

大学物理辅导

(第2版)

吕金钟 主编

清华大学出版社

大学物理辅导

(第2版)

吕金钟 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是与张三慧先生编著的《大学物理学》第3版教材相对应的辅导教材。共分10章,每章分思考题解答、例题、几个问题说明和测验题四个部分。

本书对张三慧先生编著的《大学物理学》第3版教材(清华大学出版社出版)的思考题作了全面的解答(包括基于相对论的电磁学,并且原来第2版的个别思考题还作了保留)。每章节相应配备了一定数量的配合课堂教学和加深学生对物理基本概念及基本定律理解和掌握的例题,对教学中感到需强调的、学生感兴趣经常问及的某些问题进行了说明。每章配备的测验题包括概念性强的选择题、与教学紧密配合的填空题和计算题三种类型。要说明的是,有的测验题是从历届《工科物理竞赛题解汇编》(清华大学物理系《工科物理》编辑部)摘录的,对学生开阔视野是有益的。

本书适合作为各类高等院校学习“大学物理”课程(不管选用何种教材)学生的自学辅导书,也可以作为从事物理教学工作者的物理习题讨论课参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理辅导/吕金钟主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-302-20367-4

I. 大… II. 吕… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 099093 号

责任编辑:朱红莲 赵从棉

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25.5 字 数:619千字

版 次:2009年8月第2版 印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:030454-01

再版前言

FOREWORD

为配合大学物理课堂教学,以帮助同学自学和课外辅导与答疑,给教员的物理教学提供一些参考以及配合物理竞赛,我们编写了《大学物理辅导》一书。经过几年的使用,同学和同行都给予了比较好的评价,并且给出了一些很好的建议。此次再版是在原来的基础上,进行了重新整理和编写。

此次的再版工作由吕金钟、邱红梅、刘柏松在原来的基础上协力完成。吕金钟执笔了张三慧先生主编的教材《大学物理学(第3版)》(包括“基于相对论的电磁学”)的全部思考题的参考解答,并对全书的几个问题说明部分进行了整理,刘柏松修订和编写了全书的例题,邱红梅整理和编写了全书的测验题。编者力求加强本书对初学者的自学适用性和开拓性,力求加强本书在课外辅导与答疑方面的教学辅助作用。

在本书的再版编写过程中,张三慧先生和清华大学出版社给予了热情的支持和指导,在此表示衷心的感谢。同时要感谢北京科技大学教务处、工科物理教学基地和大学物理课程组全体老师的热心帮助,感谢丁红胜、尹红、刘红老师为此书尽过的力,感谢清华大学物理系邓新元等老师给过的支持和帮助。特别说明的是,本书的编写和再版过程中参考了若干现有的教材,参考了《大学物理》、《物理与工程》、《现代物理知识》等杂志,在许多方面得到了启发与教益,难以一一指明,在此一并表示感谢!

由于编者水平所限,书中一定会存在不妥甚至错误之处,恳请读者批评、指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

CONTENTS

第 1 篇 力 学

第 1 章 质点运动学 运动与力 动量与角动量 功和能	3
1.1 思考题解答	3
1.1.1 质点运动学	3
1.1.2 运动与力	7
1.1.3 动量与角动量	15
1.1.4 功和能	19
1.2 例题	30
1.2.1 质点运动学	30
1.2.2 运动与力	32
1.2.3 动量与角动量	36
1.2.4 功和能	38
1.3 几个问题的说明	40
1.3.1 两个惯性系间的位置矢量、位移、速度、加速度关系	40
1.3.2 惯性系和平动加速非惯性系间的位置矢量、位移、速度、加速度关系	42
1.3.3 惯性系和平面匀角速度转动参考系(非惯性系)中的速度和加速度	42
1.3.4 引力场和引力场强矢量	46
1.4 测验题	48
1.4.1 选择题	48
1.4.2 填空题	50
1.4.3 计算题	52
参考答案	54
第 2 章 刚体的定轴转动	55
2.1 思考题解答	55
2.2 例题	61

2.3 几个问题的说明	69
2.3.1 刚体的平面平行运动	69
2.3.2 对称陀螺纯进动中的恢复力矩	70
2.3.3 牛顿力学的物理框架	71
2.4 测验题	73
2.4.1 选择题	73
2.4.2 填空题	75
2.4.3 计算题	76
参考答案	78
第3章 狭义相对论基础	79
3.1 思考题解答	79
3.2 例题	85
3.3 几个问题的说明	92
3.3.1 钟慢效应相互性的阐明	92
3.3.2 尺缩效应相互性的阐明	95
3.4 测验题	99
3.4.1 选择题	99
3.4.2 填空题	100
3.4.3 计算题	102
参考答案	102

第2篇 电 磁 学

第4章 静电场 电势 静电场中的导体与电介质 恒定电流	105
4.1 思考题解答	105
4.1.1 静电场	105
4.1.2 电势	107
4.1.3 静电场中的导体	110
4.1.4 静电场中的电介质	113
4.1.5 恒定电流	119
4.2 例题	122
4.2.1 真空中的静电场	122
4.2.2 静电场中的导体	128
4.2.3 静电场中的电介质	130
4.3 几个问题的说明	132
4.3.1 均匀带电导体球球面上的电场强度	132
4.3.2 电势零点的选取	135
4.3.3 电容器的能量转化问题	137
4.3.4 静电场与恒定电场的异同	139

4.4 测验题	139
4.4.1 选择题	139
4.4.2 填空题	143
4.4.3 计算题	147
参考答案	148
第5章 磁场和它的源 磁力 磁场中的磁介质	150
5.1 思考题解答	150
5.1.1 磁场和它的源	150
5.1.2 磁力	154
5.1.3 磁场中的磁介质	158
5.2 例题	163
5.2.1 磁场的源	163
5.2.2 磁力	166
5.2.3 磁场中的磁介质	169
5.3 几个问题的说明	171
5.3.1 安培力和洛伦兹力是否做功的问题	171
5.3.2 洛伦兹力公式中的速度是相对观测者的速度	172
5.3.3 均匀圆柱面上面电流所在处的磁感应强度	172
5.4 测验题	173
5.4.1 选择题	173
5.4.2 填空题	176
5.4.3 计算题	179
参考答案	180
第6章 电磁感应 麦克斯韦方程组和电磁辐射	182
6.1 思考题解答	182
6.1.1 电磁感应	182
6.1.2 麦克斯韦方程组和电磁辐射	185
6.2 例题	187
6.3 几个问题的说明	192
6.3.1 导体回路中的动生、感生电动势	192
6.3.2 涡旋电场和静电场	193
6.3.3 电磁场的物质性与电磁波	194
6.3.4 似稳条件下位移电流的磁场问题	195
6.4 测验题	199
6.4.1 选择题	199
6.4.2 填空题	201
6.4.3 计算题	202
参考答案	203
基于相对论的电磁学的思考题解答	204

第3篇 热 学

第7章 温度和气体动理论 热力学第一定律 热力学第二定律·····	219
7.1 思考题解答·····	219
7.1.1 温度和气体动理论·····	219
7.1.2 热力学第一定律·····	225
7.1.3 热力学第二定律·····	228
7.2 例题·····	233
7.2.1 气体动理论·····	233
7.2.2 热力学第一定律·····	238
7.2.3 热力学第二定律·····	242
7.3 几个问题的说明·····	245
7.3.1 自由度和能量均分定理·····	245
7.3.2 热力学第一定律——热力学过程中的能量转化关系·····	247
7.3.3 熵的认识·····	248
7.4 测验题·····	251
7.4.1 选择题·····	251
7.4.2 填空题·····	255
7.4.3 计算题·····	257
参考答案·····	258

第4篇 光 学

第8章 振动 波动·····	263
8.1 思考题解答·····	263
8.1.1 振动·····	263
8.1.2 波动·····	267
8.2 例题·····	278
8.2.1 振动·····	278
8.2.2 波动·····	283
8.3 几个问题的说明·····	286
8.3.1 弹簧质量对弹簧振子振动周期的影响·····	286
8.3.2 单摆作谐振动时的最大摆角·····	287
8.3.3 关于机械波的半波损失·····	289
8.4 测验题·····	290
8.4.1 选择题·····	290
8.4.2 填空题·····	292
8.4.3 计算题·····	294
参考答案·····	295

第 9 章 光的干涉 光的衍射 光的偏振 几何光学	296
9.1 思考题解答	296
9.1.1 光的干涉	296
9.1.2 光的衍射	302
9.1.3 光的偏振	305
9.1.4 几何光学	312
9.2 例题	319
9.2.1 光的干涉	319
9.2.2 光的衍射	320
9.2.3 光的偏振	323
9.3 几个问题的说明	326
9.3.1 关于“杨氏干涉”	326
9.3.2 关于分振幅的“薄膜干涉”	327
9.3.3 光的相干性问题的讨论	328
9.4 测验题	330
9.4.1 选择题	330
9.4.2 填空题	332
9.4.3 计算题	333
参考答案	334

第 5 篇 量子物理

第 10 章 波粒二象性 薛定谔方程 原子中与固体中的电子 核物理	337
10.1 思考题解答	337
10.1.1 波粒二象性	337
10.1.2 薛定谔方程	341
10.1.3 原子中的电子	343
10.1.4 固体中的电子	348
10.1.5 核物理	354
10.2 例题	357
10.2.1 波粒二象性	357
10.2.2 薛定谔方程	363
10.2.3 原子中的电子	368
10.2.4 固体中的电子	373
10.2.5 核物理	376
10.3 几个问题的说明	378
10.3.1 和德布罗意波对应的相速度和群速度	378
10.3.2 利用概率密度求力学量的平均值(以 $\bar{x}$ 为例)	379
10.3.3 本征波函数的正交性与完全性	379

10.3.4	玻尔的氢原子理论	381
10.3.5	量子物理中的驻波方法和估算方法	384
10.4	测验题	385
10.4.1	波粒二象性	385
10.4.2	薛定谔方程	388
10.4.3	原子中的电子	389
10.4.4	固体中的电子	392
10.4.5	核物理	394
	参考答案	396
	参考文献	398

第

1

篇

力学

质点运动学 运动与力

动量与角动量 功和能

1.1 思考题解答

1.1.1 质点运动学

1. 做平抛实验时小球的运动用什么参考系？湖面上游船运动用什么参考系？人造地球卫星的椭圆轨道运动以及土星的椭圆轨道运动又各用什么参考系？

答 参考系通常以观察物体运动时所用参考物而命名，在实验室观测小球的平抛实验时所用尺子和时钟是固定于实验室的，此时的参考系称为实验室参考系；如果是在室外做小球的平抛实验，一般选用地面为参考系，此时所选用的参考系称为地面参考系。观测湖面上游船运动，一般选用地面为参考系，所以所用参考系为地面参考系。人造地球卫星的椭圆轨道运动指的是卫星相对地心的运动，所以它所选用的是地心参考系。土星的椭圆轨道运动是相对太阳而言，所以它所选用的是太阳参考系。

2. 回答下列问题：

- (1) 位移和路程有何区别？
- (2) 速度和速率有何区别？
- (3) 瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么？

答 (1) 如图 1.1 所示，路程是标量，位移是矢量。路程是物体运动经历的实际路径；而位移是物体初末位置矢量之差， $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ ，表示物体位置的改变，一般并不是物体所经历的实际路径。

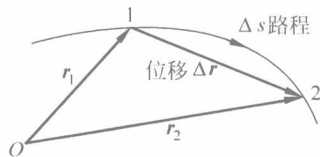


图 1.1

(2) 速度是矢量，速率是标量。速度是位置矢量对时间的变化率， $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ ；速率是速度大小，是路程对时间的变化率， $v = |\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{|d\mathbf{r}|}{dt} = \frac{ds}{dt}$ 。

(3) 瞬时速度是瞬时量，是物体运动某一时刻 t 的位矢变化率， $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ ，其方向是沿质点运动轨道的切线而指向运动的前方。而平均速度反映的是物体运动所经历的某一时段 Δt

的位移和 Δt 的比, $\boldsymbol{v} = \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}$, 其方向是 Δt 时间内位移的方向。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 平均速度就成为

瞬时速度, $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = \boldsymbol{v}$ 。

3. 回答下列问题并举出符合你的答案的实例:

- (1) 物体能否有一不变的速率而仍有一变化的速度?
- (2) 速度为零的时刻, 加速度是否一定为零? 加速度为零的时刻, 速度是否一定为零?
- (3) 物体的加速度不断减小, 而速度却不断增大, 这可能吗?
- (4) 当物体具有大小、方向不变的加速度时, 物体的速度方向能否改变?

答 (1) 有。速度是矢量, 既有大小, 又有方向, 两者中有一个变化, 速度就变化。例如作匀速圆周运动的物体, 它的速度时刻在变化, 但其速率不变。

(2) 速度为零的时刻, 加速度不一定为零; 加速度为零的时刻, 速度也不一定为零。因为加速度是速度对时间的变化率, 速度为零的时刻其变化率不一定为零, 速度不为零时不能保证其变化率不为零。例如水平弹簧振子, 相对平衡位置有最大位移时其速度为零, 而加速度不为零; 平衡位置时速度最大而其加速度为零。

(3) 可能。例如加速直线运动, 物体的加速度可以不断减小, 只要与速度的方向一致, 物体仍然作加速运动, 速度仍不断增大。

(4) 能改变。如空气阻力很小时的斜抛运动, 重力加速度恒定不变, 但物体的速度方向却一直在改变。

4. 圆周运动中质点的加速度方向是否一定与速度的方向垂直? 如不一定, 此加速度的方向在什么情况下偏向运动的前方?

答 圆周运动中质点的加速度方向不一定与速度的方向垂直。当圆周运动中质点的速率增加时, 加速度的方向偏向运动的前方。 $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_t + \boldsymbol{a}_n$, 只要 $\boldsymbol{a}_t$ 不为零, 加速度方向就与速度的方向不垂直, 且只要 $\boldsymbol{a}_t$ 的方向与速度的方向一致(速率增加), 加速度的方向就偏向运动的前方。

5. 任意平面曲线运动的加速度方向总指向曲线凹进的那一侧, 为什么?

答 物体作平面曲线运动时, 在曲线凹进那一侧曲线上的每点总有一个曲率圆。切向加速度表示质点速率的变化, 其方向总沿通过此点曲率圆的切线方向; 法向加速度表示速度方向的变化, 它的方向是指向处于曲线凹进那一侧的曲率中心。所以二者合成的加速度的方向当然总指向曲线凹进那一侧。

6. 质点沿圆周运动, 且速率随时间均匀增大, 问 a_n 、 a_t 、 a 三者的大小是否都随时间改变? 总加速度 a 与速度 $\boldsymbol{v}$ 之间的夹角如何随时间改变?

答 速率随时间均匀增大, 可设 $v = kt$ (k 为正常数)。因 $a_t = dv/dt = k$, 所以其大小不随时间改变; 由于 $a_n = \frac{v^2}{R}$ (R 是质点作圆周运动的半径), 所以 $a_n = \frac{k^2}{R} t^2$ 是时间的函数, 且随

时间增大而增大。而总加速度的大小 $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = \sqrt{\frac{k^4}{R^2} t^4 + k^2}$ 同样是时间的函数, 也随时间增加而越来越大。由于 $\boldsymbol{a}_t$ 与 $\boldsymbol{v}$ 的方向一致, 总加速度 $\boldsymbol{a}$ 与速度 $\boldsymbol{v}$ 之间的夹角就是总加速度 $\boldsymbol{a}$ 与其分量 $\boldsymbol{a}_t$ 之间的夹角。质点的速率增加时, 加速度的方向偏向运动的前方, 其与速度 $\boldsymbol{v}$ 之间的夹角为

$$\theta = \arctan \frac{a_n}{a_t} = \arctan \frac{kt^2}{R}$$

θ 将随时间增加而越来越大。法向加速度 a_n 随时间增大而切向加速度 a_t 不随时间变化, 总加速度 a 与速度 v 之间的夹角必然随时间增加而越来越大。

7. 根据开普勒第一定律, 行星轨道为椭圆。已知任一时刻行星的加速度方向都指向椭圆的一个焦点(太阳所在处)。分析行星在通过图 1.2(a) 中 M 、 N 两位置时, 它的速率分别应正在增大还是正在减小。

答 总加速度 a 的方向始终指向焦点, 而它沿轨道切线方向的切向加速度分量 a_t 的方向与速度 v 方向可能同向也可能反向, 同向时行星速率增大, 反向时行星速率减少。在图 1.2(b) 中 M 点, 因为切向加速度方向与速度方向相反, M 点的速率正在减少; 在 N 点, 切向加速度方向与速度方向相同, 所以 N 点的速率正在增加, 如图 1.2(c) 所示。

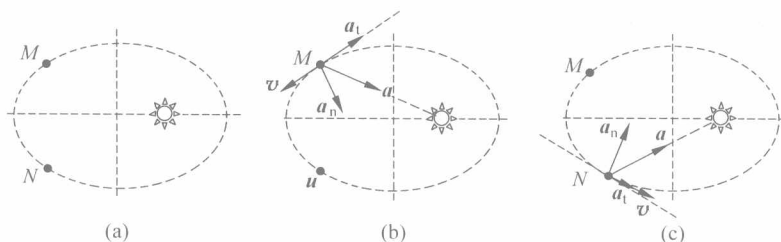


图 1.2

8. 一斜抛物体的水平初速度是 v_{0x} , 它的轨迹的最高点处的曲率圆的半径是多大?

答 在轨迹最高点处, 有 $v = v_{0x}$, $a = g = a_n$, 则由 $a_n = v^2 / \rho$ 得曲率圆半径

$$\rho = v_{0x}^2 / g$$

9. 有人说, 考虑到地球的运动, 一幢楼房的运动速率在夜间比在白天大。这是对什么参考系说的? 地球自转及围线太阳公转示意图如图 1.3(a) 所示。

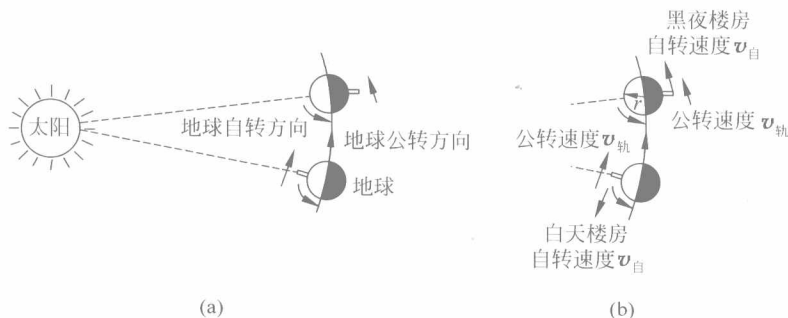


图 1.3

答 这是对太阳参考系而言的。如图 1.3(b) 所示, 设地球自转的角速度为 ω , 楼房对地球自转轴有一自转速率 $v = r\omega$ (r 为楼房在自己转动平面内圆周运动的半径), 这个速度大小在白天和黑夜是一样的。地球绕太阳有一公转轨道速度, 楼房相对太阳的运动速度就是相对地心的自转速度和地球公转速度的矢量和。如图 1.3(b) 所示, 夜间楼房背向太阳, 楼房

的自转速度与公转速度的方向基本一致；而白天楼房面对太阳，其自转速度与公转速度的方向基本相反；因此，自转速度和公转速度二者的叠加结果使得太阳参考系中看到同一幢楼房的运动速率在夜间比在白天大一些。

10. 设自由落体从 $t=0$ 时刻开始下落。用公式 $h=gt^2/2$ 计算，它下落的距离为 19.6 m 的时刻为 +2 s 和 -2 s。这 -2 s 有什么物理意义？该时刻物体的位置和速度各如何？

答 在公式 $h=gt^2/2$ 中， $t=-2$ s 是指比计时时刻 $t=0$ 早 2 s 的时间，它的物理意义是借用“时间倒流”说明了自由落体过程的可逆性。从 $t=0$ 时刻开始下落的自由落体， t 时刻的速度 $v=gt$ ，在 $t \rightarrow -t$ 时间反演操作下， $v \rightarrow -v$ 速度反向，速度反向意味着物体在重力作用下进行的是自由落体的逆过程即竖直上抛运动。 $t \rightarrow -t$ 时间反演相当于时间倒流，自由落体的时间倒流过程就是无阻力的竖直上抛，这相当于用摄像机把自由落体拍摄下来而倒着放映。因此，从 $t=0$ 时刻开始下落的自由落体，-2 s 代表物体在竖直上抛运动中从此时刻到达顶点 ($y=0, v'=v=0$) 的时间为 2 s。-2 s 时刻物体的位置就是自由落体过程中 +2 s 时的位置 $y=19.6$ m，而速度则反向 $v'=-2g=-v$ (m/s)，这正是物体在上升运动中达到最高点 ($t=0$) 前两秒时的运动状态，如图 1.4 所示。

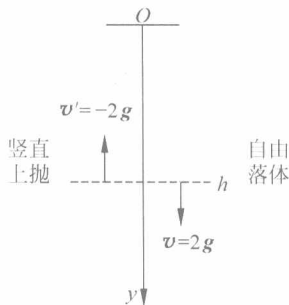


图 1.4

* 11. 如果使时间反演，即把时刻 t 用 $t'=-t$ 取代，质点的

速度 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 、加速度 $\mathbf{a} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$ 以及匀加速直线运动学公式直角坐标系中的 y 向分量表达式

$v_y = v_{0y} + a_y t$ 和 $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$ 将会有何变化？电影中的武士一跃登上高峰的动作形象是实拍的跳下动作的录像倒放的结果，为什么看起来和“真正的”跃上动作一样？

答 对于可逆过程，若时间反演，质点的位置不受影响。对于正过程质点的速度定义式 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ ，在其反过程中其速度定义式为 $\mathbf{v}' = \frac{d\mathbf{r}'}{dt'}$ ，作时间反演变换 $t \rightarrow -t = t', \mathbf{r} \rightarrow \mathbf{r} = \mathbf{r}'$ ， $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{d\mathbf{r}'}{-dt'} = -\frac{d\mathbf{r}'}{dt'} = -\mathbf{v}'$ ，即正反过程中速度是反向的。对于正过程加速度 $\mathbf{a} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$ ，在时间反演过程中的加速度为 $\mathbf{a}' = \frac{d^2\mathbf{r}'}{dt'^2} = \frac{d\mathbf{v}'}{dt'}$ ，当作 $t \rightarrow -t = t', \mathbf{v} \rightarrow -\mathbf{v} = \mathbf{v}'$ 时间反演变换， $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{-d\mathbf{v}'}{-dt'} = \frac{d\mathbf{v}'}{dt'} = \mathbf{a}'$ ，即正反过程中加速度是不变的。同理，当 $t \rightarrow -t$ 时，对于正过程中的匀加速直线运动学公式

$$v_y = v_{0y} + a_y t, \quad y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

有 $v_y \rightarrow -v_y = v'_y, v_{0y} \rightarrow -v_{0y} = v'_{0y}, a_y \rightarrow a_y = a'_y, y \rightarrow y = y', y_0 \rightarrow y_0 = y'_0$ ，所以在其时间反演过程中，上式可分别写成

$$v'_y = v'_{0y} + a'_y t', \quad y' = y'_0 + v'_{0y} t' + \frac{1}{2} a'_y t'^2$$

运动表达式不变。正过程如果是匀加速直线运动，过程中的速度和加速度方向相同；而其逆过程中，由于加速度方向不变而速度反向，其运动表达式表示的是匀减速直线运动。所

以,运动表达式不变并不表明正反过程的运动形式具有时间反演不变性,具有时间反演不变性的是正反过程中的物理规律(牛顿第二定律 $F=ma$),因为在时间反演的可逆过程中,力、质量和加速度都是不变的。这就是说,在上述正、反两过程中,它们的运动形式虽相逆但都符合牛顿定律,它们的时序虽相反但在自然界都可能实际发生。如果把匀加速直线运动录下来,不管正放还是倒放录像,因为它们都符合物理定律,看起来都是“真”的现象,单从录像的放映中人们不能区别是倒放还是正放,也就是不能区别运动过程的正与反。一武士从高处跳下的过程在空气阻力可以忽略的情况下是一个可逆过程,实拍下武士从高处跳下的动作,再在电影中倒放,就可以表现他“真正地”从平地一跃而登上高峰的动作形象,其道理就是如此。

1.1.2 运动与力

1. 没有动力的小车通过弧形桥面(见图 1.5(a))时受几个力作用? 它们的反作用力作用在哪里? 若小车的质量为 m ,车对桥面的压力是否等于 $mg\cos\theta$? 小车能否作匀速率运动?

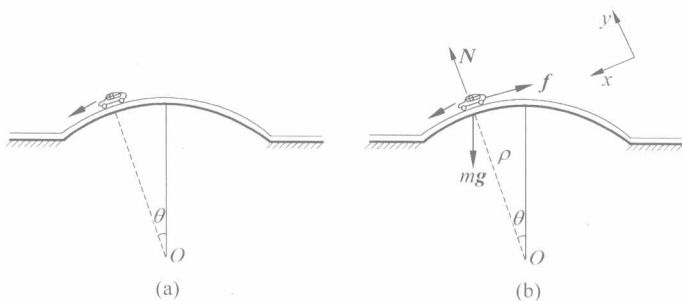


图 1.5

答 没有动力的小车通过弧形桥面时,受到三个力的作用,如图 1.5(b)所示,一是地球的作用力(重力) mg ,竖直向下;一是弧形桥面给予的弹性支撑力 N ,垂直桥面向上;一是弧形桥面对小车轮的沿弧形桥面切线向后的滚动摩擦力 f 。

作用力与反作用力大小相等,方向相反(在一条直线上),分别作用于相互作用的两个物体上。因此小车所受重力的反作用力作用于地球,弹力 N 的反作用力作用于弧形桥面,滚动摩擦力 f 的反作用力作用于弧形桥面。

对于小车, y 向的牛顿第二定律方程为

$$N - mg\cos\theta = -m\frac{v^2}{\rho} (\rho \text{ 为此处桥面的曲率半径})$$

则有 $N = mg\cos\theta - m\frac{v^2}{\rho}$ 。因为 N 的反作用力就是车对桥面的压力,所以车对桥面的压力大小 $mg\cos\theta - m\frac{v^2}{\rho}$ 不等于 $mg\cos\theta (v \neq 0)$ 。

没有动力的小车在图 1.5 中所示的通过弧形桥面过程中是不会作匀速率运动的。因为此过程中重力对小车做正功,支撑力 N 不做功,滚动摩擦力 f 对车整体不做功,在不考虑其他耗散力(空气阻力、轮轴摩擦等)的情况下,由动能定理可知小车速率是逐渐增加的。从受