

## 医学物理

(Medical Physics)

### 【責任者/担当者】

〔物理学〕 福田 昭 教授

<4~7月>

### 【目的】

- ・医療機器の取り扱いやライフサイエンスにおいて、物理的な知識の修得は必須であることを理解する。
- ・自然現象において取り扱う物理量の単位と単位系について理解する。
- ・物理のための数学を理解し、医学における興味のある法則を理解する。
- ・力学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・電磁気学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・電気・電子回路における基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・電磁波と光における基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・物理学を通して、科学的・論理的な思考方法や精度の高い定量的な解析方法を身につけ、日常生活のみならず医学やライフサイエンスに応用する。
- ・近年深刻な問題となっている医療事故の原因となり得る不適切な医療行為や医療機器の誤操作等を未然に防止するためには、自然現象や医療機器の取り扱いを原理から理解しておくことは必須であることを理解する。

### 【科目キーワード】

「物理学(physics)」「単位(unit)」「単位系(unit system)」「SI 単位系(SI unit system)」「測定と誤差 (measurement and error)」「医療機器 (medical equipment)」「生体計測機器 (biometric devices)」「検体検査機器 (clinical laboratory equipment)」「生体画像機器 (bioimaging equipment)」「治療用機器 (therapeutic apparatus)」「治療用 ME 機器 (therapeutic medical engineering equipment)」「バイタルサイン(vital signs)」「無侵襲 (non-invasive)」「物理数学(physical mathematics)」「力学(mechanics)」「力学の三法則 (three law of mechanics)」「質点(mass point)」「力(force)」「質量(mass)」「ニュートンの法則 (Newton's law)」「剛体(rigid body)」「力のモーメント(moment of force)」「角運動量 (angular momentum)」「慣性モーメント(moment of inertia)」「リハビリテーション機器 (rehabilitation equipment)」「筋肉や骨にかかる力(forces on muscles and bones)」「電磁気学(electromagnetics)」「電子(electron)」「マックスウェルの法則(Maxwell's law)」「クーロンの法則(Coulomb's law)」「電場 (electric field)」「電位 (electric potential)」「電気力線

(line of electric force)」「電気双極子(electric dipole)」「電気二重層(electric double layer)」「生体膜(biological membrane)」「膜電位(membrane potential)」「興奮の伝導(conduction of excitation)」「心電図(electrocardiogram)」「ガウスの法則(Gauss' law)」「静電誘導(electrostatic induction)」「誘電分極(dielectric polarization)」「コンデンサー(capacitor)」「電気変位ベクトル(electric displacement vector)」「電束密度(electric flux density)」「電流(electric current)」「人体における電流の影響(effect of electric current on the human body)」「直流回路(DC circuit)」「電気抵抗(resistance)」「オームの法則(Ohm's law)」「キルヒホッフの法則(Kirchhoff's law)」「過渡現象(transient phenomena)」「人工ペースメーカー(artificial pacemaker)」「磁場(magnetic field)」「磁束密度(magnetic flux density)」「磁力線(line of magnetic force)」「アンペールの法則(Ampere's law)」「ローレンツ力(Lorentz force)」「質量分析器(mass spectrometer)」「電磁誘導(electromagnetic induction)」「ファラデーの法則(Faraday's law)」「インダクタンス(inductance)」「自己誘導(self-induction)」「相互誘導(mutual induction)」「交流回路(AC circuit)」「実効値(effective value)」「電力(electric power)」「インピーダンス(impedance)」「複素インピーダンス(complex impedance)」「電磁波(electromagnetic wave)」「マイクロ波(microwave)」「赤外線(infrared)」「紫外線(ultraviolet)」「X線(X-ray)」「光学(optics)」「光の反射と屈折(reflections and refraction of light)」「全反射(total reflection)」「光の吸収(absorption of light)」「ランベルトの法則(Lambert's law)」「ランベルトーベールの法則(Lambert-Beer's Law)」「光ファイバー(optical fiber)」「胃カメラ(gastroscope)」「光の回折(diffraction of light)」「光の偏光(polarization of light)」「論理的思考(logical thinking)」「定量的解析(quantitative analysis)」

### 【到達目標(アウトカム)】

- 医療機器の取り扱いやライフサイエンスにおいて、物理的な知識の修得は必須であることを説明できる。
- 物理のための数学を理解し、医学における興味のある法則へ応用できる。
- 力学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を説明できる。
- 電磁気学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を説明できる。
- 物理学を通して、科学的・論理的な思考方法や精度の高い定量的な解析方法を身につけ、日常生活のみならず医学やライフサイエンスに応用できる。

### 【ディプロマ・ポリシーと授業科目の関連】

- ・自己管理能力を身に付け、能動的に医学を学修できる。
- ・同級生へ指導・助言ができる。
- ・総合的・科学的に課題を捉えて ICT を活用し、臨床上の疑問点を解決するための情報を収集して評価することができる。
- ・検査や基本的手技を説明できる。

・人体構造・機能を理解したうえで、適切な医療を説明できる。

### 【概要ならびに履修方法】

物理学の諸分野の中から、基礎となる分野である、力学、物理数学、電磁気学(光と波動、電磁波、電気・電子回路を含む)について学修し、人体や医療機器などの原理との関わりについて理解する。高度に専門化した臨床医学および基礎医学を含む自然科学分野全般において、これらの物理的知識が極めて重要であり、その基礎を構築していることを認識する。4~7 月期における前半では、高校時物理学非選択者のことを考慮して、基本的な内容を多く取り入れ、徐々に高度な内容へとステップ・アップできるように講義を行う。

### 【準備学修ならびに事後学修に要する時間】

講義前には、各時間の講義内容に相当する教科書の部分を熟読しておくこと。初回講義を除いて「講義事前配布資料」を物理学教室の Web 上において pdf 形式で配布するので、各自印刷して講義時に持参するか、あるいはスマートフォンやノート PC、タブレット端末等にダウンロードして持参する。講義事前配布資料に関しても、一通り目を通しておくことが望ましい。初回講義時に物理学教室のWebに関する URL とLogin ID および Password を通知するので、聞き洩らさないようにすること。各回の講義後には、次回の講義範囲の説明を行うので、参考にする。教科書に記載されている内容をより良く理解するために、参考書や高等学校の教科書・参考書等を副読本として、予め関連する内容を調べておくことが望ましい。高等学校時「物理」選択者は一時間程度、非選択者は二時間程度の時間を要する。

### 【成績の評価方法・基準】

- ・中間試験の成績(80%程度)、出席・レポートなどを含む平常点(20%程度)の総合評価によって行う。中間試験には、こちらで指定した機種の間数電卓が必要となるので、必ず購入すること。
- ・「医学物理」としての成績は、「4~7 月期」「9~10 月期」を合わせて 100 点満点で評価する。ただし、「4~7 月期」「9~10 月期」の合格判定は個別に行い、両方ともに 65 点以上で合格する必要がある。「4~7 月期」の合格判定は、中間試験により行う。
- ・出席やレポートに関すること、成績の評価方法・基準などの詳細に関しては、第 1 回目の講義のときに詳細に説明する。

### 【学生への助言】

高等学校時「物理」非選択者は、特に(4~7 月期)の「医学物理」の理解に苦しむ傾向にある。高等学校時「物理」非選択者は、講義前に、下記参考書や高等学校の教科書・参考書等を副読本として、予め関連する内容を学修しておくことが必須である。高等学校時「物理」選択者に、講義前後に助言を求めるのも非常に有効である。だからといって、高等学校時「物理」非選択者は、全く悲観する必要は無く、努力次第で上位の成績を上げるものが増加しつつある。また、近年、

高等学校時「物理」選択者でも再試験になる学生が増加している。4～7月期においても、高等学校で学習しない内容も多く含まれているので、油断して勉強を怠ることのないようにしてほしい。

### 【フィードバック方針】

中間試験後、希望者には、得点の開示および答案についての説明に個別に対応する。

### 【オフィスアワー】

曜日:火曜日・木曜日・金曜日 時間帯:11:40 ~ 12:40, 16:00 ~ 17:00

### 【受講のルール、注意事項、その他】

- ・理解を促進するため、問題演習を行う。毎回、講義後に配布する基礎演習問題のプリントは、特段の事情がなければ、次の講義時に必ず提出すること。Web ページにおいて解答を掲載した後(講義後約一週間を目安とする)での提出は一切認めない。
- ・講義後に修正点や問題解答等を加えた「事後講義資料」に関しても、物理学教室の Web ページに公開する予定である。また、講義や定期試験に関する情報も、Web ページに掲載することがあるので、適宜目を通しておくようにする。
- ・中間試験の出題範囲や出題方法、試験時間、試験会場等に関しては、講義中に説明する。
- ・状況に応じて、講義動画の配信や小テスト等に、Moodleを活用する場合もあり得る。

### 【教科書】

教科書は必ず購入すること(教科書のコピー等は配布しない)。

「医歯系の物理学(第2版)」赤野松太郎、他 著(東京教学社)2015年

### 【参考書】

「医療系のための物理(第2版)」佐藤幸一、藤城敏幸 著(東京教学社)2013年

「ライフサイエンス物理学」Morton M. Sternheim、Joseph W. Kane 著

石井千穎 監訳(廣川書店)1991年

高等学校教科書「改訂 物理」「改訂 物理基礎」全般

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第1巻 a 力学」(上)

ベネディック、ビラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1979年

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第1巻 b 力学」(下)

ベネディック、ビラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1980年

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第3巻 a 電磁気学」(上)

ベネディック、ビラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1981年

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第3巻 b 電磁気学」(下)

ベネディック、ビラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1981年

「医療系のための物理学入門」木下順二 著(講談社)2017年

「医療系の基礎としての物理」廣岡秀明、他 著(学術図書出版社)2019 年

その他、各分野の参考書については、講義の中で紹介する。

### 【連絡先】

教育研究棟 5階 物理学 教員室(福田教授室)

<9～10月>

### 【目的】

- ・医療機器の取り扱いやライフサイエンスにおいて、物理的な知識の修得は必須であることを理解する。
- ・流体力学における基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・熱力学・統計力学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を理解する。
- ・原子・原子核の成り立ちを理解する。
- ・X線について理解し、医学への応用について理解する。
- ・放射線の種類と性質について理解し、医学への応用について理解する。
- ・量子力学の基礎について理解する。
- ・磁気共鳴・磁気共鳴イメージング(MRI)の原理について理解する。
- ・物理学を通して、科学的・論理的な思考方法や精度の高い定量的な解析方法を身につけ、日常生活のみならず医学やライフサイエンスに応用する。
- ・近年深刻な問題となっている医療事故の原因となり得る不適切な医療行為や医療機器の誤操作等を未然に防止するためには、自然現象や医療機器の取り扱いを原理から理解しておくことは必須であることを理解する。

### 【科目キーワード】

「物理学(physics)」「流体力学(fluid mechanics)」「圧力(pressure)」「トリチェリの法則(Torricelli's Law)」「点滴(intravenous drip)」「減圧症(decompression sickness)」「高山病(altitude sickness)」「表面張力(surface tension)」「ラプラスの法則(Laplace's law)」「毛細管現象(capillary action)」「ベルヌーイの定理(Bernoulli's theorem)」「粘性(viscosity)」「粘性係数(viscosity coefficient)」「ハーゲン・ポアズイユの法則(Hagen-Poiseuille's law)」「血圧(blood pressure)」「レイノルズ数(Reynolds' number)」「層流(laminar flow)」「乱流(turbulent flow)」「体循環(systemic circulation)」「熱力学(thermodynamics)」「熱量(heat)」「温度(temperature)」「比熱(specific heat)」「理想気体(ideal gas)」「不完全気体(imperfect gas)」「ファン・デア・ワールスの状態方程式(van der Waals equation)」「相転移(phase transition)」「熱伝導(thermal conduction)」「ステファン・ボルツマンの法則(Stefan-Boltzmann's Law)」「人体からの放射(radiation from human body)」「サーモグラ

フィ(thermography)」「熱力学第一法則(first law of thermodynamics)」「熱力学第二法則(second law of thermodynamics)」「エントロピー(entropy)」「熱力学第三法則(third law of thermodynamics)」「超伝導(superconductivity)」「超流動(superfluidity)」「統計力学(statistical mechanics)」「分子運動論(molecular kinetic theory)」「熱力学関数(thermodynamic function)」「原子(atom)」「原子核(nucleus)」「陽子(proton)」「中性子(neutron)」「物質波(matter wave)」「Bohr の原子モデル(Bohr's atomic model)」「X 線(X-ray)」「X 線の発生(generation of X-ray)」「連続 X 線(continuous X-ray)」「固有 X 線(特性 X 線, characteristic X-ray)」「X 線 CT(X-ray Computed Tomography)」「質量欠損(mass deficiency)」「同位体(isotope)」「自然存在比(natural abundance)」「核反応(nuclear reaction)」「原子核崩壊(radioactive decay of nucleus)」「放射線(radiation)」「半減期(half period)」「 $\alpha$  線(alpha ray)」「 $\beta$  線(beta ray)」「 $\gamma$  線(gamma ray)」「中性子線(neutron beam)」「放射線による被曝(radiation exposure)」「放射線による人体への影響(effects of radiation on human body)」「放射線障害(radiation damage)」「放射線の単位(unit of radiation dose)」「最大許容線量(maximum allowable dose)」「放射線治療(radiation therapy)」「量子力学(quantum mechanics)」「波動関数(wave function)」「不確定性原理(uncertainty principle)」「Schrödinger の波動方程式(Schrödinger equation)」「シンチグラフィ(scintigraphy)」「単一フォトン放射断層撮影装置(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)」「陽電子放出断層撮影法(Positron Emission Tomography, PET)」「スピン(spin)」「核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance, NMR)」「縦緩和時間(longitudinal relaxation time)」「横緩和時間(transverse relaxation time)」「主な組織の緩和時間(relaxation time of various cell tissues)」「自由誘導減衰信号(free induction decay signal)」「スピン・エコー(spin echo)」「磁場勾配(magnetic field gradient)」「磁気共鳴映像法(magnetic resonance imaging, MRI)」「MRI 装置(MRI equipment)」「論理的思考(logical thinking)」「定量的解析(quantitative analysis)」

### 【到達目標(アウトカム)】

- 流体力学における基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を説明できる。
- 熱力学・統計力学の基本法則を理解し、医学における興味のある法則と原理の概要を説明できる。
- 原子・原子核の成り立ちについて理解し、X 線・放射線の医学への応用について説明できる。
- 量子力学の基礎や、磁気共鳴・磁気共鳴イメージング(MRI)の原理について説明できる。
- 物理学を通して、科学的・論理的な思考方法や精度の高い定量的な解析方法を身につけ、日常生活のみならず医学やライフサイエンスに応用できる。

### 【ディプロマ・ポリシーと授業科目の関連】

- ・人文社会科学を含む幅の広い教養と国際性を身につけ、海外からの情報を積極的に利用できる語学力を有し、国際保健に貢献できる。
- ・医学・医療の進歩と改善に資するために研究を遂行する意欲と生涯にわたり自己研鑽を続ける態度を有し、同僚・後輩への教育に労を惜しまない。
- ・患者の持つ様々な問題点を科学的かつ統合的に捉え、的確に判断し解決できる応用力と問題解決能力を有している。
- ・人体の構造、機能および異常や疾病とそれらの原因、病態、診断、治療に関する基本的な知識ならびに様々な疾病に対する適切な治療法を身につけている。

### 【概要ならびに履修方法】

物理学の諸分野の中から、やや応用的な分野である、流体力学、熱力学・統計力学、原子・原子核、X線・放射線、量子力学の基礎、MRIの原理について学習し、人体や医療機器などの原理との関わりについて理解する。高度に専門化した臨床医学および基礎医学を含む自然科学分野全般において、これらの物理的知識が極めて重要であり、その基礎を構築していることを認識する。

### 【準備学修ならびに事後学修に要する時間】

講義前には、各時間の講義内容に相当する教科書の部分を熟読しておくこと。「講義事前配布資料」を物理学教室の Web 上において pdf 形式で配布するので、各自印刷して講義時に持参するか、あるいはスマートフォンやノート PC、タブレット端末等にダウンロードして持参する。講義事前配布資料に関しても、一通り目を通しておくことが望ましい。各回の講義後には、次回の講義範囲の説明を行うので、参考にする。教科書に記載されている内容をより良く理解するために、参考書や高等学校の教科書・参考書等を副読本として、予め関連する内容を調べておくことが望ましい。

高等学校時「物理」選択者、非選択者ともに二時間程度の時間を要する。

### 【成績の評価方法・基準】

- ・定期試験の成績(80%程度)、出席・レポートなどを含む平常点(20%程度)の総合評価によって行う。定期試験には、こちらで指定した機種の間数電卓が必要となるので、必ず購入すること。
- ・「医学物理」としての成績は、「4～7 月期」・「9～10 月期」を合わせて 100 点満点で評価する。ただし、「4～7 月期」・「9～10 月期」の合格判定は個別に行い、両方ともに 65 点以上で合格する必要がある。「9～10 月期」の合格判定は、定期試験により行う。
- ・出席やレポートに関すること、成績の評価方法・基準などの詳細に関しては、第 1 回目の講義のときに詳細に説明する。
- ・定期試験の出題範囲および出題方法については、講義中に説明する。

### 【学生への助言】

高等学校時「物理」非選択者は、講義前に、参考書や高等学校の教科書・参考書等を副読本として、予め関連する内容を学修しておくことが必須である。また、高等学校時「物理」選択者は、(9～10 月期)を(4～7 月期)と同様に考えて、講義前後に学修することを怠りがちであるが、(9～10 月期)では大学で新しく学ぶ内容がほとんどであり、高等学校までの知識では全く対応できないことを理解しておくべきである。

### 【フィードバック方針】

定期試験後、希望者には、得点の開示および答案についての説明に個別に対応する。

### 【オフィスアワー】

曜日:火曜日・木曜日・金曜日 時間帯:11:40 ~ 12:40, 16:00 ~ 17:00

### 【受講のルール、注意事項、その他】

- ・理解を促進するため、問題演習を行う。毎回、講義後に配布する基礎演習問題のプリントは、特段の事情がなければ、次の講義時に必ず提出すること。Web ページにおいて解答を掲載した後(講義後約一週間を目安とする)での提出は一切認めない。
- ・講義後に修正点や問題解答等を加えた「事後講義資料」に関しても、物理学教室の Web ページに公開する予定である。また、講義や定期試験に関する情報も、Web ページに掲載することがあるので、適宜目を通しておくようにする。
- ・定期試験の出題範囲や出題方法、試験時間、試験会場等に関しては、講義中に説明する。
- ・状況に応じて、講義動画の配信や小テスト等に、Moodleを活用する場合もあり得る。

### 【教科書】

教科書は必ず購入すること(教科書のコピー等は配布しない)。

「医歯系の物理学(第2版)」赤野松太郎、他 著(東京教学社)2015 年

### 【参考書】

「医療系のための物理(第2版)」佐藤幸一、藤城敏幸 著(東京教学社)2013 年

「ライフサイエンス物理学」Morton M. Sternheim、Joseph W. Kane 著

石井千穎 監訳(廣川書店)1991 年

高等学校教科書「改訂 物理」「改訂 物理基礎」全般

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第2巻 a 統計物理学」(上)

ベネディック、ピラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1980 年

「医系の物理—医学および生物学より例をとった物理学 第2巻 b 統計物理学」(下)

ベネディック、ピラース 共著 松原武生 訳(吉岡書店)1980 年

「医療系のための物理学入門」木下順二 著(講談社)2017 年

「医療系の基礎としての物理」廣岡秀明、他 著(学術図書出版社)2019 年



その他、各分野の参考書については、講義の中で紹介する。

**【連絡先】**

教育研究棟 5階 物理学 教員室(福田教授室)