### 序文

これらの演習問題はすべて、かつてカルテクで必修科目だった 2 年間の物理学入門コースにおいて、学生たちに宿題や試験問題として使われていました。その期間は、ファインマン自身が講義をおこなった頃(1961-64)、そして『ファインマン物理学』が教科書として使われたおよそ 20 年です。この問題集は多くの方々の努力によって生まれました。その方々に対しては、本書中の各巻の扉で謝辞が与えられています。なおここで、私たちは下記の方々にも謝辞を述べたいと思います。

カリフォルニア工科大学の物理,数学,天文学部門に対しては,この本を作ること,そして,『ファインマン物理学 新ミレニアム版』にそれを含めることを許可していただいたことに感謝します.

R. ヴォクト氏に対しては、カルテクでの長年にわたる物理学の入門 講義をされる際に作成された講義ノートを活用させていただいたことに 感謝します.

E. コーワン氏に対しては、第 II 巻と第 III 巻の演習問題の解答のコピーを使わせていただいたことに感謝します。

A. ツィンマーマン氏に対しては、カルテクの本に新たに加えられた 教材を吟味してくださったことに感謝します.

A. コックラン氏に対しては、出版にあたって Basic Books 社と手際よく交渉してくださったことに感謝します.

2013年12月

マイケル・A. ゴットリーブ, ルドルフ・プファイファー 『ファインマン物理学 新ミレニアム版』編者一同

# 目次

_	_	
15	7	$\tau$
	כו	v

### I

第1章	動くアトム	2
第 2 章	エネルギーの保存	5
第 3 章	万有引力の理論	12
第 4 章	運動	16
第 5 章	ニュートンの力学法則	21
第 6 章	運動量の保存	25
第7章	ベクトル	29
第 8 章	非相対論的な2体衝突問題	33
第 9 章	力の性質	40
第 10 章	ポテンシャルと場	45
第 11 章	単位と次元	51
第 12 章	特殊相対性理論	54
第 13 章	相対論的エネルギーと運動量	56
第 14 章	2次元の回転――質量中心	59
第 15 章	角運動量――慣性モーメント	63
第16章	3次元空間における回転	68
第17章	調和振動子と線形微分方程式	76
第 18 章	代 数	83
第 19 章	減衰のある強制振動	86
第 20 章	幾何光学	95
第 21 章	電磁放射——干涉	99
第 22 章	電磁放射——回折	102
第 23 章	電磁放射——屈折,分散,吸収	106
第 24 章	電磁放射——放射減衰,散乱	107

第 25 章	電磁放射——偏光	109
第 26 章	電磁放射——相対論的効果	112
第 27 章	量子の振る舞い――波, 粒子, 光子	115
第 28 章	気体分子運動論	119
第 29 章	統計力学の原理	122
第 30 章	運動論の応用――等分配則	126
第 31 章	運動論の応用――輸送現象	128
第 32 章	熱力学	131
第 33 章	熱力学の説明	135
第 34 章	波動方程式, 音	139
第 35 章	線形な系――うなり. モード	142
第 36 章	波のフーリエ解析	146
付録 A	単位と次元	1
付録 B	物理定数と(丸め)値	3
解答		7
標準的	な問題を解くためのヒントと略解(河辺哲次)	21
訳者あ	とがき	43

#### (凡例)

- ・原書は 1 冊だが,日本語版は 2 分冊とした.『問題集 1』は日本語版『ファインマン物理学』の I,II 巻に対応し,『問題集 2』は III ~V 巻に対応する.
- ・本文の章番号および章タイトルは原書に従った. ただし、各章の冒頭に、日本語版『ファインマン物理学』との対応を明記した.
- 質量の単位 lb (ポンド) や長さの単位 in (インチ), ft (フィート), mi (マイル) などの読み・換算は「付録 A」を参照.

#### 問題集 2 の目次

### II

第 37 章	電磁気学	150
第 38 章	ベクトル場の微分法	152
第 39 章	ベクトル場の積分法	155
第 40 章	静電気	156
第 41 章	ガウスの法則の応用	157
第 42 章	さまざまな状況での電場	160
第 43 章	さまざまな状況での電場(続き)	164
第 44 章	静電エネルギー	165
第 45 章	誘電体	167
第 46 章	誘電体の内部	169
第 47 章	静電アナログ	171
第 48 章	静磁場	173
第 49 章	さまざまな条件下での磁場	175
第 50 章	ベクトルポテンシャル	178
第 51 章	電磁誘導の法則	179
第 52 章	自由空間でのマクスウェル方程式の解	182
第 53 章	電流と電荷のある場合の マクスウェル方程式の解	183
第 54 章	AC 回路	186
第 55 章	空洞共振器	192
第 56 章	導波管	193
第 57 章	電磁気学の相対論的記述	197
第 58 章	場のローレンツ変換	198
第 59 章	場のエネルギーと場の運動量	200
第 60 章	電磁的な質量	203
第 61 章	電磁場内での電荷の運動	204
第 62 章	密な物質の屈折率	206
第 63 章	表面反射	207
第 64 章	物質の磁性	208
第 65 章	常磁性と磁気共鳴	209
第 66 章	磁性体	210
第 67 章	弾性体	212
第 68 章	粘性のない流れ	214
第 69 章	粘性のある流れ	215
	III	
第 70 章	確率振幅	218
第 71 章	同種粒子	222
第 72 章	スピン1	227
第 73 章	スピン $\frac{1}{2}$	229
第 74 章	振幅の時間依存性	233
第 75 章	ハミルトニアン行列	234
第 76 章	アンモニア・メーザー	236
	他の2状態系	237
	さらに 2 状態系について	238
	水素原子の超微細構造	240

	第 80 章	結晶格子内における伝播	241
	第 81 章	半導体	243
	第 82 章	独立粒子近似	245
	第 83 章	振幅の位置依存性	247
	第 84 章	角運動量	250
	第 85 章	水素原子と周期表	252
	付録 A	単位と次元	1
	付録 B	物理定数と(丸め)値	3
	解答		7
標準的な問題を解くためのヒントと略解(河辺哲次)		31	
	訳者ある	とがき	43

## 第5章 ニュートンの力学法則

『ファインマン物理学』第 I 巻(力学)の第 9 章を参照してください.

問題 5.1-5.13 は解析的な方法で解きなさい. 問題 5.14-5.17 は数値的な方法で解きなさい.

問題 5.1 図 5.1 のように、水平な台上にひもで繋がれた 2 個のブロック(質量  $m_1=1$  kg、 $m_2=2$  kg)があり、さらに  $m_2$  は滑車を介して別のブロック(質量  $m_3=2$  kg)に取り付けられたひもで引っ張られている。ただし、滑車とひもの質量、摩擦などは無視する。

- (a) 3個のブロックにはたらく力をそれぞれ示した自由物体図を描きなさい
- (b) ブロックの加速度 a を求めなさい.
- (c) ひもの張力  $T_1$  と  $T_2$  を求めなさい.

**問題 5.2** 加速度 0.1g で下降しているエレベーターから吊したひもに、質量 m (kg) の物体が結ばれている.ひもの張力 T をニュートン単位で求めなさい.

問題  $\mathbf{5.3}$  図  $\mathbf{5.2}$  に示すように、2 つの物体(質量は同じ m=1 kg)が丈夫な ひも(長さ L=2 m)に結ばれて、共通の中心 C の周りを一定の速さ V=5 m s $^{-1}$  で円運動している。円運動している空間の重力加速度 g はゼロであるとして、ひもに掛かっている張力 T をニュートン単位で求めなさい。

問題  $\mathbf{5.4}$  図  $\mathbf{5.3}$  のように、 $M_1$  と  $M_2$  が台車 M に対して相対的に動かないように、水平に一定の力 F を加えたい。この F を求めなさい。ただし、摩擦は無視する。

問題 5.5 図 5.4 のように、水平に一定の力 F を M に加えて、 $m_1$  が  $m_2$  に対して相対的に動かないようにしたい。 $m_1=5$  km、 $m_2=4$  km、M=21 km として F を求めなさい。ただし、摩擦は無視する。

問題 5.6 図 5.5 のような斜面 $(\theta=30^\circ)$ を  $M_1$ (質量 400 g)が摩擦を受けずに滑っている。このとき, $M_2$ (質量 200 g)の加速度  $\boldsymbol{a}$  と, $M_2$  のひもには

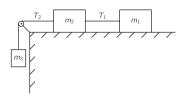


図 5.1 (問題 5.1 の図)

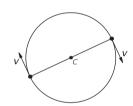


図 5.2 (問題 5.3 の図)

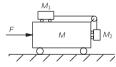


図 5.3 (問題 5.4 の図)

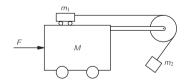


図 5.4 (問題 5.5 の図)

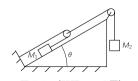


図 5.5 (問題 5.6 の図)