

分類番号

423.35

テーマ別調べ方ガイド



解析力学

について調べる



★ 関連キーワード

- 変分原理
- ラグランジアン
- ハミルトニアン

「Paste (はすて)」とは？

ぱっと分かって、すっと頭に入る、テーマ別調べ方ガイドです。みなさんの学習をサポートする、総合図書館ラーニング・サポーター（LS）による作成です。レポート作成の際などにお役立てください

1. イントロダクション

1-1. 「解析力学」とは？

解析力学とは、ニュートン力学を数学的に洗練された形式にまとめた学問である。ニュートン力学における物体の運動は運動方程式で記述されるが、用いる座標系(極座標や球面座標など)によって異なる形をとるといふ問題点がある。その一方で、解析力学では座標系に依存しない形式で物体の運動を記述できるという利点がある。解析力学には、一般座標とその時間微分を独立変数に持つ「ラグランジアン」とよばれる汎関数を扱う「ラグランジュ形式」と、一般座標とその共役運動量を独立変数に持つ「ハミルトニアン」とよばれる汎関数を扱う「ハミルトン形式」の2つの形式が存在するが、いずれも「変分原理」とよばれる共通の指導原理に従って運動方程式が導かれる。

解析力学の知識は量子力学を学習するための前提知識となる。さらに、解析力学は素粒子物理学や物性物理学などの最先端の研究においても広く応用されており、物理系の学生には必須の学問である。

1-2. 学習するにあたってのポイント

解析力学の理解のためには高度な数学的手法が必要となる。例えば、ラグランジアンやハミルトニアンは「汎関数」とよばれる、関数を変数に持つ関数を扱い、運動方程式や保存則の導出には汎関数微分とよばれる計算方法を用いる。また、ラグランジアンとハミルトニアンは「ルジャンドル変換」とよばれる数学的な変換で関係づけられる。以上のような数学的操作を扱えるように、学部1年次に学習する解析学の基礎を定着させておくことが必須である。また、解析力学においてはラグランジアンやハミルトニアンの不変性である「対称性」が保存則と密接な関係がある。量子力学においては対称性の概念が極めて重要となるため、物理系の学生は対称性と保存則の関係に注意しながら学習していくことが望ましい。

2. 学習用資料

2-1. 事典・ハンドブック 類

■ 岩波数学公式 / 森口繁一, 宇田川銈久, 一松信著

数学の公式集。難解な積分や無限級数などが出てきたときに役に立つ。

【書誌 ID=1002104161】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 410.38||IWA||1~3

2-2. 最初に読むべき資料: 教科書・古典

■ [解析力学 : 基礎の基礎から発展的なトピックまで](#) / 渡辺悠樹著

「座標とその時間微分を、あたかもラグランジアンの独立変数のように用いることができるのはなぜか？」などといった、初学者が抱えがちな素朴な疑問について丁寧に解説されている。発展的な内容として、素粒子物理学や物性物理学において重要な考え方である「対称性の自発的破れ」の解説や、電磁場中の荷電粒子の解析力学も収録されている。著者が作成したサポートページ

(<https://sites.google.com/view/watanabegroup/AMbook>)には本著の訂正とQ&Aが掲載されており、本著と合わせて学習すればより深い理解が期待できる。

【書誌 ID=2004587295】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||WAT

■ [解析力学 / 畑浩之著 ; 植松恒夫, 青山秀明編集](#)

ノーベル物理学賞受賞者である益川敏英氏監修の基幹講座物理学第2巻。ラグランジアンを持つ対称性と保存則の関係が丁寧に説明されている。演習問題も充実しており、初学者におすすめ。

【書誌 ID=2004340119】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||HAT

■ [解析力学 : 力学をより深く理解するために / 綿村哲著](#)

解析力学の要点が簡潔にまとめられている教科書。各章ごとに豊富な例題が用意されており、その考え方や解答が丁寧に説明されている。定期テスト対策やアウトプットに最適な教科書となっている。

【書誌 ID=2004553969】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||WAT

■ [力学 / エリ・デ・ランダウ, イェ・エム・リフシッツ著 ; 広重徹, 水戸巖訳 \(増訂第3版\)](#)

ランダウとリフシッツによる理論物理学教程第1巻。ラグランジュ形式の解析力学を用いてケプラー問題や粒子の散乱などの具体的な問題を議論している。初学者には難解な教科書であるが、特に1~3章と7章は解析力学の形式について丁寧な解説がなされているため、一読いただきたい。

【書誌 ID=2002074521】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423||LAN

■ [Emmy Noether's Wonderful Theorem / Dwight E. Neuenschwander 著](#)

対称性と保存量の関係に焦点を当てた洋書。前半では汎関数及びその不変性を数学的に定義したのち、並進・回転対称性などの不変性から得られる保存量について議論する。特に、解析力学のラグランジアンが運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの差で表される理由についても解説されており、ラグランジュ形式に対する理解を深められる。後半部分では場の概念を導入し、「ゲージ変換」と呼ばれる変換に対する不変性を議論しており、場の量子論の導入にも適した教科書となっている。

【書誌 ID= 2004214782】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||NEU

2-3. 最新情報が確認できる資料: 主要雑誌・年鑑・Web ページ

■ [Physical Review Journals / American Physical Society \(<https://journals.aps.org/>\)](#)

アメリカ物理学会が発行する、物理学において最も権威のある専門誌。現代物理学に多大な影響を与えた数々の論文を閲覧できる。

■ [arXiv \(<https://arxiv.org/>\)](#)

査読前の最新の論文(プレプリント)が閲覧できるウェブサイト。解析力学の形式は最先端の物理に広く応用されており、その応用例を見ることができる。arXiv は分野ごとにカテゴリ化されており、解析力学の応用例は hep-ph, hep-lat, hep-th, cond-mat, quant-ph で特に見られる。

2-4. その他専門書・学術論文等で注目すべきもの

■ [解析力学・量子論 / 須藤靖著](#)

解析力学が記述するのは古典的な現象であるが、そこで現れる概念は量子力学にも応用することができる。本書では最初に解析力学の概観を解説した後、古典力学から量子論へ至る過程を詳しく解説している。解析力学の基礎を理解した後に、ぜひ挑戦してほしい。

【書誌 ID=2004092555】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||SUT

■ [古典力学の形成：ニュートンからラグランジュへ / 山本義隆著](#)

ニュートン力学から解析力学の形成に至るまでの歴史を『プリンキピア』などの原典に準拠して解説している。教科書に天下り的な概念が出てきて、どうしても腑に落ちないときは歴史に沿って学習すると理解の助けになることがある。ただし、歴史に沿ってまとめてあるために教育的な構成にはなっていない。一度、解析力学を系統的に勉強したのちに読んでみてほしい。

【書誌 ID=10300555678】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.02||YAM

■ [現代物理のための解析力学 / 早田次郎著](#)

解析力学の基礎から出発し、量子力学や場の理論などの最先端の物理への応用を解説している。物理系の大学院生が最低限おさえておくべき重要事項が掲載されている。大学院進学を検討している物理系の学部 4 年生は必読である。

【書誌 ID=2003708340】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.35||SOD

3. レポート・論文執筆用資料

3-1. 有用な検索キーワード

ネット上に全国の大学の先生などが挙げている資料があり、教科書でつまづいた部分を解決する際に役に立つ。興味に応じて適宜参考してほしい。

- ◆ 主要キーワード: 変分原理/ラグランジアン/ハミルトニアン
- ◆ 関連キーワード: 変分法/ネーターの定理/ルジャンドル変換/ポアソン括弧
- ◆ 補助キーワード: 剛体/調和振動子/量子力学/

3-2. レポート・論文の書き方、学び方、引用・参考文献の書き方

■ [LaTeX 美文書作成入門 / 奥村晴彦、黒木裕介著 \(改訂第 9 版\)](#)

LaTeX(ラテック/ラテフ)は、様々な記号や数式を出力できる文書作成ツールであり、数式を含むレポートや卒論を作成する際に有用である。特に、理系学部にて在籍する学生は早いうちに LaTeX の操作に慣れておくことが望ましい。LaTeX の利用ガイドである本書は、その使い方を詳しく解説しており、コード一覧も掲載されている。特殊な記号を入力する際に重宝する。

【書誌 ID=2004576458】 総合図-A 棟 2 階 アカデミック・スキル・コーナー 021.49||OKU

本文中で紹介している図書・雑誌について

図書名・雑誌名の後ろに「書誌 ID」(10桁の数字)の記載があるものは大阪大学で所蔵しています。この10桁の数字で大阪大学 OPAC(蔵書検索システム)が検索できます。

