

目次

CONTENTS

第1章 质点运动学	1
I 基本内容	1
1.1 参考系和坐标系	1
1.2 直角坐标系	1
1.3 柱坐标系	2
1.4 球坐标系	3
1.5 自然坐标系	4
1.6 曲率半径	5
1.7 包络线	6
II 范例的解析和图示	7
{范例 1-1}斜抛物体的运动轨道和运动范围(曲线动画)	7
{范例 1-2}质点沿抛物线匀速运动的规律	9
{范例 1-3}斜抛轨道的曲率圆(图形动画)	13
{范例 1-4}椭圆规尺的运动轨道和运动范围	15
{范例 1-5}圆盘沿直线匀速滚动时动点的运动规律	17
{范例 1-6}圆盘沿圆环匀速滚动时动点的运动规律(图形动画)	20
{范例 1-7}圆盘沿抛物线和余弦线运动时动点的轨道(图形动画)	22
{范例 1-8}方轮的滚动和链轨方程(图形动画)	26
{范例 1-9}曲柄连杆活塞的运动规律(图形动画)	28
{范例 1-10}曲柄摇杆的运动规律	31
{范例 1-11}四连杆机构的运动规律(图形动画)	33
{范例 1-12}刨床部件的运动规律(图形动画)	36
III 练习题	40
第2章 牛顿运动定律	43
I 基本内容	43
2.1 牛顿运动定律	43
2.2 牛顿第二定律的分量形式	43

2.3	动量定理和动量守恒定律	43
2.4	角动量定理和角动量守恒定律	44
2.5	功和动能定理	45
2.6	保守力、势能和机械能守恒定律	46
2.7	质点在势阱中运动的周期	46
2.8	惯性坐标系和质心坐标系	47
2.9	质心运动定理	48
2.10	变质量系统的运动方程	49
II	范例的解析和图示	50
	{范例 2-1}质点在重力作用下沿圆柱螺旋线的运动规律(曲线动画)	50
	{范例 2-2}大高度自由落体的运动规律	53
	{范例 2-3}物体沿 $1/4$ 圆弧运动的规律	56
	{范例 2-4}斜抛物体在速度 1 次律阻尼介质中的运动规律	60
	{范例 2-5}斜抛物体在速度 2 次律阻尼介质中的运动规律	64
	{范例 2-6}等时摆的运动规律(曲线动画)	68
	{范例 2-7}椭圆函数和单摆的运动规律	70
	{范例 2-8}质点在准弹力作用下的运动规律	74
	{范例 2-9}质点在 n 次势场中运动的规律	78
	{范例 2-10}质点在平方反比斥力和一次方反比引力势场中的运动规律	80
	{范例 2-11}质点在势阱中的运动规律	82
	{范例 2-12}雨滴在饱和大气中下落的速度和高度	85
III	练习题	89
第 3 章	有心力	92
I	基本内容	92
	3.1 有心力的特点	92
	3.2 有心力的运动方程	92
	3.3 有心力场的能量和有效势能	93
	3.4 质点在有心力场中的运动规律	94
	3.5 有心力场中圆形轨道的稳定性	95
	3.6 二体问题	96
	3.7 散射	97
II	范例的解析和图示	98
	{范例 3-1}飞船在万有引力作用下的运动轨道与能量和角动量的关系	98
	{范例 3-2}远程物体的最大射高和射程以及安全线	101
	{范例 3-3}通信卫星的变轨(曲线动画)	107
	{范例 3-4}木星对飞船的引力加速作用(图形动画)	110
	{范例 3-5}微扰对万有引力作用下轨道的影响和水星的进动(曲线动画)	111
	{范例 3-6}弹簧振子平面运动的轨道(曲线动画)	118

{范例 3-7}质点在立方正比的引力势场中的运动规律	122
{范例 3-8}质点在立方反比的引力势场中的运动规律	125
{范例 3-9}质点在 n 次有心引力作用下的运动规律(曲线动画)	128
{范例 3-10}电子在屏蔽库仑势场中的运动规律(曲线动画)	134
{范例 3-11}带电粒子在库仑斥力场中的散射(曲线动画)	140
{范例 3-12}地球引潮力的分布规律	143
III 练习题	148
第 4 章 虚功原理和变分法	150
I 基本内容	150
4.1 约束的分类和自由度	150
4.2 虚功原理	151
4.3 广义力	151
4.4 达朗贝尔原理	152
4.5 平衡的稳定性	152
4.6 变分法	153
II 范例的解析和图示	154
{范例 4-1}滑轮组平衡的拉力	154
{范例 4-2}碗中细杆的平衡角度和稳定性	156
{范例 4-3}在槽中的圆柱体和光滑钢丝上的质点平衡的稳定性	157
{范例 4-4}弹簧圈套在半球上的平衡角度和稳定性	161
{范例 4-5}抵墙靠角和抵墙靠圆细杆的平衡角度和稳定性	162
{范例 4-6}铰链四杆和三杆系统的平衡角度和稳定性	167
{范例 4-7}夹杆平衡的稳定性	170
{范例 4-8}双弹簧单振子纵向振动和长方体在半圆柱上摆动的稳定性	171
{范例 4-9}球面上两点的最短路径	174
{范例 4-10}最速降线方程和质点下降的时间	176
{范例 4-11}费马原理与光的反射和折射定律	179
{范例 4-12}悬链线的方程和旋转曲面最小面积的母线方程	182
III 练习题	184
第 5 章 分析力学方程	187
I 基本内容	187
5.1 拉格朗日函数和第二类拉格朗日方程	187
5.2 第一类拉格朗日方程	189
5.3 哈密顿函数和哈密顿正则方程	189
5.4 哈密顿原理	191
5.5 线性振动和简正坐标	192
II 范例的解析和图示	195

{范例 5-1} 锥面摆的运动规律和压力的变化规律(曲线动画)	195
{范例 5-2} 球面摆的运动规律(图形动画)	200
{范例 5-3} 有耦合的平面弹簧振子的运动规律(曲线动画)	206
{范例 5-4} 弹簧双振子自由振动的规律	209
{范例 5-5} 双弹簧三振子自由振动的规律(图形动画)	211
{范例 5-6} 串联弹簧振子的振动规律和本征圆频率(图形动画)	215
{范例 5-7} 圆环弹簧振子的本征圆频率和振动规律(图形动画)	222
{范例 5-8} 椭圆摆的振动规律(图形动画)	229
{范例 5-9} 弹簧振子-单摆系统的振动规律	232
{范例 5-10} 轻杆双摆(混沌摆)的运动规律(图形动画)	236
{范例 5-11} 悬点不固定的轻杆双摆的运动规律	240
{范例 5-12} 弹簧耦合双摆的运动规律(图形动画)	244
III 练习题	248
第 6 章 相对运动	251
I 基本内容	251
6.1 位 矢	251
6.2 速 度	251
6.3 加速度	252
6.4 力	253
II 范例的解析和图示	254
{范例 6-1} 在地球上观察行星的运动轨迹(图形动画)	254
{范例 6-2} 旋转管中弹簧振子的运动规律	256
{范例 6-3} 质点在旋转圆锥槽中下滑的规律	258
{范例 6-4} 正弦滑动单摆微振动的规律	260
{范例 6-5} 正交四弹簧振子在转盘上运动的轨道(曲线动画)	262
{范例 6-6} 水平旋转圆环摆的运动规律(图形动画)	267
{范例 6-7} 单摆在车厢中的运动规律	271
{范例 6-8} 竖直旋转圆环摆相对平衡的稳定性和运动规律(图形动画)	272
{范例 6-9} 重力加速度随纬度的分布规律	277
{范例 6-10} 自由落体的偏东运动	278
{范例 6-11} 傅科摆的运动规律(曲线动画)	280
{范例 6-12} 海面在自转地球中的形状	282
III 练习题	284
第 7 章 刚体的平面转动	286
I 基本内容	286
7.1 刚体和自由度	286
7.2 刚体的运动类型	286

7.3	刚体的自由运动方程	286
7.4	空间力系的简化和刚体的平衡	286
7.5	刚体的定轴转动	287
7.6	刚体的平面运动	288
7.7	复摆振动的周期	289
II	范例的解析和图示	290
	{范例 7-1}套环细杆和双等臂四连杆的空间极迹和本体极迹(图形动画)	290
	{范例 7-2}圆形刚体沿三角斜面滚下的加速度	293
	{范例 7-3}圆形刚体滚上台阶的速度范围	297
	{范例 7-4}圆形刚体从固定圆柱面上滑下的角度	300
	{范例 7-5}细杆沿光滑墙面和地面滑倒的质心运动的规律	304
	{范例 7-6}扇形复摆的运动规律(图形动画)	307
	{范例 7-7}半圆柱面(体)在水平面上摇动的规律(图形动画)	309
	{范例 7-8}圆弧滚摆的运动规律(图形动画)	312
	{范例 7-9}活动圆槽-圆形刚体系统的运动规律	315
	{范例 7-10}弹簧圆槽-圆形刚体系统的运动规律	317
	{范例 7-11}弹簧振子-细杆系统的运动规律	320
	{范例 7-12}日光灯管单线悬吊时的摆动(图形动画)	323
III	练习题	327
第 8 章	刚体的定点转动	332
I	基本内容	332
	8.1 定点转动的角速度矢量	332
	8.2 欧拉角和角速度	333
	8.3 卡尔丹角和角速度	334
	8.4 刚体的角动量和惯量张量	335
	8.5 惯量椭球和主惯量	338
	8.6 刚体定点转动的动能	339
	8.7 欧拉动力学方程	340
	8.8 无力矩刚体的定点转动	341
	8.9 有心力的主矢和主矩	344
	8.10 有心力的能量	346
II	范例的解析和图示	348
	{范例 8-1}欧拉角和卡尔丹角的形成(图形动画)	348
	{范例 8-2}匀质长方体的惯量椭球	352
	{范例 8-3}无力矩匀质矩形薄板的本体极迹和运动的稳定性	354
	{范例 8-4}无力矩匀质矩形薄板自由转动的角速度	356
	{范例 8-5}无力矩匀质椭圆薄板和矩形薄板自由转动的空间极迹(图形动画)	362
	{范例 8-6}无力矩轴对称刚体的本体锥面和空间锥面(图形动画)	368

{范例 8-7}轴对称刚体定点转动的有效势能	371
{范例 8-8}钉子形陀螺的运动规律(图形动画)	378
{范例 8-9}圆圈在平面上无滑滚动的规律(图形动画)	385
{范例 8-10}直杆和矩形薄板在万有引力场中的主矢和主矩以及重心位置	390
{范例 8-11}薄板在万有引力场中运动的规律和稳定性(图形动画)	393
{范例 8-12}椭球体在万有引力场中运动的规律	395
III 练习题	398