

(科目コード : 8305220004EE)

【改訂】第31版(2013-03-26)

【科目】電磁気学

【科目分類】専門科目 【選択・必修の別】必修 【学期・単位数】後期・2単位

【対象学科・専攻】電子メディア 4年

【担当教員】青木 利澄

【授業目標】

- ・電気容量の意味を理解し、簡単な導体系(同心球導体など)の電気容量の計算ができる。
- ・静電エネルギーの意味を理解し、簡単な帯電導体の静電エネルギーの計算ができる。
- ・磁界中を流れる電流に力が働くこと、およびその基礎となるローレンツ力を正しく理解できる。
- ・ビオ・サバルの法則を理解し、これを用いて、その簡単な応用問題を解くことができる。
- ・アンペールの法則を理解し、ソレノイドなどの簡単な電流系がつくる磁界の計算に応用できる。
- ・ベクトルポテンシャルの意味を、電位と同じ立場から理解できる。
- ・ベクトルポテンシャルを用いてビオ・サバルの法則を導くことができる。
- ・電磁誘導の法則を物理現象として理解し、簡単な応用問題を解くことができる。
- ・磁気エネルギーの意味を理解し、簡単な電流回路系でその計算ができる。
- ・L、C、Rによりつくる簡単な回路について、過渡現象、共振現象などが理解できる。
- ・分極ベクトルと誘電体の電束密度の関係を理解し、物質の誘電率が正しく理解できる。
- ・物質中の静電場の法則から電束密度と電界に対する境界条件を導くことができる。
- ・誘電体を挟んだコンデンサーの電気容量の計算が簡単ないくつかの例についてできる。
- ・誘電体に対する鏡像法の考え方が理解できる。
- ・変位電流の必然性が説明できる。
- ・マクスウェル方程式を微分形および積分形で書くことができ、式の物理的意味が説明できる。
- ・ポインティングベクトルが電磁場に対するエネルギー保存則との関連で捉えることができる。
- ・マクスウェル方程式から、一軸方向へ伝わる電場および磁束密度に対する波動方程式を導くことができる。
- ・波動方程式の解(一軸方向へ伝わる平面波)の一般形を正しく書くことができる。
- ・平面波の電場および磁束密度と波の伝わる方向との関係が正しく認識できる。
- ・波数の意味を理解し、これと振動数および波の伝わる速さとの関係を把握できる。
- ・平面波がエネルギーを伝えることが、ポインティングベクトルを用いて、定量的に理解できる。

【教育方針・授業概要】

本科目の総授業時間数は45時間である。3年で学んだ電磁気学の基礎の上に導体と静電界について学ぶ。次に電流間に力が働くという事実にもとづいて、その力を媒介する磁束密度が導入される。その力の実体である、ローレンツ力に従う荷電粒子の運動は基礎として重要である。空間に分布した電流がそのまわりにどのような磁界をつくるか。これを計算する手法としてビオ・サバルの法則及びアンペールの法則を述べ、その適用例を示す。ベクトルポテンシャルは磁場の基本的性質に基づいて導入される。ベクトルポテンシャルは電位と同様にポアソン方程式に従うので、電位と類似に取り扱うことができる。このような観点から電流分布がつくるベクトルポテンシャルの計算法が理解される。電界や磁界を通して、空間にはエネルギーが蓄えられていることを認識することは大切である。これはコンデンサーやコイルが蓄えているエネルギーに他ならない。電磁誘導は電磁場の基本法則の一つである。この現象を通して、自己インダクタンス、相互インダクタンスを理解できる。最後に、L、C、Rから構成される簡単な回路の過渡現象、共振現象を学ぶ。電磁気学の法則は真空中のマクスウェル方程式により記述される。変位電流の存在が必然であることを説明する。マクスウェル方程式を微分形で定式化し、これより一軸方向へ伝わる波(平面波)を記述する波動方程式を導く。次に、その平面波の解を提示してその物理的意味を明らかにする。電磁場に対するエネルギー保存の考え方から、ポインティングベクトルが導入され、その意味が示される。これを用いると、平面波がエネルギーを伝えることが明らかになる。

静電場の中に誘電体をよくと分極が生ずること、次に分極ベクトルと分極電荷の関係を正負の電荷シートの考え方をを使って述べる。分極により、電場と電束密度に本質的な違いが生ずる。これより物質の誘電率の意味が明らかになる。物質中の静電場の法則は電束密度を用いて、定式化される。次にこれらの法則から、誘電率の異なった媒質の境界で満たすべき境界条件が導かれる。理解を深めるため、誘電体中の電場の計算、誘電体を挟んだコンデンサーの電気容量の計算、誘電体に対する鏡像法などの応用例を学ぶ。

【教科書・教材・参考書等】

教科書：電磁気学()：長岡洋介：岩波書店

教科書：電磁気学()：長岡洋介：岩波書店

参考書：例解 電磁気学演習：長岡・丹慶：岩波書店

参考書：物質の電磁気学：中山正敏：岩波書店

参考書：電気と磁気：和田・大上：岩波書店

和田・大上の「電気と磁気」は岩波書店から出ている、「高校物理のききどころ」シリーズの一冊で、高校物理と大学物理の橋渡しとして役立つ本である。また、丸善から出ている、飯田修一監訳「パークレー物理コース：電磁気(上・下)」は記述が丁寧で分かり易い。ただし、SI単位を用いていないのが難。「ファインマン物理学(電磁気学)」岩波書店は物理のおもしろさを堪能できます。難しいですが、ゆとりのある人はチャレンジしてみてください。

【メッセージ】

毎回授業でやった内容を、ノートを見ながら自分でもう一度考えて、別紙の上に自分なりに再構成してみることが大切です。知識を真に身につけるためには、問題演習が欠かせません。まずは、何も見ないで5分間考えましょう。次に教科書・ノートを参考にしながら5分間考えましょう。それでも分らなければ、解答とその解説を見てそれを理解することに努めましょう。別解を考えてみるとさらに力が付きます。

【事前に行う準備学習】

3年次の電磁気学 および電磁気学演習 を履修しているか、その内容に相当する知識を有していること。

【成績評価方法】

[後期]中間試験：40%、期末試験：40%、レポート：20%

【達成目標】

	達成目標	割合	評価方法
1	簡単な電流系がつくる磁場を、ビオ・サバールの法則またはアンペールの法則を用いて計算することができる	30 %	定期試験24%、レポート6%の割合で評価する。
2	ローレンツ力に基づいて、磁場中の荷電粒子の運動が理解できる	10 %	定期試験8%、レポート2%の割合で評価する。
3	電磁誘導の法則を理解し、簡単な応用ができる。	20 %	定期試験16%、レポート4%の割合で評価する。
4	マクスウェルの方程式に基づいて、電磁波の基本的な性質が理解できる。	20 %	定期試験16%、レポート4%の割合で評価する。
5	導体や誘電体中の電場の性質が、また磁性体中の磁場の性質が数式に基づいて理解され、その簡単な応用ができる。	20 %	定期試験16%、レポート4%の割合で評価する。

【本校の学習・教育目標】

(B-1) 工学の基礎となる自然科学の科目を理解する

(C) 技術的問題解決のための専門分野の基本的知識を身に付ける

各学科における専門科目を学習することにより、技術的課題を理解し対応できる

【授業計画】（電磁気学）

回数	授業の主題	内容	レポート	宿題
第1回	導体と静電場(1)	・電気容量 ・コンデンサー(1)		
第2回	導体と静電場(2)	・コンデンサー(2) ・静電場のエネルギー		
第3回	電流と静磁場(1)	・磁石と電流 ・磁場中の電流に働く力		
第4回	電流と静磁場(2)	・ローレンツ力 ・磁場中の荷電粒子の運動		
第5回	電流と静磁場(3)	・ビオ・サバールの法則 ・ビオ・サバールの法則の応用(1)		
第6回	電流と静磁場(4)	・ビオ・サバールの法則の応用(2)		
第7回	電流と静磁場(5)	・磁気双極子がつくる磁場		
第8回	電流と静磁場(6)	・アンペールの法則 ・アンペールの法則の応用(1)		
第9回	電流と静磁場(7)	・アンペールの法則の応用(2)		
第10回	電流と静磁場(8)	・ベクトルポテンシャル		
第11回	電流と静磁場(9)	・ベクトルポテンシャルの応用	レポート	
第12回	電磁誘導の法則(1)	・電磁誘導現象の定式化 ・電磁誘導の一般法則 ・電磁誘導の法則とローレンツ力		
第13回	電磁誘導の法則(2)	・自己インダクタンス ・相互インダクタンス		
第14回	電磁誘導の法則(3)	・自己インダクタンスの計算例 ・相互インダクタンスの計算例	レポート	
第15回	中間試験			
第16回	中間試験答案返却	答案の返却と解答の解説		
第17回	電磁誘導の法則(4)	・静磁場のエネルギー		
第18回	電磁誘導の法則(5)	・静磁場のエネルギーと自己インダクタンス ・L-R回路と静磁場のエネルギー		
第19回	電磁誘導の法則(6)	・L-C回路と力学系 ・L-C-R回路と力学系	レポート	
第20回	マクスウェル方程式と電磁波(1)	・変動する電流とアンペールの法則の破綻 ・電荷保存則とアンペールの法則		
第21回	マクスウェル方程式と電磁波(2)	・変位電流とマクスウェル方程式		
第22回	マクスウェル方程式と電磁波(3)	・電磁場のエネルギー ・ポインティングベクトル		
第23回	マクスウェル方程式と電磁波(4)	・波動方程式の導出とその解の性質		
第24回	マクスウェル方程式と電磁波(5)	・電磁波の伝播	レポート	
第25回	物質中の電場(1)	・誘電体と分極電荷		
第26回	物質中の電場(2)	・分極ベクトルと分極電荷密度 ・分極ベクトルと電束密度 ・物質の誘電率		
第27回	物質中の電場(3)	・静電場の境界条件		
第28回	物質中の電場(4)	・誘電体があるときの静電場の例(1)		
第29回	物質中の電場(5)	・誘電体があるときの静電場の例(2)	レポート	
第30回	後半のまとめ	・マクスウェル方程式と電磁場、誘電体に関する基礎事項のまとめ		