想は、單なる運動學的即ち單に空間距離と時間經過とによつて特性付けられる現象の叙述を超えて、一般自然現象の議論に於ても重要な結果を起す。

プトレマイオス¹⁾(トレミー²⁾)の世界叙述に對して、コペルニクスの轉向が起つたが、これはニュートン力學では、太陽が惑星に萬有引力を及ぼすが故に、惑星は楕圓軌道を描くとする。若し反對にプトレマイオスの世界觀を採るならば、惑星は非常に複雑した軌道を描き、力學的叙述を與へ得ぬのであらう。然るに今運動の相對性の立場に立たんとする時には、事情は如何となるべきか。これこそ、引力作用に關するマッハの批判を驚くべく數學化したアインシュタインの偉業であり、この理論よりすれば、ニュートンの理論は一つの可能なる形式に過ぎぬこととなるのである。アインシュタインに對しては、プトレマイオスもコペルニクスも、同様に現はれて来る。否何れよりも更に高度の水準にまで眞實性が置かれたのである。

アインシュタインは、マッハの思想をすべての理論に於て展開させた。彼は先づ、小さな空間部分に於ける運動と引力との相等性³⁾の法則を考へた。即ち微分法則をこゝに置いたのである。自然法則を微分法則として表はすことは、一般近世物理學の特徴であるが、大世界に於ける法則は、微分方程式の

¹⁾ Ptolemaios ²⁾ Ptolemy ³⁾ Äquivalenz

積分で與へられる。以下アインシュタインの相等性を説明しよう。

窓のない箱の中に閉ぢ込められた物理學者を想像する。彼は箱内の現象のみしか観察し得ぬ。若しこの箱が上方に加速運動をなしたとすれば、この物理學者はこの加速度を果して知り得るであらうか。

物理學者は箱の天井に螺旋バネで錘を吊る。加速運動が始まると、錘が残らうとするために、バネが伸びて箱の運動が始つたことが解る。しかしバネのこの伸びに與へられる説明は、唯一つしかないであらうか。箱がこの時大きな質量の天體に運ばれたと考へてもよいであらう。即ち大なる引力のためにバネが伸びたと考へることが出来る。説明の**二義性**¹⁾がこゝに生ずる。

假令窓が明いてゐても、一義的決定は出来ぬのである。この場合上のやうな天體が見えぬではないかといふ疑問は起る。上には便宜上静止天體の存在をば考へたが、これは必ずしもさうでなくてもよい。周圍にある遠方の物體の運動でも引力が起り得ることは、既述の通りである。實に窓から眺められるものは、箱と天體空間との相對加速運動のみである。

2. 新萬有引力論 箱の中を光が通ると、箱の中の物理學者に對しては、光は曲進する。運動と萬有引力との相對性から、光は従つて引力場で屈曲しなければならぬこととなる。斯様な光の屈曲の存在は、一つの重要な物理學的結論であ

1) Dualismus

る。この證明として、皆既日食の際に太陽附近に見られる星の位置が研究される。

通り過ぎる自動車の警笛が非常に調子高く、通り過ぎた後低く聞えることは、誰しも経験してゐよう。光も同様に、光源と觀測者との運動によつて振動數従つて波長を變へる。強い萬有引力場にある光源よりの光は、赤の方に波長を變へるのである。これをスペクトルの赤方變位といふ。

アインシュタインはリーマン空間の概念を應用して、空間と萬有引力との間の深い連結に達した。大きな質量のある所は空間が歪み、それより遠方の空間はユークリッド的であるとする。物質の存在及びこれに伴ふ萬有引力は、空間の歪みと同じとする。歪んだ空間では惑星は曲つた徑を描かねばならぬ。嚴格にいへば、時空四次元世界に於て惑星は**最短線**¹⁾を描くのである。

ニュートンの「見えざる綱」としての引力は、今や空間の歪みに換へられた。最早逆自乗の法則は嚴密には成立せず、従つて惑星の軌道は單なる楕圓をなすのみでなく、全軌道が同時に徐々にその面内で廻轉し得るのである。水星の近日點の移行にこれが證された。

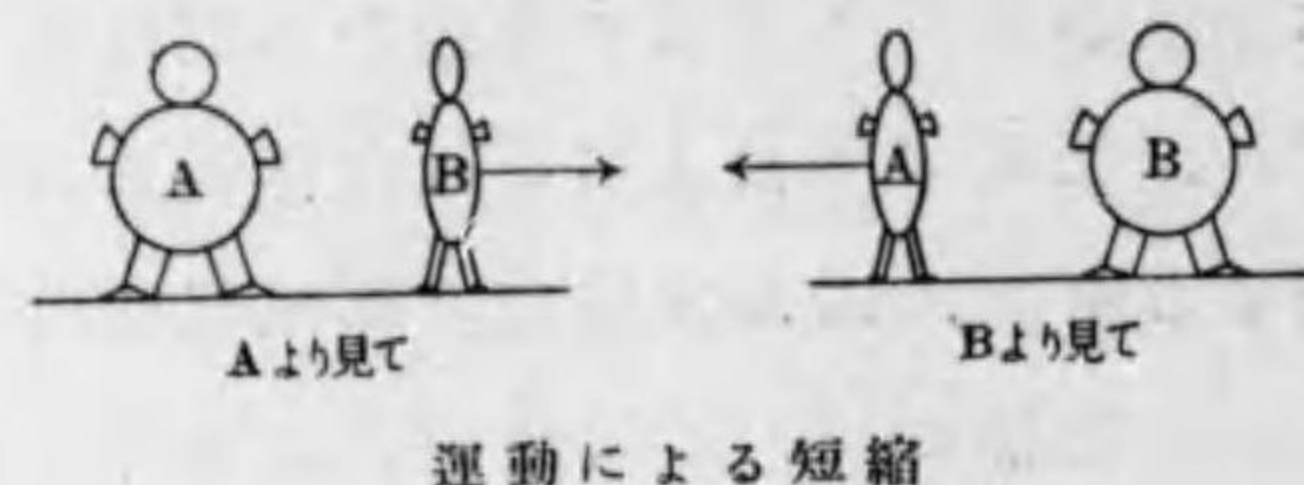
全宇宙も亦、その保有する物質によつて歪みを受け、有限の大いさを持ち得る。全宇宙と物質とは容器對内容の比ではなく、寧ろ容器即ち内容である。アインシュタインの**宇宙論**²⁾は誠に吾等の視野を擴める。

1) geodätische Linie 2) Kosmogonie

アインシュタインによれば、萬有引力の場は若干時間を経て物體に達するのであり、速さは光の速さに約同じいのである。

アインシュタインは、物理學的法則なるものは系の運動状態に無關係に妥當すべしとした。これを**相対性原理**¹⁾と呼ぶ。勿論この場合萬有引力の効果は、相應的に考慮されることが必要である。

3. 相対論の背理 互に等速相対運動にある二系がある。一を静止系、他を運動系といふ。兩系に對して光の速度 c が一定なるために、静止系より見れば、運動系の1秒は己の1秒より長く、運動系に置かれた相対運動方向の長さは短くなつてゐる。相対速度が大なるほどこの時間の緩かさや、長さの短縮は大となる。質量も運動により大となる。同時刻の判定が兩系に對して相違する。



即ち光速度不變の實驗的根據より、斯様に時空の測り方が絶對性を失ふことが結論される。普通の速度は c に比して小なるため、これらの**背理**²⁾は多くは認められぬ。

1) Prinzip der Relativität 2) Paradox

第 6 章 光 の 理 論

1. 光の感覺 光の**知覺**¹⁾は吾等の内的世界である**意識**²⁾に與へられたものとして、即ち**體驗**されたもの、主觀としてであると共に、物理學的刺戟が網膜に現はれたものといふことが出来る。

知覺による直接的知識は論理的に導かれた、外界の知識と比較することは出来ぬので、全く別種のものである。**内的體驗**³⁾は**性質**⁴⁾といふものを持つ。これは、例へば光に於ける色彩の如きである。相手が同様な體驗にない時に、此方の内的體驗を相手に明瞭にさせることは不可能である。

ニットンは望遠鏡の製作のために、硝子の屈折率を組織的に研究した。そして光學的に密なる場所では、光の速さは真空中より速しと結論した。ニットンは、プリズムによりスペクトルを發見した。そしてこれは、プリズム内で光の速さが變はるために起る現象であるとした。彼は、プリズムで分れたスペクトルを、レンズで集めて元の白光に戻した。

ニットンは光の粒子説を採つてゐた。

オランダのハイヘンス、イギリスの**ヤング**⁵⁾、フランスの**フレネル**⁶⁾以來、吾等は光は波動であり、又横波であることを知つた。イギリスのマックスウェルに到つて、光の電磁波論が唱へられ

1) Wahrnehmung 2) Bewusstsein 3) Innenerlebnis 4) Qualität
5) Young 6) Fresnel

た。然るに光の波動論と粒子論とが今日高次の形式に統一されたことは、驚くべきことである。反對命題¹⁾から統合²⁾へと進んで来たのである。

色彩や光澤などの主観的 direct 體驗を考へる人には、光は波動であり色の相違はその振動數によるものであるといふことは、不合理のやうに見える。しかし理學の教へるところは、光の感覺の内容に關せず、その遙かなる根底であるところの客観的物理學的現象である。光が網膜に達しない間は、單に波動であり振動であるのであり、物理學はこれをば論ずる。

光の體驗の性質を論ずるのは美學³⁾である。色の冷温順序などがそこで研究される。

ゲーテの有名なる色彩論⁴⁾は、當時の物理學に反對した一つの思想であつた。彼はニュートンの、色のない即ち白色の光は要素的な色光の集りであるといふ議論に反對し、人工的な誤れる假説であるとしてゐた。

勿論白色は、心理學上他の色と同じく單一感覺である。彼は、心理學的に簡單なものが、非常に複雑な物理學的の何物にか歸されることを否んだ。しかしこれは、理學と理性とを輕視し、又學問の方法の境界を知らぬものといはねばならぬ。

2. 光の發生と量子論 原子の量子論⁵⁾、デンマルクのボーアの原子模型⁷⁾は、原子力學の規律性の最初の報告である。

原子の内部構造は、原子が放つ光によつて最も良く研究さ

1) Antithesis 2) Synthesis 3) Ästhetik 4) Farbenlehre
5) Quantentheorie 6) Bohr 7) Atommodell

れる。

原子が光を出すには、それが先づ勵起¹⁾されねばならぬ。即ち、或はブンゼン焰或は電弧により、蒸氣を熱的に又は電氣的に勵起して發光させるのである。この發光は固有輻射²⁾と唱へられ、所謂熱輻射³⁾とは相違する。熱輻射は、例へば金屬を熱する場合などに現はれ、全く違つた型式のものである。熱輻射は單光でなく、複光的連續である。固有輻射は多くは、鋭く別離された不連續的なスペクトル即ち固有スペクトルを示す。例へばカリウムは赤部に2本、堇部に1本、ナトリウムは黄部に1本の線を示す。ナトリウムのこの1本の線は、實は非常に接近した双線である。この外に分子發光に於て、所謂帶スペクトル⁴⁾を見出す。これは不分明な廣い帶狀の外觀をば呈するのであるが、極めて多くの線より成立つてゐるものである。

固有スペクトルによつて、未知の物質を鑑別し得ることは周知である。波長測定の精度は今日非常に大となり、却て長さの單位を波長で與へんとされる位である。

オランダのローレンツ⁵⁾は、原子の中の電子は前後に振動し、この振動がマックスウェルの理論によつて電波發生を起し、これが光として現はれるとした。電波の振動數は電子の振動數に等しいとした。しかしローレンツの理論では、振動に所謂倍振動をも示すので、實際と一致しない。しかも理論の根

1) angeregt 2) Eigenstrahlung 3) Wärmestrahlung
4) Bandenspektrum 5) Lorentz

本的な困難は、光を出せば電子はエネルギーを失ふので振幅は次第に減じ、又振動数を變化するに到らねばならぬことである。又箇々の原子は、その内的状態が全く異なつてゐるので、同一物質の多數の原子が同時に放つ光の振動数は、凡ゆる可能の値を探り、従つてスペクトルは連続的分布を示さねばならぬ。これは、明晰なるスペクトル線の存在と兩立せぬことである。

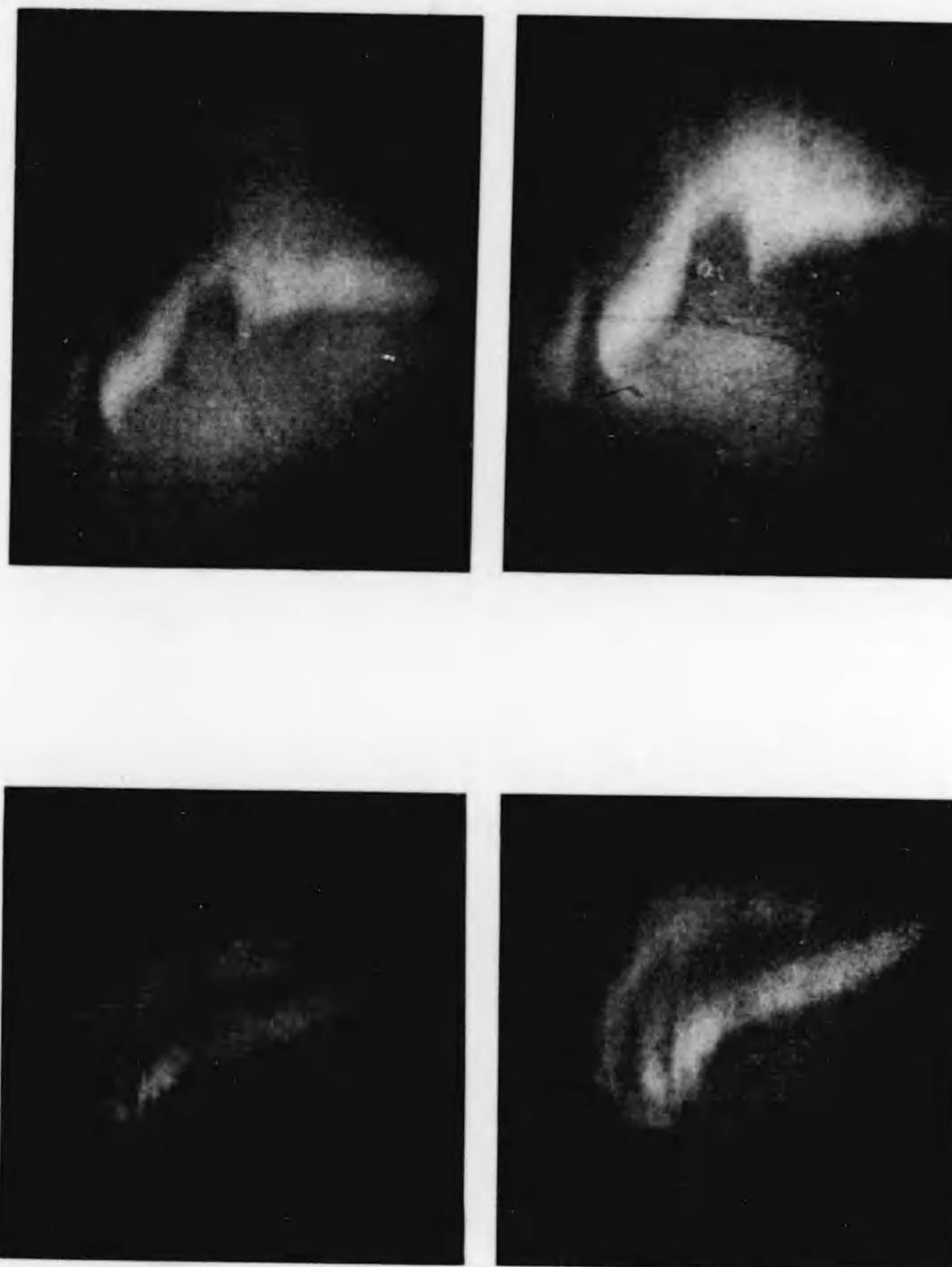
日本の長岡半太郎、イギリスのラザフォード¹⁾は、原子内に廻轉する電子を考へた。振子運動でなく廻轉運動を考へる時、光の發生は如何となるべきか。

この場合も、ローレンツ論によれば、スペクトル線の明晰性は説明出来ぬ。エネルギーを失へば軌道は收縮し、従つて又スペクトルは事實に反し或連続的分布を持たねばならぬのである。事實より考へれば、電子軌道は明かに定常的に安定でなければならぬ。

1885年スイスの一中學校教師バルマー²⁾は、偶然にも、水素スペクトル線に就いて面白い事實を發見した。一見したところは、このスペクトルは混合した複雑不規則なもののように見えるが、箇々の波長を書き並べると、或美しい規律性を持つのである。これは水素以外の物質の原子スペクトルに就いても同様である。バルマーは純粹暗探法によつて、スペクトル線配列に對して著しい方程式を與へたのである。この式の中には、普通 m, n と書かれる二つの變數が現はれ、この變數

1) Rutherford 2) Balmer

極 光 の 色 々



に、順を追うて凡ゆる整數値を與へる時、實際のスペクトル線の位置が定められるのである。

この重大なる發見の眞意味は、1913年ボーアによつて與へられた。

彼はプランクの要素的作用量即ち**作用量子**¹⁾ h の概念を導入し、ラザフォードの原子模型によつて光の發生を論じたのである。これによれば、一つの定常軌道より内側の定常軌道に電子が移る時、1光量子を出すとされる。又逆に光量子を吸收して電子が勵起され、外側の軌道に移る。

光量子1箇が電子1箇に作用する故に、振動數の大なる光ほど電子に及ぼす作用は大となり、光のエネルギーが大なるほど作用される電子の數は多くなる。

光はそれの落ちた面に壓力所謂**光壓**²⁾を及ぼす。この點はガス分子と酷似してゐる。彗星の尾は、太陽の光壓を受けるために太陽と反對の側に向く。太陽から投げ出される電子は光壓を受け、地球上層に達して蓄積し、電波を反射する**ケネリー-ヘーヴィサイド層**³⁾を造る。又地磁力を受けて極地方の高層に多く集り、放電して**極光**⁴⁾を起す。

光量子が電子に當たる時、電子を反衝すると共に、自らその波長を變へる。この場合、エネルギー及び運動量が兩者を一體とした系に對して保存される。これを**コムプトン効果**⁵⁾といふ。

1) Wirkungsquanten 2) light pressure 3) Kennelly-Heaviside layer
4) aurora 5) Comptoneffekt

第7章 新量子力学

1. 物質の波粒性 ボーアの原子構造論は創始以來その根底には、古典電気力学との矛盾を藏してゐて、時にこれが表に現はれて理論の危機とならうとした。スペクトル研究の精度が増すと共に、ボーアの理論の不充分さを示して來た。多くの補助的な假説が附け加へられたが、根本的に新しい原子構造論が愈々望まれて來、遂に新しい量子力学¹⁾がこゝに誕生した。

新しい量子力学はルイ・ドゥ・ブローイによつて唱へられたものである。ルイ・ドゥ・ブローイは、光と同じく物質の問題にも、粒子波動の二元性あることに氣附いたのである。

粒子波動性は古典論からは相反する概念であるが、新論では高い統一にまで統合されたものである。電子のある所には波動が伴ふとする。最早波動若しくは粒子でなく、「波動及び粒子」即ち波粒が考へられる。



ルイ・ドゥ・ブローイ

シュレーディンガー²⁾はルイ・ドゥ・ブローイの思想を大いに發展した。彼の深遠なる数学装置³⁾として波動力学⁴⁾が建設されたのである。

1) Quantenmechanik 2) Schrödinger 3) mathematischer Apparat
4) Wellenmechanik

ハミルトンはイギリスの数学者であるが、既に早く幾何光学¹⁾と力学との数学的類似を論じた。幾何光学は、望遠鏡や顕微鏡の理論の根底をなすものであり、ここでは光を單に光線として取扱ひ、その波動性を考慮しないのである。従つて、より精細なる研究に對しては、幾何光学は役立たなくなる。例へば、望遠鏡や顕微鏡の像は幾何學的點でなく、所謂廻折像である。幾何光学は、物體や像が光の波長よりも甚だ大きい場合の、近似を取扱ふものである。

シュレーディンガーは、今日までの力学は大なる物體に妥當し、小世界に於ては波動力学を必要とすると唱へた。彼はハミルトンの力学基本方程式を擴張し、波動力学の数学形式を造り上げた。これは幾何光学より物理光学²⁾への轉移に相應する。

シュレーディンガーは、電子群は原子核の周りに分布する電氣の雲であるとした。その電場は種々の振動をなしてゐる。勿論電氣密度は或小さい範圍以外は殆ど消失し、電子はこの範圍に「包」³⁾として存するのである。

シュレーディンガーは、ボーアのエネルギー状態の整数性即ち量子法則を、振動絃の基本振動と倍振動との關係に見られる整数性に對比した。

電子が、水素の原子核なる陽子と共に水素原子を作る場合に、波動的に考へたらば如何か。

電子の波は所謂シュレーディンガー方程式を満足し、全空間に擴がる。この方程式は多くの解を持ち、各々は種々の波を表

1) geometrische Optik 2) physikalische Optik 3) Paket

はす。その或ものは、波の恒定不変系を表はし、水素原子の可能なる恒定状態を示すのである。この解は水素原子の或エネルギー値に對して存在する。斯くて水素原子は、或別離した状態、即ちボーア状態に於てのみ、恒定的に存し得ることとなる。水素原子のスペクトル線は、この一態より他態への轉移に際して發生するのである。

波は全空間に擴がるが、ボーア軌道に相應する所に於て振動が最も大である。

これまで粒子と考へられた電子も、結晶格子によつて廻折を起すことが、二人のアメリカの學者によつて先づ證明された。その波長はルイ・ドゥ・ブローイの計算と一致し、電子の波動性は斯くて確立されたのである。

しかしシュレーチンガーのエネルギー包は長時間存在し得ぬものであり、廻折後、電子は粒子性を失はねばならぬこととなるので、彼の理論は未だ充分でないものがある。

2. 確率波 然らば、この電子の波とは何であるか。

ルイ・ドゥ・ブローイは波動と粒子との二義性を考へ、兩者に實在性をば與へた。シュレーチンガーは波動場の構造として粒子を説明した。更に、ドイツのボルン¹⁾、ハイゼンベルク²⁾及びボーアは、波動は要するに確率を表はすもので、確率波³⁾であり、粒子は物質の物的要素であるとした。

第三の見解に従へば、この波は物的現象でなく、概念的な抽象的なものとして取扱はれる。波動の統計的意味を了解せ

1) Born 2) Heisenberg 3) Wahrscheinlichkeitswelle

んとするには、どうしても認識論に立入り、思惟¹⁾(思考)と實在²⁾、又は叙述と物³⁾の關係に就いて考へねばならぬ。

ハイゼンベルクは、認識論的見地から、量子論の一つの數學的表現を企てたが、この表現は後のシュレーチンガーの波動力學と一致するものなることが判つて來た。

ハイゼンベルクの思想は、原子の古典的模型の批判に出發する。彼は、原子内電子の運動は決して事實に觀察することは出來ないとし、嘗てのやうに微宇宙を論ずるに際し、恰も掌を指すが如く觀察に掛かるものなるかのやうな態度を棄てた。しかしこれは寧ろ、事實の理論附けに、缺き得る量を取除いたといふのが至當であらう。如何となれば、物理學的量は多く直接には觀察され得ぬからである。

電子の位置を觀察するには、極めて波長の短い光例へばガムマ線をこれに當てなければならぬ。そしてこの反射光を受けるには、眼では駄目で、寫眞作用を利用せねばならぬ。斯かる電子觀察装置をガムマ線顯微鏡⁴⁾と呼ぶことにしよう。

ガムマ線はしかし、波長が極めて短いために、大なるエネルギー量子と運動量とを持つ。従つて、ガムマ線が電子に当たると、これに強い衝撃を與へ、電子の初めの運動の模様を變へるので、電子の速度と位置とは同時には正確に測られぬことになる。即ちこの觀察對象が觀察手段によつて本質的に攪亂を受けるのである。

斯かる例は巨視鏡的現象にもある。例へば、未だ露出しな

1) Denken 2) Sein 3) Ding 4) γ -Strahlenmikroskop

い寫眞乾板の色を見るためには、これを包装より出して日光の下に齎さねばならぬ。さうすると、乾板はやがて灰色に變はるであらう。しかし幸にして、この黒變は比較的緩漫な現象なので、日光の下に出した直後には、乾板の綠黄色を見ることが出来る。

水の溫度を知らうとして溫度計をこれに入れると、溫度計を入れたために水の溫度は變化する。しかしこの溫度變化は補正項として後に計出され得、従つて、溫度計を入れない前の水溫を知ることが出来る。これらは巨視鏡的の現象に對してである。顯微鏡的現象に對しては、觀察手段によつて起された對象變化は、計算によつて求めることが出来ぬのが一般である。本質的な不正確がこゝに伴ひ存するのである。

ハイゼンベルクの**不正確關係**¹⁾(不確定性原理)とはこのことをいふ。これは、觀測と不正確との本質的な或連接をば意味するもので、例へば電子の位置と速度とは同時には正確に測定され得ず、一をより正確に測れば他はより不正確に測られるのである。従つて兩者の平均的な値に満足せねばならぬことになる。こゝに確率の概念が現はれて來る。物質の最小部分の狀況は確實には叙述され得ず、従つて確率的のみ與へられ得る。これは、状態が無法則であるといふのではなく、寧ろ確率が或型式の規律性を認めしめるといふべきであらう。この統計的規律性を數學的に表現するものが、**マトリックス數學**²⁾で表はされた電子波動の概念であると解釋される。

1) Ungenauigkeitsrelation 2) Metrikenkalkül

電子の位置と速度とは同時には、大なる正確さで測られ得ぬ。従つて電子の未來の軌道を正確に計算することは、不可能である。豫見はこゝに客觀的制限を受ける。客觀的な嚴格な豫言は不可能となつたのである。

波動の強弱は或状態に電子の存する確率の測度に外ならぬ。粒子の状態は波動によつて統計的に規律付けられるのである。即ち波動は**状态的**¹⁾である。

ボーア原子模型の規律性は、斯く確率論的機構によつて置換されたのである。

一つの點光源から單色光を出し、光源の前にある、二つの針孔の穿たれた障子に當てる。この二つの孔は光源より等距離にあるとする。光源からは彈丸狀に光量子を抛げ出すとする。さうすると實驗室の壁上には二つの點が輝かされる。しかし若し障子上の二點を充分相近づけると、事實は彈丸線より外れた障子上の點が光る。これは粒子說(發散說)では豫想されぬところである。

障子上の一孔を塞ぐと、他孔に直面する壁上の點が輝くが、上の孔を開くと、これが又暗くなる。

波動說によれば、これは光の干涉に過ぎぬのである。故に光量子說では、干涉の現象は確率論的現象であらねばならぬ。

光量子說では、光量子の徑は正確に規定されず、單にその確率のみが述べられる。明るい所は、光量子の到着する確率の大なる所と解釋される。

1) Zuständliches

特殊の未來事象の確率或は實驗結果の確率は、**主觀的¹⁾確率**と呼ばれる。個人によつて、現在の狀態に關する知識の分量が相違するならば、又その推定も相違するであらう。これに反し唯一の答の與へられる確率を、**客觀的²⁾確率**といふ。確率の客觀的妥當性を認め、確率法則を自然現象の客觀的事實として見んとするのが、近代の物理學者の態度である。

¹⁾ subjective Wahrscheinlichkeit ²⁾ objective Wahrscheinlichkeit

結 論

認識せんとする慾求は人間精神に深く根ざしてゐる。人間の驚くべき認識力によつて、常に新しく透明な、自然に關する概念世界が構成されて來てゐる。即ち思惟者としての人間の持つ世界觀は、日に改り、認識と共に人間の精神構造が變化されつゝあるのである。

思惟は古い規範^{ノルム}の反覆であつてはならぬ。自然科学の認識方法は、理性の構成に關し、沈思又は純粹思惟の能くしないところの、新概念の發見に導く。この認識方法こそ人間の文化を高揚させた重要なものである。しかも認識は萬華鏡の如くに變轉を續けてゐる。

19世紀に於ける機械觀の勝利は、宇宙の機械的寫像を造ることの可能をすら思はしめた。然るに最近の理論物理學に於ては、空間・時間・質量・エネルギー等の素朴なる概念は、最早昔日の如く自然叙述のイロハではなくなつた。直觀は棄てられ、抽象的な複雑せる異常な雲が蓋うて來た。狀況は一變したのである。直觀的なものはなくなつて、マトリックス數學や波動函數などが新世界形像の論に必要となつて來た。

然らば「物理學的なるもの^{フィジカルリシエス}」とは何か。自然科学の背景には今何等かの新しい要素が導入されたに違ひあるまい。

本書は素より、新物理學に就いての徹底的な知識を讀者に與へるやう設計されてない。唯、その全系に對する新しき

知識と意義とを與へ得んことを目標としてゐる。

専門的な硬い概念殻を破れ。これは著者の叫び來つたところである。斯くしてこそ始めて、新理學の力を世に示し、又同時に、理學の思考方法に對する根本的な誤解を一掃することが出來ようものである。

索 引

ア

アインシュタイン	20, 21, 137, 163, 170, 177, 179, 180
アインシュタインの宇宙論	179
アインシュタイン-ドゥ・ハース	113
アヴォガドロ	104
アヴォガドロの假説	60, 104
アークチュルス	37
明の明星	41
アストン	156
アダムス	42
歴電氣	126
アトム	106
天の川	35
アムベール	113, 141
アリストテレス	8, 12, 19, 46
アルキタス	8
アルキメデス	7, 9, 12
アルケミー	103
アルデバラン	38
アルテール	36
α 線	99
α 線の飛跡	155
アルファ粒子	101, 145, 149, 157
アレスト	42
アレニウス	97, 144
暗黒輻射	141
闇視	160
暗視野照明	153
アンダーソン	145

アンタレス	36
アンドロメダ	37

イ (キ)

イオン	78, 85, 94, 97, 107, 108
閾溫度	78
閾値	77
異極性	108
活けるエネルギー	22
生ける力	22
意識	181
異常光線	121
異常分散	142
位相	68, 92
一等星	35
一流體説	77
射手(星座)	36
緯度	31
イムビーダンス	92
イレヌ・キュリー-ジョリオ	145
陰イオン	78
因果性	169
陰極光	94
陰極降下	95
陰極線	95, 98, 139
陰電子	76

ウ (ヴ)

ヴァイスの内磁場	117
ヴァリニオン	10
ヴィーデマン-フランツの法則	79

ヴィーナー 74
 ウィルソン 155
 ウィルソンの霧函 155
 ヴェガ 35
 ヴェクトル 4
 ヴェパー-フェヒナーの感覺の法則 65
 魚の見た光景 135
 ヴォルタの法則 80
 牛(星座) 38
 牛飼(星座) 37
 宇宙線 . . . 78, 145, 151, 156, 156-附圖
 宇宙線検出器 158
 宇宙膨脹 151
 宇宙膨脹論 145
 宇宙論 179
 運動エネルギー 21, 46, 59
 運動學 8
 運動の相對性 174
 運動の法則 17
 運動のモードとしての熱 50

エ

エアリー 42
 永久運動 47
 永久磁石 82
 エクスプローラー第二號 63
 X線干渉圖形 154
 X線分析 153
 N層 114
 エネルギー 46
 エネルギーの吸收 64, 185
 エネルギーの保存に就いて 47
 エネルギー状態の整數性 187
 エネルギー水準 146
 エネルギー的世界觀 47

エネルギー等配則 59
 エネルギー保存則 49
 エネルギー粒子 137
 エネルギー量子 137
 エマナチオン 99, 101
 M層 114
 エールステット 117
 L層 114
 演釋 2
 遠隔作用 80
 エンケ 42
 遠心力 21, 175
 エントロピー 55, 57, 172
 エントロピー減少 172
 圓偏光 119

オ(ヲ)

オイラー 11, 25
 牡牛(星座) 38
 横波 119
 玉立學術研究所 90
 オストヴァルト 47
 音 126
 音信號 129
 乙女(星座) 37
 牡羊(星座) 40
 大犬(星座) 37
 大熊(星座) 34
 大熊星群 45
 大森博士 131
 オームの法則 89
 オリオン 37
 音響 17
 オングストローム單位 66
 温度の絕對尺度 4, 55

温度の熱力學的尺度 55

カ(ク)

海王星 42
 ガイガー-ミュラー計數管 158
 ガイスラー管 94
 廻折 125, 139, 154, 159, 188
 廻折格子 142
 廻折鏡 125
 廻折像 187
 廻旋 110, 113, 114
 廻轉儀 43, 113
 廻轉系 21
 廻轉楕圓面波 121
 廻轉偏光 122
 ガウス 27, 117
 ガウスの原理 27
 ガウスの定理 86
 カウフマン 95
 科學と憶說 8
 化學線 139
 化學的歪み 118
 鏡の厚さ 132
 可逆機關 53
 可逆性 173
 可逆輪業 51
 殼 110
 角運動量 109, 111
 客觀的確率 192
 殼層 114
 擴聲器 116, 129, 158
 學說 2
 確率 57, 190, 192
 確率波 188
 確率論的機構 191

陰れたる運動 27
 陰れたる性質 13, 19
 陰れたる物體 27
 カー効果 123
 カシオペア 35, 36
 加水分解 85
 ガス溫度計 4
 ガス状星雲 44
 カストール 38
 火星 42
 假說 2
 假想仕事の原理 11
 假想變位 11
 假想變位の原理 11
 硬いガムマ線 147
 可聽度 120
 滑劑 105
 ガッレ 42
 カーディオイド 152
 荷電 76
 渦動 20, 28
 渦動論 17
 ガドリニウム 115
 カナル線 98
 蟹(星座) 40
 可能性の科學 166
 カベラ 38
 加法 4
 ヶ線 99
 ガムマ線顯微鏡 189
 渦流 91
 ガリレオ 11, 12, 161
 ガリレオ-ニュートンの力 27
 カルノー 51, 54
 カルノー機關 53

カルノー輪業 51, 56
 カロリック 46
 感覚の法則 65
 感光度 65
 感光示性曲線 65
 観察 1
 干渉 74, 123
 干渉計 124
 慣性 17, 66, 91
 慣性系 21
 慣性力 21, 174, 176
 完全暗黒體 140
 完全流體 20
 カント哲學 48
 感應電流 90
 感應動電力 89
 冠 (星座) 37

キ

キアヴェンディッシュ實驗所 155, 156
 氣壓 63
 氣壓法則 63
 機械的數學的世界 19
 幾何學 14
 幾何學的影 125
 幾何光學 187
 基準系 174
 氣體運動論 59
 歸納 1
 吸收 64
 吸收率 64
 求心力 14, 21
 球面波 73, 121
 キュリー 101, 102, 127
 キュリー (イレース)-ジョリオ 145

キュリー-截法 126
 キュリー-點 115
 キュリー (ビエール) 論文集 102
 狹義の力學 8
 強磁性 112
 強磁性體 81, 115
 共鳴力 107, 115
 極距離 31
 極光 185, 185-附圖
 極性 5, 85
 巨視鏡的狀態 57
 駁者 (星座) 38
 虚電子 146, 147
 霧函 145, 155
 キルヒホッフの法則 88
 銀河 36, 44
 莖外線 139
 莖外線寫眞 143
 銀河系 45
 銀河系外星雲 44
 近日點 41
 金星 41
 近世力學原理 27
 近接作用 80
 金屬光澤 119

ク

空間 164
 空間荷電 159
 空間格子 154
 空時的彎曲 58
 クォターニオンの原理 19
 屈折 23, 120, 132
 屈折率 24, 73, 129, 133
 クニッピンク 153

クノブラウフ 141
 クラウジウス 54, 59
 クーリッジ 98
 クルークス 95
 クルークス暗黒部 94
 クルークス管 95
 クレル紀要 21
 黒さ 65

ケ

K層 114
 珪素鋼 112
 夏至 30
 結晶 106, 116, 120, 122
 月章道 44
 月食 41
 月齡 41
 結論 2
 ゲーテ 162
 ゲーテの色彩論 182
 ケプラー 13
 ケプラーの法則 13, 18
 ゲー・リュサックの法則 59
 ケルヴィン卿 54
 限外顯微鏡 152
 牽牛星 36
 原子 77, 81, 103
 原子の轉換 145, 149
 原子の配列 105
 原子核 77, 99, 112, 149
 原子構造論 182, 186
 原子番號 77, 149
 原子模型 182, 191
 現象の可逆性 171
 減衰恒數 100

コ

減衰率 64
 元素の週期律 109
 元素の變脫 99
 驗電器 100
 檢糖法 123
 ケンネリー-ヘーヴィサイド層 185
 顯微鏡的狀態 57
 減法 4
 原理的假定 2
 小犬 (星座) 38
 光壓 185
 合ヴェクトル 5
 紅焰 29
 交換力 115
 航空力學 17
 光行差 71
 光子 137
 黃色星 38
 合成 4, 74
 恒星 33, 36-附圖, 44
 恒星日 39
 光線 119
 光速度 72, 180
 光彈性學 122, 122-附圖
 光軸 120
 光電效果 77, 138, 160
 光電子 77
 高度 31
 黃道 31, 40
 黃道星座 40
 光年 29
 效率 53
 合理的力學 15

交流 86, 92
 光子 137, 185
 コーカ 122
 黒点 28, 41
 小熊(星座) 34
 固定点 3
 古典電氣動力學 186
 古典力學 58
 琴(星座) 36
 コブレンツ 143
 コベルニクス 161, 177
 コムプトン効果 185
 コムプトン電子 148
 固有運動 45
 固有輻射 183
 コリオリ 22
 ゴールトシュタイン 97
 コロナ 29

サ

サイクロイド 24
 歳差 43
 歳差運動 18, 43
 最少作用量の原理 25
 最少時間の原理 24
 最新式真空ポンプ 108
 最大最小 24, 26
 最短線 179
 サイラトロン 158
 サイレン 129
 コモリ
 蝸(星座) 36
 作用量 25
 作用量子 185
 サルヴィアティ 13
 三角形法 4

残響 64
 残存磁氣 82
 残留線 142

シ

ジアイロ・マグネチック比 113
 シェールの法則 59
 思惟 22, 189, 193
 思惟經濟 3, 26
 ジュル 46, 59
 ジュル熱 78
 磁化曲線 112, 116, 117
 視角 28
 時間 168
 時間順序 169, 171
 時間的彎曲 58, 83
 時間方向 171
 色感劑 66
 磁氣感應度 82, 83
 色彩論 182
 磁氣轉移溫度 112, 115
 磁氣轉移點 112, 115
 磁氣能率 84, 111
 磁氣量子數 110
 四元法 19
 思考實驗 10
 自己感應 90
 示差溫度計 141
 獅子(星座) 38
 事實 1
 磁場 81, 83, 87, 88
 指數函數 62
 指數的減少 99
 磁性 81
 示性曲線 65

死せる力 22
 自然 1
 自然の經濟 22
 自然の齊整 2
 自然科學 1
 自然現象 1, 25, 171
 自然光 119
 自然對數 62
 ジッター 58
 質量スペクトル 157
 質量分光器 156
 自轉性 113, 139
 ジーデントップ 152
 視半徑 28
 四分一波長板 123
 較り 67
 尺度 167
 寫眞 65
 遮斷コイル 92
 週期 68
 週期的 92
 週期的現象 68
 週期律 100
 宗教 161
 歌帶 40
 自由電子 77
 十二座 40
 秋分 30
 主殻層 114
 主觀的確率 192
 熟成 65
 シュタルク 98, 123
 シュタルク効果 123
 實驗 1
 實驗物理學 2

實在 189
 實在性の科學 166
 實體活動寫眞 136
 實體鏡圖 136
 シュテルン-ゲルラッハの實驗 112
 シューマン區域 140
 主量子數 110
 シュレーチンガー 186, 187, 188
 シュレーチンガーのエネルギー包 187
 シュレーチンガーの波動力學 186, 189
 シュレーチンガーの方程式 187
 春・秋分點 18, 31
 順序形式 169
 瞬閃 101, 157
 春分 30
 春分秋分線 43
 小區域 115
 狀態的 191
 焦電氣 127
 常磁性體 81
 常用對數 62
 除外原理 109
 織女星 35
 食變光星 44
 叙述 2, 189
 シリウス 37
 磁歪 112, 118, 129
 針孔暗箱 133
 人工放射能 99, 99-附圖
 真空管 94
 新星 45
 心臟形集光鏡 152
 眞太陽日 39
 振動 68
 滲透壓 104

振動数 68
 振動電流 86
 新萬有引力論 178
 振幅 68
 新量子力学 186

ス

彗星 15, 33, 185
 水星 41
 水素スペクトル線の微構造 146
 数学装置 186
 数学的理論 2
 数学的類似 187
 スカラー 6
 スコラ哲学 13
 ステヴィン 9
 スピカ 37
 スペクトル 125, 181
 スペクトル研究 186

セ

星雲 44, 151
 正確科学 2
 星群 45
 正結晶 121
 正弦運動 74
 星座 33, 35
 静止の法則 11
 静止質量 146
 性質 181
 整色性 66
 整数性 187
 生成 168
 成層圏 63
 星團 44

生物科学 1
 静力学 8
 整理統一 1
 星流 45
 世界観 193
 赤緯 30
 赤外感光性 67
 赤外線 139
 赤外線写真 143
 赤色星 38
 赤端感光性 67
 石炭層の成生 144
 赤道 30
 積分法則 18
 赤方変位 151, 179
 接触電気 79
 接触動電力 79
 絶対温度 51, 53, 55
 設定 167
 説明 3
 ゼーマン効果 123
 セミー
 含密 103
 旋光體 122
 全整色性 66
 選擇吸收 141
 全同 166
 全同性の定義 166

ソ

相加的 57
 双極子 83
 双線 142
 想像 162
 相對思想 169, 177
 相對性 170, 174

相對性原理 177, 180
 相對律的不變性 146
 相對論 3, 170, 180
 相對論の背理 180
 相對論的宇宙論 58, 179
 双軸結晶 121
 相等性 177
 相等性現象 177
 測高器 63
 測定 2, 170, 190
 束縛電子 77
 測微輻射計 143
 素量 76, 155, 157

タ

第一暗黒界 94
 第一種の永久働 50
 第一副量子数 109
 對稱 26
 帶磁率 82
 耐震建築の原理 107
 帶スペクトル 183
 體中心立方形 107
 第二暗黒界 94
 第二種の永久働 50
 對比 135
 太陽 28
 對流圏 63
 對流電流 85
 對話篇 13
 ダーヴィン 161, 162
 楕圓偏光 119
 確らしき叙述 3
 正しい露出 66
 たなばた
 七夕星 35

ダランベールの原理 21
 ダルトン 106
 單位胞 118
 探極線 95
 單結晶 159
 短週期 44
 單振動 74
 單軸結晶 121
 斷熱 51
 斷熱變化 51

チ

チャドウィック 145
 チャリス 42
 知覺 181
 力 15, 21
 力の絕對性 174
 力の相對性 175
 力の獨立性 10
 軸性 5
 中心力 17
 重水 145, 149
 重水素 149
 中性温度 92
 中性子 78, 145, 149
 中性子線 149
 重力の下に於ける流體の平衡と運動
 17, 63
 重力場 55
 重力ポテンシャル 55
 超音波 126
 超音波學 126
 長週期 45
 潮汐 15, 17, 20
 超増感 66

超電導性 78
沈黙帯 131

ツ
ツイクモンディ 152
月 41

テ
定義 3
抵抗 17, 78, 91, 92
抵抗温度計 79
抵抗媒質内の運動 17
定常電流 88
定常波 74
ディラック 146
ディラックの一般化波動方程式 146
ティンダル 50, 120, 141, 162
デーヴィ 46
デーヴィッソン-ガーマー 159
デカルト 13, 17, 161
哲學 3
デネブ 36
デバイ-シュラー粉末法 154
轉移境界 117
天王星 42
電解質 85, 97
電氣 76
電氣の雲 187
電氣感應度 83
電氣絶縁體 76
電氣能率 84
電氣物質觀 94
電氣變位 83
天球 30
電氣力束 86

電氣量 76
電子 76, 78, 95, 103
電子ヴォルト 145
電子雲 160
電子荷電 76, 97, 157
電子荷電の測定法 157
電子顯微鏡 159
電子層 110
電磁的起原 96
電子波 159
電子波動論 108
電磁波論 181
電場 80, 83, 86
電子レンズ 159
テンソル 6
天頂 31
天頂角 31
電導體 76
傳導電流 78, 85
天然色寫眞 74
電媒恒數 76
電媒分極 84
傳播速度 68
天秤(星座) 40
天狼星 37
電離 155
電流熱 78
電至 118

ト

同位體 149, 157
等温變化 51
等級(恒星の) 35
同極性 108
洞空 141, 143

統合 182
冬至 30
同時刻 168, 169
同時刻の相對性 170
等周問題 22, 24
等方體 73
透明標本 134
動力學 8, 12
時 30, 31
特殊の場合 2
時計 168
土星 42
閉じた路 86
ドップラー 71
ドップラー効果 68, 98, 144, 151
トムソン(サー・ウィリアム) 21, 54
トムソン効果 93
トムソン(サー・ゼー・ゼー) 95, 156
トリニティ・カレッジ 16
トレミー 177

ナ

內的體驗 181
內的轉換 148
内部エネルギー 49
長岡半太郎 184
夏の星 35
ナビア 62
鉛 99
軟X線 140
南中 33

ニ

ニクソン 10, 13, 161, 174, 176, 177, 181
ニクソンの運動の法則 17

二義性 178
ニコル 121
二次的 156
二重星 44
日食 29, 41
二等星 35
乳劑 65
入射面 119
二流體説 77
認識 193
認識論 166

ネ

熱の仕事當量 46, 49
熱機關 50, 53
熱機關の效率 53
熱源 52
熱線 139
熱端 92
熱電逆變 92
熱電子 77
熱電子現象 77
熱電堆 141
熱電對 92
熱電流 92
熱輻射 183
熱力學 49
熱力學の第一法則 49
熱力學の第二法則 49
熱力學的尺度 55
年週視差 71

ハ

ハイゼンベルク 188, 189
ハイヘンス 18, 181

ハイヘンスの原理 73
 ハイヘンスの作圖 73
 ハイヘンスの副波 12, 137
 パウリ 109
 パウリの禁制 109, 149
 白色星 38
 白鳥(星座) 36
 薄板の色 124
 波形 68
 ハーシェル 141
 パーセック 72
 ハーター-ドゥリッフィールド 65
 波長 68
 發散説 191
 パッシェン 142
 發電機 90
 ハップル 151
 波動 17, 68, 186, 191
 波動説 191
 波動方程式 68, 146
 波動力學 186, 189
 波動論(物質の) 139
 パーネット 113
 パーマロイ 118
 ハミルトン 19, 187
 波面 73
 腹 74
 ハリー 15, 18
 波粒 108, 137, 139, 186
 波粒説 137
 バルクハウゼン効果 116, 117
 バルマー 184
 輓近物理學の展望 145
 半減期 99
 反磁性體 81

反射 22, 73, 120, 132
 反對命題 182
 萬有引力 13, 176
 萬有引力の法則 18, 162, 178
 萬有引力恒數 14

ヒ

ビエール・キューリー論文集 102
 ビョーサヴァールの法則 87
 美學 182
 比荷電 96
 光 119, 126, 181
 光の感覺 181
 光の電磁波論 181
 光の發生 182
 ひこぼし
 彗星 36
 ヒステレシス 112
 ビタゴラス 22
 羊(星座) 40
 ヒッパルクス 18, 43
 微分 16
 微分法則 18, 177
 非ユークリッド幾何學 165
 氷河期 144
 標準状態 109

フ

ファラデー 80, 90, 97, 162
 ファラデー暗黒部 94
 ファラデー効果 123
 フィゾー 141
 フィルター 67
 負運動エネルギー 146
 負運動エネルギー水準 147
 フェノライト 122

フェルマー 23
 フェルマーの原理 24
 フォーゲル 66
 フォマルホート 37
 不可逆機關 54
 不可逆現象 57
 不確定性原理 190
 副殻層 114
 複屈折 120
 副層 111
 負結晶 121
 フーコー 141
 節 74
 不正確關係 190
 雙子(星座) 38, 43
 フック 14, 18
 物質の構成單位 77
 物質の磁性 81
 物質の第四態 95
 物質の波粒性 186
 物質化 147
 物質科學 1
 物質不可入性 109
 物理學 1
 物理學の方法 1
 物理學の目的 1
 物理學的確率 57
 物理學的刺戟 65, 181
 物理光學 187
 不等方的 122
 フトレマイオス 177
 冬の星 35
 ブラウン 61, 152
 ブラウン運動 61, 153
 ブラキストクロンの問題 24

フラクシオン 16
 ブラッグ 154
 ブラッドリー 71
 プラト 18, 26
 ブラヘ 13
 ブランク 57, 185
 ブランクの恒數 109, 137, 147
 フランクリン 77
 フーリエ解析 74
 フリードリッヒ 153
 フリードレンダー 176
 ブリュースターの法則 119
 プリンシピア 10, 14
 プルト 43
 ブルノ 161
 ブレヴォ 141
 フレネル 181
 フレネルの二重鏡 124
 フレネルの二重プリズム 124
 ブローイ 137, 186, 188
 プロシオン 38
 プロミネンス 29
 分極 85
 分極電流 85
 分子 59, 103
 分子運動論 59
 分子磁石 81, 113
 分子電流 113

へ

閉曲面 80
 平均自由行程 59
 平均壽命 100
 平均太陽日 39
 平行四邊形の法則 4, 10

平行線公理 164
 平面偏光 119, 122, 123
 ベガス 37
 β線 99
 ベッセル 72
 ベテルギウス 37
 ヘリウム 99
 ヘリオスタット 132
 ベリリウム線 148
 ベルチエ効果 92
 ヘルツ 27, 98
 ヘルツの力學體系 27
 ベルヌーイ(ジャン) 11, 24
 ベルヌーイ(ダニエル) 10, 50
 ヘルムホルツ 21, 47, 54
 ヘロン 7, 22
 變位 5, 11
 變位電流 85
 偏光 119, 122, 122-附圖, 123
 偏光角 119
 變光星 44
 偏差 14, 18
 變分法 24

ホ

ホーア 182, 185, 186, 187, 188
 ホーア磁子 111
 ホアンカレ 8, 162
 ホーイス 143
 ボイルの法則 59
 包 187, 188
 方解石 120, 122-附圖
 方向 4, 6, 73, 122
 放射性物質 99
 放射線 99

放射能 99
 法則 1
 膨脹函 155
 放電現象 94
 拋物線形集光鏡 152
 飽和磁氣 112, 115
 北極星 34, 40
 北斗七星 34, 40
 北斗の指針 34
 牧夫(星座) 37
 星 33
 星の光度 35
 ボーテベッカー 145
 ボテンシャル・エネルギー 55
 ボリアイ 165
 ボルックス 38
 ボルツマン 57, 171
 ボルツマン恒數 57
 ボルネ 131
 ボルン 188
 ボロメーター 142

マ

マイヤー 47, 50
 増富 101
 マックスウェル . 59, 86, 162, 173, 181, 183
 マックスウェルの魔 172
 マックスウェル歪力 80, 85
 マッハ 26, 175, 177
 マッヘ 101
 マトリックス數學 190, 193
 マリオットの法則 59

ミ

みよこ
 三朝温泉 101

みづかみ
 水瓶(星座) 40
 みねみのうを
 南魚(星座) 37
 ミリカン 158
 ミリカン區域 140

ム

昔と今との時 31
 向き 4, 6

メ

冥王星 43
 迷場 116
 メカニックス 14
 メロニ 141
 面積の定理 13, 17
 面中心立方形 107

モ

木星 18, 41
 物 189
 モーベルチェイ 11, 25
 モール 143

ヤ

山羊(星座) 40
 ヤング 181

ユ

ユーイング 112
 融解水晶 143
 誘磁率 82
 誘電體 76, 83, 87, 90
 誘電率 76
 誘導電動機 91
 誘導動電力 90

誘導放射能 99
 ユークリッド 164
 ユークリッド幾何學 19, 164

ヨ

宵の明星 41
 陽イオン 77, 78
 陽極線 97, 157
 陽子 78, 145, 149
 要素的過程 138
 要素波 73
 陽柱 95
 陽電子 78, 145, 149

ラ

ライブニッツ 16, 22, 174
 ライマン區域 140
 ラインコーバー 143
 ラウエ 153
 ラグランジュ 24, 161
 ラザフォード 184, 185
 ラヂウム 99, 102
 ラヂウムエマナチオン 99
 ラドン 99
 ラムフォード伯 46
 ラングレー 141
 ランジュヴェン 126, 128

リ

力學 7
 力學の諸問題 9
 力學の分類 8
 力學的可逆性 58
 力場 123
 リゲル 37

345

719

終