



浙江省

稳拿高分

争取满分

物理
听课手册

全品 选考专题

主编：肖德好

“选考标准”为依据
“选考真题”为导向

本册主编

黄文俊

副主编

丁江南 王军晖

编者

李兴达 沈惠锋 施展 严云佳

特约主审

陈刚 胡则新 楼秀琴 章坚红



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目 (CIP) 数据


全品选考专题. 物理 / 肖德好主编. —银川: 阳光出版社, 2016. 10
(2019. 10 重印)
ISBN 978-7-5525-3116-9

I. ①全… II. ①肖… 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 (2016) 第 267222 号

全品选考专题 物理 肖德好 主编

责任编辑 马 晖
封面设计 锦时创意



黄河出版传媒集团
阳光出版社 出版发行

出 版 人 薛文斌
地 址 宁夏银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)
网 址 <http://www.ygchbs.com>
网上书店 <http://shop129132959.taobao.com>
电子信箱 yangguangchubanshe@163.com
邮购电话 0951—5014139
经 销 全国新华书店
印刷装订 赵县文教彩印厂

开 本 880mm×1230mm 1/16
印 张 20.5
字 数 718 千字
版 次 2016 年 10 月第 1 版
印 次 2019 年 10 月第 4 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5525-3116-9

定 价 75.80 元

版权所有 翻印必究

因聚焦而纯粹

物理



本书专为2020年6月高三年级学生二次备考精心打造，聚焦核心、聚焦题型、聚焦题源，在内容与选题方向上体现学与选考分离后考查角度、深度变化调整，而且充分考虑二次备考的侧重点，突出以下几个方面：

一、目的明确。充分考虑到选考二次备考与一次备考的不同，定位稳拿高分，争取满分。做到简单专题学生自主练，查漏补缺；重点专题师生互动，强化提升。

二、双螺旋式训练。设置作业手册“专题限时训练”与限时小卷“题型分项训练”，深度与形式双螺旋提升模式。

三、原汁原味。本书不仅主编为浙江名校名师，而且试题来源于浙江历年选考真题以及2019年浙江各地区统考试题与各名校的大考试题。

01 讲解 · 主次分明



专题篇

【考点考向探究】

简单知识整合，重点难点拓展，依托选考“标准”“真题”，讲解考点、考法与考向。

知识与能力并重，强化信息提取与建模能力，提升数学在高中物理的应用技能。

02 练习 · 原汁原味



练习篇

选题：考点全练排查雷区，重点强化提升技能。

题型：瞄准选考题型，匹配选考难度，定向训练考法。

模式：“作业手册”与“限时小卷”前后倒翻，前者集中突破考点，后者专项突破题型。

03 大卷 · 仿真预测



标准大卷

12套标准卷，最新的选考动态，最全的选考题型，不仅全面练透历次选考题点，而且深入预测最新选题方向。

完美的讲练测组合
骄人的高考成绩!

CONTENTS

物理

第一部分 选考专题探究

▶ 专题一 力与运动

第 1 讲 力与物体的平衡

第 2 讲 匀变速直线运动

第 3 讲 牛顿运动定律的应用

第 4 讲 曲线运动

第 5 讲 万有引力与天体运动

▶ 专题二 功和能、动量

第 6 讲 功、功率、动能定理

第 7 讲 能量守恒、功能关系

第 8 讲 动量定理、动量守恒定律

第 9 讲 力学三大观点解决复杂多过程问题

▶ 专题三 电场和磁场

第 10 讲 电场和磁场的基本性质

第 11 讲 带电粒子在电场和磁场中的运动

第 12 讲 带电粒子在复合场中的运动

第 13 讲 电磁场的科技应用

▶ 专题四 电路与电磁感应

第 14 讲 直流电路和交流电路

第 15 讲 电磁感应的电路和图像问题

第 16 讲 电磁感应与动力学综合问题

听 001

听 001

听 005

听 009

听 014

听 018

听 021

听 021

听 024

听 028

听 031

听 035

听 035

听 039

听 042

听 046

听 051

听 051

听 054

听 057

▶ 专题五 选修 3-4	听 064
第 17 讲 机械振动与机械波	听 064
第 18 讲 光学与电磁波	听 068
▶ 专题六 近代物理初步	听 071
第 19 讲 近代物理初步	听 071
▶ 专题七 物理实验	听 076
第 20 讲 力学实验	听 076
第 21 讲 电学实验	听 081
第 22 讲 其他实验	听 087
▶ 专题八 数学常用方法在高考物理中的应用	听 093
▶ 专题九 物理选择题的求解技巧	听 096
参考答案	听 099

第二部分 作业手册 (另附分册)

01 作业手册

专题训练 (一) ~ 专题训练 (二十四)

重点专题细分讲次, 全面复习又不失选考侧重方向

02 限时小卷 (请从后翻)

选择 (一) ~ 选择 (十二)

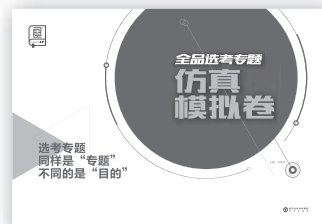
核心技能 (一) ~ 核心技能 (二)



第三部分 仿真模拟卷 (另附分册)

仿真模拟卷 (一) ~ 仿真模拟卷 (十二)

练题型 练模式 练心态



第1讲 力与物体的平衡

核心知识整合

一、几种常见力的比较

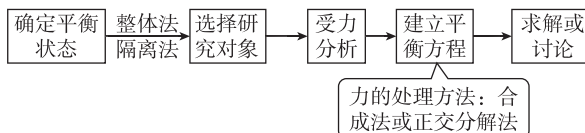
力的种类	产生原因或条件	大小	方向
重力	由于地球的吸引	$G=mg$	竖直向下
弹力	直接接触、发生弹性形变	胡克定律： $F=kx$	与引起形变的力的方向相反
摩擦力	接触面粗糙；存在压力；相对滑动（或有相对滑动的趋势）	静摩擦力： $0 < f \leq f_{\max}$ 滑动摩擦力： $f=\mu F_N$	与接触面相切，与物体相对滑动或相对滑动趋势方向相反
电场力	电场	$F=qE$ 点电荷： $F=k\frac{Qq}{r^2}$	正电荷受电场力与场强同向

(续表)

力的种类	产生原因或条件	大小	方向
安培力	磁场，且 I 不与 B 平行	$F=BIL(I \perp B)$	用左手定则判断，垂直于 I 和 B 所决定的平面
洛伦兹力	磁场，且 v 不与 B 平行	$F=Bqv(v \perp B)$	用左手定则判断，垂直于 v 和 B 所决定的平面

二、共点力作用下物体（或系统）的平衡

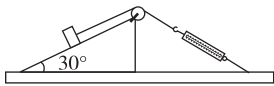
- 平衡条件： $F_{\text{合}}=0$ （某方向上平衡时，正交分解： $F_x=0$ 或 $F_y=0$ ）。
- 处理平衡问题的基本思路



选考题型突破

题型1 静态平衡问题

真题再现

- [2012·浙江卷] 如图1-1所示，与水平面夹角为 30° 的固定斜面上有一质量 $m=1.0\text{ kg}$ 的物体。细绳的一端与物体相连，另一端经摩擦不计的定滑轮与固定的弹簧测力计相连。
物体静止在斜面上，弹簧测力计的示数为 4.9 N 。关于物体受力的判断(g 取 9.8 m/s^2)，下列说法正确的是 ()
A. 斜面对物体的摩擦力大小为零
B. 斜面对物体的摩擦力大小为 4.9 N ，方向竖直向上
C. 斜面对物体的支持力大小为 $4.9\sqrt{3}\text{ N}$ ，方向竖直向上
D. 斜面对物体的支持力大小为 4.9 N ，方向垂直于斜面向上

- (多选)[2016·全国卷I] 如图1-2所示，一光滑的轻滑轮用细绳 OO' 悬挂于 O 点；另一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 a ，另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块 b 。外力 F 向右上方拉 b ，整个系统处于静止状态。若 F 方向不变，大小在一定范围内变化，物块 b 仍始终保持静止，则 ()
A. 绳 OO' 的张力也在一定范围内变化
B. 物块 b 所受到的支持力也在一定范围内变化
C. 连接 a 和 b 的绳的张力也在一定范围内变化
D. 物块 b 与桌面间的摩擦力也在一定范围内变化

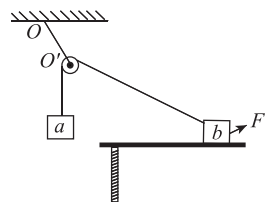


图1-2

[技法点拨] 1. 在分析两个或两个以上物体间的相互作用时,一般采用整体法与隔离法进行分析。

2. 当直接分析一个物体的受力不方便时,可转移研究对象,先分析另一个物体的受力,再根据牛顿第三定律分析该物体的受力,此法叫“转移研究对象”。

3. 如果物体仅受三个力作用而处于平衡状态,一般采用合成法处理力,即其中任意两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反.根据平行四边形定则或三角形定则找到直角三角形,用三角函数(正弦、余弦或正切函数等)知识求解。

● 模拟精选

1. 如图 1-3 所示,一质量均匀的实心球被直径 AB 所在的平面一分为二,先后以 AB 沿水平和竖直两种不同方向放置在光滑支架上,处于静止状态,两半球间的作用力分别为 F 和 F' ,已知支架间的距离为 AB 长度的一半,则 $\frac{F}{F'}$ 等于

()

- A. $\sqrt{3}$
B. $\frac{\sqrt{3}}{2}$
C. $\frac{2\sqrt{3}}{3}$
D. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

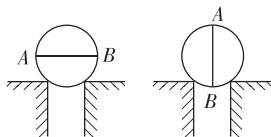


图 1-3

2. (多选)[2019·嘉兴一中月考] 如图 1-4 所示, A 物体绕过小滑轮 P 的细线所悬挂, B 物体放在粗糙的水平桌面上;小滑轮 P 被一根细线系于天花板上的 O 点; O' 是三根线的结点, bo' 水平拉着 B 物体, co' 沿竖直方向拉着弹簧;弹簧、细线、小滑轮的重力和细线与滑轮间的摩擦力均可忽略,整个装置处于静止状态.若悬挂小滑轮的细线 OP 上的张力是 $20\sqrt{3}$ N, g 取 10 m/s^2 , 则下列说法中正确的是

()

- A. 弹簧的弹力为 10 N
B. A 物体的质量为 2 kg
C. 桌面对 B 物体的摩擦力为 10 N
D. OP 与水平方向的夹角为 60°
3. 如图 1-5 所示,水平地面上固定着一个三棱柱体,其左侧光滑,倾角为 α ;右侧粗糙,倾角为 β . 放置在三棱柱体上的物块 A 和物块 B 通过一根跨过顶端定滑轮的细绳相连,物块 A 和物块 B 始终保持静止. 下列说法正确的是

()

- A. 仅增大角 α , 物块 B 所受的摩擦力一定增大
B. 仅增大角 α , 物块 B 对三棱柱体的压力可能减小
C. 仅增大角 β , 绳子的拉力一定增大
D. 仅增大角 β , 地面对三棱柱体的支持力不变

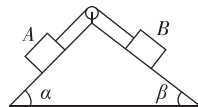


图 1-5

题型 2 动态平衡问题

● 真题再现

1. (多选)[2017·天津卷] 如图 1-6 所示,轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M 、 N 上的 a 、 b 两点,悬挂衣服的衣架挂钩是光滑的,挂于绳上处于静止状态.如果只人为改变一个条件,当衣架静止时,下列说法正确的是

()

- A. 绳的右端上移到 b' , 绳子拉力不变
B. 将杆 N 向右移一些, 绳子拉力变大
C. 绳的两端高度差越小, 绳子拉力越小
D. 若换挂质量更大的衣服, 则衣架悬挂点右移

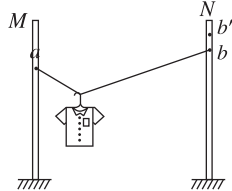


图 1-6

2. [2019·浙江 4 月选考] 如图 1-7 所示,一根粗糙的水平横杆上套有 A 、 B 两个轻环,系在两环上的等长细绳拴住的书本处于静止状态,现将两环距离变小后书本仍处于静止状态,则

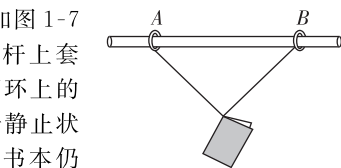


图 1-7

- A. 杆对 A 环的支持力变大
B. B 环对杆的摩擦力变小
C. 杆对 A 环的力不变
D. 与 B 环相连的细绳对书本的拉力变大

[技法点拨] 1. 图解法: 如果物体受到三个力的作用, 其中一个力的大小、方向均不变, 另一个力的方向不变, 此时可用图解法, 画出不同状态下力的矢量图, 判断各个力的变化情况。

2. 解析法: 如果物体受到多个力的作用, 可进行正交分解, 利用解析法, 建立平衡方程进行求解。

● 模拟精选

1. [2019·余杭二中模拟] 如图 1-8 所示, 一个质量为 m 的皮球用一根轻质细绳悬挂在光滑的竖直墙面上, 已知细绳与墙面的夹角为 θ , 细绳的拉力为 F_T , 墙对球的支持力为 F_N . 下列说法正确的是

()

- A. 绳子的拉力与球的重力是一对平衡力
B. 墙对球的支持力和球对墙的压力为一对平衡力
C. 若增加悬绳的长度, 则拉力 F_T 将会增大
D. 若增加悬绳的长度, 则支持力 F_N 将会减小

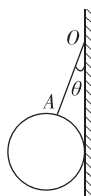


图 1-8

2. 在粗糙水平地面上与墙平行放着一个截面为半圆的柱状物体 A, A 与竖直墙之间放另一截面为直角三角形的光滑柱状物体 B, 整个装置处于静止状态, 截面如图 1-9 所示. 设墙对 B 的作用力为 F_1 , B 对 A 的作用力为 F_2 , 地面对 A 的支持力为 F_3 . 若在 B 上加一物体 C, 整个装置仍保持静止, 则 ()

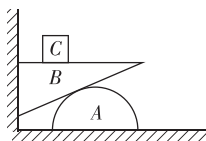


图 1-9

A. F_1 保持不变, F_3 增大

B. F_1 增大, F_3 保持不变

C. F_2 增大, F_3 增大

D. F_2 增大, F_3 保持不变

3. [2019 · 台州联考] 如图 1-10 所示, 在倾角为 θ 的光滑斜面和挡板之间放一个光滑均匀小球, 挡板与斜面夹角为 α . 初始时, $\alpha + \theta < 90^\circ$. 在挡板绕底端逆时针缓慢旋转至水平位置的过程中, 下列说法正确的是 ()

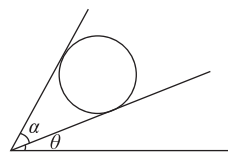


图 1-10

A. 斜面对球的支持力变大

B. 挡板对球的弹力变大

C. 斜面对球的支持力不变

D. 挡板对球的弹力先变小后变大

题型 3 平衡中的临界与极值问题

典例精析

例题 如图 1-11 所示, 三根相同的绳的末端连接于 O 点, A、B 端固定, C 端受一水平力 F, 当 F 逐渐增大时 (O 点位置保持不变), 最先断的绳是 ()

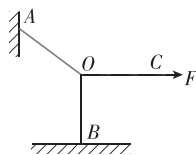


图 1-11

A. OA 绳

B. OB 绳

C. OC 绳

D. 三绳同时断

[技法点拨] 三类临界问题的临界条件

(1) 相互接触的两个物体将要脱离的临界条件是: 它们之间的弹力为零.

(2) 绳子松弛的临界条件是: 绳中拉力为零.

(3) 存在静摩擦力的连接系统中, 当系统外力大于最大静摩擦力时, 物体间不一定有相对滑动, 相对滑动与相对静止的临界条件是: 静摩擦力达到最大值.

变式 1 如图 1-12 所示, 一个质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的物块 A 通过一根跨过定滑轮的轻绳连接一个静止在粗糙斜面上的物块 B, 对物块 B 施加一个与竖直方向成 $\theta = 30^\circ$ 角斜向右上方的外力 F 时, 斜面对物块 B 恰无弹力. 已知斜面的倾角为 $\theta = 30^\circ$, 且跨过定滑轮的轻绳也成 $\theta = 30^\circ$ 角, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 最大静摩擦力等于滑动摩擦力. 若保持外力 F 的大小不变, 顺时针改变力

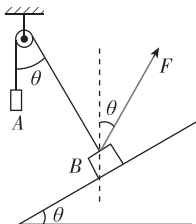


图 1-12

的方向至外力 F 与斜面平行的过程中整体仍然静止, 则下列说法中正确的是 ()

A. 物块 B 的质量为 3 kg , 所施外力为 10 N

B. 斜面对物块 B 的支持力逐渐减小

C. 斜面对物块 B 的摩擦力逐渐增大

D. 斜面与物块 B 间的动摩擦因数至少是 0.4

变式 2 (多选) [2019 · 桐乡高中月考] 用一根轻绳把一质量为 0.5 kg 的小球悬挂在 O 点, 用力 F 拉小球使悬绳偏离竖直方向 30° 角保持不变, 小球处于平衡状态, 力 F 与竖直方向的夹角为 θ , 如图 1-13 所示, 则 (g 取 10 m/s^2) ()

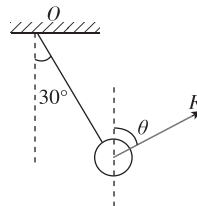


图 1-13

A. 若拉力 F 水平向右, 则 F 最小, 此

时绳的拉力为 $\frac{5}{3} \text{ N}$

B. 若使力 F 取最小值, 此时绳的拉力为 $\frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N}$

C. 若使力 F 顺时针转动, 绳的拉力一定变大

D. 若使力 F 逆时针转动, 拉力 F 最大为 5 N

变式 3 [2019 · 富阳中学模拟] 某旅行箱的总质量为 15 kg , 一旅客用斜向上的拉力拉着旅行箱在水平地面上做匀速运动, 若拉力的最小值为 90 N , 此时拉力与水平方向间的夹角为 θ , 重力加速度大小 g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, 旅行箱受到地面的阻力与其受到地面的支持力成正比, 比值为 μ , 则 ()

A. $\mu = 0.5, \theta = 37^\circ$

B. $\mu = 0.5, \theta = 53^\circ$

C. $\mu = 0.75, \theta = 53^\circ$

D. $\mu = 0.75, \theta = 37^\circ$

题型 4 电磁学中的平衡问题

真题再现

1. [2018 · 浙江 11 月选考] 电荷量为 $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的小球绝缘固定在 A 点, 质量为 0.2 kg 、电荷量为 $-5 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的小球用绝缘细线悬挂, 静止于 B 点. A、B 间距离为 30 cm , A、B 连线与竖直方向夹角为 60° . 静电力常量为 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, 小球可视为点电荷, g 取 10 m/s^2 . 图

1-14 中正确的是

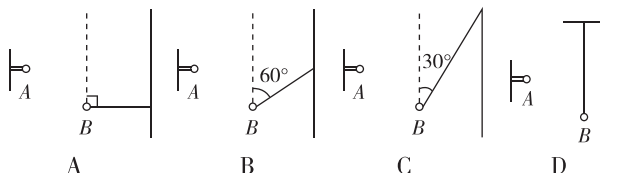


图 1-14

2. [2019·全国卷 I] 如图 1-15 所示,空间存在一方向水平向右的匀强电场,两个带电小球 P 和 Q 用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下,两细绳都恰好与天花板垂直,则 ()

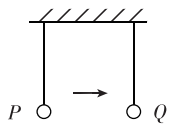
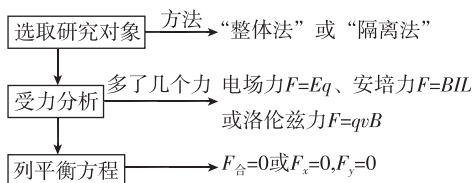


图 1-15

- A. P 和 Q 都带正电荷
B. P 和 Q 都带负电荷
C. P 带正电荷, Q 带负电荷
D. P 带负电荷, Q 带正电荷

[技法点拨] 1. 与纯力学平衡问题的分析方法一样,学会把电磁学中的平衡问题力学化,分析方法如下:



2. 解题常见误区及提醒

- (1) 判断安培力方向时,要先判断磁场方向、电流方向,再用左手定则判断,同时注意将立体图转化为平面图。
(2) 电场力、安培力或洛伦兹力的出现,可能会对压力或摩擦力产生影响。
(3) 涉及电路问题时,要注意闭合电路欧姆定律的使用。

● 模拟精选

1. [2019·杭州二中月考] 如图 1-16 所示,在光滑绝缘的水平面上,放置一原长为 L_0 的绝缘弹簧,两端分别固定带等量同种电荷的小球 A 和 B (均当成点电荷), A 、 B 间的静斥力使弹簧伸长了 ΔL 。如果将两球的电荷量均增为原来的两倍,那么弹簧伸长的长度 ()

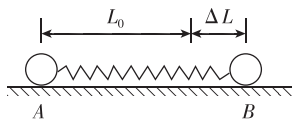


图 1-16

- A. 大于 $4\Delta L$
B. 等于 $4\Delta L$
C. 小于 $4\Delta L$
D. 等于 $2\Delta L$
2. 如图 1-17 所示,匀强电场的电场强度方向与水平方向夹角为 30° 且斜向右上方,匀强磁场的方向垂直于纸面(图中未画出)。一质量为 m 、电荷量为 q 的带电小球(可视为质点)以与水平方向成 30° 角斜向左上方的速度 v 做匀速直线运动,重力加速度为 g ,则 ()

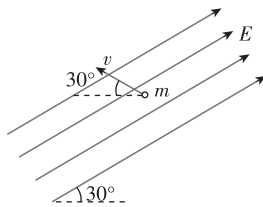


图 1-17

- A. 匀强磁场的方向可能垂直于纸面向外
B. 小球一定带正电
C. 电场强度大小为 $\frac{mg}{q}$
D. 磁感应强度的大小为 $\frac{mg}{qv}$
3. 如图 1-18 所示, A 、 C 为带异种电荷的小球, B 、 C 为带同种电荷的小球, A 、 B 被固定在绝缘竖直杆上, $\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{3\sqrt{3}}{8}$ 时, C 球静止于粗糙的绝缘水平天花板上,且恰好对天花板没有压力。已知 $\frac{L_{AC}}{L_{AB}} = \sqrt{3}$, 下列说法正确的是 ()
- A. C 球所受的摩擦力不为零
B. 杆对 B 球的弹力为零
C. 缓慢将 C 球向右移动,则其无法保持静止
D. 缓慢将 C 球向左移动,则其一定会掉下来
4. 如图 1-19 所示,把一个矩形导线框悬挂在弹簧测力计下,线框底边处在磁场中,当开关闭合后,线框中的电流如图所示,则 ()

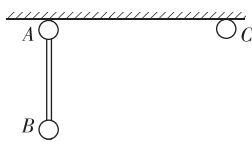


图 1-18

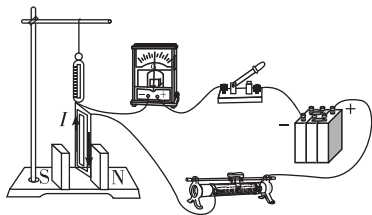


图 1-19

- A. 开关闭合后,弹簧测力计示数增大
B. 开关闭合后,线框底边受到的安培力方向向上
C. 开关闭合后,移动滑动变阻器滑片,弹簧测力计示数一定减小
D. 调换电源正、负极,开关闭合后,弹簧测力计示数一定减小

请完成

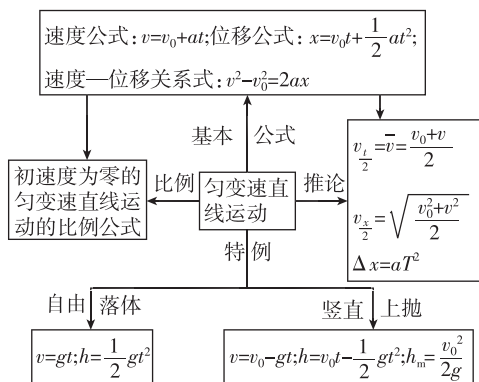
专题训练(一)

第2讲 匀变速直线运动

强化主干 选考必备

核心知识整合

1. 匀变速直线运动的基本规律



2. 常见的运动图像

- (1) $x-t$ 图像
- 物理意义: 反映物体位移随时间变化的规律
 - 斜率
 - 大小: 表示物体速度的大小
 - 正负: 表示物体速度的方向
- (2) $v-t$ 图像
- 物理意义: 反映物体速度随时间变化的规律
 - 斜率
 - 大小: 表示物体加速度的大小
 - 正负: 表示物体加速度的方向
 - 面积
 - 面积表示物体的位移大小
 - 面积在 t 轴上方表示位移方向为正, 在 t 轴下方表示位移方向为负

对接选考 直击要点

选考题型突破

题型1 匀变速直线运动的规律应用

真题再现

1. [2018·浙江4月选考] 如图2-1所示, 竖井中的升降机可将地下深处的矿石快速运送到地面. 某一竖井的深度为104 m, 升降机运行的最大速度为8 m/s, 加速度大小不超过 1 m/s^2 . 假定升降机到井口的速度为0, 则将矿石从井底提升到井口的最短时间是

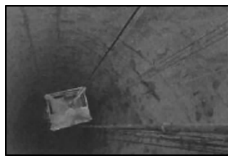


图2-1

- ()
- A. 13 s B. 16 s
C. 21 s D. 26 s
2. [2016·全国卷Ⅲ] 一质点做速度逐渐增大的匀加速直线运动, 在时间间隔 t 内位移为 s , 动能变为原来的9倍. 该质点的加速度为 ()
- A. $\frac{s}{t^2}$ B. $\frac{3s}{2t^2}$
C. $\frac{4s}{t^2}$ D. $\frac{8s}{t^2}$

[技法点拨] 1. 匀变速直线运动的基本公式均是矢量式,

应用时要注意各物理量的符号, 一般情况下, 我们规定初速度 v_0 的方向为正方向, 与初速度同向的物理量取正值, 与初速度反向的物理量取负值, 而当 $v_0=0$ 时, 一般以加速度 a 的方向为正方向.

2. 刹车类问题是指匀减速到速度为零后停止运动, 加速度 a 突然消失, 求解时要注意确定其实际运动时间. 如果刹车类问题涉及最后阶段(到停止)的运动, 可把该阶段看成反向的初速度为零的匀加速直线运动.

模拟精选

1. 做匀加速直线运动的质点在第一个7 s内的平均速度比它在第一个3 s内的平均速度大6 m/s, 则质点的加速度大小为 ()
- A. 1 m/s^2 B. 1.5 m/s^2
C. 3 m/s^2 D. 4 m/s^2
2. 一辆公共汽车进站后开始刹车, 做匀减速直线运动, 开始刹车后的第1 s内和第2 s内的位移大小依次为7 m和5 m, 则刹车后5 s内的位移是 ()
- A. 48 m B. 15 m
C. 16 m D. 65 m

题型2 自由落体运动和竖直上抛运动

真题再现

1. [2016·浙江4月选考] 宇航员在月球上离月球表面高10 m处由静止释放一片羽毛, 羽毛落到月球表面上的时

- 间大约是 ()
- A. 1.0 s B. 1.4 s
C. 3.5 s D. 12 s

2. [2019·浙江4月选考] 小明以初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 竖直向上抛出一个质量 $m = 0.1 \text{ kg}$ 的小皮球, 最后在抛出点接住. 假设小皮球在空气中所受阻力大小为重力的 0.1 倍, g 取 10 m/s^2 . 求小皮球:
- (1) 上升的最大高度;
 - (2) 从抛出到接住的过程中重力和空气阻力所做的功;
 - (3) 上升和下降的时间.

[技法点拨] 竖直上抛运动的研究方法

竖直上抛运动的实质是加速度为 g 的匀变速运动, 处理时可采用两种方法:

- (1) 分段法: 将全程分为两个阶段, 即上升过程的匀减速阶段和下降过程的自由落体阶段.
- (2) 全程法: 将全过程视为初速度为 v_0 、加速度为 $a = -g$ 的匀变速直线运动, 必须注意物理量的矢量性. 习惯上取 v_0 的方向为正方向, 则 $v > 0$ 时, 物体正在上升; $v < 0$ 时, 物体正在下降; $h > 0$ 时, 物体在抛出点上方; $h < 0$ 时, 物体在抛出点下方.

● 模拟精选

1. 四川乐山大佛开凿于唐代, 历时约 90 年, 通高 71 米. 雨天水滴从大佛顶上下落(相邻水滴开始下落的时间间隔均为 1 s), 不考虑一切阻力, 则在落地之前, 空中相邻的水滴(g 取 10 m/s^2) ()
- 间距均匀, 都为 5 m
 - 间距均匀, 都为 10 m
 - 先下落的水滴间距更大
 - 后下落的水滴间距更大



图 2-2

2. (多选) 矿井中的升降机以 5 m/s 的速度竖直向上匀速运行, 某时刻一螺钉从升降机底板松脱, 经过 3 s 升降机底板上升至井口, 此时松脱的螺钉刚好落到井底, 不计空气阻力, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 下列说法正确的是 ()
- 螺钉松脱后做自由落体运动
 - 矿井的深度为 45 m
 - 螺钉落到井底时的速度大小为 25 m/s
 - 螺钉随升降机从井底出发到落回井底共用时 6 s
3. [2019·金丽衢十二校联考] 如图 2-3 所示, 厚度不计的圆环套在粗细均匀、长度为 0.8 m 的圆柱顶端, 圆环可在圆柱上滑动, 同时将两者从静止释放, 经 0.4 s 圆柱与地相碰, 圆柱与地相碰后速度瞬间变为 0 , 且不会倾倒. (g 取 10 m/s^2)
- (1) 由静止释放瞬间, 圆柱下端离地的高度为多少?
 - (2) 若最终圆环离地的距离为 0.6 m , 则圆环与圆柱间的滑动摩擦力是圆环重力的几倍?

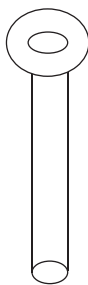


图 2-3

题型 3 运动图像问题

● 真题再现

1. [2019·浙江4月选考] 甲、乙两物体零时刻开始从同一地点向同一方向做直线运动, 位移—时间图像如图 2-4 所示, 则在 $0 \sim t_1$ 时间内 ()
- 甲的速度总比乙大
 - 甲、乙位移相同
 - 甲经过的路程比乙小
 - 甲、乙均做加速运动

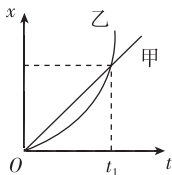


图 2-4

2. (多选) [2018·全国卷Ⅲ] 甲、乙两车在同一平直公路上同向运动, 甲做匀加速直线运动, 乙做匀速直线运动. 甲、乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图 2-5 所示. 下列说法正确的是 ()
- 在 t_1 时刻两车速度相等
 - 从 0 到 t_1 时间内, 两车走过的路程相等
 - 从 t_1 到 t_2 时间内, 两车走过的路程相等
 - 在 t_1 到 t_2 时间内的某时刻, 两车速度相等

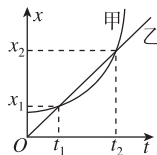


图 2-5

3. (多选)[2018·全国卷Ⅱ] 甲、乙两汽车在同一条平直公路上同向运动,其速度—时间图像分别如图 2-6 中甲、乙两条曲线所示. 已知两车在 t_2 时刻并排行驶. 下列说法正确的是 ()

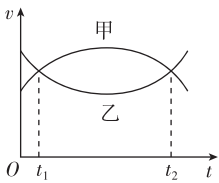


图 2-6

- A. 两车在 t_1 时刻也并排行驶
- B. 在 t_1 时刻甲车在后, 乙车在前
- C. 甲车的加速度大小先增大后减小
- D. 乙车的加速度大小先减小后增大

模拟精选

1. [2019·湖南六校联考] 在平直公路上行驶的 a 车和 b 车的位置—时间($x-t$)图像分别为图 2-7 中直线和曲线, 已知 b 车的加速度恒定且等于 -2 m/s^2 , $t=3\text{ s}$ 时, 直线和曲线刚好相切, 则 ()

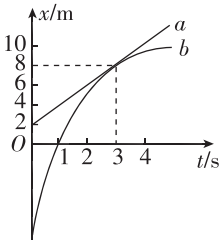


图 2-7

A. a 车做匀速运动且其速度 $v_a = \frac{8}{3}\text{ m/s}$

B. $t=3\text{ s}$ 时 a 车和 b 车相遇但此时速度不等

C. $t=1\text{ s}$ 时 b 车的速度为 10 m/s

D. $t=0$ 时 a 车和 b 车的距离 $x_0=9\text{ m}$

2. 某同学从距离地面 H 高度处将一小球由静止开始释放, 小球与地面撞击后弹起, 小球在此过程的速度—时间图像如图 2-8 所示. 不计空气阻力的影响, 不计小球与地面撞击过程的时间. 下列选项中正确的是 ()

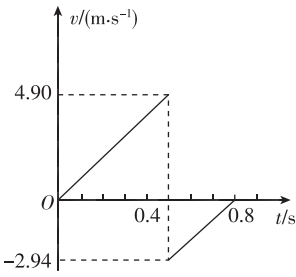


图 2-8

- A. 小球在下落和上升阶段具有的加速度都是 10 m/s^2
- B. H 的大小是 1.25 m
- C. 小球与地面撞击前后速度的变化量的大小是 1.96 m/s
- D. H 和 h 的差值是 0.784 m

题型 4 单体多过程直线运动问题

真题再现

1. (9 分)[2018·浙江 4 月选考] 可爱的企鹅喜欢在冰面上玩游戏. 如图 2-9 所示, 有一企鹅在倾角为 37° 的倾斜冰面上, 先以加速度 $a=0.5\text{ m/s}^2$ 从冰面底部由静止开始沿直线向上“奔跑”, $t=8\text{ s}$ 时, 突然卧倒以肚皮贴着冰面向前滑行, 最后退滑到出发点, 完成一次游戏(企鹅在滑动过程中姿势保持不变). 若企鹅肚皮与冰面间的动摩擦因数 $\mu=0.25$, 已知 $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$, g 取 10 m/s^2 . 求:




图 2-9

- (1) 企鹅向上“奔跑”的位移大小;
- (2) 企鹅在冰面滑动的加速度大小;
- (3) 企鹅退滑到出发点时的速度大小. (计算结果可用根式表示)

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范, 无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范, 结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

007

● 模拟精选

1. 因测试需要,一辆汽车在某雷达测速区,沿平直路面从静止开始做匀加速直线运动一段时间后,立刻做匀减速直线运动直到最后停止,下表中给出了雷达测出的各个时刻对应的汽车速度数值.

时刻 t/s	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
速度 $v/(m \cdot s^{-1})$	0	4.8	9.6	14.4	17.0	13.0	9.0	5.0	1.0	0

- (1)汽车做匀加速运动和匀减速运动的加速度的大小 a_1 、 a_2 分别是多少?
- (2)汽车在该区域行驶过程中何时速度达到最大? 最大速度 v_m 是多少?
- (3)汽车在该区域行驶过程中的总位移 x 是多少?

2. 据悉,中国在 2030 年前后或将实现载人登月. 假设某探测器成功实现“月面软着陆”,其着陆的最后阶段可简化为三个过程:①探测器从月球表面附近高为 H 处开始匀减速竖直下落至静止;②悬停(即处于静止状态);③自由下落至月球表面. 为了保证探测器的安全,要求探测器到达月球表面的速度不能超过 v_m ,月球表面附近的重力加速度为 g_0 ,探测器在减速过程中每秒钟消耗的燃料质量为 $\Delta m = pa + q$ (a 为探测器下降的加速度大小, p 、 q 为大于零的常数). 忽略探测器因消耗燃料而引起的质量变化.
- (1)求探测器悬停位置距月球表面的最大高度 h_m .
- (2)若在(1)中悬停最大高度 h_m 不变的情况下,为使探测器减速下降过程中消耗的燃料质量最少,则该过程中探测器的加速度为多大? 最低消耗燃料的质量 m 为多少?

第3讲 牛顿运动定律的应用

强化主干 选考必备

核心知识整合

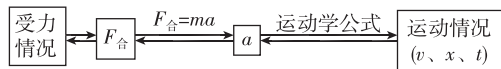
1. 基础知识必备

- (1)力的作用效果是改变物体的运动状态,而不是维持物体的运动状态.
- (2)惯性是物体的固有属性,质量是惯性大小的唯一量度.
- (3)牛顿第二定律的五性

性质	内容
矢量性	$F=ma$ 是矢量式, a 与 F 同向
瞬时性	力与加速度同时产生、同时变化、同时消失
同体性	m 、 F 、 a 都是同一对象在同一时刻的物理量
因果性	F 是产生 a 的原因
独立性	当物体受几个力的作用时,每一个力分别产生的加速度只与此力有关,与其他力无关

2. 牛顿运动定律的综合应用注意事项

- (1)基本思路



- (2)解题关键

抓住两个分析,受力和运动情况分析,必要时画运动情景示意图.对于多运动过程问题,还要找准一个转折点,特别是转折点的速度.

- (3)常用方法

- ①整体法与隔离法:单个物体的问题通常采用隔离法分析,对于连接体类问题的分析通常是综合应用整体法与隔离法.
- ②正交分解法:一般沿加速度方向和垂直于加速度方向进行分解,有时根据情况也可以把加速度进行正交分解.

对接选考 直击要点

选考题型突破

题型1 牛顿运动定律的理解和应用

真题再现

- [2019·浙江4月选考]如图3-1所示,A、B、C为三个实心小球,A为铁球,B、C为木球.A、B两球分别连接在两根弹簧上,C球连接在细线一端,弹簧和细线的下端固定在装水的杯子底部,该水杯置于用绳子悬挂的静止吊篮内.若将挂吊篮的绳子剪断,则剪断的瞬间相对于杯底(不计空气阻力, $\rho_{\text{木}} < \rho_{\text{水}} < \rho_{\text{铁}}$) ()
 A. A球将向上运动,B、C球将向下运动
 B. A、B球将向上运动,C球不动
 C. A球将向下运动,B球将向上运动,C球不动
 D. A球将向上运动,B球将向下运动,C球不动

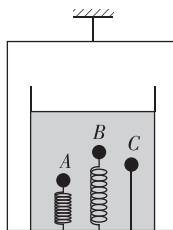


图3-1

- [2018·浙江11月选考]如图3-2所示为某一游戏的局部简化示意图.D为弹射装置,AB是长为21 m的水平轨道,倾斜直轨道BC固定在竖直放置的半径为 $R=10$ m的圆弧形支架上,B为圆弧的最低点,轨道AB与BC平滑连

接,且在同一竖直平面内.某次游戏中,无动力小车在弹射装置D的作用下,以 $v_0=10$ m/s的速度滑上轨道AB,并恰好能冲到轨道BC的最高点.已知小车在轨道AB上受到的摩擦力为其重量的 $\frac{1}{5}$,轨道BC光滑,则小车从A到C的运动时间是(g 取 10 m/s²) ()

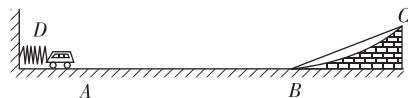


图3-2

- A. 5 s B. 4.8 s C. 4.4 s D. 3 s

[技法点拨]综合运用牛顿第二定律和运动学公式解决问题时,涉及多过程的运动分以下几个步骤进行求解:

- (1)分析物体运动的转折点.
- (2)根据转折点将物体的运动分为相应的几个阶段,明确各段相互联系的物理量.
- (3)分阶段分析物体的受力情况和运动情况.
- (4)利用牛顿运动定律和运动学公式列出相应的表达式进行求解.

模拟精选

- (9分)2018年10月11日俄美两国宇航员搭乘“联盟”MS-10飞船前往国际空间站,在火箭发射升空位于万米高空时,突然出现严重故障.火箭出现故障后,系统逃生机制自动启动.在紧急逃生机制启动后,宇航员所在的载员舱立刻和火箭上面级脱离,坠入大气层.逃逸系统激活后,飞船在大约50千米高度与火箭分离,最后在地表成功着陆,这是人类历史上首次成功

的整流罩逃逸。

某校 STEM 空间技术研究小组对信息收集整理后,对整流罩逃逸下落的最后阶段简化如下:返回舱沿竖直方向下落,某时刻打开主伞,产生 $3.6 \times 10^4 \text{ N}$ 的阻力,使返回舱经过 36 s 速度由 80 m/s 匀减速至 8 m/s ,此后匀速下落,当返回舱下落到离地高度 1 m 时,反冲发动机点火,产生向上的 $1.2 \times 10^5 \text{ N}$ 的恒定推力(此时主伞失效,空气阻力不计),最终返回舱以低速成功着陆. g 取 10 m/s^2 .

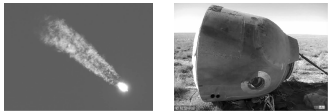


图 3-3

- (1)求打开主伞匀减速阶段的加速度大小;
- (2)求返回舱的质量;
- (3)求返回舱最终的着陆速度大小.

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范,无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范,结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

2. [2019·嘉兴模拟] 如图 3-4 所示,我国“辽宁号”航母的舰载机采用滑跃起飞方式,即舰载机依靠自身发动机从静止开始加速至滑跃起飞,滑跃仰角为 θ . 其起飞跑道可视为由长度为 $l_1=160 \text{ m}$ 的水平跑道和长度为 $l_2=20 \text{ m}$ 的倾斜跑道两部分组成,水平跑道与倾斜跑道末端的高度差 $h=4 \text{ m}$. 已知质量 $m=2.0 \times 10^4 \text{ kg}$ 的舰载机喷气发动机推力大小恒为 $F=1.2 \times 10^5 \text{ N}$,方向与速度方向相同. 若舰载机起飞过程中受到的阻力大小恒为舰载机重力的 $\frac{1}{10}$,舰载机质量视为不变并看成质点,航母处于静止状态,则:

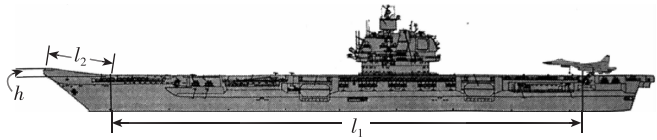


图 3-4

- (1)舰载机在水平跑道上运动的时间为多少?
- (2)舰载机在倾斜跑道上的加速度为多大?
- (3)为了使舰载机速度在倾斜跑道的末端达到 $\sqrt{4920} \text{ m/s}$,外界还需要在整个水平轨道对舰载机施加助推力,求助推力 $F_{\text{推}}$ 的大小.

3. 图 3-5 甲为某粮库运送粮食的传送带以及谷堆的实景图, 已知该传送带与水平地面的夹角 $\theta=30^\circ$, 长 $L=20\text{ m}$, 以 2 m/s 的速度稳定传送. 若谷粒由静止从传送带底端随传送带向上运动, 谷粒与传送带间的动摩擦因数 $\mu=\frac{2\sqrt{3}}{5}$. 不考虑谷粒滚动, 不计空气阻力.

(1) 求谷粒加速运动阶段的加速度大小.

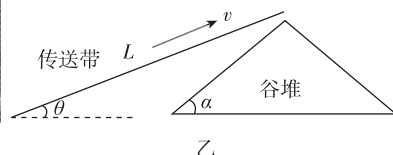
(2) 求谷粒在传送带上运动的时间.

(3) 大量谷粒堆在地面上, 将自然地堆成圆锥状, 简化模型如图乙所示, 若谷粒间的平均动摩擦因数为 μ_1 , 则谷堆锥面最大倾角 α 应为多少?

事实上, 干谷粒和传送带之间摩擦会使谷粒带电, 于是在谷堆表面会形成垂直于表面的电场, 虽然谷粒所受电场力远小于重力, 但这个电场对圆锥体的形成还是会有一定影响. 试分析这个电场的存在会使谷堆锥面最大倾角怎么变化(相对于无电场时的 α)?



甲



乙

图 3-5

题型 2 牛顿运动定律与图像结合

真题再现

1. [2018·浙江 4 月选考] 如图 3-6 所示, 小芳在体重计上完成下蹲动作. 如图 3-7 所示的 $F-t$ 图像能反映体重计示数随时间变化的是 ()



图 3-6

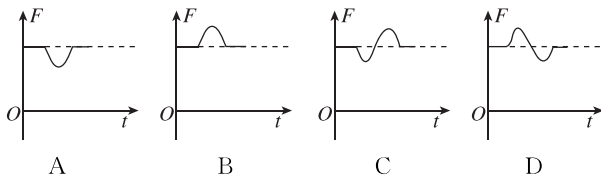


图 3-7

[技法点拨] 解答动力学与图像的综合问题做好两步

第 1 步: 判别物理过程. 由图像形状所描述的状态及变化规律确定物体的运动性质.

第 2 步: 选择解答方法. 根据物体的运动性质, 选择公式法或图像法, 必要时建立函数关系式并进行图像转换.

1. 图像问题的类型

(1) 已知物体所受的某个力随时间变化的图线, 要求分析

物体的运动情况.

(2) 已知物体速度、加速度随时间变化的图线, 要求分析物体的受力情况.

2. 问题的实质: 本题型的实质是力与运动的关系问题, 求解这类问题的关键是理解图像的物理意义, 理解图像的轴、点、线、截、斜、面的意义.

模拟精选

1. (多选) 如图 3-8 甲所示, 足够长的光滑固定斜面上有一物体, 物体在一沿斜面向上的推力 F 的作用下沿斜面向上运动, 在 $0\sim 2\text{ s}$ 内推力的大小 $F_1=5\text{ N}$, 在 $2\sim 4\text{ s}$ 内推力的大小 $F_2=5.5\text{ N}$, 该过程中物体的速度随时间变化的规律如图乙所示, 重力加速度大小 g 取 10 m/s^2 , 则 ()

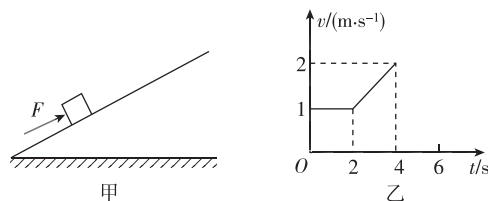


图 3-8

- A. 在前 4 s 内物体的位移为 5 m
 B. 在第 3 s 内物体的加速度大小为 2 m/s^2
 C. 物体的质量为 2 kg
 D. 斜面与水平面的夹角为 30°

题型3 牛顿运动定律解决弹簧类问题

真题再现

1. [2018·全国卷I] 如图3-9所示,轻弹簧的下端固定在水平桌面上,上端放有物块P,系统处于静止状态.现用一竖直向上的力F作用在P上,使其向上做匀加速直线运动,以 x 表示P离开静止位置的位移,在弹簧恢复原长前,表示F和 x 之间关系的图像可能正确的是图3-10中的 ()

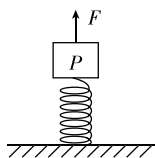


图3-9

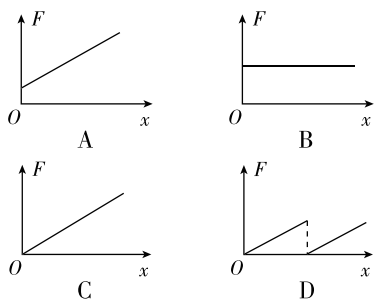


图3-10

[技法点拨] 1. “轻弹簧”是一种常见的理想化物理模型. 由于“轻弹簧”质量不计,其所受弹力一定处处大小相等,均等于弹簧两端的受力.

2. 根据胡克定律,因弹簧形变过程需要一段时间,其长度变化不能在瞬间完成,因此弹簧的弹力不能在瞬间发生突变,即可以认为弹力大小和方向不变. 与弹簧相比较,轻绳和轻杆的弹力可以突变.

3. 胡克定律 $F=kx$ 中 x 为弹簧的形变量,与物体相连时 x 在某些情况下亦即物体的位移,因此弹簧可以与运动学知识结合起来编成习题.

模拟精选

1. 如图3-11甲所示,在倾角为 37° 的粗糙且足够长的斜面底端,一质量 $m=2\text{ kg}$ 、可视为质点的滑块压缩一轻弹簧并锁定,滑块与弹簧不拴接. $t=0\text{ s}$ 时解除锁定,计算机通过传感器描绘出滑块的速度—时间图像如图乙所示,其中Ob段为曲线,bc段为直线. $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$, g 取 10 m/s^2 . 下列说法正确的是 ()

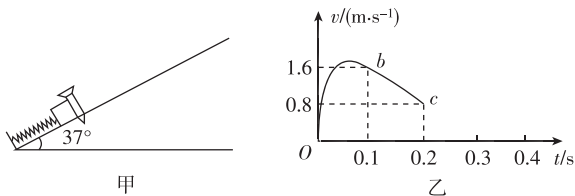


图3-11

- A. 在 0.15 s 末滑块的加速度大小为 2 m/s^2
 B. 滑块在 $0.1\sim 0.2\text{ s}$ 时间内沿斜面向下运动
 C. 滑块与斜面间的动摩擦因数 $\mu=0.25$
 D. 在滑块与弹簧脱离之前,滑块一直在做加速运动
2. 足够长的光滑细杆竖直固定在地面上,轻弹簧及小球A、B均套在细杆上,弹簧下端固定在地面上,上端和质量为 $m_1=50\text{ g}$ 的小球A相连,质量为 $m_2=30\text{ g}$ 的小球B放置在小球A上,此时A、B均处于静止状态,弹簧的压缩量 $x_0=0.16\text{ m}$,如图3-12所示. 从 $t=0$ 时开始,对小球B施加竖直向上的外力,使小球B始终沿杆向上做匀加速直线运动. 经过一段时间后,A、B两球分离;再经过同样长的时间,B球距其出发点的距离恰好也为 x_0 . 弹簧的形变始终在弹性限度内,重力加速度 g 取 10 m/s^2 . 求:
- (1) 弹簧的劲度系数 k ;
 (2) 整个过程中小球B加速度 a 的大小及外力 F 的最大值.

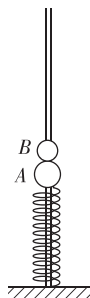


图3-12

题型 4 涉及传送带的动力学问题

典例精析

例题 某沙场为提高运输效率,研究沙粒下滑的高度与沙粒在传送带上运动的关系,建立如图 3-13 所示的物理模型. 竖直平面内有一倾角 $\theta=37^\circ$ 的直轨道 AB,其下方右侧放置一水平传送带,直轨道末端 B 与传送带间距可近似视为零,但允许小物块通过. 转轮半径 $R=0.4\text{ m}$,转轴间距 $L=2\text{ m}$ 的传送带以恒定的速度逆时针转动,转轮最低点离地面的高度 $H=2.2\text{ m}$. 现将一小物块在距离传送带高 h 处的 A 点由静止释放,假设小物块从直轨道 B 端运动到传送带上 C 点时,速度大小不变,方向变为水平向右. 已知小物块与直轨道和传送带间的动摩擦因数均为 $\mu=0.5$. ($\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8, g$ 取 10 m/s^2)

- (1) 若 $h=2.4\text{ m}$,求小物块到达 B 端时的速度大小;
- (2) 若小物块落到传送带左侧地面,求 h 需要满足的条件;
- (3) 改变小物块释放的高度 h ,小物块从传送带的 D 点水平向右抛出,求小物块落地点到 D 点的水平距离 x 与 h 的关系式及 h 需要满足的条件.

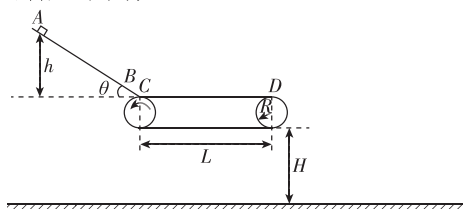


图 3-13

变式 1 如图 3-14 所示,倾角为 θ 的传送带以恒定速率 v_0 顺时针转动,现将物块轻放在传送带的顶端 A 点,在物块向下运动的过程中,如图 3-15 所示的物块的速度 v 、所受摩擦力的大小 f 、摩擦力功率的大小 P 、重力势能 E_p 的图像一定不正确的是 ()

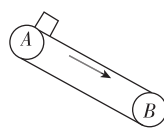


图 3-14

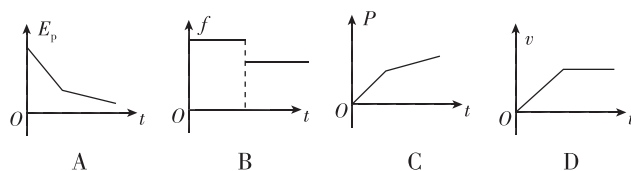


图 3-15

变式 2 如图 3-16 所示,质量 $m=1\text{ kg}$ 的物块从长 $s=3\text{ m}$ 的斜面 AB 顶端由静止滑下,斜面与水平面夹角 θ 为 37° ,物块与斜面间的动摩擦因数 $\mu_1=0.25$. 物块经过 B 点后滑上水平传送带(其经过 B 点时速度大小不变),物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu_2=0.30$,传送带长度 $L=3\text{ m}$,传送带以 $v=2\text{ m/s}$ 的速度逆时针转动. ($\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8, g$ 取 10 m/s^2)

- (1) 求物块在斜面上运动时的加速度大小;
- (2) 求物块运动到 B 点时的速度大小;
- (3) 通过计算判断物块能否滑离传送带.

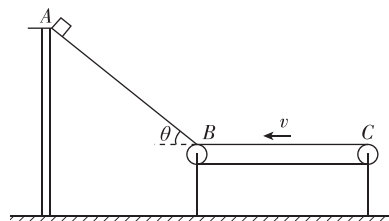
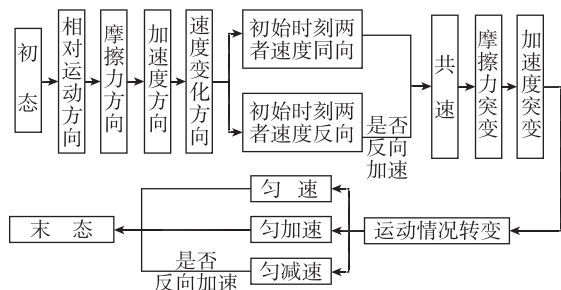


图 3-16

[技法点拨] 传送带问题的突破口——初态、共速、末态



请完成

专题训练(三)

第4讲 曲线运动

强化主干 选考必备

核心知识整合

1. 理清合运动与分运动的三个关系

等时性	分运动与合运动的时间相等
独立性	一个物体同时参与几个分运动,各个运动独立进行、互不影响
等效性	各个分运动的叠加效果与合运动的效果相同

2. 平抛运动的规律和推论

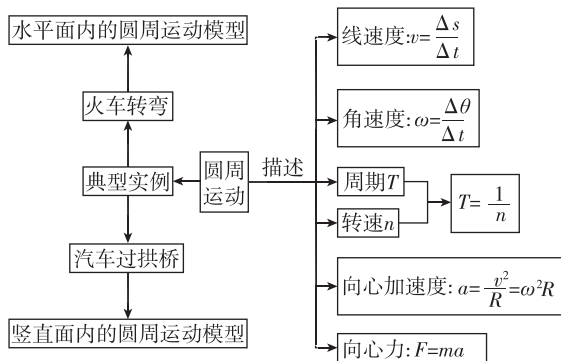
$$v_x = v_0, v_y = gt, x = v_0 t, y = \frac{1}{2}gt^2.$$

(1)任意时刻速度的反向延长线一定通过此时到抛出点的水平位移的中点.

(2)设在任意时刻瞬时速度与水平方向的夹角为 θ ,位移与

水平方向的夹角为 φ ,则有 $\tan \theta = 2 \tan \varphi$.

3. 圆周运动基础知识和典型实例



对接选考 直击要点

选考题型突破

题型1 曲线运动、关联速度问题

● 真题再现

1. [2018·北京卷] 根据高中所学知识可知,做自由落体运动的小球将落在正下方位置.但实际上,赤道上方 200 m 处无初速度下落的小球将落在正下方位置偏东约 6 cm 处.这一现象可解释为,除重力外,由于地球自转,下落过程小球还受到一个水平向东的“力”,该“力”与竖直方向的速度大小成正比.现将小球从赤道地面竖直上抛,考虑对称性,上升过程该“力”水平向西,则小球 ()

- A. 到最高点时,水平方向的加速度和速度均为零
B. 到最高点时,水平方向的加速度和速度均不为零
C. 落地点在抛出点东侧
D. 落地点在抛出点西侧

2. [2015·全国卷Ⅱ] 由于卫星的发射场不在赤道上,同步卫星发射后需要从转移轨道经过调整再进入地球同步轨道.当卫星在转移轨道上飞经赤道上空时,发动机点火,给卫星一附加速度,使卫星沿同步轨道运行.已知

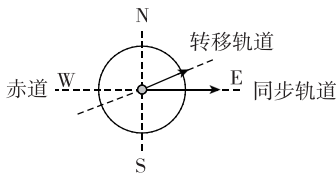


图 4-1

同步卫星的环绕速度约为 3.1×10^3 m/s,某次发射卫星飞经赤道上空时的速度为 1.55×10^3 m/s,此时卫星的高度与同步轨道的高度相同,转移轨道和同步轨道的夹角为 30° ,如图 4-1 所示,发动机给卫星的附加加速度的方向和大

- A. 西偏北方向, 1.9×10^3 m/s

- B. 东偏南方向, 1.9×10^3 m/s
C. 西偏北方向, 2.7×10^3 m/s
D. 东偏南方向, 2.7×10^3 m/s

[技法点拨] 1. 解决运动合成与分解的一般思路

- (1)明确合运动或分运动的运动性质;
(2)明确是在哪两个方向上的合成或分解;
(3)找出各个方向上已知的物理量(速度、位移、加速度);
(4)运用力与速度的关系或矢量的运算法则进行分析求解.

2. 解答关联速度问题的方法

- (1)与绳或杆相连的物体相对地面实际发生的运动是合运动,合运动对应合速度.
(2)在绳(杆)的端点把合速度分解为沿绳(杆)方向的速度和垂直于绳(杆)方向的速度,而沿绳(杆)的方向上各点的速度大小相等,由此列方程解题.

● 模拟精选

1. [2019·湖州摸底] 2019 年 1 月 5 日零点起,全国铁路实施新版列车运行图,17 辆编组的超长版“复兴号”CR 系列动车组以 350 公里时速正式在京沪高铁上线运营.一列由北京南开往上海虹桥的“复兴号”CR400 高铁正在匀加速直线行驶途中,某乘客在车厢里相对车厢以一定的速度竖直向上抛出一个球,则小球 ()
- A. 在最高点时对地速度为零
B. 在最高点时对地速度最大
C. 抛出时车厢速度越大,落点位置离乘客越远
D. 从抛出到落地的时间与车厢的速度大小无关

2. 质量为 m 的物体 P 置于倾角为 θ_1 的固定光滑斜面上, 轻细绳跨过光滑定滑轮分别连接着 P 与小车, P 与滑轮间的细绳平行于斜面, 小车以速率 v 水平向右做匀速直线运动。

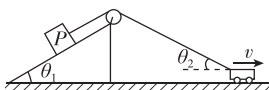


图 4-2

- 当小车与滑轮间的细绳和水平方向的夹角为 θ_2 时(如图 4-2 所示), 下列判断正确的是(重力加速度为 g) ()
- P 的速率为 v
 - P 的速率为 $v \cos \theta_2$
 - 细绳的拉力等于 $mg \sin \theta_1$
 - 细绳的拉力小于 $mg \sin \theta_1$

题型 2 抛体运动

真题再现

- [2016 · 浙江 4 月选考] 某卡车在公路上与路旁障碍物相撞. 处理事故的警察在泥地中发现了一个小的金属物体, 经判断, 它是相撞瞬间车顶上一个松脱的零件被抛出而陷在泥里的. 为了判断卡车是否超速, 需要测量的量是 ()
 - 车的长度, 车的重量
 - 车的高度, 车的重量
 - 车的长度, 零件脱落点与陷落点的水平距离
 - 车的高度, 零件脱落点与陷落点的水平距离
- [2018 · 全国卷 III] 在一斜面顶端, 将甲、乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出, 两球都落在该斜面上. 甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的 ()
 - 2 倍
 - 4 倍
 - 6 倍
 - 8 倍
- [2019 · 浙江 1 月学考] 用小锤击打弹性金属片后, 一小球做平抛运动, 同时另一小球做自由落体运动. 两球运动的频闪照片如图 4-3 所示, 最上面与最下面小球位置间的实际竖直距离为 1 m, 照片中反映的实际情况是 ()
 - 自由下落小球相邻位置间的位移相等
 - 平抛运动小球相邻位置间的位移相等
 - 自由下落小球相邻位置间的距离一定大于 0.1 m
 - 平抛运动小球相邻位置间的水平距离一定大于 0.1 m

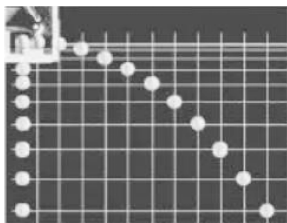


图 4-3

模拟精选

- 如图 4-4 所示, 将小球以速度 v 沿与水平方向成 $\theta = 37^\circ$ 角的方向斜向上抛出, 结果小球刚好能垂直打在竖直墙面上, 小球反弹的瞬间速度方向水平, 且速度大小为碰撞前瞬间速度大小的 $\frac{3}{4}$. 已知 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, 空气阻力不计. 当反弹后小球的速度大小再次为 v 时, 速度与水平方向夹角的正切值为 ()
 - $\frac{3}{4}$
 - $\frac{4}{3}$
 - $\frac{3}{5}$
 - $\frac{5}{3}$
- 如图 4-5 所示, 平行板电容器两极板的间距为 d , 极板与水平面成 45° 角, 上极板带正电. 一电量为 q ($q > 0$) 的粒子在电容器中靠近下极板处以初动能 E_{k0} 竖直向上射出. 不计重力, 极板尺寸足够大. 若粒子能打到上极板, 则两极板间电场强度的最大值为 ()
 - $\frac{E_{k0}}{4qd}$
 - $\frac{E_{k0}}{2qd}$
 - $\frac{\sqrt{2}E_{k0}}{2qd}$
 - $\frac{\sqrt{2}E_{k0}}{qd}$
- [2019 · 宁波模拟] 某人投掷飞镖, 他站在投镖线上从同一点 C 水平抛出多个飞镖, 结果以初速度 v_A 投出的飞镖打在 A 点, 以初速度 v_B 投出的飞镖打在 B 点, 始终没有打在竖直靶中心 O 点, 如图 4-6 所示. 为了能把飞镖打在靶中心 O 点, 则他应该做出的调整为 ()
 - 保持初速度 v_A 不变, 升高抛出点 C 的高度
 - 保持初速度 v_B 不变, 升高抛出点 C 的高度
 - 保持抛出点 C 位置不变, 投出飞镖的初速度比 v_A 大些
 - 保持抛出点 C 位置不变, 投出飞镖的初速度比 v_B 小些

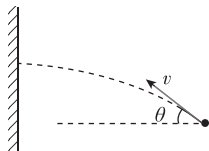


图 4-4

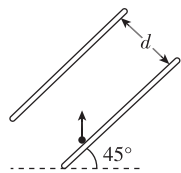


图 4-5

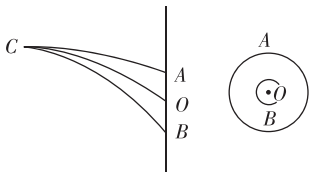


图 4-6

题型3 圆周运动的动力学问题

● 真题再现

1. [2016·全国卷Ⅱ] 小球 P 和 Q 用不可伸长的轻绳悬挂在天花板上, P 球的质量大于 Q 球的质量, 悬挂 P 球的绳比悬挂 Q 球的绳短. 将两球拉起, 使两绳均被水平拉直, 如图 4-7 所示. 将两球由静止释放, 在各自轨迹的最低点

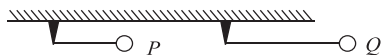


图 4-7

- A. P 球的速度一定大于 Q 球的速度
B. P 球的动能一定小于 Q 球的动能
C. P 球所受绳的拉力一定大于 Q 球所受绳的拉力
D. P 球的向心加速度一定小于 Q 球的向心加速度
2. [2018·浙江 11 月选考] 一质量为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 的汽车在水平公路上行驶, 路面对轮胎的径向最大静摩擦力为 $1.4 \times 10^4 \text{ N}$, 当汽车经过半径为 80 m 的弯道时, 下列判断正确的是



图 4-8

- A. 汽车转弯时所受的力有重力、弹力、摩擦力和向心力
B. 汽车转弯的速度为 20 m/s 时所需的向心力为 $1.4 \times 10^4 \text{ N}$
C. 汽车转弯的速度为 20 m/s 时, 汽车会发生侧滑
D. 汽车能安全转弯的向心加速度不超过 7.0 m/s^2

[技法点拨] 1. 解决圆周运动问题的“四个步骤”

第一步	明确研究对象
↓	
第二步	对其受力分析, 确定向心力的来源
↓	
第三步	确定圆周运动轨迹所在的平面、圆心及半径
↓	
第四步	根据已知条件选择方程: $F = m\frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = mr\frac{4\pi^2}{T^2}$

2. 水平面内圆周运动的临界问题

(1) 水平面内做圆周运动的物体其向心力可能由弹力、摩擦力等力提供, 常涉及绳的张紧与松弛、接触面分离等临界状态.

(2) 常见临界条件: ①绳的临界: 张力 $F_T = 0$; ②接触面滑动的临界: $F = f$; ③接触面分离的临界: $F_N = 0$.

● 模拟精选

1. 两粗细相同、内壁光滑的半圆形圆管 ab 和 bc 连接在一起, 且在 b 处相切, 圆管平铺在水平面上并固定, 如图 4-9 所示. 一小球从 a 端以某一初速度进入圆管, 并从 c 端离开圆管, 则小球由圆管 ab 进入圆管 bc 后

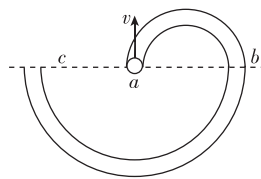


图 4-9

- A. 线速度变小
B. 角速度变大
C. 向心加速度变小
D. 对管壁的压力变大
2. 一水平放置的圆盘可以绕过中心 O 点的竖直轴旋转, 盘上放一个质量为 m 的铁块 (可视为质点), 轻质弹簧一端连接铁块, 另一端系于 O 点, 铁块与圆盘间的动摩擦因数为 μ , 如图 4-10 所示. 铁块随圆盘一起匀速转动, 铁块距中心 O 点的距离为 r , 这时弹簧的拉力大小为 F , 重力加速度为 g , 已知铁块受到的最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 则圆盘的角速度 ω 应满足

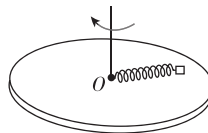


图 4-10

- A. $\omega \geq \sqrt{\frac{F + \mu mg}{mr}}$
B. $\omega \leq \sqrt{\frac{F - \mu mg}{mr}}$
C. $\sqrt{\frac{F - \mu mg}{mr}} < \omega < \sqrt{\frac{F + \mu mg}{mr}}$
D. $\sqrt{\frac{F - \mu mg}{mr}} \leq \omega \leq \sqrt{\frac{F + \mu mg}{mr}}$

题型4 竖直面内圆周运动问题

● 真题再现

1. [2015·浙江 10 月选考] 质量为 30 kg 的小孩坐在秋千板上, 秋千板离系绳子的横梁的距离是 2.5 m . 小孩的父亲将秋千板从最低点拉起 1.25 m 高度后由静止释放, 小孩

沿圆弧运动到最低点时, 她对秋千板的压力约为 (g 取 10 m/s^2)

- A. 0
B. 200 N
C. 600 N
D. 1000 N

2. (9分)[2019·浙江6月学考] 如图4-11所示是质量可忽略不计的秋千,悬点 O 离地面高度 $H=2\text{ m}$.质量 $m=5\text{ kg}$ 的小猴(可视为质点)趴在秋千上,它到悬点 O 的距离 $l_1=1.6\text{ m}$.饲养员在图中左侧推秋千,每次做功都为 $W=5\text{ J}$.秋千首次从最低点被推动,以后每次推动都是在秋千荡回左侧速度变为零时进行.若不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 ,求:
- (1)经1次推动,小猴荡起的最高点比最低点高多少?
 - (2)经多少次推动,小猴经过最低点的速度 $v=4\text{ m/s}$?
 - (3)某次小猴向右经过最低点时,一个挂在秋千上绳上 C 点的金属小饰物恰好脱落,并落在地上 D 点, D 到 C 的水平距离 $x=0.96\text{ m}$, C 到 O 的距离 $l_2=1.28\text{ m}$,则小猴此次经过最低点时对秋千的作用力为多大?

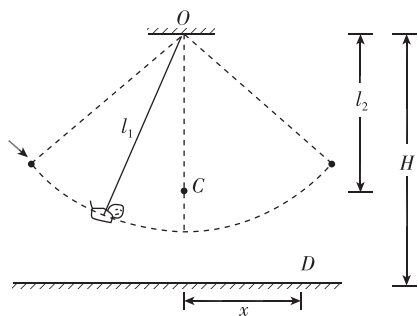


图4-11

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范,无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范,结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

● 模拟精选

1. (多选)如图4-12所示,半径为 R 、内壁光滑的硬质小圆桶固定在小车上,小车以速度 v 在光滑的水平公路上做匀速运动,有一质量为 m 、可视为质点的光滑小铅球在小圆桶底端与小车保持相对静止.当小车与固定在地面的障碍物相碰后,小车的速度立即变为零.关于碰后的运动(小车始终没有离开地面),下列说法正确的是(重力加速度为 g) ()

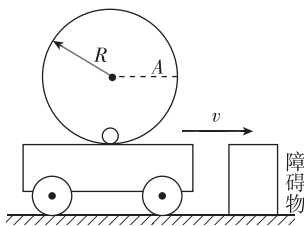


图4-12

- A. 铅球能上升的最大高度一定等于 $\frac{v^2}{2g}$

- B. 无论 v 有多大,铅球上升的最大高度都不超过 $\frac{v^2}{2g}$
- C. 要使铅球在圆桶内做完整的圆周运动, v 最小为 $\sqrt{5gR}$
- D. 若铅球能到达圆桶最高点,则铅球在最高点的速度可以等于零
2. [2019·绍兴模拟] 如图4-13所示,水平桌面上有一轻弹簧,左端固定在 A 点,自然状态时其右端位于 B 点,物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.4$.在水平桌面右侧有一竖直放置的光滑轨道 MNP ,其形状为半径 $R=0.8\text{ m}$ 、剪去了左上角 135° 的圆弧, MN 为其竖直直径, P 点到桌面的竖直距离也是 R .用质量 $m_1=0.4\text{ kg}$ 的物块1将弹簧缓慢压缩到 C 点,释放后物块1恰好能滑到 D 点.用同种材料、质量 $m_2=0.2\text{ kg}$ 的物块2将弹簧缓慢压缩到 C 点释放,物块2飞离桌面后由 P 点沿切线落入圆弧轨道.
- (1)求物块2到达 D 点的速度大小 v_D ;
 - (2)求桌面末端 D 点与 P 点的水平距离 L ;
 - (3)求弹簧对物块做的功 W 和物块在水平桌面上滑行的

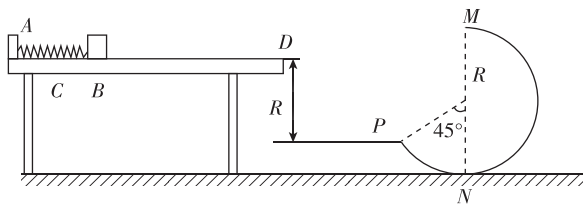
距离 s ;(4) 判断物块 2 能否沿圆弧轨道到达 M 点, 并说明原因.

图 4-13

请
完成

专题训练(四)

第 5 讲 万有引力与天体运动

强化主干 选考必备



核心知识整合

1. 在天体表面, 忽略自转的情况下有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$.
2. 处理天体的运动问题时, 通常把天体的运动看成是匀速圆周运动, 其加速度、线速度、角速度、周期与轨道半径的关系如下:

$$G \frac{Mm}{r^2} = F_{\text{向}} = \begin{cases} ma \rightarrow a = \frac{GM}{r^2} \rightarrow a \propto \frac{1}{r^2} \\ m \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \rightarrow v \propto \frac{1}{\sqrt{r}} \\ m\omega^2 r \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \rightarrow \omega \propto \frac{1}{\sqrt{r^3}} \\ m \frac{4\pi^2}{T^2} r \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} \rightarrow T \propto \sqrt{r^3} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \text{只有 } T \text{ 与 } r \\ \text{变化一致} \end{array} \right\}$$

3. 卫星变轨: 由低轨变高轨, 瞬时点火加速, 稳定在高轨道上时速度较小、动能较小、机械能较大; 由高轨变低轨, 反之.

4. 求中心天体质量和密度

(1) 利用天体表面的重力加速度和天体半径.

(2) 利用星球绕天体做匀速圆周运动的周期、轨迹半径及天体半径.

特例: 近地卫星, $r=R$, 则 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$.

对接选考 直击要点



选考题型突破

题型 1 天体质量和密度的计算

真题再现

1. [2018 · 浙江 4 月选考] 土星最大的卫星叫“泰坦”(如图 5-1 所示), 每 16 天绕土星一周, 其公转轨道半径约为 1.2×10^6 km. 已知引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, 则土星的质量约为 ()

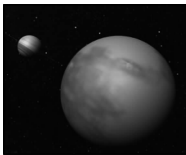


图 5-1

2. [2018 · 浙江 11 月选考] 20 世纪人类最伟大的创举之一是开拓了太空的全新领域. 现有一艘远离星球在太空中直

线飞行的宇宙飞船, 为了测量自身质量, 启动推进器, 测出飞船在短时间 Δt 内速度的改变 Δv 和飞船受到的推力 F (其他星球对它的引力可忽略). 飞船在某次航行中, 当

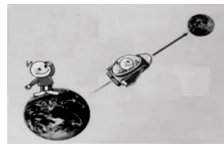


图 5-2

它飞近一个孤立的星球时, 飞船能以速度 v 在离星球的较高轨道上绕星球做周期为 T 的匀速圆周运动. 已知星球的半径为 R , 引力常量用 G 表示, 则宇宙飞船和星球的质量分别是 ()

- A. $\frac{F\Delta v}{\Delta t}, \frac{v^2 R}{G}$
- B. $\frac{F\Delta v}{\Delta t}, \frac{v^3 T}{2\pi G}$
- C. $\frac{F\Delta t}{\Delta v}, \frac{v^2 R}{G}$
- D. $\frac{F\Delta t}{\Delta v}, \frac{v^3 T}{2\pi G}$

[技法点拨] 估算天体质量和密度时要注意三点

- (1) 不考虑自转时, 有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$; 若考虑自转, 则在两极上才有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 在赤道上有 $G \frac{Mm}{R^2} - mg = m \frac{4\pi^2}{T_{\text{自}}^2} R$.
- (2) 利用 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 只能计算中心天体的质量, 不能计算绕行天体的质量.
- (3) 注意区分轨道半径 r 和中心天体的半径 R , 计算中心天体密度时应用 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 而不是 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}$.

● 模拟精选

1. [2019·宁波模拟] 北京时间 2017 年 4 月 22 日 12 时 23 分, “天舟一号”货运飞船与“天宫二号”空间实验室顺利完成自动交会对接. 若“天舟一号”与“天宫二号”对接后, 它们的组合体在与地心距离为 r 的轨道上做匀速圆周运动, 且匀速圆周运动的周期为 T , 地球的半径为 R , 引力

常量为 G , 下列说法正确的是 ()

- A. 组合体做匀速圆周运动的速度小于地球第一宇宙速度
 - B. 组合体绕地运行的速度为 $\frac{2\pi R}{T}$
 - C. 地球的平均密度为 $\frac{3\pi}{GT^2}$
 - D. “天舟一号”到达“天宫二号”所在的圆轨道上后只要加速就能实现对接
2. 2019 年 1 月“嫦娥四号”成功落月, 我国探月工程四期和深空探测工程全面拉开序幕. 假设探测器仅在月球引力作用下, 在月球表面附近做匀速圆周运动, 可以近似认为探测器的轨道半径等于月球半径. 已知该探测器的周期为 T , 引力常量为 G . 根据这些信息可以计算出 ()
 - A. 月球的质量
 - B. 月球的平均密度
 - C. 该探测器的加速度
 - D. 该探测器的运行速率



图 5-3

题型 2 天体运行参量的比较

● 真题再现

1. [2019·浙江 1 月学考] 据报道, 2018 年 12 月 22 日, 我国在酒泉卫星发射中心成功发射了“虹云工程技术验证卫星”, 卫星环绕地球运行的周期约为 1.8 h. 与月球相比, 该卫星的 ()

- A. 角速度更小
- B. 环绕速度更小
- C. 向心加速度更大
- D. 离地球表面的高度更大

2. [2019·浙江 4 月选考] 某颗北斗导航卫星属于地球静止轨道卫星(即卫星相对于地面静止), 则此卫星的 ()

- A. 线速度大于第一宇宙速度
- B. 周期小于同步卫星的周期
- C. 角速度大于月球绕地球运行的角速度
- D. 向心加速度大于地面的重力加速度



图 5-4

3. [2017·浙江 11 月选考] 如图 5-5 所示是小明同学画的人造地球卫星轨道的示意图, 则卫星 ()

- A. 在 a 轨道运行的周期为 24 h
- B. 在 b 轨道运行的速度始终不变
- C. 在 c 轨道运行的速度大小始终不变
- D. 在 c 轨道运行时受到的地球引力大小是变化的

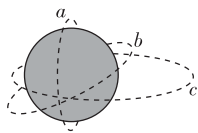


图 5-5

[技法点拨] 卫星运行参量计算及比较问题需掌握:

- (1) 一种模型: 无论是自然天体(如地球、月亮)还是人造天体(如宇宙飞船、人造卫星)都可以看作质点, 围绕中心天体(视为静止)做匀速圆周运动.
- (2) 两条思路

① 万有引力提供向心力, 即 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$.

② 天体对其表面物体的万有引力近似等于重力, 即

$G \frac{Mm}{R^2} = mg$ 或 $gR^2 = GM$ (R 、 g 分别是天体的半径、表面重力加速度), 公式 $gR^2 = GM$ 应用广泛, 被称为“黄金代换式”.

● 模拟精选

1. [2019·杭州质检] 北斗卫星导航系统是我国自行研制的全球卫星导航系统, 系统空间段由 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星组成, 预计在 2020 年全部建成. 关于这 5 颗静止轨道卫星, 下列说法正确的是 ()

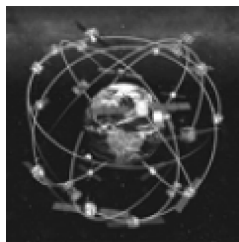


图 5-6

- A. 线速度相同
 - B. 角速度大小相同
 - C. 向心加速度相同
 - D. 所受向心力大小相同
2. [2019·桐乡模拟] 2016 年 12 月 11 日, 我国在西昌卫星发射中心成功发射地球静止轨道卫星——“风云四号”, 经过 5 次机动变轨后, 卫星成功定点于东经 99.5° 的赤道上空, 并被正式命名为“风云四号 A 星”. 根据题目信息可知, “风云四号 A 星” ()
 - A. 线速度大于 7.9 km/s
 - B. 角速度小于同步卫星的角速度
 - C. 周期比赤道上的物体大
 - D. 运行时一定不会通过北京正上方

题型3 卫星发射运动和变轨问题

真题再现

1. [2017·全国卷Ⅲ] 我国成功发射的天舟一号货运飞船与天宫二号空间实验室完成了首次交会对接,对接形成的组合体仍沿天宫二号原来的轨道(可视为圆轨道)运行.与天宫二号单独运行时相比,组合体运行的 ()
- A. 周期变大 B. 速率变大
C. 动能变大 D. 向心加速度变大

[技法点拨] 分析卫星变轨应注意的三个问题

(1) 卫星变轨时半径的变化可根据万有引力和所需向心力的大小关系判断;稳定的新轨道上的运行速度变化由 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 判断.

$$\sqrt{\frac{GM}{r}}$$

(2) 同一卫星在不同轨道上运行时机械能不同,轨道半径越大,机械能越大.

(3) 卫星经过不同轨道相交的同一点时加速度相等,外轨道的速度大于内轨道的速度.

模拟精选

1. 假设“嫦娥四号”在月球上空某高度处做圆周运动,运行速度为 v_1 ,为成功实施近月制动,使它进入更靠近月球的预定圆轨道,设其在预定圆轨道的运行速度为 v_2 .对这一变轨过程采取的措施及变轨前后的速度对比正确的是 ()
- A. 发动机向后喷气进入低轨道, $v_1 > v_2$
B. 发动机向后喷气进入低轨道, $v_1 < v_2$
C. 发动机向前喷气进入低轨道, $v_1 > v_2$
D. 发动机向前喷气进入低轨道, $v_1 < v_2$
2. (多选) “嫦娥四号”探测器从地球表面发射后,进入地月转移轨道,经过 M 点时变轨进入距离月球表面 100 km 的圆形轨道 I,在轨道 I 上经过 P 点时再次变轨进入椭圆轨道 II,之后将择机在 Q 点着落月球表面.下列说法中正确的是 ()

道 II,之后将择机在 Q 点着落月球表面.下列说法中正确的是 ()

- A. “嫦娥四号”沿轨道 II 运行时,在 P 点的加速度大于在 Q 点的加速度
B. “嫦娥四号”沿轨道 II 运行的周期大于沿轨道 I 运行的周期
C. “嫦娥四号”在轨道 I 上的运行速度小于月球的第一宇宙速度
D. “嫦娥四号”在地月转移轨道上 M 点的速度大于在轨道 I 上 M 点的速度

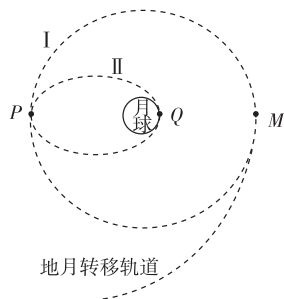


图 5-7

3. 我国研制的北斗导航系统又被称为“双星定位系统”,空间段由 5 颗地球同步轨道卫星和 30 颗低轨卫星组网而成,这些卫星的运动均可视为匀速圆周运动.下列说法正确的是 ()

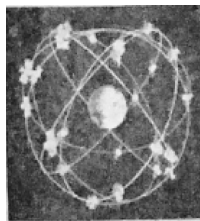


图 5-8

- A. 系统中的 5 颗地球同步轨道卫星均在赤道正上方,且速度相同
B. 系统中卫星的运行速度可能为 10 km/s
C. 系统中同步卫星的周期比低轨卫星的周期短
D. 要把低轨卫星转移到更高轨道,需要先对其加速

题型4 万有引力定律与几何知识的结合

典例精析

- 例题** [2016·全国卷 I] 利用三颗位置适当的地球同步卫星,可使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯,目前,地球同步卫星的轨道半径约为地球半径的 6.6 倍.假设地球的自转周期变小,若仍仅用三颗同步卫星来实现上述目的,则地球自转周期的最小值约为 ()
- A. 1 h B. 4 h C. 8 h D. 16 h

[技法点拨] 人造卫星绕地球运动,太阳发出的光线沿直线传播,地球或卫星都会遮挡光线,从而使万有引力、天体运动与几何知识结合起来.求解此类问题时,要根据题中情景,由光线沿直线传播画出几何图形,通过几何图形找到边界光线,从而确定临界条件,并结合万有引力提供卫星做圆周运动所需的向心力,列式求解.

变式 [2019·广州一模] 位于贵州的“中国天眼”(FAST)是目前世界上口径最大的单天线射电望远镜,通过 FAST 可以测量地球与木星之间的距离.当 FAST 接收到来自木星的光线传播方向恰好与地球公转线速度方向相同时,测得地球与木星的距离是地球与太阳距离的 k 倍.若地球和木星绕太阳的运动均视为匀速圆周运动且轨道共面,则可知木星的公转周期为 ()

- A. $(1+k^2)^{\frac{3}{2}}$ 年
B. $(1+k^2)^{\frac{3}{2}}$ 年
C. $(1+k)^{\frac{3}{2}}$ 年
D. $k^{\frac{3}{2}}$ 年

请完成

专题训练(五)

第6讲 功、功率、动能定理

核心知识整合

1. 功的计算

(1) 功的定义式 $W = Fl \cos \alpha$, 适宜求恒力做功.

(2) 变力做功的计算

① 用动能定理 $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 求功;

② 用 $F-l$ 图像所围的面积求功;

③ 用平均力求功(力与位移成线性关系, 如弹簧的弹力);

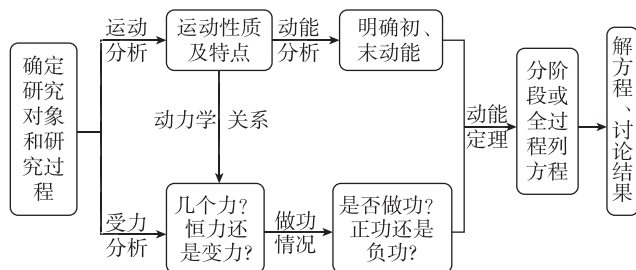
④ 利用 $W = Pt$ 求功.

2. 功率的计算

(1) $P = \frac{W}{t}$, 适用于计算平均功率.

(2) $P = Fv \cos \alpha$, 若 v 为瞬时速度, P 为瞬时功率; 若 v 为平均速度, P 为平均功率.

3. 应用动能定理解题的基本步骤



选考题型突破

题型1 功和功率的计算

● 真题再现

1. [2018·浙江6月学考] 如图6-1所示, 质量为 m 的小车在与竖直方向成 α 角的恒定拉力 F 作用下, 沿水平地面向左运动一段距离 l . 在此过程中, 小车受到的阻力大小恒为 f , 重力加速度为 g , 则 ()

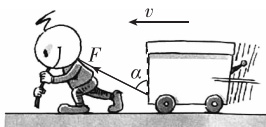


图 6-1

- A. 拉力对小车做功为 $Fl \cos \alpha$
 B. 支持力对小车做功为 $Fl \sin \alpha$
 C. 阻力对小车做功为 $-fl$
 D. 重力对小车做功为 $mg l$
2. [2017·浙江11月选考] 如图6-2所示, 质量为 60 kg 的某运动员在做俯卧撑运动, 运动过程中可将她的身体视为一根直棒. 已知重心在 c 点, 其垂线与脚、两手连线中点间的距离 Oa 、 Ob 分别为 0.9 m 和 0.6 m. 若她在 1 min 内做了 30 个俯卧撑, 每次肩部上升的距离均为 0.4 m, 则克服重力做的功和相应的功率约为 ()

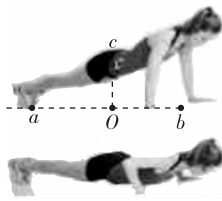


图 6-2

C. 720 J, 12 W

D. 7200 J, 120 W

3. [2015·浙江10月选考] 快艇在运动中受到的阻力与速度平方成正比(即 $F_f = kv^2$). 若油箱中有 20 L 燃油, 当快艇以 10 m/s 匀速行驶时, 还能行驶 40 km, 假设快艇发动机的效率保持不变, 则快艇以 20 m/s 匀速行驶时, 还能行驶 ()
- A. 80 km
 B. 40 km
 C. 10 km
 D. 5 km

[技法点拨] 1. 计算功、功率时应注意的三个问题

- ① 功的公式 $W = Fl$ 仅适用于恒力做功的情况.
 ② 变力做功的求解要注意对问题的正确转化, 如将变力转化为恒力, 也可应用动能定理等方法求解.
 ③ 对于功率的计算, 应注意区分公式 $P = \frac{W}{t}$ 和公式 $P = Fv$, 前式侧重于平均功率的计算, 而后式侧重于瞬时功率的计算.

2. 机车启动模型中的两点技巧: 机车匀加速过程的最大速度 v_1 (此时机车输出的功率最大) 和全程的最大速度 v_m (此时 $F = F_{\text{阻}}$) 求解方法:

- ① 求 v_1 : 由 $F - F_{\text{阻}} = ma$ 、 $P = Fv_1$ 可求出 $v_1 = \frac{P}{F_{\text{阻}} + ma}$.
 ② 求 v_m : 由 $P = F_{\text{阻}} v_m$ 可求出 $v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$.

● 模拟精选

1. 如图 6-3 所示,一物体在水平恒力作用下沿光滑的水平面做曲线运动,当物体从 M 点运动到 N 点时,其速度方向恰好改变了 90° ,则物体在从 M 点到 N 点的运动过程中,物体的动能将 ()

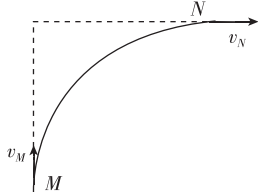


图 6-3

2. [2019 · 丽水、衢州、湖州质检] 中国已成为世界上高铁系统技术最安全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。报道称,新一代高速列车牵引功率达 9000 kW,持续运行速度为 350 km/h,则新一



图 6-4

代高速列车沿全长约 1300 km 的京沪线从北京到上海,在动力上耗电约为 ()

- A. $3 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ B. $3 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$
C. $2 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ D. $3 \times 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$

3. 袋鼠跳是一项很有趣的运动。如图 6-5 所示,一位质量 $m=60 \text{ kg}$ 的老师参加袋鼠跳游戏,全程 10 m,假设该老师从起点到终点用了相同的 10 跳,每一次跳起后,重心上升最大高度为 $h=0.2 \text{ m}$ 。忽略空气阻力,下列说法正确的是 ()



图 6-5

- A. 该老师起跳时,地面对该老师做正功
B. 该老师每跳跃一次克服重力做功的功率约为 300 W
C. 该老师从起点到终点的时间可能是 7 s
D. 该老师从起点到终点的时间可能是 4 s

题型 2 动能定理的应用

● 真题再现

1. [2018 · 天津卷] 滑雪运动深受人民群众的喜爱。某滑雪运动员(可视为质点)由坡道进入竖直面内的圆弧形滑道 AB ,从滑道的 A 点滑行到最低点 B 的过程中,由于摩擦力的存在,运动员的速率不变,则运动员沿 AB 下滑过程中 ()

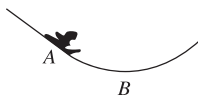


图 6-6

- A. 所受合外力始终为零
B. 所受摩擦力大小不变
C. 合外力做功一定为零
D. 机械能始终保持不变

2. [2017 · 江苏卷] 一小物块沿斜面向上滑动,然后滑回到原处。物块初动能为 E_{k0} ,与斜面间的动摩擦因数不变,则该过程中,物块的动能 E_k 与位移 x 关系的图线是 ()

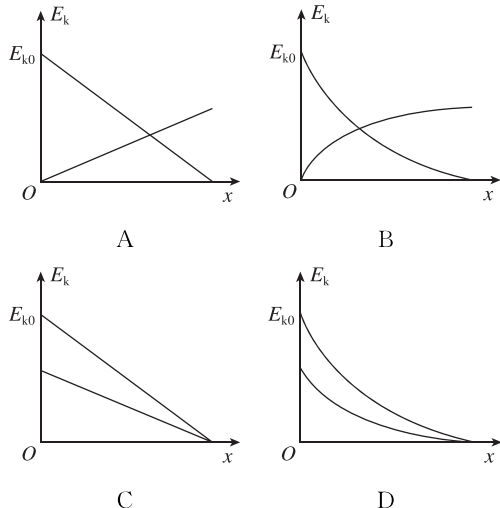


图 6-7

[技法点拨] 应用动能定理解题应注意的三点

- (1) 动能定理往往用于单个物体的运动过程,由于不涉及加速度及时间,比动力学研究方法更简捷。
(2) 动能定理表达式是一个标量式,在某个方向上应用动能定理是没有依据的。
(3) 物体在某个运动过程中包含有几个运动性质不同的过程(如加速、减速的过程),此时可以分段考虑,也可以对全过程考虑,但如能对整个过程利用动能定理列式,则可使问题简化。

● 模拟精选

1. 如图 6-8 所示,曲面 EC 是半径为 $R=0.4 \text{ m}$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧, C 端切线水平且与水平面 CA 相连,在 CE 上固定一光滑木板 CD , CD 与 CA 平滑连接,质量为 $m=0.2 \text{ kg}$ 的小滑块从水平面上 A 处以初速度 $v_0=4 \text{ m/s}$ 向左运动,恰好可以到达木板的 D 端,下滑后停在 B 处, $AB=3BC$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,则由题中信息不能求出的物理量是 ()

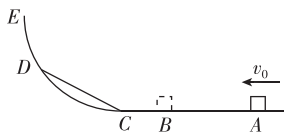


图 6-8

- A. 滑块与水平面 AC 间的动摩擦因数 μ
B. 木板 CD 与水平面的夹角
C. 滑块在木板 CD 上下滑时重力的平均功率
D. 整个过程因摩擦产生的热量
2. 质量为 m 的小球在竖直向上的拉力作用下从静止开始运动,其 $v-t$ 图像如图 6-9 所示(竖直向上为正方向, DE 段

为直线). 已知重力加速度大小为 g , 下列说法正确的是 ()

- A. $t_3 \sim t_4$ 时间内, 小球竖直向下做匀减速直线运动
 B. $t_0 \sim t_2$ 时间内, 合力对小球先做正功后做负功
 C. $0 \sim t_2$ 时间内, 小球的平均速度一定为 $\frac{v_2}{2}$

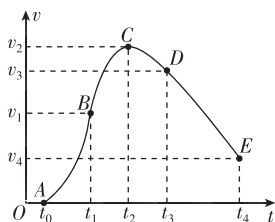


图 6-9

- D. $t_3 \sim t_4$ 时间内, 拉力做的功

$$\text{为 } \frac{m(v_3 + v_4)}{2} [(v_4 - v_3) + g(t_4 - t_3)]$$

3. 如图 6-10 所示为某游乐园滑草场的示意图, 某滑道由上、下两段倾角不同的坡面组成, 坡面倾角 $\theta_1 > \theta_2$, 滑车与坡面草地之间的动摩擦因数处处相同. 载人滑车从坡顶 A

处由静止开始自由下滑, 经过上、下两段滑道后, 最后恰好滑到滑道的底端 C 点停下. 若在 A、C 点位置不变的情况下, 将两段滑道的交接点 B 向左平移一小段距离, 使第一段 AB 的倾角稍稍变大, 第二段 BC 的倾角稍稍变小, 不计滑车在两段滑道交接处的机械能损失, 则平移后 ()

- A. 滑车到达滑道底端 C 点之前就会停下来
 B. 滑车仍恰好到达滑道的底端 C 点停下
 C. 滑车到达滑道底端 C 点后仍具有一定的速度, 所以应在 C 点右侧加安全防护装置
 D. 若适当增大滑车与草地之间的动摩擦因数, 可使滑车仍恰好到达滑道的底端 C 点停下

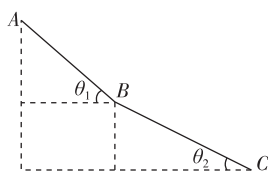


图 6-10

题型 3 应用动能定理解决力学综合问题

真题再现

1. (12 分)[2017 · 浙江 11 月选考] 如图 6-11 甲所示是游乐园的过山车, 其局部可简化为如图乙所示的示意图, 倾角 $\theta = 37^\circ$ 的两平行倾斜轨道 BC、DE 的下端与水平半圆轨道 CD 顺滑连接, 倾斜轨道 BC 的 B 端高度 $h = 24 \text{ m}$, 倾斜轨道 DE 与圆弧 EF 相切于 E 点, 圆弧 EF 的圆心 O_1 、水平半圆轨道 CD 的圆心 O_2 与 A 点在同一水平面上, DO_1 的距离 $L = 20 \text{ m}$. 质量 $m = 1000 \text{ kg}$ 的过山车(包括乘客)从 B 点自静止滑下, 经过水平半圆轨道后, 滑上另一倾斜轨道, 到达圆弧顶端 F 时乘客对座椅的压力为自身重力的 0.25 倍. 已知过山车在 BCDE 段运动时所受的摩擦力与轨道对过山车的支持力成正比, 比例系数 $\mu = \frac{1}{32}$, EF 段摩擦力不计, 整个运动过程空气阻力不计. ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, g 取 10 m/s^2)

- (1) 求过山车过 F 点时的速度大小;
 (2) 求从 B 到 F 整个运动过程中摩擦力对过山车做的功;
 (3) 如果过 D 点时发现圆轨道 EF 段有故障, 为保证乘客的安全, 立即触发制动装置, 使过山车不能到达 EF 段并保证不再下滑, 则过山车受到的摩擦力至少应多大?

[解答规范]

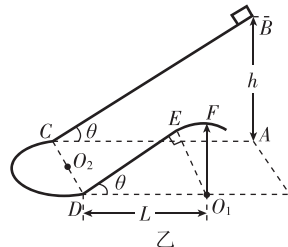


图 6-11

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范, 无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范, 结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

● 模拟精选

1. [2018·宁波十校联考] 如图 6-12 所示, ACB 为固定的光滑半圆形轨道, 轨道半径为 R , A 、 B 为水平直径的两个端点, AC 为 $\frac{1}{4}$ 圆弧, $MPQO$ 为竖直向下的有界匀强电场(边界上有电场), 电场强度的大小 $E = \frac{2mg}{q}$. 一个质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的带电小球从 A 点正上方高为 H 处由静止释放, 并从 A 点沿切线进入半圆轨道, 小球运动过程中电荷量不变, 不计空气阻力, 已知重力加速度为 g . 关于带电小球的运动情况, 下列说法正确的是 ()
- A. 若 $H=R$, 则小球刚好沿轨道到达 C 点
- B. 若 $H>R$, 则小球一定能到达 B 点
- C. 若小球到达 C 点时对轨道压力为 $6mg$, 则 $H = \frac{9}{2}R$
- D. 若 $H=3R$, 则小球到达 C 点时对轨道压力为 $5mg$

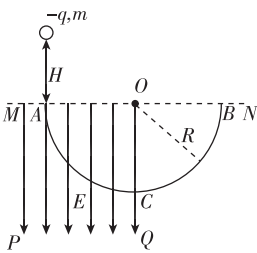


图 6-12

2. 如图 6-13 甲所示, 美国堪萨斯州的“Verrückt”是世界上最高、最长的滑水道, 可抽象为图乙的模型. 倾角为 60° 的直滑道 AB 和倾角为 30° 的直滑道 DE 与光滑竖直圆弧轨道 BCD 、 EFG 都平滑连接. 游客乘坐皮艇从高约 52 m 处由静止沿滑水道滑下, 滑到最低点 C 时的时速接近 108 km/h , 然后冲上圆弧顶, 翻过圆弧顶后到终点. 但在多次安全测试中, “Verrückt”被发现存在诸多问题, 最严重的问题是测试假人被直接抛出滑道腾空而起. 若两段圆弧的半径都是 $R=20\text{ m}$, DE 段直滑道长为 20 m , 与皮艇间的动摩擦因数为 $\mu=0.2$, g 取 10 m/s^2 .

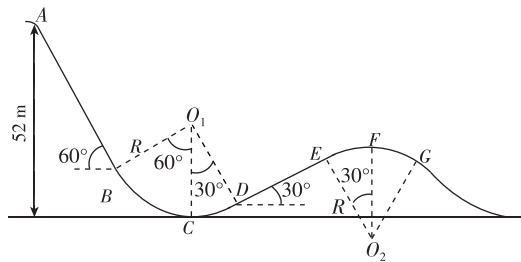


图 6-13

- (1) 最有可能被抛出滑道的位置是哪个? 若要安全通过, 速度最大为多少?
- (2) 若人和皮艇总质量为 80 kg , 从高 52 m 处的 A 点由静止滑下, 到滑水道的 C 点时速度为 108 km/h , 求此过程中克服阻力做的功;

- (3) 若到 C 点的速度大小为 90 km/h , 能否安全通过 F 点? 请通过计算说明.

请完成

专题训练(六)

第 7 讲 能量守恒、功能关系

核心知识整合

1. 几个重要的功能关系

- (1) 重力做的功等于重力势能的变化, 即 $W_G = -\Delta E_p$.
- (2) 弹力做的功等于弹性势能的变化, 即 $W_{\text{弹}} = -\Delta E_{\text{弹}}$.
- (3) 合力做的功等于动能的变化, 即 $W = \Delta E_k$.
- (4) 重力(或系统内弹簧弹力)之外的其他力做的功等于机械能的变化, 即 $W_{\text{其他}} = \Delta E$.
- (5) 一对滑动摩擦力做的功等于系统中内能的变化, 即 $Q = f x_{\text{相对}}$.

- (6) 克服安培力做的功等于闭合回路消耗的电能, 即 $W = \Delta E_{\text{电}}$.

2. 运用能量观点分析、解决问题的基本思路

- (1) 选定研究对象(单个物体或一个系统), 弄清物理过程.
- (2) 分析受力情况, 看有什么力在做功, 弄清系统内有多少种形式的能在参与转化.
- (3) 仔细分析系统内各种能量的变化情况及变化的数量.
- (4) 列方程 $\Delta E_{\text{减}} = \Delta E_{\text{增}}$ 或 $E_{\text{初}} = E_{\text{末}}$ 求解.

对接选考 直击要点

选考题型突破

题型 1 机械能守恒的判断与应用

● 真题再现

1. [2018·浙江11月选考] 奥运会比赛项目撑竿跳高如图7-1所示, 下列说法不正确的是 ()

- A. 加速助跑过程中, 运动员的动能增加
B. 起跳上升过程中, 竿的弹性势能一直增加
C. 起跳上升过程中, 运动员的重力势能增加
D. 越过横竿后下落过程中, 运动员的重力势能减少, 动能增加

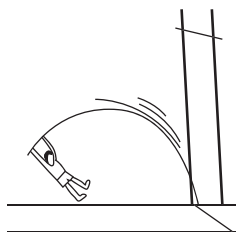


图 7-1

2. (多选)[2016·全国卷Ⅱ] 如图7-2所示, 小球套在光滑的竖直杆上, 轻弹簧一端固定于O点, 另一端与小球相连. 现将小球从M点由静止释放, 它在下降的过程中经过了N点. 已知在M、N两点处, 弹簧对小球的弹力大小相等, 且 $\angle ONM < \angle OMN < \frac{\pi}{2}$. 在小球从M点运动到N点的过程中 ()

- A. 弹力对小球先做正功后做负功
B. 有两个时刻小球的加速度等于重力加速度
C. 弹簧长度最短时, 弹力对小球做功的功率为零
D. 小球到达N点时的动能等于其在M、N两点的重力势能差

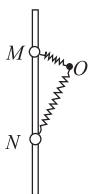
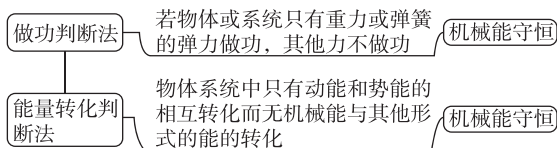
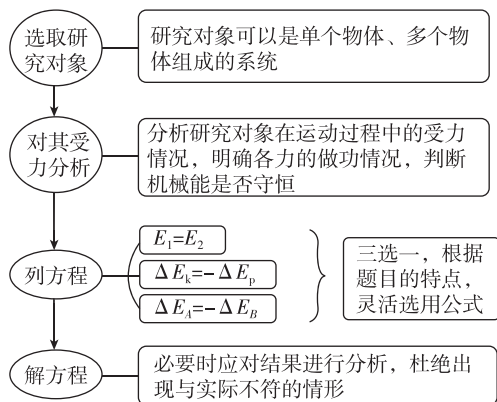


图 7-2

[技法点拨] 1. “两法”判断机械能是否守恒



2. 应用机械能守恒定律解题的一般步骤



● 模拟精选

1. (多选)如图7-3所示, 在地面上以速度 v_0 抛出质量为 m 的物体, 抛出后物体落到比地面低 h 的海平面上. 若以地面为零重力势能面, 且不计空气阻力, 重力加速度为 g , 则下列说法正确的是 ()

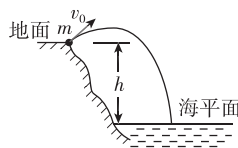


图 7-3

- A. 重力对物体做的功为 mgh
B. 物体在海平面上的重力势能为 mgh
C. 物体在海平面上的动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 - mgh$
D. 物体在海平面上的机械能为 $\frac{1}{2}mv_0^2$
2. 某滑水道由位于竖直平面内的两个半径都是 R 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧连接而成, 其示意图如图7-4所示. 已知两圆心 O_1 、 O_2 与两圆弧的连接点 O 在同一竖直线上, O_2B 沿水池的水面, 滑水的人(看作质点, 质量为 m)可从圆弧 AO 的任意点由静止开始下滑, 下滑点和 O_1 的连线与竖直方向的夹角记为 θ , 不计一切阻力, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, $\sqrt{3} \approx 1.7$, 重力加速度为 g . 下列说法正确的是 ()

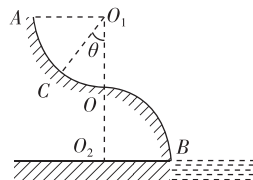


图 7-4

- A. 若 $\theta=0$, 人可以沿圆弧 OB 滑下而落到 B 点
B. 若 $\theta=60^\circ$, 人落水点到起点的水平距离为 $2R$
C. 若 $\theta=37^\circ$, 则人在两个圆弧上滑过的弧长一定相等
D. 若人从 A 点由静止下滑, 则人滑到 O 点时对 O 点的压力大小为 $2mg$
3. 如图7-5所示, 粗糙水平桌面上有一轻弹簧, 其左端固定, 弹簧自然伸长时其右端位于 B 点, B 、 C 水平距离 $L_{BC}=1.8\text{ m}$, C 点的右侧有一竖直放置的半径 $R=0.8\text{ m}$ 的光滑圆弧轨道($\theta=60^\circ$), M 、 N 两点分别为最高和最低点, 且轨道与水平地面相切于 N 点, 现用质量为 $m=0.2\text{ kg}$ 的物块将弹簧缓慢压缩至 A 点(压缩量 $\Delta x=0.2\text{ m}$), 由静止释放后物块从 C 点飞离桌面后恰能由 P 点沿切线落入圆弧轨道, 已知物块与水平桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$, 桌面的高度 $H=2.8\text{ m}$, g 取 10 m/s^2 , 不计空气阻力.
- (1) 求物块飞离水平桌面 C 点时的速度大小;
(2) 求物块进入光滑圆弧轨道后经过 N 点时对轨道的压力大小;

(3)判断物块能否经过最高点,并求弹簧释放的弹性势能.

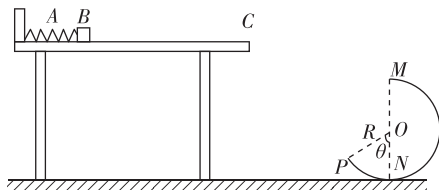


图 7-5

题型 2 能量守恒定律的应用

● 真题再现

1. [2017·浙江11月选考] 如图7-6所示是具有登高平台的消防车,具有一定质量的伸缩臂能够在5 min内使承载4人的登高平台(人连同平台的总质量为400 kg)上升60 m到达灭火位置.此后,在登高平台上的消防员用水炮灭火,已知水炮的出水量为 $3 \text{ m}^3/\text{min}$,水离开炮口时的速率为 20 m/s ,则用于

- A. 水炮工作的发动机输出功率约为 $1 \times 10^4 \text{ W}$
 B. 水炮工作的发动机输出功率约为 $4 \times 10^4 \text{ W}$
 C. 水炮工作的发动机输出功率约为 $2.4 \times 10^6 \text{ W}$



图 7-6

- D. 伸缩臂抬升登高平台的发动机输出功率约为 800 W

2. [2019·浙江1月学考] 如图7-7甲所示为商场内的螺旋滑梯,小孩从顶端A处进入,由静止开始沿滑梯自然下滑(如图乙所示),并从底端B处滑出.已知滑梯总长度 $L=20 \text{ m}$,A、B间的高度差 $h=12 \text{ m}$.



甲



乙

图 7-7

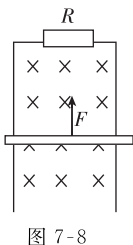
- (1)假设滑梯光滑,则小孩从B处滑出时的速度 v_1 多大?
 (2)若有人建议将该螺旋滑梯改建为倾斜直线滑梯,并保持高度差与总长度不变.已知小孩与滑梯间的动摩擦因数 $\mu=0.25$,若小孩仍从顶端由静止自然下滑,则从底端滑出时的速度 v_2 多大?
 (3)若小孩与滑梯间的动摩擦因数仍为 0.25 ,你认为小孩从螺旋滑梯底端B处滑出的速度 v_3 与(2)问中倾斜直线滑梯滑出的速度 v_2 哪个更大?试简要说明理由.

[技法点拨] 应用能量守恒定律解题时要注意

- (1)明确研究对象:单个物体还是系统(系统是否包括弹簧在内);
- (2)确定研究过程;
- (3)弄清楚能量转化和损失的去向;
- (4)根据研究对象在研究过程中能量的减少量等于转化成的其他形式的能量列方程。

● 模拟精选

1. [2019·绍兴模拟] 利用功率为 500 W 的取暖器给书房空气加热,书房的容积为 30 m^3 ,房间温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.已知空气密度为 1.29 kg/m^3 ,每千克空气每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 吸收的热量为 1000 J,取暖器产生热量的 50% 用于加热空气,若每一度电的电费为 0.5 元,则下列说法正确的是 ()
 - A. 1 h 内取暖器消耗的电能为 500 J
 - B. 1 h 内取暖器产生的热量为 25 000 J
 - C. 1 h 后房间的温度约为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - D. 若使用取暖器 1 h,需要付电费 250 元
2. 如图 7-8 所示,竖直放置的两根平行金属导轨间接有定值电阻 R ,质量不能忽略的金属棒与两导轨始终保持垂直并良好接触且无摩擦,棒与导轨的电阻均不计,整个装置放在匀强磁场中,磁场方向与导轨平面垂直.棒在竖直向上的恒力 F 作用下加速上升的一段时间内,力 F 做的功与安培力做的功的代数和等于 ()



- A. 棒的机械能增加量
- B. 棒的动能增加量
- C. 棒的重力势能增加量
- D. 电阻 R 上放出的热量

3. 如图 7-9 甲所示为某体校的铅球训练装置,图乙是示意图.假设运动员以 6 m/s 的速度将铅球从倾角为 30° 的轨道底端推出,当铅球向上滑到某一位置时,其动能减少了 72 J,机械能减少了 12 J,已知铅球(包括其中的上挂设备)质量为 12 kg,滑动过程中阻力大小恒定,则下列判断正确的是 ()



甲

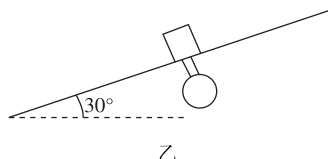


图 7-9

- A. 铅球上滑过程中减少的动能全部转化为重力势能
- B. 铅球向上运动的加速度大小为 4 m/s^2
- C. 铅球返回底端时的动能为 144 J
- D. 运动员每推一次消耗的能量至少为 60 J

题型 3 功能关系的应用

● 真题再现

1. [2017·浙江 4 月选考] 火箭发射回收是航天技术的一大进步.如图 7-10 所示,火箭在返回地面前的某段运动,可看成先匀速后减速的直线运动,最后撞落在地面上.不计火箭质量的变化,则 ()
 - A. 火箭在匀速下降过程中,机械能守恒
 - B. 火箭在减速下降过程中,携带的检测仪器处于失重状态
 - C. 火箭在减速下降过程中合力做功等于火箭机械能的变化
 - D. 火箭着地时,火箭对地的作用力大于自身的重力
2. [2017·全国卷Ⅲ] 如图 7-11 所示,一质量为 m 、长度为 l 的均匀柔软细绳 PQ 竖直悬挂.用外力将绳的下端 Q 缓慢地竖直向上拉起至 M 点, M 点与绳的上端 P 相距 $\frac{1}{3}l$.重

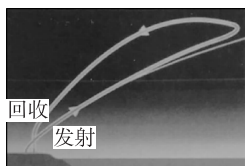


图 7-10

力加速度大小为 g .在此过程中,外力做的功为 ()

- A. $\frac{1}{9}mgl$
- B. $\frac{1}{6}mgl$
- C. $\frac{1}{3}mgl$
- D. $\frac{1}{2}mgl$

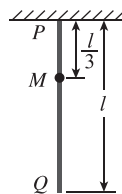


图 7-11

[技法点拨] 几种常见的功能关系及其表达式

力做功	能的变化	定量关系
合力做的功	动能变化	$W = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$
重力做的功	重力势能变化	(1)重力做正功,重力势能减少 (2)重力做负功,重力势能增加 (3) $W_G = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$
弹簧弹力做的功	弹性势能变化	(1)弹力做正功,弹性势能减少 (2)弹力做负功,弹性势能增加 (3) $W_F = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$

(续表)

力做功	能的变化	定量关系
只有重力、 弹簧弹力 做功	不引起机械 能变化	机械能守恒($\Delta E=0$)
除重力和 弹簧弹力 之外的其 他力做的功	机械能变化	(1)其他力做多少正功,物体的 机械能就增加多少 (2)其他力做多少负功,物体的 机械能就减少多少 (3) $W_{\text{其他}}=\Delta E$
一对相互 作用的滑 动摩擦力 做的总功	内能变化	(1)作用于系统的一对滑动摩 擦力一定做负功,系统内能增加 (2)摩擦生热 $Q=f x_{\text{相对}}$

● 模拟精选

1. (多选)如图 7-12 所示,一个质量为 m 的物体以某一速度从 A 点冲上倾角为 30° 的斜面,其运动的加速度大小为 $\frac{3}{4}g$,该物体在斜面上上升的最大高度为 h ,则该过程中 ()
- 图 7-12
- A. 重力势能增加了 $\frac{3}{4}mgh$
- B. 动能减少了 $\frac{3}{2}mgh$
- C. 机械能减少了 mgh
- D. 物体回到斜面底端时的动能为 $\frac{1}{2}mgh$
2. (多选)如图 7-13 所示,绝缘的斜面处在一个水平向右的匀强电场中,一带电金属块由静止开始沿斜面滑到底端,已知在金属块下滑的过程中动能增加了 0.3 J ,克服电场

力做功为 0.5 J ,重力势能减少了 1.5 J ,则以下说法正确的是 ()

- A. 金属块带正电
- B. 电势能减少 0.5 J
- C. 金属块克服摩擦力做功为 0.7 J
- D. 金属块的机械能减少 1.2 J

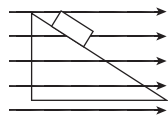


图 7-13

3. (多选)如图 7-14 所示,两条平行金属导轨倾斜地固定在绝缘地面上,导轨间距为 d ,在导轨的底端连接一阻值为 R 的定值电阻,在空间加一垂直于导轨平面向上的匀强磁场.将一质量为 m 、阻值为 R 、长度为 d 的金属杆垂直地放在导轨上,给金属杆一沿导轨向上的大小为 v 的初速度,当其沿导轨向上运动的位移大小为 x 时,速度减为零.已知导轨的倾角为 α ,金属杆与导轨之间的动摩擦因数为 μ ,重力加速度为 g .金属杆从出发至到达最高点的过程中,下列说法正确的是 ()

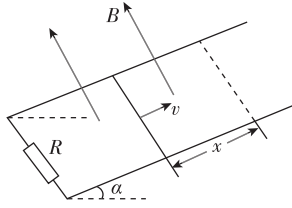


图 7-14

- A. 金属杆所受安培力的最大值为 $\frac{B^2 d^2 v}{R}$
- B. 金属杆克服安培力做的功为 $\frac{1}{2}mv^2 - mgx(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$
- C. 定值电阻产生的热量为 $\frac{1}{2}mv^2 - mgx(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$
- D. 金属杆减少的机械能为 $\frac{1}{2}mv^2 - mgx \sin \alpha$

清
完成

专题训练(七)

第 8 讲 动量定理、动量守恒定律

强化主干 选考必备



核心知识整合

一、基本的物理概念

1. 冲量与功的比较

- (1) 定义式
- 冲量的定义式: $I = Ft$ (作用力在时间上的积累效果)
 - 功的定义式: $W = Fl \cos \theta$ (作用力在空间上的积累效果)
- (2) 属性
- 冲量是矢量,既有大小又有方向(求合冲量应按矢量合成法则来计算)
 - 功是标量,只有大小没有方向(求物体所受外力的总功只需按代数来计算)

2. 动量与动能的比较

- (1) 定义式
- 动量的定义式: $p = mv$
 - 动能的定义式: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
- (2) 属性
- 动量是矢量(按矢量运算法则来计算)
 - 动能是标量(按代数运算法则来计算)

- (3) 动量与动能间的关系
- $p = \sqrt{2mE_k}$
 - $E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2}pv$

(4) 动量和动能都是描述物体状态的量,都有相对性(相对所选择的参考系),都与物体的受力情况无关.动量的变化

和动能的变化都是过程量,都是针对某段时间而言的.

二、动量观点的基本物理规律

1. 动量定理的基本形式与表达式: $I = \Delta p$.

分方向的表达式: $I_{x\text{合}} = \Delta p_x, I_{y\text{合}} = \Delta p_y$.

2. 动量定理推论: 动量的变化率等于物体所受的合外力,即

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = F_{\text{合}}.$$

3. 动量守恒定律

(1) 动量守恒定律的研究对象是一个系统(含两个或两个

以上相互作用的物体).

(2) 动量守恒定律的适用条件

①标准条件: 系统不受外力或系统所受外力之和为零.

②近似条件: 系统所受外力之和虽不为零,但比系统的内力小得多(如碰撞问题中的摩擦力、爆炸问题中的重力等外力与相互作用的内力相比小得多),可以忽略不计.

③分量条件: 系统所受外力之和虽不为零,但在某个方向上的分量为零,则在该方向上动量保持不变.

对接选考 直击要点 选考题型突破

题型 1 动量、冲量与动量定理

真题再现

1. [2019·全国卷 I] 最近,我国为“长征九号”研制的大推力新型火箭发动机联试成功,这标志着我国重型运载火箭的研发取得突破性进展.若某次实验中该发动机向后喷射的气体速度约为 3 km/s,产生的推力约为 4.8×10^6 N,则它在 1 s 时间内喷射的气体质量约为 ()
- A. 1.6×10^2 kg B. 1.6×10^3 kg
C. 1.6×10^5 kg D. 1.6×10^6 kg

2. [2018·全国卷 II] 高空坠物极易对行人造成伤害.若一个 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层坠下,与地面的碰撞时间约为 2 ms,则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为 ()
- A. 10 N B. 10^2 N C. 10^3 N D. 10^4 N

[技法点拨] 动量定理的两个重要应用

(1) 应用 $I = \Delta p$ 求变力的冲量

如果物体受到大小或方向改变的力的作用,则不能直接用 $I = Ft$ 求变力的冲量,可以求出变力作用下物体动量的变化 Δp ,等效代换变力的冲量 I .

(2) 应用 $\Delta p = Ft$ 求动量的变化

例如,在曲线运动中,速度方向时刻在变化,求动量变化 ($\Delta p = p_2 - p_1$) 需要应用矢量运算方法,计算比较复杂,如果作用力是恒力,可以求恒力的冲量,等效代换动量的变化.

模拟精选

1. 超强台风利奇马中心于 2019 年 8 月 10 日登陆浙江温岭市东南方大约 630 公里洋面,其风力达到 17 级超强台风强度,风速为 60 m/s 左右.请你根据所学物理知识推算固定建筑物所受风力(空气的压力)与风速(空气流动速度)大小关系.假设某一建筑物垂直于风速方向的受力面积为 S ,风速大小为 v ,空气吹到建筑物上后速度瞬间减为零,空气密度为 ρ ,则风力 F 与风速大小 v 的关系式为 ()
- A. $F = \rho S v$
B. $F = \rho S v^2$
C. $F = \frac{1}{2} \rho S v^3$
D. $F = \rho S v^3$
2. 某一运动员用头颠球,若足球用头竖直顶起,每次上升的高度为 80 cm,足球的质量为 400 g,与头部作用时间为 0.1 s,则足球一次在空中运动时间及足球给头部的作用力大小分别为(空气阻力不计, g 取 10 m/s^2) ()
- A. 0.8 s, 40 N
B. 0.8 s, 36 N
C. 0.4 s, 36 N
D. 0.4 s, 40 N

题型 2 动量守恒定律的应用

真题再现

1. [2019·浙江 4 月选考] 静止在匀强磁场中的原子核 X 发生 α 衰变后变成新原子核 Y. 已知核 X 的质量数为 A , 电荷数为 Z , 核 X、核 Y 和 α 粒子的质量分别为 m_X 、 m_Y 和 m_α , α 粒子在磁场中运动的半径为 R . 则 ()

2. (12 分) [2018·全国卷 I] 一质量为 m 的烟花弹获得动能 E 后,从地面竖直升空. 当烟花弹上升的速度为零时,弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分,两部分获得的动能之和也为 E ,且均沿竖直方向运动. 爆炸时间极短,重力加速度大小为 g . 不计空气阻力和火药的质量. 求:

A. 衰变方程可表示为 ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$

B. 核 Y 的结合能为 $(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2$

C. 核 Y 在磁场中运动的半径为 $\frac{2R}{Z-2}$

D. 核 Y 的动能为 $E_{kY} = \frac{m_Y(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2}{m_Y + m_\alpha}$

- (1)烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间；
- (2)爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范，无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范，结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

● 模拟精选

1. 一枚火箭搭载着卫星以速率 v_0 进入太空预定位置，由控制系统使箭体与卫星分离. 已知前部分的卫星质量为 m_1 ，后部分的箭体质量为 m_2 ，分离后箭体以速率 v_2 沿火箭原方向飞行，若忽略空气阻力及分离前后系统质量的变化，则分离后卫星的速率 v_1 为 ()

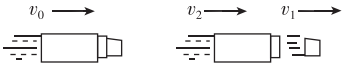


图 8-1

- A. $v_0 - v_2$

C. $v_0 - \frac{m_1}{m_2}v_2$
- B. $v_0 + v_2$

D. $v_0 + \frac{m_2}{m_1}(v_0 - v_2)$
2. 竖直向上发射一物体(不计空气阻力)，在物体上升的某一时刻突然炸裂为 a 、 b 两块，质量较小的 a 块速度方向与物体原来的速度方向相反，则 ()
- A. a 块的速度一定比原来物体的速度小

B. b 块的速度方向一定与原来物体的速度方向相同

C. b 块的速度一定比原来物体的速度小

D. 炸裂过程中， b 块的动量变化量大小一定小于 a 块的动量变化量大小

题型 3 碰撞类问题

● 真题再现

1. [2016 · 天津卷] 如图 8-2 所示，方盒 A 静止在光滑的水平面上，盒内有一小滑块 B，盒的质量是滑块的 2 倍，滑块与盒内水平面间的动摩擦因数为 μ . 若滑块以速度 v 开始向左运动，与盒的左、右壁发生无机械能损失的碰撞，滑块在盒中来回运动多次，最终相对于盒静止，则此时盒的速度大小为 _____，滑块相对于盒运动的路程为 _____.
2. [2016 · 海南卷] 如图 8-3 所示，物块 A 通过一不可伸长的轻绳悬挂在天花板下，初始时静止；从发射器(图中未画出)射出的物块 B 沿水平方向与 A 相撞，碰撞后两者粘连在一起运动；碰撞前 B 的速度的大小 v 及碰撞后 A 和 B 一起上升的高度 h 均可由传感器(图中未画出)测得. 某同学以 h 为纵坐标， v^2 为横坐标，利用实验数据作直线拟合，

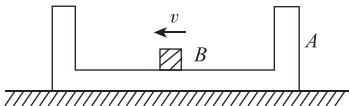


图 8-2

求得该直线的斜率为 $k = 1.92 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$. 已知物块 A 和 B 的质量分别为 $m_A = 0.400 \text{ kg}$ 和 $m_B = 0.100 \text{ kg}$ ，重力加速度大小 g 取 9.80 m/s^2 .

(1)若碰撞时间极短且忽略空气阻力，求 $h-v^2$ 直线斜率的理论值 k_0 ；

(2)求 k 值的相对误差 $\delta(\delta = \frac{|k-k_0|}{k_0} \times 100\%)$ ，结果保留 1 位有效数字).

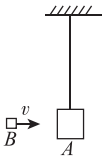
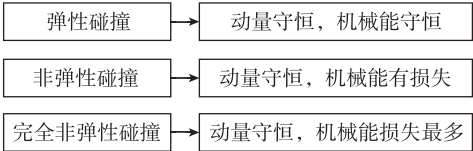


图 8-3

[技法点拨] 1. 三类碰撞的特点



2. 碰撞问题解题策略

- (1) 抓住碰撞的特点和不同种类碰撞满足的条件, 列出相应方程求解.
- (2) 可熟记一些公式, 例如“一动一静”模型中, 两物体发生弹性正碰后的速度满足: $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0$, $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0$.
- (3) 熟记弹性正碰的一些结论, 例如, 当两球质量相等时, 两球碰撞后交换速度; 当 $m_1 \gg m_2$, 且 $v_{20} = 0$ 时, 碰后质量大的速率不变, 质量小的速率为 $2v_0$; 当 $m_1 \ll m_2$, 且 $v_{20} = 0$ 时, 碰后质量小的球以原速率反弹.

● 模拟精选

1. 光滑绝缘的水平桌面上方存在垂直于桌面向下的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B , 俯视图如图 8-4 所示. 一个质量为 $2m$ 、电荷量为 q 的带正电小球甲静止在桌面上, 另一个大小相同、质量为 m 的不带电小球乙以速度 v_0 沿两球心连线向带电小球甲运动, 并发生弹性碰撞. 假设碰撞后两小球的带电荷量相同, 忽略两小球间静电力的作用. 则关

于甲、乙两小球碰后在磁场中的运动轨迹, 下列说法正确的是 ()

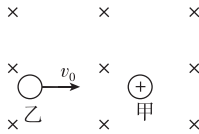


图 8-4

- A. 甲、乙两小球运动轨迹是外切圆, 半径之比为 $2 : 1$
- B. 甲、乙两小球运动轨迹是外切圆, 半径之比为 $4 : 1$
- C. 甲、乙两小球运动轨迹是内切圆, 半径之比为 $2 : 1$
- D. 甲、乙两小球运动轨迹是内切圆, 半径之比为 $4 : 1$
2. (多选) 如图 8-5 所示, 用两根长度均为 L 的细绳分别把 a 、 b 两小球悬于同一高度, 静止时两小球恰好相接触, a 、 b 两小球大小相同、质量相等. 现把 a 小球拉到与悬点等高的位置, 细绳刚好被拉直, 然后由静止释放, 当 a 小球摆动到最低位置时与 b 小球发生对心碰撞, b 小球可能上升的最大高度为 ()

- A. $0.1L$
- B. $0.5L$
- C. L
- D. $1.5L$

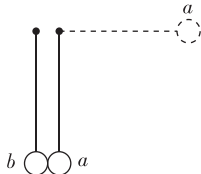


图 8-5



专题训练(八)

第 9 讲 力学三大观点解决复杂多过程问题

强化主干 选考必备 核心知识整合

一、力的三个作用效果与五个规律

分类	对应规律	规律内容	应用条件	公式表达
力的瞬时作用效果	牛顿第二定律	物体的加速度大小与合外力成正比, 与质量成反比, 加速度方向与合外力的方向相同		$F_{\text{合}} = ma$
力对空间积累效果	动能定理	合外力对物体所做的功等于物体动能的增量		$W_{\text{合}} = \Delta E_k$ $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$
	机械能守恒定律	在只有重力(或弹簧弹力)做功的情况下, 物体的机械能的总量保持不变	只有重力或弹簧弹力做功 或仅存在动能与势能相互转化	$E_1 = E_2$ $mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 =$ $mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$
力对时间积累效果	动量定理	物体所受合外力的冲量等于物体的动量的变化		$F_{\text{合}}t = p' - p$ $I_{\text{合}} = \Delta p$
	动量守恒定律	系统不受外力或所受外力之和为零时, 系统的总动量就保持不变(或在某个方向上系统所受外力之和为零时, 系统在这个方向上的动量就保持不变)	系统所受外力之和为零、 在某个方向上系统所受外力之和为零或内力远大于外力	$m_1v'_1 + m_2v'_2 =$ $m_1v_1 + m_2v_2$

二、常见的力学模型及其结论

模型名称	模型描述	模型特征	模型结论
“速度交换”模型	相同质量的两球发生弹性正碰	$m_1 = m_2$, 动量、动能均守恒	$v'_1 = 0, v'_2 = v_0$ ($v_2 = 0, v_1 = v_0$)
“完全非弹性碰撞”模型	两球正碰后粘在一起运动	动量守恒、动能损失最大	$v = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_0$ ($v_2 = 0, v_1 = v_0$)
“子弹射击木块”模型	子弹射入静止在光滑的水平面上的木块中并最终一起运动	恒力作用、已知相对位移、动量守恒	$f s_{\text{相对}} = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$
“人船”模型	人在受阻力不计的船上行走	已知相对位移、总动量守恒、开始时系统静止	$s_{\text{船}} = \frac{m}{M+m} L, s_{\text{人}} = \frac{M}{M+m} L$

对接选考 直击要点 **选考题型突破**

题型 1 牛顿第二定律与动能定理综合应用

● 真题再现

1. [2018·北京卷] 2022 年将在我国举办第二十四届冬奥会,跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一.某滑道示意图如图 9-1 所示,长直助滑道 AB 与弯曲滑道 BC 平滑衔接,滑道 BC 高 $h = 10 \text{ m}$,C 是半径 $R = 20 \text{ m}$ 圆弧的最低点.质量 $m = 60 \text{ kg}$ 的运动员从 A 处由静止开始匀加速下滑,加速度 $a = 4.5 \text{ m/s}^2$,到达 B 点时速度 $v_B = 30 \text{ m/s}$.取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- (1) 求长直助滑道 AB 的长度 L ;
- (2) 求运动员在 AB 段所受合外力的冲量 I 的大小;
- (3) 若不计 BC 段的阻力,画出运动员经过 C 点时的受力图,并求其所受支持力 F_N 的大小.

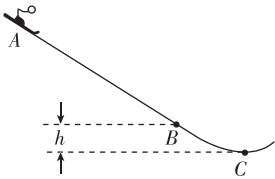


图 9-1

[技法点拨] 牛顿第二定律与动能定理综合应用在处理多过程问题时要注意:

- (1) 当物体受到恒力作用发生运动状态的改变而且又涉及时间时,一般选择用动力学方法解题.
- (2) 当涉及功、能和位移时,一般选用动能定理、机械能守恒定律、功能关系或能量守恒定律解题,题目中出现相对位移时,应优先选择能量守恒定律.
- (3) 当涉及细节并要求分析力时,一般选择牛顿运动定律,对某一时刻的问题选择牛顿第二定律求解.
- (4) 复杂问题的分析一般需选择能量的观点、运动与力的观点综合解题.

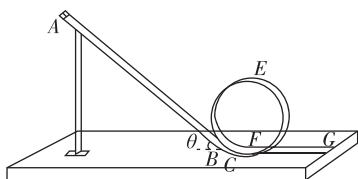
● 模拟精选

1. [2019·杭州质检] 如图 9-2 甲所示是某游乐场的过山车,现将其简化为如图乙所示的模型:倾角 $\theta = 37^\circ$ 、长 $L = 60 \text{ cm}$ 的直轨道 AB 与半径 $R = 10 \text{ cm}$ 的光滑圆轨道 BCEF 在 B 处平滑连接,C、F 为圆轨道最低点,E 点为圆轨道最高点;圆轨道在 F 点与水平轨道 FG 平滑连接,整条轨道宽度不计.现将一质量 $m = 50 \text{ g}$ 的滑块(可视为质点)从 A 端由静止释放.已知滑块与 AB 段间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.25$,与 FG 段间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.5$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, g 取 10 m/s^2 .
- (1) 求滑块到达 B 点时的动能 E_k ;
 - (2) 求滑块到达 E 点时对轨道的压力 F_N ;

(3)要使滑块能在水平轨道 FG 上停下,求 FG 长度的最小值 x .



甲



乙

图 9-2

2. 如图 9-3 所示是某游戏轨道的构造示意图, PQ 是倾角为 45° 的光滑斜面轨道,底端 Q 有一切线沿水平方向的微小圆弧, AB 是圆心为 O 、半径 $R=50\text{ cm}$ 的竖直光滑半圆弧轨道的直径, BC 是长 $L_1=150\text{ cm}$ 的水平粗糙直轨道, CD 是长 $L_2=75\text{ cm}$ 、倾角为 37° 的斜轨道, DE 是足够长的水平直轨道.现让质量 $m=200\text{ g}$ 的小球从 PA 轨道上某点由静止释放,小球恰好能沿 AB 圆弧运动.已知小球在 BC 轨道上受到的摩擦阻力是球重的 $\frac{3}{10}$,轨道 AQ 之间刚好能够通过小球,轨道 $ABCDE$ 衔接处平滑连接,不计连接处的能量损失及空气阻力的作用,小球运动过程中可视为质点. $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$, g 取 10 m/s^2 .

- (1)求小球在 PQ 轨道上运动的时间;
- (2)求小球过 B 点时对轨道的压力大小;
- (3)求小球在轨道上的第一次着落点 M 与 D 点的距离;
- (4)若 BC 轨道长度 L_1 可调节,并拆去 CD 轨道,则当 L_1 为多大时,小球的第一次着落点 M 与 B 点的水平距离最大?

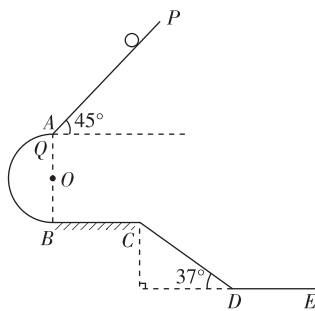


图 9-3

题型2 能量观点和动量观点分析综合问题

典例精析

例 (20分)[2019·全国卷Ⅲ] 静止在水平地面上的两小物块A、B,质量分别为 $m_A=1.0\text{ kg}$, $m_B=4.0\text{ kg}$;两者之间有一被压缩的微型弹簧,A与其右侧的竖直墙壁距离 $l=1.0\text{ m}$,如图9-4所示.某时刻,将压缩的微型弹簧释放,使A、B瞬间分离,两物块获得的动能之和为 $E_k=10.0\text{ J}$.释放后,A沿着与墙壁垂直的方向向右运动.A、B与地面之间的动摩擦因数均为 $\mu=0.20$.重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$.A、B运动过程中所涉及的碰撞均为弹性碰撞且碰撞时间极短.

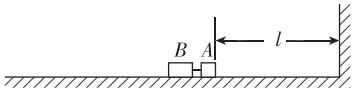


图 9-4

- (1)求弹簧释放后瞬间A、B速度的大小;
- (2)物块A、B中的哪一个先停止?该物块刚停止时A与B之间的距离是多少?
- (3)A和B都停止后,A与B之间的距离是多少?

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范,无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范,结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

变式 如图9-5所示,倾角为 37° 的斜面固定在地面上,斜面的末端有一垂直于斜面的弹性挡板c,滑块与挡板c相碰后的速率等于碰前的速率,斜面上铺了一层特殊物质,该物质在滑块上滑时对滑块不产生摩擦力,下滑时对滑块有摩擦且动摩擦因数处处相同.现有一质量为 $M=0.9\text{ kg}$ 的滑块沿斜面上滑,到达最高点b时的速度恰好为零,此时恰好与从a点水平抛出的质量为 $m=0.1\text{ kg}$ 的小球在沿斜面方向上发生弹性碰撞,且滑块与弹性挡板c碰后恰好反弹回到b点.已知a点和b点距地面的高度分别为 $H=2.4\text{ m}$, $h=0.6\text{ m}$, g 取 10 m/s^2 .求:

- (1)小球做平抛运动的初速度大小;
- (2)斜面与滑块间的动摩擦因数;
- (3)从与小球碰撞到最后停止,滑块在斜面上通过的总路程.

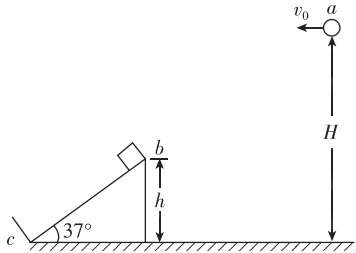


图 9-5



专题训练(九)

第 10 讲 电场和磁场的基本性质

强化主干 选考必备 核心知识整合

一、常用公式

库仑定律	$F=k\frac{Qq}{R^2}$, 适用于真空中的点电荷
电场强度	<p>电场强度的定义式: $E=\frac{F}{q}$ (E 与 F、q 无关)</p> <p>真空中点电荷的电场强度公式: $E=k\frac{Q}{r^2}$ (E 与 Q、r 有关)</p> <p>匀强电场的电场强度与电势差的关系式: $E=\frac{U}{d}$</p>
电场的能的性质	<p>电势的定义式: $\varphi=\frac{E_p}{q}$; 电势差的定义式: $U_{AB}=\frac{W_{AB}}{q}$</p> <p>电势差与电势的关系式: $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$</p> <p>电场力做功与电势能的关系式: $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}$</p> <p>四个物理量之间的关系式: $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}=qU_{AB}=q(\varphi_A-\varphi_B)$</p>
磁感应强度	磁感应强度定义式: $B=\frac{F}{IL}$ (B 与 F 及 IL 无关)
安培力和洛伦兹力	安培力 $F=BIL$, 洛伦兹力 $F=qv$, 方向均可用左手定则判断
半径公式和周期公式	半径公式: $R=\frac{mv}{Bq}$; 周期公式: $T=\frac{2\pi m}{Bq}=\frac{2\pi R}{v}$

二、主要研究方法

1. 比值定义法: 电场强度、磁感应强度的定义方法是定义物理量的一种重要方法.
2. 对称的方法: 电场强度、磁感应强度的叠加问题; 带电粒子在有界磁场中的运动问题.
3. 类比的方法: 电场和重力场的比较; 带电粒子在匀强电场中的运动和平抛运动的类比.

对接选考 直击要点 选考题型突破

题型 1 电场的性质

真题再现

1. [2018·浙江 11 月选考] 等量异种电荷的电场线如图 10-1 所示, 下列表述正确的是 ()

- A. a 点的电势低于 b 点的电势
- B. a 点的场强大于 b 点的场强, 方向相同

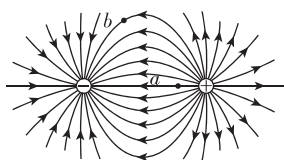


图 10-1

- C. 将一负电荷从 a 点移到 b 点, 电场力做负功
- D. 负电荷在 a 点的电势能大于在 b 点的电势能
2. [2018·浙江 4 月选考] 一带电粒子仅在电场力作用下从 A 点开始以 $-v_0$ 的速度做直线运动, 其 $v-t$ 图像如图 10-2 所示. 粒子在 t_0 时刻运动到 B 点, $3t_0$ 时刻运动到 C 点, 下列判断正确的是 ()

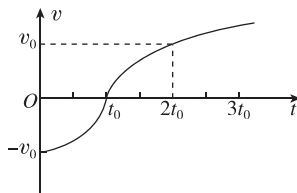


图 10-2

- A. A、B、C 三点的电势关系为 $\varphi_B > \varphi_A > \varphi_C$
 B. A、B、C 三点的场强大小关系为 $E_C > E_B > E_A$
 C. 粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点, 电势能先增加后减少
 D. 粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点, 电场力先做正功后做负功

3. [2016 · 浙江 10 月选考] 如图 10-3 所示, 质量为 m 、电荷量为 q 的带电小球 A 用绝缘细线悬挂于 O 点, 带有电荷量也为 q 的小球 B 固定在 O 点正下方绝缘柱上. 其中 O 点与小球 A 的间距为 l , O 点与小球 B 的间距为 $\sqrt{3}l$. 当小球 A 平衡时, 悬线与竖直方向夹角 $\theta = 30^\circ$. 带电小球 A、B 均可视为点电荷, 静电力常量为 k , 重力加速度为 g , 则 ()

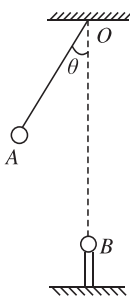


图 10-3

- A. A、B 间库仑力大小 $F = \frac{kq^2}{2l^2}$
 B. A、B 间库仑力大小 $F = \frac{\sqrt{3}mg}{3}$
 C. 细线拉力大小 $F_T = \frac{kq^2}{3l^2}$
 D. 细线拉力大小 $F_T = \sqrt{3}mg$

【技法点拨】 场强大小和电势、电势能高低的最基本判断方法

- (1) 场强大小的判断: 根据电场线的疏密判断, 电场线越密, 场强越大, 反之场强越小.
 (2) 电势高低的比较: 根据电场线方向, 沿着电场线方向, 电势降低最快.
 (3) 电势能变化的判断: 根据电场力做功判断, 若电场力做正功, 则电势能减少; 反之则增加, 即 $W_{AB} = -\Delta E_p$.

● 模拟精选

1. [2018 · 全国卷 I] 如图 10-4 所示, 三个固定的带电小球 a、b 和 c, 相互间的距离分别为 $ab = 5 \text{ cm}$, $bc = 3 \text{ cm}$, $ca = 4 \text{ cm}$. 小球 c 所受库仑力的合力的方向平行于 a、b 的连线. 设小球 a、b 所带电荷量的比值的绝对值为 k , 则 ()

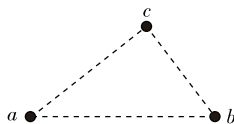


图 10-4

- A. a、b 的电荷同号, $k = \frac{16}{9}$
 B. a、b 的电荷异号, $k = \frac{16}{9}$
 C. a、b 的电荷同号, $k = \frac{64}{27}$
 D. a、b 的电荷异号, $k = \frac{64}{27}$

2. 如图 10-5 甲所示, A、B 是电场中的一条电场线上的两点, 一电子仅在电场力的作用下以某一初速度由 A 运动到 B, 以 $A \rightarrow B$ 为正方向, 其位移—时间图像如图乙所示, 下列判断正确的是 ()

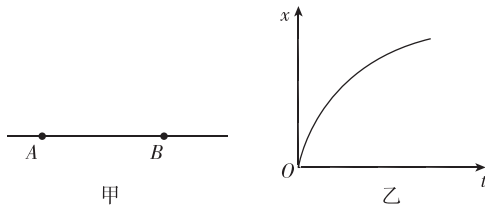


图 10-5

- A. 该电场是正点电荷产生的电场
 B. 电子的电势能不断增加
 C. A 点场强小于 B 点场强
 D. A 点电势低于 B 点电势
3. 如图 10-6 所示, 在空间坐标系 $Oxyz$ 中, A、B、M、N 分别位于 x 负半轴、 x 正半轴、 y 负半轴、 z 正半轴, 且 $AO = BO = MO = NO$. 现在 A、B 两点分别固定等量异种点电荷 $+Q$ 与 $-Q$, 下列说法正确的是 ()
- A. O 点的电场强度小于 N 点的电场强度
 B. M、N 两点的电场强度相同
 C. 试探电荷 $+q$ 从 M 点移到 O 点, 其电势能增加
 D. 试探电荷 $+q$ 从 N 点移到无穷远处, 其电势能增加

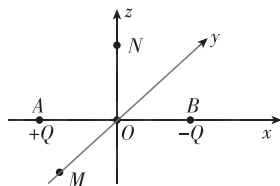


图 10-6

题型 2 与平行板电容器有关的电场问题及其动态分析

● 真题再现

1. [2018 · 北京卷] 研究与平行板电容器电容有关因素的实验装置如图 10-7 所示. 下列说法正确的是 ()
- A. 实验前, 只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触, 能使电容器带电
 B. 实验中, 只将电容器 b 板上平移, 静电计指针的张角变小
 C. 实验中, 只在极板间插入有机玻璃板, 静电计指针的张角变大
 D. 实验中, 只增加极板带电荷量, 静电计指针的张角变大, 表明电容增大

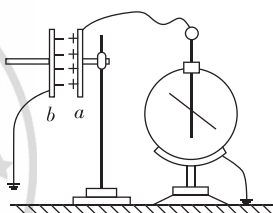


图 10-7

2. [2014 · 海南卷] 如图 10-8 所示, 一平行板电容器的两极板与一电压恒定的电源相连, 极板水平放置, 极板间距为 d ; 在下极板上叠放一厚度为 l 的金属板, 其上部空间有一带电粒子 P 静止在电容器中. 当把金属板从电容器中快速抽出后, 粒子 P 开始运动. 重力加速度为 g , 粒子运动的加速度为 ()

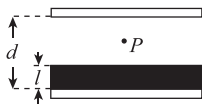
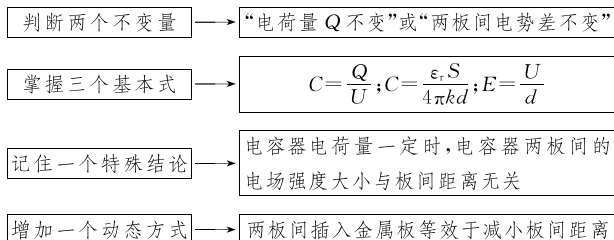


图 10-8

- A. $\frac{l}{d}g$
 B. $\frac{d-l}{d}g$
 C. $\frac{l}{d-l}g$
 D. $\frac{d}{d-l}g$

[技法点拨] 平行板电容器的动态问题分析



● 模拟精选

1. (多选) 图 10-9 为某一机器人上的电容式位移传感器工作时的简化模型图。当被测物体沿左右方向发生位移时, 电介质板随之在电容器两极板之间移动, 连接电容器的静电计会显示电容器电压的

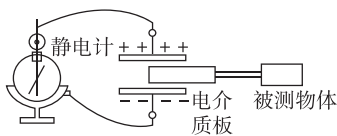


图 10-9

题型 3 磁场的性质及磁场对通电导线的作用

● 真题再现

1. [2018·浙江 4 月选考] 在城市建设施工中, 经常需要确定地下金属管线的位置, 如图 10-11 所示。有一种探测方法是, 首先给金属长直管线通上电流, 再用可以测量磁场强弱、方向的仪器进行以下操作: ①用测量仪在金属管线附近的水平地面上找到磁场最强的某点, 记为 a ; ②在 a 点附近的地面上, 找到与 a 点磁感应强度相同的若干点, 将这些点连成直线 EF ; ③在地面上过 a 点垂直于 EF 的直线上, 找到磁场方向与地面夹角为 45° 的 b 、 c 两点, 测得 b 、 c 两点距离为 L 。由此可确定金属管线 ()

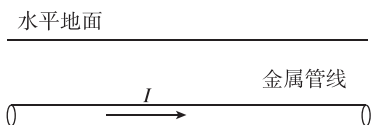


图 10-11

- A. 平行于 EF , 深度为 $\frac{L}{2}$ B. 平行于 EF , 深度为 L
C. 垂直于 EF , 深度为 $\frac{L}{2}$ D. 垂直于 EF , 深度为 L
2. [2018·浙江 11 月选考] 电流天平是一种测量磁场力的装置, 如图 10-12 所示。有两相距很近的通电平行线圈 I 和 II, 线圈 I 固定, 线圈 II 置于天平托盘上。当两线圈均无电流通过时, 天平示数恰好为零。下列说法正确的是 ()
- A. 当天平示数为负时, 两线圈电流方向相同
B. 当天平示数为正时, 两线圈电流方向相同
C. 线圈 I 对线圈 II 的作用力大于线圈 II 对线圈 I 的作

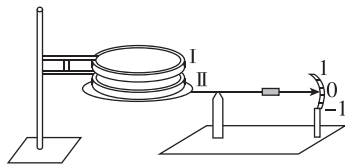


图 10-12

变化, 进而能测出电容的变化, 最后就能探测到物体位移的变化。若静电计上的指针偏角为 θ , 则被测物体 ()

A. 向左移动时, θ 增大 B. 向右移动时, θ 增大
C. 向左移动时, θ 减小 D. 向右移动时, θ 减小

2. (多选) 如图 10-10 所示, 一平行板电容器两极板 A、B 水平放置, 上极板 A 接地, 电容器通过滑动变阻器 R 和开关 S 与电动势为 E 的电源相连。现将开关闭合, 位于 A、B 两板之间 P 点的带电粒子恰好处于静止状态, 则 ()

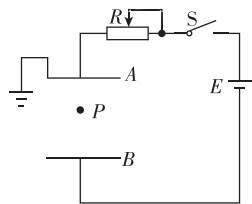


图 10-10

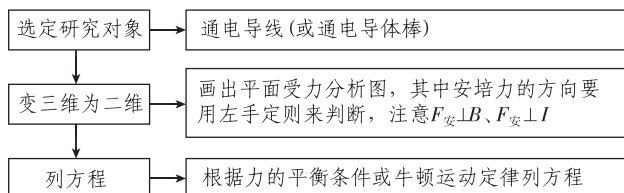
- A. B 板电势为 $-E$
B. 改变滑动变阻器的滑片位置, 带电粒子仍处于静止状态
C. 将 B 板向上移动, P 点电势将不变
D. 将 B 板向左平移, 带电粒子的电势能将不变

用力

- D. 线圈 I 对线圈 II 的作用力与托盘对线圈 II 的作用力是一对相互作用力

[技法点拨] 磁场性质分析的三点技巧

- (1) 判断电流的磁场要正确应用安培定则(右手螺旋定则), 明确大拇指、四指及手掌的放法。
(2) 求解安培力作用下的力学问题的基本思路



- (3) 磁感应强度是矢量, 多个通电导体产生的磁场叠加时, 合磁场的磁感应强度等于各场源单独存在时在该点产生的磁感应强度的矢量和, 遵从平行四边形定则。

● 模拟精选

1. [2019·绍兴模拟] 如图 10-13 所示是“巴罗轮”的示意图, 下边缘浸入水银槽中的铝盘置于蹄形磁铁的磁场中, 可绕转轴转动, 当转轴、水银槽分别与电源的正、负极相连时, 铝盘开始转动。下列说法中不正确的是 ()

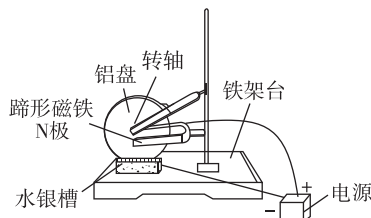


图 10-13

- A. 铝盘沿顺时针方向转动
B. 只改变磁场方向, 铝盘的转动方向改变
C. 只改变电流方向, 铝盘的转动方向改变
D. 同时改变磁场方向与电流方向, 铝盘的转动方向不变

2. 如图 10-14 所示,边长为 l 、质量为 m 的等边三角形导线框用绝缘细线悬挂于天花板,导线框中通一逆时针方向的电流,图中虚线过 ab 边中点和 ac 边中点,在虚线的下方有一垂直于导线框向里的匀强磁场,其磁感应强度大小为 B ,此时导线框处于

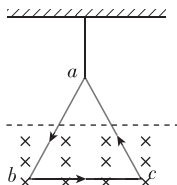


图 10-14

题型 4 磁场对运动电荷的作用

● 真题再现

1. [2018·北京卷] 某空间存在匀强磁场和匀强电场. 一个带电粒子(不计重力)以一定初速度射入该空间后,做匀速直线运动;若仅撤除电场,则该粒子做匀速圆周运动. 下列因素与完成上述两类运动无关的是 ()

A. 磁场和电场的方向 B. 磁场和电场的强弱
C. 粒子的电性和电荷量 D. 粒子入射时的速度

2. [2014·全国卷 I] 如图 10-15 所示, MN 为铝质薄平板, 铝板上表面和下方分别有垂直于图平面的匀强磁场(未画出), 一带电粒子从紧贴铝板上表面的 P 点垂直于铝板向上射出, 从 Q 点穿越铝板后到达 PQ 的中点 O , 已知粒子穿越铝板时, 其动能损失一半, 速度方向和电荷量不变. 不计重力. 铝板上表面和下方的磁感应强度大小之比为 ()

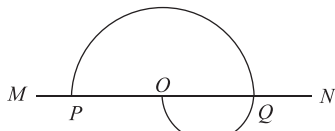


图 10-15

3. (多选)[2014·全国卷 II] 图 10-16 为某磁谱仪部分构件的示意图. 图中, 永磁铁提供匀强磁场, 硅微条径迹探测器可以探测粒子在其中运动的轨迹. 宇宙射线中有大量的电子、正电子和质子. 当这些粒子从上部垂直进入磁场时, 下列说法正确的是 ()



图 10-16

- A. 电子与正电子的偏转方向一定不同
B. 电子与正电子在磁场中运动轨迹的半径一定相同
C. 仅依据粒子运动轨迹无法判断该粒子是质子还是正电子
D. 粒子的动能越大, 它在磁场中运动轨迹的半径越小

[技法点拨] 对洛伦兹力的分析

方向判断 \rightarrow 左手定则 \rightarrow F 垂直于 B 和 v 决定的平面

大小计算 $\rightarrow F = qvB \sin \theta$ $\left\{ \begin{array}{l} v \parallel B \text{ 时, 洛伦兹力 } F = 0 (\theta = 0^\circ \text{ 或 } 180^\circ) \\ v \perp B \text{ 时, 洛伦兹力 } F = qvB (\theta = 90^\circ) \\ v = 0 \text{ 时, 洛伦兹力 } F = 0 \end{array} \right.$

动力学关系 \rightarrow 带电粒子垂直进入匀强磁场时将做匀速圆周运动, 向心力由洛伦兹力提供, 洛伦兹力始终垂直于运动方向, 它不做功

静止状态, 细线中的拉力为 F_1 ; 保持其他条件不变, 现将虚线下方的磁场移至虚线上方, 此时细线中拉力为 F_2 , 则导线框中的电流大小为 ()

- A. $\frac{F_2 - F_1}{Bl}$ B. $\frac{F_2 - F_1}{2Bl}$
C. $\frac{2(F_2 - F_1)}{Bl}$ D. $\frac{2(F_2 - F_1)}{3Bl}$

● 模拟精选

1. 已知通入电流为 I 的长直导线在周围某点产生的磁感应强度大小 B 与该点到导线的距离 r 的关系为 $B = k \frac{I}{r}$ (k 为常量). 如图 10-17 所示, 竖直通电长直导线中的电流 I 方向向上, 绝缘的光滑水平面上 P 处有一带正电小球从图示位置以初速度 v_0 水平向右运动, 小球始终在水平面上运动, 运动轨迹用实线表示, 若从上向下看, 则小球的运动轨迹可能是图 10-18 中的 ()

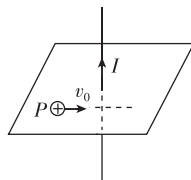


图 10-17

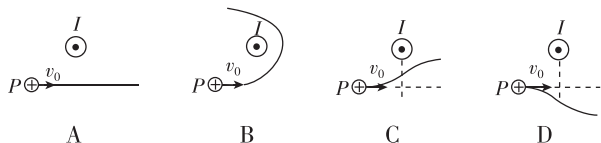


图 10-18

2. 如图 10-19 所示, 在水平地面上方有一沿水平方向且垂直于纸面向里的匀强磁场. 现将一带电小球以一定初速度 v_0 竖直上抛, 小球能上升的最大高度为 h , 重力加速度为 g , 不计空气阻力, 则下列判断正确的是 ()

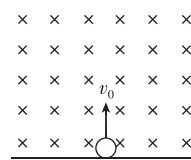


图 10-19

- A. h 一定大于 $\frac{v_0^2}{2g}$ B. h 一定等于 $\frac{v_0^2}{2g}$
C. h 一定小于 $\frac{v_0^2}{2g}$ D. h 可能等于 $\frac{v_0^2}{2g}$
3. 如图 10-20 所示, 一轨道由两等长的光滑斜面 AB 和 BC 组成, 两斜面在 B 处用一光滑小圆弧相连接, BA 、 BC 关于竖直线 BD 对称且 BD 右侧存在垂直于纸面向里的匀强磁场, B 处可认为处在磁场中, P 是 BC 的中点. 一带电小球从 A 点由静止释放后能沿轨道来回运动, Q 点(未画出)为小球在 BD 右侧运动的最高点, 则下列说法正确的是 ()

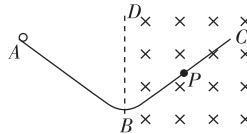


图 10-20

- A. Q 点与 A 点不在同一水平线上
B. 小球向右或向左滑过 B 点时, 对轨道的压力相等
C. 小球向上或向下滑过 P 点时, 其所受的洛伦兹力相同
D. 小球从 A 到 B 的时间是从 Q 到 P 时间的 $\sqrt{2}$ 倍

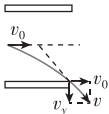
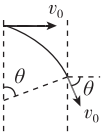
请完成

专题训练(十)

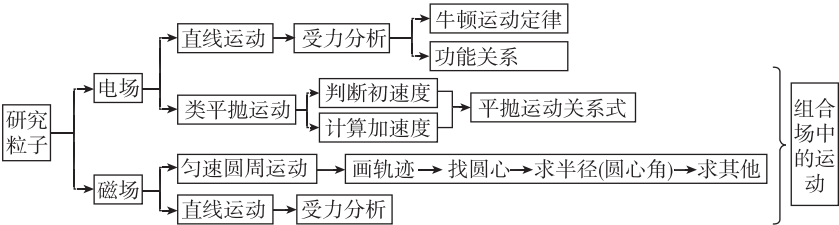
第 11 讲 带电粒子在电场和磁场中的运动

核心知识整合

一、带电粒子在匀强电场和匀强磁场中偏转的比较

运动形式 比较项目	带电粒子在匀强电场中偏转 ($v_0 \perp E$)	带电粒子在匀强磁场中偏转 ($v_0 \perp B$)
运动情景		
受力特点	受到恒定的电场力, 电场力做功	受洛伦兹力作用, 但洛伦兹力不做功
运动特征	类平抛运动	匀速圆周运动
研究方法	牛顿运动定律、匀变速运动公式、正交分解法	牛顿运动定律、向心力公式、圆的几何知识
表达方式	时间: 飞出电场 $t = \frac{x}{v_0}$ 打在极板上 $t = \sqrt{\frac{2y}{a}}$ 偏移量: $y = \frac{at^2}{2}$ 偏转角 α 满足 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$	时间: $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ (θ 是圆心角, T 是周期) 偏转角 θ 满足 $\sin \theta = \frac{l}{R}$ (l 是磁场宽度, R 是粒子轨迹半径)

二、处理电场、磁场问题的基本思路



三、带电粒子在复合场中的运动

- 首先确定带电粒子的电性, 其次判断带电粒子是否考虑重力.
- “对称性”是带电粒子在复合场中运动经常呈现的一个特点, 往往是此类问题解题的切入点.

题型 1 带电粒子在电场中的运动

● 真题再现

1. (多选) [2018 · 全国卷Ⅲ] 如图 11-1 所示, 一平行板电容器连接在直流电源上, 电容器的极板水平; 两微粒 a 、 b 所带电荷量大小相等、符号相反, 使它们分别静止于电容器的上、下极板附近, 与极板距离相等. 现同时释放 a 、 b , 它们由静止开始运动. 在随后的某时刻 t , a 、 b 经过电容器两极板间下半区域的同一水平

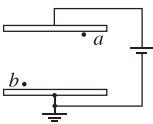


图 11-1

面, a 、 b 间的相互作用和重力可忽略. 下列说法正确的是 ()

- A. a 的质量比 b 的大
B. 在 t 时刻, a 的动能比 b 的大
C. 在 t 时刻, a 和 b 的电势能相等
D. 在 t 时刻, a 和 b 的动量大小相等
2. [2017 · 全国卷Ⅱ] 如图 11-2 所示, 两水平面(虚线)之间的距离为 H , 其间的区域存在方向水平向右的匀强电场. 自该区域上方的 A 点将质量均为 m 、电荷量分别为 q 和

$-q(q>0)$ 的带电小球 M 、 N 先后以相同的初速度沿平行于电场的方向射出. 小球在重力作用下进入电场区域, 并从该区域的下边界离开. 已知 N 离开电场时的速度方向竖直向下; M 在电场中做直线运动, 刚离开电场时的动能为 N 刚离开电场时的动能的 1.5 倍. 不计空气阻力, 重力加速度大小为 g . 求:

- (1) M 与 N 在电场中沿水平方向的位移之比;
- (2) A 点距电场上边界的高度;
- (3) 该电场的电场强度大小.

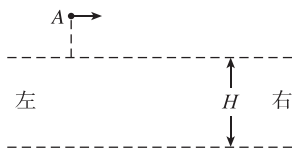


图 11-2

● 模拟精选

1. 两平行金属板相距为 d , 电势差为 U , 一电子质量为 m , 电荷量为 e , 从 O 点沿垂直于极板的方向射出, 最远到达 A 点, 然后返回. 如图 11-3 所示, $OA=h$, 此电子具有的初动能是 ()

- A. $\frac{edh}{U}$ B. $edUh$
C. $\frac{eU}{dh}$ D. $\frac{eUh}{d}$

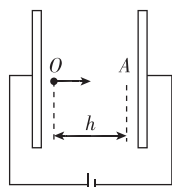


图 11-3

2. [2019·杭州学军中学模拟] 如图 11-4 所示, 真空中有平行正对金属板 A 、 B , 它们分别接在输出电压恒为 $U=91\text{ V}$ 的电源两端, 金属板长 $l=10\text{ cm}$, 两金属板间的距离 $d=3.2\text{ cm}$, A 、 B 两板间的电场可以视为匀强电场. 现使一电子从两金属板左侧中间以 $v_0=2.0\times 10^7\text{ m/s}$ 的速度垂直于电场方向进入电场, 然后从两金属板右侧射出. 已知电子的质量 $m=0.91\times 10^{-30}\text{ kg}$, 电荷量 $e=1.6\times 10^{-19}\text{ C}$, 两极板电场的边缘效应及电子所受的重力均可忽略不计. 求:

- (1) 电子在电场中运动的加速度 a 的大小;
- (2) 电子射出电场时在沿电场线方向上的侧移量 y ;
- (3) 从电子进入电场到离开电场的过程中, 其动量增量的大小.

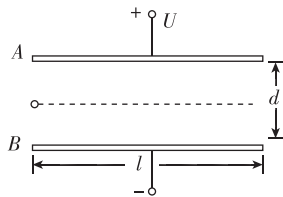


图 11-4

[技法点拨] 带电粒子在匀强电场中的偏转是类平抛运动, 解此类题目的关键是将运动分解成两个简单的直线运动. 例如解上题的关键: ① N 离开电场时的速度方向竖直向下—— N 在水平方向的速度恰好减到 0; ② 方向水平向右的匀强电场—— M 、 N 在竖直方向只受重力, 二者在电场中的运动时间相等; ③ 刚离开电场时 M 的动能为 N 的 1.5 倍——建立等式确定电场力和重力的关系.

题型 2 带电粒子在有界磁场中的运动

真题再现

1. [2016·全国卷Ⅱ] 一圆筒处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 磁场方向与筒的轴平行, 筒的横截面如图 11-5 所示. 图中直径 MN 的两端分别开有小孔, 筒绕其中心轴以角速度 ω 顺时针转动. 在该截面内, 一带电粒子从小孔 M 射入筒内, 射入时的运动方向与 MN 成 30° 角. 当筒

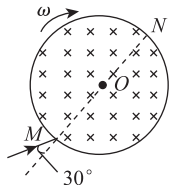


图 11-5

转过 90° 时, 该粒子恰好从小孔 N 飞出圆筒. 不计重力. 若粒子在筒内未与筒壁发生碰撞, 则带电粒子的比荷为

()

- A. $\frac{\omega}{3B}$
B. $\frac{\omega}{2B}$
C. $\frac{\omega}{B}$
D. $\frac{2\omega}{B}$

2. (10 分)[2017·浙江 11 月选考] 如图 11-6 所示, x 轴上方存在垂直纸面向外的匀强磁场, 坐标原点处有一正离子源, 单位时间在 xOy 平面内发射 n_0 个速率均为 v 的离子, 分布在 y 轴两侧各为 θ 的范围内. 在 x 轴上放置长度为 L 的离子收集板, 其右端点距坐标原点的距离为 $2L$, 当磁感应强度为 B_0 时, 沿 y 轴正方向入射的离子恰好打在收集板的右端点. 整个装置处于真空中, 不计重力, 不考虑离子间的碰撞, 忽略离子间相互作用.

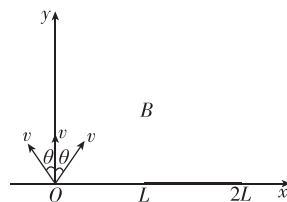


图 11-6

(1) 求离子的比荷 $\frac{q}{m}$;

(2) 若发射的离子被收集板全部收集, 求 θ 的最大值;

(3) 假设离子到达 x 轴时沿 x 轴均匀分布. 当 $\theta=37^\circ$, 磁感应强度在 $B_0 \leq B \leq 3B_0$ 的区间取不同值时, 求单位时间内收集板收集到的离子数 n 与磁感应强度 B 之间的关系. (不计离子在磁场中运动的时间)

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范, 无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范, 结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

模拟精选

1. 图 11-7 中虚线 PQ 上方有一磁感应强度大小为 B 的匀强磁场, 磁场方向垂直于纸面向外. O 是 PQ 上一点, 在纸面内从 O 点向磁场区域的任意方向连续发射速率为 v_0 的粒子, 粒子电荷量为

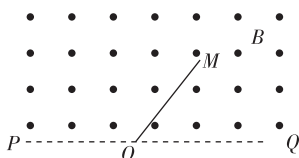


图 11-7

$+q$, 质量为 m . 现有两个粒子先后射入磁场中并恰好在 M 点相遇, MO 与 PQ 间夹角为 60° , 不计粒子重力及粒子间的相互作用, 则下列说法正确的是

()

- A. 两个粒子从 O 点射入磁场的时间间隔可能为 $\frac{2\pi m}{3qB}$
B. 两个粒子射入磁场的方向分别与 PQ 成 30° 和 60° 角
C. 在磁场中运动的粒子离边界的最大距离为 $\frac{mv_0}{Bq}$
D. 垂直于 PQ 射入磁场中的粒子在磁场中运动时间最长

2. 如图 11-8 所示,在 x 轴上方存在垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场,坐标原点 O 处有一粒子源,可向 x 轴和 x 轴上方垂直于磁场的各个方向不断地发射速度大小均为 v 、质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的同种带电粒子.在 x 轴上距离原点 x_0 处垂直于 x 轴放置一个长度为 x_0 、厚度不计、能接收带电粒子的薄金属板 P (粒子一旦打在金属板 P 上,其速度立即变为零).现观察到沿 x 轴负方向射出的粒子恰好打在薄金属板的上端,且速度方向与 y 轴平行.不计带电粒子的重力和粒子间相互作用力.

(1)求磁感应强度 B 的大小;

(2)求被薄金属板接收的粒子在磁场中运动的最短时间与最长时间;

(3)若在 y 轴上另放置一个能接收带电粒子的挡板,使薄金属板 P 右侧不能接收到带电粒子,求挡板的最小长度.

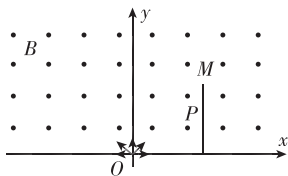


图 11-8

请完成 专题训练(十一)

第 12 讲 带电粒子在复合场中的运动

对接选考 直击要点 **选考题型突破**

题型 1 带电粒子在组合场中的运动

真题再现

1. [2016·浙江4月选考] 如图 12-1 所示为离子探测装置示意图.区域 I、区域 II 长均为 $L=0.10\text{ m}$,高均为 $H=0.06\text{ m}$.区域 I 可加方向竖直向下、电场强度为 E 的匀强电场;区域 II 可加方向垂直纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场,区域 II 的右端紧贴着可探测带电粒子位置的竖直屏.质子束沿两板正中间以速度 $v=1.0\times 10^5\text{ m/s}$ 水平射入,质子比荷近似为 $\frac{q}{m}=1.0\times 10^8\text{ C/kg}$. (忽略边界效应,不计重力)
- (1)当区域 I 加电场、区域 II 不加磁场时,求能在屏上探测到质子束的外加电场的最大值 E_{\max} ;
- (2)当区域 I 不加电场、区域 II 加磁场时,求能在屏上探测到质子束的外加磁场的最大值 B_{\max} ;
- (3)当区域 I 加电场 E 小于(1)中的 E_{\max} ,质子束进入区域 II 和离开区域 II 的位置等高,求区域 II 中的磁场 B 与区域 I 中的电场 E 之间的关系式.

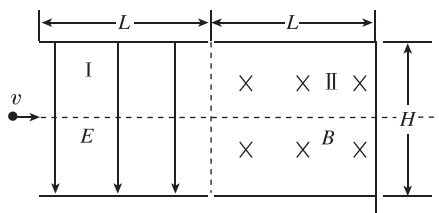


图 12-1

2. [2018·全国卷Ⅱ] 一足够长的条状区域内存在匀强电场和匀强磁场,其在 xOy 平面内的截面如图 12-2 所示:中间是磁场区域,其边界与 y 轴垂直,宽度为 l ,磁感应强度的大小为 B ,方向垂直于 xOy 平面;磁场的上、下两侧为电场区域,宽度均为 l' ,电场强度的大小均为 E ,方向均沿 x 轴正方向; M 、 N 为条状区域边界上的两点,它们的连线与 y 轴平行.一带正电的粒子以某一速度从 M 点沿 y 轴正方向射入电场,经过一段时间后恰好以从 M 点入射的速度从 N 点沿 y 轴正方向射出.不计重力.

- (1)定性画出该粒子在电磁场中运动的轨迹;
(2)求该粒子从 M 点入射时速度的大小;
(3)若该粒子进入磁场时的速度方向恰好与 x 轴正方向的夹角为 $\frac{\pi}{6}$,求该粒子的比荷及其从 M 点运动到 N 点的时间.

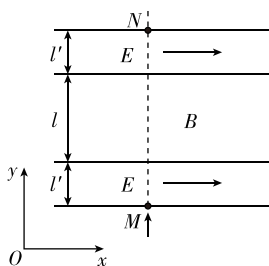


图 12-2

模拟精选

1. [2019·台州月考] 如图 12-3 所示,平行板电容器两金属板 A 、 B 长 $L=32\text{ cm}$,两板间距离 $d=32\text{ cm}$, A 板的电势比 B 板高.电荷量 $q=10^{-10}\text{ C}$ 、质量 $m=10^{-20}\text{ kg}$ 的带正电的粒子以初速度 $v_0=2\times 10^6\text{ m/s}$ 沿电场中心线垂直于电场线飞入电场,随后,粒子在 O 点飞出平行板电容器(速度偏转角为 37°),并进入磁场方向垂直于纸面向里且边长为 24 cm 的正方形匀强磁场区域. ($\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$,粒子的重力不计)

- (1)求 A 、 B 两板间的电势差;
(2)粒子穿过磁场区域后打在放置于中心线上的荧光屏 CD (与磁场区域上边界重合)上,求磁感应强度大小 B 的取值范围.

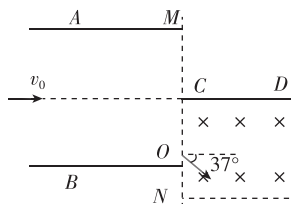
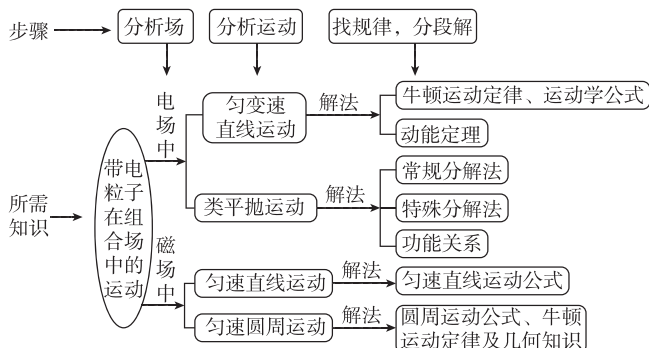


图 12-3

[技法点拨] 解题步骤和所需知识



2. 如图 12-4 所示,在平面直角坐标系 xOy 中, I、IV 象限内有场强大小 $E=10^3 \text{ V/m}$ 的匀强电场,方向与 x 轴正方向成 45° 角, II、III 象限内有磁感应强度大小 $B=1 \text{ T}$ 的匀强磁场,方向垂直于坐标平面向里. 现有一比荷为 10^4 C/kg 的带负电粒子以速度 $v_0=2 \times 10^3 \text{ m/s}$ 由坐标原点 O 垂直射入磁场,速度方向与 y 轴负方向成 45° 角. 粒子重力不计. 求:

- (1) 粒子开始在磁场中运动的轨道半径;
 (2) 粒子从开始进入磁场到第二次刚进入磁场的过程所用时间;
 (3) 粒子第二次进入磁场和第二次离开磁场位置间的距离.

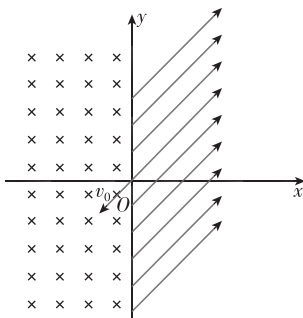


图 12-4

题型 2 带电粒子在叠加场中的运动

典例精析

例题 [2017 · 全国卷 I] 如图 12-5 所示,空间某区域存在匀强电场和匀强磁场,电场方向竖直向上(与纸面平行),磁场方向垂直于纸面向里. 三个带正电的微粒 a 、 b 、 c 电荷量相等,质量分别为 m_a 、 m_b 、 m_c . 已知在该区域内, a 在纸面内做匀速圆周运动, b 在纸面内向右做匀速直线运动, c 在纸面内向左做匀速直线运动. 下列选项正确的是 ()

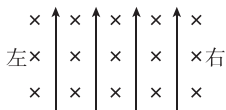
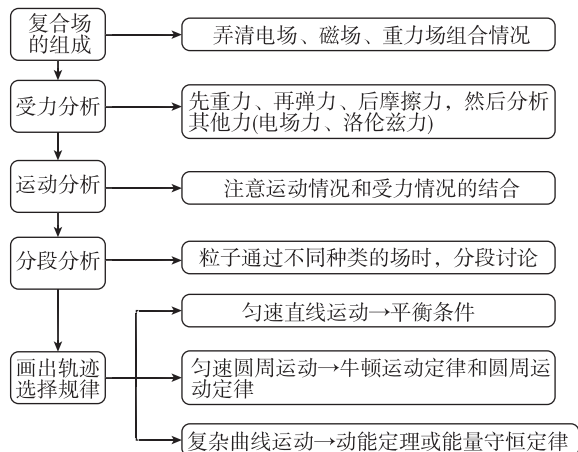


图 12-5

- A. $m_a > m_b > m_c$ B. $m_b > m_a > m_c$
 C. $m_c > m_a > m_b$ D. $m_c > m_b > m_a$

[技法点拨]



变式 1 (多选) 长方形区域内存在正交的匀强电场和匀强磁场,其方向如图 12-6 所示,一个质量为 m 、电荷量为 q 的小球以初速度 v_0 竖直向下进入该区域. 若小球恰好沿直线下降,则下列叙述正确的是(重力加速度为 g) ()

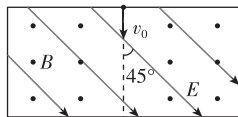


图 12-6

- A. 小球带正电
 B. 电场强度 $E = \frac{mg}{q}$
 C. 小球做匀速直线运动
 D. 磁感应强度 $B = \frac{mg}{qv_0}$

变式 2 (多选) [2019 · 宁波质检] 如图 12-7 所示,已知一带电小球在光滑绝缘的水平面上从静止开始经电压为 U 的金属板(未画出)间电场加速后,水平进入互相垂直的匀强电场(电场强度为 E)和匀强磁场(磁感应强度为 B)的叠加场中,小球在此空间的竖直面内做匀速圆周运动,则(重力加速度为 g) ()

- A. 小球可能带正电
 B. 小球做匀速圆周运动的

$$\text{半径 } r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2UE}{g}}$$

- C. 小球做匀速圆周运动的

$$\text{周期 } T = \frac{2\pi E}{Bg}$$

- D. 若电压 U 增大,则小球做匀速圆周运动的周期增大

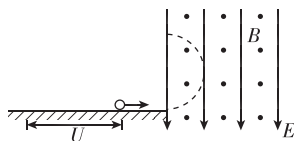


图 12-7

题型3 带电粒子在交变电磁场中的运动

典例精析

例题 现代科学仪器常利用电场、磁场控制带电粒子的运动.真空中存在着如图 12-8 所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场,电场与磁场的宽度均为 d . 电场强度为 E ,方向水平向右;磁感应强度为 B ,方向垂直于纸面向里. 电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直. 一个质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放,粒子始终在电场、磁场中运动,不计粒子重力及运动时的电磁辐射.

- (1) 求粒子在第 2 层磁场中运动时速度 v_2 的大小与轨迹半径 r_2 ;
- (2) 粒子从第 n 层磁场右侧边界穿出时,速度的方向与水平方向的夹角为 θ_n ,试求 $\sin \theta_n$;
- (3) 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出,试问在其他条件不变的情况下,也进入第 n 层磁场,比荷较该粒子大的粒子能否从该层磁场右侧边界穿出,请简要推理说明.

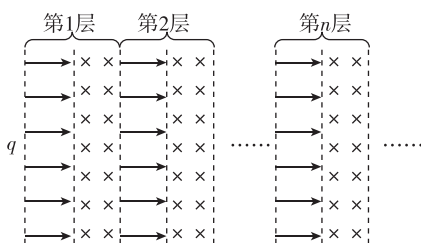
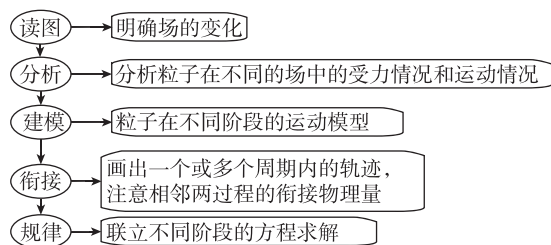


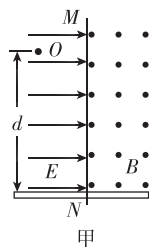
图 12-8

[技法点拨] 带电粒子在交变复合场中运动问题的基本思路

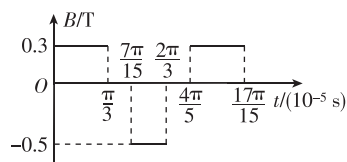


变式 如图 12-9 甲所示,竖直线 MN 左侧存在水平向右的匀强电场, MN 右侧存在垂直于纸面的匀强磁场,磁感应强度 B 随时间 t 变化规律如图乙所示, O 点下方竖直距离 $d=23.5\text{ cm}$ 处有一垂直于 MN 的足够大的挡板. 现将一重力不计、比荷 $\frac{q}{m}=10^6\text{ C/kg}$ 的正电荷从 O 点由静止释放,经过 $\Delta t=\frac{\pi}{15}\times 10^{-5}\text{ s}$,电荷以 $v_0=1.5\times 10^4\text{ m/s}$ 的速度通过 MN 进入磁场. 规定磁场方向垂直于纸面向外为正, $t=0$ 时刻电荷第一次通过 MN . 求:

- (1) 匀强电场的电场强度 E 的大小;
- (2) $t=\frac{4\pi}{5}\times 10^{-5}\text{ s}$ 时刻电荷与 O 点的竖直距离 Δd ;
- (3) 电荷从 O 点出发至运动到挡板所需时间 t . (结果保留两位有效数字)



甲



乙

图 12-9

第13讲 电磁场的科技应用

对接选考 直击要点

选考题型突破

题型1 速度选择器问题

● 真题再现

1. [2017·浙江11月选考] 如图13-1所示,在两块水平金属板构成的器件中,存在着匀强电场与匀强磁场,电场强度 E 和磁感应强度 B 相互垂直.以某一水平速度进入的不计重力的带电粒子恰好能沿直线运动,下列说法正确的是 ()

- A. 粒子一定带负电
B. 粒子的速度大小 $v = \frac{B}{E}$
C. 若粒子速度大小改变,粒子将做曲线运动
D. 若粒子速度大小改变,电场对粒子的作用力会发生变化

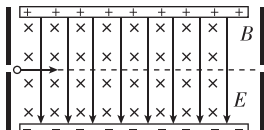
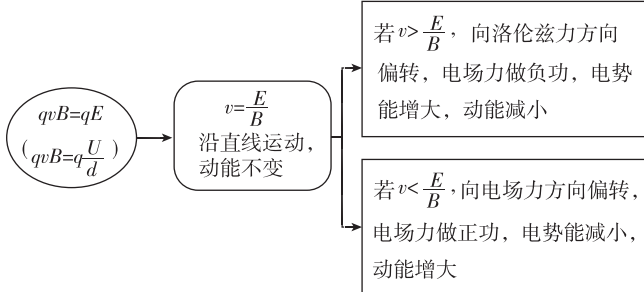


图13-1

[技法点拨] 速度选择器工作特点:只选择粒子的速度大小和方向,不选择粒子的电性或比荷.



● 模拟精选

1. [2019·台州质检] 如图13-2所示,空间的某个复合场区域内存在着方向相互垂直的匀强电场和匀强磁场.质子由静止开始经一加速电场加速后,垂直于复合场的界面进入并沿直线穿过场区,质子从复合场区穿出时的动能为 E_k ,那么氦核同样由静止开始经同一加速电场加速后穿过同一复合场后的动能 E'_k 的大小满足 ()

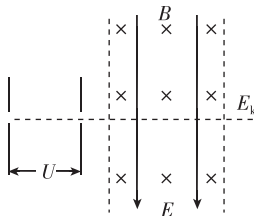


图13-2

- A. $E'_k = E_k$
B. $E'_k > E_k$
C. $E'_k < E_k$
D. 条件不足,难以确定
2. 如图13-3所示,在两块平行金属板间存在竖直向下的匀强电场和垂直于纸面向里的匀强磁场(磁场未画出).现有两种带电粒子 M 、 N 分别以同样的速度 v 从左端沿两板间的中线射入,都能沿直线从右端射出,不计粒子重力.以下说法正确的是 ()

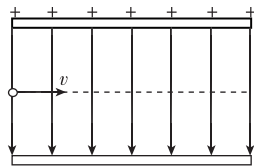


图13-3

- A. 带电粒子 M 、 N 的电性一定相同
B. 带电粒子 M 、 N 的电荷量一定相同
C. 撤去电场仅保留磁场, M 、 N 做圆周运动的半径一定相等
D. 撤去磁场仅保留电场, M 、 N 若能通过场区,则通过场区的时间相等

题型2 质谱仪类问题

● 真题再现

1. (10分)[2019·浙江4月选考] 有一种质谱仪由静电分析器和磁分析器组成,其简化原理如图13-4所示.左侧静电分析器中有方向指向圆心 O 、与 O 点等距离各点的场强大小相同的径向电场,右侧的磁分析器中分布着方向垂直于纸面向外的匀强磁场,其左边界与静电分析器的右边界平行,两者间距近似为零.离子源发出两种速度均为 v_0 、电荷量均为 q 、质量分别为 m 和 $0.5m$ 的正离子束,从 M 点垂直该点电场方向进入静电分析器.在静电分析器中,质量为 m 的离子沿半径为 r_0 的四分之一圆弧轨道做匀速圆周运动,从 N 点水平射出,而质量为 $0.5m$ 的离子恰好从 ON 连线的中点 P 与水平方向成 θ 角射出,从静电分析器射出的这两束离子垂直磁场方向射入磁分析器中,最后打在放置于磁分析器左边界的探测板上,其中质量为 m 的离子打在 O 点正下方的 Q 点.已知 $\overline{OP} = 0.5r_0$, $\overline{OQ} = r_0$,

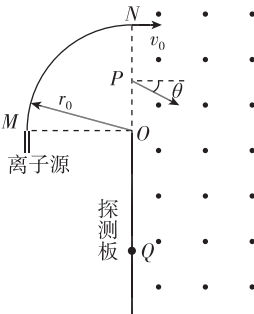


图13-4

N 、 P 两点间的电势差 $U_{NP} = \frac{mv_0^2}{q}$, $\cos \theta = \sqrt{\frac{4}{5}}$, 不计重力和离子间相互作用.

- (1)求静电分析器中半径为 r_0 处的电场强度 E_0 和磁分析器中的磁感应强度 B 的大小；
- (2)求质量为 $0.5m$ 的离子到达探测板上的位置与 O 点的距离 l (用 r_0 表示)；
- (3)若磁感应强度在 $(B-\Delta B)$ 到 $(B+\Delta B)$ 之间波动,要在探测板上完全分辨出质量为 m 和 $0.5m$ 的两束离子,求 $\frac{\Delta B}{B}$ 的最大值.

[解答规范]

解答书写区	自查项目	合格打钩
	有必要的文字说明	
	指明对象和所用规律	
	列式规范,无连等式、无代数过程	
	有据①②得③等说明	
	结果规范,结果为数字的带有单位、求矢量的有方向说明	

● 模拟精选

1. (多选)图 13-5 为一种质谱仪示意图,由加速电场、静电分析器和磁分析器组成. 静电分析器通道中心线的半径为 R ,通道内均匀辐向电场在中心线处的电场强度大小为 E ,磁分析器有范围足够大的有界匀强磁场,磁感应强度大小为 B ,方向垂直于纸面向外. 一质量为 m 、电荷量为 q 的粒子从静止开始经加速电场加速后沿中心线通过静电分析器,由 P 点垂直于边界进入磁分析器,最终打到胶片上的 Q 点. 不计粒子重力,下列说法中正确的是 ()
- A. 极板 M 比极板 N 电势高
- B. 加速电场的电压 $U=ER$
- C. 直径 $PQ=2B \sqrt{qmER}$
- D. 若一群粒子从静止开始经过上述过程都落在胶片上同一点,则该群粒子具有相同的比荷

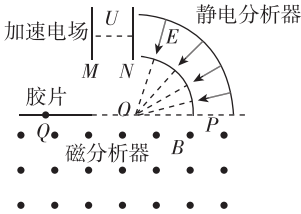


图 13-5

- 电压 U 应为多大?
- (2)离子由 P 点进入磁分析器后,最终打在胶片上的 Q 点,该点距入射点 P 多远?

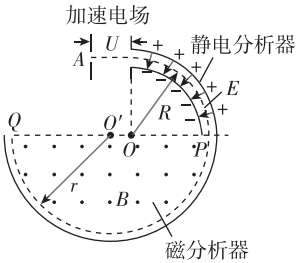


图 13-6

2. [2019·绍兴模拟] 如图 13-6 所示为一种质谱仪示意图,由加速电场、静电分析器和磁分析器组成. 已知静电分析器通道中心线的半径为 R ,均匀辐向电场在中心线处的场强为 E . 磁分析器中有垂直于纸面向外的匀强磁场,磁感应强度为 B .
- (1)为了使位于 A 处电荷量为 q 、质量为 m 的离子从静止开始经加速电场后沿中心线通过静电分析器,加速电场的

题型3 回旋加速器类问题

● 真题再现

1. [2018·浙江11月选考] 小明受回旋加速器的启发,设计了如图13-7甲所示的“回旋变速装置”.两相距为 d 的平行金属栅极板 M 、 N ,板 M 位于 x 轴上,板 N 在它的正下方.两板间加上如图乙所示的幅值为 U_0 的交变电压,周期 $T_0 = \frac{2\pi m}{qB}$.板 M 上方和板 N 下方有磁感应强度大小均为 B 、方向相反的匀强磁场.粒子探测器位于 y 轴处,仅能探测到垂直射入的带电粒子.

有一沿 x 轴可移动、粒子出射初动能可调节的粒子发射源,沿 y 轴正方向射出质量为 m 、电荷量为 $q(q>0)$ 的粒子. $t=0$ 时刻,发射源在 $(x,0)$ 位置发射一带电粒子.忽略粒子的重力和其他阻力,粒子在电场中运动的时间不计.

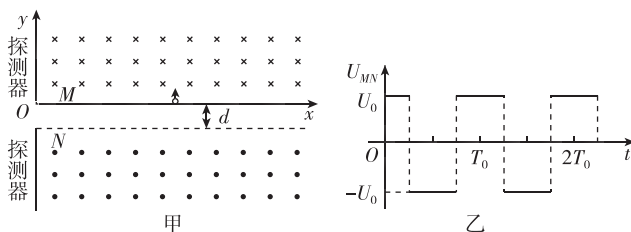


图13-7

- (1)若粒子只经磁场偏转并在 $y=y_0$ 处被探测到,求发射源的位置和粒子的初动能;
- (2)若粒子两次进出电场区域后被探测到,求粒子发射源的位置 x 与被探测到的位置 y 之间的关系.

[技法点拨] 回旋加速器的工作特点

- (1)加速器的最大速度:由 $qvB = m \frac{v^2}{R}$,得 $v = \frac{BqR}{m}$.
- (2)所加交变电压的频率:由 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$,得 $f = \frac{Bq}{2\pi m}$.
- (3)粒子加速次数:由 $nqU = \frac{1}{2}mv^2$,得 $n = \frac{B^2 q R^2}{2mU}$.
- (4)粒子在回旋加速器中的时间(忽略电场加速时间):由 $t = \frac{nT}{2}$,得 $t = \frac{n\pi m}{Bq}$.

● 模拟精选

1. (多选)[2019·丽水调研] 图13-8甲是用来加速带电粒子的回旋加速器的示意图,其核心部分是两个D形金属盒.在加速带电粒子时,两金属盒置于匀强磁场中,两盒与高频电源相连.带电粒子在磁场中运动的动能 E_k 随时间 t 的变化规律如图乙所示,忽略带电粒子在电场中的加速时间,则下列判断正确的是 ()

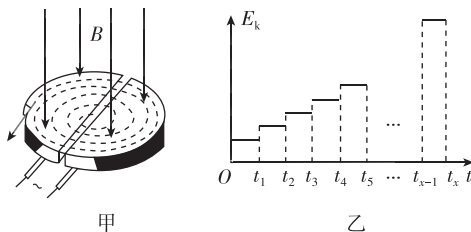


图13-8

- A. 在 E_k-t 图中应有 $t_4 - t_3 = t_3 - t_2 = t_2 - t_1$
 - B. 高频电源的变化周期应该等于 $t_n - t_{n-1}$
 - C. 粒子加速次数越多,粒子最大动能一定越大
 - D. 要想粒子获得的最大动能增大,可增加D形盒的半径
2. (多选)图13-9为一种改进后的回旋加速器示意图,其中盒缝间的加速电场的场强大小恒定,且被限制在A、C板间,虚线中间不需加电场.带电粒子从 P_0 处以速度 v_0 沿电场线方向射入加速电场,经加速后再进入D形盒中的匀强磁场做匀速圆周运动.粒子穿出虚线间区域的位置依次记为 P_1 、 P_2 、 P_3 ……对这种改进后的回旋加速器,下列说法正确的是 ()

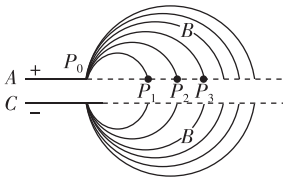


图13-9

- A. 加速粒子的最大速度与D形盒的尺寸无关
- B. 带电粒子每运动一周被加速一次
- C. $P_1 P_2 = P_2 P_3$
- D. 加速电场方向不需要做周期性的变化

题型4 电磁流量计问题

典例精析

例题 (多选) 为了测量某化工厂的污水排放量,技术人员在该厂的排污管末端安装了如图 13-10 所示的流量计.该装置由绝缘材料制成,长、宽、高分别为 a 、 b 、 c ,左、右两端开口,在垂直于前、后面的方向加磁感应强度为 B 的匀强磁场,在上、下两个面的内侧固定有金属板 M 、 N 作为电极.污水充满管口从左向右流经该装置时,电压表将显示两个电极间的电压 U ,用 Q 表示污水流量(单位时间内流出的污水体积).下列说法中正确的是 ()

- A. 若污水中负离子较多,则 N 板电势比 M 板电势高
 B. M 板电势一定高于 N 板的电势
 C. 污水中离子浓度越高,电压表的示数越大
 D. 电压表的示数 U 与污水流量 Q 成正比

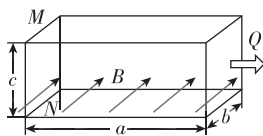


图 13-10

[技法点拨] 电磁流量计工作原理核心方程

$$\left. \begin{aligned} qvB &= q \frac{U}{d} \\ Q &= Sv \end{aligned} \right\} Q = \frac{SU}{Bd}$$

变式 电磁流量计广泛应用于测量可导电液体(如污水)在管中的流量(在单位时间内通过管内横截面的流体的体积).为了简化,假设流量计是如图 13-11 所示的横截面为长方形的一段管道,其中空部分的长、宽、高分别为图中的 a 、 b 、 c .流量计的两端与输送流体的管道相连接(图中虚线).图中流量计的上、下两面是金属材料,前、后面是绝缘材料.现在流量计所在处加磁感应强度为 B 的匀强磁场,磁场方向垂直于前、后面.当导电液体稳定地流经流量计时,在管外将流量计上、下两表面分别与一串联了电阻 R 的电流表的两端连接, I 表示测得的电流值.已知流体电阻率为 ρ ,不计电流表的内阻,则可求得流量为 ()

- A. $\frac{I}{B} \left(bR + \rho \frac{c}{a} \right)$
 B. $\frac{I}{B} \left(aR + \rho \frac{b}{c} \right)$
 C. $\frac{I}{B} \left(cR + \rho \frac{a}{b} \right)$
 D. $\frac{I}{B} \left(R + \rho \frac{bc}{a} \right)$

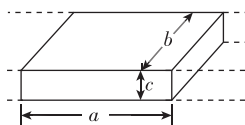


图 13-11

题型5 磁流体发电机问题

真题再现

1. [2018·浙江11月选考] 磁流体发电的原理如图 13-12 所示.将一束速度为 v 的等离子体垂直于磁场方向喷入磁感应强度为 B 的匀强磁场中,在相距为 d 、宽为 a 、长为 b 的两平行金属板间便产生电压.

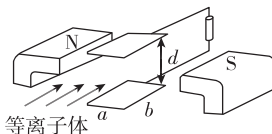


图 13-12

如果把上、下板和电阻 R 连接,上、下板就是一个直流电源的两极.若稳定时等离子体在两板间均匀分布,电阻率为 ρ ,忽略边缘效应,下列判断正确的是 ()

- A. 上板为正极,电流 $I = \frac{Bdvab}{Rab + \rho d}$
 B. 上板为负极,电流 $I = \frac{Bvad^2}{Rad + \rho b}$
 C. 下板为正极,电流 $I = \frac{Bdvab}{Rab + \rho d}$
 D. 下板为负极,电流 $I = \frac{Bvad^2}{Rad + \rho b}$

[技法点拨] 磁流体发电机工作原理

- (1) 根据 $q \frac{U}{d} = qvB$, 得 $U = Bdv$. (板间的距离为 d , 等离子体速度为 v , 磁场的磁感应强度为 B)
 (2) 电源内阻: $R = \rho \frac{l}{S}$, 得 $R = \rho \frac{d}{ab}$. (板间的距离为 d , 金属板宽为 a 、长为 b , 等离子体电阻率为 ρ)

模拟精选

1. (多选) 磁流体发电机可以把气体的内能直接转化为电能,是一种低碳环保发电机,有着广泛的发展前景,其发电原理示意图如图 13-13 所示.将一束等离子体(高温下电离

的气体,含有大量带正电和负电的微粒,整体上呈电中性)喷射入磁感应强度为 B 的匀强磁场中,磁场区域有两块面积为 S 、相距为 d 的平行金属板与电阻 R 相连接构成一电路,设气流的速度为 v ,气体的电导率(电阻率的倒数)为 σ ,则以下说法正确的是 ()

- A. 上板是发电机的正极,下板是发电机的负极
 B. 发电机稳定时, R 两端的电压 $U = Bdv$
 C. 流经 R 的电流 $I = \frac{Bdv}{R}$
 D. 流经 R 的电流 $I = \frac{BdvS\sigma}{\sigma SR + d}$

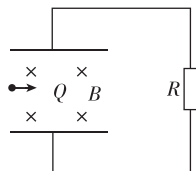


图 13-13

2. (多选) 如图 13-14 所示为磁流体发电机的原理图,将一束等离子体(带有等量正、负电荷的高速粒子流)喷射入磁场,在磁场中有两块金属板 A 、 B ,这时金属板上就会聚集电荷,产生电压.如果射入的等离子体速度为 v ,两金属板间距离为 d ,板的面积为 S ,匀强磁场的磁感应强度为 B ,方向与速度方向垂直,负载电阻为 R .当发电机稳定发电时电动势为 E ,电流为 I ,则下列说法正确的是 ()

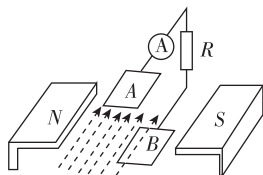


图 13-14

- A. 流经 R 的电流方向从上到下
 B. 其他条件一定时, v 越大,发电机的电动势 E 越大
 C. 其他条件一定时, S 越大,发电机的电动势 E 越大
 D. 板间等离子体的电阻率为 $\frac{S}{d} \left(\frac{Bdv}{I} - R \right)$

题型 6 霍尔效应类问题

真题再现

1. [2018·浙江4月选考] 压力波测量仪可将待测压力波转换成电压信号,其原理如图13-15甲所示.压力波 $p(t)$ 进入弹性盒后,通过与铰链 O 相连的“ \perp ”形轻杆 L ,驱动杆端头 A 处的微型霍尔片在磁场中沿 x 轴方向做微小振动,其位移 x 与压力 p 成正比($x=\alpha p, \alpha>0$).霍尔片的放大图如图乙所示,它由长 \times 宽 \times 厚 $=a\times b\times d$,单位体积内自由电子数为 n 的 N 型半导体制成.磁场方向垂直于 x 轴向上,磁感应强度大小为 $B=B_0(1-\beta|x|), \beta>0$.无压力波输入时,霍尔片静止在 $x=0$ 处,此时给霍尔片通以沿 C_1C_2 方向的电流 I ,则在侧面上 D_1 、 D_2 两点间产生霍尔电压 U_0 .

(1)指出 D_1 、 D_2 两点哪点电势高.

(2)推导出 U_0 与 I 、 B_0 之间的关系式(提示:电流 I 与自由电子定向移动速率 v 之间关系为 $I=nevbd$,其中 e 为电子电荷量).

(3)弹性盒中输入压力波 $p(t)$,霍尔片中通以相同电流,测得霍尔电压 U_H 随时间 t 变化图像如图丙所示.忽略霍尔片在磁场中运动产生的电动势和阻尼,求压力波的振幅和频率.(结果用 U_0 、 U_1 、 t_0 、 α 及 β 表示)

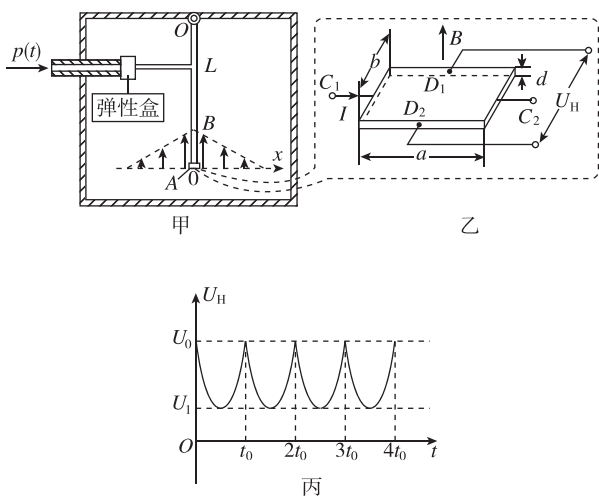


图 13-15

[技法点拨] 霍尔效应的应用

- (1)判断电势高低 $\left\{ \begin{array}{l} \text{左手定则(金属元件载流子为电子)} \\ \text{原理: } q \frac{U}{d} = qvB \end{array} \right.$
- (2)计算板间电势差大小: $U=Bdv$.
- (3)测定磁感应强度: $B=\frac{U}{dv}$

模拟精选

1. [2019·宁波模拟] 在翻盖手机中,经常用霍尔元件来控制翻盖时开启或关闭运行程序.图13-16是霍尔元件示意图,磁场方向垂直于霍尔元件工作面,通入图示方向的电流 I , M 、 N 两端会形成电势差 U_{MN} .下列说法错误的是 ()

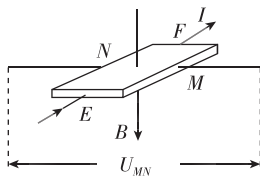


图 13-16

- A. 电势差 U_{MN} 仅与材料有关
- B. 若霍尔元件的载流子是自由电子,则电势差 $U_{MN}>0$
- C. 仅增大 M 、 N 间的宽度,电势差 U_{MN} 变大
- D. 通过控制磁感应强度可以改变电势差 U_{MN}
2. 如图13-17所示, X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 、 Z_1 、 Z_2 分别表示导体板左、右、上、下、前、后六个侧面,将其置于垂直于 Z_1 、 Z_2 面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中,当电流 I 通过导体板时,在导体板的两侧面之间产生霍尔电压 U_H .已知电流 I 与导体单位体积内的自由电子数 n 、电子电荷量 e 、导体横截面积 S 和电子定向移动速率 v 之间的关系为 $I=neSv$.实验中导体板尺寸、电流 I 和磁感应强度 B 保持不变,下列说法正确的是 ()

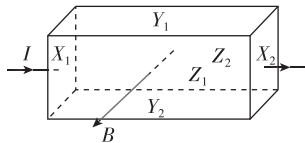


图 13-17

- A. 导体内自由电子只受洛伦兹力作用
- B. U_H 存在于导体的 Z_1 、 Z_2 两面之间
- C. 单位体积内的自由电子数 n 越大, U_H 越小
- D. 通过测量 U_H , 可用 $R=\frac{U}{I}$ 求得导体 X_1 、 X_2 两面间的电阻

请完成 专题训练(十三)