



新华传媒
XINHUA MEDIA



高一 ~ 高三

全国重点大学自主招生 知识梳理与考点精讲精练

主 编 吴 俊

物理

L4



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



全国重点大学自主招生 知识梳理与考点精讲精练

物 理

主编 吴 俊

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书共分十七个专题,每个专题均分为知识梳理、考点精讲和考点精练三个部分。其中知识梳理对高考基本知识做了简约化处理,在此基础上结合近年自主招生考试真题对知识有适度的延伸与提高;考点精讲精选近几年自主招生的真题,做了详细的解答和高度的总结;考点精练以真题和预测题结合的形式,每题都有详细的解析。本书简洁实用,读者通过讲、思、练定会有所收益的。

图书在版编目(CIP)数据

全国重点大学自主招生知识梳理与考点精讲精练. 物理/吴俊主编. —上海:上海交通大学出版社,2013
(交大之星)

ISBN 978-7-313-09693-7

I. ①全… II. ①吴… III. ①中学物理课—高中—升学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 094578 号

全国重点大学自主招生知识梳理与考点精讲精练 物 理

吴 俊 主 编

上海交通大学 出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.75 字数: 331 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—6030

ISBN 978-7-313-09693-7/G 定价: 35.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话: 021-54742979

圆梦名校,从这里起飞

自主招生是中国高等教育招生改革扩大高校自主权的重要措施。从2003年开始,我国就通过实施高校自主招生探索人才选拔制度改革,允许部分高校拿出一定比例的招生名额,以选拔那些由高考不容易被发现的有特殊才能的学生。自主招生选拔由高校自行组织,一般由笔试、面试两部分组成。通过自主招生选拔的考生必须参加高考(2007年起上海地区考生通过复旦、上海交大的自主招生选拔后,高考成绩可仅作参考),在高考录取时可获得20分或不等的优惠。因为自主招生多为名校,如北大、清华、人大、交大、复旦大学等,20分对可能高考失误的优秀学生来说是一个重要的弥补。另外,自主招生还需要面试,和名校老师直面接触,无形中更激发学生考入名校的热情,对应战高考也增添了实战经验。

从现行自主招生情况看,主要分为“北约”11所高校、“华约”7所高校、“卓越联盟”9所高校的自主招生。2013年,“北约”,“华约”,“卓越”三大联盟同时于3月16日在全国各省(自治区、直辖市)进行测试,笔试科目也发生重大变化,三大联盟将笔试科目都改为两科!

“北约”由北京大学(含医学部)、北京航空航天大学、北京师范大学、厦门大学、山东大学、武汉大学、华中科技大学、中山大学、四川大学、兰州大学、香港大学11所高校组成,考生最多可申请其中的三所高校。理工科类专业考核科目为:自然科学基础(数学、物理)。文史类专业考核科目为:人文科学基础(语文、数学)。

“华约”由上海交通大学、中国人民大学、中国科学技术大学、西安交通大学、南京大学、浙江大学、清华大学7所高校组成,考生可以同时申请其中的两所学校。如果初试成绩没有达到所申请学校的要求,还可以向第三所学校申请。考试科目:其一为《数学与逻辑》,这是所有考生的必考科目;其二为《物理探究》或《阅读与表达》,考生可从中任选一门。

“卓越联盟”由北京理工大学、重庆大学、大连理工大学、东南大学、哈尔滨工业大学、华南理工大学、天津大学、同济大学、西北工业大学9所高校组成。自主选拔的条件和认定将由各招生学校自主决定。考生可同时报考其中的两所。测试分两类,即学科基础测试一(涵盖数学与物理知识)、学科基础测试二(涵盖数学和语文知识)。不按照文理科划线,按照两个基础测试划线。



从近几年自主招生的情况看,随着社会的需要,参加自主招生的名校变多,命题难度略有下降,参加考试人数逐年增加,很多学生都希望通过“选才新通道”圆梦名校。但是,有的学生未能如愿,主要原因是不能适应自主招生的考题。自主招生青睐的是表现优秀的学生,而备考时间基本上是一轮复习的末期,此时高三学子都在积极迎接高三第一次模考,加之随后的春节,所以备考时间非常紧张。机遇往往青睐有准备的人,倘若我们的准备从高一、高二开始,在学习之余将难度分解,化整为零,厚积两年多的功力在考试中薄发,胜算就大多了。为此,上海交大出版社在以往自主招生成功出版经验的基础上再次聘请自主招生的研究专家撰写了“全国重点大学自主招生知识梳理与考点精讲精练”系列丛书。希望对有志于参加自主招生的考生直接相助,并且对参加高考的同学在能力提升上也有暗助。

该系列每本书均分为知识梳理、考点精讲、考点精练三大部分。

自主招生与高考都重视基础,两者在内容和要求上有很多交叉点,所以知识梳理部分在高考复习的基础上结合自主招生命题有针对性的提升和补充,平稳过渡到自主招生,力求学生知识与能力的双赢;考点精讲部分尽可能选用近年自主招生的真题,用一题一得的形式自然完成思维能力的螺旋式上升。考点精练与自主招生的难度相当,试题的详解详答对自由复习的同学来说无疑是最好的福音,犹如名师相伴。

自主招生考试与高考不同的是,前者没有准确的高考大纲和说明,学生复习中的广度、深度等较难把握。所以书中尽可能多的自主招生真题和详细的解答,让同学们在复习中有所感悟。

追求实用、高效是我们编写该丛书的目标,但书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

专题一	质点的运动	1
专题二	物体的平衡	8
	第一讲 共点力物体的平衡	8
	第二讲 固定转动轴的物体的平衡	15
专题三	牛顿运动定律	22
专题四	曲线运动	29
	第一讲 运动的合成与分解	29
	第二讲 抛体运动	33
	第三讲 圆周运动	39
专题五	天体的运动	46
专题六	功和能	52
	第一讲 功和功率	52
	第二讲 动能定理	58
专题七	守恒定律	64
	第一讲 能量守恒定律	64
	第二讲 动量 动量守恒定律	70
专题八	电场	76
	第一讲 电场和电势	76
	第二讲 电容器和带电粒子在电场中的运动	83
专题九	电路	93
专题十	磁场	103
	第一讲 磁场对电流和运动电荷的作用	103



第二讲 带电粒子在复合场中的运动	111
专题十一 电磁感应	120
专题十二 交变电流	128
专题十三 热学	135
专题十四 机械振动	144
专题十五 机械波	149
专题十六 光学	155
第一讲 几何光学	155
第二讲 物理光学	160
专题十七 原子物理 原子核	167
参考答案	173

专题一 质点的运动



知识梳理

一、理想化模型

(一) 选用质点模型的条件: 物体自身线度 l 与所研究的物体运动的空间范围 r 比可以忽略; 或者物体只作平动。真实物体不满足上述条件时, 则可视作满足第一个条件质点系。

(二) 理想刚体模型: 刚体是指在任何情况下, 都没有形变的物体。刚体也是一个各质点之间无相对位置变化且质量连续分布的质点系。

二、参照物和参照系

要准确确定质点的位置及其变化, 必须事先选取另一个假定不动的物体作参照, 这个被选的物体叫做参照物。参考系选取不同, 运动的描述一般也不相同。

为了定量地描述物体的位置及其变化, 需要在参照物上建立坐标, 构成坐标系。通常选用直角坐标系 $O-xyz$, 有时也采用极坐标系。

三、位置、位移和路程

在直角坐标系中, 质点的位置可用三个坐标 x, y, z 表示, 当质点运动时, 它的坐标是时间的函数。质点的位置也可用从坐标原点 O 指向质点 $P(x, y, z)$ 的有向线段 r 来表示, $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ 。

位移是物体位置变化的量, 其大小等于两点之间的直线距离。位移为矢量, 既有大小, 又有方向。它与路径无关, 通常用 s 或 x 表示。

路程是质点运动轨迹的长度。路程为标量, 只有大小, 没有方向, 大小与路径有关。

两者联系: 在一般情况下, 路程大于位移的大小, 只有做直线运动的质点始终向着同一个方向运动时, 位移的大小才等于路程。

四、速度

平均速度定义式: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, $\bar{v}$ 为矢量, 方向与 Δx 相同。平均速度的大小与所取的时间间隔 Δt 有关, 因此须指明是哪一段时间(或哪一段位移)的平均速度。

瞬时速度: 当 Δt 为无限小, 即趋于零时, $\bar{v}$ 成为 t 时刻的瞬时速度。瞬时速度是矢量, 其方向在轨迹的切线方向。

瞬时速度的大小称为速率。速率是标量。



平均速度定义式 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, 对任何性质的运动都适用, 而 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 只适用于匀变速直线运动。此外对匀变速直线运动还有 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}}$ 。

五、加速度

加速度是描述物体速率变化快慢的物理量。其定义式为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 其单位是 m/s^2 。加速度为矢量, 这样求得的为物体运动的平均加速度, 其方向为 Δv 的方向。

当 Δt 为无限小量, 即趋于零时, Δv 与 Δt 的比值称为此时此刻的瞬时加速度, 其方向就是当 Δt 趋于零时, 速度增量的极限方向。

六、匀变速直线运动

加速度 a 不随时间 t 变化的直线运动称为匀变速直线运动。若 a 与 v 同方向, 则为匀加速直线运动; 若 a 与 v 反方向, 则为匀减速直线运动。

匀变速直线运动的规律为: $v = v_0 + at$, $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, $v^2 - v_0^2 = 2ax$, $x = \bar{v}t = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$ 。

自由落体运动是初速为零, 加速度为 g 的匀加速运动。竖直上抛运动为初速度向上, 加速度为 g 的匀减速运动。

七、追及相遇问题

追及和相遇问题的特点: 追及和相遇问题是一类常见的运动学问题, 从时间和空间的角度来讲, 相遇是指同一时刻到达同一位置。可见, 相遇的物体必然存在以下两个关系: 一是相遇位置与各物体的初始位置之间存在一定的位移关系。若同地出发, 相遇时位移相等为空间条件。二是相遇物体的运动时间也存在一定的关系。若物体同时出发, 运动时间相等; 若甲比乙早出发 Δt , 则运动时间关系为 $t_{\text{甲}} = t_{\text{乙}} + \Delta t$ 。要使物体相遇就必须同时满足位移关系和运动时间关系。

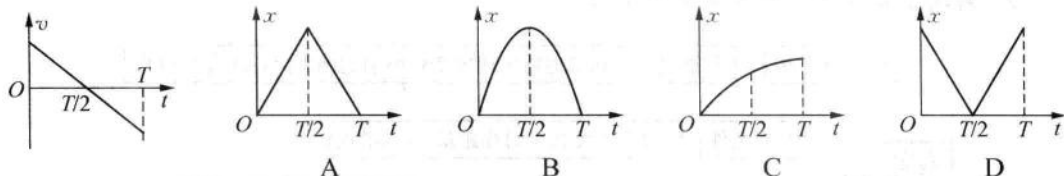
一个条件是: 两物体速度相等时满足的临界条件, 如两物体的距离是最大还是最小及是否恰好追上等。

若被追赶的物体做匀减速运动, 一定要注意, 追上前该物体是否停止运动。



一、对运动图像的理解

【例1】若质点做直线运动的速度 v 随时间 t 变化的图像如下图所示, 则质点的位移 x (从 $t = 0$ 开始) 随时间 t 变化的图像可能是图中的哪一个()。



【解析】 B。由图可知质点做匀变速直线运动,在时间 T 内,设质点初速度为 v_0 ,加速度为 a ,易知 a 的方向与 v_0 方向相反。以初速度方向为正方向,由匀变速直线运动的位移时间公式可得 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,显然,位移 x 是时间 t 的二次函数,是抛物线;因为以 v_0 方向为正方向时,位移公式中的加速度 a 应为负值,所以函数 $x(t)$ 开口方向向下;另外,由 $v-t$ 图像中面积与位移的关系可知,质点在时间 T 的末时刻位移为零。综上三点可知,选项 B 正确。

【方法点拨】 对运动图像的理解要从五个方面“看”。

(1) 看“线”。如 $x-t$ 图像中倾斜直线表示匀速直线运动, $v-t$ 图像中倾斜直线表示匀变速直线运动。

(2) 看“斜率”。如 $x-t$ 图像上斜率表示速度, $v-t$ 图像中斜率表示加速度。

(3) 看“面积”。如 $x-t$ 图像中面积无实际意义, $v-t$ 图像中图线和时间轴围成的“面积”表示位移。

(4) 看“纵截距”。如 $x-t$ 图像中表示初位置, $v-t$ 图像中表示初速度。

(5) 看“特殊点”。一般表示从一种运动变为另一种运动,交点在 $x-t$ 图像中表示相遇,在 $v-t$ 图像中表示速度相等。

二、追及相遇问题

【例 2】 (2008 年北京大学)在水平轨道上有两辆长均为 L 的汽车,两车中心相距为 s 。开始时 A 车在后面以初速度 v_0 、加速度大小为 $2a$ 正对着 B 车做匀减速运动,而 B 车同时以初速度为零、加速度为 a 做匀加速运动,两车运动方向相同。要使两车不相撞,则 v_0 应满足的关系式为_____。

【解析】 以后车初始时刻的中心位置为坐标原点,以后车到前车的方向为正方向建立一维坐标系 Ox ,则 t 时刻两车的坐标分别为

$$x_1 = v_0 t - (2a)t^2/2;$$

$$x_2 = s + at^2/2。$$

两车相撞时,满足 $x_2 - x_1 \leq L$,以刚刚相撞的情况为例,即 $x_2 - x_1 = L$,两车相撞的条件为

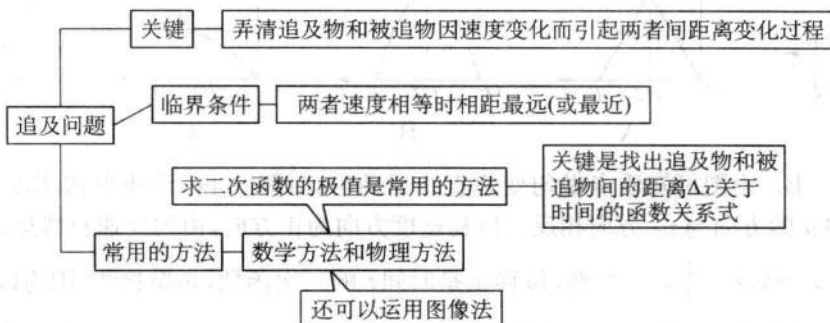
$$3at^2/2 - v_0 t + (s - L) = 0。$$

由此可知,当 $v_0^2 \geq 6a(s - L)$ 时, t 有实数解,表明两车会相撞。因此,要使两车不相撞,则 v_0 应满足的关系式为 $v_0 \leq \sqrt{6a(s - L)}$ 。

【方法点拨】 (1) 本题采用相对参考系法更为简单。如以 B 车为参考系,有 $0 - v_0^2 \leq \sqrt{2 \times 3a \times (s - L)}$ 求解。

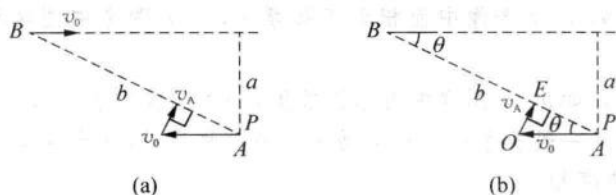


(2) 解决追及相遇问题的主要思路为:



三、巧用相对速度

【例3】如图(a)所示,船A从港口P点出发去拦截正以速度 v_0 沿直线航行的船B。点P与船B所在航线的垂直距离为 a ,船A起航时与船B相距为 b , $b > a$ 。如果略去船A启动时的加速过程,认为它一起航就以匀速运动。则船A能拦截到船B的最小速率为多少?



【解析】 本题是求两个运动物体之间的相对位置的问题。若以地球为参照系,两个物体都运动,且运动方向不一致,它们之间的相对位置随时间变化的关系比较复杂,一时不容易做出正确的判断与解答。但如果把参照系建立在某一运动的物体上,(如B上)由于以谁为参照系,就认为谁不动,此题就简化为一个物体,(如A)在此运动参照系的运动问题了。当然解一个物体的运动问题比解两个物体都运动的问题自然容易多了。

以B为参照系,B不动,在此参照系中A将具有向左的分速度 v_0 ,如图(b)所示。在此参照系中A只要沿着PB方向就能拦截到B。应用“点到直线的距离以垂线为最短”的结论。过O点作PB的垂线,交PB于E点,OE即为船A对地的速度的最小值 v_A ,在 $\triangle AOE$ 中 $v_A = v_0 \sin \theta$,而 $\sin \theta = \frac{a}{b}$,解得 $v_A = v_0 \frac{a}{b}$ 。

【方法点拨】 在相对运动中,对平行四边形定则可解读为: $v_{AB} = v_{AC} + v_{CB}$ 。当运动参照系相对静止参照系作平动时,加速度也存在同样的关系: $a_{AB} = a_{AC} + a_{CB}$ 。当运动参照系相对静止参照系作转动时,这一关系不成立。

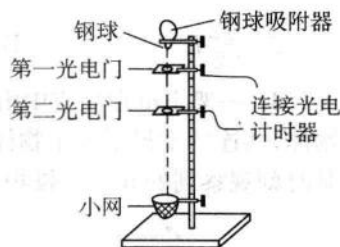
几何法一般用于求极小值问题,其特点是简单、直观,把物体运动的较为复杂的极值问题,转化为简单的几何问题去解,便于学生掌握。

四、实验研究

【例4】(2012年华约)利用光电计时器测量重力加速度的实验装置如下图所示。所给器材有:固定在底座上带有刻度的竖直钢管,钢球吸附器(固定在钢管顶端,可使钢球在被吸附

一段时间后由静止开始自由下落),两个光电门(用于测量钢球从第一光电门到第二光电门所用的时间间隔),接钢球用的小网。

实验时,将第一光电门固定在靠近钢球开始下落的位置。测量并求出钢球下落不同路程的平均速度,通过作图得到重力加速度的数值。



(1) 写出实验原理。

(2) 写出实验步骤,并指明需测量的物理量。

【解析】(1) 实验原理: 小球做初速度为零的匀加速直线运动, 由运动学公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $\bar{v} = \frac{h}{t} = \frac{1}{2}gt$, 做 $\bar{v}-t$ 图像, 根据图线斜率 k 可求得重力加速度 $g = 2k$ 。

(2) 实验步骤:

① 按照图所示安装实验器材;

② 释放小球, 记录小球下落高度 h (即两光电门之间的距离) 和所用时间 t , 并填入设计好的表格中;

③ 改变第二个光电门的位置, 重复步骤 2 多次;

④ 根据实验数据作 $\bar{v}-t$ 图像, 并由此图像求得重力加速度, 设图线斜率为 k , 则 $g = 2k$ 。

【方法点拨】“描述类”问题是力学实验中最常见的方式。最为典型的是打点计时器的描点, 主要的运算有瞬时速度 (公式为 $v_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2T}$) 和加速度 (6 组数据集为例, 利用逐差法 $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{(x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_3)}{(3T)^2}$ 或者在速度图像中找斜率求加速度。)。另外还有用光电门留迹, 主要的思想方法是遮光板很窄, 用遮光长度与时间的比值替代瞬时速度大小。再有频闪照片留迹, 速度的计算与打点类相同。至于用滴水法、传感器等问题都可以参考上述内容类比求解。

考点精练

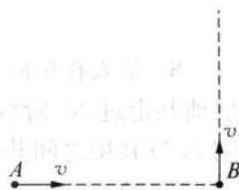
1. 一物体做加速直线运动, 依次经过 A, B, C 三个位置, B 为 AC 中点, 物体在 AB 段加速度恒为 a_1 , 在 BC 段加速度恒为 a_2 , 现测得 B 点的瞬时速度为 A、C 两点速度和的一半, 则 a_1, a_2 的大小关系为 ()。

- A. $a_1 = a_2$ B. $a_1 < a_2$ C. $a_1 > a_2$ D. 无法确定

2. 蚂蚁离开巢沿直线爬行, 它的速度与到蚁巢中心的距离成反比, 当蚂蚁爬到距巢中心的距离 $L_1 = 1 \text{ m}$ 的 A 点处时, 速度是 $v_1 = 2 \text{ cm/s}$ 。试问蚂蚁从 A 点爬到距巢中心的距离 $L_2 = 2 \text{ m}$ 的 B 点所需的时间为 ()。

- A. 50 B. 80
C. 100 D. 75

3. 如图所示, 相距为 L 的 A, B 两质点沿相互垂直的两个方向以相同的速率 v 做匀速直线运动, 则在运动过程中, A, B 间的最短距离为 ()。



第 3 题



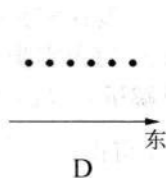
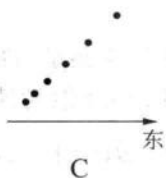
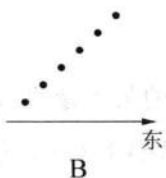
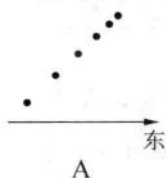
A. $\frac{\sqrt{2}}{2}L$

B. L

C. $\sqrt{2}L$

D. $2L$

4. 一架飞机在高空由西向东沿水平方向做匀加速飞行,飞机每隔相同时间空投一个物体,共连续空投了6个物体(不计空气阻力)。用下列四个图表示地面上静止的观测者在某时刻观察到的6个空投物体的位置,其中正确的是()。



5. 小球每隔 0.2 s 从同一高度抛出,做初速为 6 m/s 的竖直上抛运动,设它们在空中不相碰。第 1 个小球在抛出点以上能遇到的小球个数为(g 取 10 m/s^2)()。

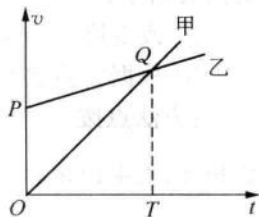
A. 3 个

B. 4 个

C. 5 个

D. 6 个

6. 甲、乙两车在一平直道路上同向运动,其 $v-t$ 图像如图所示,图中 $\triangle OPQ$ 和 $\triangle OQT$ 的面积分别为 x_1 和 x_2 ($x_2 > x_1$)。初始时,甲车在乙车前方 x_0 处,下面说法正确的是()。



第 6 题

A. 若 $x_0 = x_1 + x_2$, 两车不会相遇

B. 若 $x_0 < x_1$, 两车相遇 2 次

C. 若 $x_0 = x_1$, 两次相遇 1 次

D. 若 $x_0 = x_2$, 两车相遇 1 次

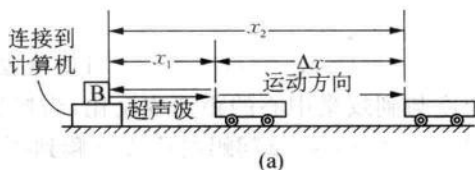
7. 如图(a)所示是一种速度传感器的工作原理图,在这个系统中 B 为一个能发射超声波的固定小盒子,工作时小盒子 B 向被测物体发出短暂的超声波脉冲,脉冲被运动的物体反射后又被 B 盒接收,从 B 盒发射超声波开始计时,经时间 Δt_0 再次发射超声波脉冲,图(b)是连续两次发射的超声波的位移-时间图像,则下列说法正确的是()。

A. 超声波的速度为 $v_{\text{声}} = \frac{x_1}{t_1}$

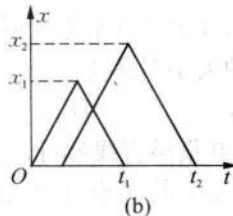
B. 超声波的速度为 $v_{\text{声}} = \frac{2x_2}{t_2}$

C. 物体的平均速度为 $\bar{v} = \frac{2(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1 + 2\Delta t_0}$

D. 物体的平均速度为 $\bar{v} = \frac{2(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1 + \Delta t_0}$



(a)



(b)

第 7 题

8. 某人在单向上行的自动扶梯上随其上行的同时,自己还不断匀速上行。从 A 层到 B 层他共走过 N_1 阶台阶。当他由 B 层返回 A 层时,在此梯上又不断下行,共走过 N_2 阶台阶。则 A 与 B 层之间共有台阶数目是()。

A. $\frac{N_1 + N_2}{2}$

B. $\sqrt{N_1 N_2}$

C. $\frac{2N_1 N_2}{N_2 + N_1}$

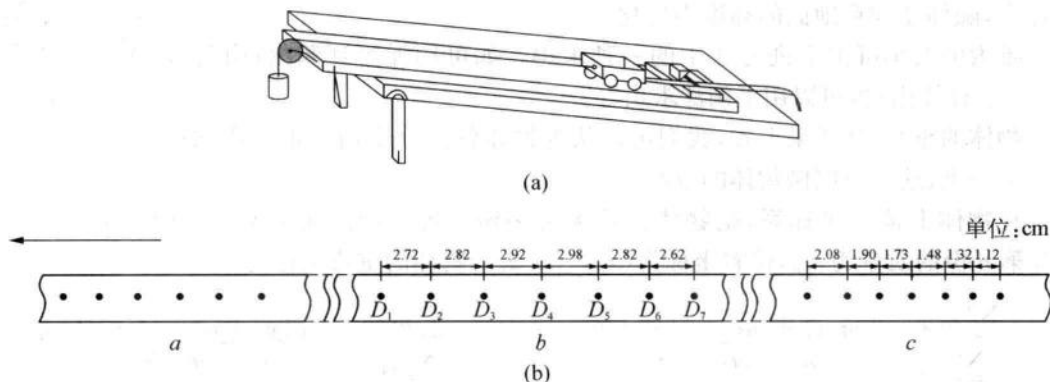
D. $\sqrt{N_1^2 + N_2^2}$

9. 利用水滴下落可以测量重力加速度 g , 调节水龙头, 让水一滴一滴地流出, 在水龙头的正下方放一个盘子, 调整盘子的高度, 使一滴水滴碰到盘子时, 恰好有另一滴水从水龙头开始下落, 而空中还有两个正在下落的水滴, 测出水龙头处到盘子的高度为 $h(\text{m})$, 再用秒表测量时间, 从第一滴水离开水龙头开始, 到第 N 滴水落至盘中, 共用时间为 $T(\text{s})$, 当第一滴水落到盘子时, 第二滴水离盘子的高度为 _____ m , 重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 。

10. 如图(a)所示, 小车放在斜面上, 车前端拴有不可伸长的细线, 跨过固定在斜面边缘的小滑轮与重物相连, 小车后面与打点计时器的纸带相连。起初小车停在靠近打点计时器的位置, 重物到地面的距离小于小车到滑轮的距离。启动打点计时器, 释放重物, 小车在重物的牵引下, 由静止开始沿斜面向上运动, 重物落地后, 小车会继续向上运动一段距离。打点计时器使用的交流电频率为 50 Hz 。图(b)中 a, b, c 是小车运动纸带上的三段, 纸带运动方向如箭头所示。

(1) 根据所提供纸带上的数据, 计算打 c 段纸带时小车的加速度大小为 _____ m/s^2 。(结果保留两位有效数字)。

(2) 打 a 段纸带时, 小车的加速度是 2.5 m/s^2 。请根据加速度的情况, 判断小车运动的最大速度可能出现在 b 段纸带中的 _____。

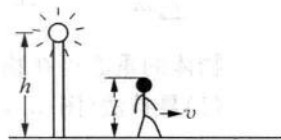


第 10 题

11. 一路灯距地面的高度为 h , 身高为 l 的人以速度 v 匀速行走, 如图所示。

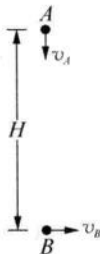
(1) 试证明人的头顶的影子做匀速运动。

(2) 求人影的长度随时间的变化率。



第 11 题

12. 如图所示, 小洁将小球甲从空中 A 点以 $v_A = 3 \text{ m/s}$ 的速度竖直向下抛出, 同时小明将另一小球乙从 A 点正下方 $H = 10 \text{ m}$ 的 B 点以 $v_B = 4 \text{ m/s}$ 的速度水平抛出。不计空气阻力, B 点离地面足够高, 求两球在空中的最短距离。



第 12 题

专题二 物体的平衡

第一讲 共点力物体的平衡



一、几种常见的力

(一) 重力: 由于地球的吸引而使物体受到的力。重力方向竖直向下, 在地面附近, 可近似认为重力不变(如图所示, 重力实际是地球对物体引力的一个分力, 随纬度和距地面的高度而变化)。

重力的大小可由下列方法中的一种求得。如可用弹簧秤测出; 由公式 $G = mg$ 计算出; 也可以用平衡法求出等。

物体的重心: 从效果上看, 我们可以认为物体各部分受到的重力作用集中于某一点, 这一点叫做物体的重心。

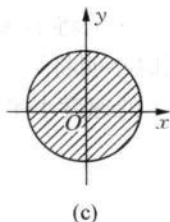
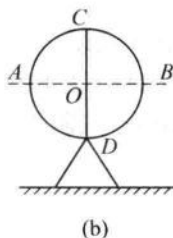
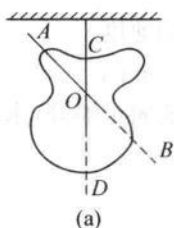
在物体上建立坐标系, 把物体分成无穷多份。第一份的质量为 m_1 , 位置为 (x_1, y_1, z_1) , 第 n 份的质量为 m_n , 位置坐标为 (x_n, y_n, z_n) , 物体的重心坐标为:

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \cdots + m_n x_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}; \quad y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + \cdots + m_n y_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n};$$

$$z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2 + \cdots + m_n z_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}.$$

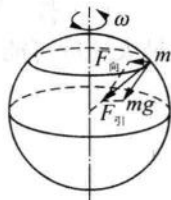
物体的重心可在物体上也可在物体外, 不规则物体的重心可由下列方法中的一种求出:

(1) 悬挂法(图(a), 薄形物体); (2) 支撑法(图(b)); (3) 微元法等(图(c))。



(二) 弹力: 直接接触的物体因发生弹性形变而产生的相互作用力。

弹力的大小取决于变形的程度, 形变越大, 产生的弹力越大。



弹簧的弹力,遵循胡克定律,在弹性限度内,弹簧弹力的大小与形变量(伸长或压缩量)成正比。

$$F = -kx$$

式中 x 表示形变量;负号表示弹力的方向与形变的方向相反; k 为劲度系数,单位是 N/m ,由弹簧的材料,接触反力和几何尺寸本身决定。

弹簧串并联:当若干个弹簧串联使用时,劲度系数分别为 $k_1, k_2, \dots, k_n$,等效弹簧的劲度系数的倒数为: $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \dots + \frac{1}{k_n}$,串联后弹簧变“软”;反之。若以上弹簧并联使用时,弹簧的劲度系数为: $k = k_1 + \dots + k_n$,并联后弹簧变“硬”。($k = k_1 + \dots + k_n$,适用于所有并联弹簧的原长相等等;弹簧原长不相等时,应具体考虑。)

非弹簧弹力的大小:与物体的形变程度有关,一般要借助于物体所遵循的物理规律求解。

(三) 摩擦力:摩擦力是一个物体在另一个物体表面有相对运动或相对运动趋势时,所产生的阻碍相对运动或相对运动趋势的力。方向沿接触面的切线,阻碍相对运动或相对运动的趋势,与相对运动或相对运动趋势相反。摩擦力有静摩擦力、滑动摩擦力和滚动摩擦力三种。

当两个相互接触的物体之间存在相对滑动的趋势(就是说:假如它们之间的接触是“光滑的”,将发生相对滑动),而又保持相对静止时,在接触面上所产生的摩擦力为静摩擦力。其方向与接触面上相对运动趋势的指向相反,大小视具体情况而定,由平衡条件或从动力学的运动方程解算出来。最大静摩擦力为 $F_{\text{fmax}} = \mu_0 F_N$,式中 μ_0 称为静摩擦因数,它取决于接触面的材料与接触面的状况等,而与接触面大小无关, F_N 为两物体间的正压力。

当两个相互接触的物体之间有相对滑动时,产生的摩擦力为滑动摩擦力。滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反,其大小与两物体间的正压力成正比。表达式为: $F_f = \mu F_N$ 。 μ 为滑动摩擦因数,取决于接触面的材料与接触面的表面状况,与接触面积、相对运动的速度以及外力的大小无关。在通常的相对速度范围内,可看作常量,在通常情况下, μ_0 与 μ 可不加区别,两物体维持相对静止的动力学条件为静摩擦力的绝对值满足: $|F_f| \leq F_{\text{fmax}}$ 。在接触物的材料和表面粗糙程度相同的条件下,静摩擦因数 μ_0 略大于动摩擦因数 μ 。

二、力的合成与分解

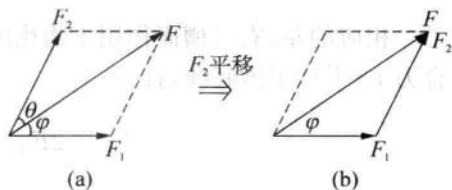
(一) 夹角为 θ 的共点力 F_1 与 F_2 ,其合力为 F (如图所示)。

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta};$$

$$\varphi = \arctan \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta} (\varphi \text{ 为合力 } F \text{ 与分力 } F_1 \text{ 的夹角}).$$

(二) 三角形法:两个矢量首尾相接,从第一个矢量的始端指向第二个矢量末端的有向线段就表示合矢量的大小和方向。如图所示。

(三) 多边形法则:多个共点共面的力合成,可把一个力的始端依次画到另一个力的终端,则从第一个





力的始端到最后一个力的终端的连线就表示这些力的合力。

力的分解是力的合成的逆运算,都遵循平行四边形定则或三角形定则。

三、共点力作用下的物体的平衡

共点力作用下物体的平衡:当物体受到的力或力的作用线交于同一点时,称这几个力为共点力。物体在共点力作用下,相对于地面处于静止或匀速直线运动时,称为共点力作用下物体的平衡。

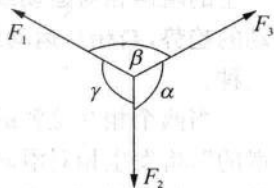
物体的平衡包括静平衡与动平衡,具体是指物体处于静止、匀速直线运动和匀速转动这三种平衡状态。

共点力作用下物体的平衡条件:物体所受到的力的合力为零。即 $\sum_i F_i = 0$ 。其分量式:

$$\sum_i F_{ix} = 0, \sum_i F_{iy} = 0, \sum_i F_{iz} = 0。$$

如果在三个或三个以上的共点力作用下物体处于平衡,用力的图示表示,则这些力必组成首尾相接的闭合力的三角形或多边形;力系中的任一个力必与其余所有力的合力平衡;如果物体只在两个力作用下平衡,则此二力必大小相等、方向相反、且在同一条直线上,我们常称为一对平衡力;如果物体在三个力作用下平衡,则此三力一定共点、一定在同一个平面内(如图所示),且满足下式(拉密定理):

$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}。$$



考点精讲

一、摩擦力的计算

【例1】 如图所示,一直角斜槽(两槽面间夹角为 90°)对水平面的倾角为 θ ,一个横截面为正方形的物块,两相邻表面与两槽面接触,且恰能沿此斜槽匀速下滑。假定两槽面的材料和槽面的情况相同,求物块和槽面之间的滑动摩擦系数 μ 。

【解析】 设左右槽面作用于物块的支持力分别为 F_{N1} 、 F_{N2} (如右下图所示),由于对称性, $F_{N1} = F_{N2}$,它们的合力 F_N 垂直于槽底线,且

$$F_N = \frac{F_{N1}}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2} F_{N1} \text{ ①。}$$

相应的左、右二槽面作用于物块的滑动摩擦力 F_{f1} 和 F_{f2} 相等,它们的合力 F_f 平行于槽底线,且

$$F_f = 2F_{f1} = 2\mu F_{N1} \text{ ②。}$$

