

物理学実験Ⅱ

責任者名：山岡 大

学期：後期

対象学年：1年

授業形式等：実験

◆担当教員

山岡 大(基礎自然科学分野(物理) 教授)

鈴木 秀則(基礎自然科学分野(物理) 助教)

秋葉 昭太(基礎自然科学分野(物理) 兼任講師)

新井 嘉則(歯科放射線学 教授)

江島 堅一郎(歯科放射線学 専任講師)

雨宮 俊彦(歯科放射線学 助教)

林 誠(歯科保存学Ⅱ 教授)

◆一般目標 (GIO)

問題解決能力および将来の歯科医学研究の基礎的能力を修得するために、科学の基礎となっている物理学の基礎的知識を学修し、実験での方法、データの整理、実験報告のプレゼンテーション等を通じて、物理学の思考方法を身につける。

◆到達目標 (SBOs)

- ・基本物理量の単位量と基本単位を説明できる。
- ・医療機器に応用される電磁気現象を説明できる。
- ・波動現象の特徴及び光とX線の基本的性質を説明できる。
- ・実験の方法、データの整理から実験のプレゼンテーションを構想・実践することができる。

◆評価方法

講義枠内の課題提出の取り組み姿勢および成果物(50%)、実験枠内の小テストおよび平常試験(50%)で評価する。

なお、平常試験の追・再試は原則実施しない。

平常試験後の授業では試験の解説によるフィードバックを行い、各実験項目での原理等を再確認する。

◆オフィス・アワー

担当教員	対応時間・場所など	メールアドレス・連絡先	備考
山岡 大	金曜日 17:00~18:00 3号館4階物理学研究室	yamaoka.masaru_at_nihon-u.ac.jp	_at_はアットマーク

◆授業の方法

第1~3回の授業は、ガイダンスと副尺付きの計量器を用いて間接測定で得られる物理量の有効数字の決め方を理解する。また、最小二乗法によるデータ処理を理解する。

第4~18回の授業は、電磁気学、光学の物理学実験の現象を理解する上で必要となる基礎物理学を学修し、その

知識に基づいた各実験項目の実験原理および方法について理解を深める。

第19～36回の実験は、各実験項目の原理に従った実験方法と、その実験で得られたデータの整理を通じて、実験の手技と物理学の思考方法を修得する。

第37、41回の授業は、一つの実験項目に対して、実験概要、実験原理、装置・方法、実験結果および評価・要約の実験報告会のスライドについて構想し、スライドの作成を行い、実験内容の理解を深めると共に、論理的な説明の展開を修得する。

第42～45回の授業は、平常試験とキャリパーの実技試験を実施後、平常試験の解説を実施する。また、物理学の原理を用いた歯科医療機器の具体例から、歯科医学と物理との結びつきについて理解する。

◆アクティブ・ラーニング

実験は動画配信により実験方法を学び、各実験で得られたデータの整理、計算を各自で行う。

また、割り当てられた実験項目に対して、実験概要、実験原理、装置・方法、実験結果および評価・要約のスライドを作成することで、実験内容の理解を深めるとともに、論理的な説明の展開を身につける。

◆教材(教科書、参考図書、プリント等)

種別	図書名	著者名	出版社名	発行年
教科書	物理学実験(2020年度版)	日本大学歯学部基礎自然科学分野(物理)編著	蓼科印刷株式会社	2020
参考書	医歯系の物理学	赤野松太郎, 鮎川武二, 藤城敏幸, 村田浩	東京教学社	2016
参考書	医療系のための物理	佐藤幸一, 藤城敏幸	東京教学社	2017
参考書	物理実験法	関根幸四郎	コロナ社	1982
参考書	物理学辞典(改訂版)	物理学辞典編集委員会	培風館	2005

◆DP・CP

[DP3] コンピテンス: 論理的・批判的思考力

コンピテンス: 多岐にわたる知識や情報を基に、論理的な思考や批判的な思考ができる。

[DP5] コンピテンス: 挑戦力

コンピテンス: 新たな課題の解決策を見出すために、基礎・臨床・社会医学等の知識を基に積極的に挑戦し続けることができる。

[CP3] 幅広い教養と歯科医療に必要な体系的な知識を基に、論理的・批判的思考力と総合的な判断能力を育成する。

[CP5] 研究で明らかとなる新たな知見と研究マインドをもとに、歯科医学の課題に挑戦する学生を育成する。

◆準備学習(予習・復習)

小テストおよび平常試験に備え、終了した各実験項目の復習を怠らないこと。

◆準備学習時間

準備学習に記載された事項に必要なだけの時間を充てて予習・復習を行うこと。

◆全学年を通しての関連教科

自然科学演習（1年前期）

物理学実験Ⅱ（1年後期）

物理化学（1年前期）

歯科学統合演習Ⅰ（1年後期）

歯科理工学Ⅰ（2年後期）

歯科放射線学総論（3年前期）

◆予定表

第7回～第12回の各実験項目の日程については、「■授業日および実験(講義)項目」の日程表（関連資料：2_1_後物理学実験Ⅱ日程表.pdf）を参照のこと。

第8回～第13回の授業開始時には終了した実験項目の理解度を確認する10分間の小テストを実施する。

回	クラス	月日	時間	学習項目	学修到達目標	担当	コアカリキュラム
1, 2, 3		9.11	4 ～ 6	1. 基本物理量の計測 1)計測値の有効数字 2)最小二乗法 3)実験シートの取扱い	・実際の実験項目で得られた計測値を用い、平均値の有効数字などの取扱いについて理解すると共に、間接測定で得られる物理量の有効数字の決め方について説明できる。 ・計測値（変量）と変数が1次関数である場合について、その係数を決定する最小二乗法について説明できる。 ・準備学習で用いる実験シートの取扱いを把握する。	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
4, 5, 6		9.18	4 ～ 6	実験講義1 1. 静電場 1)クーロンの法則 2)ガウスの法則 2. 電気抵抗 1)ホイートストン・ブリッジ回路 2)電気抵抗率 3. 半導体 1) n 型, p 型 2)ダイオードの整流作用 3)トランジスタの	・荷電粒子の間に働くクーロン力の伝達は荷電粒子のまわりに形成される電場による近接力に起因することを説明できる。 ・電場の性質はガウスの法則で記述される。特定の電荷分布で生じる電場をガウスの法則（積分型）から決定できる。 ・ホイートストン・ブリッジ回路による抵抗測定の原理が、同回路に接続した検流計の指針が0のときに未知抵抗を含む4個の抵抗の関係式で表すことができる。	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

				電流増幅作用	<ul style="list-style-type: none"> ・導線の抵抗値を定める要因を学び、抵抗率が物質に固有なことが説明できる。 ・真性半導体に不純物を添加することでn型、p型半導体が作られることを理解し、それぞれの電荷移動の担い手（キャリアー）とその特性が説明できる。 ・pn接合ダイオードについて、接合部の空乏層の性質と、付加した電場と電流の関係を学び、ダイオードの特性である整流作用の原理を説明できる。 ・npn型トランジスタについて、電流増幅作用の機構を学び、エミッター接地回路においてベース電流の変化が増幅されることが説明できる。 		
7, 8, 9		9.25	4 ～ 6	<p>実験講義 2</p> <p>4. コンデンサーの電気容量</p> <p>1)コンデンサー充電・放電回路</p> <p>2)合成容量</p> <p>5. 静磁場</p> <p>1)ビオ・サバールの法則</p> <p>2)アンペールの法則</p> <p>3)静電場と静磁場</p> <p>6. 運動する荷電粒子に働く力</p> <p>1)電流と静磁場</p> <p>2)ローレンツ力</p> <p>3)電子の比電荷</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・充電・放電回路について、時間変化に伴うコンデンサー両端の電圧変化を学び、過渡応答について説明できる。 ・電荷が蓄えられる過程の速さを示す時定数から、電気容量を決定することができる。 ・複数のコンデンサーを直列・並列に接続したときの合成容量が導出できる。 ・導線を通る電流が作る磁場に関するビオ・サバールの法則から、磁場の性質を一般的に記述するアンペールの法則が導出できる。 ・静電場と静磁場それぞれの特徴を把握し、それぞれの場の性質が説明できる。 ・一様な磁場内に垂直に入射した荷電粒子は、ローレンツ力が向心力となり、等速円運動をすることが説明できる。 ・この現象を利用し、電子の比電荷が加速電圧、コイル電流および円運動の半径から求めることができる。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

10,1,1,12	10.2	4 ～ 6	<p>実験講義 3</p> <p>7. 電磁誘導</p> <p>1)誘導電場</p> <p>2)ファラデーの法則</p> <p>8. 変位電流</p> <p>1)マクスウェル・アンペールの法則</p> <p>9. マクスウェルの方程式</p> <p>10. 電磁波</p> <p>1)真空中の電磁波</p> <p>2)「光の電磁波」説</p> <p>3)電磁波の種類</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間変化する磁場内に置かれた導線ループには電流が誘導される（電磁誘導）が、この誘導電場と磁束との関係を示すファラデーの法則（積分形）について説明できる。 ・ 電荷保存の法則とアンペールの法則との矛盾が変位電流の提唱により解決されることを学び、変位電流について説明できる。 ・ 伝導電流と同様に、時間変化する電場が磁場を生み出すことが説明する。 ・ 電磁気学の4つの基本法則からなるマクスウェルの方程式について、それぞれの実験的な由来および各法則の定性的な意義を説明できる。 ・ マクスウェルの方程式から、真空中を1次元方向に変動する電磁場の解を求めると、電場と磁場の伝搬が互いに垂直な横波であることを学び、波動方程式とその一般解から電磁波の伝搬速度を導出することができる。 ・ 電磁波の伝搬速度が光速に等しいことが予言され、「光の電磁波説」の提唱に至る経過が説明できる。 ・ 電磁波の分類が波長（振動数）によることと、その名称と波長領域を述べることができる。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
13,1,4,15	10.9	4 ～ 6	<p>実験講義 4</p> <p>11.光学</p> <p>1)波動</p> <p>2)横波、縦波</p> <p>3)単振動</p> <p>4)正弦波</p> <p>5)演習（光学）</p> <p>12. 波としての光</p> <p>13. 波動の性質</p> <p>1)重ね合わせの原理と干渉</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 波とは、媒質のある場所に生じた変位が伝わる現象であることを説明できる。 ・ 周期的に変化する波動の例である単振動を、等速円運動と結びつけて説明できる。 ・ 波源の単振動がひきおこす波動（正弦波）の任意の時刻、位置における変位を表した式のもつ意味を理解し、周期、角速度、振動数、速さ、波長等の間に成立する関係式を 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

			<p>2)ホイヘンスの原理と回折</p> <p>14. 回折格子</p> <p>15. レーザー光</p> <p>16. レーザーの医療への応用</p>	<p>導出できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正弦波が伝わる際の周期，速さ，波長等に関する演習問題の具体例を解くことができる。 ・光，X線が電磁波の一種（波動）であること，またその波長領域を説明できる。 ・波動は波源で生じた変動がまわりに伝わる現象であること，および正弦波の波長，振幅，振動数等を説明できる。 ・波動のもつ最も基本的な現象である干渉と回折が説明できる。 ・回折格子の役割を学び，入射した光の波長，回折角および格子定数の間に成り立つ関係式が導出できる。 ・レーザー光が単一波長の光であり，単色性，指向性，干渉性に特徴をもっていることを説明できる。 ・レーザー光が可視光と異なる特徴を有すること，またレーザー光の医療での応用利用例を挙げることができる。 		
16,17,18	10.16	4 ～ 6	<p>実験講義 5</p> <p>17. X線の発生機構</p> <p>1)連続X線</p> <p>2)デュエン-ハントの法則</p> <p>3)特性X線</p> <p>18. X線</p> <p>1)X線吸収の素過程</p> <p>2)電離放射線</p> <p>3)X線回折</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・X線発生装置の構造を説明する。 ・X線管から発生されるX線は，発生機構の違いから，連続X線と特性X線の2種に大別されるが，それぞれのスペクトルの特徴を説明できる。 ・制動放射である連続X線には特徴的な最短波長が存在すること，また最短波長は加速電圧に反比例する（デュエン-ハントの法則）ことを導出できる。 ・電子遷移に伴って放出される特性X線は，その波長が陽極の材質に固有であることを説明できる。 ・物質によるX線吸収の素過程を学び，X線の透過能が物質の電子密度に依存することを説明できる。 ・電離放射線の1つであるX線の放射線障害とその防止（遮蔽）につい 	<p>山岡 大</p> <p>新井 嘉則</p> <p>江島 堅一</p> <p>郎</p> <p>雨宮 俊彦</p> <p>鈴木 秀則</p> <p>秋葉 昭太</p>	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

					<p>て説明できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ X線の波動性により結晶構造を知ることができる理由を説明することができる。 		
19,20,21		10.23	4～6	実験項目 G 電気抵抗率	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホイートストン・ブリッジ回路に接続した検流計の働きから、抵抗測定の原理について説明できる。 ・ 鋼鉄，真鍮，ニクロムの各抵抗率を求め、抵抗率が物質に固有な物理量であることを示す結果を得ることができる。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
22,23,24		10.30	4～6	実験項目 H 半導体特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダイオードではアナログ計測法を、トランジスタではデジタル計測法を用いて各素子の電気的特性を調べることができる。 ・ 各々の実験結果から半導体の特徴的な動作原理が説明できる。 ・ 各々の電流特性の特徴を把握し、ダイオードの整流作用、トランジスタの電流増幅作用について説明できる。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
25,26,27		11.6	4～6	実験項目 I 電気容量	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンデンサーへの電気量流入の時間的変化を A/D変換器を介してパソコンに取り込み、観察することができる。 ・ コンデンサー両端の電圧の時間変化から求めた回路の時定数を用いてコンデンサーの電気容量を決定することができる。 ・ 2個のコンデンサーを直列，並列接続した実験，および4個接続した実験を行い，合成容量が得られる公式を満たす結果を得ることができる。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
28,29,30		11.13	4～6	実験項目 J 電子の比電荷	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一様な磁場中を運動する電子の速度と磁場の方向が垂直の場合，電子は磁場と垂直な平面内で円運動する。このとき，円軌道の半径と磁場の強さとは反比例し，その比例定数 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

					<p>から比電荷が求められることを説明できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コイル電流が生み出す磁場（磁束密度）を計算により求めることができる。 ・磁場が運動する電子に及ぼすローレンツ力について説明できる。 		
31,32,33		11.20	4～6	実験項目 K 光の干渉	<ul style="list-style-type: none"> ・格子定数が既知の回折格子を用いて、格子から明点の距離と明点の間隔を測定し、レーザー光の波長を決定することができる。 ・決定した波長のレーザー光を用いて、未知の格子定数を求めることができる。 ・光の干渉と回折光の次数の関係を説明できる。 	山岡 大 秋葉 昭太 鈴木 秀則	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
34,35,36		11.27	4～6	実験項目 L 軟X線	<ul style="list-style-type: none"> ・発生X線の強度、波長と管電流、管電圧との関連を説明できる。 ・X線撮影写真の白・黒像が、物質中の電子密度を反映することを説明できる。 ・異なる2種の結晶の回折像の違いが、構成原子の空間構造によることを説明できる。 	山岡 大 新井 嘉則 江島 堅一郎 雨宮 俊彦 鈴木 秀則 秋葉 昭太	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
37,38,39		12.4	4～6	実験報告用スライド作成	<ul style="list-style-type: none"> ・各自に割り当てた実験項目に対して、実験結果の報告に使用できる発表スライドの作成を行う。スライドの内容と形式について、全体的な道筋を構想することが重要であることを学ぶ。 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太 新井 嘉則 江島 堅一郎 雨宮 俊彦	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
40,41		12.11	4～5	1. 基礎計測実技試験 2. 実験報告用スライド作成	<ul style="list-style-type: none"> ・副尺付き計測器のキャリパーについて、取扱いおよび目盛読取りの習熟度を判定する。 ・一つの実験項目に対して、実験結果の報告に使用できる発表スライドの作成を行う。スライドの内容と形式について、全体的な道筋を構想す 	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太 新井 嘉則 江島 堅一郎 雨宮 俊彦	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎

					ることが重要であることを学ぶ。		
42		12.14	4	平常試験	・「物理学実験Ⅱ」を通して学んだ基礎法則や実験結果に対する科学的な理解についての平常試験を行う。	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太 新井 嘉則	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎
43 ,4 4, 45		12.18	4 ～ 6	1. 平常試験の解説 2. 歯科医療と物理	・実験内容の理解度を測る平常試験の解説を実施する。 ・歯科医療において、物理学の原理を用いた診断・治療の医療機器の具体例について知ると共に、歯科医療と物理との結びつきについて理解する。	山岡 大 鈴木 秀則 秋葉 昭太 林 誠 新井 嘉則	C-1-2) 生体現象の物理学的基礎