

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 東京工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 開講年度                            | 令和05年度 (2023年度)                |                                 | 授業科目                                   | 物理Ⅵ                                     |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 00590                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 | 科目区分                           | 一般 / 必修                         |                                        |                                         |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 講義                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 | 単位の種別と単位数                      | 履修単位: 1                         |                                        |                                         |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 電気工学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 | 対象学年                           | 3                               |                                        |                                         |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 | 週時間数                           | 2                               |                                        |                                         |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 物理・下(熱・電磁気・原子核)(森北出版)、復習用として物理・上(力学・波動)(森北出版)、物理実験-3年/物理問題集(森北出版)/セミナー物理基礎+物理(第一学習社)、プリント(適宜配布)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 藤井 俊介                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 【目的】 原子・原子核のミクロな世界を扱う本講義では、電子の発見と原子・原子核の構造が大きなテーマである。前半は、CBT試験対策も兼ねて、力学を中心とした物理の総復習：力学、波動のまとめ授業を行っていく。(ただし、波動については音波分野の補足を行う)。前期中間後のCBTでその実力を発揮してもらいたい。力学は特に、力のつり合い、運動方程式、等速円運動、エネルギー保存則が重要である。電磁気学については、本カリキュラムの前提部分で必須であり、授業を進めながら準備項目として一部復習を行う。具体的には電場から荷電粒子が受ける力、電場からされる仕事、クーロン力による位置エネルギー、一様電場中における位置エネルギー、電位と位置エネルギーや電場と電位の関係、ローレンツ力)が、始まる原子の物理の実験装置や実験設定の理解に不可欠である。原子・原子核物理の基礎実験を行い放射線の取り扱いを学ぶとともに、放射線特有の現象を学ぶ。さらに、放射線の理解につながる原子核の構造と崩壊現象を取り扱う。結合エネルギーなど核反応にかかわる部分を学んだあと、量子論への導入として光の粒子性に触れることまで視野に入れたい。時間の許す範囲で光電効果やコンプトン効果を扱う。量子論のはじまる導入的事例を紹介しつつ本授業を終える。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 【目標】                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 1. 力学・電磁気学・熱力学・波動分野の総復習を行い理解を深める                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 2. 電子・原子・原子核・放射線に関する言葉の定義が説明できる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 3. 力学・電磁気学の基礎知識と原子物理の深いつながりを意識できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 4. 電子や原子などのミクロな世界の物理量の測定方法と得られた結果の物理的解釈ができる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| ※物理の実験レポートは、主語と述語を必ず対応させて表現できるようになることを目標とする。(伝わらないレポートは減点。不備レポートは0点または大幅減点。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| ※ノート課題では、範囲表の裏面全面糊付けして貼り付けることは必須とする。(満たしていない場合は大幅減点。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| ※到達度試験の直しをするときに、選んだ問題は必ず、裏面全面糊づけして貼り付けること。(折り込み込み一切禁止)裏面に印刷されている問題は、すいませんが自分で印刷をしてコピーをとり、いつも通り、問題を張り付けてください。この書式を守っていない人は、大幅減点します。(そろそろ慣れてください。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| ※定期試験のテスト直しでは、問題を貼り付けることは必須である。正答した問題も含めて大問3題以上すべてやり直すこと。(条件を満たしていない場合は大幅減点。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 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                   |                                 | 到達レベルの目安(可)                            | 未到達レベルの目安                               |
| 電子・原子・原子核・放射線に関する言葉の定義が説明できる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | それらの物理量が出てきた実験的背景も含めて説明できる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 用語、物理量の定義を覚えている                |                                 | 教科書を見れば、定義や物理的背景の書いてある場所が分かる。          | 用語、物理量の定義を覚えていない                        |
| 力学・電磁気学・熱力学・波動の基礎知識が説明・活用できる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 力学・電磁気学の基礎知識が活用できる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 | 力学・電磁気学の基礎知識が説明できる             |                                 | グラフの縦軸・横軸の物理量が言える。傾きの物理的意味が説明できる。      | 力学・電磁気学の基礎知識を説明できない                     |
| 物理法則を適用し、正しい結論を導くことができる                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 未知の問題に対しても、物理法則を、電子、原子、原子核などのミクロな粒子に適用できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 物理法則を、電子、原子、原子核などのミクロな粒子に適用できる |                                 | 問題集の解答・解説の意味が分かる。分かっていない部分があることは自覚できる。 | 物理法則を、電子、原子、原子核などのミクロな粒子に適用できない         |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 学習・教育目標 C5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 学生は、演示実験や実験を行いながら、ミクロな世界の物理現象を想像力を持って頭に少しづつ描いていくことが求められる。目に見えないほど小さな粒子を扱うので、実験からわかることを積み上げていく思考方法に慣れなければならない。そのための道具が、力学と電磁気学である。講義は対話的に進め、復習もなるべく多く取り入れるが、個々に復習を進めてほしい。また、前を向いて授業中に考える癖をつけてほしい。質問をすることで、分からないことが整理されることもあるので、授業を止めて質問することに挑戦してほしい。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 授業は大きく分けて、電子・原子・原子核・放射線の基礎を扱う部と、力学・波動の総復習を行いつつ、原子物理の段階的導入を行う。原子物理は、電磁気学を必要に応じて導入・復習しつつ、復習済みの力学分野を参照しながら、原子の物理の理解につなげていく。実験は、放射線測定を中心としたものを用意してある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 授業の欠課数が1/3以上でD評価となる。提出物は締め切りまでに必ず出すこと。<br>授業の予習・復習及び演習については自学自習で取り組むこと。中間試験の半分程度は、1-3年の復習の応用問題で、広大な範囲が試験範囲となります。<br>つらいかもしれないが、3年間の総復習の意味合いで、課題は大量に出すので、できるものから順にやって、少しでも物理の理解を前へ進めること。例えば、プロセス、例題、問題、発展例題・・・の順にやると、抵抗が少なく徐々に難しくなっていくのでよいであろう。<br>後期期末は原子物理が主なテーマとなる。<br>定期テストは、中間試験・期末試験がある。CBT試験は授業時間外の実施という体制になっている。現在、クラスごとにHR等の放課後時間帯に担任の先生に監督していただいて一斉実施できないか相談中である。一斉実施が決まった場合、BYOD(Bring Your Own Device)を前提として演習室で行うことになるためCBT当日には自分のノートPCを持ってきてログインして受験すること。***@tokyo.kosen-ac.jpへのログインはCBT試験前日にログインのチェックを済ませておくこと。また、CBT試験の試験の正答率は成績に入れ「ない」が、CBT試験を受験の有無の情報は、後期末の「提出物点」に含めて評価する。再テストは、必ずしも行うとは限らないが、再テストを行う場合の合格基準は、再テストのみで60点以上が合格条件である。再テストが不合格になった場合の追加課題等の補填は、いかなる理由であっても行わない。再テストをやる場合は、1回のみであり、それ以外の再評価は行わない。初見の問題にも対応できるよう、普段から授業をよく聞き、暗記型学習から脱却することがとても大事な。4年生の応用物理への基礎力を備えることも念頭におく。 |                                 |                                |                                 |                                        |                                         |
| 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  | ガイダンス、放射線の実験1                                                            | 放射線の実験は、 $\beta$ 線の吸収実験、比電荷の測定、身近な放射線、の3テーマのうちから2つを実験的に説明できる。 |
|    |      | 2週  | 放射線の実験2                                                                  | 同上                                                            |
|    |      | 3週  | 力学のまとめ(基礎概念の再構築：力の単位・意味、運動方程式・力のつり合い、重力と質量、力積・仕事、「大きさか数値かの変数」、運動方程式と円運動) | 力学の基礎概念からの総ざらいをすることによって、物理を使いこなすための共通理解をそろえていく。               |
|    |      | 4週  | 力学の復習：位置エネルギー、仕事と運動エネルギー変化(スカラー量としての取り扱い)、エネルギー保存則                       | 位置エネルギーや運動エネルギー変化を仕事との関係から導く。クーロン力などの電磁気学へ力学を適用できる。           |
|    |      | 5週  | 波動：音波・うなり・開管・閉管・補足：光の自由端反射・固定端反射、ドップラー効果                                 | 音波・うなり・閉管と開管、ドップラー効果・補足                                       |
|    |      | 6週  | ドップラー効果、電子の電荷と質量(真空放電・陰極線)、時間が余れば電場とは何か？など第7週の先取り。                       | ドップラー効果を学び、原子分野の始まりとなった放電現象についてみていく。                          |
|    |      | 7週  | 電場とは何か？コンデンサー内の電場、仕事の観点を中心にし、電場による電子の加速、電子ボルト、時間が余れば、比電荷の測定(トムソンの実験)     | 特に、原子分野の装置理解に重要となるコンデンサー内の一様電場、電場による電子の加速を説明できる。              |
|    |      | 8週  | 後期中間試験                                                                   | 中間試験の半分以上は、1-3年の復習(力学・電磁気・波動(音波中心))の応用問題、原子分野から出題予定。          |
|    | 4thQ | 9週  | 後期中間試験返却、実験レポートの直し、時間が余れば陰極線を用いた比電荷の測定                                   | 1-3年の物理の全分野を見渡し自分の弱点を補強できる。                                   |
|    |      | 10週 | 陰極線を用いた比電荷の測定(トムソンの実験)、時間が余ればミリカンの実験                                     | 実験系に対して電子の運動方程式をたてることができる。観測可能量のみを用いて比電荷を導ける。                 |
|    |      | 11週 | 電子の電荷と質量(ミリカンの実験)、時間が余れば水素原子のスペクトル(または水素原子のボーアモデル)                       | 素電荷の測定実験に対して、力のつり合い、運動方程式が立てられる。素電荷を求める方法を説明できる。              |
|    |      | 12週 | 原子核(ラザフォードの実験)・時間が余れば水素原子のスペクトル(または水素原子のボーアモデル)                          | 散乱実験からどのように原子核の構造が決まったか説明できる。                                 |
|    |      | 13週 | 放射線・半減期                                                                  | 同位体、放射性同位体、原子核の崩壊が起こる背景と、崩壊と放射線の関係、半減期が説明できる。                 |
|    |      | 14週 | 結合エネルギーと、質量欠損、原子核反応と核エネルギー(遅れている場合は、前回の続き)                               | 核エネルギーの特徴を説明できる。質量欠損・結合エネルギーの関係を説明できる。                        |
|    |      | 15週 | 後期期末試験                                                                   | 14週までの到達度を確認する。                                               |
|    |      | 16週 | 補足                                                                       | 原子分野での基礎事項の補足                                                 |

#### 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                             |
|------------------------------------|------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|----------|---------------------------------|
| 基礎的能力                              | 自然科学 | 物理                        | 力学                        | 速度と加速度の概念を説明できる。                                      | 3        | 後3,後4                           |
|                                    |      |                           |                           | 直線および平面運動において、2物体の相対速度、合成速度を求めることができる。                | 3        | 後4                              |
|                                    |      |                           |                           | 等加速度直線運動の公式を用いて、物体の座標、時間、速度に関する計算ができる。                | 3        | 後3,後4                           |
|                                    |      |                           |                           | 自由落下、及び鉛直投射した物体の座標、速度、時間に関する計算ができる。                   | 3        | 後4,後5                           |
|                                    |      |                           |                           | 水平投射、及び斜方投射した物体の座標、速度、時間に関する計算ができる。                   | 3        | 後4                              |
|                                    |      |                           |                           | 物体に作用する力を図示することができる。                                  | 3        | 後3,後4                           |
|                                    |      |                           |                           | 力の合成と分解をすることができる。                                     | 3        | 後4                              |
|                                    |      |                           |                           | 運動方程式を用いた計算ができる。                                      | 3        | 後3,後4,後5                        |
|                                    |      |                           |                           | 仕事と仕事率に関する計算ができる。                                     | 3        | 後3,後4,後5,後6                     |
|                                    |      |                           |                           | 物体の運動エネルギーに関する計算ができる。                                 | 3        | 後3,後4,後5,後6                     |
|                                    |      |                           |                           | 力学的エネルギー保存則を様々な物理量の計算に利用できる。                          | 3        | 後3,後4,後5,後6                     |
|                                    |      |                           |                           | 等速円運動をする物体の速度、角速度、加速度、向心力に関する計算ができる。                  | 3        | 後4,後5,後7,後11                    |
|                                    |      | 物理実験                      | 物理実験                      | 電子・原子に関する分野に関する実験に基づき、代表的な物理現象を説明できる。                 | 3        | 後1,後2,後6,後7,後10,後11,後12,後13,後14 |
|                                    | 工学基礎 | 工学実験技術(各種測定方法、データ処理、考察方法) | 工学実験技術(各種測定方法、データ処理、考察方法) | 物理、化学、情報、工学における基礎的な原理や現象を明らかにするための実験手法、実験手順について説明できる。 | 3        | 後1,後2,後9                        |
|                                    |      |                           |                           | 実験装置や測定器の操作、及び実験器具・試薬・材料の正しい取扱を身に付け、安全に実験できる。         | 3        | 後1,後2,後9                        |
|                                    |      |                           |                           | 実験テーマの目的に沿って実験・測定結果の妥当性など実験データについて論理的な考察ができる。         | 3        | 後1,後2,後9                        |
| 実験ノートや実験レポートの記載方法に沿ってレポート作成を実践できる。 |      |                           |                           | 3                                                     | 後1,後2,後9 |                                 |

#### 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  | 75 | 0  | 0    | 0  | 0       | 25  | 100 |
| 基礎的能力   | 55 | 0  | 0    | 0  | 0       | 20  | 75  |
| 専門的能力   | 20 | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 20  |
| 分野横断的能力 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 5   | 5   |