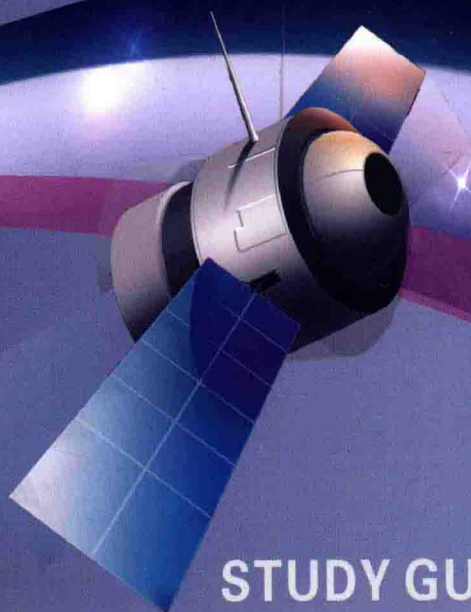


大学物理

复习指南

主 编 李金玉 王 洁
副主编 姚建明



STUDY GUIDE FOR UNIVERSITY

PHYSICS



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图说物理学(1975)目録

浙江大學物理系編

浙江大學出版社

大学物理复习指南

主 编 李金玉 王 洁

副主编 姚建明



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理复习指南/李金玉,王洁主编. —杭州:浙江大学出版社,2013.12

ISBN 978-7-308-12645-8

I. ①大… II. ①李… ②王… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第296852号

大学物理复习指南

主 编 李金玉 王 洁

责任编辑 邹小宁

文字编辑 吴琦骏

封面设计 朱 琳

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址:<http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 浙江云广印业有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 358千

版 次 2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12645-8

定 价 29.90元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

前 言

《大学物理复习指南》是为大学物理课程的学习和复习而编写的指导性图书。大学物理是高等院校本科理工科专业中一门重要的基础课程,对培养和提高学生的科学素养以及锻炼学生思维方面有着其他学科不能替代的作用。大学物理课程开设一般是大一下学期和大二上学期共两学期,学生普遍感受是学习容量大,进度快,学习难度高。通过老师课堂上的讲解学生并不能完全理解和掌握要点,课后的复习也不得要领。针对学生的学习困难,我们在总结长期教学经验的基础上,编写了这本《大学物理复习指南》,目的是帮助学生深入理解课程内容,理清思路,通过列举的典型例题来进一步理解物理概念、物理规律,通过解题方法和解题技巧的示范学会分析问题和解决问题的方法,开阔思路,锻炼思维。通过练习题的训练巩固学习内容,加深知识的运用理解。

本书与新编大学物理学教程一书配套使用,一共五章,每章包含基本要求、重点难点、复习框图、概念辨析、典型例题几个环节,对章节知识点进行梳理,利于学生知识的系统化。每章还附有练习题并都给出了详细的解答,力求从多角度帮助学生理解知识到运用知识。本书最后附有与之配套学习大学物理教材的课后习题答案。

本书由李金玉、王洁担任主编,姚建明担任副主编。由于编者水平有限,书中难免出现错误或不当之处,希望使用本书的教师、学生和广大读者不吝赐教。

编 者

2013年12月

目 录

第一章 力学	1
第一节 矢量和运动学	1
第二节 牛顿运动定律	8
第三节 动量	11
第四节 功和能	16
第五节 刚体的定轴转动	22
第六节 狭义相对论	27
习题一	33
第二章 波动与光学	43
第一节 振动	43
第二节 机械波	54
第三节 光的干涉	64
第四节 光的衍射	70
第五节 光的偏振	76
习题二	80
第三章 电磁学	89
第一节 静电场	89
第二节 稳恒磁场	110
第三节 电磁感应与电磁场	125
习题三	131
第四章 热学	143
第一节 热力学基础	143
第二节 气体动理论	158
习题四	166
第五章 量子理论初步	172
第一节 波粒二象性	172



第二节 原子中的电子	177
第三节 薛定谔方程	181
习题五	185
习题答案	188
力学习题一	188
波动与光学习题二	189
电磁学习题三	190
热学习题四	192
量子力学习题五	193
《大学物理》上册习题答案	194
第1章 矢量和运动学	194
第2章 牛顿运动定律	195
第3章 动量	197
第4章 功和能	200
第5章 刚体的定轴转动	203
第6章 狭义相对论	206
第7章 振动	207
第8章 机械波	211
第9章 光的干涉	215
第10章 光的衍射	217
第11章 光的偏振	219
《大学物理》下册习题答案	221
第1章 静电场	221
第2章 稳恒磁场	226
第3章 电磁感应与电磁场	232
第4章 热力学基础	234
第5章 气体动理论基础	237
第6章 量子理论初步	238
参考文献	240



第一章 力学

第一节 矢量和运动学

一、基本要求

(1)掌握描述质点运动物理量:位置矢量、位移、速度、加速度,理解这些物理量的矢量性、瞬时性和相对性。

(2)理解运动方程的物理意义及作用。掌握运用运动方程确定质点的位置、位移、速度和加速度的方法,以及已知质点运动的加速度和初始条件求速度、运动方程的方法。

(3)能计算质点在平面内运动时的速度和加速度,以及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。

(4)理解伽利略速度变换式,并会用它求简单的质点相对运动问题。

二、重点及难点

1. 重点

(1)描述质点运动的基本物理量:位置矢量、位移、速度、加速度、角速度和角加速度。

(2)能借助直角坐标系计算质点在平面内运动的两类问题,即由运动方程求速度和加速度的问题以及由加速度和初始条件求运动方程。

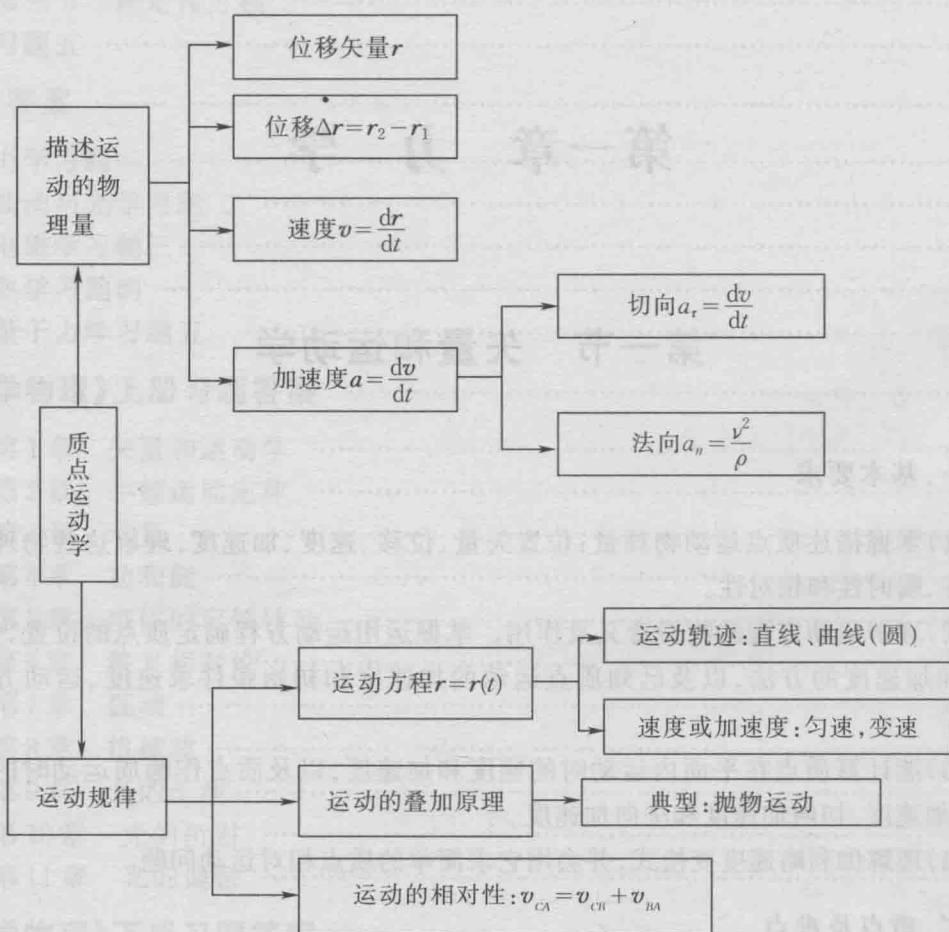
(3)能运用角量与线量的关系,计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。

2. 难点

相对运动问题的理解和运用。



三、复习框图



四、概念辨析

(1) r, v, a 都是矢量, 既有大小, 又有方向。合成与分解时, 可运用平行四边形法则或三角形法则, 也可以在选定的坐标系中以分量的解析式表示。

(2) 注意 $|\Delta r|$ 与 Δr , $|\Delta v|$ 与 Δv 的区别。

$$|\Delta r| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$$

$$\Delta r = r_2 - r_1 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} - \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}$$

Δr 与 $|\Delta r|$ 的区别如图 1-1-1 所示。

$$|v| = \left| \frac{dr}{dt} \right|, \text{一般情况下, } |v| \neq \frac{dr}{dt}.$$

$$|a| = \left| \frac{dv}{dt} \right|, \text{一般情况下, } |a| \neq \frac{dv}{dt}.$$

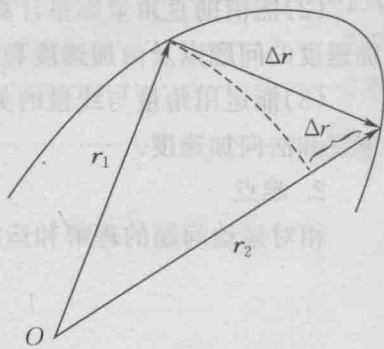


图 1-1-1

(3) r, v, a 三者之间关系是矢量微分关系或矢量积分关系。

(4) 矢量的叠加性。运动方程在坐标系中可分解为分量式, 实际上反映了矢量的叠加性。位矢方程的分量方程表示运动的各个分运动。在直角坐标系中, 各分运动均为直线运动。因此, 任何复杂的质点运动都可认为是空间三维(或平面二维)直线运动的合运动。如斜抛运动可分解为水平匀速直线运动和竖直方向上的竖直上抛运动。

(5) 位移和路程的区别。位移是矢量, 仅与质点的初、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, 它不仅与质点的初、终位置有关, 而且还与中间通过的具体路径有关。仅在运动方向不变时, 位移在量值上与路程相等。

(6) 速度与速率的区别。速度是描述质点位置变化快慢和方向的物理量, 是矢量。速率是描述质点运动路径长度随时间变化快慢的物理量, 是标量, 恒为正值。

$$\text{瞬时速度 } v = \frac{dr}{dt}, \text{ 平均速度 } \bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}.$$

$$\text{瞬时速率 } v = \frac{ds}{dt}, \text{ 平均速率 } \bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

平均速度与平均速率是两个不同的概念, 这是由于在 Δt 时间内质点位移与路程的概念不同而引起的。但对同一时刻的瞬时速度和瞬时速率, 它们的量值总是相同的, 即 $|v| = v$ 。

(7) 运动方程与轨道方程。运动方程 $r = r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k$, 表示质点位置随时间变化的关系式。也可写成:

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

轨道方程是由运动方程中消去参数 t , 所得到的关系式。

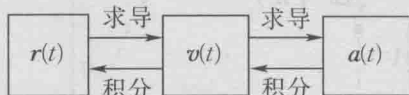
五、典型例题

本章研究的问题主要有:

1. 质点运动学两类基本问题

(1) 由质点的运动方程可以求得质点在任一时刻的位置矢量、速度和加速度。

(2) 已知质点的加速度以及初始速度和初始位置, 可求质点的速度及其运动方程。



例 1 一人用绳子拉着车前进, 小车位于高出绳端 h 的平台上, 人的速率为 v_0 不变, 求小车的速度和加速度(绳子不可伸长)。

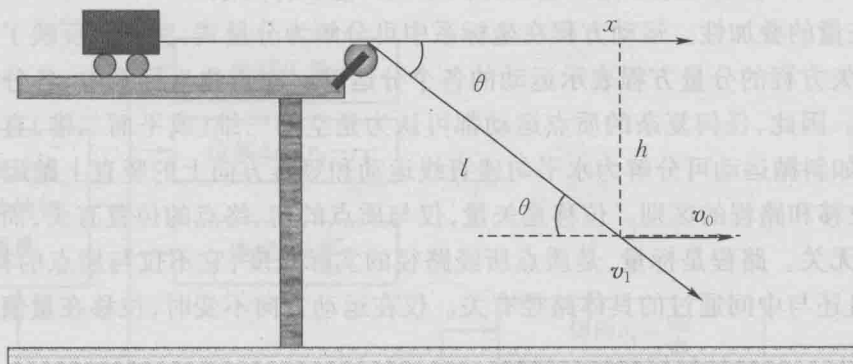


图 1-1-2

解:人的速度为

$$v_0 = \frac{dx}{dt}$$

车前进的速率

$$v_1 = \frac{dl}{dt}$$

因为

$$l^2 = x^2 + h^2$$

两边求导得

$$2l \frac{dl}{dt} = 2 \frac{dx}{dt} x$$

则小车的速度为

$$v_1 = \frac{x}{l} v_0 = \frac{v_0 x}{\sqrt{x^2 + h^2}}$$

小车的加速度为

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv_1}{dt} = \frac{v_0}{\sqrt{x^2 + h^2}} \frac{dx}{dt} + v_0 x \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) \frac{dx}{dt} \\ &= v_0^2 \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + h^2}} - \frac{x^2}{\sqrt{(x^2 + h^2)^3}} \right) \\ &= \frac{v_0^2 h^2}{\sqrt{(x^2 + h^2)^3}} \end{aligned}$$

例 2 一质点具有恒定加速度 $a = 6i + 4j \text{ (m/s}^2\text{)}$, 在 $t = 0$ 时, 其速度为零, 位矢 $r = 10im$ 。求: (1) 质点在任意时刻的速度和位矢; (2) 质点在 Oxy 平面上的轨迹方程。

解: (1) 由题设 $a = 6i + 4j$, 即

$$a_x = 6 \text{ m/s}^2, a_y = 4 \text{ m/s}^2$$

由

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, \text{ 或 } dv_x = a_x dt$$

积分,有

$$\int_0^{v_x} dv_x = \int_0^t a_x dt$$

得 $v_x = 6t$

同理 $v_y = 4t$

故得任意时刻的速度为

$$\mathbf{v} = (6ti + 4tj) \text{ m/s}$$

又由 $v_x = \frac{dx}{dt}$ 或 $dx = v_x dt$

并积分有

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t v_x dt$$

且 $x_0 = 10\text{m}$

得 $x - 10 = \int_0^t 6t dt$

即 $x = 10 + 3t^2$

同理 $y = 2t^2$

故得任意时刻的位矢量为

$$\mathbf{r} = [(10 + 3t^2)\mathbf{i} + 2t^2\mathbf{j}] \text{ m}$$

(2)由上述可知,质点在平面上的运动方程为

$$x = 10 + 3t^2$$

$$y = 2t^2$$

消去 t 得质点的轨迹方程为

$$y = \frac{2}{3}x - \frac{20}{3}$$

2. 抛体运动和一般圆周运动问题

例 3 如图 1-1-3 所示,要使炮弹正好命中离炮口水平距 $S = 30\text{m}$, 高出炮口 $H = 15\text{m}$ 的目标,若炮身仰角为 $\theta = 60^\circ$,试求:(1)炮弹出口时的速率;(2)炮弹命中目标时的速度。

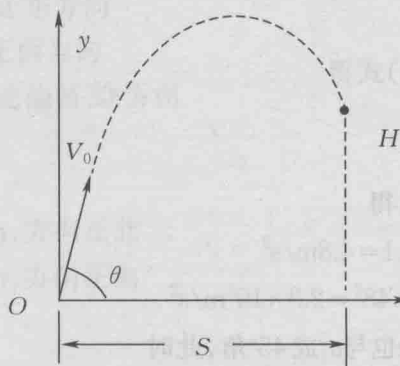


图 1-1-3

解:(1)炮弹击中目标时,位移在水平方向上的分量是 30m ,在竖直方向上的分量为



15m。设炮弹出口速度为 v_0 ，则炮弹的运动方程为

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y = v_0 \sin \theta t - gt^2/2$$

将已知数值代入上式。可解得炮弹出口时的速率和击中目标时所经历的时间分别为

$$v_0 = 21.8 \text{ m/s}, t = 2.75 \text{ s}$$

(2) 炮弹的速度沿 x 、 y 轴的分量表达式为

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

以已知数值代入上式，得

$$v_x = 21.8 \times \cos 60^\circ = 10.9 \text{ m/s}$$

$$v_y = 21.8 \times \sin 60^\circ - 9.8 \times 2.75 = -8.07 \text{ m/s}$$

所以击中目标时的速率为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 13.5 \text{ m/s}$$

速度与 x 轴正方向夹角为 α ，则

$$\alpha = -\arccos(v_x/v) = -13^\circ 9'$$

例 4 某电动机转子半径 $r = 0.1 \text{ m}$ ，转子转过的角位移与时间的关系为 $\theta = 2 + 4t^3$ ，试求：

(1) 当 $t = 2 \text{ s}$ 时，边缘上一点的法向加速度和切向加速度的大小。

(2) 当电动机的转角 θ 等于多大时，其合成加速度与半径成 45° 角？

解：由转子的角位移方程

$$\theta = 2 + 4t^3$$

对时间 t 求导数，可得转子的角速度

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 12t^2 \quad (1)$$

对时间 t 再次求导数，可得转子的角加速度

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = 24t \quad (2)$$

(1) 以 $t = 2 \text{ s}$ 代入 (1)、(2) 式得

$$\omega = 48 \text{ rad/s}$$

$$\beta = 48 \text{ rad/s}$$

根据角量与线量的关系得

$$a_\tau = \beta r = 48 \times 0.1 = 4.8 \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{向}} = r\omega^2 = 0.1 \times 48^2 = 2.3 \times 10^2 \text{ m/s}^2$$

(2) 当 a 与 r 成 45° 角时， a 也与 a_τ 成 45° 角，此时

$$\frac{a_\tau}{a_{\text{向}}} = \frac{a \sin \phi}{a \cos \phi} = \tan 45^\circ = 1$$

故

$$a_{\tau} = a_{\text{向}}$$

又因

$$a_{\tau} = r\beta = 24rt,$$

$$a_{\text{向}} = \omega^2 r = 144rt^4$$

故

$$24rt = 144rt^4$$

解得

$$t = 0.55\text{s}$$

将 $t = 0.55\text{s}$ 代入转子的角位移方程, 得

$$\theta = 2 + 4 \times 0.55^3 = 2.67 \text{ rad}$$

3. 相对运动问题

例5 河水自西向东流动, 速度为 10km/h 。一轮船在水中航行, 船相对于河水的航向为北偏西 30° , 相对于河水的航速为 20km/h , 此时风向为正西, 风速为 10km/h 。试求在船上观察到的烟囱冒出的烟缕的飘向 (设烟离开烟囱后很快就获得与风相同的速度), 如图 1-1-4 所示。



图 1-1-4

解: 设水、风、船和地球分别为 w 、 f 、 s 和 e , 则水—地、风—船、风—地和船—地间的相对速度分别为 v_{we} 、 v_{fs} 、 v_{fe} 和 v_{se} 。由已知条件

$$v_{we} = 10\text{km/h}, \text{正东方向}$$

$$v_{fe} = 10\text{km/h}, \text{正西方向}$$

$$v_{sw} = 20\text{km/h}, \text{北偏西 } 30^\circ \text{ 方向}$$

根据速度合成公式可知

$$v_{se} = v_{sw} + v_{we}$$

$$v_{se} = 10\sqrt{3}\text{km/h}, \text{方向正北}$$

$$v_{es} = 10\sqrt{3}\text{km/h}, \text{方向正南}$$

同理

$$v_{fs} = v_{fe} + v_{es}$$

$$v_{fs} = 20\text{km/h}, \text{方向南偏西 } 30^\circ$$

所以, 船上观察到的烟囱冒出的烟缕的飘向即 $v_{fs} = 20\text{km/h}$, 方向南偏西 30° 。



第二节 牛顿运动定律

一、基本要求

- (1) 掌握牛顿运动定律及其适用条件, 熟练运用牛顿运动定律。
- (2) 熟练掌握用隔离体法分析物体的受力情况, 能用微积分方法求解变力作用下的简单质点动力学问题。

二、重点及难点

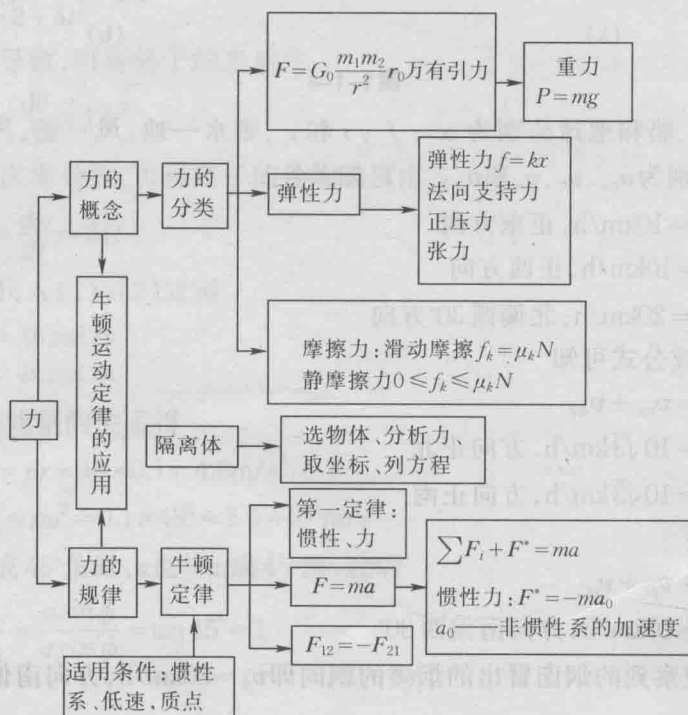
1. 重点

- (1) 熟练掌握牛顿运动定律及其使用条件, 熟练运用牛顿运动定律。
- (2) 熟练掌握用隔离体法分析物体的受力情况, 能用微积分方法求解变力作用下的简单质点动力学问题。

2. 难点

正确分析物体的受力情况。应用牛顿运动定律求解力学问题的关键在于正确地分析物体的受力情况。其中摩擦力的分析是难点; 同时应注意, 物体作圆周运动时, 向心力常常是所有力的合力在指向圆心方向的分力, 不存在向心力的反作用力。

三、复习框图



四、概念辨析

牛顿运动定律是经典力学的基本定律,它的适用对象是宏观、低速的并能看成质点的物体,并且只在惯性系中成立。因此在运用牛顿运动定律时,一定要注意判断是否在其适用范围内。

五、典型例题

解决质点动力学问题,常采用隔离体法。其基本步骤是:

- (1) 根据题意,确定研究对象;
- (2) 对研究对象进行受力分析,画出受力图;
- (3) 分析研究对象运动状态的变化;
- (4) 建立坐标系,列出牛顿运动方程然后投影为分量式;
- (5) 求解方程,对结果作必要的讨论。

(一) 常力情况下牛顿定律的应用

例1 升降机内有一光滑斜面,固定在底板上,斜面倾角为 θ 。当升降机以匀加速度 a_1 竖直上升时,质量为 m 的物体从斜面顶端沿斜面开始下滑,如图1-2-1所示。已知斜面长为 l ,求物体对斜面的压力,物体从斜面顶点滑到底部所需的时间。

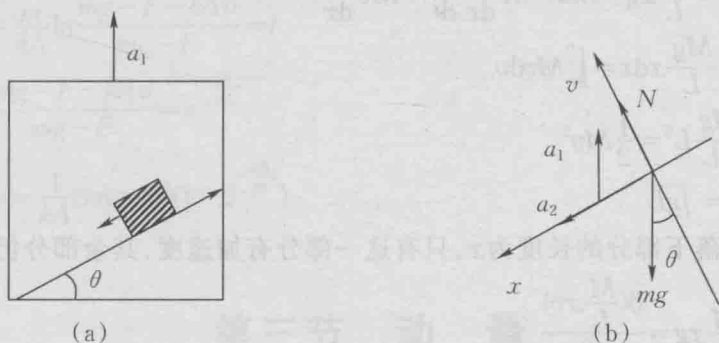


图1-2-1

解: 选取对象,以物体 m 为研究对象。

分析运动: m 相对于斜面向下的加速度为 a_2 , m 相对于地的加速度为 $\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$

m 受力如图1-2-1(b)所示,对 m 应用牛顿定律列方程:

$$x \text{ 方向} \quad mg \sin \theta = m(a_2 - a_1 \sin \theta)$$

$$y \text{ 方向} \quad N - mg \cos \theta = ma_1 \cos \theta$$

解方程,得

$$a_2 = (g + a_1) \sin \theta$$

$$N = m(g + a_1) \cos \theta$$

物体对斜面的压力大小

$$N' = N = m(g + a_1) \cos \theta \quad \text{垂直指向斜面}$$

m 沿斜面向下作匀变速直线运动,所以

$$l = \frac{1}{2} a_2 t^2 = \frac{1}{2} (g + a_1) \sin \theta \cdot t^2$$



$$t = \sqrt{\frac{2l}{(g+a_1)\sin\theta}}$$

讨论结果: 当 $\theta=0$ 时, $N'=N=m(g+a_1)$, $l=0$

(二) 变力情况下牛顿定律的应用

例2 如图1-2-2所示, 一条质量为 M 、长为 L 的均质链条, 放在一光滑的水平桌面上, 链子的一端有极小的一段长度被推出桌子边缘, 在重力作用下开始下落, 试求在下列两种情况下, 链条刚刚离开桌面时的速度: (1) 在刚开始下落时, 链条为一直线形式; (2) 在刚开始下落时, 链条盘在桌子的边缘。假定在链条未脱离桌面的那一部分的速度, 一直保持为零。

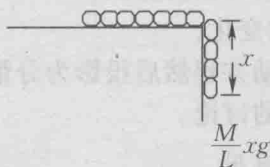


图1-2-2

解: (1) 链条在运动过程中, 其各部分的速度、加速度均相同。因此

$$F = \frac{M}{L}xg = Ma = M \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = Mv \frac{dv}{dx}$$

$$\int_0^L \frac{Mg}{L} x dx = \int_0^v Mv dv$$

$$\frac{Mg}{2L} L^2 = \frac{1}{2} Mv^2$$

$$v = \sqrt{gL}$$

(1)

(2) 设链条落下部分的长度为 x , 只有这一部分有加速度, 其余部分仍然静止。故

$$\frac{M}{L}xg = \frac{d(\frac{M}{L}xv)}{dt}$$

$$xg = \frac{d(xv)}{dt}$$

$$xgdt = d(xv)$$

上式两边同时乘 xv , 得

$$vgx^2dt = \frac{1}{2}d(x^2v^2)$$

积分上式得

$$\frac{1}{3}gx^3 = \frac{1}{2}(xv)^2 + C$$

因

$$x=0, v=0, \text{ 故 } C=0$$

由此得

$$v^2 = \frac{2}{3}gx$$

$$\text{当 } x=L \text{ 时, } v = \sqrt{\frac{2}{3}gL} \quad (2)$$

例3 一艘质量为 m 的潜水艇,其重力大于所受浮力,往海底下沉,现已全部浸没于水中。若水的阻力与下沉速度的一次方成正比,并且等于 kAv 。式中 A 为潜水艇的水平投影面积,且 $t=0$ 时,初速度 $v_0=0$,求潜艇下沉速度与时间之间的关系。

解:按题意,潜水艇已全部浸没水中,因而浮力为常数,设为 F ,则

$$mg - F - kAv = m \frac{dv}{dt}$$

即

$$\frac{m dv}{mg - F - kAv} = dt$$

积分上式得

$$-\frac{m}{kA} \ln(mg - F - kAv) = t + C$$

以初始条件 $t=0, v=0$ 代入上式,得

$$C = -\frac{m}{kA} \ln(mg - F)$$

故

$$-\frac{m}{kA} \ln \frac{mg - F - kAv}{mg - F} = t$$

$$\frac{mg - F - kAv}{mg - F} = e^{-\frac{kA}{m}t}$$

$$v = \frac{1}{kA} (mg - F) (1 - e^{-\frac{kA}{m}t})$$

第三节 动 量

一、基本要求

- (1)理解动量、冲量的概念,会计算变力的冲量,掌握动量定理和动量守恒定律。
- (2)理解角动量概念,掌握角动量守恒定律。

二、重点及难点

1. 重点

- (1)质点及质点系的动量定理,能用它们分析解决平面内运动的简单力学问题。
- (2)动量守恒定律及其适用条件。理解应用动量守恒定律分析问题的思想和方法。
- (3)角动量(动量矩)概念,质点(系)角动量定理,质点(系)角动量守恒定律及其适用条件。