

创新
版

全解应
试精典
系列丛
书

高中

物理·化学·生物·信息技术

全解应试精典

主编 肖承德 等

南京大学出版社

创新版全解应试精典系列丛书

高中物理·化学·生物· 信息技术全解应试精典

主编 肖承德 江家发
周守标 程承士

南京大学出版社

内 容 简 介

本书根据教育部规定的教材,按照3+x高考模式,将高中物理、化学、生物三科综合在一起,并分别根据高中物理、化学、生物教材的内容顺序,分成若干单元,每单元又分为重点、难点提示,重要概念、定律、定理阐释、典型例题解析和单元测试等内容展开。后附有三套高考模拟(理科综合)试卷,并附有参考答案。考虑到信息技术课即将在全国中学开设,因此,根据中学信息技术课教材的要求增设了相关辅导内容,并配有思考题。本书不仅适用于广大高考学生使用,而且对广大在校高中生也具有指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

高中物理、化学、生物、信息技术全解应试精典/肖承德等主编. —南京:南京大学出版社,2001.7

(创新版全解应试精典系列丛书)

ISBN 7-305-03726-5

I. 高... II. 肖... III. ①物理课-高中-教学参考资料②化学课-高中-教学参考资料③生物课-高中-教学参考资料④计算机课-高中-教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 046437 号

丛 书 名 创新版全解应试精典系列丛书

书 名 高中物理·化学·生物·信息技术全解应试精典

主 编 肖承德 江家发 周守标 程承士

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路22号 邮编 210093

电 话 025—3596923 025—3592317 传真 025—3303347

网 址 <http://www.njupress.com>

电子函件 nupress1@public1.ptt.js.cn

经 销 全国各地新华书店

印 刷 武进第三印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 485 千

版 次 2001年7月第1版 2001年7月第1次印刷

ISBN 7-305-03726-5/G·569

全套六册总定价 96.00 元

创新版全解应试精典系列丛书

编 委 会

主 编 黎 明 任 华 江 涛 王 荣

副主编 徐际宏 肖承德 文 曙 周晓光

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 荣 文 曙 朱之伟 任 华

江 涛 江家发 李后山 杨明伟

杨善解 李为民 肖承德 肖家芸

宋寿柏 宋大华 宋伟光 欧再芬

周守标 周宏俊 周明德 周晓光

胡宏达 高培元 高永海 高金虎

胡家声 胡其伟 洪明俊 洪鲁州

徐际宏 黄建成 黄敬德 黄晨阳

程小佳 程根友 程承士 蒙世满

黎 明

为适应全国中考、高考改革和广大考生的需要,我们聘请了江苏、安徽、山东等地的著名重点中学的特级教师、高级教师、教育研究专家和高等师范院校的学科教育学专家,组织编写了这套《创新版全解应试精典系列丛书》。

该丛书根据教育部规定的现行教材的知识体系,紧扣课文基本知识点、重点和难点,运用典型例题进行示范引导,并把握关键的理论、命题作阐发讲解,目的使学生牢固地掌握基础知识,提高分析问题、解决问题和综合创新能力。同时,各册都附有中考或高考的模拟试卷及答案要点。《丛书》既具有同步辅导的功能,也具有应试功能,并且还带有一定的工具性。

本丛书分为中考和高考两个系列,共12本。初中有:《初中语文全解应试精典》、《初中数学全解应试精典》、《初中英语全解应试精典》、《初中物理全解应试精典》、《初中化学全解应试精典》、《中考优秀作文精典》;高中有:《高中语文全解应试精典》、《高中数学全解应试精典》、《高中英语全解应试精典》、《高中物理·化学·生物·信息技术全解应试精典》、《高中政治·历史·地理全解应试精典》、《高考优秀作文精典》。

本丛书既适合于初中或高中毕业生在中考或高考前冲刺阶段使用,也适合于广大中学生平时辅导练习使用。因此,它不仅为应届初、高中毕业生参加中考或高考带来有益的启迪和切实的帮助,而且也不失为广大在校的初中和高中学生的良师益友。

编委会

2001年4月

目 录

物 理 部 分

第一单元 力学	(1)
第二单元 热学	(15)
第三单元 电磁学(I)	(25)
第四单元 电磁学(II)	(39)
第五单元 光学、原子物理学	(55)

化 学 部 分

第一单元 基本概念和基本理论	(70)
第一章 物质的量 反应热	(70)
第二章 物质结构 元素周期律	(73)
第三章 化学反应速率和化学平衡	(76)
第四章 电解质溶液 胶体	(79)
第二单元 非金属元素及其化合物	(88)
第一章 卤素	(88)
第二章 硫 硫酸	(92)
第三章 氮和磷	(96)
第四章 碳和硅	(100)
第三单元 金属元素及其化合物	(107)
第一章 碱金属	(107)
第二章 镁 铝	(111)
第三章 铁	(117)
第四单元 有机化合物	(124)
第一章 烃	(124)
第二章 烃的衍生物	(130)

第三章 糖类 蛋白质	(135)
------------------	-------

生物部分

第一单元 绪论 细胞	(142)
第二单元 生物的新陈代谢	(150)
第三单元 生物的生殖和发育	(159)
第四单元 生命活动的调节	(166)
第五单元 遗传和变异	(174)
第六单元 生命的起源和生物进化	(193)
第七单元 生物与环境	(200)

信息技术部分

第一单元 信息技术概述	(212)
第二单元 使用计算机的必备环境——操作平台	(213)
第三单元 用计算机进行文字处理	(219)
第四单元 用计算机上因特网	(226)
第五单元 程序设计	(231)
第六单元 数据库初步——用计算机管理数据	(238)
2002 年高考理科综合能力测试模拟试题(A)	(244)
2002 年高考理科综合能力测试模拟试题(B)	(249)
2002 年高考理科综合能力测试模拟试题(C)	(254)
参考答案	(258)
后 记	(275)

物理部分

第一单元 力学

【重点、难点提示】

1. 力的概念

力是物体对物体的作用,分析物体受力时,要明确受力物体和施力物体,没有施力物体的“力”是不存在的。

2. 力的合成与分解

力是矢量,力的合成与分解遵循平行四边形法则;要掌握力的合成与分解的作图方法。

3. 匀变速直线运动

匀变速直线运动是加速度大小和方向都不变的运动。求解匀变速直线运动问题,常用以下公式:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

$$v = v_0 + a t \quad (2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 a s \quad (3)$$

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (4)$$

$$s = \bar{v} t \quad (5)$$

以上五个公式,除第(5)式外,只适用于匀变速直线运动。

由于加速度、位移、瞬时速度和平均速度都是矢量,故在直线运动条件下,以上公式中除时间 t 以外,其余各量都是代数量,应用公式列出的方程,是一个代数方程。

4. 牛顿运动定律及其应用

牛顿运动定律是求解力学问题的基本定律,要深刻理解定律的内容,掌握应用定律的方法。

应用牛顿第二定律解题的一般步骤是:

(1) 明确研究对象;

(2) 分析研究对象的受力情况和运动情况(主要是加速度),画好受力图;

(3) 选定正方向,应用牛顿第二定律列出该方向上的动力学方程;

(4) 分析具体问题的具体条件,配合动力学方程求解。在具体计算时,要注意先文字运算,后统一单位数值计算。

5. 物体的平衡

(1) 几个力同时作用在物体上,若它们有共同的作用点或作用线相交于一点,叫做共点力。在共点力作用下物体的平衡条件是合力为零,即 $F_{\text{合}} = 0$ 。

由于力是矢量,这一平衡条件也可表示为在任意两正交方向上,共点力分量的代数和为零。

(2) 有固定转动轴的物体的平衡条件是力矩的代数和为零,即 $M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$ 。

解物体的平衡问题,要在分析物体受力的基础上选用平衡条件。在应用力矩平衡条件时,要注意力矩的正和负。

6. 平抛运动

通常选抛出点为坐标原点,建立直角坐标系,将平抛运动分解为沿两坐标轴方向上的直线运动。掌握了两坐标方向的运动,也就掌握了平抛运动的规律。例如,选 x 轴正方向水平,同初速度 v_0 的方向, y 轴正方向向下,同重力加速度 g 的方向,就有以下反映平抛运动规律的公式:

$$x = v_0 t, v_x = v_0$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2, v_y = g t$$

根据这些公式可求任一时刻物体的位置和速度。

7. 匀速圆周运动

(1) 匀速圆周运动是指角速度不变或线速度大小不变的运动,因为速度方向在不断变化,所以是变速运动。反映圆运动快慢的三个物理量间有以下关系: $v = 2\pi r/T$, $\omega = 2\pi/T$, $v = r\omega$ 。

(2) 要注意向心加速度公式

$$a = r\omega^2 = \frac{v^2}{r}$$

对匀速圆周运动适用,对非匀速圆周运动也适用。当速度大小变化时,公式给出圆周上任一点向心加速度和该点速度(角速度)大小间的关系。

(3) 应用向心力公式

$$F = m r \omega^2 = m \frac{v^2}{r}$$

要注意向心力 F 是作用在做圆运动物体上的合力(或合力沿向心方向的分力)。用公式列求解方程时,“向心方向”规定为正方向,即当力(或其分力)的方向向心时为正,离心时为负,切不可把正负号搞错。

与加速度公式一样,向心力公式对非匀速圆周运动也适用。

8. 行星运动和万有引力定律

(1) 开普勒在分析了大量天文观测数据,总结出行星运动三条定律——开普勒三定律。

(2) 牛顿在开普勒三定律的基础上建立了万有引力定律。

行星绕太阳运动,卫星绕地球运动以及任何飞行器绕天体的运动均遵从开普勒三定律和万有引力定律。

在应用万有引力定律时要注意应用圆运动的公式。

9. 动量和动量守恒定律

(1) 物体的动量是矢量,方向与速度方向相同。动量的大小与参照系的选择有关,动量的运算服从矢量运算规则。

力的冲量也是矢量,方向由力的方向决定。在力作用的时间内,力的方向不变,冲量的方向

跟力的方向相同。

(2) 动量定理表示物体所受合力的冲量等于物体的动量变化,即 $Ft = p' - p$ 。

(3) 动量守恒定律研究的对象是两个或多个有相互作用的物体组成的系统。动量守恒定律成立的条件是:系统不受外力或所受外力之和为零。

动量守恒定律是自然界基本规律之一,有着广泛的应用,在研究两个或多个物体组成的系统的问题时,要注意动量守恒定律的应用。

10. 机械能

(1) 力对物体所做的功,等于力的大小、位移的大小以及力和位移间夹角的余弦的乘积,即 $W = F \cos \alpha$ 。当 $\alpha < \frac{\pi}{2}$ 时, $W > 0$, 力 F 对物体做正功;当 $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$ 时, $W < 0$, 力 F 对物体做负功。

物体受几个力作用,合力所做的功,等于各力做功的代数和。

功率表示做功的快慢,有 $p = \frac{W}{t}$ 或 $p = Fv$ 。

如果 v 表示平均速度,则 p 表示平均功率;如果 v 表示瞬时速度,则 p 表示瞬时功率。

(2) 动能、重力势能、弹性势能都是机械能。功不同于能,功是能量转化的量度。动能定理指出:合力所做的功等于物体动能的变化。合力对物体做正功,动能增加;合力对物体做负功,动能减少。

无论物体做直线运动还是做曲线运动,也无论物体受恒力作用还是变力作用,动能定理都适用。

应用动能定理解题,要注意分析初动能和末动能,也要注意分析物体在运动过程中的受力情况,明确各力所做的功,再应用定理。

(3) 应用机械能守恒定律解题,往往比较方便,但要认真分析物体的受力情况以及力所做的功,在动能和势能(重力势能和弹性势能)的转化中,如果只有重力做功(或弹力做功),就能应用机械能守恒定律。当问题不具备机械能守恒的条件时,可以考虑选用动能定理。

要注意计算重力势能时参考平面的选择,在参考平面上方的物体,重力势能是正值;在参考平面下方的物体,重力势能是负值。

11. 机械振动

(1) 要在认识单摆和弹簧振子做简谐振动的的基础上,掌握简谐振动的以下特征:

(a) 受力特征 物体受力与偏离平衡位置的位移大小成正比,方向总指向平衡位置的回复力作用,即 $F = -kx$ 。

(b) 加速度特征 根据牛顿第二定律可知,物体 m 做简谐振动的加速度 a 与位移 x 间有以下关系: $a = -\frac{k}{m}x$ 。此式表明,做简谐振动的加速度跟位移的大小成正比,方向与位移方向相反。

(2) 振幅、周期、频率是描述振动的物理量。用振动图象表示简谐运动,要理解振幅与周期的表示;对单摆的简谐运动,要掌握单摆的周期公式: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

(3) 弹簧振子和单摆在简谐运动过程中,动能和势能相互转化。在平衡位置,动能最大,势能最小;在离开平衡位置最远处,动能为零,势能最大。在只有弹力或重力做功的条件下,振动系统的机械能守恒。振动系统的机械能跟振幅有关,振幅越大,机械能越大,振动越强。

(4) 简谐振动是一种理想化的振动,受迫振动是一种实际振动。物体做稳定受迫振动的频率跟物体固有频率无关,等于驱动力的频率。当驱动力的频率接近物体的固有频率时,受迫振动的振幅增大,叫共振。

12. 机械波

(1) 产生机械波需要两个条件:(a) 波源(振源):产生振动的物体;(b) 介质(媒质):传播机械振动的弹性媒介物(固体、液体或气体)。波动过程中,各质点在各自己的平衡位置附近振动,并不随波迁移。

(2) 机械振动在介质中的传播速度叫波速,波速由介质决定。在波传播方向上,两个相邻的、在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点间的距离叫波长。波速 v 、波长 λ 跟频率 f

的关系是 $v = \lambda f$ 。

(3) 波动图象和振动图象虽然都是正弦曲线(或余弦曲线),但它们的物理意义不同。波动图象表示某一时刻各个质点的位移,振动图象表示某一质点在各个时刻的位移。

对于横波的图象,要能根据波的传播方向,确定质点的振动方向,或者根据质点的振动方向,确定波的传播方向。

由于波在空间上和时间上的周期性,每经过一个周期 T ,波传播一个波长,故 t 时刻跟 $t + nT$ ($n = 1, 2, \dots$) 时刻波的图象相同。

(4) 波绕过障碍物传播的现象叫波的衍射。产生明显衍射的条件是,障碍物或小孔的大小比波长小,或者跟波长相差不多。

频率相同的两列波叠加,使某些区域的振动加强,某些区域的振动减弱,并且加强和减弱的区域互相间隔,这种现象叫波的干涉。两个频率不同的波源不能产生干涉现象。

干涉和衍射是波特有的现象。

【重要概念、定律、定理阐释】

1. 参考系

坐在汽车里的乘客,认为司机是静止的,而路旁的房屋、树木是向后运动,这是以汽车为标准来说的。站在地面上的人,以地面为标准来观察,汽车是运动的,树木、房屋是静止的。相对于不同的标准物体,观察的结果会不同。在描述物体运动时,选作标准的物体叫参考系。

选哪个物体为参考系是可以任意的。选择合适的参考系,会方便问题的分析与求解。

2. 位移与路程

质点运动时,位置在不断变化。若质点由初位置 A 运动到末位置 B ,从 A 指向 B 的有向线段 AB ,表示质点的位移。有向线段的长短表示位移的大小,有向线段的方向表示位移的方向。位移是矢量。



图 1-1-1

运动质点经过的轨迹长度叫路程。路程不同于位移,只有大小没有方向,是标量。弹簧振子做简谐振动,振幅是 A ,在一周期内振子通过

的路程是 4A,但位移为零,表示振子的位置没有变化。图中质点沿曲线从 M 点运动到 N 点,曲线 MN 的长度表示路程,由 M 指向 N 的有向线段表示位移。应该注意,位移的方向表示质点位置改变的方向,质点并非一定沿该方向运动。

3. 平均速度和瞬时速度

在变速直线运动中,位移 s 跟发生位移所用时间 t 的比值,叫做物体在时间 t (或位移 s) 内的平均速度 $\bar{v}$,即 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 。求变速直线运动的平均速度,必须指明是哪段时间(或哪段位移),因为不同的时间间隔(或不同的位移),平均速度会不相同。

运动物体经过某一位置(或某一时刻)的速度,叫做瞬时速度(简称速度)。子弹飞离枪口的速度,跳水运动员入水时的速度,都是瞬时速度。

物体经过某一位置时的瞬时速度方向与该位置物体的运动方向相同。瞬时速度的大小又叫瞬时速(简称速率)。

当位移足够小、时间足够短时,所得的平均速度,可以认为就等于瞬时速度。

4. 加速度

表示速度改变快慢的物理量叫加速度 a ,它等于速度的改变 $v_t - v_0$ 跟发生这一改变所用时间 t 的比值,即 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 。式中 v_t 和 v_0 分别表示物体的末速度和初速度。

加速度是矢量,速度大小改变有加速度,速度大小不变方向改变,也有加速度,故做曲线运动的物体一定有加速度。

加速度与速度是两个不同的物理量,它们间又有一定的联系:当加速度方向跟速度方向相同时,速率就增大;当加速度方向跟速度方向相反时,速率就减小。

5. 力

力是物体间的相互作用。分析好物体的受力,是解力学问题的关键步骤,为此,要深刻认识力学中常见的重力、弹力和摩擦力。

重力 地球对地面或地面附近物体的吸引力叫做重力。重力的方向竖直向下,重力的大小 G 跟物体的质量 m 成正比: $G = mg$, 式中 $g = 9.8 \text{ N/kg}$ 。物体受 80 N 的重力,也说物体的重量

是 80 N。物体所受重力的作用点,叫物体的重心。

弹力 相互接触的物体发生形变时,由于要恢复原状产生力的作用,叫做弹力。弹力产生在直接接触而发生形变的物体之间。因此,物体间不接触,不会产生弹力;物体虽接触,但不发生形变也不会产生弹力。弹力的大小跟形变的大小有关系,形变越大,弹力越大,在具体问题里,要根据具体条件判定或通过解方程求弹力的大小。物体所受弹力的方向沿施力物体形变恢复的方向,例如,线或绳对物体的拉力(张力)方向沿线或绳指向线或绳收缩方向,压力或支持力的方向垂直于支持面指向被压或被支持的物体。

摩擦力 两个互相接触的物体间有相对滑动时产生的阻碍相对滑动的力,叫做滑动摩擦力。滑动摩擦力的方向总跟接触面相切,且跟物体相对于接触面的运动方向相反;滑动摩擦力的大小 f 跟两接触面间压力大小 N 成正比,即

$$f = \mu N$$

式中比例常数 μ 叫做动摩擦因数,没有单位,数值跟两接触物体的材料和表面情况(如粗糙程度)有关。

相互接触的两物体在外力作用下保持相对静止而又有相对运动趋势时,沿两物体接触面所产生的摩擦力叫做静摩擦力。静摩擦力的方向跟接触面相切,并且跟物体相对运动趋势的方向相反;当物体刚开始运动时,静摩擦力达到最大值 f_m ,一般情况下,静摩擦力在零和最大静摩擦力 f_m 之间,即 $0 < f \leq f_m$ 。

6. 牛顿第一定律

一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种状态为止。

物体保持匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做惯性。第一定律表明,一切物体都具有惯性,惯性是物体的固有性质。第一定律还告诉我们,力是改变物体速度的原因,不是维持速度的原因。

7. 牛顿第二定律

物体的加速度 a 跟物体所受的合力 $F_{\text{合}}$ 成正比,跟物体的质量 m 成反比,加速度的方向跟合力的方向相同,即



$$F_{\text{合}} = ma$$

第二定律表明:物体只有受到力作用才有加速度。力恒定不变,加速度也恒定不变;力变化,加速度也随着变化;力停止作用,加速度为零,物体由于惯性将保持力停止作用时的运动状态。

加速度与力的上述关系是一种瞬时关系,即运动物体在任一瞬间(或任一位置)都有上述关系。这也告诉我们,不论力是否变化,物体是做直线运动还是曲线运动,对运动物体的任一位置都可以应用牛顿第二定律。

8. 牛顿第三定律

两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用在一条直线上。

学习第三定律要注意:

(1) 区分作用力、反作用力与平衡力。作用力和反作用力是作用在两个不同的物体上,是同性质的力(如都是弹力);平衡力则是作用在同一个物体上,一般是不同性质的力(如重力和弹力)。

(2) 有相互作用的两物体不论是都运动或都静止,或者一个静止一个运动,它们间的作用力和反作用力也总是大小相等、方向相反,作用在一条直线上。

9. 共点力作用下物体的平衡条件

平衡状态是物体保持静止或做匀速直线运动,即加速度为零。根据牛顿第二定律可知,在共点力作用下物体的平衡条件是合力为零,即

$$F_{\text{合}} = 0$$

解力的平衡问题,要先分析物体的受力,再应用平衡条件列出方程并结合具体条件求解。

10. 力矩

力可以使物体产生移动,也可以使物体产生转动。力使物体绕轴转动作用,不仅跟力的大小有关,还跟力与转轴的距离有关。力学中把

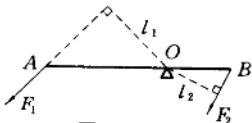


图 1-1-2

从转轴到力的作用线的垂直距离叫做力臂。图 1-1-2 中,杠杆 AB 两端受两力 F_1 和 F_2 作用,力在图面内,转轴 O 垂直图面。从转轴 O 到力 F_1 的垂直距离 L_1 是力 F_1 的力臂; L_2 是力 F_2

的力臂。

力 F 和力臂 L 的乘积叫做力对转动轴的力矩 M ,即

$$M = FL$$

力矩使物体绕固定轴转动,有两个转动方向,如果把使物体向逆时针方向转动的力矩规定为正力矩,则使物体向顺时针方向转动的力矩便为负力矩。

11. 有固定转动轴的物体的平衡条件

有固定转动轴的物体的平衡条件是作用在物体上的力对转动轴的力矩的代数和为零,即

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

在应用力矩的平衡条件时,也要先分析物体的受力,然后应用平衡条件列求解方程,在列方程时不要把力臂与力矩的方向搞错。

12. 运动的合成和分解

已知分运动求合运动叫做运动的合成,已知合运动求分运动叫做运动的分解,运动的合成和分解包括位移、速度、加速度的合成和分解。合成和分解都遵从平行四边形法则。

将曲线运动(如抛物运动)分解为两个已知方向上的运动来研究,是研究曲线运动的常用方法。

13. 开普勒三定律

开普勒通过分析整理大量天文观测数据,总结出行星运动三条规律,叫做开普勒三定律。

开普勒第一定律 行星绕太阳沿各自的椭圆轨道运动,太阳位于椭圆的一个焦点上。

开普勒第二定律 对每个行星来说,行星和太阳的连线在相等的时间内扫过相等的面积。

开普勒第三定律 各行星椭圆轨道半长轴 a 的三次方跟行星公转周期 T 的平方之比,对不同行星均为常量 C ,即

$$\frac{a^3}{T^2} = C$$

行星绕太阳运动,卫星绕地球运动以及飞行器绕天体的运动均遵从开普勒三定律。

14. 万有引力定律

1687 年,牛顿正式发表了万有引力定律:自然界中任何两个物体都相互吸引,引力的大小跟这两个物体的质量的乘积成正比,跟它们的距离

的二次方成反比。即

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中 G 叫做引力常量, 通常取 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ 。万有引力定律中的距离 r 是指可以当作质点的物体间距离。对于质量均匀分布的两球体或球壳, r 是指两球心间的距离。

15. 同步卫星

相对于地球静止的卫星叫同步卫星。由于地球有自转存在, 因此地球同步卫星绕地球运转的周期应等于地球自转的周期, 且转动方向相同。

同步卫星进入轨道后在地球引力作用下绕地心做圆周运动。卫星的轨道平面必须与赤道平面重合。否则, 轨道平面与赤道平面间有一夹角(如图 1-3 中的轨道 I), 就不满足同步要求。但是轨道平面与赤道平面重合的轨道半径有大有小, 尚有无限多个, 唯一满足要求的轨道是: 地球引力

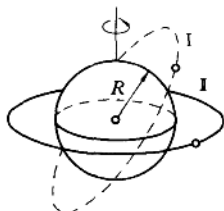


图 1-1-3

恰好是卫星在该轨道上以速率 $v = r\omega = r(\frac{2\pi}{T})$ 做圆周运动的向心力, 即有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r = mr(\frac{2\pi}{T})^2$$

解得同步卫星离地心的距离 r

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

同步卫星的运行高度 h 为

$$h = r - R_0 = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R_0$$

代入数据: $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^2 / \text{s}^2$, $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $T = 8.64 \times 10^4 \text{ s}$, $R_0 = 6.40 \times 10^6 \text{ m}$, 求得 $h = 3.58 \times 10^7 \text{ m}$ 。这一结果表明, 所有的同步卫星都必须在离地面同一高度的同一轨道上运行。

16. 动量定理

物体所受合力的冲量等于物体的动量变化, 叫做动量定理。用 mv 表示物体的初动量, 在合力 F 作用下, 经过时间 t , 物体的末动量变为

mv' , 则动量定理用公式表示是:

$$Ft = mv' - mv$$

动量定理适用于恒力, 也适用于变力。对于变力, 定理中的力 F 应理解为变力在作用时间内的平均值。

17. 动量守恒定律

一个系统不受外力或者所受外力之和为零, 这个系统的总动量保持不变, 叫做动量守恒定律。

在应用动量守恒定律时, 要首先明确系统是由哪几个有相互作用的物体组成, 其次要分析动量守恒的条件是否具备。在用定律列方程时, 要注意每一个物体的动量(或速度)都要相对于同一惯性系——没有加速度的参考系。

18. 动能定理

合力对物体所做的功等于物体动能的变化, 叫做动能定理。用公式表示为

$$W = E_{k2} - E_{k1}$$

式中 W 表示合力所做的功, E_{k2} 表示末动能 $\frac{1}{2}mv_2^2$, E_{k1} 表示初动能 $\frac{1}{2}mv_1^2$ 。

物体做直线运动或者做曲线运动, 受恒力作用或者变力作用, 动能定理都适用。

要注意动能的变化是末动能 E_{k2} 减初动能 E_{k1} , 其值可以为正, 也可以为负。合力的功即作用在物体上全部力所做功的代数和。在应用动能定理时, 既要分析物体的初动能和末动能, 又要分析物体的受力, 并根据具体过程列出力所做功, 再由动能定理列出求解方程。

19. 机械能守恒定律

动能和势能(包括重力势能和弹性势能)统称机械能。在只有重力(或弹力)做功的情形下, 物体的动能和重力势能(或弹性势能)发生相互转化, 但机械能的总量保持不变, 这就是机械能守恒定律。

有时物体除受重力(或弹力)外, 还受其他的力(如平面支持力), 但其他力均不做功, 只有重力或弹力做功, 机械能也守恒。

机械能守恒定律是力学中一条重要定律, 在应用时要先分析物体的受力, 注意在动能和势能的相互转化中, 是否只有重力(或弹力)做功, 否

则就不能应用守恒定律。

【典型例题解析】

例 1 列车从静止开始做匀变速直线运动。一人站在列车第一节车厢的前端,第一节车厢通过他所用时间为 t_1 。若各节车厢等长,求第 n 节车厢通过他需要多少时间? 不计车厢之间的距离。

解法 1

【解析】 列车做匀变速直线运动,设加速度为 a ,每节车厢长 l 。因为列车从静止开始运动,故第一节车厢通过时有

$$l = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad (1)$$

$(n-1)$ 节车厢通过时有

$$(n-1)l = \frac{1}{2} a t_{n-1}^2 \quad (2)$$

n 节车厢通过时

$$nl = \frac{1}{2} a t_n^2 \quad (3)$$

第 n 节车厢通过的时间 Δt 为

$$\Delta t = t_n - t_{n-1} \quad (4)$$

由(1)、(2)、(3)式解出 t_n 和 t_{n-1} ,再代入(4)式求得

$$\Delta t = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})t_1$$

解法 2

【解析】 设第 n 节车厢通过时的初速度为 v_n ,则有

$$l = v_n \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \quad (5)$$

$$\text{又} \quad l = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad (6)$$

$$v_n^2 = 2a(n-1)l \quad (7)$$

由此 3 式消去 v_n 、 a 和 l 得

$$\Delta t^2 + 2\sqrt{n-1}t_1\Delta t - t_1^2 = 0$$

因为 Δt 不能为负,故有

$$\Delta t = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})t_1$$

解法 3

【解析】 因各节车厢等长,故 t_1 时间内与 Δt 时间内的位移相等,即

$$\frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} (v_n + v_{n+1}) \Delta t \quad (8)$$

式中 v_1 为第 1 节车厢通过时的末速度, v_{n+1} 为第 n 节车厢通过时的末速度,有

$$v_1 = \sqrt{2al} \quad (9)$$

$$v_n = \sqrt{2a(n-1)l} \quad (10)$$

$$v_{n+1} = \sqrt{2anl} \quad (11)$$

解上述方程组求得

$$\Delta t = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})t_1$$

在分析问题的特征——匀变速直线运动时,要注意选用匀变速直线运动的公式,同时要根据具体问题的具体条件求解。利用本题给出的初速度为零和各节车厢等长的条件,可以很方便的列方程求解。分析和应用具体条件是求解物理问题的重要步骤。

例 3 如图 1-1-13 所示,物体沿半径为 R

的四分之一光滑圆弧轨道的顶点 A 由静止开始滑下, A 与圆心 O 处于同一高度,经 B 点后进入粗糙水平面,设物体与水平面间的动摩擦因数为 μ ,求:

- (1) 物体通过 B 点的速度;
- (2) 物体在水平面上滑行距离多大?

解法 1

【解析】 先讨论 A 到 B 过程。该过程中,因轨道光滑,轨道支持力不做功,只有重力做功,机械能守恒。设物体过 B 点速度为 v ,根据机械能守恒定律有

$$mgR + 0 = 0 + \frac{1}{2} mv^2 \quad (1)$$

再讨论 B 到 C 过程(物体到 C 点停止),设滑行距离为 S 。此过程重力不做功,滑动摩擦力 f 做负功,根据动能定理有

$$-fs = 0 - \frac{1}{2} mv^2 \quad (2)$$

$$\text{又} \quad f = \mu mg \quad (3)$$

解(1)、(2)、(3)式得:

$$v = \sqrt{2gR}$$

$$s = R/\mu$$

解法 2

【解析】 仍分别讨论 AB 和 BC 过程,对

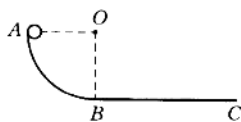


图 1-1-13

AB 过程应用动能定理,对 BC 过程应用牛顿定律和匀加速直线运动公式,有

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = mgR \quad (4)$$

$$\mu mg = ma \quad (5)$$

$$0 = v^2 - 2as \quad (6)$$

解得 $v = \sqrt{2gR}$, $s = R/\mu$ 。

解法 3

【解析】讨论 AC 过程。因为物体在 A 点和 C 点的速度均为零,从 A 到 B 仅重力做功,故应用动能定理可方便的求距离 s :

$$mgR - \mu mgs = 0$$

$$\therefore s = R/\mu。$$

解法 4

【解析】应用能量转化和守恒定律求解。物体从 A 到 C,动能没有改变,但重力势能减少 mgR 。根据能量转化和守恒定律,机械能的减少会通过做功转化为等量的其他形式的能量。物体正是通过在粗糙水平面上克服摩擦力做功使机械能转化为内能。因此有

$$mgR = \mu mgs$$

$$s = R/\mu。$$

例 4 如图 1-1-17 所示,质量为 m_1 的物体沿光滑竖直轨道滑下,跟静止在光滑水平长轨道上质量为 m_2 的物体相碰。若碰后物体 m_1 和 m_2 的动能不变,求物体 m_1 和 m_2 能发生第二次碰撞的条件。

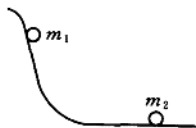


图 1-1-17

【解析】物体 m_1 沿光滑轨道滑下,重力势能转化为动能,到达水平轨道时具有一定的动能,其对应的速度设为 v_0 。 m_1 和 m_2 碰撞过程中,系统在水平方向不受力,动量守恒。根据动量守恒定律和题意有

$$m_1 v_0 + 0 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}m_1 v_0^2 = \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 \quad (2)$$

式中 v_1 和 v_2 为碰后 m_1 和 m_2 的速度。

由(1)、(2)两式解得

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$$

由此两式可知,碰撞后 m_2 运动方向同 v_0 方向, m_1 的运动方向可能同 v_0 方向(当 $m_1 > m_2$ 时),也可能与 v_0 方向相反(当 $m_1 < m_2$ 时)。当 v_1 与 v_0 同方向时,因为 $m_1 - m_2 < 2m_1$,所以 $v_1 < v_2$,不可能发生第二次碰撞。要使 m_1 和 m_2 发生第二次碰撞, m_1 碰后应弹回,且速率要大于 m_2 的速率,这一条件的数学表示是:

$$-\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0 > \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$$

这里加负号是因为 v_1 为负(弹回的速度与 v_0 相反),作为速率应为正值。

由此得

$$m_2 > 3m_1$$

这就是 m_1 和 m_2 能发生第二次碰撞的条件。

例 5 物体沿水平直线运动,其速度 v 及水平拉力 F 随时间 t 的变化关系如图 1-1-31 所示。求:

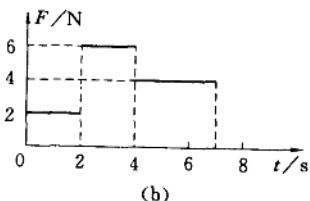
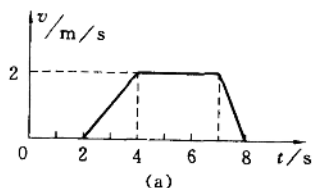


图 1-1-31

- (1) 在 0~8 秒内拉力对物体所做的功;
- (2) 拉力 F 的最大功率。

【解析】题给出力和速度随时间的变化关系,没给物体的质量,不能从动能定理求功,可以通过找寻位移求功。

(1) 从图(b)知,在 0~2 s 内物体受拉力 2 N,但从图(a)看,物体速度为零,无位移,故此时间内拉力的功为零。

在 2~4 s 内,从图可知,物体做初速为零、末速度为 2 m/s 的匀变速运动,通过位移 s_1

$$s_1 = \frac{v_0 + v}{2} \times t = \frac{0+2}{2} \times 2 = 2 \text{ m},$$

此时间内物体所受拉力 F_1 为

$$F_1 = 6 \text{ N}$$

F_1 和 s_1 均为正值, 表示 F_1 和 s_1 同方向, 故拉力 F_1 所做的功 W_1

$$W_1 = F_1 s_1 = 12 \text{ J}$$

4~7 s 内物体速度为 2 m/s, 通过位移 s_2

$$s_2 = vt = 2 \times 3 = 6 \text{ m},$$

此时间内拉力 $F_2 = 4 \text{ N}$, 故拉力 F 所做的功 W_2

$$W_2 = F_2 s_2 = 24 \text{ J}$$

7~8 s 内, 拉力为零, 功为零, 因此, 在 0~8 s 内拉力做的总功 $W = W_1 + W_2 = 36 \text{ J}$.

(2) 拉力的最大功率是当拉力和速度都取最大值时。从图可以看出, 物体在 4 s 末时速度最大 ($v = 2 \text{ m/s}$), 拉力也最大 ($F = 6 \text{ N}$) 此瞬时拉力有最大功率 p_m

$$p_m = Fv = 6 \times 2 = 12 \text{ W}$$

例 6 飞船沿半径为 r 的圆轨道绕地球运行, 周期为 T_0 。若要飞船返回地面, 可在圆轨道上某点(例如 A 点), 将飞船的速率降到某一数值, 从而使飞船沿以地心为焦点的椭圆轨道运行(见图 1-1-36), 已知椭圆与地球表面在 B 点相切。求飞船由 A 第一次到 B 所需要的时间。已知地球半径为 R_0 。

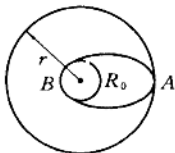


图 1-1-36

【解析】 这里的飞船

运行是指发动机并不点火, 飞船仅在万有引力作用下沿圆或椭圆轨道运动。因此, 飞船绕地球的运动跟行星绕太阳的运动一样, 遵从开普勒三定律。

从图中可知, 椭圆轨道长轴长为 $r + R_0$ 。设飞船沿椭圆轨道运行的周期为 T , 根据开普勒第三定律, 有

$$\frac{R_0^3}{T_0^2} = \frac{\left(\frac{r+R_0}{2}\right)^3}{T^2}$$

所以

$$T = T_0 \sqrt{\frac{(r+R_0)^3}{8R_0^3}}$$

于是从 A 第一次到 B 所需时间 $\Delta t = \frac{T}{2}$, 即

$$\Delta t = \frac{T_0}{2} \sqrt{\frac{(r+R_0)^3}{8R_0^3}}$$

例 7 宇宙中有一对双星, 质量分别为 m_1 和 m_2 , 以二者连线上一点为圆心做匀速圆周运动(见图 1-1-37)。两星间距离一定, 为 l 。忽略其他星体的影响, 求双星做圆运动的轨道半径与周期。



图 1-1-37

【解析】 双星做圆运动所需要的向心力, 当忽略其他星体的影响时, 就是它们之间的万有引力。双星绕同一圆心运动时, 因为它们间的距离 l 恒定, 所以它们的角速度和周期应相同, 设双星做圆运动的轨道半径分别为 r_1 和 r_2 周期为 T , 则由向心力公式有

$$G \frac{m_1 m_2}{l^2} = m_1 r_1 \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (1)$$

$$G \frac{m_1 m_2}{l^2} = m_2 r_2 \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (2)$$

$$\text{又} \quad r_1 + r_2 = l \quad (3)$$

联立求解(1)、(2)、(3)式可得

$$r_1 = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}$$

$$r_2 = \frac{m_1 l}{m_1 + m_2}$$

$$T = 2\pi l \sqrt{\frac{l}{(m_1 + m_2)G}}$$

例 8 一列简谐横

波在某时刻波形图线的一部分如图 1-1-38 所示。已知 A 点加

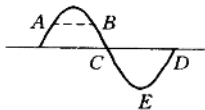


图 1-1-38

速度大小为 5 m/s^2 , C 点速度方向向下, CD 距离为 25 cm 。经 0.1 s , C 点第一次到达波谷, 求 B 点加速度大小, 波的传播方向以及波速。

【解析】 简谐波在介质中传播时, 介质中每个质点都在各自的平衡位置附近做简谐振动。从图中看, 某时刻 A 点和 B 点对平衡位置有相同的位移, 它们的加速度大小和方向相同。A 点加速度大小为 5 m/s^2 , 故 B 点加速度大小也为 5 m/s^2 。

波动过程中, 振动状态沿波传播方向向前传

播。较后质点的振动总比较前质点的振动要迟。比较图中C点和E点:此时刻C点速度方向,尚需经0.1 s方可到达波谷,而距C点 $\frac{\lambda}{4}$ 的E点此时已在波谷,比C点的振动早。这表明波是从右向左传播的。

从题意C点由平衡位置经0.1 s第一次到达波谷,即 $\frac{T}{4}=0.1$ s,所以 $T=0.4$ s。又从图知,CD间距离为半个波长,所以 $\lambda=2\overline{CD}=50$ cm。由此求波速 v

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.5}{0.4} = 1.25 \text{ m/s}$$

例9 两根长度均

为 l_0 的轻线系住一个质量为 m 的小球A,构成双线摆(见图1-1-47)。轻线与水平方向夹角为 α 。用力推动小球使其在垂直于纸面的

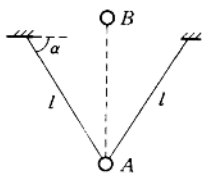


图1-1-47

平面内做简谐振动。当小球通过平衡位置时,另一小球B正从A球的上方自由落下。若B球能击中A球,求B球落下时对A球的高度。

【解析】双线摆做简谐振动的周期可用单摆振动周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 计算,公式中 l 按题意等于 $l_0 \sin \alpha$,故球A的振动周期

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_0 \sin \alpha}{g}} \quad (1)$$

B球自由下落,设下落时间为 t ,高度为 h 则有

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

B球能击中A球一定是A球通过平衡位置时,A球在其他位置,B球不可能击中。

A球做振动,会反复通过平衡位置。从A球通过平衡位置开始计时,每经过 $\frac{T}{2}$ 时间A球通过平衡位置一次。由此可知,B球能击中A球的条件是:B球下落的时间 t 为A球做简谐振动半周期的整数倍,即

$$t = n\frac{T}{2} \quad (n=1,2,\dots) \quad (3)$$

解(1)、(2)、(3)式可求B球对A球的下落高度

$$h = \frac{1}{2}n^2\pi^2 l_0 \sin \alpha \quad (n=1,2,\dots)$$

例10 如图1-1-49

所示,一单摆摆球质量为 m ,摆长为 l ,摆角 $\theta < 5^\circ$ 。当摆球摆到最低点B且向左运动时,另一置于光滑水平面上的质量为 M 的物体正在水平向右的恒力 F 作用下开始向右运动。若要物体 M 与摆球 m 的动量相同,作用在物体上的恒力 F 大小应如何?

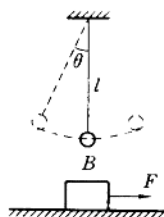


图1-1-49

解法1

【解析】要使物体 M 与摆球 m 的动量相同,不仅它们动量的大小相等,而且方向也要相同。对物体而言,其动量的方向始终向右,对摆球,只有它从左侧返回到最低时,即经历时间 $\frac{T}{2}, (1+\frac{1}{2})T, \dots, (n+\frac{1}{2})T$ 才能具有水平向右方向的动量(T 为单摆的周期)。

物体 M 在恒力 F 作用下开始运动,设 t 时刻的速度为 v_1 ,动量 $p_1 = Mv_1$ 。根据牛顿第二定律和匀加速运动公式有

$$F = Ma = M(\frac{v_1 - 0}{t}) = p_1/t \quad (1)$$

设摆球过最低点B的速度大小为 v_2 ,根据机械能守恒定律有

$$mgl(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$$

此时摆球的动量大小 p_2 为

$$p_2 = mv_2 = m\sqrt{2gl(1 - \cos \theta)} \quad (2)$$

欲使 $p_1 = p_2$,应有下列具体条件:

$$t = (n + \frac{1}{2})T = (n + \frac{1}{2})2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (3)$$

由(1)、(2)、(3)式可求得 F

$$F = mg\sqrt{2(1 - \cos \theta)} / [4\pi(2n+1)] \quad (n=0,1,2,\dots)$$

解法2

【解析】设物体在恒力 F 作用下运动,