

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 豊田工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                         | 開講年度                            | 令和03年度 (2021年度)                                                           |                                 | 授業科目                                             | 統計熱力学                                   |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 91016                                                                                                                                                   |                                 |                                                                           | 科目区分                            | 一般 / 選択                                          |                                         |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 講義                                                                                                                                                      |                                 |                                                                           | 単位の種別と単位数                       | 学修単位: 2                                          |                                         |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 電子機械工学専攻E                                                                                                                                               |                                 |                                                                           | 対象学年                            | 専2                                               |                                         |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 後期                                                                                                                                                      |                                 |                                                                           | 週時間数                            | 2                                                |                                         |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 「キッテル 熱物理学」 山下 次郎, 福地 充 共訳 (丸善)                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 大森 有希子                                                                                                                                                  |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| (ア)孤立系について, 多重度関数を求めることができる。<br>(イ)ボルツマンの原理を理解し, 孤立系のエントロピーを求めることができる。<br>(ウ)熱浴と接した系において, 特定の状態が実現する確率が, ボルツマン因子で与えられることを理解する。<br>(エ)熱浴と接した系について, 分配関数, ヘルムホルツの自由エネルギーを求めることができる。<br>(オ)熱浴と接した系について, 系のエネルギー, 熱容量を求めることができる。<br>(カ)熱輻射に関するプランク分布を理解し, 簡単な問題を解くことができる。<br>(キ)固体の比熱に関するデバイの理論を理解し, 簡単な問題を解くことができる。<br>(ク)テラー展開, ガウス積分, 階乗に関するスターリングの近似など, 適切な数学手法を用いて, 目的の計算ができる。 |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 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                                        |                                         |
| 評価項目(ア)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 孤立系について多重度関数・ボルツマンの原理を説明でき, 問題を解くことができる。                                                                                                                |                                 | 孤立系について多重度関数・ボルツマンの原理を説明できる。                                              |                                 | 孤立系について多重度関数・ボルツマンの原理を説明できない。                    |                                         |
| 評価項目(イ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 熱浴と接した系において, ボルツマン因子・分配関数・ヘルムホルツの自由エネルギーを説明でき, 問題を解くことができる。                                                                                             |                                 | 熱浴と接した系において, ボルツマン因子・分配関数・ヘルムホルツの自由エネルギーを説明できる。                           |                                 | 熱浴と接した系において, ボルツマン因子・分配関数・ヘルムホルツの自由エネルギーを説明できない。 |                                         |
| 評価項目(ウ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 熱輻射に関するプランク分布・固体の比熱に関するデバイの理論を説明でき, 問題を解くことができる。                                                                                                        |                                 | 熱輻射に関するプランク分布・固体の比熱に関するデバイの理論を説明できる。                                      |                                 | 熱輻射に関するプランク分布・固体の比熱に関するデバイの理論を説明できない。            |                                         |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 学習・教育到達度目標 B2 自然現象, 特に物理現象に関する諸量を理論に基づいて導出できる。<br>JABEE c 数学及び自然科学に関する知識とそれらに応用する能力<br>本校教育目標 ② 基礎学力                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 本講義では, 統計熱力学を学ぶ。我々の身のまわりで観られる"巨視的"熱現象は, "微視的"な視点で考えると, 膨大な数の粒子が様々な状態をとることで生じている。本講義では, 微視的視点から, 粒子の状態の平均像を考え, これを巨視的現象と繋げていく。特に, 物性の熱力学的側面に焦点を当てて講義をする。 |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 前半で, 熱力学的エントロピーと統計力学的エントロピーが一致することを学習するが, 大学レベルの熱力学の授業を履修していない学生は自習してほしい。また, 複雑な計算が多いので, 予習・復習を欠かさぬよう心掛けてほしい。                                           |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 選択必修の種別・旧カリ科目名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| 授業の属性・履修上の区分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                         |                                 |                                                                           |                                 |                                                  |                                         |
| <input type="checkbox"/> アクティブラーニング                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                         | <input type="checkbox"/> ICT 利用 |                                                                           | <input 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                                         |                                         |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3rdQ                                                                                                                                                    | 1週                              | 多重度関数: 状態の数え方と多重度関数, 平均値 (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)                        |                                 | 状態の数を数えることができる。                                  |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 2週                              | 多重度関数: 状態の数え方と多重度関数, 平均値 (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)                        |                                 | スターリングの近似を使い, 多重度関数を近似的に求めることができる。               |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 3週                              | 多重度関数: 状態の数え方と多重度関数, 平均値 (自学自習内容: 授業内容に関する課題を提出すること)                      |                                 | 平均値を求めることができる。                                   |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 4週                              | エントロピーと温度: 熱平衡, ボルツマンの原理, エントロピー増加の法則, 熱力学の法則 (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)   |                                 | 熱平衡を説明できる。                                       |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 5週                              | エントロピーと温度: 熱平衡, ボルツマンの原理, エントロピー増加の法則, 熱力学の法則 (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)   |                                 | ボルツマンの原理を説明できる。                                  |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 6週                              | エントロピーと温度: 熱平衡, ボルツマンの原理, エントロピー増加の法則, 熱力学の法則 (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)   |                                 | エントロピー増加の法則を説明できる。                               |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 7週                              | エントロピーと温度: 熱平衡, ボルツマンの原理, エントロピー増加の法則, 熱力学の法則 (自学自習内容: 授業内容に関する課題を提出すること) |                                 | 熱力学の法則を説明できる。                                    |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 8週                              | ヘルムホルツの自由エネルギー: ボルツマン因子, 分配関数, 可逆過程, 自由エネルギー (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)    |                                 | ボルツマン因子を説明できる。                                   |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4thQ                                                                                                                                                    | 9週                              | ヘルムホルツの自由エネルギー: ボルツマン因子, 分配関数, 可逆過程, 自由エネルギー (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)    |                                 | 分配関数を説明できる。                                      |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                         | 10週                             | ヘルムホルツの自由エネルギー: ボルツマン因子, 分配関数, 可逆過程, 自由エネルギー (自学自習内容: 授業内容の予習・復習を行うこと)    |                                 | 可逆過程を説明できる。                                      |                                         |

|  |  |     |                                                                    |                        |
|--|--|-----|--------------------------------------------------------------------|------------------------|
|  |  | 11週 | ヘルムホルツの自由エネルギー：ボルツマン因子，分配関数，可逆過程，自由エネルギー（自学自習内容：授業内容に関する課題を提出すること） | ヘルムホルツの自由エネルギーを説明できる。  |
|  |  | 12週 | 熱輻射：プランク分布関数，黒体輻射，固体のフォノン（デバイの理論）（自学自習内容：授業内容の予習・復習を行うこと）          | 黒体輻射・プランク分布関数を説明できる。   |
|  |  | 13週 | 熱輻射：プランク分布関数，黒体輻射，固体のフォノン（デバイの理論）（自学自習内容：授業内容の予習・復習を行うこと）          | 黒体輻射・プランク分布関数を説明できる。   |
|  |  | 14週 | 熱輻射：プランク分布関数，黒体輻射，固体のフォノン（デバイの理論）（自学自習内容：授業内容の予習・復習を行うこと）          | 固体の比熱に関するデバイの理論を説明できる。 |
|  |  | 15週 | 熱輻射：プランク分布関数，黒体輻射，固体のフォノン（デバイの理論）（自学自習内容：授業内容に関する課題を提出すること）        | 固体の比熱に関するデバイの理論を説明できる。 |
|  |  | 16週 |                                                                    |                        |

| モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標 |    |      |           |       |     |
|-----------------------|----|------|-----------|-------|-----|
| 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 |
| 評価割合                  |    |      |           |       |     |
|                       |    | 定期試験 | 課題        | 合計    |     |
| 総合評価割合                |    | 50   | 50        | 100   |     |
| 分野横断的能力               |    | 50   | 50        | 100   |     |