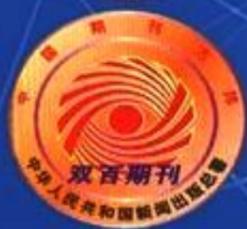


MATHS PHYSICS & CHEMISTRY FOR MIDDLE SCHOOL STUDENTS (SENIOR HIGH SCHOOL EDITION)

# 中学生数理化

®



高中版

绿色印刷

全面配合教材，注重求实、创新、博学  
精准对焦高考，指点方法、技巧、思路  
本期刊蝉联全国优秀科技期刊  
河南省一级期刊  
中国基础教育知识仓库来源期刊  
中国邮政校园核心报刊



扫码关注本刊微信  
加入我们的俱乐部



2022年

第2期·总第905期

1月

# 如虎添翼，勇攀高峰

同学们，过去的一年，是精彩的一年，党的百年华诞给我们带来欢庆，全面建成小康社会给我们带来幸福！过去的一年，也是紧张的一年，在我国多地多次零星出现的新冠肺炎疫情给大家带来了压抑和紧张，但我们的党团结带领全国各族人民，付出了巨大努力，经受住了疫情防控常态化的考验。

同学们，虎年快要来了，新的一年，新的开始，同学们要学会为自己加油，为自己喝彩。

喝彩是对成功发出的欢呼。为自己喝彩，是对自己的一种鼓励，更是对自己的一种认可；为自己喝彩，是一种更加实际的自我欣赏，传达给我们的是一种信心，一种力量，这种力量往往会成为创造奇迹的动力。

在平时的生活和学习中，不少同学过于在意别人对自己的看法和评价，过于看重自己的面子，对自己的弱点，以及过去的失误往往耿耿于怀，不能释然，这对我们的身心健康是不利的，对我们的学习也是不利的。如果对自己要求过于严苛，很可能导致自我评价过低，引发自卑、消极等心理问题，影响自信心的树立。勇于给自己喝彩，才能时刻保持积极乐观的心态，才能时刻拥有激昂的学习热情，才能最终取得令人羡慕的成绩。

同学们，学会为自己喝彩吧！即使自己在学习中取得一点小进步，也要给自己打气，为自己喝彩。这样，面对高中的学习，我们会变得更加勇敢和自信，不断取得进步和成功！

祝同学们在新的一年里精神抖擞，身体健康，龙腾虎跃！学习得法，如虎添翼，勇攀高峰！

2022年1月  
第2期·总第905期  
1981年10月创刊

Zhongxuesheng Shulihua

# 中学生数理化

(高中版) 高考理化

国际标准连续出版物号:  
ISSN 1001-6953  
国内统一连续出版物号:  
CN 41-1099/O  
定 价:6.00元

主管单位:河南教育报刊社  
主办单位:河南教育报刊社  
出版单位:河南教育报刊社  
社 长:唐泽仓  
总编辑:张保健

编辑:《中学生数理化》(高中版)编辑部  
地址:(450044)郑州市惠济区月湖南路  
17号1号楼

主 编:赵 平

副 主 编:刘钟华

责任编辑:张 巧(0371-66370630)

E-mail:120003292@qq.com

谢启刚(0371-66310491)

E-mail:282200380@qq.com

王琼霞(0371-66370630)

E-mail:371157227@qq.com

执行美编:张 衡

投稿-答疑信箱:zxsslh\_gegs@163.com

电话:0371-66370701

网址:www.shuren100.com

智慧支持:河南省教育学会创新教育专业  
委员会

发行单位:中国邮政集团有限公司河南  
省报刊发行局

发行范围:国内外公开发刊

国内订阅:全国各地邮局

国内发行代号:36-59

国际订阅:中国国际图书贸易集团有限公司

国际发行代号:C1068

自办订阅:河南教育读物发行总社

订阅热线:0371-67129573

发行服务:河南教育报刊社发行部

服务热线:400-659-7019

淘宝网购:



扫描二维码,订阅方便实惠

出版日期:1月16日

印 制:河南文达印刷公司

(450008 郑州市黄河路124号)

(如有印装问题,请寄该公司调换,

反馈电话13838080644)

广告发布登记证:郑惠济市监广发登字

[2019]002号

广告中心(郑州市教之喻文化传播有限

公司):0371-66327883

## 目次 Contents

### 知识篇

#### 知识结构与拓展

3 理想变压器相关知识归类剖析

胡朝平

#### 高考命题新动向

8 高考物理选择题的命题分析

付培军

17 实验复习需要讲究策略(一)

——力学实验复习策略

成金德

### 演练篇

#### 核心考点 AB 卷

21 高考物理模拟试题(一)

段红新

25 高考物理模拟试题(二)

成树明

#### 本 刊 承 诺

一、提高刊物质量:

1. 努力提高作者层次,  
坚决杜绝平庸稿。

2. 坚持稿件评审操作流  
程,严把稿件质量关。

3. 强化编校质量管理,  
精编细校,不出差错。

二、坚持办刊思路:

1. 高一注重核心考点剖析,  
强化核心考点训练。

2. 高二注重核心考点剖析,  
强化核心考点训练。

3. 高三突出专题,强化命题  
分析和演练。

三、强化服务意识:

1. 与作者密切联系,  
及时反馈稿件使用情况。

2. 对读者贴心交流,  
凡有疑难,及时回复。

3. 对杂志订阅周到服务,  
及时邮寄,方便快捷。

## 解题篇

### 经典题突破方法

#### 29 运动图像类问题归类剖析

杨宗礼

#### 32 刍议动态电路中物理量的变化问题

韩文忠

#### 35 例析“研究平抛运动”实验的三种题型

张志强

### 创新题追根溯源

#### 37 嫦娥探访月宫 天问打卡火星

——用最新航天科技成果引领“万有引力与航天”

备考复习

许文

### 参考答案与提示

#### 43 高考物理模拟试题(一)参考答案与提示

#### 46 高考物理模拟试题(二)参考答案与提示



### 封面人物

胡朝平，中学物理高级教师，2003年荣获黔东南州教育局颁发的“黔东南普通高中物理学科教学质量奖成绩显著奖”，2014年荣获天柱县人民政府颁发的“高考物理学科教学质量二等奖”，2017年荣获天柱县人民政府颁发的“物理学科教学质量一等奖”，2018年荣获黔东南州教育局颁发的“物理学科教学质量一等奖”。所辅导的多名学生在全国中学生物理竞赛中获奖。先后在《中学物理》《中学生数理化》等报刊上发表论文70多篇。

### 版权声明

本刊所有文字和图片作品，未经许可，不得转载、摘编。凡投稿本刊，或允许本刊登载的作品，均视为已授权本刊在刊物、增刊、图书上使用，以及许可本刊授权合作网站（中国知网、万方数据库、维普资讯网等）以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬，已包含授权费用。作者投稿给本刊即意味着同意上述约定，如有异议请与本刊签订书面协议。

本社广告中心根据《中华人民共和国广告法》等国家有关法律法规审查及刊登广告，若广告主有超过广告内容的后续行为，均与本刊及广告中心无关。

封面刊名题字：华罗庚

顾问单位：中国数学会 中国物理学会 中国化学会

学术顾问：任子朝 韩家勋 李勇

委员：（按拼音排序）

陈进前 戴儒京 狄振山 高慧明 郭统福 何万龄 黄干生 蒋天林

李伟 李胜荣 李树祥 刘大鸣 孟卫东 施建昌 隋俊礼 王国平

王后雄 王星元 徐汉屏 余永安 袁竞成 张向东 张援 张北春

# 理想变压器相关知识归类剖析

■贵州省天柱民族中学 胡朝平

变压器是物理理论知识与生活实际相结合的典型器件,近几年高考试题对变压器的考查重点是变压器的原理与应用。下面将理想变压器相关知识进行归类剖析,供同学们参考。

## 一、理想变压器基本规律的应用

**例1** 电流互感器和电压互感器接入电路的示意图如图1所示,其中 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_4$ 分别为四组线圈的匝数, $a$ 、 $b$ 为两只交流电表,则( )。

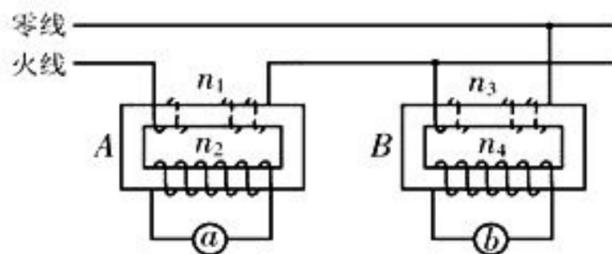


图1

- A. A 为电流互感器,且  $n_1 < n_2$ ,  $a$  是电流表
- B. A 为电压互感器,且  $n_1 > n_2$ ,  $a$  是电压表
- C. B 为电流互感器,且  $n_3 < n_4$ ,  $b$  是电流表
- D. B 为电压互感器,且  $n_3 > n_4$ ,  $b$  是电压表

**解析:** A 串联在电路中是电流互感器,电路中的大电流通过变压器变成小电流,用电流表测量,即  $a$  是电流表,根据理想变压器的变流比关系得  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,因此要把大电流变为小电流,则需  $n_2 > n_1$ ,选项 A 正确,B 错误。B 并联在电路中是电压互感器,电路中的高电压通过变压器变成低电压,用电压表测量,即  $b$  是电压表,根据理想变压器的变压比关系得  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ ,因此要把高电压变为低电压,则需  $n_3 > n_4$ ,选项 C 错误,D 正确。

答案:AD

**点评:**本题来源于人教版教材物理选修3—2第43页“科学漫步”内容。通过本题的训练可以帮助同学们区分电流互感器与电压互感器。

**必备知识:** 区分电流互感器与电压互感器需要注意三点,第一,测量仪器不同,电流互感器用的是电流表,电压互感器用的是电压表;第二,原、副线圈的匝数多少关系不同,电流互感器是将大电流变为小电流,根据  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$  得  $n_2 > n_1$ ,电压互感器是降压变压器,根据  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$  得  $n_3 > n_4$ ;第三,原线圈的接线方式不同,电流互感器是接在火线上,电压互感器是接在火线和零线之间。

**例2** 在如图2甲所示的电路中,理想变压器原、副线圈的匝数之比  $n_1 : n_2 = 5 : 1$ 。原线圈接入如图2乙所示的正弦式交变电流,各电表均为理想电表,定值电阻  $R_1 = R_2 = 4 \Omega$ , $D$  为理想二极管(该二极管的正向电阻为零,反向电阻为无穷大),则( )。

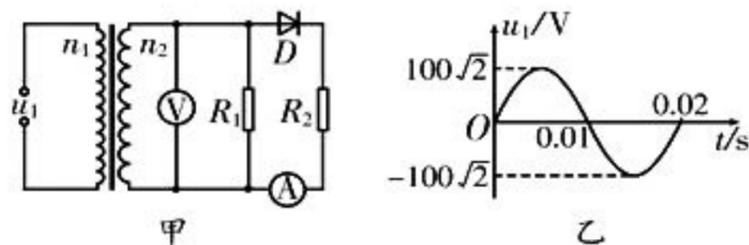


图2

- A. 电阻  $R_2$  两端的电压频率为 50 Hz
- B. 电流表的示数为 5 A
- C. 原线圈的输入功率为 150 W
- D. 将电阻  $R_1$  摘掉,电压表的示数不变

**解析:**根据图2乙可知,交流的周期为 0.02 s,频率为 50 Hz,变压器和二极管均不会改变交流的频率,因此电阻  $R_2$  两端的电压频率为 50 Hz,选项 A 正确。根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  可

知,经过变压器后的输出电压有效值  $U_2 = \frac{100 \text{ V}}{5} = 20 \text{ V}$ ,由于二极管的单向导电性,在一个完整周期内只有一半时间内有电压加在电阻  $R_2$  两端,根据有效值的定义得  $U = 10\sqrt{2} \text{ V}$ ,则电流表的示数  $I_2 = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ A}$ ,选项 B 错误。根据原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率得  $P = \frac{U_2^2}{R_1} + I_2^2 R_2 = 150 \text{ W}$ ,选项 C 正确。因为理想变压器的输出电压由输入电压决定,所以将电阻  $R_1$  摘掉,电压表的示数不变,选项 D 正确。

答案:ACD

点评:本题是变压器在实际生产生活中的最简单应用。

**必备知识:** (1)二极管的单向导电性将导致交流的电压与电流的有效值发生变化。(2)计算交流的电压与电流有效值的方法是根据电流的热效应相同列式求解。(3)变压器不改变交流的频率,只能改变交流的电压与电流,原、副线圈的电压比等于匝数比,与负载的多少无关。(4)理想变压器原、副线圈基本量的关系如表 1 所示。

表 1

理想变压器		没有能量损失(没有铜损、铁损),没有磁通量损失(磁通量全部集中在铁芯中)
基本关系	功率关系	原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率,即 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$
	电压关系	原、副线圈的电压比等于匝数比,与负载的多少无关,即 $U_1 : U_2 = n_1 : n_2$
	电流关系	只有一个副线圈时, $I_1 : I_2 = n_2 : n_1$ ; 有多个副线圈时,由 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ 得 $I_1 U_1 = I_2 U_2 + I_3 U_3 + \dots + I_n U_n$ , 即 $I_1 n_1 = I_2 n_2 + I_3 n_3 + \dots + I_n n_n$
	频率关系	$f_1 = f_2$ (变压器不改变交流的频率)

## 二、理想变压器的动态变化问题剖析

**例 3** 在如图 3 甲所示的电路中,理想变压器原、副线圈的匝数之比  $n_1 : n_2 = 1 : 5$ ,

定值电阻  $R_1 = R_3 = 10 \Omega$ ,滑动变阻器  $R_2$  的最大阻值为  $50 \Omega$ ,各电表均为理想电表。原线圈接入如图 3 乙所示的交变电流,其有效值不随负载的变化而变化。在滑动变阻器接入电路的阻值由  $50 \Omega$  减小到 0 的过程中,下列说法正确的是( )。

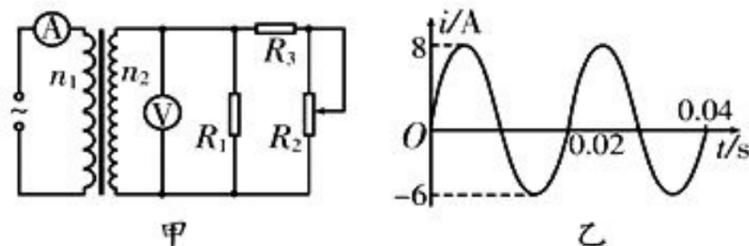


图 3

A. 电流表的示数为  $5 \text{ A}$

B. 通过电阻  $R_3$  的电流减小

C. 电压表的示数减小

D. 滑动变阻器  $R_2$  和电阻  $R_3$  消耗的总电功率先增大后减小

**解析:** 根据有效值的定义得  $I_0^2 R T = \left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2 R \cdot \frac{T}{2} + \left(\frac{6}{\sqrt{2}}\right)^2 R \cdot \frac{T}{2}$ ,解得原线圈输入交变电流的有效值  $I_0 = 5 \text{ A}$ ,即电流表的示数为  $5 \text{ A}$ ,选项 A 正确。根据原线圈输入交变电流的有效值不随负载的变化而变化可知,副线圈中的总电流  $I$  保持不变。在滑动变阻器接入电路的阻值由  $50 \Omega$  减小到 0 的过程中,副线圈的总电阻减小,则副线圈两端的电压减小,即电压表的示数减小,选项 C 正确。根据并联电路的电压分配特点可知,电阻  $R_1$  两端的电压减小,则通过电阻  $R_1$  的电流  $I_1$  也减小,根据并联电路的电流分配特点可知,通过电阻  $R_3$  的电流增大,选项 B 错误。设通过电阻  $R_3$  的电流为  $I_2$ ,根据并联电路的电流和电压分配特点得  $I_1 + I_2 = I, I_1 R_1 = I_2 (R_2 + R_3)$ ,解得  $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} I$ ,因此滑动变阻器  $R_2$  和电阻  $R_3$  消耗的总电功率  $P_{23} = I_2^2 (R_2 + R_3) = \frac{R_1^2 (R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} I^2$ ,即  $P_{23}$  随滑动变阻器  $R_2$  接入电路阻值的减小而增大,选项 D 错误。

答案:AC

点评:本题主要考查同学们阅读题干获取信息的能力,以及对变压器动态变化电路与串、并联电路相关知识的应用能力。根据交变电流的  $i-t$  图像可以求得输出电流的有效值、周期和频率等,再根据电流、电压与匝数的关系,以及串、并联电路规律即可得出正确结论。

**必备知识:** (1)交变电流的有效值不随负载的变化而变化,说明副线圈中的总电流  $I$  保持不变。(2)在只有一个副线圈时,原、副线圈的电流与匝数成反比,即  $I_1 : I_2 = n_2 : n_1$ 。(3)根据串、并联电路的规律可知,当滑动变阻器接入电路的阻值减小时,副线圈回路的总电阻减小,副线圈两端的电压减小;根据并联电路的特点和电功率的计算公式可知,滑动变阻器  $R_2$  和电阻  $R_3$  消耗的总电功率随滑动变阻器  $R_2$  接入电路阻值的减小而增大。

**例 4** 在如图 4 所示的电路中,理想变压器原线圈  $c$ 、 $d$  两端接入稳定的交流电压, $b$  是原线圈的中心抽头, $S$  为单刀双掷开关,滑动变阻器  $R$  的滑片处于变阻器正中间,各电表均为理想电表。下列说法中正确的是( )。

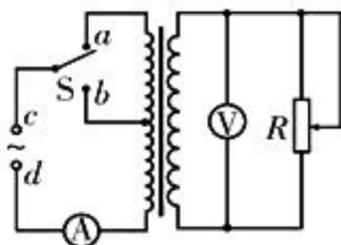


图 4

- A. 只将开关  $S$  从  $a$  驳接到  $b$ , 电流表的示数将减半
- B. 只将开关  $S$  从  $a$  驳接到  $b$ , 电压表的示数将减半
- C. 只将滑动变阻器  $R$  的滑片从中点处移到最上端, 电流表的示数将减半
- D. 只将滑动变阻器  $R$  的滑片从中点处移到最上端,  $c$ 、 $d$  两端输入的电功率将变为原来的  $\frac{1}{4}$

**解析:**只将开关  $S$  从  $a$  驳接到  $b$ , 变压器原线圈的匝数减半, 原线圈两端的电压不变,

副线圈两端的电压变为原来的 2 倍, 即电压表示数变为原来的 2 倍, 副线圈消耗的电功率变为原来的 4 倍, 原线圈消耗的电功率也变为原来的 4 倍, 电流表示数应为原来的 4 倍, 选项 A、B 错误。只将滑动变阻器  $R$  的滑片从中点处移到最上端, 副线圈回路的电阻变为原来的 2 倍, 副线圈两端的电压不变, 副线圈中的电流减半, 原线圈中的电流也减半, 即电流表示数减半,  $c$ 、 $d$  两端输入的电功率变为原来的一半, 选项 C 正确, D 错误。

**答案:**C

点评:本题主要考查同学们对变压器动态变化电路的分析能力。调整开关  $S$  的接通位置改变了原、副线圈的匝数比, 而原线圈两端的电压不变, 从而改变了副线圈两端的电压。调整滑动变阻器  $R$  的滑片位置改变了负载电阻, 从而改变了原、副线圈中的电流。

**必备知识:** 常见的理想变压器的动态变化电路分析问题可以分为匝数比不变和负载电阻不变两种类型。

1. 如图 5 所示, 当变压器的原、副线圈的匝数比  $\frac{n_1}{n_2}$  不变, 负载电阻发生变化时:

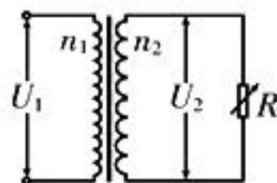


图 5

(1)若  $U_1$  不变, 则根据  $\frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{n_1}{n_2}$ , 输入电压  $U_1$  决定输出电压  $U_2$ 。可以判断, 不论负载电阻  $R$  如何变化,  $U_2$  均保持不变。(2)当负载电阻发生变化时,  $I_2$  变化, 根据输出电流  $I_2$  决定输入电流  $I_1$  可以判断  $I_1$  的变化情况。(3)  $I_2$  变化引起  $P_2$  变化, 根据  $P_1 = P_2$  可以判断  $P_1$  的变化情况。

2. 如图 6 所示, 当变压器的负载电阻不变, 原、副线圈的匝数比  $\frac{n_1}{n_2}$  变化时: (1)若

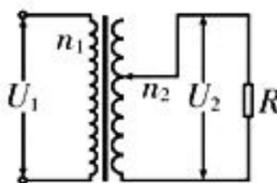


图 6

$U_1$  不变, 则根据  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$  可以

判断  $U_2$  的变化情况。(2)负载电阻  $R$  不变,  $U_2$  变化, 则  $I_2$  发生变化。(3)根据  $P_2 = \frac{U_2^2}{R}$  可以判断  $P_2$  的变化情况, 根据  $P_1 = P_2$  可以

判断  $P_1$  的变化情况,进而判断  $I_1$  的变化情况。

### 三、理想变压器原线圈接有电阻问题的剖析

理想变压器原线圈接有电阻可以分为两种情况:一是理想变压器原线圈回路中串联电阻,二是理想变压器原线圈回路中并联电阻。

**例 5** 如图 7 所示,理想变压器原线圈的匝数为 1 100,接有一阻值为  $R$  的定值电阻,电压表  $V_1$  的示数为 110.0 V,副线圈接有一个阻值恒为  $R_L$  的灯泡,绕过铁芯的单匝线圈接有一理想电压表  $V_2$ ,其示数为 0.1 V。已知  $R_L : R = 4 : 1$ ,则接有灯泡的副线圈的匝数为( )。

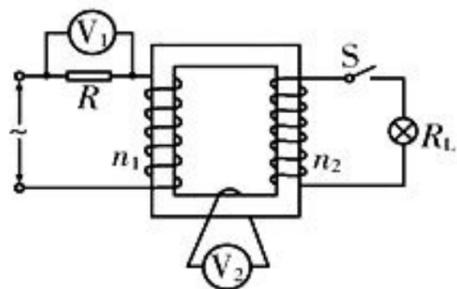


图 7

- A. 225                      B. 550  
C. 2 200                    D. 4 400

**解析:**理想变压器串联电阻  $R$  的原线圈与接有灯泡的副线圈的电路结构如图 8 所示,在原线圈回路中有  $U_0 = U_R + U_1$ ,在灯泡所在副线圈回

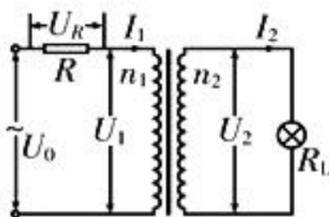


图 8

路中有  $U_2 = I_2 R_L$ 。根据理想变压器原、副线圈两端电压与线圈匝数成正比可知,原线圈回路中输入电压  $U_0$  与单匝线圈两端电压  $U_3$

满足关系式  $\frac{U_0 - U_R}{U_3} = \frac{n_1}{n_3}$ ,解得  $U_0 = 220$  V。

根据理想变压器原、副线圈中的电流与线圈匝数成反比可知,原线圈中的电流  $I_1$  和通过灯泡的电流  $I_2$  满足关系式  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,定值电阻

$R$  满足欧姆定律  $I_1 = \frac{U_R}{R}$ ,则  $I_2 = \frac{1\ 100}{n_2} \cdot$

$\frac{110\text{ V}}{R}$ ,结合  $\frac{R_L}{R} = \frac{4}{1}$  可知,灯泡两端电压  $U_2 =$

$I_2 R_L = \frac{1\ 100}{n_2} \cdot \frac{110\text{ V}}{R} \cdot 4R$ 。根据理想变压器

原、副线圈两端电压与线圈匝数成正比可知,原线圈回路中输入电压  $U_0$  与接有灯泡的副线

圈两端电压  $U_2$  满足关系式  $\frac{U_0 - U_R}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,解得

$n_2 = 2\ 200$ 。

**答案:**C

**点评:**本题主要考查对变压器原线圈串联电阻后的电路分析。

**必备知识:**(1)在串联了定值电阻  $R$  的原线圈回路中有  $U_0 = I_1 R + U_1$ ,在串联了负载  $R'$  的副线圈回路中有  $U_2 = I_2 R'$ 。(2)理想变压器原、副线圈的变压比和变流比公式分别

为  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 。

**例 6** 如图 9 所示,电阻  $a, b, c, d$  的阻值均为  $r$ ,其他电阻不计,理想变压器原、副线圈的匝数之比  $n_1 : n_2 = 2 : 1$ , $M, N$  两端接入的正弦式交变电压的有效值为  $U$ ,则通过电阻  $a$  的电流的有效值为( )。

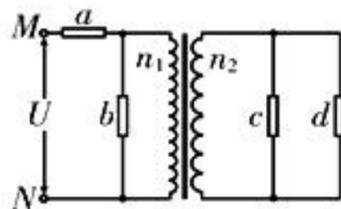


图 9

- A.  $\frac{2U}{3r}$                       B.  $\frac{3U}{5r}$   
C.  $\frac{3U}{2r}$                       D.  $\frac{2U}{r}$

**解析:**设通过电阻  $a$  的电流的有效值为  $I$ ,原线圈两端电压为  $U_1$ ,原线圈中的电流为  $I_1$ ,副线圈两端电压为  $U_2$ ,副线圈中的电流为  $I_2$ ,根据理想变压器原、副线圈的变压比公式得  $U_1 : U_2 = n_1 : n_2 = 2 : 1$ ,根据理想变压器原、副线圈的变流比公式得  $I_1 : I_2 = n_2 :$

$n_1 = 1 : 2$ ,又有  $U = Ir + U_1, I = I_1 + \frac{U_1}{r}, I_2 =$

$\frac{2U_2}{r}$ ,解得  $I = \frac{3U}{5r}$ 。

**答案:**B

**点评:**本题主要考查对变压器原线圈既串联又并联电阻后的电路分析。

**必备知识:** 若理想变压器原线圈串联了一个电阻,则由于电阻的分压作用,将会导致原线圈的输入电压小于电源提供的电压,原线圈中的电流等于电源提供的电流;若理想变压器原线圈并联了一个电阻,则由于电阻的分流作用,将会导致原线圈中的电流小于电源提供的电流,原线圈的输入电压等于电源提供的电压;若理想变压器原线圈回路中包含混联电路,则需要灵活运用串、并联电路规律,结合理想变压器原、副线圈的电压关系、电流关系、功率关系等分析求解。

#### 四、理想变压器有多个副线圈问题的剖析

**例 7** 如图 10 所示,理想变压器有两个副线圈, $L_1$ 、 $L_2$  是两个规格为“8 V, 10 W”的灯泡, $L_3$ 、 $L_4$  是两个规格为“6 V, 12 W”的灯泡。当变压器的输入电压  $U_1 = 220$  V 时,四个灯泡恰好都能正常发光。若原线圈的匝数  $n_1 = 1\ 100$ ,求:

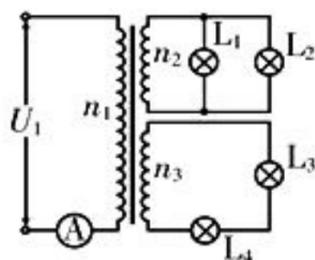


图 10

(1) 两个副线圈的匝数  $n_2$ 、 $n_3$ 。

(2) 电流表的示数。

**解析:** (1) 四个灯泡恰好都能正常发光,说明匝数为  $n_2$  的副线圈的输出电压  $U_2 = 8$  V,匝数为  $n_3$  的副线圈的输出电压  $U_3 = 12$  V。根据理想变压器原、副线圈两端电压与匝数的关系得  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,  $\frac{U_1}{U_3} = \frac{n_1}{n_3}$ , 解得  $n_2 = 40$ ,  $n_3 = 60$ 。

(2) 根据理想变压器的输入功率等于输出功率得  $I_1 U_1 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ , 其中  $P_1 = P_2 = 10$  W,  $P_3 = P_4 = 12$  W, 解得  $I_1 = 0.2$  A, 即电流表的示数为 0.2 A。

**点评:** 当理想变压器有多个副线圈时,电流与匝数成反比的关系不再成立,电压与匝数成正比的关系仍成立。

**必备知识:** 当理想变压器有多个副线圈

时,只要原、副线圈绕在同一闭合铁芯上,则任意两线圈两端的电压总满足关系式  $\frac{U_P}{U_Q} = \frac{n_P}{n_Q}$ , 功率满足关系式  $P_1 = P_2 + P_3 + \dots$ , 电流与匝数成反比的关系不成立,而是满足关系式  $n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3 + \dots$ 。

**例 8** 一理想变压器原线圈的匝数  $n_1 = 100$ , 两个副线圈的匝数分别为  $n_2 = 30$ ,  $n_3 = 20$ , 一个阻值恒为  $48.4 \Omega$  的小灯泡接在两副线圈上,如图 11 所示。当原线圈接入  $e = 220 \sqrt{2} \sin \omega t$  的交流电源后,变压器的输入功率是( )。

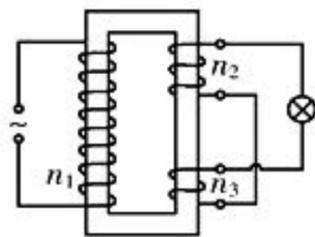


图 11

- A. 10 W                      B. 20 W  
C. 250 W                     D. 500 W

**解析:** 因为两个副线圈的组合连接使得两线圈在小灯泡所在回路中产生的感应电动势方向相反,所以小灯泡的工作电压有效值  $U_{\text{灯}} = U_2 - U_3 = \frac{U_1}{n_1} (n_2 - n_3) = \frac{220 \text{ V}}{100} (30 - 20) = 22$  V, 则  $P_{\text{灯}} = \frac{U_{\text{灯}}^2}{R_{\text{灯}}} = \frac{22^2}{48.4} \text{ W} = 10$  W。因为理想变压器的输入功率等于输出功率,所以  $P_{\text{入}} = P_{\text{灯}} = 10$  W。

**答案:** A

**点评:** 求解本题的关键是根据两个副线圈中的电流方向找到两个副线圈的连接关系,确定小灯泡的工作电压。

**必备知识:** 画出某一时刻副线圈中的电流方向,找到两个副线圈的连接关系。若两个副线圈的组合连接使得两线圈在负载回路中产生的感应电动势方向相反,则负载的工作电压有效值  $U = U_2 - U_3$ ; 若两个副线圈的组合连接使得两线圈在负载回路中产生的感应电动势方向相同,则负载的工作电压有效值  $U = U_2 + U_3$ 。

(责任编辑 张 巧)



# 高考物理选择题的命题分析

■河南省信阳市新县高级中学 付培军

2021年高考的硝烟还未散尽,2022年紧张的备考已经隆重上演。在全国已有16个省市启动新一轮高考改革的背景下,2021年的高考试题可以说是百花齐放,尽显芬芳。如何在备考中把握契机,精准备考呢?下面就2021年高考全国卷物理选择题的命题特点进行简要归纳,通过典型例题赏析,感悟高频考点,总结解题规律,提出备考建议。

## 一、2021年高考全国卷物理试题的分析

1. 2021年高考全国理综卷由原来的三套改为两套,与2019年高考试题的难度基本持平,比2020年高考试题稍难一些,且乙卷的难度略大于甲卷。试题结构、各部分的比例、分值与前几年一样,相对稳定,知识的覆盖率高,核心知识和重要物理方法仍然是考查的热点。

2. 2021年高考采用全国卷的省份虽然是旧模式的高考,但是充分融合了新评价体系中的“一核四层四翼”的要求,体现了“立德树人,服务选才,引导教学”的核心功能,与新一轮的教学改革悄然接轨。

3. 2021年高考进一步明确了高考的核心功能。(1)加强对物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任的考查。比如,甲卷第14题,乙卷第20题考查运用力与运动的基本概念解决动力学问题;乙卷第19题,甲卷第20题考查运用能量观点解决相对运动问题。(2)服务选才,为高校选拔具有培养潜能的人才。比如,甲卷第21题涉及多个运动过程,乙卷第21题属于板块模型,要求考生在动态中建立物理模型,寻找相互关联量,对科学推理、模型构建和思维能力的要求都非常高;甲卷第18和21题,乙卷第17和18题,对计算能力的要求很高。(3)引导教学,避免学生仅靠死记硬背和拼命刷题获得高分现象的出现,引导学生思考问题的本质,领悟

物理学科思维。比如,甲卷第15题中的旋转纽扣,乙卷第18题中的黑洞的引力作用等,都源于生产生活和高新科技,起点高,情景新,考生只有充分掌握解题方法,结合题干信息建立物理模型,才能运用相关规律求解。

4. 2021年高考试题稳中有变,兼顾基础性、综合性、应用性和创新性,突出对核心能力的考查。比如,甲卷第17题考查核反应中的守恒定律,第19题考查等势面的特性,乙卷第14题考查对守恒条件的理解,第15题考查对等势面分布情形的理解等,侧重基本概念的理解和基本规律的应用,引导复习备考回归课程标准和教材。试题注重设置真实问题情景,要求考生通过阅读题干,甄别情景中的核心要素,巧构物理模型,体现了学以致用,关注生产生活和科技进步的教学目标。比如,乙卷第17题的衰变,第18题的诺贝尔物理学奖等。试题对读图、识图和用图能力的要求也非常高。在14道物理试题中,甲卷有14幅图,乙卷有23幅图,几乎题题有图。

5. 近三年高考全国卷物理选择题知识分布情况:2021年高考甲、乙两卷都有4道力学题,3道电磁学题和1道原子物理题。2020年高考I卷有4道力学题,3道电磁学题和1道原子物理题,II卷和III卷都有3道力学题,4道电磁学题和1道原子物理题。2019年高考I卷和II卷都有4道力学题,3道电磁学题和1道原子物理题,III卷有3道力学题,4道电磁学题和1道原子物理题。不难发现原子物理基本上是1道题,而力学和电磁学可能是3道题也可能是4道题,且一般根据实验和计算题中的“大”“小”题来分配,确保力、电的分值基本对等。

## 二、力学命题热点赏析

热点1:运动的描述、追及与相遇问题。

例1 (2021年高考广东卷)赛龙舟是

端午节的传统活动。如图1所示的  $v-t$  和  $s-t$  图像描述了五条相同的龙舟从同一起点线同时出发、沿长直河道划向同一终点线的运动全过程,其中能反映龙舟甲与其他龙舟在途中出现船头并齐现象的有( )。

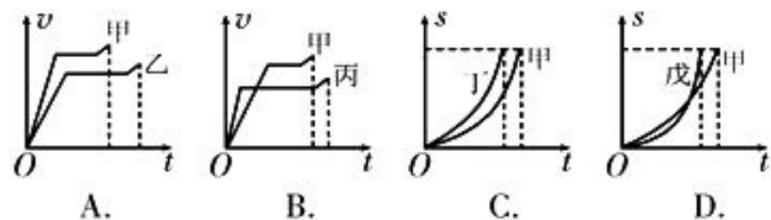


图1

**解析:**在  $v-t$  图像中,选项 A 中甲的速度一直大于乙,不可能出现船头并齐现象;选项 B 中丙的速度先大后小,根据  $v-t$  图像与横轴围成的面积表示位移可知,途中二者位移可能相同,会出现船头并齐现象。在  $s-t$  图像中,选项 C 中丁一直在甲的前面,不可能出现船头并齐现象;选项 D 中曲线交点表示二者相遇,即途中可能出现船头并齐现象。

**答案:**BD

**点评:**直线运动问题是高考考查的热点问题之一,可以单独考查,也可以与其他知识联合考查。在选择题中侧重对基本概念和基本规律的考查,且常与图像相结合,要求考生通过对图像中轴、点、线、面、斜、截等的分析,解答相关问题。求解此类问题需要在动态中进行分析,必要时还需画出运动草图,借助几何关系完成解答。

**热点 2: 受力分析与动态平衡问题。**

**例 2** (2021 年高考湖南卷)质量为  $M$  的凹槽静止在水平地面上,内壁为半圆柱面,截面如图 2 所示, A 为半圆的最低点, B 为半圆水平直径的端点。凹槽恰好与竖直墙面接触,内有一质量为  $m$  的小滑块,用推力  $F$  推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动,力  $F$  的方向始终沿圆弧的切线方向,在此过程中所有摩擦均可忽略。下列说法中正确的是( )。

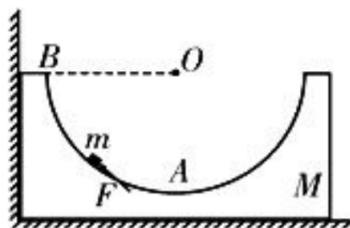


图2

- A. 推力  $F$  先增大后减小
- B. 凹槽对滑块的支持力先减小后增大
- C. 墙面对凹槽的压力先增大后减小

D. 水平地面对凹槽的支持力先减小后增大

**解析:**设推力  $F$  与水平方向间的夹角为  $\theta$ ,当滑块缓慢移动时有  $F = mg \sin \theta$ ,  $N = mg \cos \theta$ ,因  $\theta$  变大,故推力  $F$  变大,支持力  $N$  变小,选项 A、B 错误。以由凹槽和滑块组成的整体为研究对象,墙面对凹槽的压力  $N_0 = F \cos \theta$ ,地面对凹槽的支持力  $N_1 = (M + m)g - F \sin \theta$ ,整理得  $N_0 = \frac{1}{2}mg \sin 2\theta$ ,  $N_1 = (M + m)g - mg \sin^2 \theta$ ,因此随着  $\theta$  角的增大,  $N_0$  先增大后减小,  $N_1$  一直减小,选项 C 正确, D 错误。

**答案:**C

**点评:**动态平衡是指物体一直处于平衡状态,但受力不断发生变化。灵活选取研究对象是求解动态平衡问题的关键。对于在三个力作用下的平衡问题,用图解法、旋转圆法、相似三角形法处理较为快捷;对于在三个以上力作用下的平衡问题,可以先将某些不变的力合成为一个力,使其变成三力平衡问题,再用求解三力平衡问题的方法处理。

**热点 3: 运动的合成与分解问题。**

**例 3** (2021 年高考广东卷)由于高度限制,车库出入口采用如图 3 所示的曲杆道闸,道闸由转动杆  $OP$  与横杆  $PQ$  连接而成,  $P$ 、 $Q$  为横杆的两个端点。在道闸抬起过程中,杆  $PQ$  始终保持水平。杆  $OP$  绕  $O$  点从与水平方向成  $30^\circ$  匀速转动到  $60^\circ$  的过程中,下列说法正确的是( )。

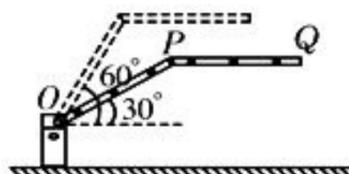


图3

- A.  $P$  点的线速度大小不变
- B.  $P$  点的加速度方向不变
- C.  $Q$  点在竖直方向上做匀速运动
- D.  $Q$  点在水平方向上做匀速运动

**解析:**杆  $OP$  绕  $O$  点匀速转动时,  $P$  点做匀速圆周运动,其线速度大小不变,加速度的方向时刻指向  $O$  点,选项 A 正确, B 错误。在道闸抬起过程中,杆  $PQ$  始终保持水平,可将  $P$  点的速度分解为水平和竖直两个分量,杆  $OP$  绕  $O$  点匀速转动时  $P$  点的竖直分速

度减小,水平分速度增大,因此在  $P$  点的带动下  $Q$  点在竖直方向上做减速运动,在水平方向上做加速运动,选项 C、D 错误。

答案:A

点评:本题以现实生活中的道闸转动杆为背景,考查运动与相互作用观念和科学推理能力。考生需要利用圆周运动的基本规律,以及运动的合成与分解知识分析判断,难点在于分析  $Q$  点在水平和竖直方向上的分速度随时间的变化规律。

热点 4:圆周运动与航天问题。

**例 4** 2021年2月10日,中国首次火星探测任务“天问一号”探测器实施近火捕获制动,成为我国第一颗人造火星卫星。“天问一号”探测器的运行轨迹示意图如图4所示,  $A$  点为探测器实施近火捕获制动的位置,探测器从  $A$  点进入轨道1绕火星飞行。随后探测器在远火点  $B$  成功实施侧空翻进入轨道2,由火星赤道轨道变为火星极地轨道,再经  $C$  点进入轨道3和轨道4,逐渐变为低空轨道。探测器仅在  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点启动发动机点火,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  各点均为各自所在轨道的近火点或远火点,各点所在轨道均为椭圆。已知地球质量是火星质量的9倍,地球半径是火星半径的2倍,地球同步卫星轨道半径为  $r$ ,火星赤道轨道  $A$ 、 $B$  两点间的距离约为  $4.5r$ 。以下说法中正确的是( )。

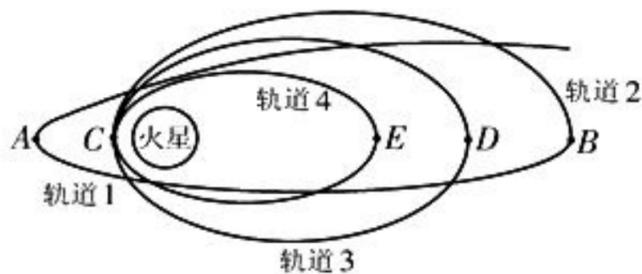


图4

- A. 地球与火星的第一宇宙速度之比约为  $3:2$
- B. 探测器在极地轨道2和极地轨道4的  $C$  点加速度相同
- C. 探测器在火星赤道轨道上运动的周期约为10天
- D. 探测器每次喷气都应向前喷才能使之减速,且过  $E$  点时的机械能小于过  $D$  点时的机械能

解析:贴近天体表面飞行的卫星,其线速度对应第一宇宙速度,根据  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$  得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \text{ 代入数据得 } v_{\text{地}} = \frac{3\sqrt{2}}{2} v_{\text{火}}, \text{ 选项 A}$$

错误。探测器在极地轨道2和极地轨道4的  $C$  点时,火星对它的引力大小相等,对应的加速度也相同,选项 B 正确。地球同步卫星的周期约为1天,设探测器从  $A$  点运动到  $B$  点所用的时间为  $t$ ,根据开普勒第三定律得  $\frac{r^3}{1^2} =$

$$kM_{\text{地}}, \left(\frac{s_{AB}}{2}\right)^3 = kM_{\text{火}}, \text{ 又有 } M_{\text{地}} = 9M_{\text{火}}, \text{ 解得}$$

$$t = \frac{81}{16} \approx 5 \text{ 天}, \text{ 因此探测器在火星赤道轨道上}$$

运动的周期约为10天,选项 C 正确。向前喷气只能使探测器减速至较低轨道上运行,探测器要想在  $B$  点完成侧空翻,则应与椭圆轨道1平面成一定夹角斜向前喷气,选项 D 错误。 $E$  点位于低轨道,  $D$  点位于高轨道,因此探测器过  $E$  点时的机械能小于过  $D$  点时的机械能。

答案:BC

点评:本题通过对“天问一号”探测器被火星捕获及多次变轨运动的分析,考查估算能力和灵活运用知识求解实际问题的能力。考生需要结合示意图确定  $A$ 、 $B$  两点分别位于赤道轨道的近火点和远火点,再类比地球同步卫星绕地运动的特点,充分运用开普勒第三定律和题干中的质量比、半径比、距离比等信息建立关联方程,完成解答。涉及万有引力定律及其应用的问题,联系生产生活 and 现代科技比较紧密,与我国航天科技的飞速发展和对高科技人才的渴求相适应,而成为历年高考命题的热点。这类问题常涉及卫星的绕行、卫星的变轨与对接、动力系统与轨道校正、双星运动模型等,求解时需要从空间选择视角审视星体运动,构造出星体的绕行轨道,利用万有引力提供向心力建立关联方程,解方程求得相关物理量。

热点 5:功能关系的应用问题。

**例 5** (2021年高考全国甲卷)一质量

为  $m$  的物体自倾角为  $\alpha$  的固定斜面底端沿斜面向上滑动。该物体开始滑动时的动能为  $E_k$ ，向上滑动一段距离后速度减小为零，此后物体向下滑动，到达斜面底端时动能为  $\frac{E_k}{5}$ 。已知  $\sin \alpha = 0.6$ ，重力加速度大小为  $g$ 。则( )。

- A. 物体向上滑动的距离为  $\frac{E_k}{2mg}$
- B. 物体向下滑动时的加速度大小为  $\frac{g}{5}$
- C. 物体与斜面间的动摩擦因数等于 0.5
- D. 物体向上滑动所用的时间比向下滑动所用的时间长

**解析：**设物体沿斜面的最大位移为  $l$ ，物体沿斜面向上滑至最高点的过程中有  $E_k = mgl \sin \alpha + \mu mgl \cos \alpha$ ，物体由最高点返回到斜面底端的过程中有  $\frac{E_k}{5} = mgl \sin \alpha - \mu mgl \cos \alpha$ ，解得  $l = \frac{E_k}{mg}$ ， $\mu = \frac{1}{2}$ ，选项 A 错误，C 正确。物体沿斜面向上滑动时有  $mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1$ ，物体沿斜面向下滑动时有  $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$ ，解得  $a_1 = g$ ， $a_2 = \frac{g}{5}$ ，选项 B 正确。根据  $l = \frac{1}{2}at^2$ ， $a_1 > a_2$  可知，物体向上滑动所用的时间较短，选项 D 错误。

**答案：**BC

**点评：**本题通过斜面模型考查提取信息和应用所学知识解决实际问题的能力，考生需要正确分析物体向上滑动和向下滑动过程中的受力情况，结合题干提供的情景，明确物体在不同运动阶段的运动性质，灵活选取初、末状态，合理运用动力学公式和功能关系建立关联方程。

**热点 6：动量定理和动量守恒定律的应用问题。**

**例 6** (2021 年高考湖南卷)如图 5 甲所示，质量分别为  $m_A$ 、 $m_B$  的 A、B 两物体用轻弹簧连接构成一个系统，外力  $F$  作用在物体 A 上，系统静止在光滑水平面上(物体 B 靠墙面)，此时弹簧形变量为  $x$ 。撤去外力并

开始计时，A、B 两物体运动的  $a-t$  图像如图 5 乙所示， $S_1$  表示  $0 \sim t_1$  时间内物体 A 的  $a-t$  图像与坐标轴所围面积大小， $S_2$ 、 $S_3$  分别表示  $t_1 \sim t_2$  时间内 A、B 两物体的  $a-t$  图像与坐标轴所围面积大小。物体 A 在  $t_1$  时刻的速度为  $v_0$ 。下列说法中正确的是( )。

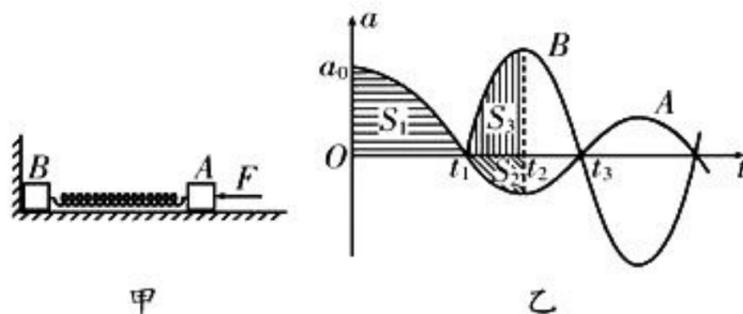


图 5

- A.  $0 \sim t_1$  时间内，墙对物体 B 的冲量等于  $m_A v_0$
- B.  $m_A > m_B$
- C. 物体 B 运动后，弹簧的最大形变量等于  $x$
- D.  $S_1 - S_2 = S_3$

**解析：** $0 \sim t_1$  时间内，物体 B 在弹簧弹力和墙面支持力的作用下静止，墙对物体 B 的冲量等于弹簧对物体 B 的冲量。选物体 A 为研究对象，撤去外力  $F$  后，物体 A 在水平方向上只受向右的弹力作用，根据动量定理得  $I = m_A v_0$ 。墙对物体 B 的冲量与弹簧对物体 A 的冲量相等，选项 A 正确。根据  $a-t$  图像可知， $t_1$  时刻后弹簧被拉伸，在  $t_2$  时刻弹簧的拉伸量最大，根据  $a_B > a_A$ ， $m_A a_A = m_B a_B$  得  $m_A > m_B$ ，选项 B 正确。在  $t_1$  时刻物体 A 的速度为  $v_0$ ，之后由 A、B 两物体和弹簧组成的系统能量守恒，动量也守恒，根据  $m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B$  可知，A、B 两物体的速度不等于 0，动能不等于 0，两物体共速时弹簧的形变量最大，弹簧的最大形变量小于  $x$ ，选项 C 错误。 $t_1$  时刻后物体 B 脱离墙壁， $t_1 \sim t_2$  时间内系统的动量守恒， $t_2$  时刻弹簧拉伸至最长，两物体共速， $a-t$  图像与坐标轴所围的面积表示  $\Delta v$ ，因此在  $t_2$  时刻 A、B 两物体的速度分别为  $v_A = S_1 - S_2$ ， $v_B = S_3$ ，且  $v_A = v_B$ ，即  $S_1 - S_2 = S_3$ ，选项 D 正确。

**答案：**ABD



点评:本题通过  $a-t$  图像展现弹簧连接情况下两物体的相对运动,考查运动与相互作用的观念,能量的观念,以及模型构建和科学推理能力。考生需要在深刻理解动量定理和动量守恒定律成立条件的前提下,在动态变化中分析两个物体的运动情形,捕捉变化中的守恒量,建立起特殊时刻或特殊状态下的关联方程。

### 三、电磁学命题热点赏析

#### 热点 1:电场的描述类问题。

**例 7** 在  $x$  轴上有两个点电荷  $q_1$  和  $q_2$ ,且  $q_1$  在  $q_2$  的左边。 $x$  轴正半轴上各点的电势  $\varphi$  随  $x$  变化的图像如图 6 所示,在  $x_0$  处电势为零,在  $x_1$  处电势有最小值。已知点电

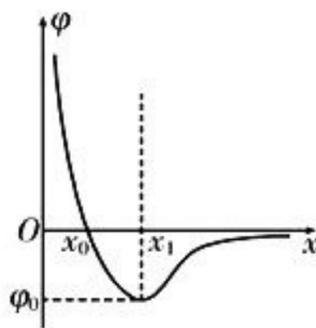


图 6

荷产生的电势的表达式为  $\varphi = k \frac{q}{r}$ ,则下列说法中正确的有( )。

A. 在坐标原点处有一个正电荷,在  $x$  轴上场强为零的点有两处

B.  $q_2$  在坐标原点处, $q_1$  在  $x$  轴负半轴上,且  $q_1 < 0$

C. 两点电荷的电荷量之比  $\frac{q_1}{q_2} = \left(\frac{x_1}{x_0}\right)^2$

D. 若在  $x_0$  处由静止释放一个正检验电荷,则它会变加速运动到无穷远处

**解析:**因为在坐标原点处电势趋于正无穷,所以在坐标原点处有一个正电荷,即  $q_1$  或  $q_2$  在坐标原点处。若  $q_1$  在坐标原点处,则  $q_2$  在  $x$  轴正半轴上某点,两个点电荷所激发电场叠加后,在  $x$  轴正半轴上一定有某处( $q_2$  所在位置)电势为无穷大或无穷小,这与题给  $\varphi-x$  图像矛盾。因此只能是  $q_2$  在坐标原点处, $q_1$  在  $x$  轴负半轴上。因为两个点电荷所激发电场叠加后总的电势可以为负,表明  $q_1 < 0$ ,选项 B 正确。因为在  $x > x_0$  位置电势为负,表明负电荷的电荷量大于正电荷的电荷量,因此在  $x$  轴负半轴上不可能出现场强为零的点,场强为零的点一定在  $x$  轴正半轴上,且只有一个,选项 A 错误。设  $q_1$  的位置在  $x'$  处,则在  $x_0$  处有

$$k \frac{q_2}{x_0} + k \frac{q_1}{x_0 - x'} = 0, \text{ 在 } x_1 \text{ 处电势最低,该处}$$

场强必为零,即  $k \frac{q_2}{x_1^2} + k \frac{q_1}{(x_1 - x')^2} = 0$ ,解得

$$x' = 2x_1 - \frac{x_1^2}{x_0} \cdot \frac{q_1}{q_2} = -\left(1 - \frac{x_1}{x_0}\right)^2, \text{ 选项 C 错误。}$$

因为  $\varphi-x$  图像的斜率表示场强,所以在  $x_0$  处由静止释放一个正检验电荷,它会先做加速度逐渐减小的加速运动,到  $x_1$  处加速度减为零,此后做减速运动,且加速度先增大后减小。又因为  $x$  轴是  $\varphi-x$  图像的渐近线,所以检验电荷可以运动到无穷远处,选项 D 正确。

**答案:**BD

点评:本题以两个点电荷激发电场区域中  $x$  轴正半轴上各点的电势  $\varphi$  随  $x$  变化的图像为情景,考查点电荷激发电场的特点、 $\varphi-x$  图像斜率的意义、电势、电势能和电场强度的叠加等知识。电场描述类试题常涉及场强的叠加、库仑定律、带电体的平衡、电场线或等势面的性质等。求解此类问题需要熟练掌握电场线和等势面的性质,等量同号或异号点电荷激发电场的特点,平行四边形定则等。

#### 热点 2:带电粒子在电场中的运动问题。

**例 8** (2021 年高考全国乙卷)四个带电粒子的电荷量和质量分别为  $(+q, m)$ 、 $(+q, 2m)$ 、 $(+3q, 3m)$ 、 $(-q, m)$ ,它们先后以相同的速度从坐标原点沿  $x$  轴正方向射入一匀强电场中,电场方向与  $y$  轴平行。不计重力,如图 7 所示的描绘这四个粒子运动轨迹的图像中,可能正确的是( )。

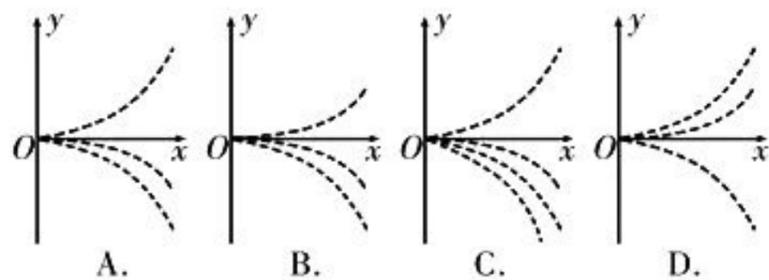


图 7

**解析:**带电粒子垂直进入匀强电场做类平抛运动,设匀强电场沿  $x$  轴方向的宽度为  $l$ ,则带电粒子在电场中运动的时间  $t = \frac{l}{v_0}$ ,加速度  $a = \frac{qE}{m}$ ,离开电场时偏转角的正切值

$$\tan \theta = \frac{at}{v_0} = \frac{qtE}{mv_0^2}$$

因为四个粒子的初速度、场强、电场宽度都相同,所以它们离开电场时偏转角的正切值只与其比荷有关。带负电的粒子与其他三个带正电的粒子的偏转方向不同;第一、三、四这三个粒子的比荷大小相同,故这三个粒子离开电场时的偏转角相同,且第四个粒子的轨迹与第一、三这两个粒子的轨迹对称;第二个粒子的比荷比第一、三这两个粒子的比荷小,它离开电场时的偏转角也小。

**答案:AD**

**点评:**本题以四个带电粒子在匀强电场中的类平抛运动为背景,考查运动与相互作用观念。考生需要借助运动的合成与分解,寻找分运动的性质,再运用牛顿运动定律分析,找出偏转角与粒子比荷间的关系,然后进行推理判断。

**热点 3:带电粒子在磁场中的运动问题。**

**例 9** 如图 8 所示,光滑绝缘的圆弧轨道 MON 固定在竖直平面内。O 为其最低点, M、N 两点等高,匀强磁场方向与轨道平面垂直。将一个带正电的小球自 M 点由静止释放,它在

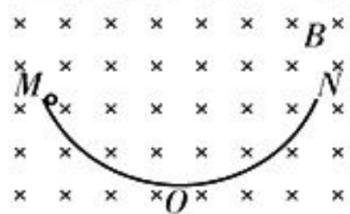


图 8

轨道上 M、N 两点间做往复运动。下列说法中正确的是( )。

- A. 小球在 M、N 两点时均处于平衡状态
- B. 小球由 M 点滑至 O 点所用的时间小于由 N 点滑至 O 点所用的时间
- C. 小球每次经过 O 点时对轨道的压力均相等
- D. 小球每次经过 O 点时所受合外力均相等

**解析:**小球处于平衡状态时的加速度为零,而小球在 M、N 两点处可由静止向下滚动,一定不是平衡状态,选项 A 错误。因为洛伦兹力永远不做功,小球在 O 点两侧等高位置具有相等的速率,所以小球由 M 点滑至 O 点和由 N 点滑至 O 点具有等时性,选项 B 错误。小球沿不同方向经过 O 点时,洛伦兹力的方向不同,对轨道的压力不相等,选项 C

错误。小球每次经过 O 点时的速率相等,向心加速度相同,所受合外力也相同,选项 D 正确。

**答案:D**

**点评:**本题以带电小球在光滑圆弧轨道上的往复运动为情景,考查洛伦兹力的特点、带电小球做圆周运动过程中的受力分析等推理论证能力。涉及带电粒子在磁场中运动的问题,大部分要求在定性分析的基础上,进行定量计算,其难点在于找圆心、画轨迹,利用向心力公式和几何关系列出关联方程。求解此类问题需要熟练掌握确定圆心的五种方法(圆心在速度的垂线上,圆心在洛伦兹力的方向线上,圆心在速度偏向角补角的角平分线上,圆心在弦的垂直平分线上,以恒定速度垂直进入匀强磁场中的带电粒子的轨迹圆心在一个特定的圆周上)和确定时间的三种方法(利用圆心角、弦切角或速度的偏向角确定)。

**热点 4:带电粒子在复合场中的运动问题。**

**例 10** 如图 9 所示,顶角为  $2\theta$  的光滑绝缘圆锥体,置于竖直向上的匀强磁场中,磁感应强度为  $B$ 。一质量为  $m$ ,带电荷量为  $-q$  的小球,沿圆锥体外表面在水平面内做匀速圆周运动,则( )。

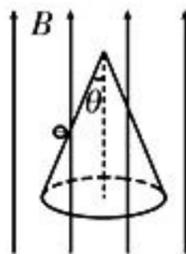


图 9

- A. 从上往下看,小球沿顺时针方向运动
- B. 洛伦兹力提供小球做匀速圆周运动所需的向心力

C. 小球的最小运动半径  $R = \frac{4mg}{q^2 B^2 \tan \theta}$

D. 小球以最小半径运动时的速率  $v = \frac{2mg}{qB \tan \theta}$

**解析:**小球在重力、支持力和洛伦兹力的作用下做匀速圆周运动,洛伦兹力与支持力在水平方向上的合力提供向心力,故洛伦兹力必指向圆锥体的轴线,选项 B 错误。根据左手定则判断知,从上往下看,小球沿逆时针方向运动,选项 A 错误。根据正交分解法得

$$qvB - N \cos \theta = m \frac{v^2}{R}, N \sin \theta = mg, \text{整理得}$$

$$m \frac{v^2}{R} - qvB + \frac{mg}{\tan \theta} = 0, \text{欲使方程有解须 } \Delta =$$

$q^2 B^2 - \frac{4m^2 g}{R \tan \theta} \geq 0$ , 即  $R \geq \frac{4m^2 g}{q^2 B^2 \tan \theta}$ , 选项 C 错误。令  $\Delta = 0$  得小球以最小半径运动时的速率  $v = \frac{2mg}{qB \tan \theta}$ , 选项 D 正确。

答案:D

点评:本题以带电小球沿圆锥体外表面转动为背景,考查运动与相互作用的概念,以及模型构建和科学推理能力。带电粒子在组合场、叠加场、有界场等区域中的运动形式可以是静止,也可以是匀速直线运动,还可以是匀速圆周运动或非匀变速曲线运动等。求解此类问题时需要从空间选择视角审视粒子的运动,将复杂过程划分为若干阶段,在不同阶段依据其受力情况推断其运动性质,然后找圆心、画轨迹,利用相应的物理规律和几何知识列式求解。

热点 5:电路的动态分析问题。

**例 11** 恒流源是一种特殊的电源,它输出的电流能始终保持不变;恒压源也是一种特殊的电源,它输出的电压能始终保持不变。如图 10 甲所示的电路中的电源是恒流源,如图 10 乙所示的电路中的电源是恒压源,两图中的滑动变阻器的触头  $P$  均从最右端向最左端移动时,下列说法中正确的是( )。

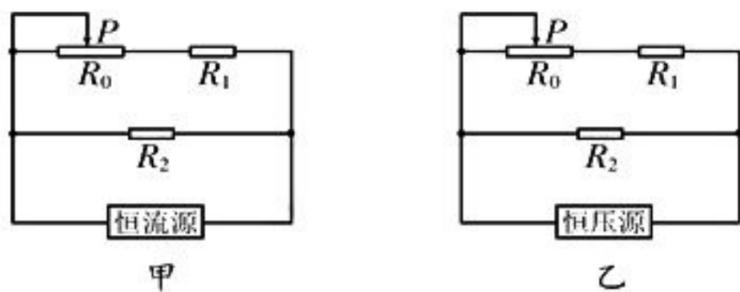


图 10

- A. 图甲中  $R_1$  两端的电压增大
- B. 图乙中  $R_1$  两端的电压增大
- C. 图甲中通过  $R_2$  的电流始终保持不变
- D. 图乙中通过  $R_2$  的电流始终保持不变

**解析:**图甲中触头  $P$  从最右端向最左端移动时,滑动变阻器接入电路的电阻增大,回路中的总电阻增大。因恒流源输出的电流恒定,故路端电压增大,通过  $R_2$  的电流增大,通过滑动变阻器所在支路的电流减小,使得  $R_1$  两端的电压减小,选项 A、C 错误。图乙中触头  $P$  从最右端向最左端移动时,滑动变阻器

接入电路的电阻增大,回路中的总电阻增大。因恒压源输出的电压恒定,故路端电压保持不变,通过  $R_2$  的电流保持不变,  $R_1$  分担的电压减小,选项 B 错误, D 正确。

答案:D

点评:本题通过对恒流源和恒压源两种特殊电源的对比分析,考查物理观念和科学推理能力。求解电路的动态分析问题时需要深刻理解欧姆定律、电阻定律、焦耳定律等基本规律,熟练掌握电路的动态分析方法,灵活运用相关规律完成分析判断。

热点 6:电磁感应现象及其应用问题。

**例 12** (2021 年高考河北卷)如图 11 所示,两光滑导轨水平放置在竖直向下的匀强磁场中,磁感应强度为  $B$ ,导轨间距最窄处为一狭缝,取狭缝所在处  $O$  点为坐标原点,狭缝右侧两导轨与  $x$  轴间的夹角均

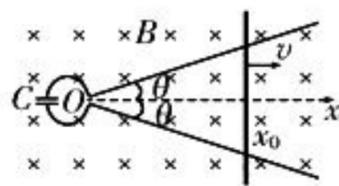


图 11

为  $\theta$ ,一电容为  $C$  的电容器与导轨左端相连。导轨上的金属棒与  $x$  轴垂直,在外力  $F$  作用下从  $O$  点开始以速度  $v$  向右匀速运动,忽略所有电阻。下列说法中正确的是( )。

- A. 通过金属棒的电流为  $2BCv^2 \tan \theta$
- B. 当金属棒到达  $x_0$  处时,电容器极板上的电荷量为  $BCvx_0 \tan \theta$
- C. 金属棒运动过程中,电容器的上极板带负电
- D. 金属棒运动过程中,外力  $F$  做功的功率恒定

**解析:**金属棒匀速切割磁感线,根据几何关系得金属棒的有效切割长度  $L = 2x \tan \theta$ ,其中  $x = vt$ ,金属棒切割磁感线产生的感应电动势  $E = BLv = 2Btv^2 \tan \theta$ 。因为电容器直接与电源相连,所以电容器极板上的电荷量  $Q = CE = 2BCtv^2 \tan \theta$ ,通过金属棒的电流  $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 2BCv^2 \tan \theta$ ,选项 A 正确。当金属棒到达  $x_0$  处时,金属棒切割磁感线产生的感应电动势  $E' = 2Bvx_0 \tan \theta$ ,电容器极板上的电荷量  $Q' = CE' = 2BCvx_0 \tan \theta$ ,选项 B 错误。金属棒向右运动,根据右手定则判断知

电容器的上极板应带正电,选项 C 错误。金属棒做匀速运动,则  $F = F_{安} = BIL$ , 根据  $I = 2BCv^2 \tan \theta$  判断知通过金属棒的电流  $I$  恒定,根据  $L = 2vt \tan \theta$  判断知  $L$  与  $t$  成正比,因此  $F$  为变力,根据功率公式  $P = Fv$  可知,金属棒受到的外力  $F$  做功的功率是变化的,选项 D 错误。

答案:A

点评:本题借助电容器充电过程掩盖电容器两极板是彼此绝缘的这一条件,增加了试题难度。本题以金属棒切割磁感线对电容器充电为背景,考查运动观念、能量观念和推理论证能力。求解此类问题需要综合运用运动学公式、法拉第电磁感应定律、电容的定义式、功率公式等,求出有效切割长度、感应电动势、感应电流、安培力等相关物理量。

热点 7: 交变电流的产生与远距离输电问题。

例 13 (2021 年高考湖南卷)如图 12

所示,理想变压器原、副线圈的匝数比为  $n_1 : n_2$ , 输入端 C、D 接入电压有效值恒定的交变电源,灯泡  $L_1$ 、 $L_2$  的阻值始终与定值电阻  $R_0$  的

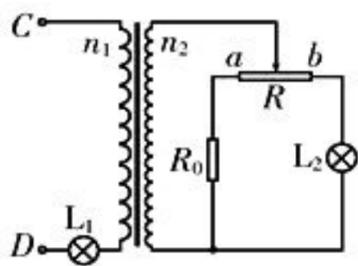


图 12

阻值相同。在滑动变阻器  $R$  的滑片从  $a$  端滑动到  $b$  端的过程中,两个灯泡始终发光且工作在额定电压以内,下列说法中正确的是( )。

- A. 灯泡  $L_1$  先变暗后变亮,灯泡  $L_2$  一直变亮
- B. 灯泡  $L_1$  先变亮后变暗,灯泡  $L_2$  一直变亮
- C. 灯泡  $L_1$  先变暗后变亮,灯泡  $L_2$  先变亮后变暗
- D. 灯泡  $L_1$  先变亮后变暗,灯泡  $L_2$  先变亮后变暗

解析:根据  $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_0 + R_{ap}} + \frac{1}{R_0 + R_{pb}}$  得副线圈回路中的总电阻  $R_2 = \frac{(R_0 + R_{ap})(R_0 + R_{pb})}{2R_0 + R}$ , 等效电阻  $R' =$

$(\frac{n_1}{n_2})^2 R_2$ 。在滑片从  $a$  端滑动到  $b$  端的过程中,副线圈回路中的总电阻先增大后减小,等效电阻先增大后减小。根据  $I_1 = \frac{U}{R_0 + R'}$  和  $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1$  可知,  $I_1$  和  $I_2$  均先减小后增大,因此灯泡  $L_1$  先变暗后变亮。根据  $U_1 = U - I_1 R_0$  和  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$  可知,副线圈两端的电压  $U_2$  先增大后减小。当  $U_2$  增大时,通过灯泡  $L_2$  的电流  $I_{L2} = \frac{U_2}{R_0 + R_{pb}}$ , 随着  $R_{pb}$  的减小而增大;当  $U_2$  减小时,通过定值电阻  $R_0$  的电流  $I_{R0} = \frac{U_2}{R_0 + R_{ap}}$ , 随着  $R_{ap}$  的增大而减小。因此灯泡  $L_2$  一直变亮。

答案:A

点评:本题借用含变压器问题的动态分析,考查能量观念和科学推理能力。含变压器动态分析问题常涉及交变电流的产生、正弦式交变电流的描述、变压器的工作原理、远距离输电和电路的动态分析等知识点。

#### 四、原子物理命题热点赏析

热点 1: 光电效应规律及原子跃迁问题。

例 14 一群处于基态的氢原子受某种色光照射后,发出的光谱中只有两条可见光  $a$ 、 $b$ 。用  $a$ 、 $b$  两可见光在同一光电效应装置中实验,测得光电流和电压的关系如图 13 甲所示,如图 13 乙所示为氢原子能级图。已知可见光的光子能量在 1.62 eV 到 3.11 eV 之间。下列说法中正确的是( )。

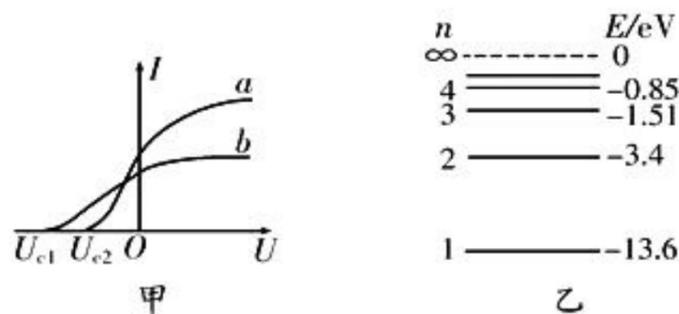


图 13

- A. 照射氢原子的光子的能量  $E = 12.09$  eV
- B. 氢原子受激发后,能够发出的光谱线共有 10 条
- C.  $a$  光的波长比  $b$  光的大

D.  $a$  光是从  $n=4$  能级跃迁到  $n=2$  能级时发出的光

**解析:** 氢原子核外电子从能量较高的能级向  $n=2$  能级跃迁时可发出可见光。读甲图知  $b$  光子的能量较大, 表明  $b$  光是从  $n=4$  能级向  $n=2$  能级跃迁辐射出的光,  $a$  光是从  $n=3$  能级向  $n=2$  能级跃迁辐射出的光, 选项 D 错误。因此照射氢原子的光使基态的氢原子最高可跃迁到  $n=4$  能级, 对应的能量  $E=13.6 \text{ eV}-0.85 \text{ eV}=12.75 \text{ eV}$ , 选项 A 错误。处在  $n=4$  能级的氢原子最多能产生  $N=C_4^2=6$  条谱线, 选项 B 错误。 $b$  光子的能量较大, 频率较大, 波长较短, 选项 C 正确。

**答案:** C

**点评:** 本题以光电效应的  $I-U$  图像和氢原子的能级图为背景, 考查能量观念, 以及科学探究和科学推理能力。此类问题常涉及光电效应的规律、玻尔理论、氢原子能级图和物质波等知识点, 这些知识难度不大, 易学易忘。

**热点 2: 核反应及核能的应用问题。**

**例 15** (2021 年高考浙江卷) 四个核反应方程: (1)  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ , (2)  ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_0^0\text{e}$ , (3)  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ , (4)  ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} + 17.6 \text{ MeV}$ 。下列说法中正确的是( )。

- A. (1)(2) 式核反应没有释放能量  
B. (1)(2)(3) 式均是原子核衰变方程  
C. (3) 式是人类第一次实现原子核转变的方程  
D. 利用激光引发可控的 (4) 式核聚变是正在尝试的技术之一

**解析:** (1) 式是  $\alpha$  衰变, (2) 式是  $\beta$  衰变, 均有能量放出, (3) 式是人工核转变, 选项 A、B 错误。1919 年, 英国物理学家卢瑟福用  $\alpha$  粒子轰击氮原子核, 从中打出了一种新的粒子, 并测出了它的质量和电荷, 后来命名为质子, (3) 式正是卢瑟福用  $\alpha$  粒子轰击氮原子核促使原子核转变的方程式, 选项 C 正确。激光具有高能量, 而核聚变要求参与反应的核子要达到核力的作用范围, 因此利用高功率密度激光束打在用热核材料制成的靶核上可引发核聚变, (4) 式核聚变是正在尝试的引发

可控核聚变的技术之一, 选项 D 正确。

**答案:** CD

**点评:** 本题以放射性元素的衰变和原子核的聚变为背景, 考查对核反应类型的理解, 对物理学史和前沿科技发展情况的了解。与之相关的考题常涉及核反应方程式的书写、射线的性质及应用、核能的计算、核反应堆和核能的利用、物理知识与科技进步的联系等。求解此类问题需要深刻理解核反应的本质、射线的性质、放射性元素的半衰期, 熟练掌握核衰变的规律和核能的计算, 将基础知识与新情景材料融合起来, 巧妙选择处理信息的方法, 快速反应, 灵活分析判断。



**备考建议** 近几年高考全国理综卷物理部分均有 8 道选择题, 且一般有 5 道单选, 3 道多选。命题者可以选择的考查角度非常多, 形式千变万化, 但不变的是利用主干知识与核心规律考查学科能力与学科素养。因此, 同学们在复习备考过程中可以从以下几个方面着手。

1. 调整心态, 从容应考。知识掌握的程度与运用知识解决问题的能力是高考成功的硬件, 而积极的应试心理则是高考成功的软件, 二者兼得才能在高考中正常甚至超常发挥。因此同学们应该在战略上藐视高考, 在战术上重视每道考题, 稳扎稳打, 争取最终胜利。

2. 狠抓双基, 落实重点。双基是高考考查的主要内容, 以教材为根本, 对知识点进行系统复习, 形成知识网络, 对基本概念、基本规律透彻理解, 对基本方法灵活运用, 确保单元过关, 章节过关, 才能实现综合能力和科学素养的真正提高。

3. 联系实际, 关注热点。物理源于生活, 在牢固掌握基础知识的前提下, 适当关注社会热点, 观察自然现象, 增强环保意识, 联系生活实际拓宽知识视野, 才能实现学科知识与现实问题的有机融合。

相信同学们在《中学生数理化(高中版)》的一路陪伴下, 一定能够在 2022 年的高考中收获满满, 实现人生跨越!

(责任编辑 张 巧)

**编者注:**物理学是实验科学。近几年的高考物理实验题,不仅重视对实验基础知识的考查,而且重视对实验能力的考查。受到高考命题模式和高考时间的限制,力学实验重在考查基本实验技能,电学实验重在考查实验设计能力。本刊特邀名师针对力学实验和电学实验试题总结了有效的复习策略(电学实验复习策略见3月刊),供同学们参考。

# 实验复习需要讲究策略(一)



## 力学实验复习策略

■浙江省义乌市第二中学 成金德

力学实验主要考查仪器的使用、物理量的测定、物理规律的验证、实验数据的处理等。同学们在力学实验复习过程中,必须加强以下五个方面的训练。

### 一、明核心——掌握实验纸带的处理

打点计时器的使用贯穿力学的四个重要实验,即“探究小车速度随时间变化的规律”“探究加速度与力、质量的关系”“探究功与速度变化的关系”和“验证机械能守恒定律”。高考试卷中的一些创新实验题往往围绕打点计时器展开,因此同学们必须熟练掌握打点计时器的使用方法和实验纸带的处理方法。

**例 1** 在“验证机械能守恒定律”实验中,小王利用如图 1 所示的装置,让重物从静止开始下落,打出一条清晰的纸带,纸带上的一部分如图 2 所示。 $O$  点是打下的第一个点, $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  是打下的另外 4 个连续的点。

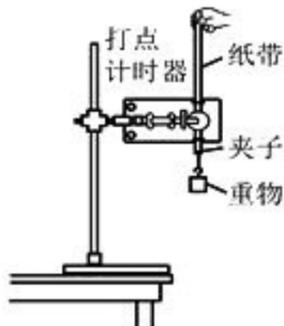


图 1

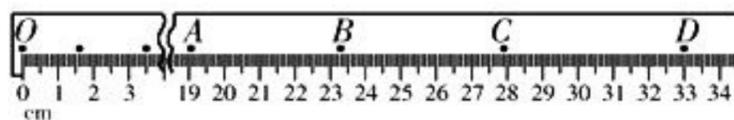


图 2

(1)为了减小实验误差,对体积和形状相同的重物,实验时选择密度大的理由是\_\_\_\_\_。

(2)已知交流电源的频率  $f = 50 \text{ Hz}$ ,重物的质量  $m = 200 \text{ g}$ ,当地的重力加速度  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ ,则从  $O$  点到  $C$  点,重物的重力势能变化量的绝对值  $|\Delta E_p| = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ ,重物在  $C$  点时的动能  $E_{kC} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ 。(结果均保留三位有效数字)

(3)比较  $E_{kC}$  与  $|\Delta E_p|$  的大小,出现这一结果的原因可能是\_\_\_\_\_。

- A. 工作电压偏高
- B. 存在空气阻力和摩擦力
- C. 接通电源前释放了纸带

**解析:**(1)因为机械能守恒的条件是只有重力或弹力做功,所以在实验过程中重物受到的阻力越小越好。重物选用密度大的可以减小空气阻力的影响。

(2)从纸带上可以读出  $O$ 、 $C$  两点之间的距离  $x_{OC} = 27.90 \text{ cm}$ ,因此重物从  $O$  点下落到  $C$  点重力势能的减少量的绝对值  $|\Delta E_p| = mgx_{OC} = 0.2 \times 9.8 \times 0.2790 \text{ J} = 0.547 \text{ J}$ 。利用平均速度法求出打点计时器打下  $C$  点时重物的速度  $v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{0.330 - 0.233}{2 \times 0.02} \text{ m/s} = 2.425 \text{ m/s}$ ,此时重物的动能  $E_{kC} = \frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 2.425^2 \text{ J} = 0.588 \text{ J}$ 。

(3)工作电压偏高不会造成实验误差,空气阻力和摩擦力的作用会使重力势能的减少量大于动能的增加量,只有提前释放了纸带,导致打点计时器打下  $O$  点时纸带的速度不为零,才能使得重物下落到同一位置的速度偏大,动能的增加量大于重力势能的减少量。

**答案:**(1)减小空气阻力的影响 (2)0.547 0.588 (3)C

### 二、提技能——熟悉实验器材的特性

在力学实验中,用到的实验器材有毫米刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器、打点计时器、秒表和弹簧秤等。同学们不仅要会正确使用这些实验器材,还要会正确读出其测量结果。

**例 2** (2021年 高考湖南卷)某实验小组利用如图 3 所示装置探究加速度与物体所受合外力的关系。主要实验步骤如下:

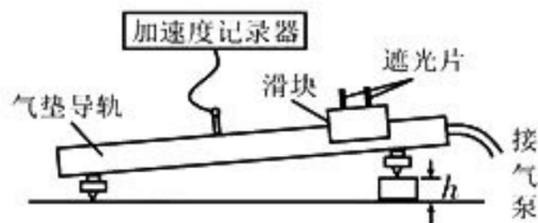


图 3

(1)用游标卡尺测量垫块厚度  $h$ , 示数如图 4 所示, 则  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  cm;

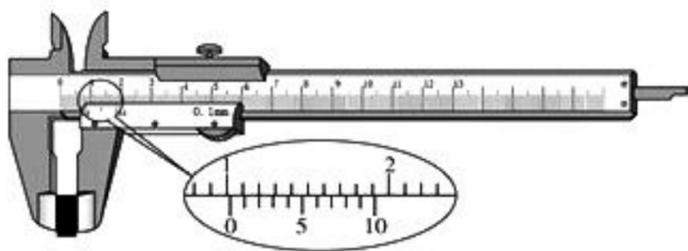


图 4

(2)接通气泵, 将滑块轻放在气垫导轨上, 调节导轨至水平;

(3)在右支点下放一垫块, 改变气垫导轨的倾斜角度;

(4)在气垫导轨上合适位置释放滑块, 记录垫块个数  $n$  和滑块对应的加速度  $a$ ;

(5)在右支点下增加垫块个数(垫块完全相同), 重复步骤(4), 记录数据如表 1 所示。

表 1

$n$	1	2	3	4	5	6
$a/(m \cdot s^{-2})$	0.087	0.180	0.260		0.425	0.519

根据表中数据在图 5 上描点, 绘制图像。

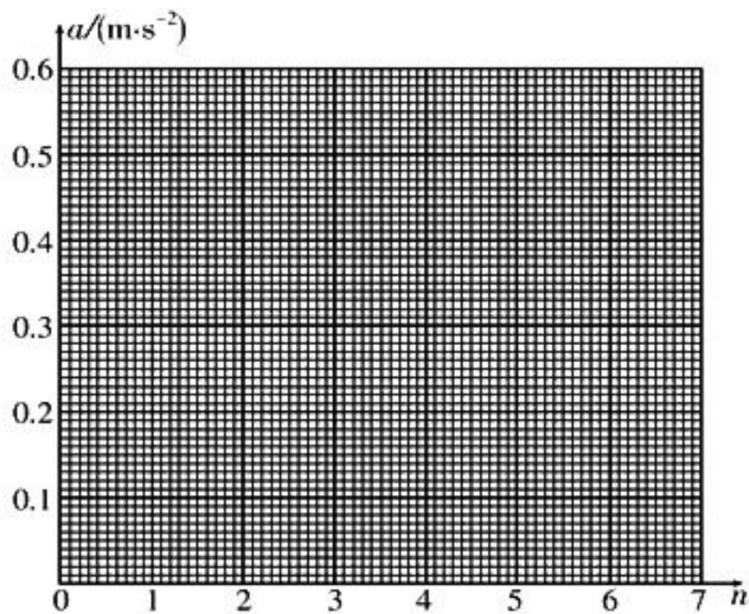


图 5

若表 1 中缺少的第 4 组数据是正确的, 则其应该是  $\underline{\hspace{1cm}}$   $m/s^2$  (保留三位有效数字)。

**解析:**根据游标卡尺读数规则可知, 垫块的厚度  $h = 1 \text{ cm} + 2 \times 0.1 \text{ mm} = 1.02 \text{ cm}$ 。根据表 1 中数据绘制图像如图 6 所示。设气垫导轨与水平面间的夹角为  $\theta$ , 根据牛顿第二定律得  $mg \sin \theta = ma$ , 根据几何关系得  $\sin \theta = \frac{nh}{l}$ , 即  $g \cdot \frac{nh}{l} = a$ , 可见  $a$  与  $n$  成正比。

根据图像求出其斜率  $k = \frac{0.519}{6}$ , 又有

$$k = \frac{a_4}{4}, \text{ 解得 } a_4 = 0.346 \text{ m/s}^2.$$

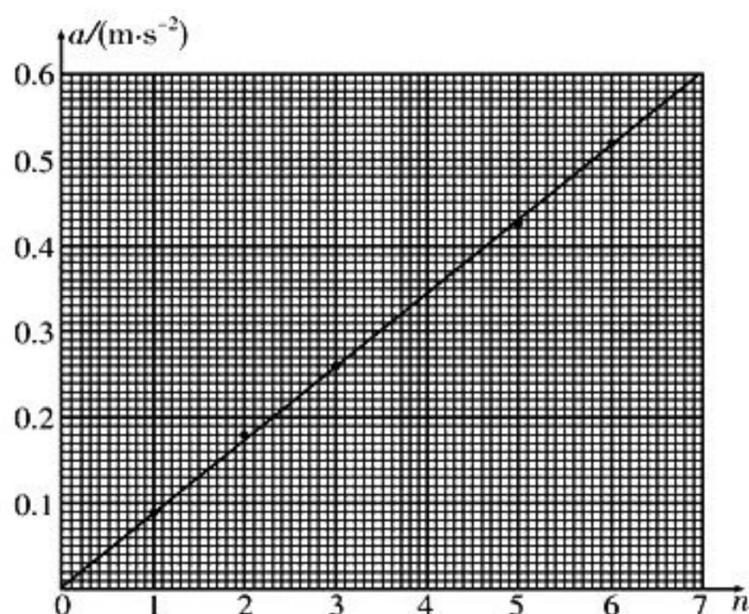


图 6

**答案:** 1.02 如图 6 所示 0.346 (填 0.345~0.348 均可)

### 三、重原理——弄清各个实验的原理

实验原理是实验的灵魂, 只有熟悉和理解实验原理, 才能确定实验步骤, 进行数据处理, 分析实验误差, 巧妙实施拓展。同学们在力学实验复习过程中, 不仅要掌握课本上每一个学生实验的实验原理, 还要善于利用物理规律和具体条件, 确定创新实验的实验原理, 从而解决相关问题。

**例 3** (2021年 高考浙江卷)用如图 7 所示的装置进行“探究功与速度变化的关系”实验。装有砝码的盘用绕过定滑轮的细线牵引小车, 盘和砝码的重力可当作牵引力。小车运动的位移和速度可以由打点纸带测出, 以小车为研究对象, 改变砝码质量, 便可探究牵引力所做的功与小车速度变化的关系。

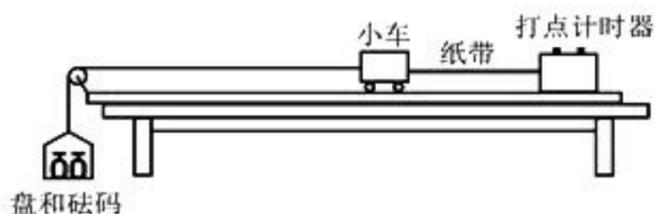


图 7

(1)关于这个实验,下列说法中正确的是

- \_\_\_\_\_。
- A. 需要补偿小车受到阻力的影响  
B. 该实验装置可以验证机械能守恒定律  
C. 需要通过调节定滑轮使细线与长木板平行  
D. 需要满足盘和砝码的总质量远小于小车的质量

(2)如图 8 所示是两条纸带,实验时打出的应是第\_\_\_\_\_条(填写“Ⅰ”或“Ⅱ”)纸带。

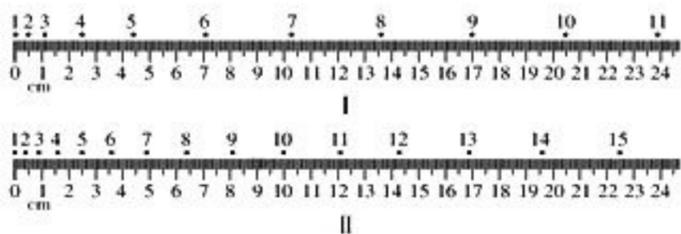


图 8

(3)根据实验数据,在坐标纸上画出的  $W-v^2$  图像是一条过原点的直线,据此图像\_\_\_\_\_ (填“能”或“不能”)求出小车的质量。

**解析:**(1)根据实验原理可知,为了探究牵引力所做的功与小车速度变化的关系,必须补偿小车受到的摩擦阻力,采用的方法是抬高长木板右端,保证小车在不挂盘和砝码的情况下,轻推小车,小车做匀速直线运动,此时小车所受的重力沿斜面方向的分力与小车所受摩擦阻力相平衡,选项 A 正确。在实验过程中摩擦阻力做功无法消除,因此该实验装置无法验证机械能守恒定律,选项 B 错误。在实验中,细线与长木板必须平行,以保证细线的拉力与小车的运动方向一致,可以将盘和砝码的重力视为小车受到的牵引力,选项 C 正确。当挂上的盘和砝码的总质量为  $m$  时,根据牛顿第二定律,对盘和砝码有  $mg - T = ma$ ,对小车有  $T = Ma$ ,解得细线拉力  $T = \frac{1}{1 + \frac{m}{M}}mg$ ,可见,当盘和砝码的总质量

$m$  远小于小车的质量  $M$  时,有  $T \approx mg$ ,即盘

和砝码的重力可以当作小车受到的牵引力,选项 D 正确。

(2)因为小车做匀加速直线运动,在相邻相等的时间内通过的位移越来越大,所以实验时打出的纸带应是第 II 条。

(3)根据动能定理得  $W = \frac{1}{2}Mv^2$ ,则  $W-v^2$  图像的斜率等于  $\frac{1}{2}M$ ,因此根据  $W-v^2$  图像能求出小车的质量。

**答案:**(1)ACD (2)Ⅱ (3)能

#### 四、强数学——提高处理实验数据的能力

利用数学方法处理实验数据是物理实验中的一个重要环节,其方法有公式法、列表法和图像法。同学们要善于应用物理公式,熟练把握表格特征,巧妙利用图像意义,快速获得相应的实验结果。

**例 4** (2021 年高考全国甲卷)为了测量小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数,一同学将贴有标尺的瓷砖的一端放在水平桌面上,形成一倾角为  $\alpha$  的斜面(已知  $\sin \alpha = 0.34, \cos \alpha = 0.94$ ),小铜块可在斜面上加速下滑,如图 9 所示。该同学用手机拍摄小铜块的下滑过程,然后解析视频记录的图像,获得 5 个连续相等时间间隔(每个时间间隔  $\Delta T = 0.20 \text{ s}$ )内小铜块沿斜面下滑的距离  $s_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ),如表 2 所示。

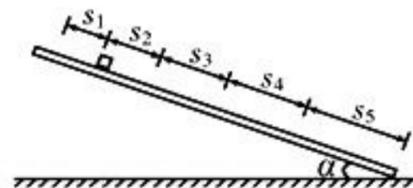


图 9

表 2

$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$
5.87 cm	7.58 cm	9.31 cm	11.02 cm	12.74 cm

由表中数据可得,小铜块沿斜面下滑的加速度大小为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ ,小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数为\_\_\_\_\_。(结果均保留两位有效数字,重力加速度大小取  $9.80 \text{ m/s}^2$ )

**解析:**利用逐差法求得小铜块沿斜面下滑的加速度大小  $a = \frac{s_4 + s_5 - s_1 - s_2}{6(\Delta T)^2} = \frac{(11.02 + 12.74 - 5.87 - 7.58) \times 10^{-2}}{6 \times 0.20^2} \text{ m/s}^2 = 0.43 \text{ m/s}^2$ 。对小铜块进行受力分析,根据牛

顿第二定律得  $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$ , 解得  $\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{9.80 \times 0.34 - 0.43}{9.80 \times 0.94} = 0.32$ 。

答案: 0.43 0.32

### 五、知热点——明确实验创新的方向

通过改变实验条件、创设新情景、使用新器材等方法可以实现实验创新。创新是永恒的主题, 创新是高考命题的方向。求解创新型实验题, 要善于分析实验条件的变化, 把握实验的具体要求, 努力实现已有实验知识和实验能力的迁移。

**例 5** (2020 年高考山东卷) 2020 年 5 月, 我国进行了珠穆朗玛峰的高度测量, 其中一种方法是通过使用重力仪测量重力加速度, 进而间接测量海拔高度。某同学受此启发就地取材设计了如下实验, 测量当地重力加速度的大小。实验步骤如下:

A. 如图 10 所示, 选择合适高度的垫块, 使木板的倾角为  $53^\circ$ , 在其上表面固定一与小物块下滑路径平行的刻度尺(图中未画出)。

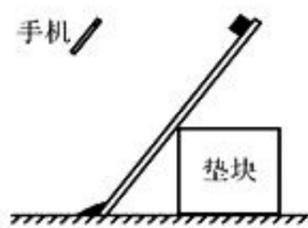


图 10

B. 调整手机使其摄像头正对木板表面, 开启视频录像功能。将小物块从木板顶端释放, 用手机记录下小物块沿木板向下做加速直线运动的情况。然后通过录像的回放, 选择小物块运动路径上合适的一点作为测量参考点, 得到小物块相对于该点的运动距离  $L$  与运动时间  $t$  的数据。

C. 该同学选取部分实验数据, 画出了  $\frac{2L}{t}-t$  图像, 利用图像数据得到小物块下滑的加速度大小为  $5.6 \text{ m/s}^2$ 。

D. 再次调节垫块, 改变木板的倾角, 重复实验。

回答以下问题:

(1) 当木板的倾角为  $37^\circ$  时, 所绘图像如图 11 所示。由图像可得, 小物块经过测量参考点时速度的大小为  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ; 选取图像上位于坐标纸网格交叉点上的 A、B 两点, 利用 A、B 两点数据得到小物块加速度的大小为

$\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。(结果均保留两位有效数字)

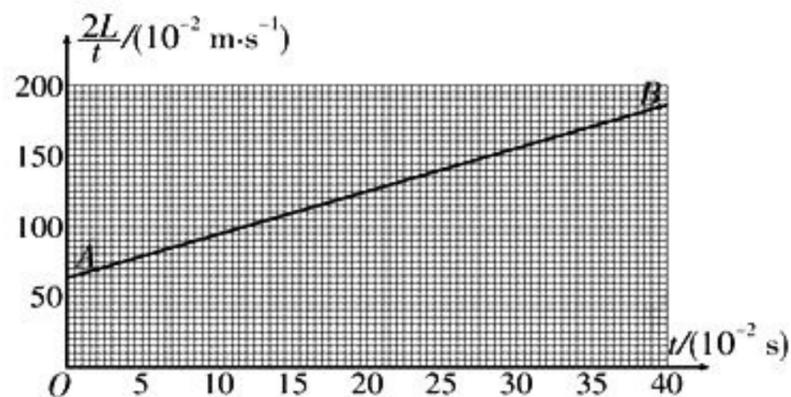


图 11

(2) 根据上述数据, 进一步分析得到当地重力加速度的大小为  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ 。(结果保留两位有效数字,  $\sin 37^\circ = 0.60, \cos 37^\circ = 0.80$ )

**解析:** 本题中涉及用手机测定小物块的位移与时间的数据, 画出了小物块的  $\frac{2L}{t}-t$  图像, 这在同学们平时的训练中是没有遇到过的, 但本实验的原理是利用匀变速直线运动规律研究小物块的运动情况, 难度并不大。

(1) 设小物块经过测量参考点时的速度大小为  $v_0$ , 加速度为  $a$ , 根据匀变速直线运动规律得  $L = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ , 整理得  $\frac{2L}{t} = 2v_0 + at$ 。根据  $\frac{2L}{t}-t$  图像得  $2v_0 = 64 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , 即  $v_0 =$

$0.32 \text{ m/s}$ 。因为  $\frac{2L}{t}-t$  图像的斜率等于小物块的加速度, 所以利用 A、B 两点数据得  $a = k = \frac{(185 - 70) \times 10^{-2}}{(39.5 - 2) \times 10^{-2}} \text{ m/s}^2 = 3.1 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 对小物块应用牛顿第二定律得  $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$ 。当木板倾角  $\theta = 53^\circ$  时,  $a = 5.6 \text{ m/s}^2$ , 即  $g \sin 53^\circ - \mu g \cos 53^\circ = 5.6$ 。当木板倾角  $\theta = 37^\circ$  时,  $a = 3.1 \text{ m/s}^2$ , 即  $g \sin 37^\circ - \mu g \cos 37^\circ = 3.1$ 。解上述两方程得  $g = 9.4 \text{ m/s}^2$ 。

答案: (1) 0.32 3.1 (2) 9.4

总之, 只有在平时的训练中认认真真做好每一个实验, 理解实验原理, 把握实验器材的使用要领, 掌握正确处理实验数据的方法, 努力提高实验能力和综合能力, 我们才能在高考考场上得心应手、游刃有余。

(责任编辑 张 巧)

# 高考物理模拟试题(一)

■河南省安阳市实验高中 段红新

一、选择题(第 1~5 题为单选题,第 6~8 题为多选题)

1. 如图 1 所示,两段等长细线串接着两个质量相等的小球 A、B,悬挂于 O 点。现在两个小球上分别加上水平方向的外力,其中作用在小球 B 上的力的大小为  $F$ ,作用在小球 A 上的力的大小为  $3F$ ,则此装置平衡时的位置是如图 2 所示中的( )。



图 1

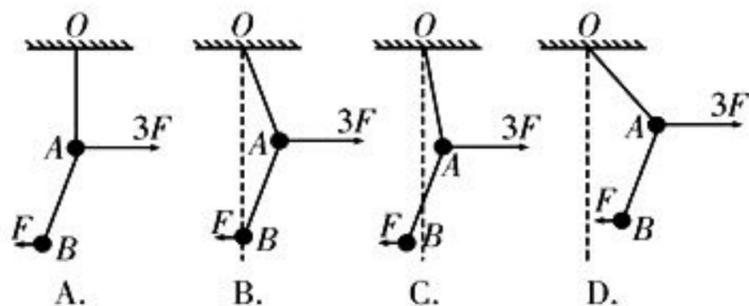


图 2

2. 一辆汽车从静止开始做匀加速直线运动,然后刹车做匀减速直线运动,直到停止。在如图 3 所示的四幅速度—位移图像中,能够描述这个过程的是( )。

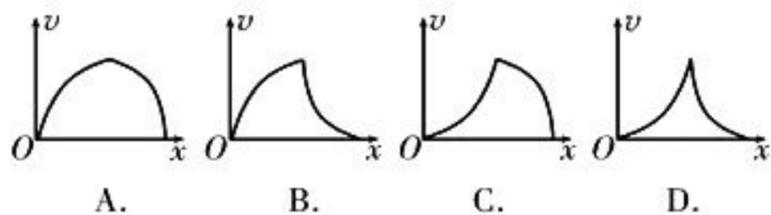


图 3

3. 如图 4 所示,A、B 两物体沿同一直线运动,当二者相距  $x_0 = 7 \text{ m}$  时,物体 A 以速度  $v_A = 4 \text{ m/s}$  向右做匀速运动,物体 B 以初速度  $v_B = 10 \text{ m/s}$  向右做匀减速运动,加速度大小  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ,则物体 A 追上 B 所需要的时间是( )。

- A. 5 s
- B. 6 s
- C. 7 s
- D. 8 s

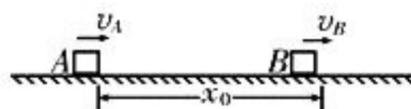


图 4

4. 质量为  $m$  的小球用长度为  $L$  的轻绳系住,在竖直平面内做圆周运动,运动过程中小球受到的空气阻力不可忽略。已知小球经过最低点时轻绳的张力为  $7mg$ ,再经过半周小球恰好能通过最高点,则在此过程中小球克服空气阻力做的功为( )。

- A.  $\frac{mgL}{4}$
- B.  $\frac{mgL}{3}$
- C.  $\frac{mgL}{2}$
- D.  $mgL$

5. 在如图 5 所示的电路中, $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  是三个规格相同的灯泡。当滑动变阻器的滑片 P 位于某一位置时,三个灯泡恰好均能正常发光。当滑片 P 向右移动时,三个灯泡的亮度变化情况正确的是( )。

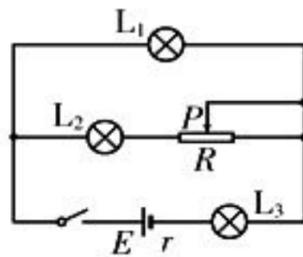


图 5

- A. 三个灯泡均变亮
- B. 三个灯泡均变暗
- C. 灯泡  $L_1$ 、 $L_2$  变亮,灯泡  $L_3$  变暗
- D. 灯泡  $L_1$  变亮,灯泡  $L_2$ 、 $L_3$  变暗

6. 如图 6 所示,一个质量为  $m$ ,带电荷量为  $+q$  的圆环,可在水平放置的足够长的粗糙细杆上滑动,细杆处在磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中(不计空气阻力)。现给圆环一个水

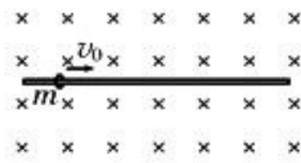


图 6

平向右的初速度  $v_0$ , 则如图 7 所示的四幅速度—时间图像可能反映圆环此后运动过程的是( )。

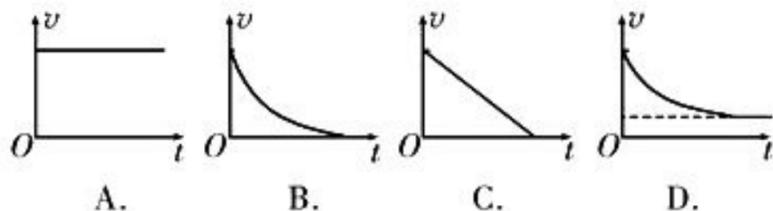


图 7

7. 如图 8 所示, 在水平面内固定有两根相互平行的无限长光滑金属导轨, 其间距为  $L$ , 电阻不计。在虚线  $l_1$  的左侧存在竖直向上的匀强磁场, 在虚线  $l_2$  的右侧存在竖直向下的匀强磁场, 两区域内磁场的磁感应强度大小均为  $B$ 。两根质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ , 电阻均为  $R$  的金属棒 1、2 与导轨垂直, 分别位于两磁场区域中。现突然给金属棒 1 一个水平向左的初速度  $v_0$ , 在两金属棒达到稳定状态的过程中, 下列说法正确的是( )。

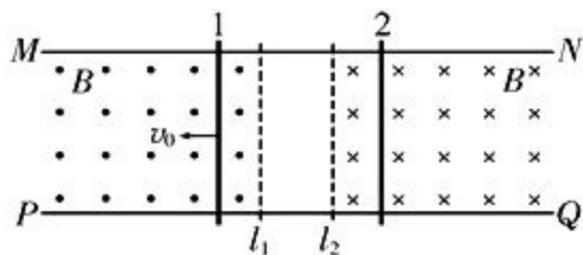


图 8

- A. 由两金属棒组成的系统的动量不守恒
- B. 金属棒 1 做加速度减小的减速运动, 金属棒 2 做加速度增大的加速运动, 最终两者的速度之差恒定
- C. 金属棒 1 克服安培力做功的功率大于金属棒 1 的发热功率
- D. 从开始运动到两金属棒达到稳定状态, 流经金属棒 1 的总电荷量为  $\frac{m_1 m_2 v_0}{2BL(m_1 + m_2)}$

8. 如图 9 所示, 在  $x < 0$  与  $x > 0$  的区域中, 存在磁感应强度大小分别为  $B_1$  和  $B_2$  的匀强磁场, 磁场方向垂直于纸面向里, 且  $B_1 > B_2$ 。一个带负电的粒子从坐标原点  $O$  以速度  $v$  沿  $x$  轴负方向运动, 要使该粒子经过一段时间后又经过  $O$  点, 则下列说法中正

确的是( )。

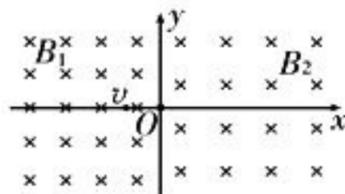


图 9

- A. 粒子在两磁场区域中做圆周运动的速度大小  $v_1$  和  $v_2$  之比为  $\frac{n}{n+1}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )
- B. 粒子在整个运动过程中的速度大小恒为  $v$
- C. 粒子在两磁场区域中做圆周运动的半径  $r_1$  与  $r_2$  之比为  $\frac{n+1}{n}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )
- D. 两磁场的磁感应强度  $B_1$  与  $B_2$  之比为  $\frac{n+1}{n}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

## 二、非选择题

### (一) 必考题

9. 用如图 10 所示的装置做“探究加速度与力、质量的关系”实验。

(1) 探究加速度与质量的关系的主要实验步骤如下:

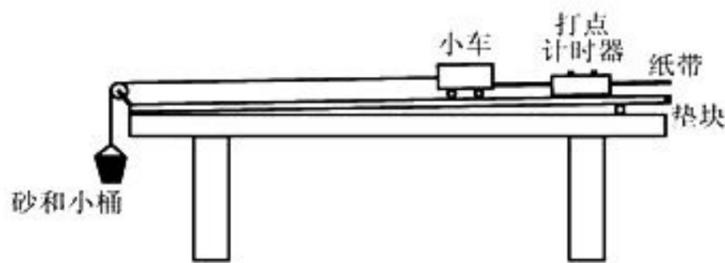


图 10

- A. 用天平测出小车的质量  $m_0$ 。
- B. 安装好实验器材, 调整木板倾角平衡摩擦力和其他阻力。
- C. 在小桶内装砂, 用细绳悬挂小桶并绕过定滑轮系在小车上, 调整细绳方向与木板平行。
- D. 接通电源, 放开小车, 打点计时器在纸带上打下一系列点; 断开电源, 取下纸带并在纸带上标上编号。
- E. 保持砂和小桶的总质量不变, 多次在小车上加放砝码以改变小车与砝码的总质量  $m$ , 并做好记录, 重复步骤 D。

F. 求出每条纸带对应的加速度;在坐标纸上建立坐标系,描点作图,以探究加速度与质量的关系。

根据上述实验步骤,回答下列问题:

①实验中,需要平衡摩擦力和其他阻力,下列有关说法中正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 小车后面不能拖纸带
- B. 系在小车上的细绳另一端不能悬挂小桶
- C. 打点计时器必须接通电源

②若实验中砂和小桶的总质量为  $m'$ ,则由理论分析可知,砂和小桶的总重力  $m'g$  与细绳对小车的拉力  $F$  的大小关系为  $m'g$  \_\_\_\_\_  $F$  (填“略大于”“等于”或“略小于”)。

(2)某同学在探究加速度与力的关系时改进了实验方案,他将无线力传感器和小车固定在一起,将系着小桶的细绳系在力传感器的挂钩上,用力传感器来测量小车受到的拉力,调整细绳方向与木板平行。

请判断在改进后的实验中,表 1 所述步骤是否还有必要(填“有必要”或“没必要”):

表 1

步骤	是否有必要
调整木板倾角平衡摩擦力和其他阻力	
控制砂和小桶的总质量远小于小车和车上砝码的总质量	

10. 一根细长而均匀的金属材料管线样品的横截面如图 11 所示(外围为正方形,中间空白部分是空的)。已知这种金属的电阻率为  $\rho$ ,这根金属材料的重量约为 1.5 N,长度约为 30 cm,电阻约为  $10 \Omega$ 。由于金属管线内中空部分的形状不规则,不便直接测量,请你设计一个实验方案,测量中空部分的横截面积  $S_0$ 。现有如下器材可供选用:



图 11

- A. 毫米刻度尺
- B. 螺旋测微器
- C. 电流表(量程为 600 mA,内阻约为  $1.0 \Omega$ )
- D. 电流表(量程为 3 A,内阻约为  $0.1 \Omega$ )
- E. 电流表 G(满偏电流为 3 mA,内阻

$R_g = 10 \Omega$ )

- F. 定值电阻  $R_3 = 990 \Omega$
- G. 滑动变阻器(最大阻值为 2 k $\Omega$ ,允许通过的最大电流为 0.5 A)
- H. 滑动变阻器(最大阻值为  $10 \Omega$ ,允许通过的最大电流为 2 A)
- I. 蓄电池(电动势为 6 V,内阻约为  $0.05 \Omega$ )
- J. 开关一个,带夹子的导线若干

(1)除待测金属管线外,还需选用的实验器材有\_\_\_\_\_ (填器材前字母代号)。

(2)画出你所设计实验方案的电路图。

(3)实验中需要直接测量的物理量有\_\_\_\_\_,计算金属管线中空部分的横截面积  $S_0$  的表达式为  $S_0 =$ \_\_\_\_\_。

11. 如图 12 所示,固定斜面的倾角  $\theta = 30^\circ$ ,物体 A 与斜面之间的动摩擦因数  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,轻弹簧下端固定在斜面底端,弹簧处于原长时其上端位于 C 点。用一根不可伸长的轻绳跨过轻质光滑的定滑轮连接物体 A 和 B,滑轮右侧的轻绳与斜面平行,物体 A 的质量为  $2m$ ,物体 B 的质量为  $m$ ,初始时物体 A 到 C 点的距离为  $l$ 。现给物体 A、B 一初速度  $v_0$  ( $v_0 > \sqrt{gl}$ ),使物体 A 开始沿斜面向下运动,物体 B 竖直向上运动,物体 A 将弹簧压缩到最短后又恰好能够弹回到 C 点。已知重力加速度为  $g$ ,不计空气阻力,整个过程中轻绳始终处于伸直状态,求:

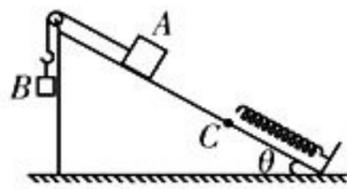


图 12

- (1)物体 A 向下运动至刚好到达 C 点时的速度大小。
- (2)弹簧的最大压缩量。
- (3)弹簧的最大弹性势能。

12. 如图 13 所示,在  $xOy$  平面内,虚线 MN 与  $y$  轴平行,间距为  $d$ ,其间分布着沿  $x$  轴负方向的匀强电场。 $y$  轴左侧分布着垂直于纸面向外的匀强磁场,磁感应强度为  $B_1$ ;

虚线 MN 右侧空间分布着垂直于纸面的匀强磁场(图中未画出)。质量为  $m$ , 带电荷量为  $q$  的粒子以速度  $v_0$  从坐标原点  $O$  沿  $x$  轴负方向射入磁场, 经过一段时间后再回到坐标原点  $O$ , 粒子在此过程中通过电场所用的总时间  $t_{\text{总}} = \frac{4d}{3v_0}$ , 不计粒子自身重力。求:

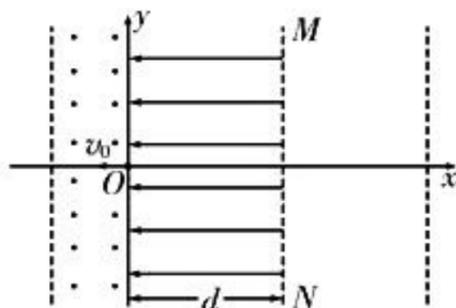


图 13

- (1)  $y$  轴左侧磁场区域的最小宽度。
- (2) 电场强度的大小。
- (3) 虚线 MN 右侧磁场区域的磁感应强度和宽度需要满足的条件。

(二) 选考题

13. [选修 3—3]

(1) 如图 14 所示, 绝热隔板  $K$  把绝热的汽缸分隔成体积相等的两部分, 隔板  $K$  与汽缸壁接触处是光滑的。汽缸两部分中分别盛有相同质量、相同温度的同种气体  $a$  和  $b$ 。气体分子之间的势能可忽略。现通过电热丝对气体  $a$  加热一段时间后, 气体  $a$ 、 $b$  各自达到新的平衡, 下列判断中正确的是\_\_\_\_\_。

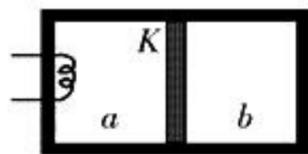


图 14

- A. 气体  $a$  的体积增大了, 压强变小了
- B. 气体  $b$  的体积减小了, 温度升高了
- C. 加热后气体  $a$  的分子热运动比气体  $b$  的分子热运动更剧烈
- D. 气体  $a$  的压强大于气体  $b$  的压强
- E. 气体  $a$  增加的内能大于气体  $b$  增加的内能

(2) 一个标准足球场的面积  $S = 105 \text{ m} \times 68 \text{ m} = 7\,140 \text{ m}^2$ 。通常用空气湿度(相对湿度、绝对湿度)表示空气中含有水蒸气的情况。若某标准足球场上方一定体积的空气中

所含的水蒸气凝结成水后的体积为  $1 \times 10^3 \text{ cm}^3$ , 已知水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 水的摩尔质量  $M_{\text{mol}} = 1.8 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$ , 一标准大气压  $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。试求:

- (i) 选定体积内空气的质量。
- (ii) 这部分水蒸气凝结成的水中含有的水分子数目。
- (iii) 一个水分子的直径。(结果均保留一位有效数字)

14. [选修 3—4]

(1) 三束单色光  $a$ 、 $b$ 、 $c$  沿如图 15 所示的方向射向截面为圆形的玻璃砖, 经两次折射后变成复色光  $d$ , 下列判断中正确的是\_\_\_\_\_。

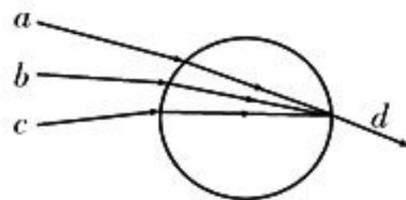


图 15

- A.  $a$  光的频率比  $c$  光的小
- B. 在真空中,  $a$  光的传播速度比  $b$ 、 $c$  光的大
- C. 在玻璃砖中,  $a$  光的传播速度比  $b$ 、 $c$  光的小
- D.  $c$  光的光子能量最大
- E. 若以  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三种单色光为光源分别用相同的装置做“用双缝干涉测量光的波长”实验, 则用  $a$  光完成实验时观察到的条纹间距最大

(2) 一列简谐横波在介质中沿  $x$  轴正方向传播, 波长不小于  $10 \text{ cm}$ 。 $O$  和  $A$  是介质中平衡位置分别位于  $x = 0$  和  $x = 5 \text{ cm}$  处的两个质点。  $t = 0$  时刻开始观测, 此时质点  $O$  的位移为  $4 \text{ cm}$ , 质点  $A$  处于波峰位置;  $t = \frac{1}{3} \text{ s}$  时刻, 质点  $O$  第一次回到平衡位置;  $t = 1 \text{ s}$  时刻, 质点  $A$  第一次回到平衡位置。求:

- (i) 这列简谐波的周期  $T$ 、波速  $v$  和波长  $\lambda$ 。
- (ii) 质点  $O$  的位移  $y$  随时间  $t$  变化的关系式。

(责任编辑 张 巧)

# 高考物理模拟试题(二)

■山东省滨州市第一中学 成树明

一、选择题(第 1~5 题为单选题,第 6~8 题为多选题)

1. 2021 年 3 月三星堆遗址出土了大量文物,进一步证实了中国历史上商代的存在。考古人员对“祭祀坑”中出土的碳屑样本通过 $^{14}\text{C}$ 年代检测方法进行分析,进而推算出商朝年代。 $^{14}\text{C}$ 的衰变方程为 $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{X}$ ,下列说法中正确的是( )。

- A.  $^{14}\text{C}$  发生的是  $\alpha$  衰变
- B.  $^{14}\text{C}$  衰变时电荷数守恒,质量数不守恒
- C.  $^{14}\text{C}$  的半衰期不会受到阳光、温度、气候变化等自然环境因素的影响
- D. 生物体中以  $\text{CaCO}_3$  形式存在的  $^{14}\text{C}$  的半衰期比单质  $^{14}\text{C}$  的半衰期更长

2. 如图 1 所示,两根平行光滑杆固定在同一水平面上,质量为  $M$  的正三棱柱横放在两杆上。

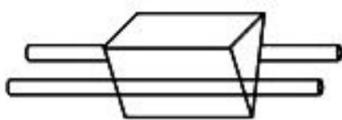


图 1

下列判断正确的是( )。

- A. 每根杆对棱柱的弹力为  $\frac{1}{2}Mg$
- B. 两根杆对棱柱的总的作用力为  $2Mg$
- C. 若稍微减小两杆间的水平距离,则每根杆对棱柱的弹力都将增大
- D. 若稍微增大两杆间的水平距离,则每根杆对棱柱的弹力都不变

3. 火星和地球之间的距离呈周期性变化,每隔一段时间会为人类探测火星提供一次最佳“窗口期”。已知火星和地球的公转轨道几乎在同一平面内,公转方向相同,火星的轨道半径约是地球轨道半径的 1.5 倍,则最佳“窗口期”大约每隔( )会出现一次。

- A. 18 个月
- B. 24 个月
- C. 26 个月
- D. 36 个月

4. 甲、乙两车在平直公路上从同一地点

同时出发,两车位移  $x$  和时间  $t$  的比值  $\frac{x}{t}$  与时间  $t$  之间的关系如图 2 所示。下列说法中正确的是( )。

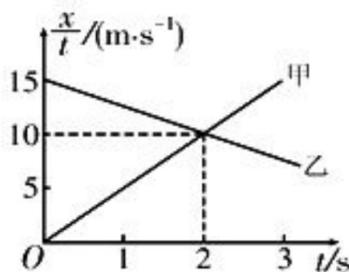


图 2

- A. 甲车的加速度大小为  $5 \text{ m/s}^2$
- B. 乙车的速度减小到零需要  $6 \text{ s}$
- C. 甲车追上乙车前,两车间的最远距离为  $7.5 \text{ m}$
- D. 乙车的速度减小到零时,甲车的速度为  $20 \text{ m/s}$

5. 如图 3 所示,在边长为  $L$  的正方形  $ABCD$  区域内有电场强度大小为  $E$  的匀强电场,图中竖直平行的直线为匀强电场的电场线(方向未知)。

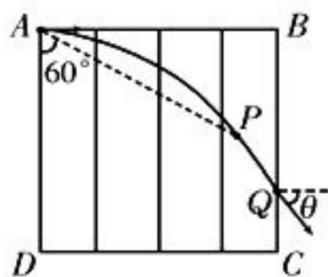


图 3

一质量为  $m$ ,带电荷量为  $-q$  的粒子,从  $A$  点以某一初速度沿  $AB$  边,垂直于电场线方向进入电场,经过电场中的  $P$  点,并从  $BC$  边上的  $Q$  点离开电场,粒子通过  $Q$  点时的速度方向与水平方向间的夹角  $\theta = 53^\circ$ 。已知  $\angle PAD = 60^\circ$ ,忽略空气阻力,不考虑粒子自身重力,  $\sin 53^\circ = 0.8$ ,  $\cos 53^\circ = 0.6$ 。下列说法中正确的是( )。

- A. 粒子从  $A$  点运动到  $Q$  点的过程中,静电力做的功为  $\frac{2qEL}{3}$
- B. 粒子从  $A$  点运动到  $Q$  点的过程中,静电力做的功为  $\frac{qEL}{3}$
- C. 粒子从  $A$  点运动到  $P$  点所用的时间为  $\sqrt{\frac{2mL}{qE}}$

D. 粒子从 A 点运动到 P 点所用的时间为  $2\sqrt{\frac{mL}{qE}}$

6. 如图 4 甲所示为门式起重机, 它可以将静止的集装箱竖直向上提升到一定高度。若选竖直向上为正方向, 测得集装箱在运动过程中的加速度  $a$  随位移  $x$  变化的规律如图 4 乙所示。下列判断正确的是( )。

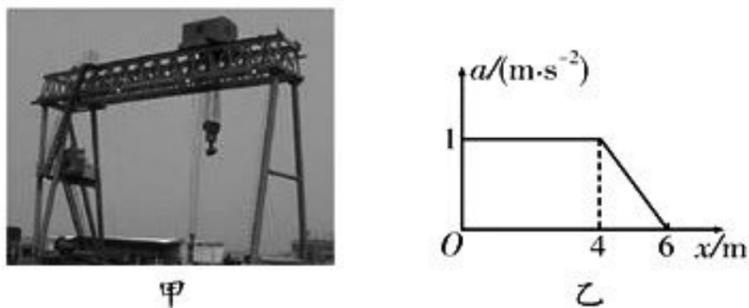


图 4

- A. 当  $x=4\text{ m}$  时, 集装箱的速度为  $2\text{ m/s}$
- B. 在  $0\sim 4\text{ m}$  内, 集装箱运动的时间为  $2\sqrt{2}\text{ s}$
- C. 在  $4\text{ m}\sim 6\text{ m}$  内, 集装箱处于超重状态
- D. 集装箱上升的最大高度为  $6\text{ m}$

7. 光电倍增管(PMT)是光子技术器件中的一个重要产品, 它是一种具有极高灵敏度和超快时间响应的光探测器件, 可广泛应用于光子计数器、极微弱光探测器、极低能量射线探测器、分光光度计、旋光仪、光密度计、扫描电镜、生化分析仪等仪器设备中。如图 5 所示是其相邻的第  $i$  倍增极和第  $i+1$  倍增极的示意图, 每个倍增极长为  $a$ , 水平间距和竖直间距都是  $a$ 。若在空间施加垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度为  $B$ , 当速度为  $v$ , 质量为  $m$ , 带电荷量为  $e$  的电子垂直第  $i$  倍增极射出时, 下列说法中正确的是( )。

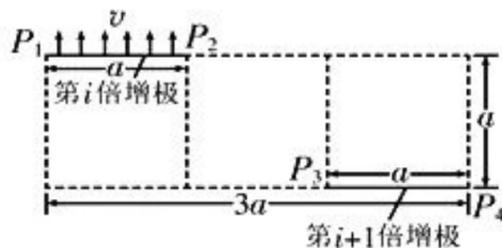


图 5

- A. 若  $B < \frac{3mv}{5ea}$ , 则电子都不会被第  $i+1$  倍增极收集
- B. 若  $B = \frac{4mv}{5ea}$ , 则部分电子不会被第  $i+$

1 倍增极收集

C. 若  $B > \frac{4mv}{5ea}$ , 则电子都不会被第  $i+1$

倍增极收集

D. 改变磁感应强度  $B$ , 从第  $i$  倍增极最右端  $P_2$  射出的电子从射出到穿过  $P_2P_3$  连线所用的时间都相等

8. 如图 6 所示, 一小车放在光滑的水平面上, 小车 AB 段是长为  $3\text{ m}$  的粗糙水平轨道, BC 段是半径为  $0.2\text{ m}$  的四分之一光滑圆弧轨道, 两段轨道相切于 B 点。一可视为质点, 质量与小车相同的物块在小车左端 A 点, 随小车一起以  $4\text{ m/s}$  的速度水平向右匀速运动, 一段时间后, 小车与右侧墙壁发生碰撞, 碰后小车的速度立即减小为  $0$ , 但不与墙壁粘连。已知物块与小车 AB 段之间的动摩擦因数为  $0.2$ , 取重力加速度  $g = 10\text{ m/s}^2$ , 则( )。



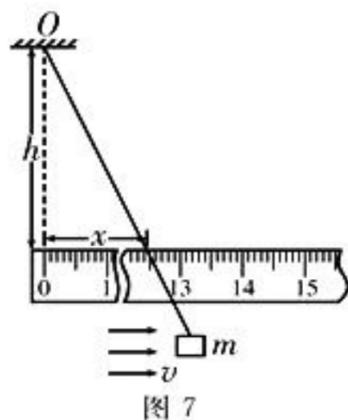
图 6

- A. 物块到达 C 点时对轨道的压力为  $0$
- B. 物块经过 B 点时的速度大小为  $1\text{ m/s}$
- C. 物块最终所停位置距离小车 A 端  $0.5\text{ m}$
- D. 小车最终的速度大小为  $1\text{ m/s}$

二、非选择题

(一) 必考题

9. 某物理兴趣小组利用如图 7 所示的装置探究风力大小与风速的关系。质量为  $m$  的圆柱状物体通过轻质细线悬挂于 O 点, 其中心轴线处于水平方向。水平放置的刻度尺的 0 刻线位于悬点 O 的正下方, 与 O 点的高度差为  $h$ 。



可调速风机(图中未画出)产生的水平方向均匀气流正对物体端面, 气流的速度(风速)为  $v$ , 可从风机上读取。物体达到平衡后细线在刻度尺上偏离 0 刻线的距离为  $x$ , 已知重力

加速度为  $g$ 。请回答下列问题:

(1)图中刻度尺的最小分度为 1 mm,则  $x = \underline{\hspace{2cm}}$  cm。

(2)物体所受风力的函数式为  $F = \underline{\hspace{2cm}}$  (用题中所给物理量表示)。

(3)改变风速多次实验,得到多组数据后作图发现,  $v-x$  图像并不是一条直线。该小组成员通过查阅资料发现,当物体相对空气的运动速度不太大时,物体所受空气阻力的大小与相对空气速度的平方成正比。据此可知,下列图像处理方法中能得线性关系的是  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

- A.  $v^2-x$                   B.  $v^2-\frac{1}{x}$   
 C.  $v-x^2$                   D.  $v-\frac{1}{x^2}$

10. 近年来,我国打响了碧水保卫战,检测组在某化工厂的排污管末端安装了如图 8 所示的流量计,用此装置测量污水(有大量的正、负离子)的电阻。测量管由绝缘材料制成,其直径为  $D$ ,左右两端开口,匀强磁场方向竖直向下(未画出),在前后两个内侧面 A、C 上固定有竖直正对的金属板作为电极(未画出,电阻不计),金属板电极与开关 S、电阻箱  $R$  和灵敏电流计 G 连接,管道内始终充满污水,污水以恒定的速度  $v$  自左向右通过。

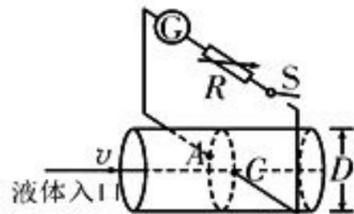


图 8

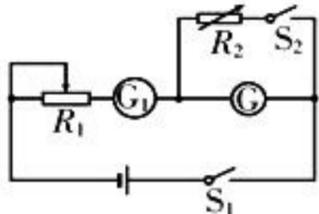


图 9

(1)利用图 9 中的电路测量灵敏电流计 G 的内阻  $R_g$ ,实验过程包含以下步骤:分别将  $R_1$  和  $R_2$  的阻值调至最大,合上开关  $S_1$ ,调节  $R_1$ ,使 G 的指针偏转到满刻度处,记下此时  $G_1$  的示数  $I_1$ ,合上开关  $S_2$ ,反复调节  $R_1$  和  $R_2$  的阻值,使  $G_1$  的示数仍为  $I_1$ ,G 的指针偏转到满刻度的一半处,此时  $R_2$  的读数为  $R_0$ 。经计算得  $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)用游标卡尺测量测量管的直径  $D$ ,如图 10 所示,则  $D = \underline{\hspace{2cm}}$  cm。

(3)图 8 中与 A 极相连的是灵敏电流计

G 的  $\underline{\hspace{2cm}}$  接线柱(填“正”或“负”)。

(4)闭合图 8 中的开关 S,调节电阻箱的阻值,记下电阻箱接入电路的阻值  $R$  与相应灵敏电流计 G 的读数  $I$ ,绘制  $\frac{1}{I}-R$  图像,如图 11 所示,则污水接入电路的电阻为  $\underline{\hspace{2cm}}$  (用题中所给字母  $a, b, c, v, D, R_0$  表示)。

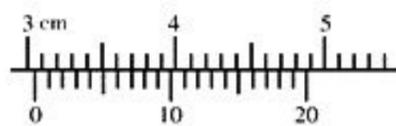


图 10

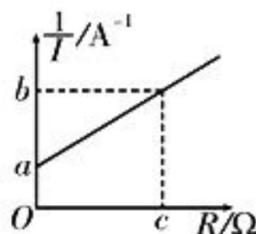


图 11

11. 如图 12 所示是为了检验某种新型材料性能的实验装置示意图。在倾斜固定放置的玻璃表面铺上某种新型材料,在某一高度处,固定一个喷水装置。喷水装置能够持续以速度  $v_0$  水平向右喷出水柱。不断调节喷水装置的位置,当喷水装置处在距该新型材料表面中点高为  $h$  的位置时,喷出的水柱刚好垂直冲击到该新型材料表面的中点处,并且水柱撞击该新型材料表面后,其速度刚好立刻变为 0,并沿该新型材料表面均匀散开。已知喷水装置处水柱的横截面积为  $S$ ,喷水处横截面上各处水的速度都相同。假设水柱在空中不会散开,忽略空气阻力。已知水的密度为  $\rho$ ,重力加速度为  $g$ 。求:

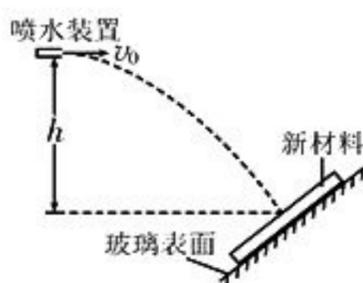


图 12

(1)水柱稳定后,在空中水柱的质量。  
 (2)喷水装置喷出的水柱对该新型材料表面的平均冲击力的大小。

12. 如图 13 甲所示,间距为  $L$  的两根足够长光滑平行金属导轨倾斜放置,导轨与水平面间的夹角为  $\theta$ 。质量为  $m$ ,电阻为  $r$  的金属棒  $ab$  垂直放置于导轨上,导轨所在平面内有垂直于导轨斜向上的匀强磁场。导轨的 P、M 两端接在外电路上,定值电阻  $R$  的阻值为  $2r$ ,电容器的电容为  $C$ ,电容器的耐压值足够大。在开关  $S_1$  闭合, $S_2$  断开的状态下,将金属棒由静止释放(运动过程中金属棒始终保持与导轨垂直并接触良好),金属棒的

$v-t$  图像如图 13 乙所示。导轨电阻不计,重力加速度为  $g$ 。

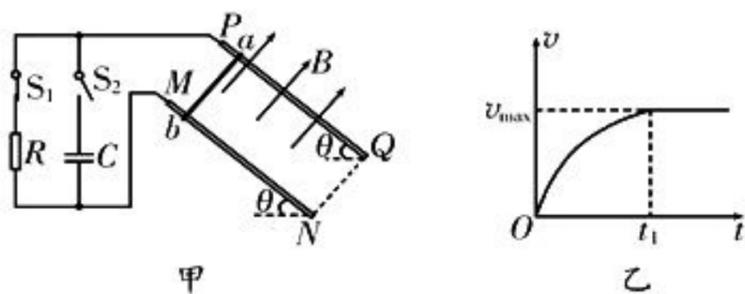


图 13

(1) 求磁场的磁感应强度  $B$ 。

(2) 在开关  $S_1$  闭合,  $S_2$  断开的状态下, 当金属棒加速下滑的距离为  $x_1$  时电阻  $R$  中产生的焦耳热为  $Q_0$ , 则此时金属棒的速度  $v_1$  和加速度  $a_1$  分别是多少?

(3) 现将开关  $S_1$  断开,  $S_2$  闭合, 将金属棒由静止释放后, 金属棒做什么运动?

(二) 选考题

13. [选修 3—3]

(1) 如图 14 所示, 一定质量的理想气体从状态  $a$  出发, 经过等容过程  $ab$  到达状态  $b$ , 再经过等温过程  $bc$  到达状态  $c$ , 最后经过等压过程  $ca$  回到状态  $a$ 。下列说法中正确的是( )。

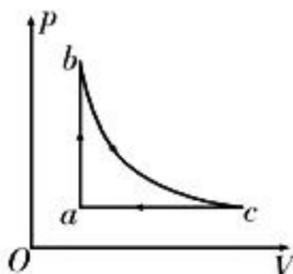


图 14

- A. 在过程  $ab$  中气体从外界吸收热量
- B. 在过程  $bc$  中气体对外界放出热量
- C. 在过程  $ca$  中外界对气体做功
- D. 在过程  $ab$  中, 单位时间内碰撞器壁单位面积的分子数减少
- E. 在过程  $ca$  中, 单位时间内碰撞器壁单位面积的分子数增加

(2) 如图 15 所示, 粗细均匀的直角细玻璃管一端封闭, 一端开口, 在其直角处用一段水银柱封闭了一定质量的空气(视为理想气体)。开始时, 封闭端处于竖直状态, 水银柱的竖直部分与

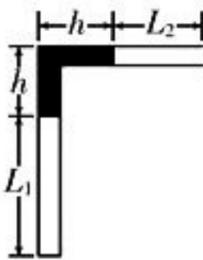


图 15

水平部分的长度均为  $h = 10 \text{ cm}$ , 封闭端空气柱的长度  $L_1 = 20 \text{ cm}$ , 开口端空气柱的长度  $L_2 = 12 \text{ cm}$ 。现在开口端用一厚度不计的活塞封闭住管, 并缓慢推动活塞压缩空气, 使水

平部分的水银柱恰好全部进入竖直管, 该过程中空气温度保持不变。已知大气压强恒为  $p_0 = 75 \text{ cmHg}$ 。求:

- (i) 水银恰好全部进入竖直管时, 玻璃管封闭端空气的压强。
- (ii) 整个过程中活塞移动的距离。

14. [选修 3—4]

(1) 如图 16 所示, 实线和虚线分别为一列简谐横波在  $t = 0$  时刻和  $t = 4 \text{ s}$  时刻的波形图,  $0 \sim 4 \text{ s}$  内,  $x = 0$  处的质点速度一直减小, 则该波沿  $x$  轴\_\_\_\_方向传播(填“正”或“负”), 波速大小为\_\_\_\_  $\text{m/s}$ , 在  $t = 2 \text{ s}$  时刻,  $x = 0$  处的质点的位移为\_\_\_\_  $\text{cm}$ 。

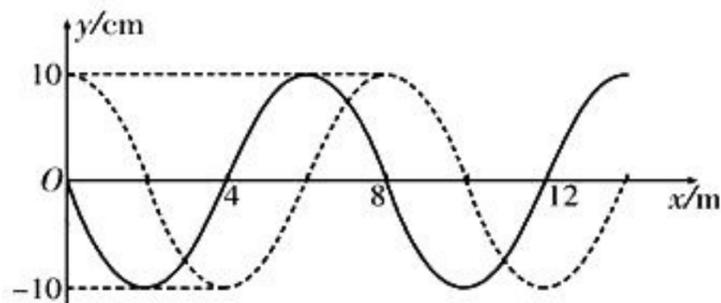


图 16

(2) 某器件由如图 17 甲所示的透明圆柱体和顶角为  $90^\circ$  的倒立透明圆锥体构成, 圆柱体和圆锥体的中心轴重合, 二者底面半径均为  $a$ , 圆柱体高为  $a$ 。将该器件置于水平桌面上, 其截面如图 17 乙所示, 圆锥体中心轴与桌面垂直。现让一半径也为  $a$  的圆柱形平行光束垂直入射到圆柱体的底面上, 且使光束的中心轴与圆锥体的中心轴重合。已知该单色光在透明材料中的波长是在真空中波长的  $\frac{\sqrt{6}}{3}$  倍, 求:

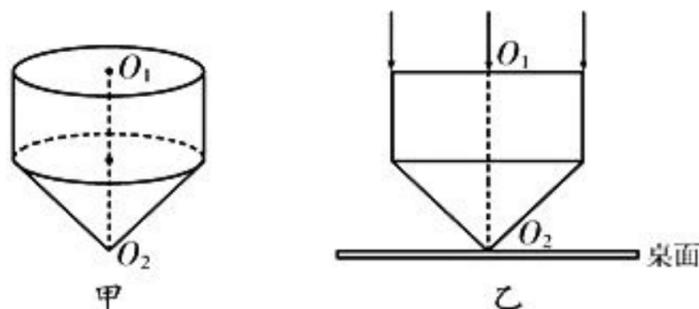


图 17

- (i) 该透明材料的折射率。
- (ii) 光束在桌面上形成的光斑的面积(取  $\tan 15^\circ = 2 - \sqrt{3}$ , 计算结果用根式表示)。

(责任编辑 张 巧)



# 运动图像类问题归类剖析

湖南省湘阴县第一中学 杨宗礼

运动图像类问题考查的重点是匀变速直线运动规律和运动学图像的综合应用。运动图像所蕴含的信息非常丰富,在反映物理量的关系和物体运动特征上更加直观。求解运动图像类问题需要在熟练掌握运动规律的前提下,深刻理解运动图像的轴、线、斜、点、面、截等的物理意义。下面将运动图像类问题进行归类剖析,供同学们参考。

## 类型一: $x-t$ 与 $v-t$ 图像的基本应用

**例 1** 如图 1 所示,甲图为质点  $a$  和  $b$  做直线运动的位移—时间图像,乙图为质点  $c$  和  $d$  做直线运动的速度—时间图像,由图可知( )。

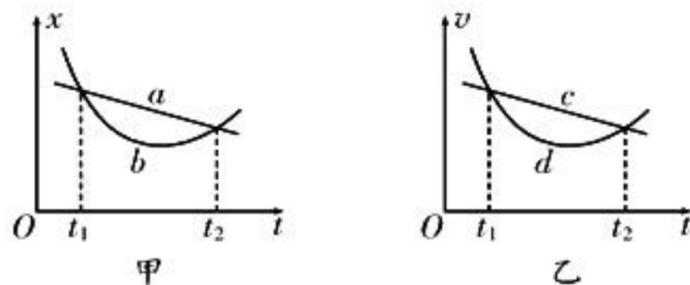


图 1

- A. 若  $t_1$  时刻  $a$ 、 $b$  两质点第一次相遇,则  $t_2$  时刻  $a$ 、 $b$  两质点第二次相遇
- B. 若  $t_1$  时刻  $c$ 、 $d$  两质点第一次相遇,则  $t_2$  时刻  $c$ 、 $d$  两质点第二次相遇
- C. 在  $t_1 \sim t_2$  时间内,四个质点中只有  $b$ 、 $d$  两质点的运动方向发生改变
- D. 在  $t_1 \sim t_2$  时间内,四个质点中只有  $b$ 、 $d$  两质点的速率先减小后增大

**解析:**在位移—时间图像中,两条线的交点表示两质点的位置相同而相遇,由甲图可知,若  $t_1$  时刻  $a$ 、 $b$  两质点第一次相遇,则  $t_2$  时刻  $a$ 、 $b$  两质点第二次相遇,选项 A 正确。根据  $v-t$  图像与横轴围成的面积表示位移可知,在  $t_1 \sim t_2$  时间内,质点  $c$  的位移大于质点  $d$  的位移,若  $t_1$  时刻  $c$ 、 $d$  两质点第一次相遇,则  $t_2$  时刻  $c$ 、 $d$  两质点不可能相遇,选项 B 错误。四个质点中只有质点  $b$  的运动方向发生改变, $a$ 、 $c$ 、 $d$  三个质点的方向均未发生改

变,选项 C 错误。根据  $x-t$  图像的斜率表示速度可知,在  $t_1 \sim t_2$  时间内,质点  $a$  的速度不变,质点  $b$  的速率先减小后增大。根据  $v-t$  图像可知,质点  $c$  的速度均匀减小,质点  $d$  的速率先减小后增大,选项 D 正确。

答案:AD

## 方法与总结

应用  $x-t$  或  $v-t$  图像分析物体的运动情况,需要抓住图像的特征与物体运动性质的关系。分析图像需要充分利用图像“轴”“线”“斜率”“点”“面积”“截距”等,以及与图像相对应的物理量的函数关系。

表 1

比较项	一般意义	$x-t$ 图像	$v-t$ 图像
轴	图像描述的是哪两个物理量之间的关系	纵轴—位移 横轴—时间	纵轴—速度 横轴—时间
线	表示纵轴物理量 $y$ 随横轴物理量 $x$ 的变化规律	物体的位移与时间的关系	物体的速度与时间的关系
斜率	$k = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ , 定性表示 $y$ 随 $x$ 变化的快慢	某点的斜率表示该点的瞬时速度	某点的斜率表示该点的加速度
点	两条线的交点表示对应的纵、横轴物理量相等	两条线的交点表示两物体相遇	两条线的交点表示两物体在该时刻的速度相同
面积	图像与横轴所围的面积表示纵、横轴表示的两物理量的乘积(无意义除外)所代表的另一物理量	无意义	图像和时间轴所围的面积表示物体的位移
截距	表示物理过程的“初始”情况	纵轴截距表示 $t=0$ 时刻的位移	纵轴截距表示 $t=0$ 时刻的速度

类型二：图像选择类问题

**例 2** 若某驾驶员在绿灯结束前 3 s 开始刹车,并不断加大制动力,结果在黄灯亮起时车刚好停在停止线处。图 2 中能反映这位驾驶员刹车过程中车的速度  $v$  随时间  $t$  变化关系的是( )。

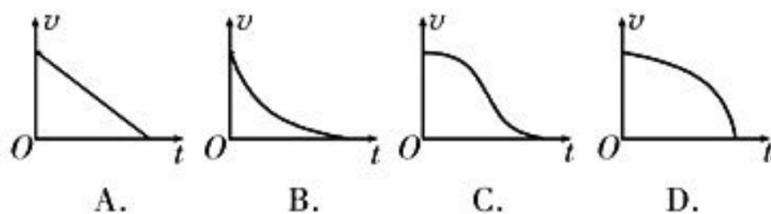


图 2

**解析:**驾驶员在刹车过程中,不断加大制动力,车的加速度不断增大, $v-t$  图像的斜率不断增大。

**答案:**D

**方法与总结**

图像选择类问题往往只要求进行定性分析,只要能够根据题意抓住图像的主要特征即可做出正确判断。

图像选择类问题的求解策略:(1)分清图像的类型,确定选项给出的是哪一种图像。(2)明确图像的形状,结合题意,判断要选的图像是直线还是曲线。(3)抓住图像斜率的特点,确定斜率是否恒定,是变大还是变小。

类型三：图像转换类问题

**例 3** 一质点的位移—时间图像如图 3 所示,则能够正确表示该质点的速度  $v$  与时间  $t$  关系的图像是图 4 中的( )。

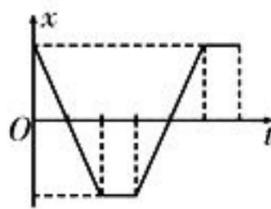


图 3

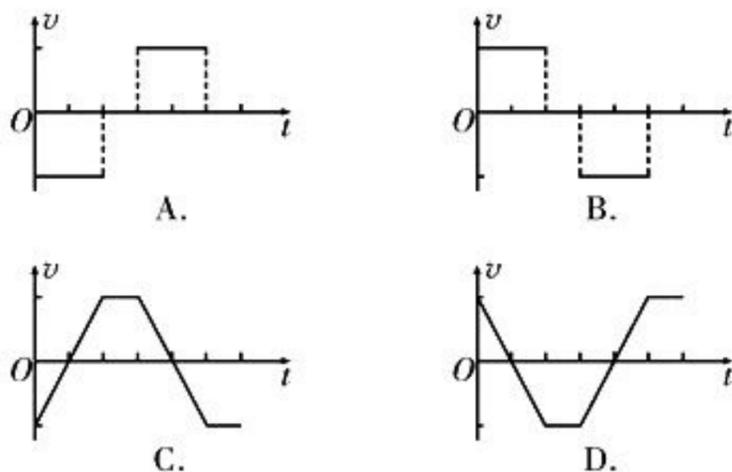


图 4

**解析:**在刚开始的一段时间内,质点的

$x-t$  图像是一条直线,其斜率不变且为负值,说明质点做匀速直线运动,速度方向与规定的正方向相反;在接下来的一段时间内,质点处于静止状态,速度为零;在第三段时间内,质点的  $x-t$  图像是一条直线,其斜率不变且为正值,说明质点做匀速直线运动,速度方向与规定的正方向相同;在第四段时间内,质点回到出发点,并保持静止状态。

**答案:**A

**方法与总结**

图像转换是近几年高考的热点,这类问题有一定的综合性和拓展空间。

求解图像转换类问题需要抓住“三个”关键点:(1)注意合理划分运动阶段,分阶段进行图像转换。(2)注意相邻运动阶段的衔接,尤其是运动参量的衔接。(3)注意图像转换前后核心物理量间的定量关系,这是图像转换的依据。

解决图像转换类问题的一般流程:分析已知图像→构建运动情景→应用规律公式→判断选项图像。

类型四：非常规图像类问题

**例 4** 如图 5 所示的四幅图为四个物体做直线运动的图像,下列说法中正确的是( )。

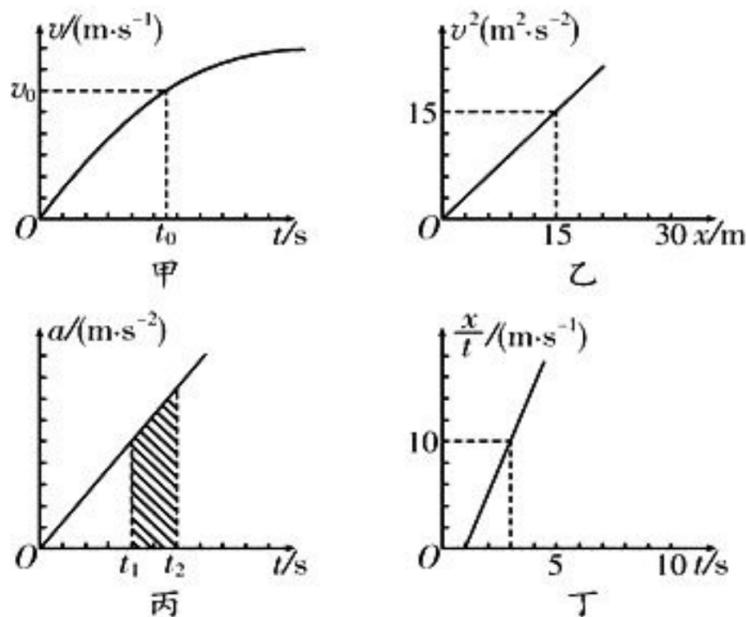


图 5

A. 甲图中,物体在  $0 \sim t_0$  时间内的位移小于  $\frac{v_0 t_0}{2}$

B. 乙图中,物体的加速度为  $2 \text{ m/s}^2$

C. 丙图中, 阴影部分的面积表示  $t_1 \sim t_2$  时间内物体的加速度变化量

D. 丁图中,  $t = 3 \text{ s}$  时刻物体的速度为  $25 \text{ m/s}$

**解析:** 根据  $v-t$  图像与  $t$  轴所围成的面积表示位移可知, 甲图中物体在  $0 \sim t_0$  时间内的位移大于  $\frac{v_0 t_0}{2}$ , 选项 A 错误。根据位移与速度的关系式  $v^2 = 2ax$  可知,  $v^2-x$  图像的斜率  $k = 2a$ , 结合如图乙所示的  $v^2-x$  图像得  $2a = \frac{15}{15} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$ , 即物体的加速度  $a = 0.5 \text{ m/s}^2$ , 选项 B 错误。根据  $\Delta v = a\Delta t$  可知, 丙图中的阴影部分面积表示  $t_1 \sim t_2$  时间内物体的速度变化量, 选项 C 错误。根据运动学公式  $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$  得  $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} at$ , 即  $\frac{x}{t}-t$  图像的斜率  $k = \frac{1}{2} a$ , 结合如图丁所示的  $\frac{x}{t}-t$  图像得  $\frac{1}{2} a = \frac{10}{3-1} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$ , 即物体的加速度  $a = 10 \text{ m/s}^2$ 。将  $\frac{x}{t} = 10 \text{ m/s}$ ,  $t = 3 \text{ s}$  代入  $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} at$ , 解得  $v_0 = -5 \text{ m/s}$ 。  $t = 3 \text{ s}$  时刻物体的速度  $v_3 = v_0 + at_3 = 25 \text{ m/s}$ , 选项 D 正确。

答案: D

### 方法与总结

非常规图像是指除  $x-t$  与  $v-t$  图像以外的其他图像形式, 非常规图像类问题更能考查同学们的综合分析能力。

解答非常规图像类问题的技巧: (1) 用函数思想分析图像, 图像反映了两个变量(物理量)之间的函数关系, 因此需要先运用运动学公式推导出这两个物理量之间的函数关系, 再分析图像的物理意义。(2) 注意灵活应用解析法和排除法, 将两者相结合以达到提高解题速度和准确率的目的。

总之, 求解运动图像类问题的关键在于将运动图像与物理过程对应起来, 通过提取运动图像的线、斜率、点、面积等关键信息, 分析物体的运动过程, 实现问题的最终解决。

## 跟踪训练

1. 甲、乙两物体在同一直线上运动的  $x-t$  图像如图 6 所示, 以物体甲的出发点为原点, 出发时刻为计时起点, 则( )。

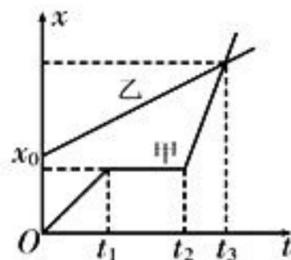


图 6

A. 在  $t_2 \sim t_3$  时间内, 物体甲的平均速度大于乙的平均速度

B. 物体乙比甲先出发

C. 物体甲开始运动时, 物体乙在甲前面  $x_0$  处

D. 物体甲在中途停了一会儿, 最终也没能追上乙

2. 甲、乙两辆货车在平直公路上从同一位置开始同向行驶, 两车的  $v-t$  图像如图 7 所示, 则在  $0 \sim 4 \text{ s}$  时间内( )。

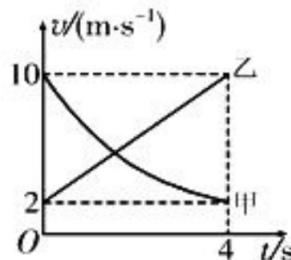


图 7

A. 甲车做曲线运动

B. 乙车一直在甲车的后方

C. 甲车的平均速度小于  $6 \text{ m/s}$

D. 乙车位移的大小为  $8 \text{ m}$

3. 司机驾驶汽车在平直公路上匀速行驶, 突然遇到紧急情况刹车直到停止运动, 从司机发现情况开始到汽车停止运动这段时间内, 汽车的  $\frac{x}{t}-t$

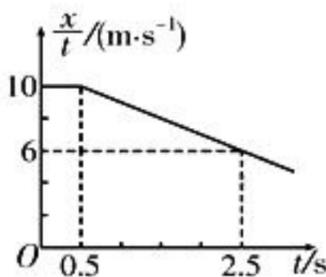


图 8

图像如图 8 所示, 下列说法中正确的是( )。

A. 从司机发现情况开始到汽车停止运动所用的时间为  $5 \text{ s}$

B. 汽车在刹车过程中的加速度大小为  $2 \text{ m/s}^2$

C. 汽车在刹车过程中的加速度大小为  $4 \text{ m/s}^2$

D. 从司机发现情况开始到汽车停止运动这段时间内, 汽车的总位移为  $30 \text{ m}$

参考答案: 1. AC 2. C 3. C

(责任编辑 张 巧)

# 多议动态电路中物理量的变化问题

■河北衡水中学 韩文忠

当电路中滑动变阻器滑片的位置改变时,将会引起电路中电阻的变化,进而导致电路中的电流、电压、电功率及其他物理量均随之发生变化。求解电路的动态分析问题的关键是要厘清电路的结构,明确各电表测量的是哪部分电路的电压或电流,然后根据闭合电路欧姆定律进行分析判断。

## 一、判断电路中电流的变化情况

**例 1** 在如图 1 所示的电路中,电源电动势为  $E$ ,电源内阻为  $r$ , $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻,各电表均为理想电表。当滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  位于某一位置时,闭合开关  $S$ ,电压表的示数

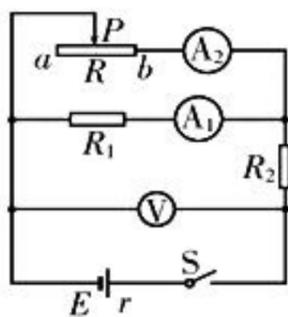


图 1

$U=1.00\text{ V}$ ,电流表  $A_1$  的示数  $I_1=0.80\text{ A}$ ,电流表  $A_2$  的示数  $I_2=1.20\text{ A}$ 。现将滑片  $P$  向  $b$  端移动,则三个电表可能的示数是( )。

- A.  $U'=0.70\text{ V}$ ,  $I_1'=0.60\text{ A}$ ,  $I_2'=1.30\text{ A}$
- B.  $U'=0.80\text{ V}$ ,  $I_1'=1.50\text{ A}$ ,  $I_2'=0.70\text{ A}$
- C.  $U'=0.90\text{ V}$ ,  $I_1'=0.70\text{ A}$ ,  $I_2'=1.40\text{ A}$
- D.  $U'=1.10\text{ V}$ ,  $I_1'=0.70\text{ A}$ ,  $I_2'=1.50\text{ A}$

**解析:**滑动变阻器  $R$  与定值电阻  $R_1$  并联后再与定值电阻  $R_2$  串联,电压表测量路端电压,电流表  $A_1$  测量通过定值电阻  $R_1$  的电流,电流表  $A_2$  测量通过滑动变阻器  $R$  的电流。将滑片  $P$  向  $b$  端移动的过程中,其接入电路的电阻减小,电路的总电阻减小,根据串联电路的电压分配特点可知,路端电压减小,电源内电压增大,干路电流增大,即  $U' < U$ ,  $I_1' + I_2' > I_1 + I_2 = 2.0\text{ A}$ ,选项 A、D 错误。因为定值电阻  $R_1$  两端的电压减小,电流表  $A_1$  的示数减小,所以电流表  $A_2$  的示数增大,选项 B 错误,C 正确。

**答案:**C

**例 2** 在如图 2 所示的电路中,电源电动势为  $E$ ,电源内阻为  $r$ ,定值电阻  $R_1$  和  $R_2$

的阻值相等,各电表均为理想电表。闭合开关  $S$ ,将滑动变阻器的滑片  $P$  向下移动,下列判断中正确的是( )。

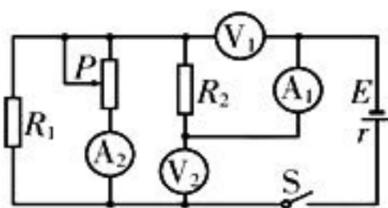


图 2

- A. 电流表  $A_1$  的示数增大
- B. 电流表  $A_2$  的示数减小
- C. 电流表  $A_1$  示数变化量的绝对值大于电流表  $A_2$  示数变化量的绝对值
- D. 电流表  $A_1$  示数变化量的绝对值小于电流表  $A_2$  示数变化量的绝对值

**解析:**理想电压表的内阻无穷大,相当于断路;理想电流表的内阻为零,相当于短路。定值电阻  $R_1$  与滑动变阻器并联后再与定值电阻  $R_2$  串联,电压表  $V_1$  和  $V_2$  分别测量定值电阻  $R_2$  两端电压、路端电压,电流表  $A_1$  和  $A_2$  分别测量干路电流、通过滑动变阻器的电流。当滑片  $P$  向下移动时,其接入电路的电阻减小,电路的总电阻减小,干路电流增大,电源的内电压增大,路端电压减小,定值电阻  $R_2$  两端的电压增大,并联部分电路两端电压减小,通过定值电阻  $R_1$  的电流减小,通过滑动变阻器的电流增大,因此电流表  $A_1$  和  $A_2$  的示数均增大,选项 A 正确,B 错误。电流表  $A_1$  示数的增大量等于电流表  $A_2$  示数增大量与通过定值电阻  $R_1$  电流减小量之差,因此电流表  $A_1$  示数变化量的绝对值小于电流表  $A_2$  示数变化量的绝对值,选项 C 错误,D 正确。

**答案:**AD

## 二、判断电路中电压的变化情况

**例 3** 在如图 3 所示的电路中,电源电动势为  $E$ ,电源内阻为  $r$ , $V_1$ 、 $V_2$  均为理想电压表, $R_1$ 、 $R_2$  为定值

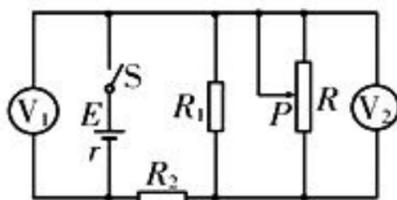


图 3

电阻。闭合开关  $S$ ,将滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  向上移动,下列判断中正确的是( )。

- A. 电压表  $V_1$  和  $V_2$  的示数均减小
- B. 电压表  $V_1$  和  $V_2$  的示数均增大
- C. 电压表  $V_1$  示数变化量的绝对值大于电压表  $V_2$  示数变化量的绝对值
- D. 电压表  $V_1$  示数变化量的绝对值小于电压表  $V_2$  示数变化量的绝对值

**解析:** 滑动变阻器  $R$  与定值电阻  $R_1$  并联后再与定值电阻  $R_2$  串联, 电压表  $V_1$  测量路端电压, 电压表  $V_2$  测量并联部分电路两端的电压。当滑片  $P$  向上移动时, 其接入电路的电阻增大, 电路的总电阻增大, 干路电流减小, 电源的内电压减小, 路端电压增大, 定值电阻  $R_2$  两端电压减小, 并联部分电路两端的电压增大, 因此电压表  $V_1$  和  $V_2$  的示数均增大, 选项 A 错误, B 正确。电压表  $V_1$  示数的增大量等于电压表  $V_2$  示数的增大量与定值电阻  $R_2$  两端电压减小量之差, 因此电压表  $V_1$  示数变化量的绝对值小于电压表  $V_2$  示数变化量的绝对值, 选项 C 错误, D 正确。

**答案:** BD

**例 4** 在如图 4 所示的电路中, 电源电动势  $E = 3 \text{ V}$ , 电源内阻  $r$  不可忽略, 灯泡  $L$  的电阻固定不变。闭合开关  $S$ , 在滑动变阻器的滑片  $P$  从  $a$  端滑向  $b$  端的过程中, 三个理想电压表示数变化量的绝对值分别为  $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$ 、 $\Delta U_3$ , 下列各值可能出现的是( )。

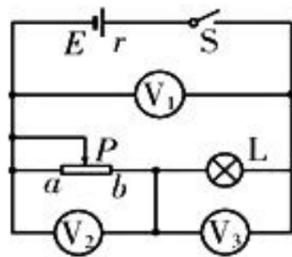


图 4

- A.  $\Delta U_1 = 3 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 = 2 \text{ V}$ ,  $\Delta U_3 = 1 \text{ V}$
- B.  $\Delta U_1 = 1 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 = 3 \text{ V}$ ,  $\Delta U_3 = 2 \text{ V}$
- C.  $\Delta U_1 = 0.5 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 = 1 \text{ V}$ ,  $\Delta U_3 = 1.5 \text{ V}$
- D.  $\Delta U_1 = 0.2 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 = 1 \text{ V}$ ,  $\Delta U_3 = 0.8 \text{ V}$

**解析:** 电压表  $V_1$  测量路端电压, 电压表  $V_2$  测量滑动变阻器两端电压, 电压表  $V_3$  测量灯泡  $L$  两端电压。在滑片  $P$  从  $a$  端滑向  $b$  端的过程中, 其接入电路的电阻减小, 干路电流增大, 电源的内电压增大, 路端电压减小, 灯泡  $L$  两端的电压增大, 滑动变阻器两端的电压减小。因为路端电压的减小量  $\Delta U_1$  等于滑动变阻器两端电压减小量  $\Delta U_2$  与灯泡两端电压增大量  $\Delta U_3$  之差, 所以  $\Delta U_2 > \Delta U_3$ ,

$\Delta U_1 < \Delta U_2$ 。因为  $E = 3 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 < 3 \text{ V}$ , 所以四个选项中只有  $\Delta U_1 = 0.2 \text{ V}$ ,  $\Delta U_2 = 1 \text{ V}$ ,  $\Delta U_3 = 0.8 \text{ V}$  是可能的。

**答案:** D

### 三、判断电路中电压与电流比值的变化情况

**例 5** 在如图 5 所示的电路中, 电源电动势为  $E$ , 电源内阻为  $r$ ,  $R_1$  为定值电阻。闭合开关  $S$ , 当滑动变阻器  $R_2$  的滑片  $P$  向下移动时, 四个理想电表的示数都发生变化, 电表的示数分别用  $I$ 、 $U_1$ 、 $U_2$  和  $U_3$  表示, 电表示数变化量的绝对值分别用  $\Delta I$ 、 $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$  和  $\Delta U_3$  表示。下列比值正确的是( )。

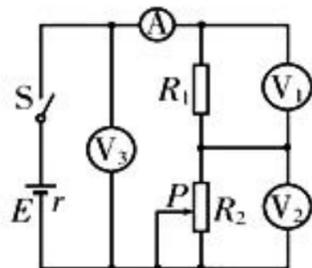


图 5

- A.  $\frac{U_1}{I}$  不变,  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$  不变
- B.  $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  变大
- C.  $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  不变
- D.  $\frac{U_3}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$  不变

**解析:** 电压表  $V_1$  测量定值电阻  $R_1$  两端的电压, 电压表  $V_2$  测量滑动变阻器  $R_2$  两端的电压, 电压表  $V_3$  测量路端电压。根据欧姆定律得  $R_1 = \frac{U_1}{I}$ ,  $R_2 = \frac{U_2}{I}$ ,  $R_1 + R_2 = \frac{U_3}{I}$ ,  $r = \frac{E - U_3}{I}$ 。因为  $R_1$  是定值电阻, 所以  $\frac{U_1}{I} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R_1$  不变, 选项 A 正确。当滑片  $P$  向下移动时, 其接入电路的电阻增大, 干路电流减小, 电源的内电压减小, 路端电压增大, 定值电阻  $R_1$  两端电压减小, 滑动变阻器两端电压增大, 因此  $\frac{U_2}{I} = R_2$  变大,  $\frac{U_3}{I} = R_1 + R_2$  变大。根据串联电路的电压分配特点可知, 滑动变阻器  $R_2$  两端电压的增大量等于定值电阻  $R_1$  两端电压减小量和电源内电压减小量之和, 因此  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1 + r$  不变,  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r$  不变, 选项 B 错误, C、D 正确。

**答案:** ACD

**例 6** 在如图 6 所示的电路中, 电源电

动势为  $E$ , 电源内阻为  $r$ , 定值电阻  $R_1$  和  $R_3$  的阻值相等, 均为  $R_0$ 。闭合开关  $S$ , 将滑动变阻器  $R_2$  的滑片  $P$  向上移

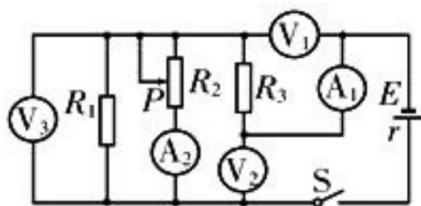


图 6

动, 五个理想电表的示数分别用  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $U_1$ 、 $U_2$  和  $U_3$  表示, 电流表  $A_1$ 、 $A_2$  和电压表  $V_3$  示数变化量的绝对值分别用  $\Delta I_1$ 、 $\Delta I_2$  和  $\Delta U_3$  表示, 则( )。

- A.  $\frac{U_3}{I_1}$  变大                      B.  $\frac{U_3}{I_2}$  变大  
C.  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I_1} < 2R_0$                 D.  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I_1} = 2R_0$

**解析:** 定值电阻  $R_1$  与滑动变阻器  $R_2$  并联后再与定值电阻  $R_3$  串联, 电压表  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  分别测量定值电阻  $R_3$  两端电压、路端电压、定值电阻  $R_1$  与滑动变阻器  $R_2$  并联部分电压, 电流表  $A_1$ 、 $A_2$  分别测量干路电流、通过滑动变阻器  $R_2$  的电流。根据欧姆定律得

$$R_2 = \frac{U_3}{I_2}, R_{\#} = \frac{U_3}{I_1}, r = \frac{E - U_2}{I_1}$$

当滑片  $P$  向上移动时, 其接入电路的电阻增大, 电路的总电阻增大, 干路电流减小, 电源的内电压减小, 路端电压增大, 定值电阻  $R_3$  两端电压减小, 并联部分电路两端电压增大, 通过定值电阻  $R_1$  的电流增大, 通过滑动变阻器  $R_2$  的电流减小, 因此  $\frac{U_3}{I_1} = R_{\#}$  变大,  $\frac{U_3}{I_2} = R_2$  变大, 选项 A、B 正确。

根据闭合电路欧姆定律得  $U_3 = E - I_1(R_3 + r)$ , 则  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I_1} = R_3 + r$ , 无法判断它与  $2R_0$  的大小关系, 选项 C、D 错误。

**答案:** AB

### 方法与总结

求解因滑动变阻器的位置改变而引起的电路中的电阻、电压、电流等发生变化的问题, 通常采用程序法。程序法的一般步骤: (1) 明确局部电路变化所引起的局部电路电阻的变化; (2) 根据局部电路电阻的变化, 确定外电路电阻的变化; (3) 根据闭合电路欧姆定律  $I_{\text{总}} = \frac{E}{R+r}$  确定电路的总电流的变化;

- (4) 根据  $U_{\text{内}} = I_{\text{总}} r$  确定电源内电压的变化; (5) 根据  $U_{\text{外}} = I_{\text{总}} R$  确定路端电压的变化; (6) 根据欧姆定律确定电路中某一定值电阻两端电压的变化; (7) 确定支路电阻两端电压的变化, 以及通过各支路电流的变化。

## 跟踪训练

1. 在如图 7 所示的电路中,  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  为三个完全相同的灯泡。闭合开关  $S$ , 在滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  向上移动的过程中, 下列判断正确的是( )。

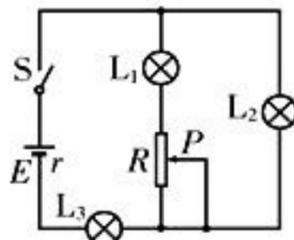


图 7

- A. 灯泡  $L_1$  变亮, 灯泡  $L_3$  变暗  
B. 灯泡  $L_2$  变暗, 灯泡  $L_3$  变亮  
C. 灯泡  $L_1$  中电流的变化量大于灯泡  $L_3$  中电流的变化量  
D. 灯泡  $L_1$  中电流的变化量小于灯泡  $L_2$  中电流的变化量

2. 在如图 8 所示的电路中,  $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻。闭合开关  $S$ , 当滑动变阻器的滑片  $P$  从  $a$  端滑向  $b$  端时, 理想电压表  $V_1$ 、 $V_2$  示数的变化量的绝对值分别为  $\Delta U_1$  和  $\Delta U_2$ , 则( )。

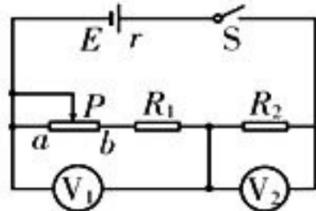


图 8

- A.  $\Delta U_1 > \Delta U_2$                       B.  $\Delta U_1 < \Delta U_2$   
C.  $\Delta U_1 = \Delta U_2$                       D. 无法判断

3. 在如图 9 所示的电路中, 定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  的阻值均为  $R_0$ , 理想电流表和电压表的示数分别用  $I$ 、 $U$  表示, 两电表示数变化

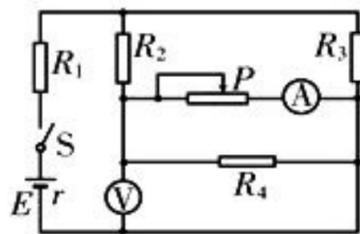


图 9

量的绝对值分别用  $\Delta I$ 、 $\Delta U$  表示。闭合开关  $S$ , 在滑动变阻器的滑片  $P$  自右向左滑动的过程中, 下列判断错误的是( )。

- A.  $U$  增大,  $I$  减小                      B.  $\frac{U}{I}$  增大  
C.  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  增大                              D.  $\frac{\Delta U}{\Delta I} < R_0$

**参考答案:** 1. BC    2. A    3. C

(责任编辑 张 巧)

## 例析“研究平抛运动”实验的三种题型

■河南省开封高级中学 张志强

以“研究平抛运动”实验为背景设置的实验题目主要考查同学们对平抛运动沿水平方向的匀速直线运动和沿竖直方向的自由落体运动这两个分运动所遵循规律的理解和应用。根据考查的侧重点不同,可以将此类试题分为以下三种题型。

### 一、通过实验,研究平抛运动的两个分运动

**例 1** 在探究平抛运动的规律时,可以选用如图 1 所示的三种装置完成实验,以下操作合理的是( )。

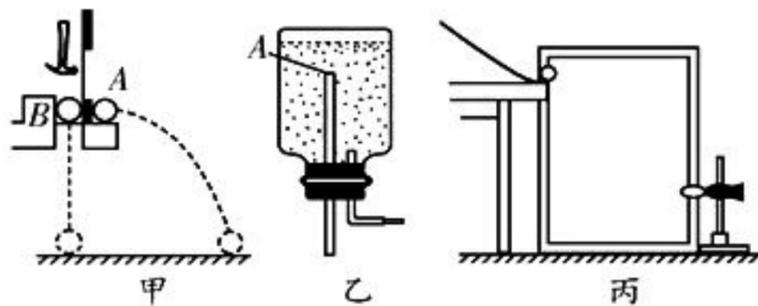


图 1

A. 选用甲装置研究平抛物体的竖直分运动,应该用眼睛看 A、B 两球是否同时落地

B. 选用乙装置要获得稳定的细水柱所显示的平抛运动轨迹,竖直管上端 A 一定要低于水面

C. 选用丙装置要获得钢球的平抛运动轨迹,每次不一定要从斜槽上同一位置由静止释放钢球

D. 除上述装置外,也能用数码照相机拍摄钢球做平抛运动时每秒 15 帧的录像获得平抛运动轨迹

**解析:** 选用甲装置研究平抛物体的竖直分运动时,应采用听两球落地时所发出的声音是否重合来判定两球是否同时落地,选项 A 错误。选用乙装置要获得稳定的细水柱所显示的平抛运动轨迹,要求竖直管上端 A 低于水面的原因是竖直管上端 A 处水的压强始终等于大气压, A 低于水面时可保证弯管两端压强差恒等于两管上端之间水的压强,保证水流速度不随瓶内水面的下降而减小,

选项 B 正确。选用丙装置要获得钢球的平抛运动轨迹,需要保证钢球每次都沿同一轨迹运动,就需要保证钢球每次做平抛运动的初速度相同,即要求每次释放钢球的位置相同,选项 C 错误。用数码照相机拍摄钢球做平抛运动时,每帧照片记录钢球一个时刻的位置,组合起来可得到钢球的平抛运动轨迹,选项 D 正确。

**答案:** BD

**点评:** 根据实验想要获得的不同结果,可以采用不同的实验装置完成。采用不同装置完成同一实验目的实验时,实验条件会有所不同,需要具体情况具体分析。

### 二、利用平抛运动规律计算初速度

1. 当平抛运动轨迹完整(含有抛出点)时,在轨迹上任取一点,测出该点到坐标原点的水平位移  $x$  和竖直位移  $y$ ,即可利用公式

$$v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$$
 求出初速度  $v_0$ 。

**例 2** 如图 2 所示为测量子弹速率的实验装置,子弹先射穿 A 纸片,后射穿 B 纸片,已知子弹到 A 纸片的水平距离为  $s$ ,两纸片间的水平距离为  $\Delta s$ ,子弹射穿纸片留下的两个孔的高度差为  $h$ ,重力加速度为  $g$ 。则子弹的水平初速度  $v_0 =$  \_\_\_\_\_。(忽略空气阻力)

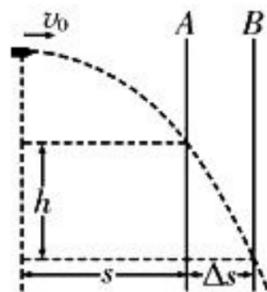


图 2

**解析:** 子弹射到 A 纸片所用的时间  $t_A = \frac{s}{v_0}$ , 竖直下落高度  $h_1 = \frac{1}{2} g t_A^2 = \frac{1}{2} g \left( \frac{s}{v_0} \right)^2$ 。

子弹射到 B 纸片所用的时间  $t_B = \frac{s + \Delta s}{v_0}$ , 竖直下落高度  $h_2 = \frac{1}{2} g t_B^2 = \frac{1}{2} g \left( \frac{s + \Delta s}{v_0} \right)^2$ 。又

有  $h_2 - h_1 = h$ , 解得  $v_0 = \sqrt{\frac{g \Delta s (2s + \Delta s)}{2h}}$ 。

**答案:**  $\sqrt{\frac{g \Delta s (2s + \Delta s)}{2h}}$

2. 当平抛运动轨迹不含抛出点时, 在轨迹上取 A、B、C 三点, 如图 3 所示, 使 A、B 两点之间和 B、C 两点之间的水平距离相等, 均为  $x$ 。根据平抛运动规律可知, 物体从 A 点运动到 B 点与从 B 点运动到 C 点所用的时间相等, 设为  $t$ , 则物体的竖直下落高度满足关系式  $\Delta h = h_{BC} - h_{AB} = gt^2$ , 物体的水平位移满足关系式  $x = v_0 t$ , 利用以上两式消去时间  $t$  可得物体的初速度

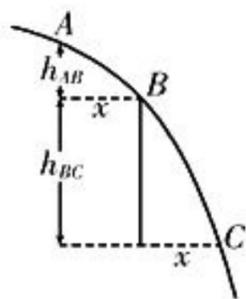


图 3

$$v_0 = x \sqrt{\frac{g}{h_{BC} - h_{AB}}}$$

**例 3** 某同学采用如图 4 所示的装置做“研究平抛运动”实验。实验简要步骤如下: 按图示安装好器材, 注意\_\_\_\_, 记下平抛初位置 O 点、过 O 点的水平线与竖直线。让小球多次从\_\_\_\_释放, 在一张印有小方格的纸上记下小球经过的一系列位置, 如图 5 中 a、b、c、d 所示。取下方格纸, 以 O 为原点, 以水平线为 x 轴, 竖直线为 y 轴建立坐标系, 用平滑曲线画出小球的运动轨迹。

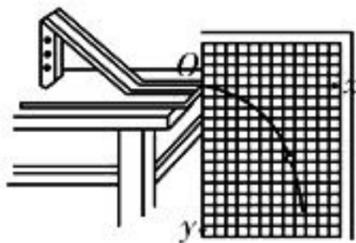


图 4

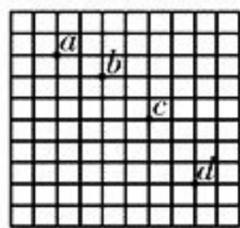


图 5

(1) 请将上述实验步骤补充完整。

(2) 已知小方格的边长  $L = 1.25 \text{ cm}$ , 则小球做平抛运动的初速度  $v_0 = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $L$ 、 $g$  表示), 其值是\_\_\_\_。(取  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )

**解析:** (1) 安装实验器材时, 保证斜槽末端切线水平, 小球才会做平抛运动。采用题述步骤完成实验, 需要让小球重复同一个平抛运动多次, 才能记录出小球的一系列位置, 因此必须让小球每次从同一位置由静止释放。

(2) 根据  $\Delta y = gT^2$  得相邻两点之间的时间间隔  $T = \sqrt{\frac{L}{g}}$ , 因此小球的初速度  $v_0 = \frac{2L}{T} = 2\sqrt{gL}$ , 代入数据解得  $v_0 = 0.7 \text{ m/s}$ 。

**答案:** (1) 斜槽末端切线水平 同一位置由静止 (2)  $2\sqrt{gL}$  0.7 m/s

### 三、利用平抛运动规律找抛出点

**例 4** “研究平抛运动”的实验装置如图 6 甲所示, 在实验前应调节斜槽直至其末端切线水平, 实验时保证小球每次从斜面上的同一位置由静止释放。某次实验记录由于没有记录抛出点, 进行数据处理时选择 A 点为坐标原点 (0, 0), 结合实验中重锤的情况确定坐标系, 图乙中背景小方格的边长  $L = 0.05 \text{ m}$ , 取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 则小球做平抛运动时水平分速度的大小是\_\_\_\_ m/s, 小球经过 B 点时的速度大小是\_\_\_\_ m/s, 小球做平抛运动抛出点的坐标为\_\_\_\_。

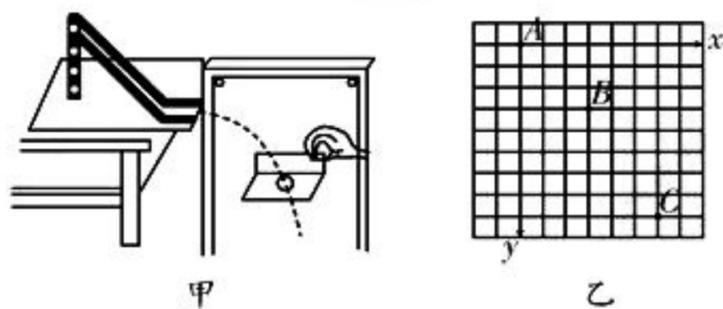


图 6

**解析:** 根据  $\Delta y = gT^2$  得相邻两点之间的时间间隔  $T = \sqrt{\frac{2L}{g}} = 0.1 \text{ s}$ 。根据  $x = v_0 T$  得  $v_0 = \frac{3L}{T} = 1.5 \text{ m/s}$ 。利用平均速度法求得小球经过 B 点时的竖直分速度  $v_{By} = \frac{h_{AC}}{2T} = 2 \text{ m/s}$ , 因此小球经过 B 点时的速度  $v_B = \sqrt{v_0^2 + v_{By}^2} = 2.5 \text{ m/s}$ 。小球从抛出到运动至 B 点, 下落的时间  $t = \frac{v_{By}}{g} = 0.2 \text{ s}$ , 产生的水平位移  $x = v_0 t = 0.3 \text{ m}$ , 下落的竖直高度  $y = \frac{1}{2}gt^2 = 0.2 \text{ m}$ , 而 B 点的横坐标为 1.5 m, 纵坐标为 1.5 m, 因此小球做平抛运动抛出点的横坐标为 -1.5 m, 纵坐标为 -0.5 m。

**答案:** 1.5 2.5 (-1.5 m, -0.5 m)

**点评:** 不管采用哪种装置研究平抛运动, 也不管通过实验要求的是初速度、某点的速度、当地的重力加速度, 还是抛出点的位置坐标等, 都不会偏离对平抛运动规律的考查。

(责任编辑 张 巧)



# 嫦娥探访月宫 天问打卡火星

——用最新航天科技成果引领“万有引力与航天”备考复习

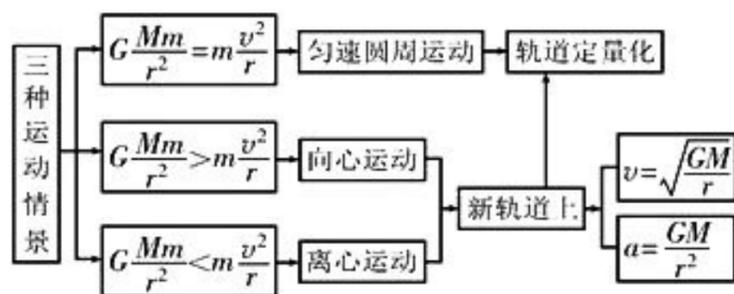
■ 华中科技大学附属中学 许文

近年来,我国航天科技领域取得了一系列的重大成果。2020年12月17日,“嫦娥五号”探测器从月球采集样本成功返回地面;2021年5月15日,“天问一号”探测器成功在火星表面着陆;2021年6月17日,载有三名航天员的“神舟十二号”飞船在太空与在轨运行的天和核心舱成功交会对接;2021年11月8日,“神舟十三号”航天员乘组首次出舱活动取得圆满成功等。高考试题注重理论联系实际,因此以我国航天科技领域取得的最新成果为情景命题,自然会成为高考命题的热点。下面对此类问题进行归类总结,供同学们参考。

## 一、航天器的受力与运动参量的分析

1. 受力情况:(1)不考虑天体自转或进行近似计算时,可以认为航天器在天体表面受到的重力等于万有引力。(2)航天器绕中心天体做圆周运动时,受到的向心力等于万有引力。(3)航天器绕中心天体在椭圆轨道上运行时,只在椭圆轨道长轴两 endpoint(近地点与远地点)受到的向心力等于万有引力,在椭圆轨道上其他位置受到的向心力不等于万有引力。

2. 三种运动:



**例 1** (2021年 高考山东卷)从“玉兔”登月到“祝融”探火,我国星际探测事业实现了由地月系到行星际的跨越。已知火星质量约为月球的 9 倍,半径约为月球的 2 倍,“祝融”火星车的质量约为“玉兔”月球车的 2 倍。在着陆前,“祝融”和“玉兔”都会经历一个由

着陆平台支撑的悬停过程。悬停时,“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比为( )。

- A. 9 : 1                      B. 9 : 2  
C. 36 : 1                     D. 72 : 1

**解析:**航天器在天体表面悬停时所受着陆平台的作用力大小等于该天体对航天器的万有引力大小。根据  $F = G\frac{Mm}{R^2}$  可知,“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比  $\frac{F_{祝}}{F_{玉}} = \frac{m_{祝}M_{火}}{m_{玉}M_{月}} \cdot \left(\frac{R_{月}}{R_{火}}\right)^2 = 2 \times 9 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{9}{2}$ 。

**答案:**B

**点评:**航天器在着陆平台上悬停时处于平衡状态,所受着陆平台的作用力大小等于航天器在天体表面受到的重力大小。在不考虑天体自转或进行近似计算时,可认为航天器在天体表面受到的重力等于该天体对航天器的万有引力。

**例 2** “嫦娥五号”取壤返回地球,完成了中国航天史上的一次壮举。如图 1 所示为“嫦娥五号”探测器着陆地球前部分轨道的简化示意图,其中 I 是月地转移轨道,在 P 点由轨道 I 变为绕地椭圆轨道 II,在近地点 Q 再变为绕地椭圆轨道 III。下列说法中正确的是( )。

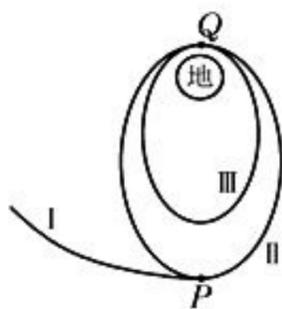


图 1

- A. 在轨道 II 上运行时,“嫦娥五号”在 Q 点的机械能比在 P 点的机械能大  
B. “嫦娥五号”在轨道 II 上运行的周期比在轨道 III 上运行的周期长  
C. “嫦娥五号”分别沿轨道 II 和 III 运行时,经过 Q 点时的向心加速度大小相等

D. “嫦娥五号”分别沿轨道Ⅱ和Ⅲ运行时,经过Q点时的速度大小相等

**解析:**“嫦娥五号”在轨道Ⅱ上运行时,只有万有引力做功,机械能守恒,选项A错误。根据开普勒第三定律可知,轨道半长轴越长,周期越长,因此“嫦娥五号”在轨道Ⅱ上运行的周期比在轨道Ⅲ上运行的周期长,选项B正确。“嫦娥五号”分别沿轨道Ⅱ和Ⅲ运行,经过Q点时,所需的向心力都由万有引力提供,则向心加速度大小相等,选项C正确。“嫦娥五号”由轨道Ⅱ变轨至轨道Ⅲ运行时,需要减速才能实现,因此经过Q点时的速度减小,选项D错误。

**答案:**BC

**点评:**“嫦娥五号”绕地球沿椭圆轨道运行时,受到地球的万有引力总指向地心,所需的向心力的方向总是与速度方向垂直。在椭圆轨道长轴两 endpoints(近地点与远地点)时,其速度方向与万有引力方向垂直,向心力等于万有引力。

## 二、航天器稳定运行时的参量分析

1. 圆周绕行。如图2所示,设质量为  $m$  的航天器绕一质量为  $M$  的中心天体做半径为  $r$  的匀速圆周运动,根据万有引力提供向心力,可以得出以下结论:(1)由

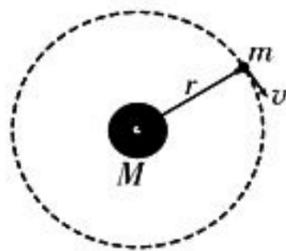


图2

$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  得线速度  $v =$

$$\sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (r \text{ 越大, } v \text{ 越小}); \quad (2) \text{ 由 } G \frac{Mm}{r^2} =$$

$m\omega^2 r$  得角速度  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$  ( $r$  越大,  $\omega$  越小);

(3) 由  $G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$  得周期  $T =$

$2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$  ( $r$  越大,  $T$  越大); (4) 由  $G \frac{Mm}{r^2} =$

$ma_n$  得向心加速度  $a_n = \frac{GM}{r^2}$  ( $r$  越大,  $a_n$  越小)

2. 椭圆绕行。如图3所示,设质量为  $m$  的航天器绕一质量为  $M$  的中心天体沿椭圆轨道运行,椭圆轨道的半长轴为  $a$ , 航天器的

运行周期为  $T$ , 根据开普勒第二、第三定律, 可以得出以下结论:(1) 航天器远离中心天体运动时, 速度减小(在远地点的速度最小); 靠近中心天体运动时, 速度增大(在近地点的速度最大)。(2) 在圆

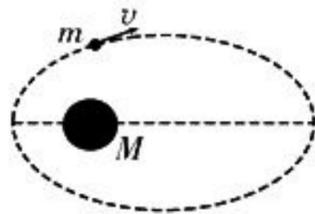


图3

形轨道上运行时有  $G \frac{Mm}{r_1^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 r_1$ , 在椭圆

轨道上运行时有  $\frac{a^3}{T^2} = k$ , 又有  $\frac{r_1^3}{T_1^2} = k$ , 可得

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}.$$

**例3** (2021年高考湖南卷)2021年4

月29日,中国空间站天和核心舱发射升空,准确进入预定轨道。根据任务安排,后续将发射问天实验舱和梦天实验舱,计划2022年完成空间站在轨建造。核心舱绕地球飞行的轨道可视为圆形,轨道离地面的高度约为地球半径的  $\frac{1}{16}$ 。下列说法中正确的是( )

- A. 核心舱进入轨道后所受地球的万有引力大小约为它在地面时的  $\left(\frac{16}{17}\right)^2$
- B. 核心舱在轨道上飞行的速度大于  $7.9 \text{ km/s}$
- C. 核心舱在轨道上飞行的周期小于  $24 \text{ h}$
- D. 后续加挂实验舱后,空间站由于质量增大,轨道半径将变小

**解析:**设核心舱的质量为  $m$ ,地球的质量为  $M$ ,地球的半径为  $R$ 。在地面上时有  $F_1 = G \frac{Mm}{R^2}$ , 进入轨道后有  $F_2 = G \frac{Mm}{\left(R + \frac{1}{16}R\right)^2}$ ,

可得  $F_2 = \left(\frac{16}{17}\right)^2 F_1$ , 选项A正确。地球的第一宇宙速度  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9 \text{ km/s}$ , 核心舱

运行的轨道半径  $r > R$ , 因此核心舱在轨道上飞行的速度小于  $7.9 \text{ km/s}$ , 选项B错误。核心舱的运行轨道半径小于地球同步卫星的轨道半径(约为地球半径的6.7倍), 运行周期小于地球同步卫星的周期(约为  $24 \text{ h}$ ), 选项

C 正确。根据  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 可见  $v$  与  $m$  无关, 选项 D 错误。

答案: AC

点评: 核心舱绕地球做匀速圆周运动, 万有引力提供向心力; 核心舱的轨道半径大于地球半径, 小于地球同步卫星的轨道半径; 航天器的运行参量与中心天体的质量有关, 与航天器的质量无关。

**例 4** (2021 年高考湖北卷) 2021 年 5 月, “天问一号”探测器软着陆火星取得成功, 迈出了我国星际探测征程的重要一步。火星与地球公转轨道近似为圆, 两轨道平面近似重合, 且火星与地球公转方向相同。火星与地球每隔约 26 个月相距最近, 地球公转周期约为 12 个月。由以上条件可以近似得出( )。

- A. 地球与火星的动能之比
- B. 地球与火星的自转周期之比
- C. 地球表面与火星表面重力加速度大小之比
- D. 地球与火星绕太阳运动的向心加速度大小之比

解析: 设太阳的质量为  $M$ , 地球的质量为  $m_1$ , 绕太阳公转的轨道半径为  $r_1$ , 周期  $T_1 = 12$  个月; 火星的质量为  $m_2$ , 绕太阳公转的轨道半径为  $r_2$ , 周期为  $T_2$ 。根据火星与地球每隔约  $\Delta t = 26$  个月相距最近得  $(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}) \Delta t = 1$ , 可求出  $T_2 \approx 22$  个月; 根据  $G \frac{Mm_1}{r_1^2} = m_1 (\frac{2\pi}{T_1})^2 r_1$ ,  $G \frac{Mm_2}{r_2^2} = m_2 (\frac{2\pi}{T_2})^2 r_2$ , 可求出  $\frac{r_1}{r_2}$ , 则地球与火星绕太阳公转的向心加速

度大小之比  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{(\frac{2\pi}{T_1})^2 r_1}{(\frac{2\pi}{T_2})^2 r_2}$  可以求出, 选项 D

正确。因为不知道地球与火星的质量之比, 所以不能求出地球与火星的动能之比, 选项 A 错误。无法求出地球与火星的自转周期之比, 选项 B 错误。因为不知道地球与火星的质量、半径之比, 所以不能求出地球表面与火

星表面重力加速度大小之比, 选项 C 错误。

答案: D

点评: 绕同一中心天体做圆周运动的多个天体, 因为它们的轨道半径不同, 所以运行的快慢也不一样, 会出现相互“追赶”的情景。设 A、B 两星体绕中心天体运行的周期分别为  $T_A$ 、 $T_B$ , 它们的绕行方向相同, 某时刻它们与中心天体在同一直线上, 且在中心天体同一侧时, 它们相距最近(也叫“相遇”), 经过时间  $t$ , 它们再一次相距最近时有  $\frac{t}{T_B} - \frac{t}{T_A} = k (k=1, 2, \dots)$ , 它们相距最远时有  $\frac{t}{T_B} - \frac{t}{T_A} = k + \frac{1}{2} (k=0, 1, 2, \dots)$ 。

### 三、航天器的发射与变轨问题的分析

1. 发射及变轨过程: 航天器的发射一般要经过多次变轨方可到达预定轨道。如图 4 所示, 为节省能量, 先在赤道上顺着地球自转方向发射航天器到近圆轨道 I 上;

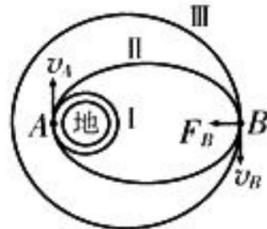


图 4

再在 A 点点火加速, 使航天器做离心运动进入椭圆轨道 II; 然后在 B 点再次点火加速, 使航天器进入圆形轨道 III。

2. 变轨过程中能量的变化: 在离心运动过程中(发动机已关闭), 航天器克服引力做功, 其动能转化为引力势能, 机械能保持不变; 在向心运动过程中(发动机已关闭), 引力对航天器做功, 其引力势能转化为动能, 机械能保持不变; 在两个不同的轨道上(圆形轨道或椭圆轨道), 轨道半径越大, 航天器的机械能越大。

**例 5** 我国首次发射的火星探测器“天问一号”经过长达半年的航行, 于 2021 年 2 月 11 日成功被火星引力捕获, 绕火星赤道平面椭圆轨道 1 运行, 示意图如图 5 所示。为了观测火星的南北极, “天问一号”探测器运行到轨道 1 的远火点 Q 时, 短时间内启动探测器上的发动机, 成功实施了轨道平面机动, 转移到与轨道 1 平面垂直的椭圆轨道 2 上运行。假设变轨前后两椭圆轨道的近火点 P

与远火点Q相同,远火点距离火星中心的距离为 $r$ ,探测器在远火点的速率为 $v$ ,忽略探测器在Q点的变轨时间,且变轨后发动机关闭,不考虑其他天体的影响。下列说法中正确的是( )。

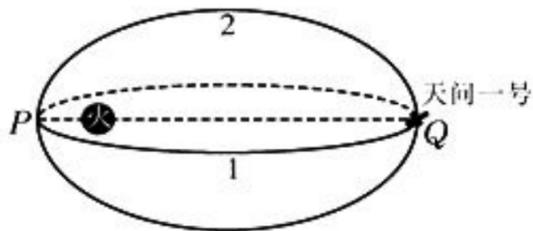


图5

- A. 变轨过程中发动机对探测器做正功
- B. 变轨过程中探测器的速度变化量大小为 $\sqrt{2}v$
- C. 变轨前后瞬间探测器的向心加速度不变
- D. 在远火点探测器的加速度小于 $\frac{v^2}{r}$

**解析:**探测器在远火点Q变轨前后瞬间的速度大小均为 $v$ ,受到火星的万有引力与 $v$ 垂直,万有引力不做功,根据动能定理可知,发动机对探测器做的总功为零,选项A错误。根据矢量运算法则可知,探测器在变轨过程中,速度变化量的大小 $\Delta v = \sqrt{v^2 + v^2} = \sqrt{2}v$ ,选项B正确。在远火点Q,探测器受到火星的万有引力提供向心力,根据牛顿第二定律可知,变轨前后瞬间探测器的向心加速度不变,选项C正确。若探测器在Q点变轨到以火星为中心,半径为 $r$ 的圆轨道上运行,则其速率 $v_0 > v$ ,在圆形轨道与椭圆形轨道的Q点,探测器的加速度大小均为 $a = \frac{v_0^2}{r} > \frac{v^2}{r}$ ,选项D错误。

**答案:**BC

**点评:** $a = \frac{F}{m}$ 是加速度大小的决定式,即探测器的加速度大小由探测器受到的合外力与质量决定。在远火点变轨前后瞬间,可认为探测器的位置不变,受到火星的万有引力不变,因而探测器的加速度不变。 $a = \frac{v^2}{r}$ 是向心加速度大小的量度式,对于圆周运动, $r$ 指

圆的半径;对于一般的曲线运动, $r$ 指该处的曲率半径。

**例6** 飞天揽月,奔月取壤。“嫦娥五号”完成了中国航天史上一次壮举。

如图6所示为“嫦娥五号”着陆月球前部分轨道的简化示意图,I是地月转移轨道,II、III是绕月球运行的椭圆轨道,IV是绕月球运行的圆形轨道。P、Q

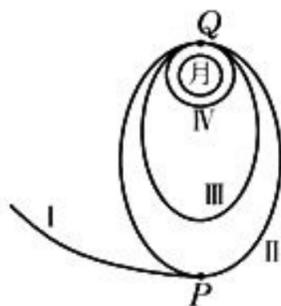


图6

分别为椭圆轨道II的远月点和近月点。已知圆形轨道IV到月球表面的高度为 $h$ ,月球半径为 $R$ ,月球表面的重力加速度为 $g$ ,不考虑月球的自转。下列关于“嫦娥五号”的说法中正确的是( )。

- A. 由轨道I进入轨道II需要在P点向前喷气,由轨道II进入轨道III需要在Q点向后喷气
- B. 在轨道II上稳定运行时经过P点的加速度大于经过Q点的加速度
- C. 在轨道III上的机械能比在轨道IV上的机械能小
- D. 在轨道IV上绕月运行的速度大小为

$$\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

**解析:**“嫦娥五号”减速后做向心运动,由轨道I进入轨道II需要在P点向前喷气减速,由轨道II进入轨道III在Q点也需要向前喷气减速,选项A错误。设月球的质量为 $M$ ，“嫦娥五号”的质量为 $m$ ,根据 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ 得 $a = \frac{GM}{r^2}$ ,因此“嫦娥五号”在轨道II上稳定运行时经过P点的加速度小于经过Q点的加速度,选项B错误。“嫦娥五号”在轨道III上Q点减速后进入轨道IV运行,因此在轨道III上的机械能比在轨道IV上的机械能大,选项C错误。根据 $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$ ,

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}, \text{选项D正确。}$$

**答案:**D

点评:航天器的变轨运动有离心运动与向心运动两种,两种变轨运动的对比如表1所示。

表1

两类变轨	离心运动	向心运动
示意图(设椭圆轨道长轴两端的曲率半径为 $\rho$ )		
变轨起因	航天器速度 $v_0$ 突然增大为 $v_1$	航天器速度 $v_0$ 突然减小为 $v_1$
万有引力与向心力的关系	$m \frac{v_0^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2}$ $= m \frac{v_1^2}{\rho} < m \frac{v_1^2}{r}$ (圆形轨道半径 $r < \rho$ )	$m \frac{v_0^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2}$ $= m \frac{v_1^2}{\rho} > m \frac{v_1^2}{r}$ (圆形轨道半径 $r > \rho$ )
轨迹变化	由圆形变为外切椭圆,或由椭圆变为外切圆	由圆形变为内切椭圆,或由椭圆变为内切圆
速度与加速度的变化	航天器经过两个轨道切点的加速度相等,航天器在外轨道上运行的速度大于在内轨道上运行的速度	

#### 四、航天器的对接问题的分析

1. 低轨道飞船与高轨道空间站对接:如图7甲所示,低轨道飞船通过合理加速,沿椭圆轨道(做离心运动)追上高轨道空间站与其完成对接。

2. 同一轨道上飞船与空间站对接:如图7乙所示,后面的飞船先减速降低高度,再加速提升高度,通过适当控制,使飞船追上空间站时恰好具有相同的速度。

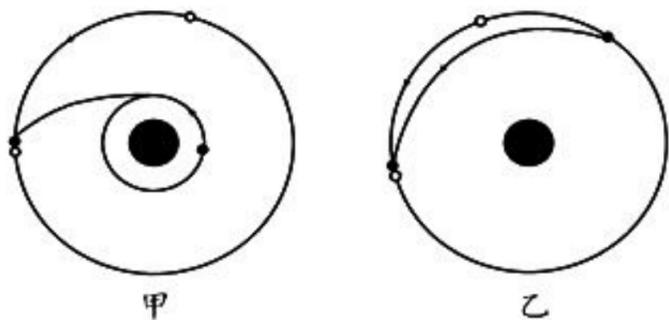


图7

**例7** 在“嫦娥五号”任务中,有一个重要环节,即轨道器和返回器的组合体(简称甲)与上升器(简称乙)要在环月轨道上实现对接,将月壤样品从上升器转移到返回器中,再由返回器带回地球。对接之前,甲、乙分别在各自的轨道上做匀速圆周运动,且甲的轨道半径比乙的小,如图8所示。为了实现对接,处在低轨道的甲要提升高度。下列说法中正确的是( )。

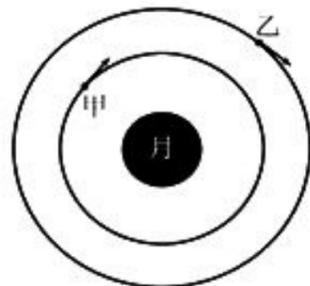


图8

- A. 在甲提升高度之前,甲的线速度小于乙的线速度
- B. 甲可以通过增大速度来提升高度
- C. 在甲提升高度的过程中,月球对甲的万有引力逐渐增大
- D. 返回地球后,月壤样品的重量比在月球表面时大

**解析:**在甲提升高度之前,二者均绕月球做匀速圆周运动,根据  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  得线速度大小  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 根据  $r_{甲} < r_{乙}$  得  $v_{甲} > v_{乙}$ , 选项A错误。低轨道探测器甲变轨至较高轨道上,需要向后喷气增大速度做离心运动,选项B正确。在甲提升高度的过程中,到月球的距离逐渐增大,月球对它的万有引力逐渐减小,选项C错误。因为地球表面的重力加速度比月球表面的重力加速度大,所以质量一定的月壤样品的重量在地球表面比在月球表面要大,选项D正确。

**答案:**BD

**点评:**低轨道航天器与高轨道航天器对接时,应使低轨道航天器加速做离心运动,到达高轨道处与目标航天器完成对接。

**例8** 我国“神舟十二号”载人飞船于2021年6月17日成功发射,并采用自主快速交会对接模式成功与在轨运行的天和核心舱实现对接。要实现“神舟十二号”载人飞船与天和核心舱的在轨对接,下列措施可行的是( )。

- A. 使飞船与核心舱在同一轨道上运行,

然后飞船加速追上核心舱实现对接

B. 使飞船与核心舱在同一轨道上运行, 然后核心舱减速等待飞船实现对接

C. 飞船先在比核心舱半径小的轨道上加速, 加速后的飞船逐渐靠近核心舱, 两者速度接近时实现对接

D. 飞船先在比核心舱半径小的轨道上减速, 减速后的飞船逐渐靠近核心舱, 两者速度接近时实现对接

**解析:** 飞船在同一轨道上加速追赶核心舱时, 速度增大, 所需向心力大于万有引力, 飞船将做离心运动, 不能实现与核心舱的对接, 选项 A 错误。核心舱在同一轨道上减速等待飞船时, 速度减小, 所需向心力小于万有引力, 核心舱将做向心运动, 也不能实现与飞船的对接, 选项 B 错误。当飞船在比核心舱半径小的轨道上加速时, 飞船做离心运动, 逐渐靠近核心舱, 可实现对接, 选项 C 正确。当飞船在比核心舱半径小的轨道上减速时, 飞船将做向心运动, 远离核心舱, 不能实现对接, 选项 D 错误。

**答案:** C

**点评:** 要实现同一轨道上航天器的对接, 则需使后者先减速降低高度, 再加速提升高度, 当两者速度相等时完成对接。

### 跟踪训练

1. “嫦娥五号”探测器绕月球做匀速圆周运动时, 轨道半径为  $r$ , 速度大小为  $v$ 。已知月球半径为  $R$ , 引力常量为  $G$ , 忽略月球自转的影响。下列说法中正确的是( )。

A. 月球平均密度为  $\frac{3v^2}{4\pi GR^2}$

B. 月球平均密度为  $\frac{3v^2 r}{4\pi GR^3}$

C. 月球表面重力加速度为  $\frac{v^2}{R}$

D. 月球表面重力加速度为  $\frac{v^2 r}{R^2}$

2. 我国“神舟十二号”载人飞船于 2021 年 6 月 17 日成功与在轨运行的天和核心舱实现交会对接, 三名航天员顺利地从“神舟十二号”载人飞船进入天和核心舱工作与生活。

假设对接前“神舟十二号”载人飞船在半径为  $r$  的轨道 1 上做圆周运动, 动能为  $E_k$ , 变轨到核心舱所在轨道 2 上后, 其动能比在轨道 1 上减小了  $\Delta E$ , 则核心舱所在轨道 2 的半径为( )。

A.  $\frac{E_k}{E_k - \Delta E} r$

B.  $\frac{E_k}{\Delta E} r$

C.  $\frac{\Delta E}{E_k - \Delta E} r$

D.  $\frac{E_k - \Delta E}{\Delta E} r$

3. 2021 年 5 月 15 日, 我国发射的“天问一号”火星探测器的着陆巡视器经过多次减速飞行, 成功着陆于火星乌托邦平原。已知火星的半径约为地球半径的  $\frac{1}{2}$ , 火星的质量约为地球质量的  $\frac{1}{10}$ , 火星的公转轨道半径约为地球公转轨道半径的 1.52 倍, 地球表面的重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sqrt{5} = 2.2$ ,  $\sqrt{1.52} = 1.23$ 。下列说法中正确的是( )。

A. 着陆器在减速下降过程中处于失重状态

B. 着陆器在火星表面受到的重力为在地球表面受到重力的  $\frac{7}{10}$

C. 火星的第一宇宙速度约为 3.2 km/s

D. 火星与地球相邻两次距离最近的时间间隔约为 2.15 年

4. 2021 年 10 月 16 日 6 时 56 分, 我国“神舟十三号”载人飞船采用自主快速交会对接模式, 成功对接于运行在离地高度约为 360 km 圆形轨道上的天和核心舱。下列关于“神舟十三号”与天和核心舱的说法中正确的是( )。

A. “神舟十三号”的发射速度应大于第二宇宙速度

B. 对接前, “神舟十三号”欲追上天和核心舱, 必须在同一轨道上点火加速

C. 对接时, “神舟十三号”与天和核心舱的加速度大小相等

D. 对接后, “神舟十三号”与天和核心舱组合体的速度小于第一宇宙速度

**参考答案:** 1. BD 2. A 3. D 4. CD

(责任编辑 张 巧)

## 高考物理模拟试题(一)

### 参考答案与提示

1. B 提示:设小球 A、B 的质量为  $m$ , 装置平衡时 O、A 之间细线偏离竖直方向的角度为  $\alpha$ , A、B 之间细线偏离竖直方向的角度为  $\beta$ . 对由 A、B 两小球组成的整体进行受力分析, 如图 1 甲所示, 则  $\tan \alpha = \frac{3F - F}{2mg} = \frac{F}{mg}$ .

对小球 B 进行受力分析, 如图 1 乙所示, 则  $\tan \beta = \frac{F}{mg}$ .

比较两式得  $\alpha = \beta$ .

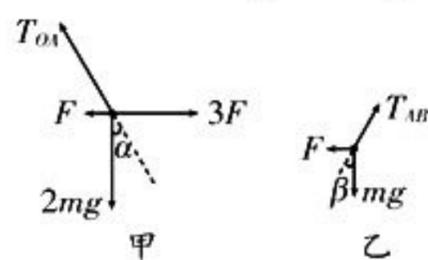


图 1

2. A

3. D 提示:设物体 B 经过时间  $t_0$  速度减为零, 则  $0 = v_B - at_0$ , 解得  $t_0 = 5 \text{ s}$ . 在  $t_0$  时间内, 物体 A 发生的位移  $x_A = v_A t_0 = 20 \text{ m}$ , 物体 B 发生的位移  $x_B = \frac{v_B}{2} t_0 = 25 \text{ m}$ , 此时  $x_B + x_0 = 32 \text{ m} > x_A$ , 即 A、B 两物体还相距  $\Delta x = x_B + x_0 - x_A = 12 \text{ m}$ . 此后, 物体 B 静止, 物体 A 继续做匀速直线运动. 设再经过时间  $t$  物体 A 追上 B, 则  $t = \frac{\Delta x}{v_A} = 3 \text{ s}$ . 因此物体 A 追上 B 所需要的时间是  $t_0 + t = 8 \text{ s}$ .

4. C 提示:设小球经过最低点时的速度为  $v_1$ , 经过最高点时的速度为  $v_2$ , 根据牛顿第二定律, 小球经过最低点时有  $7mg - mg = m \frac{v_1^2}{L}$ , 小球恰好能通过最高点的临界条件是重力提供向心力, 即  $mg = m \frac{v_2^2}{L}$ . 在小球从最低点运动到最高点的过程中, 根据动能定理得  $\frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 = 2mgL + W_{\text{阻}}$ , 解得  $W_{\text{阻}} = \frac{mgL}{2}$ .

5. D

6. AD 提示:根据左手定则可知, 圆环向右运动所受洛伦兹力方向竖直向上. 若恰好满足  $qv_0 B = mg$ , 则圆环与细杆间无弹力, 也就无摩擦力作用, 圆环做匀速直线运动, 选项 A 正确. 若  $qv_0 B < mg$ , 则圆环受到细杆

对它竖直向上的弹力和摩擦力作用, 根据牛顿第二定律得  $\mu(mg - qvB) = ma$ , 解得  $a = \frac{\mu(mg - qvB)}{m}$ , 随着速度  $v$  的减小, 加速度  $a$  增大, 圆环做加速度增大的减速运动直到停止, 选项 B、C 错误. 若  $qv_0 B > mg$ , 则圆环受到细杆对它竖直向下的弹力和摩擦力作用, 根据牛顿第二定律得  $\mu(qvB - mg) = ma$ , 解得  $a = \frac{\mu(qvB - mg)}{m}$ , 随着速度  $v$  的减小, 加速度  $a$  也减小, 直到  $qvB = mg$ , 之后圆环做匀速直线运动, 选项 D 正确.

7. AC 提示:金属棒 1 向左运动时, 回路中产生沿顺时针方向的感应电流, 金属棒 1 受到向右的安培力, 金属棒 2 也受到向右的安培力, 两金属棒受到的力等大同向(均水平向右), 因此由两金属棒组成的系统受到的合外力不为零, 系统的动量不守恒, 选项 A 正确. 金属棒 1 向左做加速度减小的减速运动, 金属棒 2 向右做加速度减小的加速运动, 两金属棒的速度之差逐渐减小, 回路中的感应电动势和感应电流变小, 当两金属棒的速度大小相等时, 穿过回路的磁通量不变, 不再产生感应电流, 两金属棒不受安培力, 均做匀速运动. 设两金属棒做匀速运动时的速度大小为  $v$ , 取水平向左为正方向, 根据动量定理, 对金属棒 1 有  $-F_{\text{安}} t = m_1 v - m_1 v_0$ , 对金属棒 2 有  $-F_{\text{安}} t = -m_2 v - 0$ , 解得  $v = \frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2}$ , 即最终两金属棒的速度大小都是  $\frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2}$ , 方向相反, 速度之差恒定, 选项 B 错误. 在两金属棒达到稳定状态的过程中, 金属棒 1 的动能转化为金属棒 2 的动能和回路的焦耳热, 金属棒 2 动能的增加量等于安培力对金属棒 2 做的功, 所以金属棒 1 克服安培力做功的功率等于安培力对金属棒 2 做功的功率与两金属棒总发热功率之和, 选项 C 正确. 根据动量定理, 对金属棒 1 有  $-BLq =$

$m_1 v - m_1 v_0$ , 解得流经金属棒 1 的总电荷量

$$q = \frac{m_1 m_2 v_0}{BL(m_1 + m_2)}, \text{选项 D 错误.}$$

8. BD 提示: 粒子在整个运动过程中的速度大小恒为  $v$ , 交替地在  $x < 0$  与  $x > 0$  的磁场区域中做匀速圆周运动, 运动轨迹都是半个圆周, 选项 A 错误, B 正确。设粒子的质量为  $m$ , 带电荷量为  $q$ , 在两磁场区域内运动的轨迹半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ , 则  $r_1 = \frac{mv}{qB_1}, r_2 =$

$$\frac{mv}{qB_2}.$$

如图 2 所示, 粒子

先沿半径为  $r_1$  的半圆  $C_1$  运动到  $y$  轴上离  $O$  点距离为  $2r_1$  的  $A$  点, 再沿半径为  $r_2$  的半圆

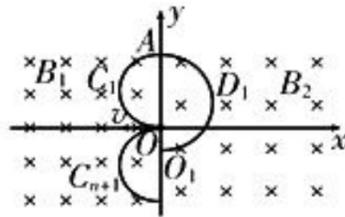


图 2

$D_1$  运动到  $y$  轴上的  $O_1$  点,  $O, O_1$  两点间的距离  $d = 2(r_2 - r_1)$ 。此后粒子每经历一次“回旋”(从  $y$  轴出发沿半径为  $r_1$  的半圆和半径为  $r_2$  的半圆回到原点下方的  $y$  轴上), 粒子的  $y$  轴坐标就减小  $d$ 。设粒子经过  $n$  次“回旋”后与  $y$  轴交于  $O_n$  点, 若  $O, O_n$  两点间的距离  $nd$  满足  $nd = 2r_1 (n = 1, 2, 3, \dots \text{为“回旋”次数})$ , 则粒子再经过半圆  $C_{n+1}$  就能够经过原点。联立以上各式解得  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{n}{n+1} (n =$

$1, 2, 3, \dots), \frac{B_1}{B_2} = \frac{n+1}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$ , 选项 C 错误, D 正确。

9. (1) ① BC ② 略大于 (2) 有必要 没必要

提示: (1) ① 平衡摩擦力时, 应将纸带连接在小车上并穿过打点计时器, 以平衡掉纸带与打点计时器之间的摩擦阻力, 选项 A 错误。平衡摩擦力时, 要让小车在不受外力作用的情况下做匀速直线运动, 所以不挂小桶, 选项 B 正确。打点计时器接通电源, 当纸带上打的点均匀时, 说明小车做匀速运动, 刚好平衡掉摩擦力和其他阻力, 选项 C 正确。② 因为小桶向下做加速运动, 处于失重状态, 所以砂和小桶的总重力  $m'g$  略大于细绳对小车的拉力  $F$ 。(2) 用无线力传感器来测量小车受到的拉力时, 可以用力传感器直接读

出细绳的拉力, 不需要满足砂和小桶的总质量远小于小车和车上砝码的总质量, 但仍需要平衡摩擦力和其他阻力。

10. (1) A、B、C、E、F、H、I、J (2) 如图 3 所示

(3) 外围边长  $a$ 、管线长度  $L$ 、电流表 G 的示数  $I_G$ 、所用电流表的示数  $I$

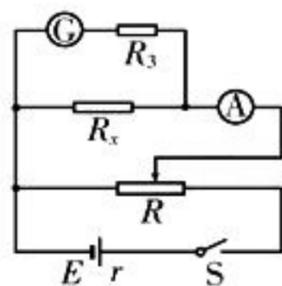


图 3

$$I = a^2 - \frac{\rho LL}{I_G(R_0 + R_g)}$$

提示: 若已知金属管线的电阻  $R_x$ 、长度  $L$  (用毫米刻度尺测出)、电阻率  $\rho$ , 则可以利用电阻定律求出金属管线的横截面积  $S$ 。再测出外围正方形边长  $a$  (用螺旋测微器测出), 利用几何知识就可以求出金属管线内中空部分的横截面积  $S_0$ 。根据题目提供的实验器材可以看出, 需要用伏安法测电阻。题目中提供了一个已知内阻的电流表 G, 则可将此电流表改装成电压表使用。因为加在电流表 G 两端的电压最多为  $U_G = 3 \times 10^{-3} \times 10 \text{ V} = 3 \times 10^{-2} \text{ V}$ , 而加在待测金属管线两端的电压可达几伏, 所以需要串联题目中提供的定值电阻  $R_3$  将电流表 G 改装成量程约为 3 V 的电压表。根据欧姆定律可知, 通过待测金属管线的最大电流约为  $I_{\max} = \frac{E}{R_x} = \frac{6}{10} \text{ A} = 600 \text{ mA}$  (实际最大电流约为 300 mA), 因此应该选用量程为 600 mA 的电流表来测通过待测金属管线的电流。最大阻值为 2 kΩ 的滑动变阻器过大, 不可选。最大阻值为 10 Ω 的滑动变阻器与待测金属管线的阻值相差不多, 若采用限流式接法, 则当滑动变阻器接入最大阻值时, 待测金属管线两端的电压可能达到 3 V, 可能损坏电流表 G, 因此滑动变阻器应选用最大阻值为 10 Ω 的, 且采用分压式接法。

11. (1) 物体 A 与斜面之间的滑动摩擦力  $f = 2\mu mg \cos \theta$ , 物体 A 从初始位置向下运动至刚好到达 C 点的过程中, 根据功能关系得  $2mgl \sin \theta + \frac{1}{2} \times 3mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 3mv^2 + mgl + fl$ , 解得  $v = \sqrt{v_0^2 - gl}$ 。(2) 在物体 A 刚接触弹簧

到将弹簧压缩至最短后又恰好弹回到C点的整个过程中,对由物体A、B组成的系统应用动能定理得  $-f \cdot 2x = 0 - \frac{1}{2} \times 3mv^2$ , 解得

$$x = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{l}{2}.$$

(3) 在弹簧被压缩至最短到恰好弹回到C点的过程中,对由物体A、B组成的系统应用功能关系得  $E_p + mgx = 2mgx \sin \theta + fx$ , 解得  $E_p = \frac{3mv_0^2}{4} - \frac{3mgl}{4}$ .

12. (1) 粒子在y轴左侧磁场中做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力,则  $qv_0 B_1 = m \frac{v_0^2}{R}$ , 解得  $R = \frac{mv_0}{qB_1}$ . 根据几何知识可知,y轴左侧磁场的最小宽度是粒子做圆周运动的半径,即  $L_{\min} = R = \frac{mv_0}{qB_1}$ .

(2) 粒子在电场中来回一次所用的总时间  $t_{\text{总}} = \frac{4d}{3v_0}$ , 则粒子通过电场一次所用的时间  $t_0 = \frac{2d}{3v_0}$ . 设电场强度为E,粒子到达虚线MN处时的速度为v,根据运动学公式得  $d = \frac{v+v_0}{2} t_0$ ,  $v^2 - v_0^2 = 2 \frac{qE}{m} d$ , 解得  $v = 2v_0$ ,  $E = \frac{3mv_0^2}{2qd}$ .

(3) 因为  $v > v_0$ , 所以粒子第一次进入电场后做加速运动,粒子带负电,粒子在y轴左侧磁场中向下偏转,通过电场加速后进入虚线MN右侧磁场,要想回到原点,则需在虚线MN右侧磁场中向上偏转. 设粒子在虚线MN右侧磁场中做圆周运动的半径为r,磁感应强度为  $B_2$ , 则  $qvB_2 = m \frac{v^2}{r}$ , 解得  $r = \frac{2mv_0}{qB_2}$ . 因为  $R = \frac{mv_0}{qB_1}$ , 所以粒子在虚线MN右侧磁场中的运动情况有两种,如图4所示. 当  $r = R$  时,  $B_2 = \frac{2mv_0}{qR} = 2B_1$ , 虚线MN右侧磁场的宽度  $d'$  应满足  $d' \geq \frac{mv_0}{qB_1}$ ; 当  $r = 2R$  时,  $B_2 = \frac{2mv_0}{2qR} = B_1$ , 虚线MN右侧磁场的宽度  $d'$  应满足  $d' \geq \frac{2mv_0}{qB_1}$ .

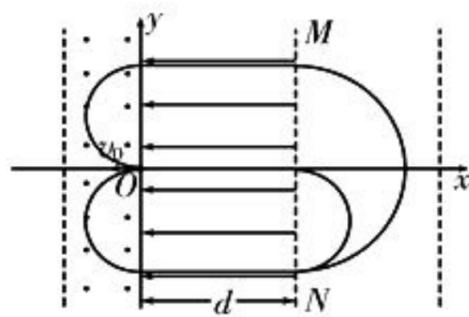


图4

13. (1) BCE (2) (i) 根据平衡条件得  $p_0 S = mg$ , 解得  $m = 7 \times 10^7 \text{ kg}$ . (ii) 水的摩尔体积  $V_0 = \frac{M_{\text{mol}}}{\rho} = 2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ , 水蒸气凝结成的水中含有的水分子数目  $n = \frac{V_{\text{水}} N_A}{V_0} = 3 \times 10^{25}$ . (iii) 建立水分子的球模型, 设水分子的直径为d, 则  $\frac{1}{6} \pi d^3 = \frac{V_0}{N_A}$ , 解得  $d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi N_A}} = 4 \times 10^{-10} \text{ m}$ .

14. (1) ADE (2) (i) 因为质点A经过1s由最大位移处第一次回到平衡位置, 经历了  $\frac{1}{4}$  个周期, 所以这列简谐波的周期  $T = 4 \text{ s}$ . 因为这列简谐波的波长不小于10cm, 质点O与A之间的距离5cm小于半个波长, 且波沿x轴正方向传播, 质点O在  $t = \frac{1}{3} \text{ s}$  时刻回到平衡位置, 质点A在  $t = 1 \text{ s}$  时刻回到平衡位置, 时间间隔为  $\frac{2}{3} \text{ s}$ , 所以这列简谐波的传播速度  $v = \frac{5 \text{ cm}}{\frac{2}{3} \text{ s}} = 7.5 \text{ cm/s}$ . 利用波长、波速和周期的关系可得, 这列简谐波的波长  $\lambda = vT = 30 \text{ cm}$ . (ii) 设质点O的位移y随时间t变化的关系式为  $y = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$ , 将  $t = 0$  时  $y = 4 \text{ cm}$  和  $t = \frac{1}{3} \text{ s}$  时  $y = 0$  代入, 解得  $\varphi_0 = \frac{\pi}{3}$ ,  $A = 8 \text{ cm}$ . 因此质点O的位移y随时间t变化的关系式为  $y = 0.08 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ m}$  或  $y = 0.08 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{5\pi}{6}\right) \text{ m}$ .

(责任编辑 张巧)

## 高考物理模拟试题(二)

### 参考答案与提示

1. C 提示: $^{14}\text{C}$ 衰变时电荷数和质量数都守恒,则X为 ${}_{-1}^0\text{e}$ ,即 $^{14}\text{C}$ 发生的是 $\beta$ 衰变,选项A、B错误。半衰期是由核内部自身的因素决定的,与原子所处的化学状态和外部条件没有关系,选项C正确,D错误。

2. D 提示:设每根杆对棱柱的弹力为N,根据平衡条件得 $2N\cos 60^\circ = Mg$ ,解得 $N = Mg$ ,选项A错误。根据平衡条件可知,两根杆对棱柱的总的作用力等于棱柱的重力Mg,选项B错误。若稍微减小(增大)两杆间的水平距离,则每根杆对棱柱的弹力方向不变,每根杆对棱柱的弹力大小也不变,选项C错误,D正确。

3. C 提示:设经过时间t地球与火星从相距最近到再次相距最近,地球比火星多转一圈,即 $\frac{t}{T_{\text{地}}} - \frac{t}{T_{\text{火}}} = 1$ ,根据开普勒第三定律得 $\frac{r_{\text{火}}^3}{T_{\text{火}}^2} = \frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}$ ,解得 $t \approx 2.2$ 年 $\approx 26$ 个月。

4. C 提示:根据匀变速直线运动的位移公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 变形得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$ ,结合 $\frac{x}{t}-t$ 图像可知,乙车的初速度 $v_{Z0} = 15$  m/s,对甲车有 $\frac{1}{2} a_{\text{甲}} = \frac{10}{2}$  m/s<sup>2</sup>,对乙车有 $\frac{1}{2} a_{\text{Z}} = \frac{10-15}{2}$  m/s<sup>2</sup>,解得 $a_{\text{甲}} = 10$  m/s<sup>2</sup>, $a_{\text{Z}} = -5$  m/s<sup>2</sup>,选项A错误。乙车做匀减速直线运动,速度减小到零用时 $t = \frac{0-v_{Z0}}{a_{\text{Z}}} = 3$  s,选项B错误。甲车做初速度为零的匀加速运动,乙车做初速度为15 m/s的匀减速运动,当两车的速度相等时相距最远,则 $v_{Z0} + a_{\text{Z}} t_0 = a_{\text{甲}} t_0$ ,解得 $t_0 = 1$  s,即甲车追上乙车前,1 s末甲、乙两车相距最远,此时两车间的距离 $\Delta x = v_{Z0} t_0 + \frac{1}{2} a_{\text{Z}} t_0^2 - \frac{1}{2} a_{\text{甲}} t_0^2 = 7.5$  m,选项C正确。乙车的速度减小到零用时 $t = 3$  s,此时甲车的速度 $v_{\text{甲}} = a_{\text{甲}} t = 30$  m/s,选项D错误。

5. A 提示:根据类平抛运动规律的推论可知,粒子通过Q点时速度方向的反向延长线一定过AB边的中点,根据几何关系得 $\tan 53^\circ = \frac{BQ}{\frac{AB}{2}}$ ,解得粒子运动到Q点时的竖直分位移 $y = BQ = \frac{2}{3}L$ 。因此粒子从A点运动到Q点的过程中,静电力做的功 $W = qEy = \frac{2}{3}qEL$ ,选项A正确,B错误。设粒子的初速度为 $v_0$ ,经过时间 $t_1$ 从A点运动到P点,经过时间 $t_2$ 从A点运动到Q点,则 $\tan 60^\circ = \frac{v_0 t_1}{\frac{qE}{2m} t_1^2}$ , $v_0 t_2 = L$ , $\frac{qE}{2m} t_2^2 = \frac{2}{3}L$ ,解得

$v_0 = \sqrt{\frac{3qEL}{4m}}$ , $t_1 = \sqrt{\frac{mL}{qE}}$ ,选项C、D错误。

6. BC 提示:集装箱的初速度为0,在0~4 m内竖直向上做匀加速直线运动,根据速度与位移的关系式得 $2ax = v^2$ ,其中 $a = 1$  m/s<sup>2</sup>,解得当 $x = 4$  m时,集装箱的速度 $v = 2\sqrt{2}$  m/s,选项A错误。根据速度公式得 $v = at$ ,解得 $t = 2\sqrt{2}$  s,选项B正确。在4 m~6 m内,集装箱向上做加速度逐渐减小的加速运动,加速度向上,集装箱处于超重状态,选项C正确。当 $x = 6$  m时,加速度减小为0,向上的速度达到最大,集装箱还会继续向上运动,选项D错误。

7. AC 提示:从第i倍增极最左端 $P_1$ 射出的电子刚好到达第i+1倍增极最右端 $P_2$ 时,设其做圆周运动的半径为 $r_1$ ,如图1所示,则 $r_1 = \sqrt{(3a-r_1)^2 + a^2}$ ,解得 $r_1 = \frac{5}{3}a$ 。根据电子受到的洛伦兹力提供向心力得 $evB = m \frac{v^2}{r_1}$ ,解得 $B = \frac{3mv}{5ea}$ 。若 $B < \frac{3mv}{5ea}$ ,则电子都不会被第i+1倍增极收集,选项A正确。从第i倍增极最右端 $P_2$ 射出的电子

刚好到达第  $i+1$  倍增极最左端  $P_3$  时, 设其做圆周运动的半径为  $r_2$ , 则  $r_2 = a$ ,  $evB = m \frac{v^2}{r_2}$ , 解得  $B = \frac{mv}{ea}$ 。若  $B > \frac{mv}{ea}$ , 则电子都不会被第  $i+1$  倍增极收集。因此在  $\frac{3mv}{5ea} < B < \frac{mv}{ea}$  范围内, 电子才可能被第  $i+1$  倍增极收集。若  $B = \frac{4mv}{5ea}$ , 则恰好全部电子都能被第  $i+1$  倍增极收集, 即从  $P_1$  射出的电子恰好到达  $P_3$ , 从  $P_2$  射出的电子恰好到达  $P_4$ , 选项 B 错误, C 正确。改变磁感应强度  $B$ , 电子从第  $i$  倍增极最右端  $P_2$  运动到  $P_2P_4$  连线的轨迹对应的圆心角发生变化, 轨迹的长度发生变化, 运动的时间不相同, 选项 D 错误。

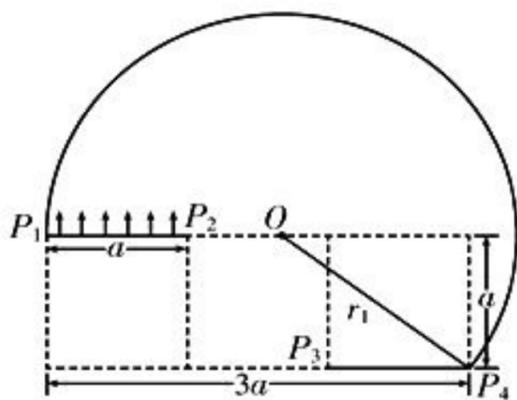


图 1

8. AD 提示: 物块在小车 AB 段上运动时, 有  $F = ma$ ,  $-2ax = v_B^2 - v_A^2$ ,  $F = \mu mg$ , 解得  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ,  $v_B = 2 \text{ m/s}$ 。物块在小车 BC 段上运动时, 根据动能定理得  $-mgr = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$ , 解得  $v_C = 0$ , 根据向心力公式得  $N = m \frac{v_C^2}{r} = 0$ , 即物块到达 C 点时对轨道的压力为 0, 选项 A 正确。因为 BC 段光滑, 所以物块返回 B 点时的速度仍为  $2 \text{ m/s}$ , 选项 B 错误。物块从 B 点返回的过程中, 由小车和物块组成的系统的动量守恒, 则  $mv_B = 2mv$ , 解得  $v = 1 \text{ m/s}$ 。对物块从 B 点返回至最终相对小车静止的过程应用能量守恒定律得  $-max = \frac{1}{2} \times 2mv^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$ , 解得  $x = \frac{1}{2} \text{ m} < 3 \text{ m}$ , 即物块最终所停位置到小车 A 端的距离  $L = x_{AB} - x = \frac{5}{2} \text{ m}$ , 选项 C 错

误, D 正确。

9. (1) 12.45 (填 12.44 ~ 12.46 均可)

(2)  $\frac{mgx}{h}$  (3) A

提示: (2) 对物体进行受力分析, 利用相似三角形得  $\frac{F}{mg} = \frac{x}{h}$ , 解得  $F = \frac{mgx}{h}$ 。(3) 根据  $F = \frac{mgx}{h}$  知  $F \propto x$ , 根据题意知  $F \propto v^2$ , 故  $v^2 \propto x$ , 选项 A 正确。

10. (1)  $R_0$  (2) 3.035 (3) 正 (4)  $\frac{ac}{b-a} - R_0$

$R_0$

提示: (1) 实验中应保持合上开关  $S_2$  与断开开关  $S_2$  两种情况下  $G_1$  的示数  $I_1$  为  $G$  的满偏电流  $I_g$ , 当合上开关  $S_2$  时,  $G$  的示数为  $\frac{I_1}{2} = \frac{I_g}{2}$ , 此时流过  $R_2$  的电流也为  $\frac{I_1}{2}$ , 则  $R_g = R_0$ 。(2) 读游标卡尺示数得测量管的直径  $D = 3 \text{ cm} + 7 \times 0.05 \text{ mm} = 3.035 \text{ cm}$ 。(3) 根据左手定则可知, 正离子往 A 极方向运动, 负离子往 C 极方向运动, 因此与 A 极相连的是灵敏电流计  $G$  的正接线柱。(4) 根据  $\frac{qU}{D} = qvB$  得电源电动势  $U = vBD$ 。根据欧姆定律得  $I = \frac{U}{R_g} = \frac{vBD}{R + R_g + r}$ , 其中  $r$  为污水的电阻, 变形得  $\frac{1}{I} = \frac{1}{vBD} \cdot R + \frac{R_g + r}{vBD}$ 。题给  $\frac{1}{I} - R$  图像的斜率  $k = \frac{b-a}{c} = \frac{1}{vBD}$ , 纵截距  $a = \frac{R_g + r}{vBD}$ , 即  $R_g + r = \frac{ac}{b-a}$ , 解得  $r = \frac{ac}{b-a} - R_0$ 。

11. (1) 设喷水装置喷出的水柱经过时间  $t$  撞击到该新型材料表面上, 撞击该新型材料表面瞬间的速率为  $v$ , 取质量为  $m_0$  的一小块儿水为研究对象, 根据平抛运动规律得  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 根据机械能守恒定律得  $m_0gh + \frac{1}{2}m_0v_0^2 = \frac{1}{2}m_0v^2$ 。设水柱稳定后, 在空中水柱的质量为  $m$ , 则  $m = \rho Sv_0t$ , 解得  $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ,  $m = \rho Sv_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 。(2) 取在很短的

时间  $\Delta t$  内, 撞击该新型材料表面的水的质量为  $\Delta m$ , 该新型材料表面对质量为  $\Delta m$  的水的平均作用力大小为  $F$ , 对质量为  $\Delta m$  的水而言, 因为  $\Delta t$  很小, 所以  $\Delta mg$  远小于  $F$ , 可忽略不计。取垂直于该新型材料表面向上为正方向, 根据动量定理得  $F\Delta t = 0 - (-\Delta mv)$ , 设在时间  $\Delta t$  内, 撞击到该新型材料表面瞬间, 水柱的横截面积为  $S'$ , 则  $\Delta m = \rho S'v\Delta t$ , 在喷口处有  $\Delta m = \rho Sv_0\Delta t$ , 解得  $F = \rho Sv_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ 。根据牛顿第三定律可知, 喷水装置喷出的水柱对该新型材料表面的平均冲击力的大小  $F' = F = \rho Sv_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ , 方向垂直于该新型材料表面向下。

12. (1) 根据金属棒的  $v-t$  图像可知, 金属棒最终将做匀速运动, 根据平衡条件得  $mg \sin \theta = BIL$ , 根据闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{BLv_{\max}}{R+r}$ , 其中  $R = 2r$ , 解得  $B =$

$$\frac{\sqrt{3mgsr \sin \theta}}{L^2 v_{\max}}$$

(2) 根据能量守恒定律得  $mgx_1 \sin \theta = Q_0 + Q_{\text{焦}} + \frac{1}{2}mv_1^2$ , 根据闭合电路欧姆定律得  $I_1 = \frac{BLv_1}{R+r}$ , 根据牛顿第二定律得  $mg \sin \theta - BI_1L = ma_1$ , 根据焦耳定律  $Q = I^2Rt$  得  $Q_{\text{焦}} = \frac{r}{R}Q_0$ , 联立以上各式解得

$$v_1 = \frac{\sqrt{2mgx_1 \sin \theta - 3Q_0}}{m}, a_1 = g \sin \theta - \frac{g \sin \theta}{v_{\max}} \sqrt{\frac{2mgx_1 \sin \theta - 3Q_0}{m}}$$

(3) 设释放金属棒的一小段时间  $\Delta t$  内其加速度为  $a_2$ , 根据牛顿第二定律得  $mg \sin \theta - BI_2L = ma_2$ , 根据  $I_2 = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C\Delta U}{\Delta t} = \frac{CBL\Delta v}{\Delta t} = CBLa_2$ , 解得  $a_2 = \frac{mg \sin \theta}{m + CB^2L^2}$ , 显然, 金属棒做匀加速运动。

13. (1) ACE 提示: 在过程  $ab$  中, 气体的体积不变, 气体对外做功为零, 气体的温度升高, 内能增加, 根据热力学第一定律可知, 气体从外界吸收热量, 选项 A 正确。在过程  $bc$  中, 气体的温度不变, 内能不变, 体积增大, 气体对外做功, 气体从外界吸收热量, 选项 B

错误。在过程  $ca$  中, 气体的体积减小, 外界对气体做功, 选项 C 正确。在过程  $ab$  中, 气体的体积不变, 分子的密度不变, 但气体的温度升高, 分子平均动能增大, 单位时间内碰撞器壁单位面积的分子数增加, 选项 D 错误。在过程  $ca$  中, 气体的压强不变, 气体的温度降低, 分子平均动能减小, 单位时间内碰撞器壁单位面积的分子数增加, 选项 E 正确。

(2)(i) 选玻璃管封闭端空气为研究对象, 空气做等温变化, 根据玻意耳定律得  $p_1L_1S = p_1'L_1'S$ , 其中  $p_1 = p_0 + p_h = 85 \text{ cmHg}$ ,  $L_1' = L_1 - h = 10 \text{ cm}$ , 解得  $p_1' = 170 \text{ cmHg}$ 。(ii) 选玻璃管开口端被活塞封闭住的空气为研究对象, 空气做等温变化, 根据玻意耳定律得  $p_2L_2S = p_2'L_2'S$ , 其中  $p_2 = p_0$ ,  $p_2' = p_1' - p_{2h} = 150 \text{ cmHg}$ , 解得  $L_2' = 6 \text{ cm}$ 。因此活塞移动的距离  $x = h + L_2 - L_2' = 16 \text{ cm}$ 。

14. (1) 正 0.5  $5\sqrt{2}$  提示:  $x=0$  处的质点速度一直减小, 结合波形图可知,  $x=0$  处的质点在  $t=0$  时刻沿  $y$  轴正方向运动, 由“上下坡法”可知, 该波沿  $x$  轴正方向传播, 且  $\frac{1}{4}T = 4 \text{ s}$ ,  $\lambda = 8 \text{ m}$ , 解得  $T = 16 \text{ s}$ , 根据波速公式得  $v = \frac{\lambda}{T} = 0.5 \text{ m/s}$ 。

$x=0$  处的质点的振动方程为  $y = 10 \sin \frac{\pi}{8}t \text{ cm}$ 。在  $t = 2 \text{ s}$  时刻,  $x=0$  处的质点的位移  $y = 5\sqrt{2} \text{ cm}$ 。

(2)(i) 设该单色光在透明材料中和在真空中的波长分别为  $\lambda, \lambda_0$ , 则透明材料的折射率  $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ , 又有  $\lambda = \frac{\sqrt{6}}{3}\lambda_0$ , 解得  $n = \frac{\sqrt{6}}{2}$ 。

(ii) 光线射到圆锥体侧面上的入射角  $i = 45^\circ$ , 因为  $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,  $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{6}}{3}$ , 即  $\sin i < \sin C$ , 所以光线会穿出圆锥体射到桌面上形成半径为  $R$  的圆形光斑。设折射角为  $r$ , 根据折射定律得  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$ , 解得  $r = 60^\circ$ 。根据几何关系得  $R = a - a \tan(r - i)$ , 解得  $R = (\sqrt{3} - 1)a$ 。因此光束在桌面上形成的圆形光斑的面积  $S = \pi R^2 = 2(2 - \sqrt{3})\pi a^2$ 。

(责任编辑 张 巧)

# 2022年高考,

## 《中学生数理化(高中版)》高考理化与您同行



考场如战场,每一道试题都是一个战略高地,拦在您面前,阻挡您通往心仪的大学。2022年高考,中学生数理化(高中版)高考理化与您同行,助您攻克难题,做高考赢家!

中学生数理化(高中版)高考理化从2021年第9期至2022年第8期为一个学年,全面配合2022年高考物理、化学学科的复习,主要栏目有高考命题新动向,高考新考向分析,科学应试与策略,实验探究与展望,创新题追根溯源,易错题归类剖析,经典题突破方法,核心考点AB卷等。单月为物理专题复习,双月为化学专题复习,为密切配合新高考,2022年第5、6期于2022年3月中旬提前出版,第7、8期于2022年4月中旬提前出版。

### 《中学生数理化(高中版)》高考理化2021.9-2022.8学年编辑计划一览表

月份	进度配合	每期重点内容
9	物理第一轮复习	必修1(运动的描述、直线运动、牛顿运动定律)、必修2(曲线运动、动能定理、机械能守恒定律、能量守恒定律)、选修3-5(动量定理、动量守恒定律、波粒二象性、原子结构、原子核)
10	化学第一轮复习	化学反应原理专题,包括化学反应的热效应、化学反应速率与化学平衡、水溶液中的离子反应与平衡、化学反应与电能
11	物理第一轮复习	选修3-1(静电场、恒定电流、磁场)、选修3-2(电磁感应、交变电流、传感器)
12	化学第一轮复习	物质结构与性质:①原子结构与性质,②分子结构与性质,③晶体结构与性质;物质结构 元素周期律
1	物理第二轮复习	选择题、实验题,高考物理模拟试题
2	化学第二轮复习	有机化学专题,包括有机化合物的结构特点与研究方法,烃,烃的衍生物,生物大分子,合成高分子
3	物理第二轮复习	解答题,高考物理模拟试题
4	化学第二轮复习	元素化合物和化学实验专题
5	物理第二轮复习	选做题,高考物理模拟试题
6	化学第二轮复习	高考热点专题:化学与生活、科技、环境、诺贝尔奖,科学应考,审题要领,选择题解题技巧,填空题答题规范等
7-8	物理、化学考前冲刺	“强基计划”政策解读与真题展示,高考物理模拟试题;高考化学模拟测试

# 预防新型冠状病毒知识

注意卫生

科学预防

勤洗手

戴口罩

多通风

打疫苗

一米线

分餐制

用公筷



国内发行代号:36-59  
国外发行代号:C1068

国际标准连续出版物号:ISSN 1001-6953  
国内统一连续出版物号:CN 41-1099/O

定价:6.00元

