

解析力学 講義ノート

千葉 剛

注: 解析力学の講義内容をメモ書きしたノート。力学や物理数学1で扱った内容は前提としている。必要に応じて復習すること。各自内容をよく読み途中にある課題を期日までに解き提出すること。

Contents

0. はじめに	4
1. ラグランジアンと変分原理	6
A. ニュートンの運動方程式	6
B. ラグランジアン・オイラーラグランジュ方程式	8
C. 自由度・一般化座標	10
参考文献	10
2. 変分原理	11
A. ラグランジアンの不定性	13
B. 座標変換	14
C. いくつかの例	16
1. ポテンシャル中の粒子の運動	16
2. 単振り子	17
3. 2点を結ぶ最短曲線	18
4. ひもで囲まれる面積最大の図形	19
参考文献	20
3. 対称性と保存則	21
A. 時間の一様性とエネルギー	21
B. 空間の一様性と運動量	22

1. 一般化運動量	23
C. 空間の等方性と角運動量	24
D. ネーターの定理	27
参考文献	28
4. ハミルトン型式	29
A. 循環座標・時間微分	31
B. いくつかの例	32
1. 1次元調和振動子	32
2. 荷電粒子の電磁相互作用	34
参考文献	36
5. 正準変換	37
A. 変分原理とハミルトンの方程式	37
B. 正準変換	40
1. 定数倍変換	40
2. q, p 交換	41
C. 正準変換の母関数	41
1. $W_1(q, Q, t)$	42
2. $W_2(q, P, t)$	42
3. $W_3(p, Q, t)$	43
4. $W_4(p, P, t)$	43
5. 母関数の例：定数倍変換	44
6. 母関数の例： q, p 変換	44
7. 母関数の例：ポアンカレ変換	45
D. 無限小変換の母関数	47
1. 時間推進	48
2. 空間推進	48
3. 空間回転	49
参考文献	49
6. ポアソン括弧	51
A. ポアソン括弧	51

1. 基本ポアソン括弧	52
2. ヤコビ恒等式	53
3. ポアソン括弧の時間微分	55
B. ポアソン括弧と正準変換	56
1. ラグランジュ括弧	57
C. リュービルの定理	59
参考文献	60
7. ハミルトン-ヤコビ方程式	61
A. ハミルトン-ヤコビ方程式	61
B. ハミルトニアンが時間によらないとき	63
1. 自由粒子の運動	64
2. 調和振動子	65
3. 中心力ポテンシャル中の質点の運動	67
C. ブランコの物理学	70
1. ひもの長さがゆっくり変わる振り子	72
D. 断熱不変量	74
E. 断熱不変量と前期量子論	77
1. Bohr の対応原理	77
2. 断熱仮説と量子条件	78
3. 水素原子の定常状態	79
参考文献	81
8. 場の理論と場の解析力学	82
A. 連続無限大自由度の力学系：連成振動子	82
B. 変分原理	83
C. 電磁場の理論	84
1. 相対論的自由粒子	84
2. 4元ベクトルポテンシャル	85
3. 荷電粒子	88
4. 運動方程式	89
5. 電磁場の作用積分	90
参考文献	92