



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

大学物理学辅导与题解

主 编 李元成

副主编 朱化凤 徐志杰

参 编 刘素美 袁顺东 贾翠萍 董梅峰

College Physics



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

大学物理学辅导与题解

主 编 李元成

副主编 朱化凤 徐志杰

参 编 刘素美 袁顺东 贾翠萍 董梅峰

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学辅导与题解/李元成主编. —东营:
中国石油大学出版社, 2018. 3
ISBN 978-7-5636-3967-0

I. ①大… II. ①李… III. ①物理学—高等学校—教
学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 061053 号

书 名: 大学物理学辅导与题解
主 编: 李元成
副 主 编: 朱化凤 徐志杰
参 编: 刘素美 袁顺东 贾翠萍 董梅峰

责任编辑: 袁超红(电话 0532—86981532)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社

(地址: 山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号 邮编: 266580)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子邮箱: shiyoujiaoyu@126.com

排 版 者: 青岛友一广告传媒有限公司

印 刷 者: 沂南县汶凤印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 86983437)

开 本: 180 mm×235 mm

印 张: 20.25

字 数: 430 千

版 印 次: 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5636-3967-0

定 价: 45.00 元



大学物理课程是高等学校理工科类的一门重要基础理论课程。通过该课程的学习,可使学生对物理学的基本概念、基本理论和基本规律有比较系统的认识和正确的理解,并为进一步学习其他课程打下必要且坚实的基础,对学生后续的能力提高和发展也具有深远影响。理工科大学生在学习大学物理课程时普遍感觉物理学的内容繁杂、分支多,学习中抓不住重点、分不清难点,且大多数学生听着明白,做起题来无从下手,在如何分析问题和应用物理规律解决问题方面存在很多困难。这主要与物理学的内容体系、学生的学习方法有关。为了有利于解决这一问题,我们本着删繁就简、突出重点的想法,编写了《大学物理学辅导与题解》,以帮助大学物理课程的学习者深入理解和掌握大学物理的基本概念、基本理论和基本规律,进一步提高及增强分析问题和解决问题的能力,充分发挥大学物理作为重要基础课程所应起到的作用。

本书以教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会新颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》的基本精神为依据,总结了大学物理课程的知识要点和基本要求,对一些学习困难的问题给出了学习指导,针对学习中遇到的疑难问题给出了深入具体的指导解答,精选了各种类型的例题进行解题分析,每章给出了一套强化训练题及相应的题目简解或答案。全书共 20 章,每章都包括知识要点、基本要求、学习指导、思考题分析、典型例题、强化训练题、强化训练题简解或答案等内容。本书中的许多内容均是长期执教大学物理课程的教师所积累的宝贵教学经验的总结。这些内容对指导学生学习和应用,提高学习成绩,培养创新能力和素质,都是非常重要的。

本书由李元成教授担任主编,朱化凤副教授和徐志杰老师担任副主编。参加编写人员的分工为:李元成编写每章中的第 1 和第 2 节,袁顺东编写第 1 至第 4 章的第 3 至第 7 节,徐志杰编写第 5 至第 8 章的第 3 至第 7 节,朱化凤编写第 9 至第 11 章的第 3 至第 7 节,董梅峰编写第 12 至第 14 章的第 3 至第 7 节,贾翠萍编写第 15 至第 17 章的第 3 至第 7 节,刘素美编写第 18 至第 19 章的第 3 至第 7 节、第 20 章的第 3 至第 6 节。

在本书编写过程中,参考了大量兄弟院校的教材和教学辅导书,在此向相关作者致以深深的谢意。同时,在本书出版过程中,得到了中国石油大学(华东)教务处、中国石油大学(华东)理学院、中国石油大学出版社的大力支持,在此一并表示诚挚的谢意。

限于时间紧迫,编者水平有限,虽经多次审校,书中缺点、错误及不当之处在所难免,恳请专家、同行和读者批评指正。

编 者

2017年9月



>>> 第 1 章 质点运动学	1
1.1 知识要点	1
1.2 基本要求	4
1.3 学习指导	4
1.4 思考题分析	5
1.5 典型例题	7
1.6 强化训练题	10
1.7 强化训练题简解或答案	13
>>> 第 2 章 牛顿运动定律	16
2.1 知识要点	16
2.2 基本要求	19
2.3 学习指导	19
2.4 思考题分析	19
2.5 典型例题	20
2.6 强化训练题	23
2.7 强化训练题简解或答案	26
>>> 第 3 章 功和能	30
3.1 知识要点	30
3.2 基本要求	32
3.3 学习指导	33
3.4 思考题分析	33
3.5 典型例题	34
3.6 强化训练题	38
3.7 强化训练题简解或答案	40

>>> 第 4 章 动量和角动量	43
4.1 知识要点	43
4.2 基本要求	45
4.3 学习指导	45
4.4 思考题分析	46
4.5 典型例题	48
4.6 强化训练题	50
4.7 强化训练题简解或答案	54
>>> 第 5 章 刚体力学基础	58
5.1 知识要点	58
5.2 基本要求	60
5.3 学习指导	60
5.4 思考题分析	61
5.5 典型例题	62
5.6 强化训练题	68
5.7 强化训练题简解或答案	72
>>> 第 6 章 狭义相对论	75
6.1 知识要点	75
6.2 基本要求	76
6.3 学习指导	76
6.4 思考题分析	77
6.5 典型例题	78
6.6 强化训练题	81
6.7 强化训练题简解或答案	84
>>> 第 7 章 气体动理论	86
7.1 知识要点	86
7.2 基本要求	88
7.3 学习指导	89
7.4 思考题分析	90
7.5 典型例题	92
7.6 强化训练题	96
7.7 强化训练题简解或答案	100

>>> 第 8 章 热力学基础	103
8.1 知识要点	103
8.2 基本要求	105
8.3 学习指导	105
8.4 思考题分析	107
8.5 典型例题	108
8.6 强化训练题	112
8.7 强化训练题简解或答案	117
>>> 第 9 章 机械振动和机械波	121
9.1 知识要点	121
9.2 基本要求	124
9.3 学习指导	125
9.4 思考题分析	127
9.5 典型例题	134
9.6 强化训练题	141
9.7 强化训练题简解或答案	146
>>> 第 10 章 波动光学	152
10.1 知识要点	152
10.2 基本要求	157
10.3 学习指导	157
10.4 思考题分析	161
10.5 典型例题	166
10.6 强化训练题	168
10.7 强化训练题简解或答案	172
>>> 第 11 章 几何光学	178
11.1 知识要点	178
11.2 基本要求	179
11.3 学习指导	180
11.4 思考题分析	180
11.5 典型例题	181
11.6 强化训练题	183
11.7 强化训练题简解或答案	185

>>> 第 12 章 真空中的静电场	188
12.1 知识要点	188
12.2 基本要求	190
12.3 学习指导	191
12.4 思考题分析	193
12.5 典型例题	195
12.6 强化训练题	201
12.7 强化训练题简解或答案	206
>>> 第 13 章 静电场中的导体和电介质	211
13.1 知识要点	211
13.2 基本要求	213
13.3 学习指导	213
13.4 思考题分析	214
13.5 典型例题	216
13.6 强化训练题	221
13.7 强化训练题简解或答案	225
>>> 第 14 章 稳恒电流	231
14.1 知识要点	231
14.2 基本要求	232
14.3 学习指导	232
14.4 思考题分析	232
14.5 典型例题	233
14.6 强化训练题	234
14.7 强化训练题简解或答案	235
>>> 第 15 章 稳恒磁场	238
15.1 知识要点	238
15.2 基本要求	239
15.3 学习指导	240
15.4 思考题分析	241
15.5 典型例题	243
15.6 强化训练题	246
15.7 强化训练题简解或答案	251

>>> 第 16 章 磁介质	256
16.1 知识要点	256
16.2 基本要求	257
16.3 学习指导	257
16.4 思考题分析	258
16.5 典型例题	259
16.6 强化训练题	262
16.7 强化训练题简解或答案	264
>>> 第 17 章 变化的电磁场	267
17.1 知识要点	267
17.2 基本要求	270
17.3 学习指导	270
17.4 思考题分析	271
17.5 典型例题	274
17.6 强化训练题	278
17.7 强化训练题简解或答案	284
>>> 第 18 章 量子物理基础	289
18.1 知识要点	289
18.2 基本要求	292
18.3 学习指导	293
18.4 思考题分析	294
18.5 典型例题	296
18.6 强化训练题	299
18.7 强化训练题简解或答案	302
>>> 第 19 章 原子核物理和粒子物理简介	305
19.1 知识要点	305
19.2 基本要求	306
19.3 学习指导	306
19.4 思考题分析	307
19.5 典型例题	308
19.6 强化训练题	309
19.7 强化训练题简解或答案	309

>>> 第 20 章 物理学与高新技术	310
20.1 知识要点	310
20.2 基本要求	310
20.3 学习指导	310
20.4 思考题分析	311
20.5 强化训练题	312
20.6 强化训练题简解或答案	312
参考文献	313

第1章

质点运动学

◆◆◆ 1.1 知识要点 ◆◆◆

1. 参考系

要描述一个物体的运动情况,例如它在某时刻的位置以及位置随时间的变化,就必须选定一个参考物体作为参考标准并将参考物体看成静止不动,以此来描述物体相对参考物体的运动。被选作参考标准的物体或相对位置不变的物体组合称为参考系。

2. 坐标系

为了定量描述物体相对于参考系的位置,需要在参考系上选用一个固定的坐标系。常用的坐标系有直角坐标系、极坐标系、柱坐标系、球坐标系和自然坐标系等。

3. 时间和空间

物体的运动既离不开空间,也离不开时间。时间表征物理事件的顺序性和物体运动的持续性。物体运动持续性的长短用时间间隔来计量,时间的基本单位为秒(s)。空间反映物体运动的广延性。空间中两点间的距离称为长度,长度的基本单位为米(m)。

4. 质点

如果物体的形状和大小在所研究的问题中可以忽略不计,则可将物体视为一个只有质量的几何点,并通常称为质点。质点是实物的一种理想化模型。请注意质点是一个相对的概念。在不能将物体当作质点时,可将整个物体视为由许多个质点组成的质点系。弄清每个质点的运动情况,就可以了解整个物体的运动。

请留意:物理模型是物理学研究的一个重要方法。

5. 位置矢量

在时刻 t 某质点在点 P 的位置可用自坐标系原点 O 指向点 P 的有向线段 \boldsymbol{r} 表示,矢量 \boldsymbol{r} 称为位置矢量。在直角坐标系中,位置矢量 \boldsymbol{r} 可表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

6. 运动方程

质点的位置随时间变化的函数关系称为质点的运动方程。用直角坐标 (x, y, z) 表示质点的位置时,三个坐标随时间 t 变化的函数关系式

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$$

是用直角坐标表示的运动方程。用位置矢量 \mathbf{r} 表示质点的位置时, \mathbf{r} 随时间 t 变化的函数关系式

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

是用位置矢量表示的运动方程。

7. 位移矢量

质点在空间运动过程中,其位置矢量随时间变化。设 t_1 时刻质点的位置矢量是 \mathbf{r}_1 , $t_2 = t_1 + \Delta t$ 时刻质点的位置矢量是 \mathbf{r}_2 , 则质点在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 这段时间内的位置矢量的变化为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

$\Delta \mathbf{r}$ 称为位移矢量,简称位移。

8. 速度矢量

速度矢量(简称速度) $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$, 可见速度是位置矢量 \mathbf{r} 的时间变化率。速度是表示某时刻(或某位置)质点运动的快慢和方向的物理量。速度 \mathbf{v} 的方向与轨迹上该点的切线方向一致,并指向质点前进的方向。在直角坐标系中,速度可表示为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k}$$

9. 加速度矢量

加速度矢量(简称加速度) $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt = d^2\mathbf{r}/dt^2$, 可见加速度是某时刻质点速度矢量的时间变化率,也等于位置矢量对时间的二阶导数。加速度是表示某时刻(或某位置)质点速度大小改变的快慢和速度方向改变的物理量。在直角坐标系中,加速度可表示为

$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dv_z}{dt}\mathbf{k} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\mathbf{k} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$$

10. 运动学中的两类问题

已知物体的运动方程求物体的速度和加速度(用求导数的方法);已知物体的加速度求物体的运动规律(用积分的方法)。

11. 自然坐标系中平面曲线运动的描述

在质点运动的轨迹上任取一点 O 作为自然坐标系的原点,沿轨迹规定一个弧长正方向,则可以用由原点到质点所在位置的弧长 s 来描述质点的位置 $s = s(t)$ 。

将质点的速度 \mathbf{v} 和加速度 \mathbf{a} 沿自然坐标系的两个单位矢量方向 \mathbf{e}_t 和 \mathbf{e}_n 进行分解,可以

得到速度 \boldsymbol{v} 和加速度 \boldsymbol{a} 的自然坐标表达式。由于速度 \boldsymbol{v} 沿轨迹切线方向, 所以 \boldsymbol{v} 的大小为

$$v = \left| \frac{ds}{dt} \right|, \text{ 当 } \frac{ds}{dt} > 0 \text{ 时 } \boldsymbol{v} \text{ 与 } \boldsymbol{e}_t \text{ 同向, 当 } \frac{ds}{dt} < 0 \text{ 时 } \boldsymbol{v} \text{ 与 } \boldsymbol{e}_t \text{ 反向, 从而有}$$

$$\boldsymbol{v} = v\boldsymbol{e}_t = \frac{ds}{dt}\boldsymbol{e}_t$$

而加速度 \boldsymbol{a} 可写为

$$\boldsymbol{a} = a_t\boldsymbol{e}_t + a_n\boldsymbol{e}_n$$

式中的 $a_t\boldsymbol{e}_t$ 称为切向加速度, $a_n\boldsymbol{e}_n$ 称为法向加速度。

12. 圆周运动

圆周运动质点的速度 $\boldsymbol{v} = v\boldsymbol{e}_t$, 质点的加速度 $\boldsymbol{a} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{e}_t + \frac{v^2}{R}\boldsymbol{e}_n = a_t\boldsymbol{e}_t + a_n\boldsymbol{e}_n$ 。

一般平面曲线运动的切向加速度和法向加速度分别为

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \quad a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

质点作圆周运动时, 可以用角位置 θ 、角位移 $\Delta\theta$ 、角速度 ω 和角加速度 β 等角量来描述质点的运动。其中, 角速度和角加速度可表示为

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

描述圆周运动的线量与角量的关系分别为

质点的角位移 $\Delta\theta$ 与路程 Δs 之间的关系

$$\Delta s = R\Delta\theta$$

线速度与角速度之间的关系

$$v = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\theta}{dt} = R\omega$$

切向加速度和法向加速度的大小

$$a_t = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\beta, \quad a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$$

速度与角速度的关系

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$

13. 匀角加速运动角量间的关系

$$\omega = \omega_0 + \beta t, \quad \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2, \quad \omega^2 = \omega_0^2 + 2\beta(\theta - \theta_0)$$

14. 相对运动

位移之间的关系为

$$\Delta\boldsymbol{r} = \Delta\boldsymbol{r}' + \Delta\boldsymbol{D}$$

式中, $\Delta\boldsymbol{r}$ 表示质点相对于 S 系的位移; $\Delta\boldsymbol{r}'$ 表示质点相对于 S' 系的位移; $\Delta\boldsymbol{D}$ 表示 S' 系沿

S 系的 Ox 轴的正方向的位移。

伽利略速度相加定理为

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{u}$$

式中, \boldsymbol{v} 表示质点相对于 S 系的速度; \boldsymbol{v}' 表示质点相对于 S' 系的速度; \boldsymbol{u} 表示 S' 系相对于 S 系的速度。

加速度之间的关系为

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}' + \boldsymbol{a}_0$$

式中, \boldsymbol{a} 表示质点相对于 S 系的加速度; \boldsymbol{a}' 表示质点相对于 S' 系的加速度; \boldsymbol{a}_0 表示 S' 系相对于 S 系的加速度。

若 S' 系相对于 S 系作匀速直线运动, 即 \boldsymbol{u} 为常矢量, 则 $\boldsymbol{a}_0 = d\boldsymbol{u}/dt = 0$, 于是有 $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}'$, 此时质点相对于两个参考系的加速度相同。

◆◆◆ 1.2 基本要求 ◆◆◆

1. 理解质点模型、空间和时间的概念、运动的相对性、运动描述的相对性、参考系的概念及坐标系的选取方法。
2. 掌握位置矢量、位移、速度、加速度、角速度、角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量。
3. 能够借助直角坐标系计算质点在平面内运动时的速度和加速度。
4. 能够计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。
5. 理解伽利略速度相加定理, 能够分析与平动有关的相对运动问题。

◆◆◆ 1.3 学习指导 ◆◆◆

1. 位置矢量 \boldsymbol{r} 、速度 \boldsymbol{v} 和加速度 \boldsymbol{a} 都是矢量, 既有大小, 又有方向。合成与分解时, 通常在选定的坐标系中以分量的解析式表示。 \boldsymbol{r} 、 \boldsymbol{v} 和 \boldsymbol{a} 三者之间的关系是微分关系或积分关系。

2. 要注意位移与路程的区别。位移是矢量, 仅与质点的起点和终点的位置有关, 而与中间的具体路径无关。路程是标量, 是质点所经路径的实际长度, 它不仅与质点的起点和终点的位置有关, 还与中间通过的具体路径有关。仅在运动方向不变时, 位移在数值上与路程相等。

3. 注意区分 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 与 $|\Delta r|$ 和 $|\Delta \boldsymbol{v}|$ 与 $|\Delta v|$ 。初学者易犯的错误是将速度的大小 $v = \left| \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \right|$ 与 $\frac{dr}{dt}$ 等同起来, 或加速度的大小 $a = \left| \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} \right|$ 与 $\frac{dv}{dt}$ 等同起来, 其实二者并不相同。要弄清楚此问题, 关键是区分 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 与 $|\Delta r|$ 和 $|\Delta \boldsymbol{v}|$ 与 $|\Delta v|$ 。同时, 要注意矢量和标量虽然

都用同一字母,但矢量在教材中通常用黑斜体字母表示。

4. 质点运动学的习题有两种基本类型:一是已知质点的运动方程,求解质点的速度、加速度、位移及轨迹方程等;二是已知质点的加速度,求解质点的速度、运动方程等。对第一类问题,主要应用微分法;对第二类问题,主要应用积分法。解题时应注意选取合适的坐标系,以使计算简化。另外,还应充分利用矢量的坐标分解法,注意运动的叠加原理。

5. 对相对运动问题,要依据具体问题设出 S 系和 S' 系,然后确定 S 系中的位移、速度、加速度, S' 系中的位移、速度、加速度, S' 系相对于 S 系的位移、速度、加速度,再利用相应的公式计算所求的量。

◆◆◆ 1.4 思考题分析 ◆◆◆

题 1 回答下列问题:

- (1) 一物体具有加速度而其速度为零,是否可能?
- (2) 一物体具有恒定的速率但仍有变化的速度,是否可能?
- (3) 一物体具有恒定的速度但仍有变化的速率,是否可能?
- (4) 一物体既具有沿 Ox 轴正方向的加速度又具有沿 Ox 轴负方向的速度,是否可能?
- (5) 一物体加速度的大小恒定而其速度的方向改变,是否可能?

答 (1) 一物体具有加速度而其速度为零,是可能的。例如,竖直上抛物体运动到最高点的时刻,物体的速度为零,但加速度不为零(加速度等于重力加速度)。对于在水平面上振动的弹簧振子,在位移达到最大值时,速度为零,而加速度不为零。

(2) 一物体具有恒定的速率但仍有变化的速度,是可能的。例如,物体作匀速圆周运动时速度的大小(速率)不变,但其方向不断变化着,因而其速度始终在变化。

(3) 一物体具有恒定的速度但仍有变化的速率,是不可能的。因为速度是矢量,恒定的速度是指速度的大小和方向都没有变化。

(4) 一物体既具有沿 Ox 轴正方向的加速度又具有沿 Ox 轴负方向的速度,是可能的。例如,物体作匀减速直线运动时,其加速度方向和速度方向相反。

(5) 一物体加速度的大小恒定而其速度的方向改变,是可能的。例如,物体作抛体运动时,其加速度的大小和方向恒定,为重力加速度,而其速度(大小和方向)却时刻变化着。又如,物体在水平面上作匀速圆周运动时,其向心加速度的大小恒定不变,但其速度的方向处处沿圆周的切线方向,即速度的方向在改变着。

题 2 设质点的运动方程为 $x=x(t)$, $y=y(t)$, 在计算质点的速度和加速度时,有人先求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$, 然后根据 $v=dr/dt$ 和 $a=d^2r/dt^2$ 而求得结果; 又有人先计算速度和加速度的分量, 再合成求得结果, 即 $v=\sqrt{(dx/dt)^2+(dy/dt)^2}$ 和 $a=\sqrt{(d^2x/dt^2)^2+(d^2y/dt^2)^2}$ 。你认为哪一种正确? 两者差别何在?

答 在计算速度和加速度的大小时,后面一种方法是正确的。前面一种计算方法的

错误在于忽视了位移、速度和加速度的矢量性。质点速度的定义是 $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$, 而不是 $v = dr/dt$ 。 $|d\mathbf{r}|$ 与 dr 的意义不同。 $|d\mathbf{r}|$ 是位置矢量增量 $d\mathbf{r}$ 的大小, 而 dr 是位置矢量 r_2 和 r_1 大小的差值, 所以 $|d\mathbf{r}| \neq dr$ 。 dr/dt 给出的只是位置矢量大小的时间变化率。按速度的定义应为

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}$$

速度的大小为

$$|\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

同样, 加速度的大小应为

$$|\mathbf{a}| = \left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2}$$

题 3 回答下列问题:

- (1) 匀加速运动是否一定是直线运动? 为什么?
- (2) 在圆周运动中, 加速度的方向是否一定指向圆心? 为什么?

答 (1) 匀加速运动不一定是直线运动。例如抛体运动, 它的加速度为大小和方向都不变的重力加速度, 虽然速度的方向总是沿着轨迹的切线方向, 但其速度增量的方向始终与重力加速度的方向一致, 所以抛体运动也是匀加速运动。

(2) 在圆周运动中, 加速度的方向不一定指向圆心。因为在变速率圆周运动中, 质点运动的速度和大小都有变化, 所以不仅有向心(法向)加速度, 还有切向加速度, 其合加速度就不再指向圆心。

题 4 一个作平面运动的质点的运动方程是 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, $\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$, 请问:

- (1) 如果 $dr/dt = 0$, $d\mathbf{r}/dt \neq 0$, 则质点作什么运动?
- (2) 如果 $dv/dt = 0$, $d\mathbf{v}/dt \neq 0$, 则质点作什么运动?

答 (1) 质点作平面运动时, $dr/dt = 0$ 表明质点在运动过程中它的位置矢量 r 的大小保持不变, $d\mathbf{r}/dt \neq 0$ 表明质点的运动速度不为零, 即位置矢量 r 的方向在变化, 因此质点作圆周运动。

(2) $dv/dt = 0$ 表明在运动过程中它的速度 v 的大小保持不变, $d\mathbf{v}/dt \neq 0$ 表明质点运动的加速度不为零。在速度大小保持不变的情况下, 只有速度 v 的方向在变化, 因此质点作匀速率曲线运动。

题 5 一人在以恒定速度运动的火车上竖直向上抛出一石子, 此石子能否落入此人手中? 如果石子抛出后, 火车以恒定的加速度前进, 结果又将如何?

答 在以恒定速度运动的火车上竖直上抛一石子, 此石子一定落入此人手中。因为相对火车参考系, 石子上抛后没有水平方向的速度, 因而能落入此人手中。

如果石子抛出后火车以恒定的加速度前进, 此时抛出的石子相对火车参考系有了水平速度, 所以石子不能落入此人手中。