

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|-----------|--------|
| 苫小牧工業高等専門学校                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                     | 開講年度                                    | 平成31年度 (2019年度)      | 授業科目                                                   | 熱統計力学     |        |
| 科目基礎情報                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 科目番号                                                                                                        | 0059                                                                                                                                                                                                                |                                         | 科目区分                 | 専門 / 必修                                                |           |        |
| 授業形態                                                                                                        | 授業                                                                                                                                                                                                                  |                                         | 単位の種別と単位数            | 学修単位: 2                                                |           |        |
| 開設学科                                                                                                        | 環境システム工学専攻                                                                                                                                                                                                          |                                         | 対象学年                 | 専1                                                     |           |        |
| 開設期                                                                                                         | 前期                                                                                                                                                                                                                  |                                         | 週時間数                 | 前期:2                                                   |           |        |
| 教科書/教材                                                                                                      | 阿部龍蔵著 「熱統計力学」 裳華房                                                                                                                                                                                                   |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 担当教員                                                                                                        | 加藤 初儀                                                                                                                                                                                                               |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 到達目標                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 1) 統計力学の理解のために必要な熱力学第一法則・第二法則, Gibbs-Helmholtzの関係式等に関する熱力学を理解する。<br>2) 小正準集団などの古典統計力学を理解し, 物理量の初歩的平均計算が行える。 |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| ループリック                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
|                                                                                                             | 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 |        |
| 1. 統計力学の理解のために必要な熱力学第一法則・第二法則, Gibbs-Helmholtzの関係式等に関する熱力学を理解する。                                            |                                                                                                                                                                                                                     | 統計力学と熱力学をつなぐGibbs-Helmholtzの関係式等を算出できる。 |                      | 熱力学第一法則・第二法則を用いた定量的計算ができる。                             |           |        |
| 2. 小正準集団などの古典統計力学を理解し, 物理量の初歩的平均計算が行える。                                                                     |                                                                                                                                                                                                                     | 二準位系や調和振動の量子論的統計力学に関する基礎的計算ができる。        |                      | 小正準集団に関する計算ができる。<br>小正準集団に関する計算ができない。                  |           |        |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 教育方法等                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 概要                                                                                                          | 熱力学の基礎的事項を確認した後に, 古典統計力学の小正準集団を中心として講義する。また, 量子力学的統計力学の概要についても論ずる。                                                                                                                                                  |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 授業の進め方・方法                                                                                                   | はじめに, 数学および熱学の基礎を確認し, 熱力学第1法則と第2法則を学び, エントロピー等の各種熱力学関数を用いて物理系の巨視的状态とその変化を表現できることを理解する。次に, 微視的な古典統計力学に進む。ここでは, 小正準集団・正準集団・大正準集団の配置数や分配関数を用いて, 気体等に対する物理量の平均値の算出ができることを学ぶ。なお, 量子統計力学の古典統計力学との比較にも触れるが, 基礎的事項の解説にとどめる。 |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 注意点                                                                                                         | 履修前に, 偏微分及び全微分等の解析学的数学基礎, および確率・統計学の基礎(場合の数, ガウス分布等)を十分に復習して授業に臨むこと。                                                                                                                                                |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 授業計画                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 週                                       | 授業内容                 | 週ごとの到達目標                                               |           |        |
| 前期                                                                                                          | 1stQ                                                                                                                                                                                                                | 1週                                      | 温度と熱現象               | 熱学的基礎の確認を行う。                                           |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 2週                                      | 熱力学第一法則              | 多様な状態方程式が考案されていることを知る。                                 |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 3週                                      | 比熱とMayerの関係式         | 熱的な状態量と状態変化を知る。                                        |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 4週                                      | 第二法則とエントロピー          | Clausiusの関係式を知る。                                       |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 5週                                      | 自由エネルギー              | 熱力学第二法則を定量的に表現でき, 理想気体 entropy変化が算出できるようになる。           |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 6週                                      | Maxwellの関係式とエネルギー方程式 | 偏微分を用いた熱力学の基礎的計算ができるようになる。                             |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 7週                                      | Gibbs-Helmholtzの関係式  | 統計力学で必要になる基本的な関係式を知る。                                  |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 8週                                      | Lagrangeの未定乗数法       | Lagrangeの未定乗数法が熱平衡の古典統計力学でどの様に用いられているか理解する。            |           |        |
|                                                                                                             | 2ndQ                                                                                                                                                                                                                | 9週                                      | 小正準集団と分配関数           | Gibbs-Helmholtz の関係式など, 熱力学と統計力学とを対応づける関係式が算出できるようになる。 |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 10週                                     | 小正準集団と分配関数           | 種々の物理系で物理量の平均値を分配関数から導出できるようになる。                       |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 11週                                     | 小正準集団と分配関数           | 種々の物理系で物理量の平均値を分配関数から導出できるようになる。                       |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 12週                                     | 小正準集団と分配関数           | 種々の物理系で物理量の平均値を分配関数から導出できるようになる。                       |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 13週                                     | 小正準集団と分配関数           | 種々の物理系で物理量の平均値を分配関数から導出できるようになる。                       |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 14週                                     | 統計力学の発展              | 正準集団や大正準集団の概念を知る。                                      |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 15週                                     | 統計力学の発展と量子統計力学       | 量子粒子系の初歩的概念を知る。                                        |           |        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     | 16週                                     | 定期試験                 |                                                        |           |        |
| モデルコアカリキュラムの学習内容及到達目標                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      |                                                        |           |        |
| 分類                                                                                                          | 分野                                                                                                                                                                                                                  | 学習内容                                    | 学習内容の到達目標            | 到達レベル                                                  | 授業週       |        |
| 基礎的能力                                                                                                       | 自然科学                                                                                                                                                                                                                | 物理                                      | 熱                    | 原子や分子の熱運動と絶対温度との関連について説明できる。                           | 4         | 前1     |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | 時間の推移とともに, 熱の移動によって熱平衡状態に達することを説明できる。                  | 4         | 前4     |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | 物体の熱容量と比熱を用いた計算ができる。                                   | 4         | 前3     |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | 熱量の保存則を表す式を立て, 熱容量や比熱を求めることができる。                       | 4         | 前3     |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | 動摩擦力がする仕事は, 一般に熱となることを説明できる。                           | 4         | 前1,前15 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | ボイル・シャルルの法則や理想気体の状態方程式を用いて, 気体の圧力, 温度, 体積に関する計算ができる。   | 4         | 前1     |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                     |                                         |                      | 気体の内部エネルギーについて説明できる。                                   | 4         | 前2     |

|  |  |  |                                         |   |                                           |
|--|--|--|-----------------------------------------|---|-------------------------------------------|
|  |  |  | 熱力学第一法則と定積変化・定圧変化・等温変化・断熱変化について説明できる。   | 4 | 前2,前5,前6,前7,前8,前9,前10,前11,前12,前13,前14,前15 |
|  |  |  | エネルギーには多くの形態があり互いに変換できることを具体例を挙げて説明できる。 | 4 | 前1                                        |
|  |  |  | 不可逆変化について理解し、具体例を挙げることができる。             | 4 | 前4                                        |
|  |  |  | 熱機関の熱効率に関する計算ができる。                      | 4 | 前1                                        |

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  | 60 | 0  | 0    | 0  | 0       | 40  | 100 |
| 基礎的能力   | 60 | 0  | 0    | 0  | 0       | 40  | 100 |
| 専門的能力   | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |
| 分野横断的能力 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |