



金太阳系列丛书

丛书主编 陈东旭

热点重点难点 专题透析

—— 高考第二轮复习用书 (B版)



物 理

江西金太阳教育研究所 编

江西高校出版社

B



丛书主编 陈东旭

金太阳系列丛书

热点重点难点 专题透析

——高考第二轮复习用书(B版)

物 理

江西金太阳教育研究所 编

主 编:谭锦生

副主编:李晓波 朱天良 史更新 夏广全

编 委:(按姓氏笔划排列)

尹增贵	方玉涛	史更新	刘 伟	刘占想
朱天良	纪少红	何卫国	张永兴	李晓波
汪日新	肖平习	陈甲平	施晓洪	胡凤娣
荆长城	钟瑞文	夏广全	夏兵勇	郭光森
管康元	谭锦生	阚明刚		

江西高校出版社

金太阳系列丛书



丛主理 陈东旭

图书在版编目(CIP)数据

热点重点难点专题透析·高考第二轮复习用书·B版.
物理/江西金太阳教育研究所编. —南昌:江西高校出版社, 2007.11

(金太阳系列丛书/陈东旭主编)

ISBN 978-7-81132-106-7

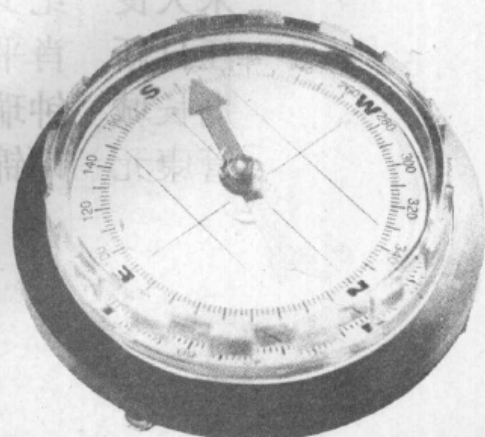
I. 热… II. 江… III. 物理课—高中—升学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 173863 号

(高二物理选修 2-1) 江西金太阳教育研究所

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮政编码	330046
电 话	(0791)8504319, 8521923
网 址	www.juacp.com
印 刷	江西金太阳印务有限公司
照 排	江西金太阳教育研究有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	889mm×1194mm 1/16
印 张	58.75
字 数	2233 千字
版 次	2007 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
印 数	1~80000
书 号	ISBN 978-7-81132-106-7
定 价	101.00 元(全套共 7 册)

版权所有 侵权必究



前言

本套书为2008年高考第二轮复习物理专用。它与第一轮复习紧密衔接,根据教学实际,以专题归类的形式把高中物理主干知识的内容明晰化、条理化、概念化、规律化。专题关注高考中的热点、重点、难点,“讲”、“练”结合,使同学们能针对不足,逐点突破,对第一轮复习的薄弱部分进行补充,同时在训练中熟记考试内容,掌握应试技巧,提高综合素质。

本书为物理分册,编写体例如下:

一是知识技能板块,共分6个专题,以高中物理的核心内容为划分标准,主要针对高考中的热点、重点、难点知识,分析内容,讲解思路,展示方法,总结规律,预测方向。

二是思想方法板块,共分4个专题,主要针对高考题型,介绍解答物理题的方法及技巧,如“实验题的题型及处理方法”、“论述、计算题的解题方法和技巧”。

在编写过程中,我们本着对读者负责的态度,章章推敲,层层把关,确保文质兼美。然而高考改革不断深化,命题形式不断出新,尽管我们付出了艰辛努力,但错误、疏漏之处仍然在所难免,恳请不吝指正。相信在你我的共同努力下,本书能以其卓越的品质为广大考生的高考之路奠定坚实的基础。

此书是我所研究员与数十位高考专家、特级教师经过呕心沥血、精益求精的编写,为百万学子奉献的一部经典力作。相信它会得到广大师生的好评和厚爱,相信它会给你人生最重要的渡口——高考——指点迷津,让你翩然登上理想的高等学府的神圣殿堂。

愿你——翻遍此书有益处,得分不枉费工夫。

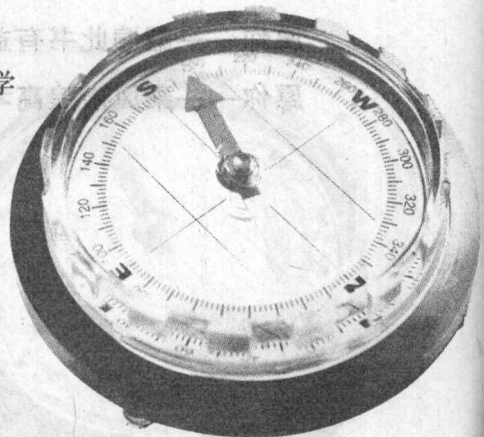
愿你——乘风破浪高考时,心领秘招济学海。

编者

金太阳系列丛书

以下学校参与本丛书的编写,在此鸣谢:

- | | | | |
|--------------|---------|-----------|-------------|
| 北京市: 北京四中 | 北大附中 | 清华大学附中 | 北京二中 |
| 天津市: 南开中学 | 耀华中学 | 天津实验中学 | 静海一中 |
| 河北省: 衡水中学 | 唐山一中 | 邯郸市一中 | 正定中学 |
| 内蒙古: 内蒙古师大附中 | 呼和浩特二中 | 赤峰二中 | 海拉尔三中 |
| 山西省: 临汾一中 | 平遥中学 | 大同市一中 | 太原市尖草坪区第一中学 |
| 山西省浑源县中学 | | | |
| 辽宁省: 沈阳二中 | 东北育才中学 | 鞍山一中 | 大连八中 |
| 吉林省: 东北师大附中 | 省实验中学 | 长春实验中学 | 吉林市一中 |
| 黑龙江: 哈尔滨九中 | 齐齐哈尔一中 | 鸡西一中 | 鹤岗一中 |
| 江苏省: 南京师大附中 | 启东中学 | 盐城中学 | 徐州一中 |
| 浙江省: 杭州高级中学 | 杭州外国语学校 | 浙江师大附中 | 温州中学 |
| 山东省: 省实验中学 | 烟台二中 | 济宁实验中学 | 牟平一中 |
| 安徽省: 马鞍山二中 | 安庆一中 | 桐城中学 | 濉溪中学 |
| 福建省: 福建师大附中 | 福州三中 | 厦门一中 | 龙岩一中 |
| 河南省: 河南大学附中 | 开封市高中 | 潢川一中 | 新乡一中 |
| 湖北省: 新洲一中 | 宜城一中 | 京山一中 | 宜昌夷陵中学 |
| 天门中学 | 松滋一中 | | |
| 湖南省: 长沙长郡中学 | 长沙雅礼中学 | 衡阳市八中 | 桑植一中 |
| 广东省: 华南师大附中 | 省实验中学 | 汕头金山中学 | 张家界市一中 |
| 广西: 柳州教科所 | 桂林教科所 | 南宁二中 | 惠州一中 |
| 四川省: 省外国语学校 | 成都石室中学 | 成都市七中 | 柳州一中 |
| 重庆市: 西南师大附中 | 重庆一中 | 重庆三中 | 绵阳高中 |
| 贵州省: 贵州师大附中 | 毕节一中 | 兴义一中 | 重庆十一中 |
| 云南省: 昆明一中 | 大理一中 | 曲靖一中 | 瓮安县中学 |
| 西藏: 拉萨中学 | | | 文山州一中 |
| 陕西省: 陕西师大附中 | 渭南市瑞泉中学 | 榆林市第一中学 | |
| 甘肃省: 西北师大附中 | 兰州一中 | 天水一中 | |
| 宁夏: 宁夏大学附中 | 银川市一中 | 银川市唐徕回民中学 | |
| 新疆: 新疆实验中学 | 乌鲁木齐一中 | 新疆师大附中 | |
| 库尔勒华山中学 | | | |
| 江西省: 江西师大附中 | 吉安市一中 | 吉安白鹭洲中学 | |
| 新建二中 | 上高二中 | 南康中学 | |
| 贵溪一中 | 修水一中 | 都昌一中 | |
| 瑞昌一中 | | | |



高考三轮复习期心理问题指导

一、学会缓减心理压力

高三阶段,同学们进入到紧张的复习备考状态,你追我赶,激烈的竞争带来了巨大的压力。心理研究发现,保持适度的心理压力有利于学习效率的提高;但压力过大,会造成紧张、急躁心理。所以,同学们必须学会调节自身的心理压力。

首先,同学们应当认识到,随着高考的临近,抓紧时间复习、积极备考是正常的,正如军队临战前要练兵、运动员比赛前要训练一样。有了这样的认识,就能把压力变为动力。

其次,要在老师的指导下制定自己的复习计划,做到以“我”为主,紧而不乱,不要盲目地跟着别人跑。要把平时当考时,考时当平时,尽量以平静的心态来复习备考。

再次,还要注意搞好团结。同学间既竞争,又友好,互相帮助,共同进步。在一种宽松友爱的氛围中复习,会收到更好的效果,高考中也能发挥出自己的最高水平。

二、正确看待信心问题

一些同学由于付出的努力短时间内看不到效果,就对自己的能力产生怀疑,这是没有树立正确的归因理念所致。精神分析专家阿德勒在《超越自卑》一书中说:“事实上,每个人都是自卑的,只是程度不同而已。因为我们发现我们的现状都是可以进一步改善的。”从这个意义上来说,自卑也可以成为一个人进步的动力,人生正是在对自卑的不断超越中渐入佳境的。但是,持久的、过分的自卑感则容易造成心理疾患。在遭遇挫折时,建议同学们不妨尝试以下策略:

- 1.对自己有一个客观的、全面的评价。
- 2.善于将成功归结为自己的能力。
- 3.体验内心的喜悦感和成就感,要相信之所以失败是由于自己努力不够或无效努力。
- 4.制定阶段性目标,在不断达到目标的过程中体验成就感。
- 5.增强自信心。
- 6.乐观、平静地对待挫折,因为挫折对于成功同样是必要的。

三、如何缓解学业焦虑

1.学业焦虑往往体现在对考分的过分看重,说到底是对自己未来前途的焦虑。之所以如此,原因有三:一是由于群体效应,将分数作为衡量自己能力的唯一指标;二是不自觉地将获取高学历等同于自己的人生价值;三是渴望自我实现与现实学业成绩的不理想而导致的认知不协调。只有减轻心理负担与学习负担,才能减轻精神上和学习上的压力,才能健康愉快地成长。为了缓解和消除学业焦虑,同学们可以尝试以下几种方法:

(1)选择适合自己的目标动机水平,过强或过弱的动机水平都容易产生失败体验而导致心理压力。

(2)未来对于每一个人来说都是一个未知数,不要过多地担忧将来的事情,而应将自己的精力和时间投入到现实的生活和学习中去。

(3)考前作好知识准备以及应付考试突发事件的心理准备,有备才能无患。

(4)不妨采用“极限思维法”,想象你所焦虑的事件可能的最坏结果,你会发现现状还是值得乐观的。

2.学习动力不足也常常令学生苦恼。一方面同学们都有提高成绩的需要,而另一方面,又容易产生浮躁、厌烦情绪,导致学习无动力或动力不足。学习动机分内在(具有持久性)和外在(具有短暂性)两种,学习者只有“知学”、“好学”并且“乐学”,从价值上给自己的学习以较高的评价,才会产生持久的学习动机。当然,学习的外在动机也是必要的,只有二者和谐作用,才会相辅相成,相得益彰。

四、如何克服精力分散

中学生在学习时常常会出现注意力不集中、精力分散、“走神”等现象。造成注意力分散的原因可能有以下几点:因单调刺激而引起的厌倦感,如学习繁重、枯燥;否定注意对象的价值导致意志努力失败或放弃努力;由精神疲劳而引起的疲劳效应。

“注意紧张状态”理论提出学习单元时间的概念。由于个性差异,每个人的学习单元时间可能不尽相同,有人认为一个人的最佳学习单元时间约为25分钟,通俗地讲,一个学习单元时间即是一个注意紧张状态,学习者应避免在一个既定学习单元时间内分心。

可以尝试以下克服注意力分散的三步控制法:

第一步,当出现某种滞涩情绪时,同学们应敏感地意识到,并提醒自己不能成为情绪的俘虏。

第二步,尽快着手按已定的复习计划学习。

第三步,继续学习,直到完成。

明白了上述道理,同学们就能够克服在一个学习单元时间内注意力分散的不良习惯,从而提高学习的效率。

目录

一、竞赛题解

1. 竞赛题解 1
2. 竞赛题解 14
3. 竞赛题解 26
4. 竞赛题解 38
5. 竞赛题解 53
6. 竞赛题解 74
7. 竞赛题解 86
8. 竞赛题解 96
9. 竞赛题解 103
10. 竞赛题解 114

第一专题 牛顿运动定律及其应用 1

第二专题 动量和能量 14

第三专题 带电粒子在电场和磁场中的运动 26

第四专题 电磁感应和电路的分析、计算 38

第五专题 振动与波、热学、光学、近代物理初步的

考题方向及解题要点 53

第六专题 物理学科内的综合 74

第七专题 物理解题中的数学方法 86

第八专题 选择题的分析和解题技巧 96

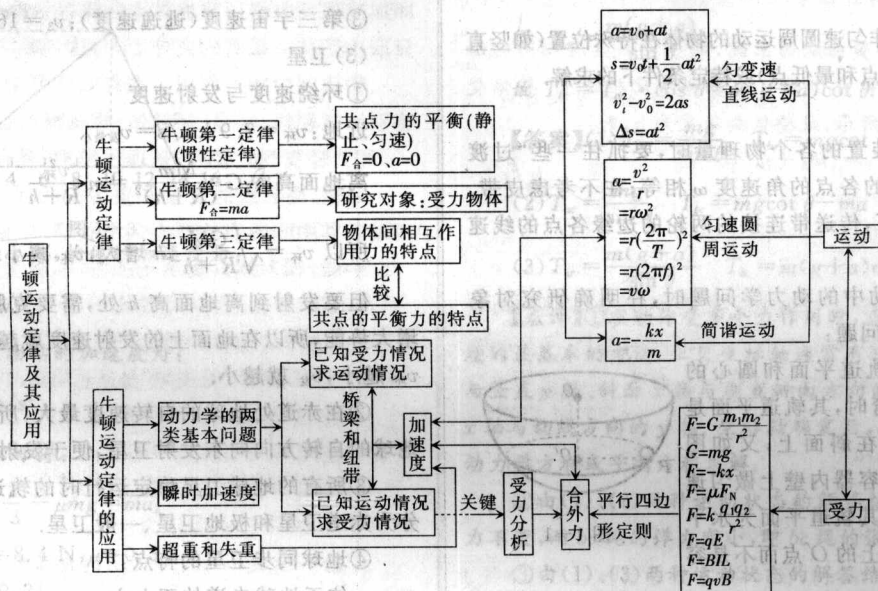
第九专题 实验题的题型及处理方法 103

第十专题 论述、计算题的解题方法和技巧 114



第一专题 牛顿运动定律及其应用

热点、重点、难点



一、牛顿运动定律的概述

牛顿三大运动定律是经典物理学中最重要、最基本的规律,也是力学乃至整个物理学的基石。这部分内容是历年高考试题中用来鉴别考生能力,选拔有潜能的考生的重要内容之一。

牛顿第一定律揭示了力和运动的关系,即力是改变物体运动状态的原因,而不是维持物体运动状态的原因;它还揭示了物体具有惯性,且惯性是物体的固有属性,而质量是惯性大小的唯一量度。

牛顿第一定律描述的是物体在不受任何外力时的状态,而不受外力的物体是不存在的。物体不受外力和物体所受合外力为零是有区别的,所以不能把牛顿第一定律简单理解成牛顿第二定律在 $F_{\text{合}}=0$ 时的特例。

牛顿第二定律是力的瞬时作用规律。力和加速度同时产生,同时变化,同时消失。 $F_{\text{合}}=ma$ 是一个矢量方程, a 的方向始终与物体所受的合外力 $F_{\text{合}}$ 的方向相同。作用在物体上的每一个外力都会使物体产生一个加速度,物体表现出来的加速度就是所有力产生的加速度的矢量和,这就是力的独立作用原理。牛顿第二定律只适用于宏观、低速运动的物体,而不适用于微观、高速运动的物体。

牛顿第二定律明确了物体的受力情况和运动情况之间的定量关系。联系物体的受力情况和运动情况的桥梁或纽带就是加速度。

牛顿第三定律中的作用力和反作用力是作用在两个物体上的,且同时产生,同时消失。作用力和反作用力属于同种性质的力,应注意与平衡力进行比较和区别。

一对作用力和反作用力在同一个过程中(同一段时间或同一段位移)的总冲量一定为零,但做的总功可能为零、为正或为负,这是因为作用力和反作用力分别作用在两个物体上,在作用时间内,该两物体的位移大小、方向都可能不同。

二、牛顿运动定律的应用

1. 共点力平衡

(1)高中物理涉及的平衡有两类:一类是共点力平衡,另一类为转动平衡(高考不作要求)。共点力平衡是指物体在所受力的共同作用下,处于静止、匀速直线运动或准静止(缓慢移动)状态,这些力的作用点或作用线相交于一点,且 $F_{\text{合}}=0$ 。

(2)分析共点力平衡的基本思路是在正确把握其运动状态(平衡态)的同时,根据力的分解法或合成法来求解。首先选取研究对象,对研究对象进行受力分析,再根据其平衡条件(即 $F_{\text{合}}=0$)来处理。必要时要建立直角坐标系,将各力进行正交分解,由 $\Sigma F_x=0$ 、 $\Sigma F_y=0$ 建立方程求解。

2. 圆周运动

(1)理解并熟练掌握描述圆周运动的物理量

描述圆周运动的物理量有线速度、角速度、周期、频率、向心力、向心加速度等,要深刻理解每个物理量的物理意义、大小、方向及其应注意的问题。

(2) 匀速圆周运动

①性质:变加速曲线运动.要注意“匀速”的意思为“匀速率”而不是“匀速度”.

②特点:线速度的大小、角速度、周期、频率、向心加速度的大小和向心力的大小都恒定不变.

(3) 非匀速圆周运动

①特点:速度的大小和方向都在变化,向心力和向心加速度的大小和方向也随时发生变化,因而在利用公式求圆周上某一点的向心力和向心加速度的大小时,必须用该点参量的瞬时值.

②常考内容:做非匀速圆周运动的物体在特殊位置(如竖直面内圆周运动的最高点和最低点)或特定条件下的求解.

(4) 注意的问题

①在分析转动装置的各个物理量时,要抓住一些“过渡量”.例如:同轴转动的各点的角速度 ω 相等;在不考虑皮带、链条等打滑的情况下,传送带连接的两轮的边缘各点的线速度大小相等.

②处理圆周运动中的动力学问题时,在明确研究对象后,要注意以下三个问题:

a. 研究对象的轨道平面和圆心的位置.例如,火车转弯时,其轨道平面是在水平面内而不是在斜面上;又如如图1-1所示,在半球形容器内壁上做匀速圆周运动的小球P,其轨道平面为水平面,圆心是轨道平面上的 O' 点而不是容器的球心O.

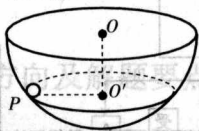


图1-1

b. 向心力不是与重力、弹力、摩擦力等并列的“性质力”,而是根据效果命名的“效果力”,故在分析做圆周运动的质点的受力情况时,切不可在性质力上再添加一个向心力.

c. 坐标系的建立.在应用牛顿第二定律解答圆周运动的问题时,常用到正交分解法,其坐标原点是做圆周运动的物体(视为质点)所在的位置,相互垂直的两个坐标轴中,其中一个坐标轴的方向一定沿半径指向圆心.

(5) 竖直平面内圆周运动的临界问题

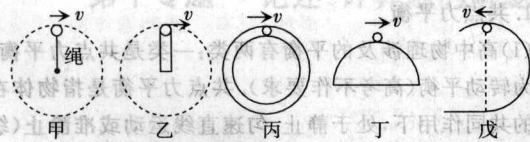


图1-2

对图1-2中图甲和图戊,当物体恰能通过最高点时有: $mg = m \frac{v^2}{R}$,即 $v = \sqrt{gR}$.

对图1-2中图乙、图丙、图丁,当物体恰能通过最高点时有: $v=0$.并要会分析图乙、图丙中 $v>0$ 时的受力情况及图丁中 $0 < v \leq \sqrt{gR}$ 时的运动情况.

3. 天体或卫星的运动

(1)基本方法:把天体或卫星的运动看成匀速圆周运动,其所需的向心力由万有引力提供:

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m r \omega^2 = m r \frac{4\pi^2}{T^2} = m r \cdot 4\pi^2 f^2$$

在地表附近有: $G \frac{Mm}{R^2} = mg$.

由此可知:当 r 增大时, v 减小, ω 减小, T 增大, f 减小.

(2) 三种宇宙速度

①第一宇宙速度(环绕速度):由 $m \frac{v_1^2}{R_0} = mg$

所以 $v_1 = \sqrt{gR_0} = 7.9 \text{ km/s}$.

②第二宇宙速度(脱离速度): $v_2 = 11.2 \text{ km/s}$.

③第三宇宙速度(逃逸速度): $v_3 = 16.7 \text{ km/s}$.

(3) 卫星

①环绕速度与发射速度

近地: $v_{\text{环}} = 7.9 \text{ km/s} = v_{\text{发最小}}$

离地面高 h : $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v_{\text{环}}^2}{R+h}$

所以 $v_{\text{环}} = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, h 增大, $v_{\text{环}}$ 减小.

但要发射到离地面高 h 处,需要克服地球的引力做功,增大势能,所以在地面上的发射速度就越大.因此,不要认为 $v_{\text{环}}$ 越小, $v_{\text{发}}$ 就越小.

②在赤道处地球的自转速度最大,所以在赤道附近顺着地球的自转方向向东发射卫星,便于发射.

③所有的地球卫星稳定运行时的轨道均以地心为圆心,分为赤道卫星和极地卫星、一般卫星.

④地球同步卫星的特点:

a. 位于地球赤道的正上方.

b. 离地面的高度 h 一定, $h = 3.6 \times 10^4 \text{ km}$.

c. 相对地面静止; $T = 24 \text{ h}$.

解题精要

一、运用牛顿运动定律解题的基本思路和方法

1. 运用牛顿第二定律解题的基本思路

(1)通过审题,灵活地选取研究对象.

(2)分析研究对象的受力情况和运动情况.

通常可以把研究对象提取出来(即隔离法),从它跟周围物体的联系上去寻找作用于研究对象的所有外力,并画出受力示意图;再进一步明确物体做何种运动,在运动过程中能知晓哪些量以及判断加速度的方向等.

(3)根据牛顿第二定律列出方程.

(4)统一单位后,将数值代入方程求解.

(5)检查答案是否完整、合理.

注意:如果所求的未知量是矢量,必须将所求量的大小和方向都在答案中明确写出.如果题目中所求的力与求解得到的力是一对作用力与反作用力,还需借助牛顿第三定律得到题目中所要求的力.

2. 运用牛顿运动定律解题的基本方法

(1)合成法

合成法就是先直接求出物体所受外力的合力,然后应用

牛顿运动定律 $F_{\text{合}} = ma$ 求解的方法. 当物体只受两三个力作用, 且较容易求出其合力时, 使用此法比较方便.

【例 1】在水平地面上有一质量为 2 kg 的物体, 物体在水平拉力 F 的作用下由静止开始运动, 10 s 后拉力大小减为 $\frac{F}{3}$, 该物体的运动速度随时间变化的图象如图 1-3 所示. g 取 10 m/s^2 , 试求:

(1) 物体受到的拉力 F 的大小.

(2) 物体与地面之间的动摩擦因数 μ .

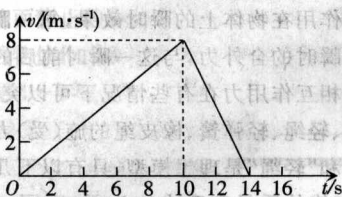


图 1-3

【解析】在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内, 物体的加速度为:

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.8 \text{ m/s}^2$$

在 $10 \sim 14 \text{ s}$ 内, 物体的加速度为:

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = -2 \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律可得:

$$F - \mu mg = ma_1, \quad \frac{F}{3} - \mu mg = ma_2$$

由此可解得: $F = 8.4 \text{ N}$, $\mu = 0.34$.

【答案】 8.4 N 0.34

【点评】本题要深入理解 $v-t$ 图象的物理意义, 会从 $v-t$ 图象的变化情况中求出物体运动的加速度, 并理解物体的实际运动过程和受力情况.

(2) 分解法

分解法是指在不同方向上应用牛顿第二定律.

正交分解法可以将受力较为复杂的力学问题转化为单个方向的较为简单的动力学问题进行求解, 使复杂问题简单化.

【例 2】在一个箱子中用两条轻且不伸的弹性绳 ac 和 bc 系住一个质量为 m 的小球, 如图 1-4 甲所示, 求下列情况下绳中弹力 T_{ac} 、 T_{bc} 的大小. (三次运动过程中, 小球与箱子的相对位置保持不变)

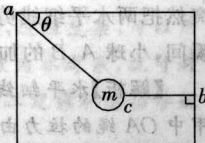


图 1-4 甲

(1) 箱子水平向右匀速运动.

(2) 箱子以加速度 a 水平向左做加速运动.

(3) 箱子以加速度 a 竖直向上做加速运动.

【解析】小球受 3 个力作用: 竖直向

下的重力 mg 、水平向右的弹力 T_{bc} 、斜向左上方的弹力 T_{ac} , 如图 1-4 乙所示.

(1) 小球处于平衡状态, 即

$$T_{ac} \sin \theta = mg$$

$$T_{ac} \cos \theta = T_{bc}$$

由以上两式解得:

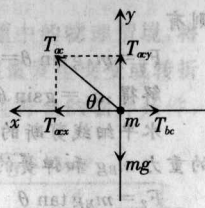


图 1-4 乙

$$T_{ac} = \frac{mg}{\sin \theta}, \quad T_{bc} = mg \cot \theta$$

(2) 小球所受水平方向的合力提供向左加速运动的动力, 即

$$T_{ac} \sin \theta = mg$$

$$\text{得: } T_{ac} = \frac{mg}{\sin \theta}$$

$$\text{由 } T_{ac} \cos \theta - T_{bc} = ma \text{ 得: } T_{bc} = mg \cot \theta - ma$$

(3) 小球竖直向上加速运动时, 由竖直方向的合力提供向上加速运动的动力, 即 $T_{ac} \cdot \sin \theta - mg = ma$.

$$\text{得: } T_{ac} = \frac{m(g+a)}{\sin \theta}$$

$$\text{故 } T_{bc} = T_{ac} \cdot \cos \theta = m(g+a) \cot \theta$$

$$\text{【答案】(1) } T_{ac} = \frac{mg}{\sin \theta}, \quad T_{bc} = mg \cot \theta$$

$$(2) T_{ac} = \frac{mg}{\sin \theta}, \quad T_{bc} = mg \cot \theta - ma$$

$$(3) T_{ac} = \frac{m(g+a)}{\sin \theta}, \quad T_{bc} = m(g+a) \cot \theta$$

【点评】①在物体受多个力作用时, 正交分解法是研究问题的最基本的方法. 正交坐标轴通常有三种取法: 水平 x 轴与竖直 y 轴、斜面 x 轴与垂直斜面方向的 y 轴、半径方向的 x 轴与切线方向的 y 轴. 坐标轴确定后, 分别列 x 、 y 方向的动力学方程或平衡方程求解.

②由 (1)、(2) 两种运动状态的解答结果可知: ac 绳的弹力不变, 而 bc 绳的弹力变小, 即 bc 绳的张紧程度有所减小.

③由 (1)、(3) 两种运动状态的解答结果可知: 只要把 (1) 状态下结果中的 g 改成 $(g+a)$ 即为 (3) 状态下相应的结果. 这表示: 在竖直方向有加速度 a 的系统内, 用“等效重力” $G' = mg' = m(g+a)$ 的观点处理超重 ($a > 0$) 或失重 ($a < 0$) 状态下的动力学 (以及运动学) 问题时, 可把加速状态下的非惯性系统的动力学问题当做超重或失重状态下的“惯性系统”中的“静力学”问题 (即“平衡状态”下“合力”为零) 来处理, 其效果完全相同.

(3) 整体法与隔离法

整体法是指当连接体内 (即系统内) 各物体具有相同的加速度时, 可以把连接体内所有物体组成的系统作为整体考虑, 分析其受力情况, 利用牛顿第二定律对整体列方程求解的方法.

隔离法是指当研究对象涉及由多个物体组成的系统时, 若要求连接体内物体间的相互作用力, 则应把某个物体或几个物体从系统中隔离出来, 分析其受力情况及运动情况, 再利用牛顿第二定律对隔离出来的物体列式求解的方法.

当连接体中各物体运动的加速度相同或要求合外力时, 优先考虑“整体法”; 当连接体中各物体运动的加速度不相同或要求物体间的作用力时, 优先考虑“隔离法”. 有时一个问题要两种方法结合起来使用才能解决.

【例 3】如图 1-5 甲所示, 在水平地面上有 A、B 两个物体 (均可视为质点), 质量分别为 $m_A = 3.0 \text{ kg}$ 和 $m_B = 2.0 \text{ kg}$, 它们与地面间

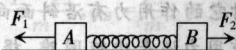


图 1-5 甲

的动摩擦因数均为 $\mu = 0.10$, 在 A、B 之间有一根原长 $l = 15 \text{ cm}$ 、劲度系数 $k = 500 \text{ N/m}$ 的轻质弹簧将它们连接。现分别用方向相反的水平恒力 F_1 、 F_2 同时作用在 A、B 两物体上, 已知 $F_1 = 20 \text{ N}$ 、 $F_2 = 10 \text{ N}$, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。当 A、B 相对静止时, 求:

(1) A 和 B 共同运动的加速度大小。

(2) A、B 之间的距离。

【解析】当整个系统的运动达到稳定时, A、B 两物体具有相同的加速度且弹簧长度保持不变。由于 $F_1 > F_2$, 则整体向左做加速运动。

(1) 对 A、B 及弹簧组成的系统, 由于它们具有相同的加速度, 求这个加速度的大小时采用整体法比较适宜。整体受力分析如图 1-5 乙所示, 设整体加速度为 a , 则:

$$F_1 - F_2 - f_1 - f_2 = (m_A + m_B)a$$

$$\text{又 } f_1 = \mu m_A g$$

$$f_2 = \mu m_B g$$

$$\text{解得: } a = 1 \text{ m/s}^2$$

(2) 求 A、B 间的距离即弹簧的长度时, 涉及系统中的内力(弹簧弹力), 则采用隔离法解决。隔离 A 物体, 它具有和系统一样的加速度, A 物体受力如图 1-5 丙所示, 则:

$$F_1 - f_1 - T = m_A a$$

$$T = k(l' - l)$$

$$\text{解得: 弹簧长度 } l' = 0.178 \text{ m}$$

【答案】(1) 1 m/s^2 (2) 0.178 m

【点评】若系统内各物体的加速度相同, 则先把系统看成一个整体, 分析系统受到的外力, 利用牛顿第二定律求出加速度。若要求系统内物体间的相互作用力, 则把某个物体隔离, 单独进行受力分析, 利用牛顿第二定律列式求解。

(4) 转换对象法

转换对象法也叫牛顿第三定律法。在应用牛顿运动定律的过程中, 有时无法直接求得问题的结果, 此时可选取与所求对象有相互关系的另一物体作为研究对象, 最后应用牛顿第三定律求出题目中的待求量。

分析物体间的相互作用时, 通常也会涉及牛顿第三定律。

【例 4】如图 1-6 所示, 条形磁铁放在光滑斜面上, 用平行于斜面的轻弹簧拉住而处于平衡状态, A 为水平放置的直导线的横截面, 导线中无电流时, 磁铁对斜面的压力为 N_1 ; 当导线中有电流流过时, 磁铁对斜面的压力为 N_2 , 此时弹簧的伸长量减小了, 则 ()

A. $N_1 < N_2$, A 中电流方向向里

B. $N_1 < N_2$, A 中电流方向向外

C. $N_1 > N_2$, A 中电流方向向里

D. $N_1 > N_2$, A 中电流方向向外

【解析】导线通电后弹簧伸长量减小, 说明磁铁受到导线对它的作用力有沿斜面向上的分量, 直接判断磁铁对斜面的作用力还是比较困难。根据条形磁铁周围磁感线的特点, 若假设 A 中电流的方向向外, 根据左手定则, A 受的安培力沿右下方, 根据作用力与反作用力的关系, 磁铁受到的作用力

应沿左上方, 则弹簧的伸长量应增长, 与题意不符; 若假设 A 中电流方向向里, 则 A 受的安培力沿左上方, 磁铁受到的作用力应沿右下方, 弹簧的伸长量应减小, 与题意相符。

【答案】A

【点评】当分析某些受力问题或求解物体间的作用力时, 如果遇到困难, 可先分析或求其反作用力, 再利用牛顿第三定律将对象进行转换, 使问题得到解决。

(5) 瞬时分析法

牛顿第二定律中的合外力与加速度存在瞬时对应关系, 即加速度是力作用在物体上的瞬时效果, 每一瞬时的加速度只取决于这一瞬时的合外力, 与这一瞬时的力无关。

物体间的相互作用力在有些情况下可以突变, 解题时要特别注意轻线、轻绳、轻弹簧、橡皮绳的施(受)力特点。

①“轻线”和“轻绳”是理想模型, 具有以下几个特点。

a. 轻。绳和线的质量和重力均为零, 则同一根绳或线的两端及其中间各点的弹力大小相等。

b. 软。绳和线只能承受拉力, 不能承受压力。

c. 不可伸长。无论绳或线所受的拉力有多大, 绳子的长度不变, 故绳或线中的弹力可以突变。

②“轻弹簧”和“橡皮绳”是理想模型, 具有以下几个特点。

a. 轻。弹簧或橡皮绳的质量和重力均为零, 则同一根弹簧或橡皮绳的两端及其中间各点的弹力大小相等。

b. 弹簧沿轴线既能承受拉力, 也能承受压力; 橡皮绳只能承受拉力, 不能承受压力。

c. 由于弹簧和橡皮绳受力时形变较大, 发生形变需要一段时间, 所以弹簧和橡皮绳中的弹力不能突变。但如果弹簧或橡皮绳被剪断, 其弹力将立即消失。

③桌面、斜面、墙壁以及坚硬的物体, 它们受力时一般形变很小, 故它们产生的弹力可以突变。

【例 5】如图 1-7 甲、乙所示, 图中细线 aA、AO、bB 均不可伸长, 已知细线 OA 和弹簧 OB 与竖直方向的夹角均为 θ , 小球 A、B 均处于平衡状态。如果突然把两水平细线剪断, 则剪断细线的瞬间, 小球 A、B 的加速度各是多少?

【解析】水平细线剪断的瞬间, 细线的拉力突变为零, 图甲中 OA 绳的拉力由 T 突变为 T' , 但图乙中 OB 弹簧要发生形变需要一定的时间, 弹力不能突变。

对 A 球进行受力分析, 如图 1-7 丙所示, 剪断水平细线后, 球 A 将沿圆弧运动, 剪断瞬间, 小球的加速度 a_1 的方向沿圆弧的切线方向, 则有:

$$F_1 = m_A g \sin \theta = m_A a_1$$

$$\text{解得: } a_1 = g \sin \theta$$

水平细线剪断的瞬间, B 球受到的重力 $m_B g$ 和弹簧的弹力 T_2 不变, 如图 1-7 丁所示, 则:

$$F_2 = m_B g \tan \theta$$

$$\text{解得: } a_2 = g \tan \theta$$

【答案】 $g \sin \theta$, 沿圆弧切线向右 $g \tan \theta$, 水平向右

【点评】①此题突出了牛顿第二定律的瞬时作用规律,加速度和力同时产生,同时变化,同时消失.分析物体在某一时刻的瞬时加速度,关键是分析该时刻前后的受力情况及其变化.

②弹簧、橡皮绳都是形变明显的轻质物体,当其两端连有物体时,它的弹力不会发生突变,弹力变化需要一段时间;而细绳、钢丝等是形变不明显的轻质物体,弹力可以突变.今后解题时一定要注意.

(6)巧选参考系法

高中阶段的位移、速度、加速度等物理量在多数情况下是选地面或相对于地面静止的物体作为参考系的,但有时也可以选择做加速运动的物体作为参考系,使得解题过程更为简捷.

【例 6】如图 1-8 所示,一质量

为 M 、长为 L 的长方体木板 B 放在光滑的水平地面上,在其右端放一质量为 m 的小木块 A , $m < M$.

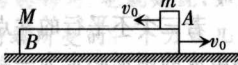


图 1-8

现以地面为参考系,给 A 和 B 大小相等、方向相反的初速度,使 A 开始向左运动, B 开始向右运动,但最后 A 刚好没有滑离 B 板.若初速度大小未知,试求小木块 A 向左运动到达最远处(从地面上看)时离出发点的距离.

【解析】以木板 B 为参考系,则木块 A 的初速度方向向左且大小为 $2v_0$,加速度方向向右且大小为 $a = \frac{f}{M} + \frac{f}{m}$. 木块 A 滑至木板 B 最左端的位移大小为 L . 末速度相对木板 B 为零. 所以 $0 - (2v_0)^2 = -2aL$, 即 $4v_0^2 = 2(\frac{f}{M} + \frac{f}{m})L$.

再选地面为参考系,木块 A 的初速度大小为 v_0 ,滑至对地向左最远处时对地的速度为零,此过程中木块 A 对地的加速度大小为 $a' = \frac{f}{m}$,设对地的位移为 s ,则:

$$0 - v_0^2 = 2a's, \text{ 即 } v_0^2 = 2\frac{f}{m}s.$$

$$\text{联立以上两式得: } s = \frac{M+m}{4M}L.$$

【答案】 $\frac{M+m}{4M}L$

【点评】此题物理情境模糊,条件隐蔽,过程复杂,可以用动量和能量的观点解答.但如果选取木板为参考系,就可避免寻找几何条件的麻烦,从而根据牛顿第二定律和运动学规律使问题顺利解决.

(7)临界条件分析法

当一种物理现象变为另一种物理现象,或物体的一种物理特征变为另一种特征时,存在着一种状态向另一种状态过渡的转折点,这个转折点的状态常被称为临界状态,转折所需要的条件称为临界条件.

解决临界问题的关键是:认真分析题中的物理情境,将各个过程划分阶段,找出各个阶段中物理量发生突变或转折的“临界点”,然后分析出这些“临界点”应符合的临界条件,并将其转化为物理条件.

【例 7】质量分别为 m_1 和 m_2 的物体 A 和 B 重叠后放在光滑的水平面上,如图所示. A 和 B 之间

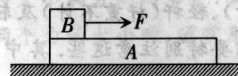


图 1-9 甲

的动摩擦因数为 μ ,现给 B 施加一个随时间 t 增大的力 $F = kt$,式中 k 是常数.试求 A 和 B 的加速度 a 与时间 t 的变化关系,并绘出此关系的图象.(设 A 足够长)

【解析】由于 A 和 B 之间有摩擦,而地面是光滑的,所以刚开始时, A 和 B 将一起做加速运动,由牛顿第二定律有: $F = kt = (m_1 + m_2)a$, 得: $a = \frac{kt}{m_1 + m_2}$, 即 $a \propto t$.

当时间 t 逐渐增大时,力 F 也逐渐增大.当 A 和 B 之间的摩擦力达到最大时, A 、 B 将发生相对运动,此时的摩擦力为 $F_f = \mu m_2 g$, A 将开始做匀加速运动,其加速度为: $a_A = \frac{F_f}{m_1} = \frac{\mu m_2 g}{m_1}$.

B 将做变加速运动,加速度为:

$$a_B = \frac{kt - \mu m_2 g}{m_2} = \frac{kt}{m_2} - \mu g.$$

设分离时刻为 t_0 ,则在分离时 A 和 B 的加速度仍相同,有 $\frac{\mu m_2 g}{m_1} = \frac{kt_0}{m_2} - \mu g$, 得 $t_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)m_2 g}{km_1}$.

通过以上分析作出图 1-9 乙所示的加速度 a 与时间 t 的图象.

【答案】先是 $a = \frac{kt}{m_1 + m_2}$, 后来 $a_B = \frac{kt}{m_2} - \mu g$, $a_A = \frac{\mu m_2 g}{m_1}$.

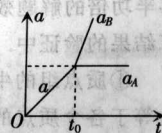


图 1-9 乙

加速度 a 随时间 t 变化的关系图象如图 1-9 乙所示.

【点评】这是一道连接体问题,同时要考虑物体在不同情况下可能出现的运动状态.相对滑动的瞬间物体的加速度仍相同即临界条件.

(8)图象法

物理学问题的表达方式通常有文字、数字、字母、表格、函数、图象等,其中图象是常见且直观的一种表达方式.

在动力学问题中,常见的图象有位移—时间图象、速度—时间图象和力—时间图象等.

利用图象法分析动力学问题时,关键是要将题目中的物理情境与图象结合起来分析,利用物理规律或公式列式求解或作出正确判断.如必须弄清位移、速度、加速度等物理量和图象中斜率、截距、交点、转折点、面积等的确切含义.

【例 8】如图 1-10 甲所示,质量相

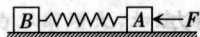


图 1-10 甲

同的木块 A 、 B 用轻弹簧连接,置于光滑的水平面上,开始时弹簧处于自然状态.现用水平恒力 F 推木块 A ,则从 F 开始作用至弹簧第一次被压缩到最短的过程中

()

- A. 两木块的速度相同时,加速度 $a_A = a_B$
- B. 两木块的速度相同时,加速度 $a_A < a_B$
- C. 两木块的加速度相同时,速度 $v_A < v_B$
- D. 两木块的加速度相同时,速度 $v_A > v_B$

【解析】设某时刻弹簧的压缩量为 x ,两木块的质量均为 m ,则它们的加速度此时分别为: $a_A = \frac{F - kx}{m}$, $a_B = \frac{kx}{m}$. 可见,随着弹簧压缩量 x 的增加, A 的加速度逐渐减小, B 的加速

度逐渐增大.两者均从静止开始运动,运动的速度—时间图象如图 1-10 乙所示,从图象上可知,当 A、B 的速度相等时, $a_A < a_B$; 当 A、B 的加速度相等时(即 $v-t$ 图象的切线斜率相等时), $v_A > v_B$.

可见正确的选项为 B、D.

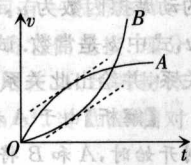


图 1-10 乙

【答案】BD

【点评】本题是根据图象进行定性分析而直接作出解答的,分析时应理解图线斜率的含义和交点的意义.在瞬时变化的过程中,由于力的变化导致物体运动过程中速度、加速度的变化,应用图象分析这类问题,不仅直观而且方便,便于理解过程.

(9) 系统整体法(即对一个加速度不同的系统应用整体法)

当研究对象是由多个相互作用、相互联系的质点组成的系统,各质点的加速度又不相同且研究不涉及系统内各质点间的相互作用时,直接以这些质点组成的系统为研究对象,运用质点组的牛顿第二定律进行求解,可以取得十分简捷、事半功倍的解题效果.此方法常用于半定量的计算以及对运算结果的验证中.

① 质点组的牛顿第二定律内容为:质点组所受到的合外力等于各个质点的质量与其对应的加速度乘积的矢量和.即 $F_{\text{合}} = m_1 a_1 + m_2 a_2 + \dots + m_n a_n$.

② 应用该定律时应注意的几个问题:

a. 分清内力、外力.质点组中质点间相互作用的力为内力,质点组以外的物体对质点组内任一质点的作用力为外力.质点组的内力满足牛顿第三定律,所以质点组中诸内力的总和必等于零.

b. 定律中等号两边都是矢量和,而不是代数和.

c. 定律所涉及的力都是外力,所以不能用它来求质点间的相互作用力.

【例 9】如图 1-11 所示,在粗糙的水平面上有一质量为 M 的三角形木块始终相对地面静止,两底角分别为 θ_1 、 θ_2 . 在两个斜面上分别有质量为 m_1 、 m_2 的物体,正以 a_1 、 a_2 的加速度沿斜面加速下滑,试求地面对三角形木块的静摩擦力和支持力.

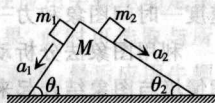


图 1-11

【解析】以三角形木块和两物体的整体作为研究对象,所受的外力有:地面的支持力 F_N 和摩擦力 F_f 以及重力 $(M+m_1+m_2)g$. 在水平方向上,采用整体法应用牛顿第二定律,取向左为正方向,则:

$$F_f = M \cdot 0 + m_1 a_1 \cos \theta_1 - m_2 a_2 \cos \theta_2 \\ = m_1 a_1 \cos \theta_1 - m_2 a_2 \cos \theta_2$$

在竖直方向上有:

$$(M+m_1+m_2)g - F_N = m_1 a_1 \sin \theta_1 + m_2 a_2 \sin \theta_2$$

解得: $F_N = (M+m_1+m_2)g - (m_1 a_1 \sin \theta_1 + m_2 a_2 \sin \theta_2)$, 其方向竖直向上.

【答案】 $F_f = m_1 a_1 \cos \theta_1 - m_2 a_2 \cos \theta_2$

$$F_N = (M+m_1+m_2)g - (m_1 a_1 \sin \theta_1 + m_2 a_2 \sin \theta_2)$$

【点评】在应用牛顿运动定律解决动力学问题时,当物体运动的加速度不同,且只需求解系统外力,而不需计算物体间的相互作用力时,用质点组牛顿第二定律的系统整体法求解较简便,但要注意定律的矢量性.

二、共点力平衡

1. 正交分解法

把物体受到的外力沿正交的 x 轴和 y 轴方向进行分解. 由于物体处于平衡状态,则物体在 x 、 y 轴方向上的合外力均为零,表达式为:

$$F_{x\text{合}} = 0$$

$$F_{y\text{合}} = 0$$

2. 三角形法

若三个不平行的共点力的合力为零,则三个力的矢量平移组成的图形必定为一封闭的三角形.

3. 三力汇交原理

物体在同一平面内的三个不平行的力的作用下处于平衡状态时,这三个力必定共点.

4. 相似三角形法

对于受到三个共点力的作用而处于平衡状态的物体来说,这三个力可构成一个封闭的矢量三角形,我们可运用数学中解三角形的有关知识来求解,如正弦、余弦定理.有时还可以利用力的矢量三角形与物体所在空间构成的几何三角形的相似来求解.

【例 10】如图 1-12 甲所示,不计重力的轻杆 OP 能以 O 点为圆心在竖直平面内自由转动, P 端用轻绳 PB 挂一重物,另用一根轻绳通过滑轮系住 P 端. 在力 F_0 的作用下,当杆 OP 和竖直方向的夹角 α ($0 < \alpha < \pi$) 缓慢增大时,两绳对 OP 杆的作用力的大小 ()

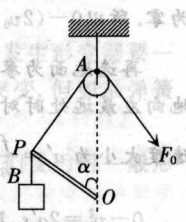


图 1-12 甲

- A. 恒定不变 B. 逐渐增大
C. 逐渐减小 D. 先增大后减小

【解析】轻杆所受两绳的拉力 T_1 、 T_2 的合力 F 一定沿杆方向,如图 1-12 乙所示. 设重物的重力为 G , 则 $T_2 = G$.

设 $OP = L$, $OA = h$, 由三角形相似知:

$$\frac{T_2}{h} = \frac{F}{L}$$

$$\text{得: } F = \frac{L}{h} G$$

图 1-12 乙

故选项 A 正确.

【答案】A

【点评】应用相似三角形法解题,一般是力三角形和几何三角形相似,且物体只受三个力或可等效为三个力作用而处于平衡状态.这种方法的优点是可简化运算.

注意:在共点力平衡的问题中,常常有“轻绳(绳重不计)、轻杆(杆重不计)及轻弹簧(弹簧质量不计)”的说法,我们要特别注意这些.其中,不少同学对轻杆的施力或受力有误解,认为轻杆所受的力或它施在别的物体上的力一定沿杆的方向,但事实并非如此.如图 1-12 丙所示,轻杆的一端可

绕O点转动,另一端A拴在一条水平的绳子上,有一重物G挂在杆的中点B上.对轻杆受力分析可知,轻杆受到绳拉力 F_1 、重物拉力 T 和转轴对它的力 F_2 的作用,这三个力形成共点力.从图1-12丁中可以看出,轻杆两头的受力方向都不沿杆的方向.

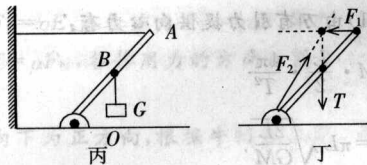


图1-12

判断杆所受的力是否沿杆的方向的关键是:①杆必须是轻杆;②杆间不受与杆有夹角的外力的作用.也就是说,如果杆为轻杆,且只有两端受力,则杆两端所受的一个力或几个力的合力的方向必定沿杆.

5. 图解法

这种方法适用于三力平衡或力的合成与分解中已知一个力的大小、方向不变,另一个力的方向不变,判断因第三个力的方向变化而引起两个力的大小变化的情况,以及另一个力的大小不变、方向改变而引起第三个力的变化的情况.

【例11】如图1-13甲所示,一个重为 G 的均匀球放在倾角为 α 的光滑斜面上,在斜面上另有一光滑的不计厚度的木板挡住球,使之处于静止状态.今使板与斜面间的夹角 β 缓慢增大,则在此过程中,下列判断中正确的是

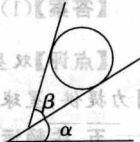


图1-13甲

- A. 球对挡板的压力一直减小
- B. 球对挡板的压力先减小后增大
- C. 球对斜面的压力一直减小
- D. 球对斜面的压力先增大后减小

【解析】隔离球并对其进行受力分析.球受重力 G 、挡板对球的压力 N_1 以及斜面对球的支持力 N_2 三个力的作用而处于静止状态,如图1-13乙所示.在挡板缓慢转动的过程中,小球可认为是处于一系列的平衡状态.根据共点力的平衡条件可得,任意二力 N_1 和 N_2 的合力 F 始终与第三个力 G 等值、反向.

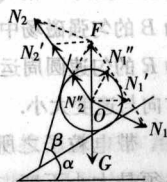


图1-13乙

在 β 增大的过程中,斜面不变故 N_2 的方向不变, β 增大使得 N_1 的方向发生变化,即由 $N_1 \rightarrow N_1' \rightarrow N_1''$.根据平行四边形定则作出不同状态下的矢量合成图.由图可以看出,在 β 缓慢增大的过程中, N_2 不断减小, N_1 先减小后增大.根据牛顿第三定律可得,球对挡板的压力先减小后增大,球对斜面的压力逐渐减小.

【答案】BC

【点评】本题为图解法的典型习题,还可用图解法求出极值.在三力平衡问题中,当一个力的大小和方向均不变,其余两个力的方向发生变化且要求这两个力的大小时,通常用相似三角形法求解较为简单.

三、超重与失重

1. 超重:物体对水平支持物的压力(或对悬挂物的拉力)大于物体所受重力的现象.

2. 失重:物体对水平支持物的压力(或对悬挂物的拉力)小于物体所受重力的现象.

3. 完全失重:物体对水平支持物的压力(或对悬挂物的拉力)等于零的现象.

注意:

(1)物体运动的加速度 a 向上时,不论 a 多大,竖直方向上均有弹力大于重力.

(2)物体运动的加速度 a 向下时,如图1-14所示,杆固定的小球在竖直方向受杆的弹力 N 有以下几种情况:



图1-14

① $a < g$ 时, $N < mg$, N 的方向向上.

② $a = g$ 时,出现完全失重现象, $N = 0$.

③ $a > g$ 时, N 的方向向下.

【例12】如图1-15所示,A为电磁铁,C为胶木秤盘,A和C(包括支架)的总质量为 M .B为铁片,质量为 m ,整个装置用轻绳悬挂于O点.在给电磁铁通电,铁片被吸引上升的过程中,轻绳上拉力 F 的大小为()

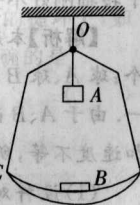


图1-15

- A. $Mg < F < (M+m)g$
- B. $F > (M+m)g$
- C. F 不断增大
- D. F 先增大后减小

【解析】当铁片被吸引上升时,对O点进行受力分析,有:
 $F = Mg + F_1$

对铁片进行受力分析,有:

$$F_1' - mg = ma$$

根据牛顿第三定律,有:

$$F_1 = F_1'$$

$$\text{可得: } F = (M+m)g + ma > (M+m)g$$

所以选项B正确.

铁片上升的过程中,所受的吸引力不断增大,加速度也增大,故轻绳上的拉力 F 不断增大,C也正确.

【答案】BC

【点评】运用牛顿第二定律、第三定律相结合,可以定性或定量处理超、失重的动力学问题.

四、解决圆周运动问题的基本思路

1. 确定研究对象运动的轨道平面,找圆心,求半径.
2. 对研究对象进行受力分析,作出受力示意图.
3. 分析向心力的来源.

(1)力的合成法:当物体做匀速圆周运动时,将其所受的力进行合成,则合力完全用来提供向心力.

(2)力的正交分解法:当物体做变速圆周运动时,将其所受的力沿切向和法向进行正交分解,在法向上的合力提供向心力.



(3)在中学阶段研究天体运动时,将行星绕恒星或卫星绕行星的运动近似看做匀速圆周运动,其所需要的向心力 $F_{向}$ 由万有引力提供,即:

$$F_{引} = G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

$$= m\omega^2 r = ma$$

在地面附近的物体,物体的重力近似等于物体受到的万有引力,即 $mg = \frac{GMm}{R^2}$. 万有引力定律的应用有两个典型模型:双星模型和黑洞模型.

【例 13】如图 1-16 所示,一轻杆长为 $3L$,杆两端分别固定质量为 m 的 A 球和质量为 $3m$ 的 B 球,杆上距 A 球为 L 处的 O 点安装在水平转轴上,杆在转轴的带动下在竖直面内转动,试问:

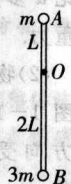


图 1-16

(1)若 A 球运动到最高点时,杆的 OA 部分对 A 球恰好没有力的作用,则此时水平转轴受的力多大?

(2)当杆转动的角速度为多少时,杆处于竖直位置时水平转轴刚好不受力作用?

【解析】本题是一个连结点问题,涉及到的研究对象有三个:球 A、球 B 和轻杆,选取合适的研究对象是解题的关键之一.由于 A、B 两个球通过轻杆相连,则两者的角速度相同,加速度不等,所以宜采用隔离法分析解决.

(1)设杆对 B 球的拉力为 T_1 ,根据牛顿第二定律,对 A 球有:

$$mg = mL\omega^2$$

$$\text{对 B 球有: } T_1 - 3mg = 3m \cdot 2L\omega^2$$

$$\text{解得: } T_1 = 9mg$$

根据牛顿第三定律得:杆对轴的作用力大小为 $9mg$,方向竖直向下.

(2)杆对两球的作用力大小相等、方向相反,轴才不受力.分析可知,此时 A 球应在下方, B 球应在上方.

$$\text{对 B 球: } T_2 + 3mg = 3m \cdot 2L\omega^2$$

$$\text{对 A 球: } T_2 - mg = mL\omega^2$$

$$\text{解得: } \omega = \sqrt{\frac{4g}{5L}}$$

$$\text{【答案】(1) } 9mg \quad (2) \sqrt{\frac{4g}{5L}}$$

【点评】本题所给的情境中,如果杆是连球绕轴自由转动,则可根据机械能守恒建立方程,但若题目中说明球在杆的带动下在竖直面内做匀速圆周运动,则运动过程中球的机械能不再守恒,务必分清这两类问题.

【例 14】根据对某一双星系统的光学测量知:两星体的质量都是 M ,两者相距 L ,它们正围绕两者连线的中点做圆周运动.已知引力常量为 G .试求:

(1)试计算该双星系统的运动周期 T .

(2)若实验中观测到的运动周期为 T' ,且 $T':T = 1:\sqrt{N} (N>1)$.为了解释两者的不同,目前有一种流行的理

论认为,在宇宙中可能存在一种望远镜观测不到的物质——暗物质.作为一种简化的模型,我们假定在以这两个星体连线为直径的球体内均匀分布着这种暗物质,不考虑其他暗物质的影响,试根据这一模型和上述观测结果确定该星系间这种暗物质的密度.

【解析】(1)由万有引力提供向心力有:

$$\frac{GM^2}{L^2} = M \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$\text{解得: } T = \pi L \sqrt{\frac{2L}{GM}}$$

(2)设这种暗物质的密度为 ρ ,质量为 m ,则:

$$\frac{GM^2}{L^2} + \frac{GMm}{(\frac{L}{2})^2} = M \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{4\pi^2}{T'^2}$$

$$\text{得: } \frac{M}{M+4m} = \left(\frac{T'}{T} \right)^2 = \frac{1}{N}$$

$$\text{而 } m = \pi \rho \cdot \frac{L^3}{6}$$

$$\text{解得: } \rho = \frac{3(N-1)M}{2\pi L^3}$$

$$\text{【答案】(1) } \pi L \sqrt{\frac{2L}{GM}} \quad (2) \frac{3(N-1)M}{2\pi L^3}$$

【点评】双星系统有如下规律:向心力均由双星间的万有引力提供;星球运动的周期、角速度均相同.

五、牛顿运动定律在电磁学中的应用

带电粒子在重力场与电场组成的复合场中做变速圆周运动时,应用等效法处理比较方便.

对在匀强电场、匀强磁场、重力场中的带电体,其做匀速圆周运动的条件是带电体所受恒力的合力为零.如:在正交的匀强电场强度为 E 的匀强电场和磁感应强度为 B 的匀强磁场中,一个带电粒子做半径为 R 的匀速圆周运动,如图 1-17 所示,试确定带电粒子转动的方向与速度大小.

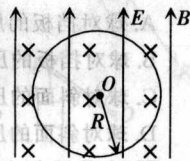


图 1-17

带电粒子之所以能做匀速圆周运动,它所受到的合外力必须是大小不变、方向在时刻变化,也就是说只有洛伦兹力在起这种作用,而粒子所受的重力与电场力平衡,即 $qE = mg$.由此可知,粒子带正电.再根据左手定则判断,粒子的转动方向为逆时针,其速度大小根据 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 可得: $v = \frac{qBR}{m} = \frac{gBR}{E}$.

若是闭合回路中的一部分导体做切割磁感线运动,或通电导线放在磁场中,还要考虑受到安培力 $F = BIL$ 的作用.

【例 15】如图 1-18 甲所示,竖直放置的绝缘直棒上,套着一带电荷量 $q = +4 \times 10^{-4} \text{ C}$ 、质量 $m = 1 \times 10^{-4} \text{ kg}$ 的小球,小球可沿棒下滑,球和棒间的动摩擦因数 $\mu = 0.1$,棒所在空间有相互垂直的匀强电场和匀强磁场,电场

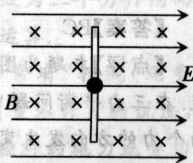
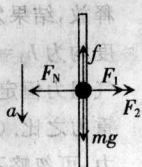


图 1-18 甲

强度 $E=10^4 \text{ V/m}$, 方向水平向右, 磁感应强度 $B=0.5 \text{ T}$, 方向垂直纸面向里. 试求: 小球从静止开始下滑后, 它的最大加速度和最大速度. (设小球所带电荷量不变, g 取 10 m/s^2)

【解析】选取带电小球作为研究对象, 孤立这一研究对象进行受力分析, 小球受重力 mg 、电场力 $F_1=qE$ 、洛伦兹力 $F_2=qvB$ 、弹力 F_N 、摩擦力 $f=\mu F_N$, 各作用力的方向如图 1-18 乙所示.



—18 乙所示.
设竖直向下为正方向, 根据牛顿第二定律有:

$$mg - f = ma, \text{ 且 } F_N = F_1 + F_2$$

所以加速度为:

$$a = \frac{mg - \mu(qE + qvB)}{m}$$

因为式中的 m, g, μ, q, E, B 均为常量, 所以, 当速度 $v=0$ 时, 小球的加速度取最大值:

$$a_{\max} = \frac{mg - \mu qE}{m} = 6 \text{ m/s}^2.$$

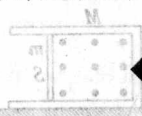
速度 v 增大, 摩擦力 f 随之增大, 当 $mg - f = 0$ 时, $a=0$, 速度达到最大值, 即

$$mg - \mu(qE + qv_{\max}B) = 0$$

可得: $v_{\max} = \frac{mg - \mu qE}{\mu qB} = 30 \text{ m/s}$.

【答案】 6 m/s^2 30 m/s

【点评】本题是一个带电粒子在电场、磁场中运动的问题, 应按力学规律构建解题思路. 由于带电粒子受力较多, 所以, 除按受力分析顺序分析受力情况之外, 还须选一适当的正方向, 挖掘隐含条件, 列方程求解.



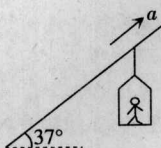
能力训练

A 卷

1. 在水平地面上, 一质量为 m 的物体在水平拉力 F 的作用下以较大的速度做匀速直线运动. 现突然将水平拉力的大小改为 $2F$, 方向改为相反方向, 则此时物体的加速度大小为 ()

A. $\frac{F}{m}$ B. $\frac{2F}{m}$ C. $\frac{3F}{m}$ D. 0

2. 如图所示, 倾斜索道与水平面的夹角为 37° , 当载人车箱与钢索匀加速向上运动时, 车箱中的人对箱底的压力为其体重的 1.25 倍 (车箱底始终保持水平), 则车箱对人的摩擦力是体重的 (已知 $\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$) ()



A. $\frac{1}{4}$ B. $\frac{1}{3}$ C. $\frac{5}{4}$ D. $\frac{4}{3}$

3. 1984 年 4 月 8 日, 我国第一颗地球静止轨道试验通讯卫星发射成功, 16 日, 卫星成功地定点于东经 125° 赤道上空.

2005 年 10 月 12 日, 神舟六号载人飞船发射成功, 将中国航天员费俊龙、聂海胜送入太空, 飞船绕地球运行了一百多个小时后于 17 日顺利返回. 由以上材料可知 ()

- A. 通讯卫星运行的周期比神舟六号的长
B. 通讯卫星运行的轨道半径比神舟六号的大
C. 通讯卫星运行的线速度比神舟六号的大
D. 神舟六号经过赤道上空时, 也可以实现定点, 与地球

自转同步

4. 细绳的一端系一个小玩具娃娃, 另一端悬挂在车厢顶上. 汽车运动过程中的某一时刻, 发现挂玩具娃娃的细绳与竖直方向摆成了一个角度, 经目测, 这个角度大约为 30° , 则这辆汽车的运动情况可能是 ()

- A. 正在转弯
B. 正在减速
C. 加速度的大小约为 5.8 m/s^2
D. 加速度的大小约为 0.58 m/s^2

5. 某一弹簧秤外壳的质量为 m , 弹簧及与弹簧相连的挂钩质量忽略不计, 放在光滑水平面上. 现用两水平拉力 F_1, F_2 分别作用在与弹簧相连的挂钩和与外壳相连的提环上, 如图所示. 则下列关于弹簧秤示数的说法中, 正确的是 ()



- A. 只有 $F_1 > F_2$ 时, 弹簧秤的示数才为 F_1
B. 只有 $F_1 < F_2$ 时, 弹簧秤的示数才为 F_2
C. 不论 F_1, F_2 的大小关系如何, 弹簧秤的示数均为 F_1
D. 不论 F_1, F_2 的大小关系如何, 弹簧秤的示数均为 F_2

6. 如图甲所示, A, B 两物体叠放在一起, 放在光滑的水平地面上, B 从静止开始受到一变力的作用, 该力与时间的关系如图乙所示, A, B 始终保持相对静止, 则 ()



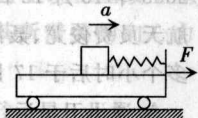
- A. t_0 时刻, A, B 两物体间的摩擦力最大
B. $2t_0$ 时刻, A, B 两物体间的摩擦力最大
C. t_0 时刻, A, B 两物体的速度最大
D. $2t_0$ 时刻, A, B 两物体的速度最大

7. 如图所示, 一条形磁铁放在水平桌面上, 在其正中央的上方固定一根长直导线, 导线与磁铁垂直, 现给导线通以垂直纸面向里的电流, 则 ()

- A. 磁铁对桌面的压力减小, 不受桌面的摩擦力作用
B. 磁铁对桌面的压力减小, 受到桌面的摩擦力作用
C. 磁铁对桌面的压力增大, 不受桌面的摩擦力作用
D. 磁铁对桌面的压力增大, 受到桌面的摩擦力作用

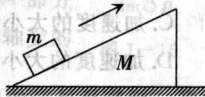


8. 如图所示,一质量 $m=8\text{ kg}$ 的物体被一根水平方向上拉伸了的弹簧拉住而静止在小车上,这时弹簧的弹力为 6 N . 现沿水平向右的方向对小车施以作用力,使小车由静止开始运动起来,运动中加速度由零逐渐增大到 1 m/s^2 ,随即以 1 m/s^2 的加速度做匀加速直线运动. 则以下说法中正确的是 ()

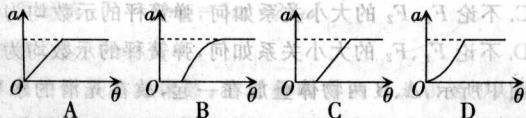


- A. 物体与小车始终保持相对静止,弹簧对物体的作用力始终没有发生变化
B. 物体受到的摩擦力先减小、后增大;先向左、后向右
C. 当小车的加速度(向右)为 0.75 m/s^2 时,物体不受摩擦力作用
D. 小车以 1 m/s^2 的加速度向右做匀加速直线运动时,物体受到的摩擦力为 8 N

9. 质量为 M 的斜劈形物体放在水平地面上. 质量为 m 的粗糙物块以某一初速沿劈的斜面向上滑,至速度为零后又加速返回,而斜劈始终保持静止,物块在向上、向下滑动的整个过程中 ()

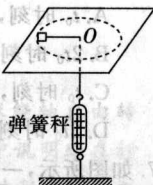


- A. 地面对斜劈的摩擦力方向没有改变
B. 地面对斜劈的摩擦力先向左后向右
C. 物块上下滑动时的加速度大小相同
D. 地面对斜劈的支持力总小于 $(M+m)g$
10. 下列图象中最好地描述了一个物体沿粗糙斜面下滑的加速度 a 和斜面与水平面夹角 θ 的关系的是(动摩擦因数 μ 恒定) ()



11. 测定病人的血沉有助于对病情的判断. 血液由红血球和血浆组成,将血液放在竖直的玻璃管内,红血球会匀速下沉,其下沉的速度称为血沉. 若某人的血沉为 v ,且把红血球看成是半径为 R 的小球,它在血浆中下沉时所受的阻力 $f=6\pi\eta Rv$, η 为常数,则红血球的半径 $R=$ (设血浆的密度为 ρ_0 ,红血球的密度为 ρ)

12. 卫星绕地球做匀速圆周运动时处于完全失重状态,所以在这种环境中已无法用天平称量物体的质量. 假设某同学根据这种环境设计了如图所示的装置(图中 O 为光滑的小孔)来间接测量小物块的质量:给待测小物块一个初速度,使它在桌面上做匀速圆周运动. 设航天器中有基本的测量工具.



- (1) 小物块与桌面间的摩擦力可以忽略不计,其原因是_____
(2) 实验时需要测量的物理量是_____
(3) 用所得测的物理量表示物块质量的表达式为 $m=$ _____

13. 两位同学的右手都拿着一个易拉罐,其中一位同学将右手中装满饮料的易拉罐从五楼的阳台由静止释放,同时另一位同学也将右手中空的易拉罐从四楼的阳台由静止释放,结果发现两个易拉罐同时着地,设楼房每一层的高度均为 $h_1=3\text{ m}$,阳台到该层地面的高度 $h_2=1\text{ m}$,设空气阻力恒定. 试求空易拉罐受到的空气阻力与其自身的重力之比.(由于装满饮料的易拉罐的重力远大于空气阻力,可忽略不计)

14. 如图所示,光滑水平面上横卧着质量为 M 的汽缸,其内用质量为 m 的活塞封闭了一定量的气体,活塞的面积为 S ,不计活塞与汽缸间的摩擦. 用大小为 F 的水平力作用在汽缸上,当汽缸与活塞处于相对静止的稳定状态时,试求被封闭气体的压强.(不计气体的质量,已知外界大气压强为 p_0)

