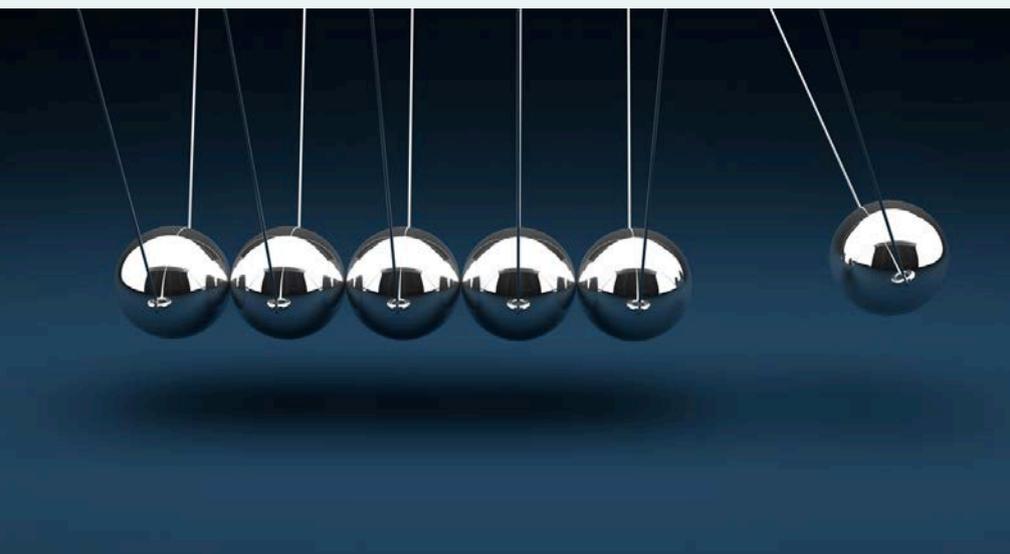
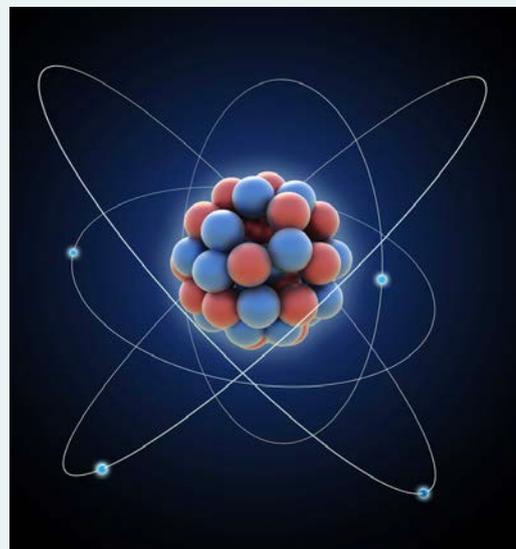


Creative Science

物理学ガイドブック



物理学の理論

物理学は
「世界の見方」を
変えてくれる学問

青空と白い雲、雨や雷、夜空に見える星など私たちは様々な自然現象に囲まれて生きていますね。

「なぜそんな現象が起きるのだろうか？」という素朴な疑問と「それを理解したい！」という強い欲求が、長い年月をかけて偉大な理論を生み出してきました。

このガイドブックを読むことで物理学がどんな理論をもとに組み立てられた学問なのかが分かります。

驚くことに自然現象は、ほとんどここで紹介する理論の組み合わせで説明することができるのです。

物理学はあなたの世界の見え方を大きく変えてくれますよ。

りきがく ニュートン力学

NEWTONIAN MECHANICS

どんな理論？

ニュートン力学は、坂道を転がる石コロから惑星の動きまで「物体の運動」を数学を使って説明できる理論です。

古代ギリシャ時代から、天は地上とは根本的に別の世界だと思われていました。天は美しい円運動が永遠に続く完全な世界、地上は不規則な運動が起きる不完全な世界だと考えられていました。

現在、私たちは「地球（地上）も宇宙（天）の一部」という世界観を持っていますね。これはニュートン力学で「身近な物体」も「天体」も同じ法則に従っていることが分かって初めて可能になった考え方なのです。



ニュートンの法則

ニュートン力学は3つの法則からできています。その中でも特に有名なのは「ニュートンの運動方程式」と呼ばれる式です。現実世界と数学を見事につないでくれる驚くべき数式です。



万有引力の法則

どんな物体も互いに引き合う力（引力）が働くという法則です。私たちが感じる重力から惑星の動きまで、とても広い範囲で成り立ちます。この法則は、のちに相対性理論へと繋がっていきます。

アイザック
・ニュートン
Isaac Newton
1642-1727



物体の運動の法則を発見し、ニュートン力学を確立したことで有名なイギリスの物理学者。ほかにも微分・積分法の発見や光の色に関する理論など様々な分野で業績を残しています。

一方で、ニュートンは『錬金術師』でもありました。20世紀になって行われたニュートンの遺髪分析で水銀が検出されるなど、錬金術の研究に並々ならぬ情熱を持っていたことがうかがえます。

かいせき りきがく

解析力学

ANALYTICAL MECHANICS

どんな理論？

ニュートン力学は物体の運動を数学的に計算できる非常に強力な理論です。ところが、まっすぐでない座標を設定したり、(関節などで) 運動を制限したりすると計算がとても難しくなってしまいます。

そこでニュートン力学をもっと数学的に整備して、使いやすくしたいというニーズが生まれました。

そして直感的に分かりやすい『位置』や『力』だけでなく、抽象的な『エネルギー』や『運動量』などを駆使した便利な理論が組み立てられました。それが解析力学です。

さまざまな数学テクニックを使う抽象的な理論なので少し難しめですが、ロボットの制御やシミュレーションなど最先端技術でもおおいに活躍しています。



ラグランジュ形式

解析力学の考え方のひとつ。設定を正しく行くと、ほしい運動方程式が自動的にでてくるなど、とても使い勝手のよい手法です。



ハミルトン形式

解析力学のもうひとつの考え方。「ハミルトニアン」と呼ばれる関数を計算に使います。これはのちに量子力学に繋がる重要な物理量です。

ウィリアム・
ハミルトン
WILLIAM ROWAN
HAMILTON
1805-1865



ハミルトン形式と呼ばれる解析力学の考え方を確立したイギリスの物理学者・数学者。

四元数(しげんすう/クォータニオン)と呼ばれる新しい「数」を発見したことで有名です。

聞きなれない言葉かもしれませんが、四元数はTVゲームのキャラクターの回転やロボットの姿勢制御など、意外と身近な技術でも使われています。

ねっつきがく

熱力学

THERMODYNAMICS

どんな理論？

魚や肉を焼くときにも、お風呂に入って体を温めるときにも「熱」が必要です。でも熱とはいったい何でしょうか？

古代ギリシアでは熱の源である「火」は水・空気・土と並ぶ四大元素の一つと考えられていました。しかし熱の正体は長いあいだ謎で、どう扱っていいかも分かりませんでした。

ところが18世紀後半から19世紀にかけて蒸気機関が発明されると、どうしても熱を扱う理論が必要になりました。そして熱の法則は第0法則～第3法則までの4つの法則にまとめられ、熱力学が完成したのです。

熱力学は例えば氷（固体）、水（液体）、水蒸気（気体）といった身近な物質の状態変化や、化学反応にも応用できる応用範囲の広い強力な理論です。



IHクッキングヒーター

IH（インダクション・ヒーティング：電磁誘導加熱）は電磁気のエネルギーを熱に変換して食べ物を加熱する技術です。電磁気学と熱力学をうまく融合させた技術ですね。

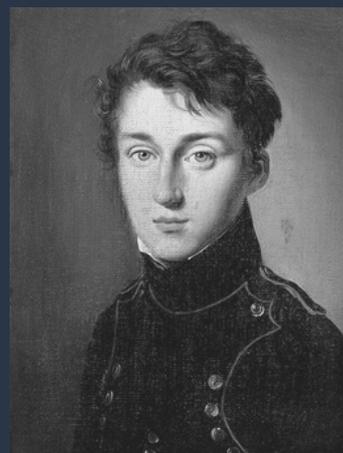


そうてんい 相転移

同じ物質でも温度や圧力などで状態が変わる現象を「相転移」といいます。氷が溶けるなど身近なものから超伝導など最先端技術に繋がるものまで幅広く見られる現象です。

サディ・カルノー

Nicolas Léonard
Sadi Carnot
1796-1832



仮想的なエンジンのような仕組み「カルノーサイクル」の研究で熱力学第2法則の原型を導いたことで知られるフランスの物理学者・技術者・軍人。

残念なことにコレラによって36歳で生涯を終え、遺品は感染防止のためほとんどが焼却処分されたため謎の多い人物です。

熱の正体がはっきりするのは、もう少し後の時代になりますが、カルノーの先見の明は素晴らしいものだったと言えます。

とうけいりきがく

統計力学

STATISTICAL MECHANICS

どんな理論？

私たちの身のまわりの物質は（私たち自身も含めて）膨大な数の原子や分子でできています。たとえば18グラムの水は1兆の1兆倍個の水分子でできています。

こんなにたくさんの分子の動きをひとつひとつ調べることはできませんし、あまり意味もありません。

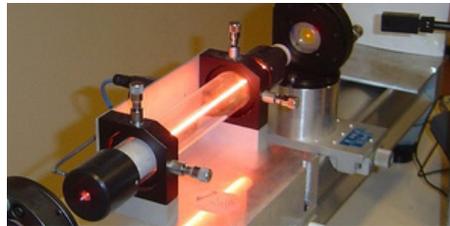
そんなとき役に立つのが「統計学」です。平均や分散といった統計的な数学テクニックが役に立つのです。たくさんのもものが集まった集団を統計的に処理して理解する理論が統計力学です。

統計力学は熱力学とも関係が深く、「熱」の正体は「膨大な分子の運動の激しさ」であることが明らかになりました。



エントロピー

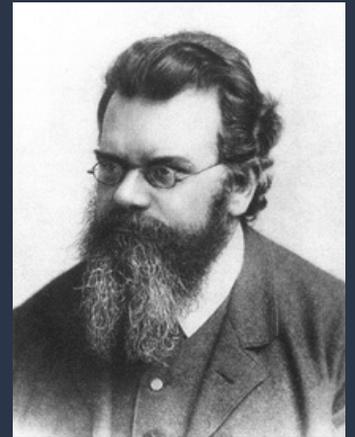
エントロピーは「乱雑さ」を表す物理量です。自然は何もしないと勝手に乱雑になろうとします。ゴムがビヨーンと伸びて元に戻る現象もエントロピーが関係しています。（エントロピー弾性）



りょうしとうけい 量子統計

たくさんの「量子」（※9ページ参照）の集団を理解するためには量子力学と統計力学を組み合わせた量子統計が必要になります。レーザーなど最先端科学に直結するホットな分野です。

ルードヴィッヒ・
ボルツマン
Ludwig Eduard
Boltzmann
1844-1906



オーストリア・ウィーン出身の物理学者、哲学者。

「原子は実在する」という信念を持っていたボルツマンは、原子の存在を否定する物理学者と対立し、激しい論争を繰り広げました。そのため晩年は精神を病み、アドリア海に面した保養地で静養中、家族が目を離したすきに自ら命を絶ってしまいました。

アインシュタインの理論に基づく物理学者ペランらによる実験で原子の存在が証明されたのは、なんとそのわずか3年後でした。まさに歴史のいたずらです。

れんぞくたいのりきがく

連続体の力学

CONTINUUM MECHANICS

どんな理論？

「連続体」とは、ある空間のなかになめらかに広がっている物体のことです。

例えばプリンは大きさ数センチ程度に広がっていますし、はちみつは垂らすと変形しながら流れていきます。

そんな物体や流体に働く力や、変形、運動を解析するための手段が「連続体の力学」と呼ばれる理論です。

ぷにぷに柔らかいものや、サラサラまたはドロッと流れるものを扱う理論だと思ってください。食品や日用品などにも連続体と見なせるものはたくさんあります。ぜひ普段の生活の中で連続体を探してみてくださいね。



だんせいたいりきがく

弾性体力学

力を加えると変形し、力を加えるのをやめると元にもどる物体を「弾性体」といいます。プリンやゼリーなどぷにぷにした物体のイメージですね。硬さや柔らかさなどの性質は食品の食感にも大きな影響を与えます。



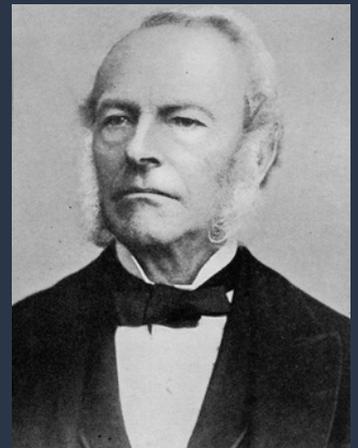
りゅうたいりきがく

流体力学

力を加えると流れていき、元に戻らないものを「流体」といいます。水・油・空気など、流れるものは身近にたくさんありますね。水道の蛇口から飛行機の翼まで、とても応用範囲の広い理論です。

ガブリエル・ ストークス

Sir George Gabriel
Stokes,
1st Baronet
1819-1903



流体力学の基礎方程式『ナビエ・ストークス方程式』を導いたことで有名なアイルランドの数学者、物理学者。

実はこのナビエ・ストークス方程式、とても難解で、厳密に解けるかどうかも分かっていません。アメリカのクレイ数学研究所が1億円の懸賞金をかけているほどです（ミレニアム懸賞問題）。

数学に自信のある方はチャレンジしてみたいかでしょうか？

でんじきがく

電磁気学

ELECTROMAGNETISM

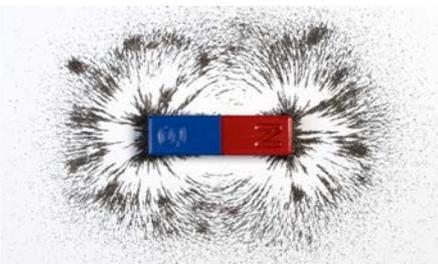
どんな理論？

パソコンやスマホ、エアコン、電子レンジなど電化製品は現代の私たちの生活に欠かせないものですね。こういった電化製品に応用されている「電気」や「磁気」を扱う理論が電磁気学です。

古代ギリシャ時代から、琥珀（こはく）をこすると軽いものを引き寄せることや、磁石が鉄を引き寄せることは知られていました。

しかし目に見える物体とは違い、目に見えない電気や磁気をどう理論的に扱えばよいのか長い間分かりませんでした。

ようやく物理学者のマクスウェルが理論を完成させたのが19世紀後半。日本だと明治初期のころです。もし電磁気学が完成していなかったら、今の私たちの生活は明治時代とあまり変わらなかったかもしれませんね。



マクスウェル方程式

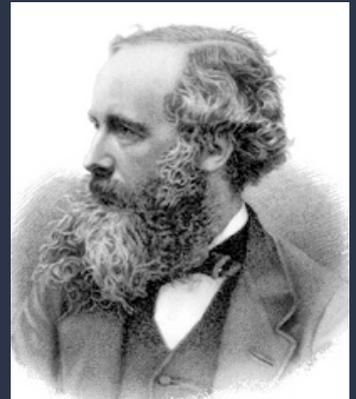
電気と磁気の法則を表す4本の方程式。雷や磁石、スマホなどのデバイス、宇宙で起きる現象までできわめて応用範囲が広い方程式です。

光と通信技術

マクスウェル方程式を解くと自然に電磁波（光）の解が現れます。光ファイバーなど現代の通信に欠かせない技術の発展も電磁気学のおかげです。

ジェームズ・
クラーク・
マクスウェル

James Clerk
Maxwell
1831-1879



電磁気学の基礎方程式『マクスウェル方程式』を導いたことで有名なイギリスの物理学者。

マクスウェルは14歳で論文を書き19歳で大学を卒業、25歳で大学の教授になるなどスーパーエリートでした。

ちなみに1861年に世界初のカラー写真を撮影したのはマクスウェルです。

当時から先進的な研究を行っていたことがうかがえますね。



そうたいせい りろん

相対性理論

THEORY OF RELATIVITY



どんな理論？

相対性理論（相対論）は、おそらく名前ぐらいは聞いたことがあるのではないのでしょうか。量子力学と並んで、現代物理学の根幹となるとても重要な理論です。

相対論は、光速に近づくことによる時間の遅れ、質量とエネルギーの変換、時空の歪みなど日常生活からは想像もできない不思議な現象を見せてくれます。

相対論の完成までには「特殊相対論」と「一般相対論」という2つのステップがありました。

「特殊相対論」は動く観測者間の関係性を表す理論、「一般相対論」は重力と時空の歪みを扱う理論です。

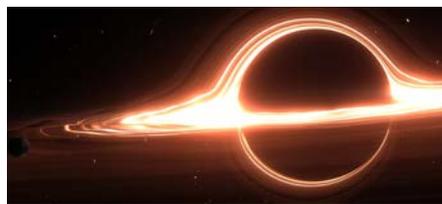
特に最近、重力波の発見やブラックホールの撮影成功など、一般相対論の正しさを示す重要な証拠が続々と出てきています。



じゅうりょくは

重力波

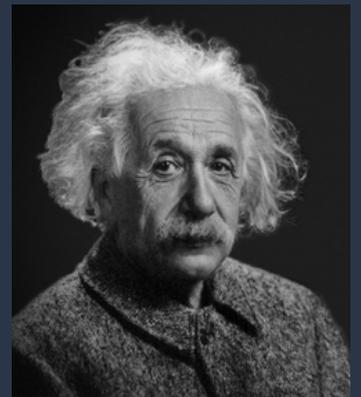
質量・エネルギーと時間・空間の曲がり方を表す数式が「アインシュタイン方程式」です。時空のさざ波「重力波」を解に持ち、実際に2016年に観測が成功しました。



ブラックホール

光さえも抜け出せない、「時空の穴」。アインシュタイン方程式の特別な解です。強い重力で周囲の光が曲がり、上のイメージ図のように見えます。

アルベルト・
アインシュタイン
Albert Einstein
1879-1955



相対性理論、量子力学、非平衡統計力学など現代物理学に多大な影響を与えたドイツ出身の物理学者。

1921年にノーベル賞を受賞しましたが、授賞理由は有名な相対性理論ではなく「光量子（こうりょうし）仮説」（光はエネルギーの粒であるという理論）でした。

この理論は後に量子力学に発展し、現代の電子デバイスに応用されるなど大変重要なものです。

ちなみにノーベル賞受賞の知らせは、講演のために日本へ渡航している途中に受けたそうです。

りょうし りきがく

量子力学

QUANTUM MECHANICS

どんな理論？

私たちの体も、動物も植物もあらゆる物体は細かく見ていくと「原子」にたどり着きます。原子は1ミリメートルの1000万分の1ぐらいの大きさです。

さらに原子は「電子」と「原子核」、原子核は「陽子」と「中性子」...のようにさらに細かく分けることができます。

では、それぐらいの大きさの粒子の動きもニュートン力学で説明できるでしょうか？

実はできないのです。そのような粒子は、ある場所にポツンと存在する「粒」の性質と、空間にふわっと広がる「波」の性質を両方持っていることが分かっています。

このように粒であり波でもある性質を持つものを「量子（りょうし）」といいます。そして量子の運動を扱う理論が量子力学なのです。



シュレーディンガー方程式

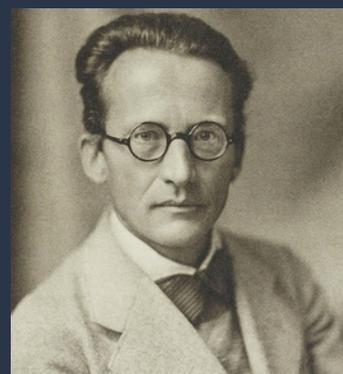
量子の動きを「波動関数」または「状態ベクトル」という物理量で計算する数式です。波動関数は「確率の波」という奇妙なものですが、計算結果は驚くほど実験と一致します。



量子コンピュータ

Google、マイクロソフト、IBMなど大手IT企業が開発を加速させている次世代コンピュータ。「重ね合わせ」や「量子もつれ」といった量子力学特有の現象をフル活用することで超高速計算が可能といわれています。

エルヴィン・シュレーディンガー
Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger
1887-1961

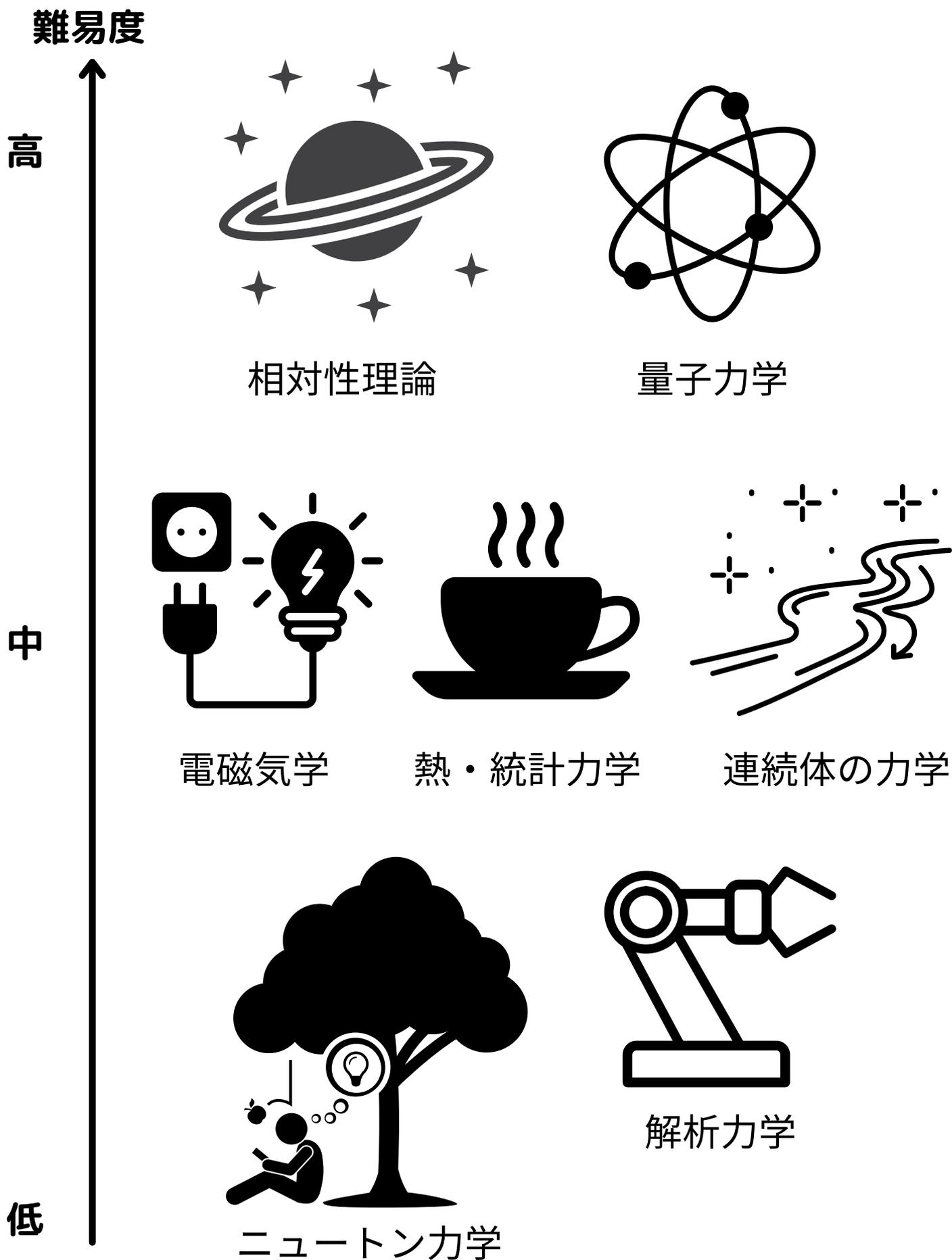


量子力学の基本方程式である「シュレーディンガー方程式」を発見したことで有名なオーストリア出身の物理学者。

また「シュレーディンガーの猫」という思考実験でも有名です。放射性原子と毒ガス入りの瓶と猫を箱に入れ、一定時間後に猫が生きているかどうか確認するというもの。

量子力学の解釈をそのまま当てはめると、箱の中の猫は生と死が重なる不思議な状態になっているというパラドックスです（本物の猫は使いませんよ、念のため...）。

理論の難易度はおおよそ下の絵のようになっています。
まずはニュートン力学と電磁気学を学びましょう。
そのあとは、どの順番で学習を進めても問題ありません。

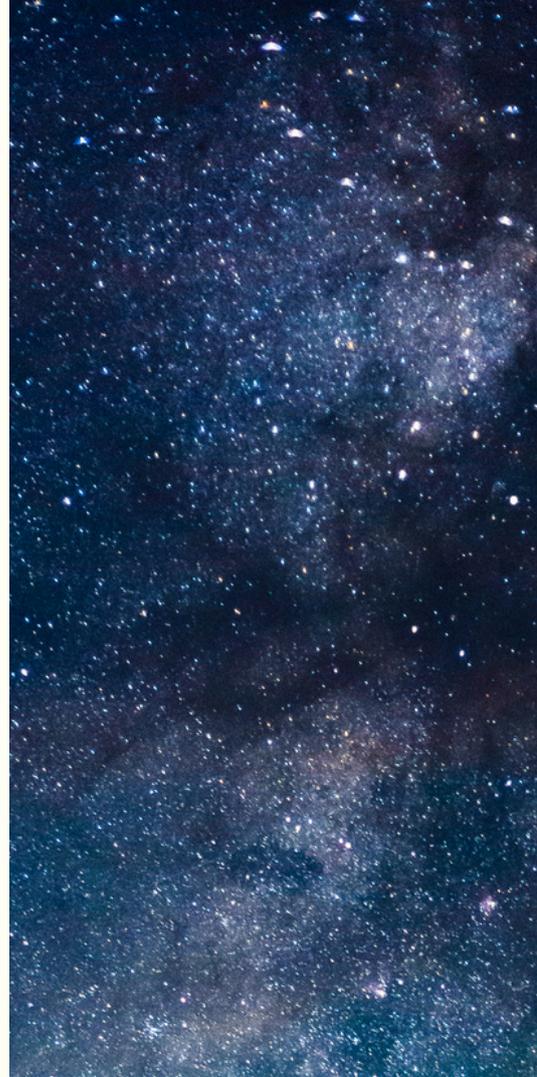


いかがだったでしょうか？

高校生の時に物理学を学んだ方もいると思います。でもテストや受験のための勉強は面白くなくて、物理学が苦手になってしまったかもしれません。

確かに物理学は数式がたくさん出てきて、敷居が高いイメージがあるかもしれません。

でも、いったんコツをつかんで理解すると「自分の生きている世界はこんな仕組みになっていたのか！」と驚くことでしょう。



社会人学習スクール『クリエイティブ・サイエンス』

数学と科学（物理学）を中心に社会人の学び直しをサポートするオンライン学習スクールです。忙しい社会人の方が時間や場所を気にせず自分のライフスタイルに合わせて学習できるようにお手伝いしています。

運営者

下河 有司（しもかわ ゆうじ）

【略歴】

- 東京大学工学系研究科で博士号を取得（専門は物理工学）
- 東大生産技術研究所 博士研究員
- 日本学術振興会(JSPS) 特別研究員（DC2・PD）
- 東京電機大学 非常勤講師
- システムエンジニア

を経て現在、社会人の学び直しをサポートする事業を行っています。

お問い合わせは下記のメールアドレスまでお願いします。

info@creative-science-school.com