

|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 群馬工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 開講年度                                       | 令和05年度 (2023年度)                                       |                                                                                                                                     | 授業科目                                                   | 解析力学                                    |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                       | 151                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                            | 科目区分                                                  | 専門 / 選択                                                                                                                             |                                                        |                                         |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                       | 授業                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                            | 単位の種別と単位数                                             | 学修単位: 2                                                                                                                             |                                                        |                                         |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                       | 環境工学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            | 対象学年                                                  | 専2                                                                                                                                  |                                                        |                                         |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                        | 前期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                            | 週時間数                                                  | 2                                                                                                                                   |                                                        |                                         |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                     | 教科書は特に指定しない。自作の問題集などをTeamsから配布する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                       | 宇治野 秀晃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| <input type="checkbox"/> Euler-Lagrange方程式を用いて、古典力学の典型的な問題を解くことができる。<br><input type="checkbox"/> 正準形式の基本的な枠組みを理解し、基本的な問題を取り扱うことができる。<br><input type="checkbox"/> Hamilton-Jacobi方程式を用いて、基本的な問題を解くことができる。<br><input type="checkbox"/> 古典力学と量子力学の対応関係を理解できる。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| ルーブリック                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            | 理想的な到達レベルの目安                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                            | 標準的な到達レベルの目安                                          |                                                                                                                                     | 未到達レベルの目安                                              |                                         |
| Euler-Lagrange方程式を用いて、古典力学の典型的な問題を解くことができる。                                                                                                                                                                                                                | Euler-Lagrange方程式を用いて、古典力学の典型的な問題を解くことができる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                            | Euler-Lagrange方程式を用いて、それほど難しくはない古典力学の典型的な問題を解くことができる。 |                                                                                                                                     | Euler-Lagrange方程式を用いて、古典力学のそれほど難しくはない典型的な問題を解くことができない。 |                                         |
| 正準形式の基本的な枠組みを理解し、基本的な問題を取り扱うことができる。                                                                                                                                                                                                                        | 正準形式の基本的な枠組みを理解し、基本的な問題を取り扱うことができる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                            | 正準形式の基本的な枠組みを理解し、それほど難しくはない基本的な問題を取り扱うことができる。         |                                                                                                                                     | 正準形式の基本的な枠組みを理解し、それほど難しくはない基本的な問題を取り扱うことができない。         |                                         |
| Hamilton-Jacobi方程式を用いて、基本的な問題を解くことができる。                                                                                                                                                                                                                    | Hamilton-Jacobi方程式を用いて、基本的な問題を解くことができる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            | Hamilton-Jacobi方程式を用いて、それほど難しくはない基本的な問題を解くことができる。     |                                                                                                                                     | Hamilton-Jacobi方程式を用いて、それほど難しくはない基本的な問題を解くことができる。      |                                         |
| 古典力学と量子力学の対応関係を理解できる。                                                                                                                                                                                                                                      | 古典力学と量子力学の対応関係を、複数の観点から十分に理解できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                            | 古典力学と量子力学の対応関係を理解できる。                                 |                                                                                                                                     | 古典力学と量子力学の対応関係を理解できない。                                 |                                         |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                         | 本科目の総授業時間数は22.5時間である。古典力学の基礎方程式である質点に対するNewtonの運動方程式は、選んだ座標に応じて運動方程式の形が変わるため、大変に煩わしい。その煩雑さを解消し、万能で一般的な処方箋を提供するLagrange形式をまず解説し、Machが「思考の経済」と絶賛したその実用上の利点を様々な例題を通じて実感させる。続いてLagrange形式よりもさらに大きな変数変換の自由度を与えるHamilton形式について解説し、運動方程式の表現の一つであるHamilton-Jacobi方程式を導く。量子力学の基礎方程式であるSchroedinger方程式が、古典極限でHamilton-Jacobi方程式に帰着することを見ることで、量子力学が古典力学の拡張理論であることを理解する。 |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                  | 座学                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                        | 【事前に行う準備学習】微積分を用いる基礎的な力学(例えば本校学科3年応用物理Iでカバーされるような)、多変数関数に対するものも含む微積分(偏微分、重積分)、線形代数(特に行列の対角化、2次形式の標準化)、簡単な微分方程式の解法に関する知識を前提としますから、事前に復習をしておくことと良いでしょう。本科目は、講義時間30時間に加え、自学自習時間60時間が講義の前後に必要となります。具体的な学修内容は、教材として私が自作した問題集の自学自習です。取組の状況については2回のテストゼミで確認します。                                                                                                     |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| 授業の属性・履修上の区分                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> アクティブラーニング                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> ICT 利用 |                                                       | <input checked="" type="checkbox"/> 遠隔授業対応                                                                                          |                                                        | <input type="checkbox"/> 実務経験のある教員による授業 |
| 授業計画                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                            |                                                       |                                                                                                                                     |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 週                                          | 授業内容                                                  | 週ごとの到達目標                                                                                                                            |                                                        |                                         |
| 前期                                                                                                                                                                                                                                                         | 1stQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1週                                         | 最小作用の原理とLagrangian                                    | ・ 一般化座標とLagrangianについて説明できる。<br>・ Euler-Lagrange方程式について説明できる。<br>・ 点変換とEuler-Lagrange方程式の不変性について説明できる。                              |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2週                                         | 最小作用の原理とLagrangian                                    | ・ 自由粒子とLagrangianについて説明・計算できる。<br>・ 自由粒子のLagrangianについて、平面極座標を用いた解析ができる。                                                            |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3週                                         | L=K-U型のLagrangianを持つ系                                 | ・ 保存力とEuler-Lagrange方程式について説明・計算できる。<br>・ 2重振り子についてLagrangianを用いた解析ができる。                                                            |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4週                                         | L=K-U型のLagrangianを持つ系                                 | ・ フーコーの振り子について説明・計算できる。<br>・ 電磁場中の荷電粒子のLagrangianについて説明・計算できる。                                                                      |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5週                                         | 保存量と対称性                                               | ・ 循環座標について説明・計算できる。<br>・ 拘束条件とLagrange未定乗数法について説明・計算できる。<br>・ Lagrangianの不定性<br>・ ネーターの定理について説明できる。<br>・ 空間の一様性と運動量の保存について説明・計算できる。 |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6週                                         | 正準形式                                                  | ・ 正準方程式について説明できる。<br>・ 最小作用の原理と正準方程式について説明できる。                                                                                      |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7週                                         | 正準形式                                                  | ・ 正準変換と母関数について説明・計算できる。                                                                                                             |                                                        |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8週                                         | Lagrange形式の総復習                                        | ・ 第5週までの内容についてのテストゼミ（模擬試験＋問題解説）                                                                                                     |                                                        |                                         |

|  |      |     |                    |                                                          |
|--|------|-----|--------------------|----------------------------------------------------------|
|  | 2ndQ | 9週  | 正準形式               | ・調和振動子の正準形式による取扱いができる。<br>・エネルギーに共役な正準変数としての時間について説明できる。 |
|  |      | 10週 | Hamilton-Jacobi方程式 | ・時間発展と正準変換について説明できる。<br>・Hamilton-Jacobi方程式について説明できる。    |
|  |      | 11週 | Hamilton-Jacobi方程式 | ・Hamilton-Jacobi方程式の完全解と正準方程式の一般解について説明できる。              |
|  |      | 12週 | Hamilton-Jacobi方程式 | ・Hamilton-Jacobi方程式を用いて力学の簡単な例題を扱うことができる。                |
|  |      | 13週 | 量子力学の古典極限          | ・Schroedinger方程式の古典極限について説明できる。                          |
|  |      | 14週 | 量子力学の古典極限          | ・量子力学における最小作用の原理について説明できる。                               |
|  |      | 15週 | 正準形式以降の総復習         | ・第6週以降の内容についてのテストゼミ（模擬試験＋問題解説）                           |
|  |      | 16週 | 定期試験               |                                                          |

## 評価割合

|         | 試験  | 発表 | 相互評価 | 態度 | ポートフォリオ | その他 | 合計  |
|---------|-----|----|------|----|---------|-----|-----|
| 総合評価割合  | 100 | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 100 |
| 基礎的能力   | 60  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 60  |
| 専門的能力   | 30  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 30  |
| 分野横断的能力 | 10  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 10  |