基礎的講義などで教えるべき項目　2011 年 1 月 7 日

下記の科目は学科からの内容指定なので担当教員はこれらの内容を講義する。
その他の科目は、担当教員の裁量で内容を決める。

物理数学　Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ

ガイドラインの留意点としては

1. フーリエ・ラプラス変換については何も知らない可能性がある（大）なので
   導入も行うべきである。
2. 角運動量に関係した群の考え方、実際の計算方法など、回転群に関する入門
   的な解説は物理数学Ⅱの重要テーマである。ただし、群の一般的な性質や SU
   (3)以上の一般のリー群についての説明はⅢの範囲と考える。

【物理数学Ⅰ　学部2年生・第4学期】

物理学の基礎的な科目を学習するために必要となる解析学の基礎を概説する。

1. 複素関数論
   複素関数、導関数と解析関数、等角写像、複素関数、複素積分、
   級数、留数定理
2. 常微分方程式
   解の存在と一意性、初等解法、2階線形微分方程式

【物理数学Ⅱ　学部2年生・第4学期】

量子力学や電磁気学など物理学一般に広く用いられる数学的道具・手法を解説する。

1. 偏微分方程式
   波動方程式、熱方程式など
2. 特殊関数論
   ベッセル関数、ルジャンドル多項式、超幾何関数など
3. Fourier 変換、Laplace 変換
4. 角運動量の代数的性質：回転群　（一般論ではなく具体的に）

【物理数学Ⅲ　学部3年生・冬学期】

この講義では物理学の学習において基本的な役割を果たす数学、特に代数学と
幾何学について講義を行う。

1. 群論
   群の基本的概念、表現論の基礎、量子力学との関係
   離散群の例（点群、対称群）とその応用
   連続群（一般のリー群）とその表現論

2. 微分形式
   基本概念（ベクトル解析の一般化としての微分形式）
   電磁気学などへの応用、Stokes の定理

電磁気学Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ

【電磁気学Ⅰ　学部2年生・第4学期】

1. 特殊相対性理論
   相対性原理、ローレンツ変換、ミンコフスキー時空、速度の変換則、時間のパラドックス

スカラー、ベクトル、テンソル、質点の相対論的方程式
2. 電場
動いている電荷、異なる座標系での電場、動いている電荷に働く力、動いている電荷どうしに働く力
3. 磁場
磁場の性質、ベクトルポテンシャル、電磁場の変換則、ローレンツ力とローレンツ変換
4. 電磁誘導とマックスウエルの方程式
電磁誘導、静電磁気学の適用限界、電磁場に蓄えられたエネルギー、変位電流
マックスウエルの方程式
5. 電磁場中での荷電粒子の運動方程式
静電場中での運動、静磁場中での運動、一様な電磁場中での運動
6. 準定常電磁場と交流理論

【電磁気学Ⅱ　学部3年生・夏学期】

マクスウエルの方程式
静電場の方程式
境界値問題とグリーン関数の方法
極座標と円柱座標における境界値問題

静磁場と定常電流
静磁場の方程式とアンペールの法則
境界値問題

物質中の電場と磁場（誘電体、磁性体）

真空中と物質中の電磁波
電磁波の伝播、電磁波の性質、電磁波のエネルギーと運動量

【電磁気学Ⅲ　学部3年生・冬学期】

電磁波の放射
電磁ポテンシャル
遅延ポテンシャル
多重極放射

荷電粒子の出す電磁波
運動する荷電粒子のつくる電磁場
運動する荷電粒子の出す電磁波
Cerenkov 放射
限られた空間での電磁波の伝播（空洞共振器、導波管）
電磁波としての光、光の回折

解析力学・量子力学Ⅰ，量子力学Ⅱ，Ⅲ

一般：量子力学の数学的構造だけでなく、対象とする自然現象（平面波、調和振動子、水素原子、スピン）について教える機会になっていることを留意する。

【解析力学・量子力学Ⅰ　学部2年生・第4学期】

ラグランジュ方程式
ダランベールの原理
変分原理とラグランジュ方程式
電磁場中の荷電粒子
一般化座標
時間に依存しない一般化座標

一般化運動量
一般化された力
循環座標と保存量
時間に依存する一般化座標
拘束運動
ハミルトンの正準方程式
ハミルトンの正準方程式
電磁場中の荷電粒子
正準変換
座標変換
一般の座標変換と母関数
無限小変換
ポアソンの括弧式
運動の保存量
リウビルの定理
ハミルトン・ヤコビの偏微分方程式
断熱不変量
前期量子論
古典力学の限界
ボーアの対応原理
量子力学の導入
自由粒子（ドブロイ波、シュレーディンガー方程式、確率解釈、
平面波、透過と反射）
一次元系束縛系（束縛系の概念と具体例、ゼロ点振動）
井戸型ポテンシャル（トンネル効果）
調和振動子(微分方程式、代数関係)
ヒルベルト空間の考え方(完全系、行列、ブラケット表示)）
シュレディンガー表示、ハイゼンベルグ表示など基礎概念

【量子力学Ⅱ　学部3年生・夏学期】

ニ次元、三次元の量子力学
角運動量(球面調和関数、代数的関係)
球対称ポテンシャルの量子数
水素原子、スピンを物理的（自然)に説明する。
（量子力学で明らかになる物理的実体として）
3次元調和振動子（簡単に）
LS 結合
摂動(時間によらない+時間による摂動、WKB)
多体問題、密度行列はアドバンスコースの授業の開講を考える。

【量子力学Ⅲ　学部3年生・冬学期】

同種粒子系（2電子系、ボーズ、フェルミ粒子）
多体問題（第二量子化、ハートリーフォック）
散乱問題(ボルン近似、部分波展開、共鳴)
磁場の中の運動

統計力学Ⅰ，Ⅱ，特論

【統計力学Ⅰ　学部3年生・夏学期】

1．熱力学の復習
2．統計力学の原理（等重率の原理）
3．統計力学の手法（カノニカル分布など）
4．統計力学の応用（古典：理想気体、調和振動子）

5. 統計力学の応用(量子:調和振動子、黒体輻射、ボース統計、フェルミ統計、ボース凝縮)

【統計力学Ⅱ　学部3年生・冬学期】

1. フェルミ統計の応用(有限温度)
2. デバイ比熱
3. 相転移:多体系と平均場近似
4. 線形応答

【統計力学特論 (2012 年度開講, 学部4年生)　統計力学Ⅰ(大学院)・夏学期】

1. 相互作用系:転送行列
2. 臨界現象:スケーリング則、繰り込み群の方法の考え方
3. 非平衡系(ランジェバン方程式、マスター方程式など)

下記の科目は大学院の基礎的講義との共通科目および関連講義なので、担当教員は、指定された内容を含めた講義をする。成績評価は、期末試験、複数回の試験・レポート・宿題、あるいはその両方で行う。

固体物理学Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ

2011 年度の 4 年生はこれまで通りの固体物理学Ⅰ(4 年生夏学期)と固体物理学Ⅱ(4 年生冬学期)を履修する。2011 年度の 3 年生冬学期から以降、下記の科目が当てはまる。

3 年生の夏学期で量子力学の基本的な部分と、統計力学においてフェルミ粒子、ボース粒子については解説してある。また 3 年生の冬学期の統計力学Ⅱではデバイ模型について講義することになっているが、4 年生の夏学期の固体物理学Ⅱでも、固体物理学的な観点からもう一度、デバイ模型を解説する。

【固体物理学Ⅰ　学部3年生・冬学期】

周期系の構造と一体問題を解説する。

1. 結晶構造、ブラベー格子、逆格子、Brillouin zone
2. 固体の凝集機構
3. ブロッホの定理、バンド構造(金属、半導体、絶縁体)
4. フェルミ面、tight binding model

【固体物理学Ⅱ(2012 年度開講, 学部4年生)　物性物理学Ⅰ(大学院)・夏学期】

輸送現象といろいろな現象の紹介をする。【実験の教員によるものとする】

1. 格子振動(デバイ模型)
2. フェルミ面の観測
3. 輸送現象(Drude、ホール効果)
4. 電子構造
5. 磁性や超伝導(現象の紹介)

【固体物理学Ⅲ(2012 年度開講, 学部4年生)　物性物理学Ⅱ(大学院)　・冬学期】

多体問題の基礎について解説する。

1. ボルツマン方程式(衝突項)
2. 素励起
3. 遮蔽、プラズマ振動

4. 電子間相互作用(できれば BCS 理論も)

場の量子論Ⅰ, Ⅱ

【場の量子論Ⅰ　学部4年生/大学院・夏学期】

1. 相対論的量子力学:Dirac 方程式、Lorentz 共変性
2. 場の量子論の基礎:正準量子化(スカラー場、Dirac 場、電磁場)

【場の量子論Ⅱ　学部4年生/大学院・冬学期】

1. 相互作用する場の量子論
2. ファインマン則を用いた計算
3. QED(できれば、くりこみの基礎的知識も)

サブアトミック物理学

【サブアトミック物理学　学部4年生/大学院・夏学期】

原子核素粒子研究でエポックメーキングとなった研究や理論発展を概観する。

1. 原子核の大局的性質
2. 原子核の安定性
3. 原子核による電子の散乱
4. 原子核の形状
5. 核子による弾性散乱
6. 深部非弾性散乱
7. クォーク, グルオンと強い相互作用
8. 弱い相互作用の現象論
9. 標準模型
10. 加速器
11. 放射線と物質の相互作用
12. 検出器

素粒子物理学

【素粒子物理学(学部4年生)　素粒子物理学Ⅱ(大学院)　・冬学期】

・対称性(連続・不連続)
・クォーク
・Dirac 方程式とスピン
・ゲージ原理
・検出器の基礎
・ファイマン図
・電磁相互作用(簡単な計算の仕方)
・弱い相互作用と CP のやぶれ

原子核物理学

【原子核物理学(学部4年生)　原子核物理学Ⅱ(大学院)　・冬学期】

1. 原子核の大きさと密度
2. 原子核の質量と遷移
3. フェルミガスと平均ポテンシャル
4. 調和振動子模型と魔法数
5. 殻模型
6. 核力の基礎

7. 原子核に於けるアイソスピン対称性
8. 集団運動
9. 核分裂、核融合、放射線

化学物理学

【化学物理学(学部4年生) 化学物理学Ⅰ(大学院) ・夏学期】

クーロン積分, 交換積分
ハートリー・フォック近似準
原子の多重項
ハイトラー・ロンドン法
分子軌道法
原子・分子スペクトルの基礎
分子間相互作用

電子回路論

【電子回路論　学部4年生/大学院・冬学期】

線形応答系
伝達関数
回路の雑音
回路の安定性
Z 変換
デジタルフィルター

一般相対論

【一般相対論　学部4年生/大学院・夏学期】

検討中

宇宙物理学

【宇宙物理学　学部4年生/大学院・夏学期】

検討中

プラズマ物理学

【プラズマ物理学　学部4年生/大学院・夏学期】

検討中