



华语教育◎组编

**高中**

# 学业水平考试指导

**物 理**

本册编委：乔显正 李杏花  
陈新宇 杨校民

2023  
湖南专版

湖南师范大学出版社·长沙





# 编写说明

本书根据教育部制定的《普通高中课程方案》及各学科课程标准精心打造,着重整合学科知识体系,帮助学生全面掌握学考知识点,高效完成学业水平合格性考试考前复习。本书具有以下三个方面的特色:

**1. 设计科学,装帧实用** 本书经多方调研,最终采用“1+1”的模式出版。“1”指学生用书,“1”指综合仿真模拟测试卷。学生用书采用总分的方式,根据课程标准的要求,逐个落实学科知识点的梳理和讲解,帮助学生构建学科知识网络。综合仿真模拟测试卷,严格按照湖南省学业水平合格性考试的命题原则和要求,着重体现学考特点,并采用活页的形式,便于师生使用。为更好地满足教学需求,本书还将为教师提供教师用书。教师用书即教师的完整教案,从学业水平合格性考试复习的实际出发,系统指导教师实施复习的全过程。

**2. 紧扣课标,全真模拟** 本书紧扣课程标准,广泛收集湖南省学业水平合格性考试的最新信息,突出对主干知识的考查,突出对重点、热点的考查。在学生用书中,依据每章考点,集中训练近年的相关真题和模拟题,让学生直接体验学业水平合格性考试的难度,领悟考查要求和命题方向。

**3. 整合考点,体例完备** 本书侧重考点的整合,使学生在训练过程中把握考点的整体结构和网络,帮助学生全面掌握考点知识。在学生用书中,每章设有四个栏目:

**复习建议** 准确把握湖南省学业水平合格性考试趋势,从考查内容、能力层次等角度引导学生落实考试要求。

**考点梳理** 以课程标准为依据,并结合湖南省现行教材教学要求编写,系统梳理和整合了教学内容,以填空方式帮助学生熟记考点。

**典例剖析** 依据每章的考点,结合经典例题进行剖析,并配有即学即用的变式练习,使学生能够活学活用,掌握解题方法,体验学业水平考试的难度和方向。

**模拟演练** 立足学业水平考试实际,精选了近年的相关真题和模拟题,帮助学生适应学考,积累考试经验,提高学习自信。

编者

2022年12月

<b>必修 第一册</b> .....	001
第一章 运动的描述 .....	001
第 1 课时 质点 参考系 时间 位移 .....	001
第 2 课时 速度 加速度 .....	005
第二章 匀变速直线运动的研究 .....	009
第三章 相互作用——力 .....	016
第 1 课时 重力 弹力 摩擦力 .....	016
第 2 课时 牛顿第三定律 力的合成和分解 .....	022
第四章 运动和力的关系 .....	027
第 1 课时 牛顿运动定律 .....	027
第 2 课时 力学单位制 牛顿运动定律的应用 .....	032
<b>必修 第二册</b> .....	036
第五章 抛体运动 .....	036
第六章 圆周运动 .....	041
第七章 万有引力与宇宙航行 .....	047
第八章 机械能守恒定律 .....	052
第 1 课时 功与功率 .....	052
第 2 课时 势能 动能定理 机械能守恒定律 .....	056
<b>必修 第三册</b> .....	062
第九章 静电场及其应用 .....	062
第十章 静电场中的能量 .....	069
第十一章 电路及其应用 .....	076
第十二章 电能 能量守恒定律 .....	083
第十三章 电磁感应与电磁波初步 .....	089
第 1 课时 磁场 .....	089
第 2 课时 电磁感应 电磁波 .....	095

## 运动的描述



## 第1课时 质点 参考系 时间 位移

## 复习建议

质点、参考系、时刻、时间间隔、路程、位移都是描述运动的基本概念,复习中要明确各个概念的含义,清楚将物体视为质点的条件、参考系的选取与应用等知识,通过比较时刻和时间间隔、路程和位移,明确其区别与联系。

## 考点梳理

## 1. 质点

(1)定义:在研究物体运动的过程中,如果物体的 大小 和形状在所研究的问题中可以忽略或者物体上各点的运动情况完全相同,我们就可以把物体简化为一个具有质量的点,这样的点叫作质点。

(2)在物理学中,突出问题的主要因素,忽略 次要 因素,建立理想化的物理模型,是经常采用的一种科学研究方法。质点是一个 理想化 的物理模型。

## 2. 参考系

(1)定义:要描述一个物体的运动,首先要选定某个其他物体作为 参考,观察物体的位置相对于这个“其他物体”是否随时间

变化,以及怎样变化。这种用来作为参考的物体,称为 参考系。

(2)选取原则:参考系的选取是 任意的。

(3)参考系对观察结果的影响:选择不同的参考系来观察同一个物体的运动,其结果会有所 不同。

## 3. 坐标系

(1)建系目的:定量地描述物体的 位置。

(2)坐标系的三要素:原点、正方向和单位长度。

## 4. 时刻和时间间隔

(1)时刻:表示某一瞬间,在时间轴上用 点 表示。

(2)时间间隔:两个时刻之间的间隔称为时间间隔,在时间轴上用 线段 表示。

## 5. 路程和位移

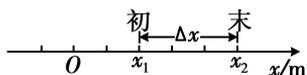
(1)位置:指运动质点在某一 时刻 在空间所处的地方。

(2)路程:物体运动轨迹的长度。

(3)位移:描述物体位置变化的物理量,是由初位置指向末位置的一条有向线段。位移的大小是初、末位置间有向线段的长度,位移的方向由初位置指向 末 位置。

(4)研究直线运动时,在物体运动的直线

上建立  $x$  轴,如图所示。



物体的初、末位置可用位置坐标  $x_1$ 、 $x_2$  表示,则物体的位移  $\Delta x = x_2 - x_1$ 。 $\Delta x$  的正、负表示位移的方向,正值表示与  $x$  轴的正方向相同,负值表示与  $x$  轴的正方向相反。

### 6. 矢量和标量

矢量是既有大小又有 方向 的物理量,标量是只有大小、没有方向的物理量,矢量和标量的运算法则不同。



### 典例剖析

#### 考点 1 质点

【例 1】下列运动项目中,运动员可以看成质点的是 ( D )

- A. 武术                      B. 击剑  
C. 自由体操                D. 马拉松赛跑

【解析】把物体看成质点的条件:物体的大小和形状在所研究的问题中可以忽略,或者物体上各点的运动情况完全相同。武术、击剑、体操都要观看具体动作,所以不能把运动员看成质点;赛跑看的是速度,所以可以忽略运动员的形状、体积,将其看成质点。本题选 D。

【变式 1】关于质点,下列说法中正确的是 ( D )

- A. 质量很小的物体一定能看成质点  
B. 体积很小的物体一定能看成质点  
C. 形状不规则的物体一定不能看成质点  
D. 地球虽大,且有自转和公转,但有时也可被视为质点

#### 考点 2 参考系

【例 2】词句“满眼风波多闪烁,看山恰似走来迎。子细看山山不动,是船行”中,“看山

恰似走来迎”和“是船行”所选的参考系分别是 ( A )

- A. 船和山                      B. 山和船  
C. 地面和山                  D. 河岸和流水

【变式 2】两列火车平行地停在一站台上,过了一会儿,甲车内的乘客发现窗外树木在向西移动,乙车内的乘客发现甲车没有动,如以地面为参考系,上述事实说明 ( D )

- A. 甲车向东运动,乙车不动  
B. 乙车向东运动,甲车不动  
C. 甲车向东运动,乙车向西运动  
D. 甲、乙两车以相同的速度向东运动

【解析】甲车内的乘客发现窗外树木在向西移动,是以甲车为参照物的,则甲车相对于静止的地面而言是向东运动的;而乙车内的乘客发现甲车没有动,说明甲、乙两车处于相对静止状态,由于甲车是向东运动的,故甲、乙两车以相同的速度相对于地面向东运动。

#### 考点 3 时刻 时间间隔

【例 3】下列数据中记录的是时刻的是 ( C )

- A. 从学校回到家里需要 12 分钟  
B. 看一场电影用 1.5 小时  
C. 火车 9 点到达张家界  
D. 离期末考试还有 5 天

【变式 3】某场班级足球赛在 16 时 20 分正式开始,甲班经过 30 分钟的顽强拼搏,终于攻入了一球。下列说法正确的是 ( D )

- A. “16 时 20 分”和“30 分钟”均指时刻  
B. “16 时 20 分”和“30 分钟”均指时间间隔  
C. “16 时 20 分”是指时间间隔,“30 分钟”是指时刻  
D. “16 时 20 分”是指时刻,“30 分钟”是指时间间隔

### 考点4 路程和位移

【例4】如图所示,物体分别沿两条不同的路径从A点运动到B点,则 ( D )

A. 沿甲、乙两条路径运动的路程相等

B. 沿路径甲运动的位移较小

C. 沿路径乙运动的位移较小

D. 沿甲、乙两条路径运动的位移相等



【解析】路程是物体运动轨迹的长度,是标量。沿甲、乙两条路径运动的路径长度明显不同,A错误。位移大小是物体运动初位置到末位置之间的距离,与运动路径无关,故B、C错误,D正确。

【变式4】小颖在田径场上绕400 m环形跑道跑了2圈,则她的位移大小是 0,通过的路程是 800 m。

### 考点5 矢量和标量

【例5】关于矢量和标量,下列说法中正确的是 ( D )

A. 既有大小又有方向的物理量一定是矢量

B. 标量是既有大小又有方向的物理量

C. 速度是矢量,-10 m/s比5 m/s小

D. 温度是标量,-10 ℃比5 ℃的温度低

【变式5】下列各物理量中,是矢量的是

( C )

A. 路程                      B. 质量

C. 位移                      D. 时间



### 模拟演练

1. 下列情形中,可将运动员简化为质点的是

( B )

A. 研究跨栏运动员的起跑、跨栏动作时

B. 研究运动员八百米赛跑的运动轨迹时

C. 研究跳水运动员在空中的翻腾动作时

D. 研究跳高运动员越过横杆的姿势时

2. (2021·湖南真题)关于质点,下列说法正确的是 ( D )

A. 物体能否看成质点,由物体的质量大小来决定

B. 物体能否看成质点,由物体的体积大小来决定

C. 研究地球自转时,地球可以看成质点

D. 研究航天器的运行轨道时,航天器可以看成质点

3. 下列关于运动和静止的说法,正确的是

( B )

A. 嫦娥五号从地球奔向月球,以地面为参考系,嫦娥五号是静止的

B. 飞机在空中加油,以受油机为参考系,加油机是静止的

C. 汽车在马路上行驶,以路灯为参考系,汽车是静止的

D. 小船顺流而下,以河岸为参考系,小船是静止的

4. 关于时刻和时间间隔,下列说法正确的是

( C )

A. 时刻表示的时间较短,时间间隔表示的时间较长

B. 1 h可以分为3 600个时刻

C. 时刻对应位置,时间间隔对应位移

D. 作息时间表上的数字代表时间间隔

5. 球从4 m高处落下,被地板弹回,在距地面3 m高处被接住,则皮球通过的路程和位移的大小分别是 ( B )

A. 6 m,4 m

B. 7 m,1 m

C. 1 m,1 m

D. 6 m,3 m

6. (2019·湖南真题) 下列物理量属于标量的是 ( D )

- A. 速度                      B. 加速度  
C. 力                          D. 质量

7. (2020·湖南真题) 小明从家乘坐出租车到学校拿资料后,再乘坐该车返回。往返的乘车发票如图所示,对于图中信息,下列说法正确的是 ( D )

日期	2020年3月17日
上车	15:11
下车	15:41
单价	2.00元/公里
里程	11.2公里
等候	00:12.50
金额	33.00元

- A. “15:11”指时间间隔  
B. “00:12.50”指时刻  
C. “11.2 公里”指位移大小  
D. “11.2 公里”指路程

8. 观察如图所示的漫画,图中的司机对乘客说“你没动”,而路边的小女孩却说他运动得“真快”。司机和小女孩描述乘客的运动状态时,所选取的参考系分别为 ( C )



- A. 地面、地面              B. 地面、汽车  
C. 汽车、地面              D. 汽车、汽车

9. (2018·湖南真题) 小明同学乘坐公交车回家,在一段平直的公路上,看到路旁的树在向北运动,则 ( D )

- A. 他可能是选地面为参考系  
B. 他可能是选路旁的房屋为参考系  
C. 公交车在向北运动  
D. 公交车在向南运动

10. 2022年11月29日23时08分,搭载神舟十五号载人飞船的长征二号F遥十五运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射,成功将费俊龙、邓清明、张陆3名航天员送入太空。11月30日,神舟十五号航天员乘组顺利进驻中国空间站会师神舟十四号3人组。根据以上信息,下列说法正确的是 ( C )

- A. “2022年11月29日23时08分”指的是时间间隔  
B. 航天员在中国空间站中绕地球飞行一圈,路程为零  
C. 航天员在中国空间站中绕地球飞行一圈,位移为零  
D. 长征二号F遥十五运载火箭上升过程中,邓清明相对于费俊龙是运动的

11. (2022·湖南真题) 学校田径场某跑道周长为400 m,小明同学沿着该跑道跑了两圈。在这个过程中 ( C )

- A. 小明运动的位移大小为800 m  
B. 小明运动的位移大小为400 m  
C. 小明运动的路程为800 m  
D. 小明运动的路程为400 m

12. 研究地球的公转时, 可以 (填“可以”或“不可以”)把地球看作质点;研究地球的自转时, 不可以 (填“可以”或“不可以”)把地球看作质点。

## 第2课时 速度 加速度

### 复习建议

速度和加速度是高中物理中比较难理解的物理量,我们在复习时可通过类比和对比的方法理解这两个物理量的定义及计算方法,并要求能利用光电门、打点计时器计算物体的速度、加速度,探究物体做直线运动的规律。

### 考点梳理

#### 1. 速度

(1)定义:用位移与发生这段位移所用时间之比表示物体运动的快慢。

(2)定义式: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。

(3)单位:在国际单位制中,速度的单位是米每秒,符号是  $\text{m/s}$  或  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。常用的单位还有千米每时 ( $\text{km/h}$  或  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )、厘米每秒 ( $\text{cm/s}$  或  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 等。

(4)矢量性:速度既有大小,又有方向,是矢量。速度  $v$  的方向与时间  $\Delta t$  内的位移  $\Delta x$  的方向相同。

#### 2. 平均速度和瞬时速度

(1)平均速度描述物体在一段时间内运动的平均快慢程度,只能粗略描述物体运动的快慢。

(2)瞬时速度:描述物体在某一时刻运动的快慢,可以精确描述物体运动的快慢。

(3)瞬时速度的大小通常叫作速率。平均速率是路程与相应时间之比。

#### 3. 加速度

(1)定义:物体速度的变化量与发生这一变化所用时间之比。

(2)公式: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$ 。

(3)物理意义:描述速度变化快慢的物理量。

(4)单位:在国际单位制中,加速度的单位是米每二次方秒,符号是  $\text{m/s}^2$  (或  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )。

(5)加速度的方向:加速度是矢量,加速度  $a$  的方向与速度的变化量  $\Delta v$  的方向相同。在直线运动中,若选取初速度  $v_0$  的方向为正方向:当  $v > v_0$  时,加速度  $a$  为正值,表明加速度的方向与初速度  $v_0$  的方向相同,物体在加速;当  $v < v_0$  时,加速度  $a$  为负值,表明加速度的方向与初速度  $v_0$  的方向相反,物体在减速。

#### 4. 速度的测量

##### (1)打点计时器的原理及使用

	电火花计时器	电磁打点计时器
结构示意图		
工作电压	220 V 的交流电	8 V 左右的交流电
打点方式	周期性产生电火花	振针周期性上下振动
打点周期	0.02 s	0.02 s
记录信息	位移、时间	

(2) 跟运动物体连在一起的纸带上打出的点记录了物体在不同时刻的位置,用刻度尺测出两个计数点间的位移  $\Delta x$ ,打两个点的时间间隔可由  $\Delta t = (n-1) \times T$  ( $T$  为两相邻计数点间的时间间隔) 求得,则平均速度  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。当  $\Delta t$  很短时,可以认为  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  为  $t$  时刻的瞬时速度。

**典例剖析**
**考点 1 速度**

【例 1】下列所说速度中通常指平均速度的是 ( C )

- A. 子弹射中小鸟时的速度
- B. 物体竖直上抛到最高点时的速度
- C. 某同学从家返校的速度
- D. 物体下落后第 2 s 末的速度

【解析】子弹射中小鸟时的速度,为某一时刻的速度,为瞬时速度,故 A 错误;物体竖直上抛到最高点时的速度为某一位置的速度,为瞬时速度,故 B 错误;某同学从家返校的速度为某一过程中的速度,为平均速度,故 C 正确;物体下落后第 2 秒末的速度为某一时刻的速度,为瞬时速度,D 错误。

【变式 1】如果测得刘翔参加 110 m 栏比赛时起跑的速度为 8.5 m/s,12.91 s 末到达终点时的速度为 10.2 m/s,那么刘翔在全程内的平均速度为 ( C )

- A. 9.27 m/s
- B. 9.35 m/s
- C. 8.52 m/s
- D. 10.2 m/s

【解析】由平均速度的定义,总的位移是 110 m,总的的时间是 12.91 s,所以平均速度为

$$\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{110}{12.91} \text{ m/s} = 8.52 \text{ m/s}, \text{ C 正确, A、B、D}$$

错误。

**考点 2 加速度**

【例 2】下列说法中正确的是 ( B )

- A. 速度的变化量很大,加速度一定很大
- B. 速度的方向为正,加速度的方向可能为负
- C. 速度的变化量的方向为正,加速度的方向可能为负
- D. 速度的变化越来越快,加速度可能越来越小

【解析】由公式  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  可知,速度的变化量

很大,加速度不一定很大,还与时间有关,故 A 错误;速度的方向可以与加速度的方向相同,也可相反,速度的方向与加速度的方向相同,物体做加速运动,反之则做减速运动,B 正确;

由公式  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  可知,加速度的方向一定与速度的变化量的方向相同,C 错误;速度的变化越来越快,即发生相同的速度变化所用的时间越来越短,故加速度越来越大,D 错误。

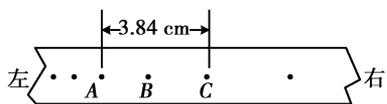
【变式 2】下列关于速度和加速度的说法中,正确的是 ( D )

- A. 物体运动速度的变化量越大,它的加速度一定越大
- B. 物体的加速度为零,它的速度也为零
- C. 物体运动速度的变化量越小,它的加速度一定越小
- D. 加速度表示的是物体运动速度对时间的变化率

**【解析】**物体运动速度的变化量越大,它的加速度不一定越大,还与时间有关,选项 A 错误;物体的加速度为零,它的速度不一定为零,例如物体做匀速直线运动时的情况,选项 B 错误;根据  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  可知,物体运动速度的变化量越小,它的加速度不一定越小,选项 C 错误;根据  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  可知,加速度表示的是物体运动速度对时间的变化率,选项 D 正确。

### 考点 3 速度的测量

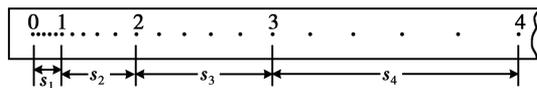
**【例 3】**(2018·湖南真题)用打点计时器研究自由落体运动时,在纸带下端固定重物,纸带穿过打点计时器,接通电源后将纸带由静止释放。如图为打出的纸带的一部分,纸带上相邻两点间的时间间隔为 0.02 s。在实验时,重物固定在图示纸带的 左 (填“左”或“右”)端,打 B 点时纸带的速度大小为 0.96 m/s。



**【解析】**从纸带上各点的间距可以看出,相等时间内的位移越来越大,则纸带的左端与重物相连;B 点的速度等于 AC 段的平均速度,则  $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{3.84 \times 10^{-2}}{2 \times 0.02}$  m/s = 0.96 m/s。

**【变式 3】**用接在 50 Hz 交流低压电源上的打点计时器,研究小车的匀加速直线运动,某次实验中得到的一条纸带如图所示。从比较清晰的点起,每 5 个点取一个计数点,分别标为 0,1,2,3,⋯,量得计数点 2,3 之间的距离  $s_3 = 30.0$  mm,计数点 3,4 之间的距离  $s_4 =$

48.0 mm,则 2,3 两点间的时间间隔为 0.1 s,小车在 2,3 两点间的平均速度为 0.3 m/s,小车在打计数点 3 时的瞬时速度为 0.39 m/s。



### 模拟演练

- 下列物理量中不全是矢量的一组是 ( A )
  - 质量、功、温度
  - 加速度、力、速度
  - 平均速度、力、位移
  - 瞬时速度、加速度、力
- 关于速度、速度的变化量、加速度,下列说法中正确的是 ( D )
  - 加速度很小时,速度一定很小
  - 加速度为负时,速度一定减小
  - 加速度很小时,速度的变化量一定很小
  - 加速度、速度、速度的变化量三者的大小没有直接关系
- 甲、乙两辆汽车在同一水平公路上做直线运动,它们运动的加速度分别为  $a_{甲} = 0.4$  m/s<sup>2</sup>,  $a_{乙} = -0.5$  m/s<sup>2</sup>。由此可知下列判断中正确的是 ( A )
  - 甲车的加速度方向可能与速度方向相反
  - 甲车的加速度大于乙车的加速度
  - 甲车做的一定是加速运动,乙车做的一定是减速运动
  - 甲、乙两车的运动方向一定相反
- (2020·湖南真题)小型轿车的“百公里加速时间”是指汽车从静止开始加速到 100 km/h (约为 28 m/s) 所用的最少时间。

若某汽车的“百公里加速时间”为 7 s,在这 7 s 内该汽车的平均加速度约为 ( B )

- A.  $2 \text{ m/s}^2$                       B.  $4 \text{ m/s}^2$   
C.  $6 \text{ m/s}^2$                       D.  $8 \text{ m/s}^2$

5. (2022 · 湖南真题)一物体做初速度为 0、加速度为  $a$  的匀加速直线运动。该物体在 1 s 末、2 s 末的速度之比为 ( A )

- A. 1 : 2                              B. 1 : 4  
C. 1 : 6                              D. 1 : 8

6. 牙买加选手博尔特是公认的世界飞人,他在 2012 年伦敦奥运会男子 100 m 决赛和男子 200 m 决赛中分别以 9.63 s 和 19.32 s 的成绩刷新两项世界纪录,获得两枚金牌。关于他在这两场决赛中的运动情况,下列说法正确的是 ( C )

- A. 200 m 决赛的位移是 100 m 决赛的两倍  
B. 200 m 决赛的平均速度约为  $10.35 \text{ m/s}$   
C. 100 m 决赛的平均速度约为  $10.38 \text{ m/s}$   
D. 100 m 决赛中最大速度约为  $20.64 \text{ m/s}$

7. 某同学做“用打点计时器测速度”的实验,下列说法正确的是 ( D )

- A. 使用打点计时器时,应先拉动纸带,再接通电源  
B. 当电源频率是 50 Hz 时,打点计时器每隔 0.1 s 打一个点  
C. 如果纸带上打出的点迹不均匀,则点迹稀疏的地方表示速度较小  
D. 利用纸带上的点迹可测算出纸带运动的平均速度

8. 在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,打出的纸带如图所示。已知打点计时器使用的交流电源频率为 50 Hz,计数点 A 和 B 之间、B 和 C 之间均有 4 个未打出的点,则打 B、C 两点的時間间隔是 0.1 s; 为了求出 BC 段的平均速度,还要用刻度尺量出 BC 段的长度。



## 第二章 匀变速直线运动的研究

### 复习建议

本部分的复习要抓住匀变速直线运动的特点和规律,记住速度与时间的关系、位移与时间的关系、速度与位移的关系,结合速度—时间图像和位移—时间图像加深对匀变速直线运动规律的理解。

### 考点梳理

#### 1. 匀变速直线运动

(1)定义:沿着一条直线,且加速度不变的运动,叫作匀变速直线运动。

(2)速度特点:在相等时间内的速度变化量相等,加速度恒定。

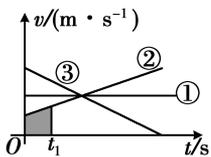
(3)位移特点:在任意两个连续相等的时间内的位移之差是相等的。

(4)分类:匀加速直线运动中,物体的速度随时间均匀增加;匀减速直线运动中,物体的速度随时间均匀减小。

#### 2. 匀变速直线运动的速度—时间图像

$v-t$  图像:匀变速直线运动的  $v-t$  图像是一条倾斜的直线。

如图所示,①表示物体做匀速直线运动;②表示物体做匀加速直线运动;③表示物体做匀减速直线运动。①②③交点的纵坐标表示三者速度相同,图中阴影部分的面积表示  $0 \sim t_1$  时间内物体运动的位移。



#### 3. 匀变速直线运动规律

(1)速度公式:  $v = v_0 + at$ 。

(2)位移公式:  $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 。

(3)速度—位移关系式:  $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 。

(4)平均速度:  $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ , 即一段时间

内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度,也等于这段时间内初、末时刻速度矢量和的一半。

#### 4. 匀变速直线运动速度的计算

##### (1) 利用打点计时器测速度

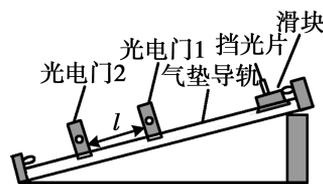
在打点计时器打出的纸带上选取合适的计数点,各计数点的瞬时速度可用以该点为中间时刻的一段时间内的平均速度来代替:

$$\text{即 } v_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2T}。$$

##### (2) 利用光电门测速度

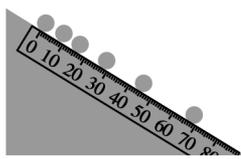
光电门是一种可以测量物体瞬时速度的器材,它的基本原理是:极短时间

内的平均速度大小可以近似认为是该时刻的瞬时速度大小。如图所示为用光电门测速度的实验装置。如某次宽为  $d$  的挡光片通过光电门,计时器上显示的时间是  $\Delta t$ ,则挡光片通过光电门时的瞬时速度大小为  $v = \frac{d}{\Delta t}$ 。



## (3) 利用频闪照相技术测速度

如图所示为小球沿斜面运动时每秒闪光 10 次拍摄出的频闪照片, 照片中每两个相邻小球影像之间的时间间隔就是 0.1 s, 这样便记录了物体的运动时间, 而物体的运动位移则可以用照片中的刻度尺量出。利用频闪照片计算某时刻物体速度的方法与利用纸带计算速度的方法相同。



## 5. 自由落体运动

(1) 定义: 物体只在 重力 作用下从 静止 开始下落的运动。

(2) 运动性质: 初速度等于 零 的匀加速直线运动。

(3) 受力特点: 只受重力 作用, 不受其他力。

## 6. 自由落体运动的加速度

(1) 定义: 在同一地点, 一切物体自由下落的加速度都 相同, 这个加速度叫作自由落体加速度, 也叫作 重力加速度, 通常用  $g$  表示。

(2) 方向: 竖直向下。

(3) 大小

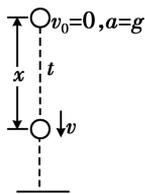
①一般情况下,  $g$  取  $9.8 \text{ m/s}^2$ , 粗略计算则取  $10 \text{ m/s}^2$ ; ② $g$  随纬度升高而增大, 随高度升高而减小。

## 7. 自由落体运动的规律

(1) 速度公式:  $v = \underline{gt}$ 。

(2) 位移公式:  $x = \underline{\frac{1}{2}gt^2}$ 。

(3) 速度—位移公式:  $v^2 = \underline{2gx}$ 。



## 典例剖析

## 考点 1 匀变速直线运动

【例 1】物体做匀变速直线运动, 加速度大小为  $3 \text{ m/s}^2$ , 下列说法正确的是 ( C )

A. 物体的末速度一定比初速度大  $3 \text{ m/s}$

B. 物体在每  $1 \text{ s}$  内的速度增加量一定是  $3 \text{ m/s}$

C. 物体在第  $3 \text{ s}$  末的速度可能比第  $2 \text{ s}$  末的速度大  $3 \text{ m/s}$

D. 物体在第  $3 \text{ s}$  末的速度一定比第  $2 \text{ s}$  末的速度大  $3 \text{ m/s}$

【解析】由题意可知, 物体可能做匀加速直线运动, 也可能做匀减速直线运动, 即其加速度可能是  $3 \text{ m/s}^2$ , 也可能是  $-3 \text{ m/s}^2$ 。只知道加速度的大小, 不知道相应的时间, 无法确定速度的变化量, 故 A 错误; 根据  $\Delta v = a\Delta t$ , 可知物体在每  $1 \text{ s}$  内的速度增加量可能是  $3 \text{ m/s}$ , 也可能是  $-3 \text{ m/s}$ , 故 B 错误; 若物体做匀加速直线运动, 则物体在第  $3 \text{ s}$  末的速度比第  $2 \text{ s}$  末的速度大  $3 \text{ m/s}$ , 若物体做匀减速直线运动, 则物体在第  $3 \text{ s}$  末的速度比第  $2 \text{ s}$  末的速度小  $3 \text{ m/s}$ , 故 C 正确、D 错误。故选 C。

【变式 1】关于直线运动, 下列说法中不正确的是 ( C )

A. 匀速直线运动的速度是恒定的, 不随时间而改变

B. 匀变速直线运动的瞬时速度随时间而改变

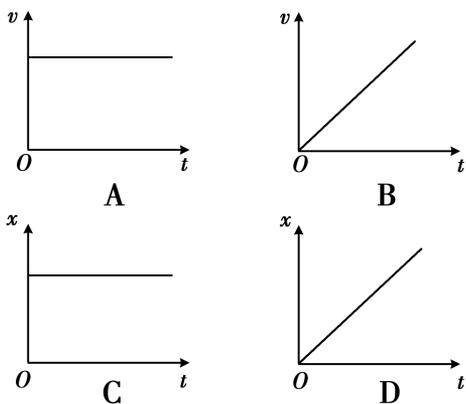
C. 速度随着时间不断增加的运动, 叫作

## 匀加速直线运动

D. 速度随着时间均匀减小的运动,叫作匀减速直线运动

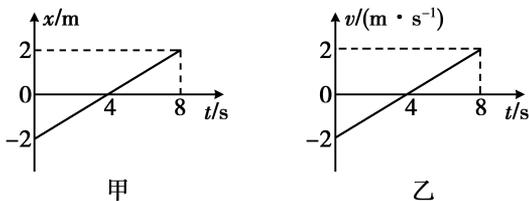
## 考点 2 匀变速直线运动的速度—时间图像

【例 2】(2020·湖南真题)礼花弹在竖直升空的初始阶段的运动可看成匀加速直线运动。下列速度  $v$  或位移  $x$  随时间  $t$  变化的图像中,能正确描述礼花弹做匀加速直线运动的是 ( B )



【解析】A 图表示物体做匀速直线运动,A 错误;B 图表示物体做匀加速直线运动,B 正确;C 图表示物体静止,C 错误;D 图表示物体做匀速直线运动,D 错误。

【变式 2】物体甲的  $x-t$  图像和物体乙的  $v-t$  图像如图所示,则这两物体的运动情况是 ( B )



A. 甲在整个  $t=8\text{ s}$  时间内有往返运动,它通过的总位移为零  
B. 甲在整个  $t=8\text{ s}$  时间内运动方向一直

不变,它的速度大小为  $0.5\text{ m/s}$

C. 乙在整个  $t=8\text{ s}$  时间内有往返运动,它通过的总位移为  $4\text{ m}$

D. 乙在整个  $t=8\text{ s}$  时间内运动方向一直不变,它的加速度大小为  $0.5\text{ m/s}^2$

【解析】 $x-t$  图像中斜率的物理意义为速度,故甲的速度大小  $v = \left| \frac{\Delta x}{\Delta t} \right| = \left| \frac{2 - (-2)}{8} \right| \text{ m/s} = 0.5\text{ m/s}$ ,所以甲在整个  $8\text{ s}$  时间内做匀速直线运动,运动方向一直不变,位移不为零,A 错误,B 正确;根据  $v-t$  图像可知,乙在整个  $8\text{ s}$  时间内有往返运动, $v-t$  图像和时间轴围成的面积为位移,根据图像可知  $8\text{ s}$  时间内乙通过的总位移为  $0$ ,C 错误; $v-t$  图像中斜率的物理意义为加速度,故乙的加速度大小为  $a = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \left| \frac{2 - (-2)}{8} \right| \text{ m/s}^2 = 0.5\text{ m/s}^2$ ,D 错误。

## 考点 3 匀变速直线运动规律

【例 3】某质点做直线运动,速度随时间变化的关系式为  $v = (3t + 4)\text{ m/s}$ ,则对这个质点运动的描述,不正确的是 ( C )

- A. 初速度为  $4\text{ m/s}$   
B. 在  $3\text{ s}$  末,瞬时速度为  $13\text{ m/s}$   
C. 加速度为  $6\text{ m/s}^2$   
D. 前  $2\text{ s}$  内,位移为  $14\text{ m}$

【解析】根据速度—时间关系式  $v = (3t + 4)\text{ m/s}$ ,可知  $v_0 = 4\text{ m/s}$ ,  $a = 3\text{ m/s}^2$ ,则选项 A 正确,不符合题意;选项 C 错误,符合题意;在  $3\text{ s}$  末,瞬时速度为  $v_3 = 3 \times 3 + 4 = 13\text{ m/s}$ ,选项 B 正确,不符合题意;前  $2\text{ s}$  内,位移为  $x_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2 =$

$(4 \times 2 + \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2) \text{ m} = 14 \text{ m}$ , 选项 D 正确, 不符合题意。

**【变式 3】**一物体做匀变速直线运动, 从某时刻(即  $t=0$  时)开始计时, 在此后连续两个  $2 \text{ s}$  内物体通过的位移分别为  $8 \text{ m}$  和  $16 \text{ m}$ 。求:

- (1) 物体的加速度大小;
- (2)  $t=0$  时物体的速度大小。

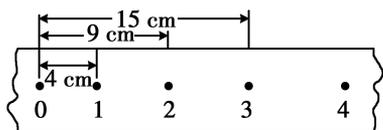
**【解析】**(1) 根据推论  $\Delta x = aT^2$ , 代入数据

$$\text{可得: } a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{x_2 - x_1}{T^2} = \frac{16 - 8}{2^2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2。$$

(2) 由题意可得:  $x_1 = v_0 T + \frac{1}{2} a T^2$ 。代入数据, 有  $8 = 2v_0 + \frac{1}{2} \times 2 \times 4$ , 解得  $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 。

#### 考点 4 匀变速直线运动速度和加速度的测量

**【例 4】**在做“研究匀变速直线运动”的实验时, 所用电源频率为  $50 \text{ Hz}$ , 取下一段纸带研究, 如图所示。设  $O$  点为计数点的起点, 相邻两计数点间还有 4 个点, 则物体的加速度  $a = \underline{1} \text{ m/s}^2$ , 物体经过第 2 个计数点时的瞬时速度  $v = \underline{0.55} \text{ m/s}$ 。



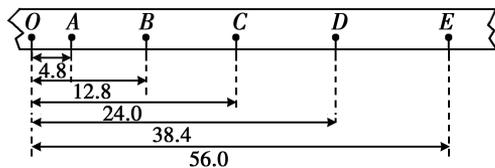
**【解析】**相邻两计数点间还有 4 个点, 则两计数点间的时间间隔  $T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$ 。由题意可知, 相邻的相等时间间隔内的位移之差  $\Delta x = aT^2 = (9 - 4) - 4 = (15 - 9) - (9 - 4) = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$ 。根据匀变速直线运动的推论

$\Delta x = aT^2$ , 可以求得加速度  $a = \frac{\Delta x}{T^2} = 1 \text{ m/s}^2$ 。物

体经过第 2 个计数点时的瞬时速度  $v = \frac{x_{13}}{2T} =$

$$\frac{(15 - 4) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.55 \text{ m/s}。$$

**【变式 4】**在“研究匀变速直线运动”的实验中: 小车拖着纸带的运动情况如图所示, 图中  $A, B, C, D, E$  为相邻的计数点, 相邻的两个计数点间的时间间隔是  $0.08 \text{ s}$ , 标出的数据单位是  $\text{cm}$ , 则打点计时器在打  $C$  点时小车的瞬时速度是 1.6  $\text{m/s}$ , 小车运动的加速度是 5  $\text{m/s}^2$ 。



**【解析】**(1) 根据某段时间内的平均速度等于时间中点的瞬时速度, 可得  $C$  点的瞬时速度

$$v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{(38.4 - 12.8) \times 10^{-2} \text{ m}}{2 \times 0.08 \text{ s}} = 1.6 \text{ m/s}。$$

(2) 由图中数据可知:  $x_{OA} = 4.8 \text{ cm}$ ,  $x_{AB} = 8.0 \text{ cm}$ ,  $x_{BC} = 11.2 \text{ cm}$ ,  $x_{CD} = 14.4 \text{ cm}$ ,  $x_{DE} = 17.6 \text{ cm}$ 。故连续相等时间间隔内的位移之差为  $\Delta x = 3.2 \text{ cm}$ , 根据  $\Delta x = aT^2$ , 解得加速度  $a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{3.2 \times 10^{-2}}{0.08^2} = 5 \text{ m/s}^2$ 。

#### 考点 5 自由落体运动

**【例 5】**(2019 · 湖南真题) 大小相同而质量不同的两个小球, 从同一高度同时静止下落, 落到同一水平面上, 不计空气阻力, 则

( C )

- A. 质量大的先落地
- B. 质量小的先落地
- C. 两小球同时落地
- D. 两小球落地先后无法确定

**【解析】**所有物体做自由落体运动的加速度都相等,下落相同的高度,运动时间相同。

**【变式 5】**一位攀岩者的脚踩掉了一块岩石,他的伙伴在悬崖底部,看到岩石约在 2 s 后落到地上。由此根据自由落体运动规律可估测出当时攀岩者离地的高度大约是 ( B )

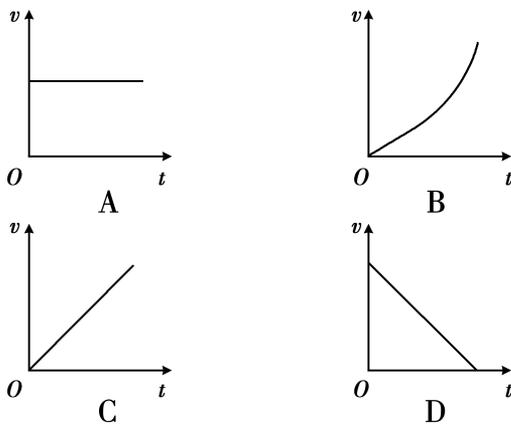
- A. 10 m
- B. 20 m
- C. 30 m
- D. 40 m

**【解析】**根据  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 可得:  $h = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \text{ m} = 20 \text{ m}$ , 故 B 正确, A、C、D 错误。

**模拟演练**

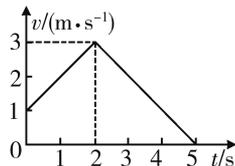
1. (2020 · 湖南真题) 如图所示, 研究落体运动规律时, 将玻璃筒竖直放置, 让羽毛和铁片从玻璃管顶端同时开始下落。下列说法正确的是 ( C )
 
  - A. 玻璃筒内抽成真空前, 羽毛和铁片同时落到底端
  - B. 玻璃筒内抽成真空前, 羽毛比铁片先落到底端
  - C. 玻璃筒内抽成真空后, 羽毛和铁片同时落到底端
  - D. 玻璃筒内抽成真空后, 铁片比羽毛先落到底端
2. (2018 · 湖南真题) 一列火车在接近终点站时的运动可看成匀减速直线运动, 下列  $v-t$

图像中能描述火车做匀减速直线运动的是 ( D )



3. (2022 · 湖南真题) 一物体沿直线运动, 其  $v-t$  图像如图所示。该物体 1 s 和 4 s 末的速度大小分别为  $v_1$  和  $v_4$ , 加速度大小分别为  $a_1$  和  $a_4$ 。下列关系正确的是 ( A )

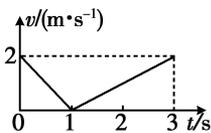
- A.  $v_1 > v_4$
- B.  $v_1 < v_4$
- C.  $a_1 > a_4$
- D.  $a_1 < a_4$



**【解析】**由图像可知, 该物体在 1 s 末的速度为  $v_1 = 2 \text{ m/s}$ , 在 4 s 末的速度为  $v_4 = 1 \text{ m/s}$ , 故  $v_1 > v_4$ , A 正确、B 错误; 由  $v-t$  图像的斜率表示加速度可知,  $a_1 = \frac{3-1}{2} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$ ,  $a_4 =$

$\frac{3-0}{3} = 1 \text{ m/s}^2$ , 即加速度大小相等, 故 C、D 错误。

4. (2019 · 湖南真题) 物体沿直线运动, 在 0~3 s 内的  $v-t$  图像如图所示, 则 ( C )



- A. 0~1 s 内物体的位移大小为 2 m
- B. 1~3 s 内物体的加速度大小为  $2 \text{ m/s}^2$

C. 0~3 s 内物体先做匀减速直线运动,后做匀加速直线运动

D. 0~3 s 内物体先做匀加速直线运动,后做匀减速直线运动

【解析】根据  $v-t$  图像和时间轴所围成的面积表示位移,知 0~1 s 内物体的位移大小为  $x = \frac{1 \times 2}{2} \text{ m} = 1 \text{ m}$ , A 错误;由  $v-t$  图像的斜率表示加速度,知 1~3 s 内物体的加速度大小为  $a = \left| \frac{2-0}{3-1} \right| \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$ , B 错误;由图像可知,0~1 s 内物体做匀减速直线运动,1~3 s 内物体做匀加速直线运动,故 C 正确、D 错误。

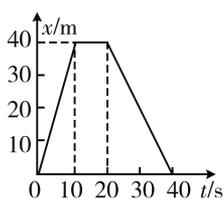
5. (2021·湖南真题)一辆汽车沿平直道路行驶, $x$  表示它相对于出发点的位移,汽车运动的  $x-t$  图像如图所示。下列说法正确的是 ( A )

A. 在 0~40 s 内,汽车距离出发点最远为 40 m

B. 在 0~40 s 内,汽车距离出发点最远为 80 m

C. 在 10~20 s 内,汽车做匀加速直线运动

D. 在 20~40 s 内,汽车做匀减速直线运动



6. (2021·湖南真题)一块橡皮擦从课桌的桌面边缘掉落到地面所需的时间约为 ( B )

A. 0.1 s

B. 0.4 s

C. 0.8 s

D. 1 s

7. 一辆公共汽车出站后从静止开始加速,做匀加速直线运动,第 1 s 和第 2 s 内的位移大小依次为 1 m 和 3 m。则汽车在启动后前 5 s 内的位移是 ( C )

A. 16 m

B. 24 m

C. 25 m

D. 27 m

【解析】根据  $\Delta x = aT^2$ , 解得  $a = \frac{\Delta x}{T^2} = 2 \text{ m/s}^2$ , 则汽车在启动后前 5 s 内的位移是  $x = \frac{1}{2}at^2 = 25 \text{ m}$ 。

8. (2022·湖南真题)质量分别为  $m_A$ 、 $m_B$ 、 $m_C$  的三块石头, $m_A < m_B$ ,  $m_C = m_A + m_B$ , 分别将它们从同一位置由静止释放,落到同一水平地面上,下落时间分别为  $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_C$ , 不计空气阻力。关于  $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_C$  的大小关系,下列说法正确的是 ( D )

A.  $t_A$  最大

B.  $t_B$  最大

C.  $t_C$  最大

D.  $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_C$  相等

9. 在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,下列说法中正确的是 ( C )

A. 长木板一定要水平摆放,不能一端高一端低

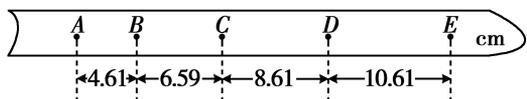
B. 使用刻度尺测量长度时,不必估读

C. 使用刻度尺测量长度时,要估读到最小刻度的下一位

D. 作  $v-t$  图像时,所描曲线必须经过每一个点

【解析】做这个实验时,让小车做变速运动即可,不考虑平衡摩擦力,所以长木板可以水平摆放,也可以一端高一端低, A 错误;使用刻度尺测量长度时,要估读到最小刻度的下一位, B 错误, C 正确;作  $v-t$  图像时,应使描出的平滑曲线尽可能多地通过所描的点,但不必经过每一个点, D 错误。

10. 如图所示为物体做匀加速直线运动时打点计时器打出的一条纸带,图中相邻的两点间还有4个点未画出,则每两个点之间的时间间隔为 0.10 s。已知打点计时器接 50 Hz 的交流电源,则打点计时器打出 D 点时,物体的速度大小为 0.96 m/s,物体运动的加速度大小为 2.0 m/s<sup>2</sup>。(计算结果保留两位有效数字)



【解析】相邻的两点间还有4个点未画出,则计数点间的时间间隔  $T=0.02 \times 5 \text{ s}=0.10 \text{ s}$ 。做匀变速直线运动的物体在某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度,故有  $v_D =$

$$\frac{x_{CE}}{2T} = \frac{8.61 + 10.61}{2 \times 0.10} \times 10^{-2} \text{ m/s} \approx 0.96 \text{ m/s}。由逐$$

差法可得,加速度大小为  $a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{(2T)^2} =$

$$\frac{(8.61 + 10.61 - 4.61 - 6.59) \times 10^{-2}}{(2 \times 0.10)^2} \text{ m/s}^2 \approx 2.0 \text{ m/s}^2。$$

11. 一质点做匀加速直线运动,初速度为 10 m/s,加速度为 2 m/s<sup>2</sup>。试求该质点:
- (1) 第 5 s 末的速度大小;
  - (2) 第 5 s 内的位移大小。

【解析】(1) 第 5 s 末的速度大小  $v_5 = v_0 + at_5 = 10 + 2 \times 5 = 20 \text{ m/s}$ ;

(2) 第 5 s 内的位移大小  $x_5 = (v_0 t_5 + \frac{1}{2} at_5^2) - (v_0 t_4 + \frac{1}{2} at_4^2) = (10 \times 5 + \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2) \text{ m} - (10 \times 4 + \frac{1}{2} \times 2 \times 4^2) \text{ m} = 19 \text{ m}。$

12. 在平直公路上,一汽车的速度为 16 m/s,从某时刻开始刹车。在阻力作用下,汽车以 2 m/s<sup>2</sup> 的加速度运动。问:
- (1) 刹车后多长时间汽车停下来?
  - (2) 刹车后第 10 s 末汽车距离开始刹车的点多远?

【解析】(1) 汽车停下来的时间  $t = \frac{v_0}{a} = \frac{16}{2} \text{ s} = 8 \text{ s}。$

(2) 刹车后 10 s 末汽车已经停止运动,则此时汽车的位移等于 8 s 内的位移,  $x = \frac{v_0}{2} t = \frac{16}{2} \times 8 \text{ m} = 64 \text{ m}。$

## 第三章 相互作用——力

### 第1课时 重力 弹力 摩擦力

#### 复习建议

重力、弹力、摩擦力是力学中最常见的三种力,复习时要对力的产生、大小、方向等做全方位的理解,理解弹力和摩擦力的依存关系、弹力和摩擦力的有无,熟悉弹簧的弹力、滑动摩擦力的计算。

#### 考点梳理

##### 1. 力

(1) 定义:力是物体与物体间的相互作用。

(2) 作用效果:可以改变物体的运动状态,也可以使物体发生形变。

(3) 力的三要素:大小、方向、作用点。

##### 2. 力的图示

画出力的三要素,用有向线段来表示力的方法,叫作力的图示。

##### (1) 力的作用点的画法

一般来说,把力的作用点画在受力物体上。对于一个物体同时受到几个力的情况,作用点一般都画在物体的中心上,线段的终点或起点皆可表示作用点。

##### (2) 力的大小的画法

首先选择一个合适的标度。如要画一个大小为 60 N 的力,可以选择用 1 cm 的线段表示 20 N,那么 60 N 就可以用 3 cm 的线段表

示。同一图示中只能确定一个标度。

##### (3) 力的方向的画法

在线段的末端标箭头,表示力的方向。

##### 3. 重力

(1) 定义:地球对周围的一切物体都有吸引作用,这种由于地球的吸引而使物体受到的力叫作重力。

(2) 方向:重力的方向是竖直向下的。

(3) 大小:重力的大小与物体的质量成正比,可以用公式  $G=mg$  计算。

(4) 测量:测量时竖直悬挂被测物体,当物体处于静止状态时,测力计的示数等于物体重力的大小。

##### 4. 重心

(1) 定义:一个物体的各部分都受到重力的作用,从效果上看,可以认为各部分受到的重力作用集中于一点,这一点就叫作物体的重心。因此,重心可以看作是物体所受重力的作用点。

(2) 形状规则、质量分布均匀的物体,它的重心就在其几何轴对称中心上;质量分布不均匀的物体,重心的位置除了与物体的形状有关外,还与物体内质量的分布有关。

##### 5. 弹性形变

(1) 形变:物体在力的作用下形状或体积发生的改变叫作形变。

(2)弹性形变:撤去作用力后物体能够恢复原状的形变。

(3)弹性限度:如果形变过大,超过一定的限度,撤去作用力后物体不能完全恢复原来的形状,这个限度叫作弹性限度。

(4)塑性形变:撤去作用力后,物体不能恢复原来的形状的形变。

## 6. 弹力

(1)定义:发生形变的物体要恢复原状,对与它接触的物体会产生力的作用,这种力叫作弹力。

### (2)弹力产生的条件

两物体直接接触;两物体接触处发生弹性形变。

### (3)弹力的方向

压力或支持力的方向:压力的方向垂直于支持面指向被压的物体;支持力的方向垂直于支持面指向被支持的物体;绳子对物体的拉力的方向:沿绳子指向绳子收缩的方向。

### (4)胡克定律

在弹性限度内,弹簧发生弹性形变时,弹力 $F$ 的大小跟弹簧伸长(或缩短)的长度 $x$ 成正比,其表达式为 $F = kx$ 。其中 $k$ 叫作弹簧的劲度系数,单位是牛顿每米,符号是N/m。

## 7. 滑动摩擦力

(1)定义:两个相互接触的物体,当它们相对滑动时,在接触面上会产生一种阻碍相对运动的力,这种力叫作滑动摩擦力。

(2)方向:总是沿着接触面,并且跟物体

相对运动的方向相反,不一定与运动方向相反。

### (3)大小

$F_f = \mu F_{\text{压}}$ ,其中 $F_{\text{压}}$ 表示接触面上压力的大小, $\mu$ 为动摩擦因数,动摩擦因数 $\mu$ 跟相互接触的两个物体的材料、接触面的粗糙程度有关,没有单位。

## 8. 静摩擦力

(1)定义:当相互接触的两个物体之间只有相对运动的趋势,而没有相对运动时,接触面上会产生一种阻碍相对运动趋势的力,这种力叫作静摩擦力。

### (2)方向

静摩擦力的方向总是与接触面相切,并且跟物体相对运动趋势的方向相反。“相对运动趋势”是指一个物体相对于与它接触的另一个物体有运动的可能,但还未发生相对运动。

### (3)大小

随外力的变化而变化,当水平拉力增大到某一值时,物体就要滑动,此时静摩擦力达到最大值,这个最大值称为最大静摩擦力。静摩擦力的取值范围为  $0 < F \leq F_{\text{max}}$ 。



## 典例剖析

### 考点1 力

【例1】下列关于力的作用效果的叙述中,错误的是 ( D )

- A. 发生形变的物体必定受到了力的作用
- B. 物体的运动状态改变,必定受到了力的作用
- C. 力的作用效果取决于力的三要素



D. 力作用在物体上,物体必定同时出现形变和运动状态的改变

【变式1】下列关于力的说法中,正确的是 ( C )

A. 力是物体对物体的作用,所以只有直接接触的物体间才有力的作用

B. 由有一定距离的磁铁间有相互作用力可知,力可以离开物体而独立存在

C. 力是使物体发生形变和改变物体运动状态的原因

D. 力的大小可以用天平测量

【解析】力是物体对物体的作用,不是直接接触的物体间仍有力的作用,例如两磁铁之间的作用力,选项 A 错误;磁铁间有相互作用力,通过磁场来产生,是非接触力,但力不可以离开物体而独立存在,B 错误;力是使物体发生形变和改变物体运动状态的原因,选项 C 正确;力的大小可以用弹簧测力计来测量,选项 D 错误。

### 考点2 重力

【例2】下列关于重力的说法中,正确的是 ( B )

A. 重力的方向不一定竖直向下

B. 重力是由于地球的吸引而使物体受到的力

C. 所有物体的重心都在物体上

D. 只有静止的物体才受到重力

【解析】重力是由于地球的吸引而产生的,重力的大小与运动状态无关,其方向总是竖直向下的,重心是重力的作用点,可能在物体之上也可能在物体之外,A、C、D 错误,B 正确。

【变式2】下列关于物体重力的说法中,不正确的是 ( A )

A. 地球上的物体只有运动时才受到重力

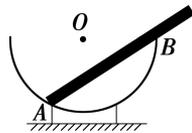
B. 同一物体在某处向上抛出后和向下抛出后所受重力一样大

C. 某物体在同一位置时,所受重力与静止还是运动无关,重力大小是相同的

D. 物体所受重力大小与其质量有关

### 考点3 弹力

【例3】在半球形光滑碗内斜放一根筷子,如图所示,筷子与碗的接触点分别为 A、B,则在 A、B 两点处碗对筷子的作用力方向分别为



( D )

A. 均竖直向上

B. 均指向球心 O

C. A 点处指向球心 O, B 点处竖直向上

D. A 点处指向球心 O, B 点处垂直于筷子斜向上

【解析】在 A、B 两点处碗对筷子的作用力属于弹力,而弹力总是垂直于接触面,因而寻找接触面便成为确定弹力方向的关键。在 A 点处,当筷子滑动时,筷子与碗的接触点在碗的内表面(半球面)上,所以在 A 点处的接触面是球面在该点的切面,此处的弹力与切面垂直,即指向球心 O;在 B 点处,当筷子滑动时,筷子与碗的接触点在筷子的下表面上,所以在 B 点处的接触面与筷子平行,此处的弹力垂直于筷子斜向上。故 D 正确,A、B、C 错误。

【变式3】如图所示,一只小鸟落在了树枝上,树枝发生了弯曲,小鸟处于静止状态。下

列相关说法中,正确的是 ( B )

A. 树枝对小鸟的支持力是由小鸟的重力产生的

B. 树枝对小鸟的支持力是由树枝发生形变产生的

C. 树枝对小鸟的弹力方向斜向上偏右

D. 小鸟对树枝的弹力方向竖直向上



**【解析】**树枝对小鸟的支持力是由树枝发生形变产生的,选项 A 错误、B 正确;树枝对小鸟的弹力与小鸟的重力等大反向,则树枝对小鸟的弹力的方向竖直向上,选项 C 错误;小鸟对树枝的弹力方向竖直向下,选项 D 错误。

#### 考点 4 摩擦力

**【例 4】**如图所示,小明正在擦一块竖直放置的黑板。下列关于擦黑板的几种说法中,正确的是 ( D )



A. 黑板擦与黑板间的摩擦力是静摩擦力  
B. 摩擦力的大小一定与黑板擦的重力成正比

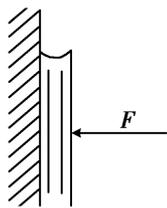
C. 若黑板擦不小心脱手,则其在自由下落的过程中也一样可以把沿线的黑板擦干净

D. 在同一位置处黑板擦给黑板的正压力越大,黑板与黑板擦之间的摩擦力越大

**【解析】**黑板擦与黑板间的摩擦力是滑动摩擦力,选项 A 错误;摩擦力的大小一定与人给黑板擦的压力成正比,在同一位置处黑板擦给黑板的正压力越大,黑板与黑板擦之间的摩擦力越大,与重力无关,选项 B 错误、D 正

确;若黑板擦不小心脱手,则其在自由下落的过程中因黑板擦与黑板之间无压力,故无摩擦力,不可能把沿线的黑板擦干净,选项 C 错误。

**【变式 4】**(2020·湖南真题)如图所示,用水平力  $F$  将一本重为  $2\text{ N}$  的书本压在竖直墙面上,书本处于静止状态,则书本受到的摩擦力大小为 2  $\text{N}$ 。



**【解析】**书本受的摩擦力为静摩擦力,方向沿墙面竖直向上,大小等于书本的重力。

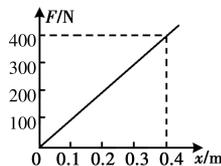
**考点 5 实验:探究弹簧弹力与形变量的关系**

**【例 5】**(2018·湖南真题)如图所示,用轻质弹簧竖直悬挂一质量为  $0.5\text{ kg}$  的重物,重物静止时,弹簧的伸长量为  $5.0 \times 10^{-2}\text{ m}$ (在弹簧的弹性限度内),取重力加速度  $g = 10\text{ m/s}^2$ ,则此时弹簧的弹力大小为 5  $\text{N}$ ,弹簧的劲度系数为 100  $\text{N/m}$ 。



**【解析】**重物处于静止状态,弹力和重力相等,即有  $F = kx = mg = 5\text{ N}$ 。又因弹簧的伸长量为  $x = 5.0 \times 10^{-2}\text{ m}$ ,根据胡克定律  $F = kx$ ,解得劲度系数  $k = \frac{F}{x} = 100\text{ N/m}$ 。

**【变式 5】**(2020·湖南真题)某弹簧发生弹性形变时,弹力的大小  $F$  与弹簧伸长量  $x$  的关系如图所示。当弹簧的伸长量为  $0.4\text{ m}$  时,



弹簧的弹力  $F = 400$  N, 弹簧的劲度系数  $k = 1\,000$  N/m。

【解析】由图像可知, 当弹簧的伸长量为 0.4 m 时, 弹簧的弹力  $F = 400$  N。根据  $F = kx$

$$\text{可得: } k = \frac{F}{x} = \frac{400}{0.4} \text{ N/m} = 1\,000 \text{ N/m}。$$


**模拟演练**

1. 下列关于重心的说法正确的是 ( A )

- A. 重心可以在物体上, 也可以在物体外
- B. 形状规则的物体的重心一定与其几何中心重合
- C. 重心就是物体上最重的一点
- D. 直铁丝被弯曲后, 重心便不在中点, 但一定还在铁丝上

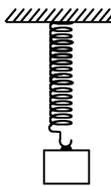
2. (2021 · 湖南真题) 关于力的大小和方向, 下列说法正确的是 ( C )

- A. 滑动摩擦力的大小一定与物体的重力成正比
- B. 滑动摩擦力的方向一定与物体的运动方向相反
- C. 在弹性限度内, 弹簧的弹力大小与弹簧的伸长量(或压缩量)成正比
- D. 物体处于完全失重状态时, 物体的重力变为零

3. (2019 · 湖南真题) 一根轻质弹簧, 在弹性限度内, 伸长量为 2 cm 时, 弹簧弹力大小为 4 N; 则当压缩量为 4 cm 时, 弹簧弹力大小为 ( A )

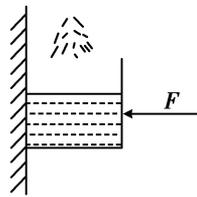
- A. 8 N
- B. 6 N
- C. 4 N
- D. 2 N

4. 如图所示, 用劲度系数为 1 000 N/m 的轻质弹簧竖直悬挂一重物, 重物静止时, 弹簧的伸长量为 2 cm, 则弹簧对重物的拉力 ( C )



- A. 大小为 2 000 N, 方向竖直向上
- B. 大小为 2 000 N, 方向竖直向下
- C. 大小为 20 N, 方向竖直向上
- D. 大小为 20 N, 方向竖直向下

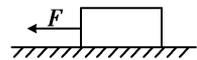
5. 如图所示, 有一个质量为  $m$  的方形容器, 被水平力  $F$  压在竖直的墙面上处于静止状态。现缓慢地向容器内注水, 直到将容器刚好盛满为止, 在此过程中容器始终保持静止。则下列说法中正确的是 ( A )



- A. 水平力  $F$  可能不变
- B. 水平力  $F$  必须逐渐增大
- C. 容器受到的摩擦力不变
- D. 容器受到的摩擦力逐渐减小

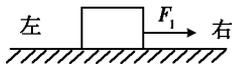
【解析】由题意可知, 容器在该过程中始终保持静止, 在水平方向受力平衡, 故力  $F$  可能不变, A 正确、B 错误; 容器受到的摩擦力的大小等于容器和水的总重力, 因此逐渐增大, C、D 错误。

6. (2019 · 湖南真题) 如图所示, 置于水平桌面上的物体, 在水平拉力  $F$  作用下处于静止状态, 则物体所受的摩擦力  $F_f$  与拉力  $F$  之间的大小关系是 ( B )



- A.  $F_f < F$
- B.  $F_f = F$
- C.  $F_f > F$
- D. 无法确定

7. 如图所示,放在水平地板上的木箱,在  $F_1 = 40\text{ N}$  的水平向右的拉力作用下,做匀速直线运动,由此可知,木箱所受摩擦力的方向 向左 (填“向左”或“向右”),摩擦力的大小  $F_2 = \underline{40}\text{ N}$ 。

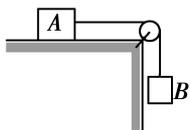


8. 某轻弹簧竖直悬挂于天花板上,当挂一个  $50\text{ g}$  的钩码时,它伸长了  $1\text{ cm}$ ;再挂一个  $50\text{ g}$  的钩码,它的总长为  $12\text{ cm}$ ,则弹簧的原长为 10  $\text{cm}$ ,劲度系数为 50  $\text{N/m}$ 。  
( $g$  取  $10\text{ N/kg}$ )

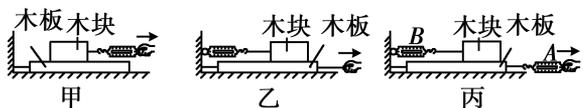
【解析】轻弹簧竖直悬挂于天花板上,挂一个  $50\text{ g}$  的钩码时,它伸长了  $1\text{ cm}$ ,故再挂一个  $50\text{ g}$  的钩码,伸长  $2\text{ cm}$ ,它的总长为  $12\text{ cm}$ ,

故原长为  $10\text{ cm}$ ;则劲度系数为  $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{50 \times 10 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-2}}\text{ N/m} = 50\text{ N/m}$ 。

9. 如图所示,重为  $200\text{ N}$  的  $A$  木块放在水平桌面上静止不动,桌面与木块之间的动摩擦因数  $\mu = 0.1$ 。现将重力为  $15\text{ N}$  的  $B$  物体通过轻质细绳,跨过定滑轮与  $A$  木块连结在一起,则水平桌面与  $A$  之间的摩擦力大小为 15  $\text{N}$ 。若  $B$  物体的重力变为  $30\text{ N}$ ,则水平桌面与  $A$  之间的摩擦力大小变为 20  $\text{N}$ 。



10. 如图为“测量滑动摩擦力大小”的实验装置示意图。



- (1) 如图甲所示,将木板固定后水平拉动

木块,木块受到的滑动摩擦力与受到的水平拉力的大小 不一定 (填“一定”或“不一定”)相等;如图乙所示,水平拉动木板,待测力计示数稳定后,木块受到的滑动摩擦力与受到的水平拉力的大小 一定 (填“一定”或“不一定”)相等。

- (2) 如图丙所示,水平拉动木板,待测力计示数稳定后,测力计  $A$  的示数为  $4.0\text{ N}$ ,测力计  $B$  的示数为  $2.5\text{ N}$ ,则木块受到的滑动摩擦力的大小为 2.5  $\text{N}$ 。

【解析】(1) 如图甲所示,用测力计水平拉动木块,木块在水平方向受到两个力,滑动摩擦力与拉力,由于题目中未说明木块是否做匀速直线运动,故滑动摩擦力与拉力的大小可能相等也可能不相等;如图乙所示,木块在水平方向只受两个力,测力计的拉力和木块与木板间的滑动摩擦力,由于木块保持静止状态,所以木块受平衡力作用,滑动摩擦力与水平拉力大小一定相等。

(2) 如图丙所示,水平拉动木板,测力计  $A$  的示数为  $4.0\text{ N}$ ,测力计  $B$  的示数为  $2.5\text{ N}$ ,木块仍保持静止状态,受力情况与图乙中是相同的,在水平方向上,木块受到的滑动摩擦力大小等于测力计  $B$  的拉力,即  $2.5\text{ N}$ 。

## 第2课时 牛顿第三定律 力的合成和分解

### 复习建议

牛顿第三定律的考查方向比较单一,考查对作用力和反作用力的理解,相互作用力与平衡力的区分等。力的合成与分解的核心都是等效替代,合力与分力的关系要满足力的平行四边形定则和三角形定则,复习时注意合成与分解的基础性,应用力的合成与分解的方法分析、解决实际问题。

### 考点梳理

#### 1. 作用力和反作用力

当一个物体对另一个物体施加了力,后一个物体一定同时对前一个物体也施加了力。物体间相互作用的这一对力,通常叫作作用力和反作用力。

#### 2. 牛顿第三定律

(1)内容:两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。

(2)表达式: $F = -F'$ 。

(3)意义:揭示了物体之间相互作用的规律,使人们不仅可研究单个物体的运动,还可以把存在相互作用的各个物体的运动联系起来进行研究。

#### 3. 合力与分力

假设一个力单独作用的效果跟某几个力共同作用的效果相同,这个力就叫作那几个力的合力。假设几个力共同作用的

效果跟某个力单独作用的效果相同,这几个力就叫作那个力的分力。合力与分力之间是一种等效替代的关系,合力作用的效果与分力作用的效果相同。

#### 4. 力的合成

(1)定义:在物理学中,我们把求几个力的合力的过程叫作力的合成。

(2)合成法则:两个力合成时,如果以表示这两个力的有向线段为邻边作平行四边形,这两个邻边之间的对角线就代表合力的大小和方向,这个规律叫作平行四边形定则。

(3)合力的大小:两个力合成时,两个分力间的夹角越大,合力就越小,合力的大小范围是 $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 。

#### 5. 力的分解

(1)定义:把求一个力的分力的过程叫作力的分解。

(2)分解法则:力的分解是力的合成的逆运算,同样遵循平行四边形定则。

(3)分解的多解性:如果没有限制,同一个力可分解为无数对大小和方向都不同的力。

(4)分解的实效性:在进行力的分解时,一般先根据力的作用效果来确定分力的方向,再根据平行四边形定则来计算分力的大小。

#### 6. 物体的平衡状态及共点力平衡的条件

(1)共点力:如果几个力作用在物体的

同一点上,或者几个力的作用线相交于一点,这几个力就称为共点力。

(2)平衡状态:物体受到几个力作用时,如果保持静止或匀速直线运动状态,我们就说这个物体处于平衡状态。

(3)共点力的平衡:如果物体受到多个共点力作用且处于平衡状态,就叫做共点力的平衡。

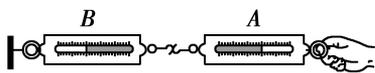
(4)平衡条件:物体所受合力为 0。



### 典例剖析

#### 考点 1 牛顿第三定律

【例 1】在“探究作用力与反作用力的关系”实验中,已校准的两个弹簧测



力计 A、B 按如图所示方式连接, B 的一端固定。用手拉测力计 A 时, A 受到 B 的拉力  $F$  和 B 受到 A 的拉力  $F'$  的大小关系为 ( B )

- A.  $F > F'$                   B.  $F = F'$   
C.  $F < F'$                   D. 无法确定

【解析】作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,与运动状态无关。

【变式 1】在某同学用手向上提起一桶水的过程中,下列说法正确的是 ( D )

- A. 手对桶先有作用力,然后桶对手才有反作用力  
B. 手对桶的作用力与桶对手的反作用力方向相同  
C. 手对桶的作用力大于桶对手的反作用力  
D. 手对桶的作用力与桶对手的反作用力大小相等

【解析】由牛顿第三定律可知,作用力与反作用力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,作用在两个物体上,力的性质相同,它们同时产生,同时变化,同时消失,故 A、B、C 错误, D 正确。

#### 考点 2 力的合成

【例 2】(2020·湖南真题)已知两个共点力的大小分别为 5 N 和 12 N,则这两个力的合力的最大值为 ( D )

- A. 5 N                          B. 7 N  
C. 12 N                        D. 17 N

【解析】二力合成时,合力的大小满足关系式  $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 。所以大小分别为 5 N 和 12 N 的两个力,其合力的大小满足  $7 \text{ N} \leq F \leq 17 \text{ N}$ 。

【变式 2】一物体受到两个共点力的作用,力的大小分别为 6 N 和 8 N,夹角为  $90^\circ$ ,其合力大小为 ( A )

- A. 10 N    B. 2 N    C. 14 N    D. 48 N

#### 考点 3 力的分解

【例 3】已知某力的大小为 100 N,则能将此力分解为下列哪组力 ( C )

- A. 30 N, 30 N                  B. 60 N, 30 N  
C. 100 N, 100 N                D. 10 N, 10 N

【变式 3】将大桥的引桥视为一个斜面。同一汽车(质量不变)分别经过斜面倾角为  $\theta_1$  和  $\theta_2$  的两座引桥时,汽车对斜面的压力大小分别为  $F_1$  和  $F_2$ 。已知  $\theta_1 > \theta_2$ ,则 ( B )

- A.  $F_1 > F_2$   
B.  $F_1 < F_2$   
C.  $F_1 = F_2$   
D.  $F_1$  与  $F_2$  的大小关系无法确定



**【解析】**将汽车的重力沿平行斜面和垂直斜面的方向分解,根据平衡条件可知,汽车对斜面的压力大小  $F = mg \cos \theta$ 。由题意,  $\theta_1 > \theta_2$ , 故  $\cos \theta_1 < \cos \theta_2$ , 则  $F_1 < F_2$ , 选 B。

#### 考点 4 共点力的平衡

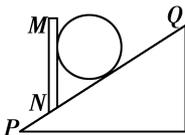
**【例 4】**下列物体,处于平衡状态的是

( A )

- A. 静止在水平地面上的篮球
- B. 做平抛运动的钢球
- C. 沿斜面加速下滑的木箱
- D. 正在转弯的火车

**【解析】**静止状态和匀速直线运动状态是平衡状态,故 A 正确;做平抛运动的物体只受重力,所受合力不为 0,处于非平衡状态,故 B 错误;由于物体加速下滑,故有加速度,由牛顿第二定律可知物体处于非平衡状态,C 错误;正在转弯的火车有向心加速度,由牛顿第二定律可知物体处于非平衡状态,D 错误。

**【变式 4】**(2018·湖南真题)如图所示,光滑的小球夹在固定竖直挡板 MN 和斜面 PQ 之间而静止,则小球所受力的个数为 ( C )



- A. 1 个
- B. 2 个
- C. 3 个
- D. 4 个

**【解析】**小球受到重力、斜面的弹力、挡板的弹力这三个力的作用,C 正确。

#### 考点 5 实验:验证力的平行四边形定则

**【例 5】**在做“验证力的平行四边形定则”实验时,橡皮条的一端固定在木板上,用两个弹簧测力计把橡皮条的另一端拉到某一确定的 O 点,下列操作中正确的是 ( B )

- A. 同一次实验过程中, O 点位置允许变动

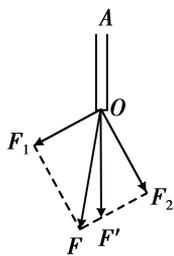
B. 实验中,弹簧测力计必须保持与木板平行,读数时视线要正对弹簧测力计的刻度

C. 实验中,先将其中一个弹簧测力计沿某一方向拉到最大量程,然后只需调节另一个弹簧测力计拉力的大小和方向,把橡皮条另一端拉到 O 点

D. 实验中,把橡皮条的另一端拉到 O 点时,两个弹簧测力计之间的夹角应取  $90^\circ$ ,以便于算出合力的大小

**【解析】**为了使两次拉橡皮筋的作用效果相同,要求两次要将 O 点拉到同一位置,A 错误;实验中为了减小误差,弹簧测力计必须保持与木板平行,读数时为了减小误差,要求视线要正对弹簧测力计的刻度,B 正确;实验中,弹簧测力计的读数大小适当,便于作平行四边形即可,并非要求一定要达到最大量程,C 错误;实验过程中两弹簧测力计的夹角要适当,并非要求达到  $90^\circ$ ,非特殊角度也可以,D 错误。

**【变式 5】**某小组做“验证力的平行四边形定则”的实验时,画出如图所示的图。其中, A 为固定橡皮条的图钉, O 为橡皮条与细绳套的结点,  $F'$  与 AO 共线。图中 F (填“F”或“F'”)是  $F_1$  与  $F_2$  通过平行四边形定则作图得到的理论值;图中 F' (填“F”或“F'”)是用一根弹簧拉橡皮条时所测得的合力的实际值。



**【解析】** $F_1$  与  $F_2$  通过平行四边形定则作图得到的合力理论值,严格符合平行四边形定则,即图中 F。而实际的合力作用方向与弹簧测力计(即橡皮条方向)共线,即图中的  $F'$ 。



模拟演练

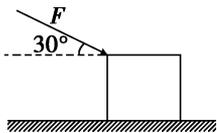
1. 如图所示,两手指用力挤压铅笔的两端使它保持静止,下列说法中正确的是 ( A )



- A. 铅笔静止时,两手指对铅笔的压力是一对平衡力
- B. 铅笔静止时,两手指对铅笔的压力是相互作用力
- C. 左边手指受到的压力大于右边手指受到的压力
- D. 用力挤压铅笔时,铅笔不发生形变

【解析】铅笔处于静止状态,两手指对铅笔的压力是一对平衡力,则左边手指受到的压力等于右边手指受到的压力,A 正确,B、C 错误;用力挤压铅笔时,铅笔会发生微小形变,D 错误。

2. 如图所示,一物体放在粗糙水平面上,用力  $F$  斜向下推物体, $F$  与水平面成  $30^\circ$  角,物体保持静止,则物体的受力个数为

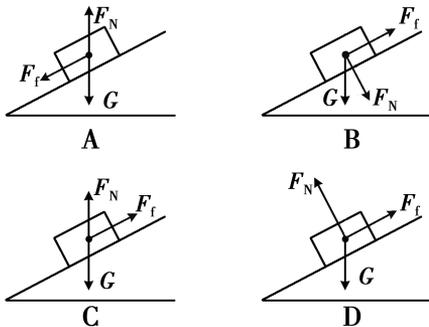


- ( B )
- A. 5
- B. 4
- C. 3
- D. 2

【解析】对物体进行受力分析可知,物体受重力、推力  $F$ 、地面的支持力和静摩擦力四个力作用而保持静止,故 B 正确,A、C、D 错误。

3. 一物体放置在斜面上静止不动,该物体受重力  $G$ 、弹力  $F_N$  和静摩擦力  $F_f$  的作用,下列对该物体的受力情况分析正确的是

( D )



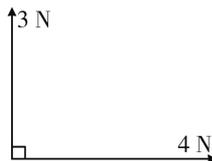
【解析】斜面上静止的物体受到重力、垂直斜面向上的支持力、沿斜面向上的摩擦力作用,D 正确。

4. (2018·湖南真题) 如图所示,重力为  $10\text{ N}$  的物体置于水平桌面上,在  $3\text{ N}$  的水平拉力  $F$  作用下处于静止状态。则物体所受力的合力大小为 ( D )



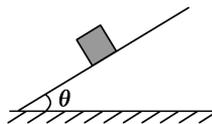
- A.  $10\text{ N}$
- B.  $7\text{ N}$
- C.  $3\text{ N}$
- D.  $0$

5. (2022·湖南真题) 如图,两个共点力互成  $90^\circ$  角,大小分别为  $3\text{ N}$  和  $4\text{ N}$ ,这两个力的合力大小为 ( D )



- A.  $1\text{ N}$
- B.  $3\text{ N}$
- C.  $4\text{ N}$
- D.  $5\text{ N}$

6. 如图所示,一质量为  $m$  的物体沿倾角为  $\theta$  的斜面匀速下滑。下列说法中正确的是 ( D )

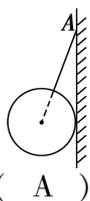


- A. 物体所受合力的方向沿斜面向下
- B. 斜面对物体的支持力等于物体的重力
- C. 物体下滑的速度越大,说明物体所受的摩擦力越小

D. 斜面对物体的支持力和摩擦力的合力, 方向竖直向上

【解析】物体沿斜面匀速下滑时, 由平衡条件可知, 其所受合力为零, A 错误; 斜面对物体的支持力等于物体的重力在垂直于斜面方向的分力  $mg\cos\theta$ , B 错误; 摩擦力的大小等于  $\mu mg\cos\theta$ , 与物体下滑的速度大小无关, C 错误; 物体匀速下滑过程中, 受到重力、斜面对物体的支持力和摩擦力, 由平衡条件可知, 斜面对物体的支持力和摩擦力的合力, 方向与重力方向相反, 即为竖直向上, D 正确。

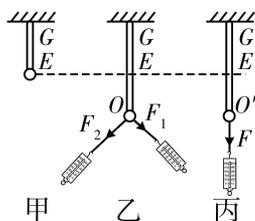
7. 如图所示, 在竖直光滑墙壁上, 用细绳将一个匀质钢球悬挂在 A 点, 钢球处于静止状态。如果减小细绳长度, 则细绳对钢球的拉力



- ( A )
- A. 变大  
B. 变小  
C. 不变  
D. 大小变化情况无法确定

【解析】以小球为研究对象进行受力分析: 易知小球受到重力  $G$ 、墙对它的支持力  $F_N$  和绳子对它的拉力  $F_T$ , 设绳子与墙之间的夹角为  $\theta$ , 根据平衡条件可得  $F_T = \frac{mg}{\cos\theta}$ 。如果减小细绳长度, 则  $\theta$  增大, 可知细绳对钢球的拉力  $F_T$  变大, B、C、D 错误, A 正确。

8. (2021·湖南真题) 在“探究求合力的方法”实验中, 如图甲所示, 轻质小圆环挂在橡皮条的下端, 橡皮条的长

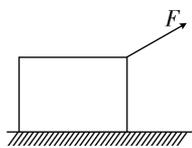


度为  $GE$ 。用细线连接弹簧测力计和小圆环, 按图乙与图丙进行实验。下列说法正确的是 ( C )

- A. 在图乙的测量中, 拉力  $F_1$  和  $F_2$  之间的夹角越大越好  
B. 在图乙的测量中, 只需记录  $F_1$  和  $F_2$  的大小  
C. 在图乙和图丙两次测量中,  $O$  与  $O'$  必须在同一位置  
D. 在图乙的测量中, 需要记录细线的长度

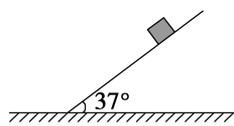
9. (2019·湖南真题) 两个共点力的大小分别为 6 N 和 8 N, 则这两个力的合力的最大值为 14 N, 最小值为 2 N。

10. (2021·湖南真题) 如图, 物体在斜向上的恒力  $F$  作用下, 沿水平地面做匀速直线



运动, 物体受到地面的支持力  $F_N$  与重力  $G$  的大小关系为  $F_N$  < (填“>”“=”或“<”)  $G$ , 物体所受的合力大小为 0。

11. 如图所示, 质量为 1 kg 的物体静止在斜面上, 斜面的倾角为  $37^\circ$ 。



(取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ ) 求:

- (1) 斜面对物体的支持力;  
(2) 物体所受的摩擦力。

【解析】(1) 物体静止在斜面上, 斜面对物体的支持力  $F_N = mg\cos 37^\circ = 1 \times 10 \times 0.8 = 8 \text{ N}$ ;

(2) 物体所受的摩擦力  $F_f = mg\sin 37^\circ = 1 \times 10 \times 0.6 = 6 \text{ N}$ 。

## 第四章 运动和力的关系

### 第1课时 牛顿运动定律

#### 复习建议

牛顿第一定律的考查比较单一,主要考查定律内容及惯性与质量的关系;牛顿第二定律考查对定律的理解和简单应用;实验“探究加速度与力、质量的关系”考查实验采用的科学方法及实验操作、数据分析等。

#### 考点梳理

##### 1. 牛顿第一定律 惯性与质量

(1) 牛顿第一定律:一切物体总保持 匀速直线运动 状态或静止状态,除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。

(2) 惯性:物体具有的保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质。物体惯性的大小只由 质量 大小决定,与其他因素无关。

##### 2. 牛顿第二定律

(1) 内容:物体加速度的大小跟它受到的作用力成 正比,跟它的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向 相同。

(2) 表达式: $F=kma$ ,  $k$  是比例系数, $F$  是物体所受的 合力。

(3) 比例系数  $k$  的意义: $F=kma$  中  $k$  的数值由  $F$ 、 $m$ 、 $a$  三个物理量的单位共同决定,若这三个量都取国际单位,则  $k=1$ ,牛顿第二定律的表达式可写成  $F=ma$ 。

(4) 力的单位是 牛顿,符号是 N。

1 N 的物理意义:使质量为 1 kg 的物体产生  $1 \text{ m/s}^2$  的加速度所用的力为  $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ ,称为 1 N,即  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ 。

##### 3. 实验:探究加速度与力、质量的关系

(1) 用 控制变量 法探究物理规律,利用图像法处理实验数据。

(2) 保持小车的质量不变,通过改变槽码的个数改变小车所受的拉力,研究小车的加速度与力的关系;保持小车所受的拉力不变,通过在小车上增加重物改变小车的质量,研究小车的加速度与小车质量的关系。

(3) 实验开始前,要平衡摩擦力,整个实验过程中只需要平衡一次摩擦力,实验使用的电源为 8 V 的 交流 电源。

(4) 实验中,始终要求槽码的总质量 远小于 小车的质量,只有这样,槽码的总重力才能视为小车所受的拉力。

(5) 作图像时,要使尽可能多的点在一条直线上,不在直线上的点也要尽可能均匀地分布在直线的两侧,如有个别偏差较大的点可舍去。

(6) 实验中作出的是  $a-F$  图像和  $a-\frac{1}{m}$  图像,得到的图像均为直线。

(7) 实验结论: 物体的加速度与力成正比, 与质量成反比。



### 典例剖析

#### 考点 1 牛顿第一定律

【例 1】关于牛顿第一定律, 下列说法中正确的是 ( A )

A. 牛顿第一定律是在伽利略“理想斜面实验”的基础上总结出来的

B. 牛顿第一定律表明, 物体只有在静止或做匀速直线运动时才具有惯性

C. 不受力的物体是不存在的, 故牛顿第一定律的建立毫无意义

D. 牛顿第一定律表明, 物体只有在不受外力作用时才具有惯性

【解析】牛顿第一定律是牛顿在伽利略“理想斜面实验”的基础上, 根据逻辑推理总结出来的, A 正确; 牛顿第一定律表明一切物体都具有保持原来运动状态的性质, 即惯性, 惯性的有无与物体的运动情况和受力情况无关, B、D 错误; 虽然在地球上不受力的物体是不存在的, 但牛顿第一定律给出了物体不受力时的运动规律, 是牛顿第二定律的基础, 也为科学的发展奠定了基础, C 错误。

【变式 1】关于惯性, 下列说法中正确的是 ( C )

A. 只有在不受外力作用时物体才有惯性

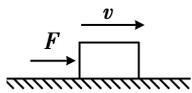
B. 只有运动的物体才具有惯性

C. 惯性是指物体具有的保持原来静止或匀速直线运动状态的性质

D. 两个物体只要速度相同, 惯性就一定相同

#### 考点 2 牛顿第二定律

【例 2】如图所示, 质量为 20 kg 的物体, 沿水平面向右运动, 它与水平面间的动摩擦因数为 0.1, 同时还受到大小为 10 N 的水平向右的力  $F$  的作用, 则该物体 ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ) ( A )



A. 受到的摩擦力大小为 20 N, 方向向左

B. 受到的摩擦力大小为 20 N, 方向向右

C. 运动的加速度大小为  $1.5 \text{ m/s}^2$ , 方向向左

D. 运动的加速度大小为  $0.5 \text{ m/s}^2$ , 方向向右

【解析】物体相对地面运动, 故物体受到的是滑动摩擦力, 其大小为  $F_f = \mu F_N = \mu mg = 20 \text{ N}$ ; 滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反, 故摩擦力方向向左。根据牛顿第二定律可得:  $F_f - F = ma$ 。所以加速度的大小为  $a = \frac{F_f - F}{m} = \frac{20 - 10}{20} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$ , 方向向左。选 A。

【变式 2】在粗糙的水平桌面上, 物体受到水平向右的恒力  $F$  的作用, 做匀加速直线运动, 产生的加速度为  $a_1$ ; 现把恒力改为  $2F$ , 方向不变, 产生的加速度为  $a_2$ 。则  $a_1$ 、 $a_2$  的关系为 ( B )

A.  $a_2 = 2a_1$

B.  $a_2 > 2a_1$

C.  $a_2 < 2a_1$

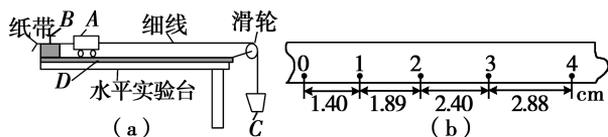
D. 无法确定

【解析】根据牛顿第二定律, 有  $a_2 = \frac{2F - F_f}{m} >$

$\frac{2F - 2F_f}{m} = 2 \times \frac{F - F_f}{m} = 2a_1$ , 选 B。

### 考点 3 实验:探究加速度与力、质量的关系

**【例 3】**如图(a)为某同学设计的“探究加速度与力、质量的关系”的实验装置简图,  $A$  为小车,  $B$  为电火花计时器,  $C$  为装有砝码的小桶,  $D$  为一端带有定滑轮的长方形木板。在实验中近似认为细线对小车的拉力大小等于砝码和小桶的总重力。



(1) 实验过程中, 电火花计时器应接在 交流 (填“直流”或“交流”) 电源上, 调整定滑轮的高度, 使 细线与木板平行。

(2) 图(b)是实验中获取的一条纸带的一部分, 其中 0、1、2、3、4 是计数点, 每相邻两计数点间还有 4 个点(图中未标出), 计数点间的距离如图所示, 电火花计时器的电源频率为 50 Hz。则打计数点 3 时小车的速度大小为 0.26 m/s, 由纸带可求出小车的加速度大小为 0.50 m/s<sup>2</sup>。(计算结果均保留 2 位有效数字)

**【解析】**(1) 电火花计时器使用的是交流电源; 调整定滑轮的高度, 使细线与木板平行, 才能使小车受到恒定的拉力。

(2) 由题意可知, 两相邻计数点间的时间间隔为  $T=0.1$  s, 匀变速直线运动的平均速度等于中间时刻的瞬时速度, 所以打下计数点 3 时小车的速度大小为

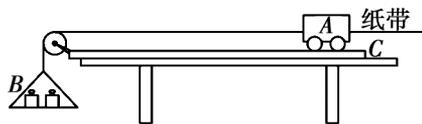
$$v_3 = \frac{x_{23} + x_{34}}{2T} = \frac{(2.40 + 2.88) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} \approx$$

0.26 m/s。根据逐差法: 小车的加速度大小  $a =$

$$\frac{x_{24} - x_{02}}{(2T)^2} = \frac{(2.88 + 2.40 - 1.89 - 1.40) \times 10^{-2}}{(2 \times 0.1)^2} \text{ m/s}^2 =$$

0.50 m/s<sup>2</sup>。

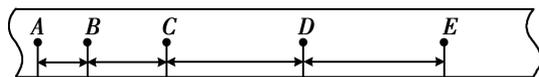
**【变式 3】**“探究加速度与力、质量的关系”的实验装置如图所示。



(1) 下列说法中正确的是 ( D )

- A. 每次改变小车质量时, 应重新平衡摩擦力  
B. 实验时应先释放小车后接通电源  
C. 本实验中砝码及砝码盘  $B$  的质量应远大于小车  $A$  的质量  
D. 在用图像法探究加速度与质量的关系时, 应作  $a - \frac{1}{m_A}$  图像

(2) 某同学在实验中打出的一条纸带如图所示, 他选择了几个计时点作为计数点, 相邻两计数点间还有 4 个计时点没有标出, 其中  $s_{AB} = 7.06$  cm、 $s_{BC} = 7.68$  cm、 $s_{CD} = 8.30$  cm、 $s_{DE} = 8.92$  cm。已知电源频率为 50 Hz, 则纸带加速度的大小是 0.62 m/s<sup>2</sup>。



### 模拟演练

1. (2019 · 湖南真题) 质量为 2 kg 的物体  $A$  静止在水平桌面上, 质量为 1 kg 的物体  $B$  在水平桌面上做匀速直线运动, 关于两物体惯性大小的比较, 下列说法正确的是 ( A )
- A.  $A$  的惯性大  
B.  $B$  的惯性大  
C.  $A$ 、 $B$  的惯性一样大  
D.  $A$ 、 $B$  的惯性大小无法比较

【解析】物体的惯性大小取决于物体的质量大小,质量越大,惯性越大。A 正确。

2. (2022·湖南真题)质量为 2 吨的小汽车以 80 km/h 的速度行驶,质量为 20 吨的大货车以 60 km/h 的速度行驶。下列说法正确的是 ( C )

- A. 小汽车的质量小,惯性大
- B. 小汽车的速度大,惯性大
- C. 大货车的质量大,惯性大
- D. 大货车的速度小,惯性小

3. 下列说法中正确的是 ( C )

- A. 亚里士多德建立了速度、加速度等概念
- B. 亚里士多德认为无空气阻力时重物与轻物下落一样快
- C. 伽利略理想斜面实验表明落体运动是匀变速直线运动
- D. 牛顿首次创立了把实验和逻辑推理结合起来的科学方法

【解析】伽利略建立了速度、加速度等概念,选项 A 错误;伽利略认为无空气阻力时重物与轻物下落一样快,选项 B 错误;伽利略理想斜面实验表明落体运动是匀变速直线运动,选项 C 正确;伽利略首次创立了把实验和逻辑推理结合起来的科学方法,选项 D 错误。

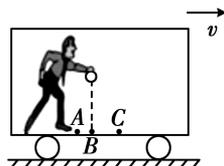
4. 关于运动和力的关系,下列说法中正确的是 ( C )

- A. 物体的速度为零时,它受到的合外力一定为零
- B. 物体运动的速度越大,它受到的合外力一定越大

C. 物体受到的合外力越大,其速度变化一定越快

D. 物体所受的合外力不为零时,其速度一定增大

5. 在匀速行驶的火车车厢内,有一人从 B 点正上方相对车厢静止释放一个小球,不计空气阻力,则小球



( B )

- A. 可能落在 A 处
- B. 一定落在 B 处
- C. 可能落在 C 处
- D. 以上都有可能

6. 关于惯性,下列说法中正确的是 ( D )

- A. 同一汽车,速度越快,越难刹车,说明物体速度越大,惯性越大
- B. 物体只有在静止或做匀速直线运动时才有惯性
- C. 已知月球上的重力加速度是地球上的  $\frac{1}{6}$ ,故一个物体从地球移到月球惯性减小为原来的  $\frac{1}{6}$
- D. 乒乓球可以快速抽杀,是因为乒乓球的惯性小

【解析】物体的惯性大小与物体的运动状态无关,只与物体的质量有关,所以惯性与速度的大小无关,A 错误,B 错误;在月球上和地球上,重力加速度的大小不一样,所以物体受到的重力的大小也就不一样了,但质量不变,惯性也不变,C 错误;乒乓球可以快速抽杀,是因为乒乓球的质量小,所以它的惯性小,D 正确。

7. 质量为 2 kg 的物体做匀变速直线运动,其位移随时间变化的规律为  $x = 2t + 2t^2$  (m)。

该物体所受合力的大小为 ( D )

- A. 2 N                      B. 4 N  
C. 6 N                      D. 8 N

8. 质量为  $m = 2$  kg 的物体静止于水平桌面上,设物体与桌面间的最大静摩擦力(等于滑动摩擦力)为 5 N。现将水平面内的两个力同时作用于物体的同一点,两个力的大小分别为 3 N 和 4 N。下列关于物体的受力情况和运动情况的判断,正确的是 ( C )

- A. 物体一定保持静止  
B. 物体一定能被拉动  
C. 物体所受静摩擦力可能为 4 N  
D. 物体加速度的范围为  $0 \leq a \leq 3.5 \text{ m/s}^2$

**【解析】**两个大小分别为 3 N、4 N 的力的合力范围是 1 ~ 7 N,则合力不一定小于 5 N,即物体不一定静止;也不一定大于 5 N,则物体不一定能被拉动,选项 A、B 错误。当两个力的合力为 4 N 时,物体所受摩擦力为 4 N,选项 C 正确;当物体受到的合力大于 5 N 时,物体做加速运动,则物体所受合力的大小范围是 0 ~ 2 N,根据牛顿第二定律  $a = \frac{F}{m}$  可知,加速度的范围是  $0 \leq a \leq 1 \text{ m/s}^2$ ,选项 D 错误。

9. 在“探究加速度与力、质量的关系”实验中,当保持力不变,研究加速度与质量的关系时,为了更直观地判断加速度是否与质量成反比,我们应作 ( B )

- A.  $a-m$  图像            B.  $a-\frac{1}{m}$  图像  
C.  $a-m^2$  图像        D.  $a-\frac{1}{m^2}$  图像

**【解析】**在力一定的情况下,加速度与质量成反比,即与质量的倒数成正比, $a-\frac{1}{m}$  图像是直线,能直观地反映加速度与质量的关系。

10. 如图所示,一个物块在光滑水平面上向左滑行,从它接触弹簧到弹簧被压缩到最短的过程中,物块加速度大小的变化情况是 变大,速度大小的变化情况是 变小。

**【解析】**物体以一定速度向左运动,从它接触弹簧开始到把弹簧压缩到最短的过程中,物体所受的合力逐渐变大,加速度方向与速度方向相反,可知物体做加速度逐渐变大、速度逐渐变小的运动。

11. (2022·湖南真题)控制变量的方法是科学研究中常用的一种方法。在“探究加速度与力、质量的关系”的实验中,探究小车的加速度与力的关系时,应保持小车的 质量 不变;研究表明,在这种情形下,小车的加速度与它所受到的合力成 正比 (填“正比”或“反比”)。



## 第2课时 力学单位制 牛顿运动定律的应用

### 复习建议

牛顿运动定律的应用是高频重要考点之一,需要掌握根据运动情况分析受力情况和根据受力情况分析运动情况的思路,并会应用牛顿第二定律分析超重、失重问题。单位制的考查主要是记忆性的问题,如单位制的构成,国际单位制中的基本单位和基本物理量等。

### 考点梳理

#### 1. 力学单位制

(1) 单位制:由基本单位和导出单位所组成的一系列完整的单位体制。

(2) 国际单位制中的力学单位:长度单位——米(m);质量单位——千克(kg);时间单位——秒(s)。

(3) 其他与力学有关的物理量的单位,都可以由这三个基本单位导出。如:力的单位——牛,即千克米每二次方秒( $1\text{ N}=1\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ )。

#### 2. 牛顿第二定律的应用

##### (1) 根据运动情况确定受力情况

已知物体的运动情况,则可根据运动学公式求出物体的加速度,再根据牛顿第二定律确定物体所受的力。

##### (2) 根据受力情况确定运动情况

已知物体的受力情况,则可由牛顿第二定律求出物体的加速度,再根据运动学规律确定物体的运动情况。

#### 3. 失重和超重

##### (1) 失重现象

物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)小于物体所受重力的现象,叫作失重。产生条件:物体具有竖直向下的加速度。运动情况:加速下降或减速上升。

##### (2) 完全失重现象

如果一个物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)为零,这种情况是失重现象中的极限,称为完全失重现象。产生条件: $a=g$ ,方向竖直向下。

##### (3) 超重现象

物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)大于物体所受重力的现象,叫作超重。产生条件:物体具有竖直向上的加速度。运动情况:加速上升或减速下降。

### 典例剖析

#### 考点1 单位制

【例1】下列单位中,全部是国际单位制中基本单位的一组是 ( B )

- A. 千克、秒、牛顿      B. 千克、米、秒  
C. 克、千米、秒      D. 牛顿、克、米

【解析】千克、秒分别是质量和时间的单位,是国际单位制中的基本单位,但牛顿是导出单位,A错误。千克、米、秒分别是质量、长度和时间的单位,都是国际单位制中的基本单位,B正确。秒是时间的单位,是国际单位制中的基本单位,但克和千米不是国际单位

制中的基本单位,C 错误。米是长度的单位,是国际单位制中的基本单位,但牛顿和克不是国际单位制中的基本单位,D 错误。

**【变式 1】**下列物理量是物理学中规定的基本物理量的是 ( C )

- A. 力                                      B. 速度  
C. 热力学温度                          D. 加速度

**【解析】**物理学中,国际单位制中规定的七个基本物理量是:长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量以及发光强度,选 C。

### 考点 2 牛顿运动定律的应用

**【例 2】**(2019·湖南真题)质量  $m = 1\ 500\text{ kg}$  的汽车在平直路面上做匀减速直线运动,汽车的初速度  $v_0 = 20\text{ m/s}$ ,经过时间  $t = 10\text{ s}$  停了下来。在这一过程中,求:

- (1)汽车加速度  $a$  的大小;  
(2)汽车受到合力  $F$  的大小;  
(3)汽车位移  $x$  的大小。

**【解析】**(1)由运动学公式  $v = v_0 + at$ ,可知汽车的加速度  $a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{0-20}{10}\text{ m/s}^2 = -2\text{ m/s}^2$ ,故加速度的大小为  $2\text{ m/s}^2$ ;

(2)对汽车运用牛顿第二定律,可得: $F = ma = 1\ 500 \times (-2)\text{ N} = -3\ 000\text{ N}$ ,故汽车受到合力  $F$  的大小为  $3\ 000\text{ N}$ ;

(3)根据运动学公式  $x = vt = \frac{v_0}{2}t$ ,代入数据解得,汽车位移  $x$  的大小为  $100\text{ m}$ 。

**【变式 2】**(2018·湖南真题)质量  $m = 2\text{ kg}$  的物体在光滑水平面上以  $v_0 = 4\text{ m/s}$  做匀速直线运动,某时刻起受到一个与运动方向相同的水平恒力  $F$  作用,经历时间  $t = 2\text{ s}$ ,

速度变为  $v = 10\text{ m/s}$ 。求物体在此  $2\text{ s}$  时间内,

- (1)加速度  $a$  的大小;  
(2)发生的位移  $x$  的大小;  
(3)所受恒力  $F$  的大小。

**【解析】**(1)根据加速度的定义可得:加速度

$$a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{10-4}{2}\text{ m/s}^2 = 3\text{ m/s}^2;$$

(2)根据平均速度和位移的关系可得:位

$$移\ x = \frac{v+v_0}{2}t = \frac{10+4}{2} \times 2\text{ m} = 14\text{ m};$$

(3)根据牛顿第二定律可得:恒力的大小  $F = ma = 2 \times 3\text{ N} = 6\text{ N}$ 。

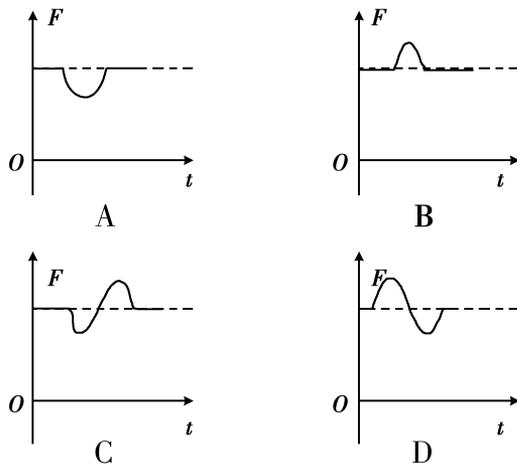
### 考点 3 超重与失重

**【例 3】**在加速上升的电梯中,下列说法正确的是 ( C )

- A. 电梯中的人处于失重状态  
B. 电梯中的人不受重力作用  
C. 电梯中的人处于超重状态  
D. 电梯中的人不会出现超重或失重现象

**【解析】**只要加速度的方向向上,即为超重;加速度的方向向下,即为失重。C 正确。

**【变式 3】**在一次体检中,小李蹲在体重计上突然站立,完成站立动作。下列  $F-t$  图像能反映体重计示数随时间变化的情况的是 ( D )



**【解析】**分析人的运动过程可知,人站立的过程可以分成加速上升和减速上升两阶段:人在加速上升的过程中,有向上的加速度,处于超重状态,此时人对传感器的压力大于人的重力;人在减速上升的过程中,有向下的加速度,处于失重状态,此时人对传感器的压力小于人的重力。故选项 A、B、C 错误,D 正确。


**模拟演练**

- (2018·湖南真题)下列单位,属于国际单位制中的基本单位的是 ( B )
  - 小时
  - 秒
  - 米/秒
  - 米/秒<sup>2</sup>
- 关于物理量和物理量的单位,下列说法中错误的是 ( B )
  - 在力学范围内,国际单位制规定长度、质量、时间为三个基本物理量
  - 后人为了纪念牛顿,把“牛顿”作为力学中的基本单位
  - $1\text{ N} = 1\text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
  - “秒”“克”“厘米”都是国际单位制中的单位

**【解析】**在国际单位制中,长度、质量、时间三个物理量被选作力学的基本物理量,A 正确;力的单位“牛顿”不是国际单位制中的基本单位,B 错误;根据牛顿第二定律  $F=ma$  可知, $1\text{ N} = 1\text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ ,C 正确;“秒”“克”“厘米”都是国际单位制中的单位,D 正确。
- 我们乘电梯下高层楼房时,从电梯启动到停下来,我们所处的状态分别是 ( A )
  - 先失重,后正常,再超重
  - 先超重,后正常,再失重

C. 先超重,后失重,再正常

D. 先正常,后失重,再超重

4. 如图所示为火箭点火发射的某一瞬间,下列说法一定正确的是



( D )

- 火箭受重力、空气的推力、空气阻力的作用
- 火箭在加速升空过程中处于失重状态
- 发动机喷出的气体对火箭的作用力和火箭所受的重力是一对平衡力
- 发动机喷出的气体对火箭的作用力与火箭对喷出气体的作用力大小相等

**【解析】**火箭受重力、发动机喷出气体对火箭的作用力,A 错误;火箭加速升空过程中处于超重状态,B 错误;由于火箭在加速升空,所以发动机喷出气体对火箭的作用力比火箭所受的重力更大,C 错误;发动机喷出气体对火箭的作用力与火箭对喷出气体的作用力为一对作用力与反作用力,所以大小相等,D 正确。

5. (2021·湖南真题)如图,小明同学站在电梯中的体重计上,当电梯静止时,体重计的示数为  $F_1$ ;当电梯运动时,体重计的



示数为  $F_2$ ,且  $F_1 < F_2$ 。关于电梯的运动,下列说法可能正确的是 ( C )

- 匀速向上运动
  - 匀速向下运动
  - 加速向上运动
  - 减速向上运动
6. (2020·湖南真题)一架质量  $m = 5.0 \times 10^3\text{ kg}$  的喷气式飞机,从静止开始沿水平跑道滑跑,在前 6 s 内做匀加速直线运动,加速度大小  $a = 4\text{ m}/\text{s}^2$ ,飞机受到的阻力大小  $F_f = 1.0 \times 10^3\text{ N}$ 。在此 6 s 内,求:

- (1) 飞机的末速度大小  $v$ ;  
 (2) 飞机的位移大小  $x$ ;  
 (3) 飞机受到的牵引力大小  $F$ 。

【解析】(1) 末速度  $v=at=4 \text{ m/s}^2 \times 6 \text{ s}=24 \text{ m/s}$ ;

(2) 位移  $x=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2} \times 4 \text{ m/s}^2 \times (6 \text{ s})^2=72 \text{ m}$ ;

(3) 根据牛顿第二定律, 可得  $F-F_f=ma$ , 解得牵引力  $F=F_f+ma=(1.0 \times 10^3+5.0 \times 10^3 \times 4) \text{ N}=2.1 \times 10^4 \text{ N}$ 。

7. (2021 · 湖南真题) 某航母舰载机沿水平甲板从静止开始滑跑, 在前 5 s 做匀加速直线运动, 通过的距离为 100 m。已知该舰载机飞行员的质量为 60 kg, 航母始终静止, 取重力加速度  $g=10 \text{ m/s}^2$ 。在这 5 s 内, 求:

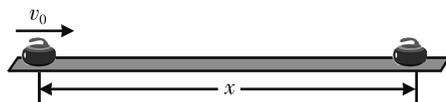
- (1) 舰载机的加速度大小;  
 (2) 舰载机的末速度大小;  
 (3) 该舰载机飞行员所受合力大小是其重力的几倍。

【解析】(1) 加速度  $a=\frac{2x}{t^2}=\frac{2 \times 100 \text{ m}}{(5 \text{ s})^2}=8 \text{ m/s}^2$ ;

(2) 末速度  $v=at=8 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ s}=40 \text{ m/s}$ ;

(3) 舰载机飞行员所受合力  $F=ma$ , 则合力  $F$  与重力  $G$  的比值为  $\frac{ma}{mg}=\frac{a}{g}=0.8$ , 即合力大小是重力的 0.8 倍。

8. (2022 · 湖南真题) “冰壶”是 2022 年北京冬奥会比赛项目之一。比赛时, 冰壶被运动员沿水平冰面投出后, 在冰面上沿直线自由滑行, 在不与其他冰壶碰撞的情况下, 最终停在某处, 如图所示。已知冰壶的质量为  $m$ , 冰壶与冰面之间的动摩擦因数为  $\mu$ , 冰壶滑行的距离为  $x$ , 重力加速度为  $g$ 。在这个过程中, 求:



- (1) 冰壶所受滑动摩擦力的大小  $F_f$ ;  
 (2) 冰壶加速度的大小  $a$ ;  
 (3) 冰壶投出时初速度的大小  $v_0$ 。

【解析】(1) 滑动摩擦力  $F_f=\mu mg$ ;

(2) 加速度  $a=\frac{F_f}{m}=\mu g$ ;

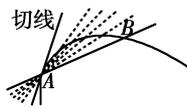
(3)  $v_0^2=2ax$ , 故  $v_0=\sqrt{2ax}=\sqrt{2\mu gx}$ 。

**复习建议**

抛体运动是最基本、最典型、最重要的一种曲线运动,涵盖曲线运动、运动的合成与分解、实验探究平抛运动的特点、抛体运动规律等考点。复习中要明确曲线运动的特点和分析思路,能用运动的合成与分解的方法分析抛体运动,掌握平抛运动规律和相关应用。

**考点梳理**
**1. 曲线运动**

(1) 切线: 如图所示, 当  $B$  点非常非常接近  $A$  点时, 这条割线就叫作曲线在  $A$  点的切线。



(2) 速度方向: 质点在某一点的速度方向, 沿曲线在这一点切线方向。

(3) 运动性质: 速度是矢量, 既有大小, 又有方向。曲线运动中速度的方向是变化的, 所以曲线运动是变速运动。

**(4) 物体做曲线运动的条件**

当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时, 物体做曲线运动。

**2. 合运动与分运动**

(1) 合运动: 指在具体问题中, 物体实际

所做的运动。

(2) 分运动: 指物体沿某一方向具有某一效果的运动。

**3. 运动的合成与分解**

(1) 定义: 由分运动求合运动的过程叫作运动的合成; 反之, 由合运动求分运动的过程叫作运动的分解。

(2) 运动的合成与分解指的是对位移、速度、加速度这些描述运动的物理量进行合成与分解。合成与分解时遵循平行四边形定则。

**4. 平抛运动**
**(1) 平抛运动的速度**

水平方向: 不受力, 加速度是  $0$ , 水平方向为匀速直线运动,  $v_x = v_0$ 。

竖直方向: 只受重力, 由牛顿第二定律得,  $mg = ma$ , 所以  $a = g$ 。又因初速度为  $0$ , 所以竖直方向为自由落体运动,  $v_y = gt$ 。

合速度: 大小  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ ,

与水平方向的夹角满足  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ 。

**(2) 平抛运动的位移**

水平方向:  $x = v_0 t$ 。

竖直方向:  $y = \frac{1}{2} g t^2$ 。

合位移:大小  $l = \sqrt{x^2 + y^2}$ , 与水平方向的夹

角满足  $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ 。

### (3) 平抛运动的轨迹

根据  $x = v_0 t$ , 求得  $t = \frac{x}{v_0}$ , 代入  $y = \frac{1}{2} g t^2$ , 得

$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ , 满足数学中  $y = ax^2$  的函数形式,

所以平抛运动的轨迹是一条 抛物线。

### (4) 一般的抛体运动

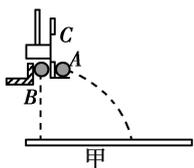
初速度沿 斜向上方 或 斜向下方

的抛体运动, 叫作斜抛运动。斜抛运动是水平方向的 匀速直线 运动和竖直方向的加速度为  $g$  的 匀变速直线 运动的合运动。

## 5. 实验: 探究平抛运动的特点

### (1) 探究平抛运动竖直分运动的特点

①按图甲所示装置进行实验, 小钢球  $A$ 、 $B$  位于相同高度处, 用小锤击打弹性金属片, 金属片  $C$  受到小锤的击打, 向前推动  $A$ , 小钢球  $A$  具有水平初速度, 做 平抛 运动, 同时松开小钢球  $B$ ,  $B$  自由下落, 做 自由落体 运动。



### ②分析

两小钢球每次都同时落地, 说明两小钢球在空中运动的 时间 相等, 即做平抛运动的物体在竖直方向上的分运动是 自由落体 运动。

### ③结论

做平抛运动的物体在竖直方向上做 自由落体 运动。

### (2) 探究平抛运动水平分运动的特点

在如图乙所示的装置中, 斜槽末端水平, 钢球由斜槽上某一高度滚下, 从末端飞出后做平抛运动。在装置中有一个水平放置的可上下调节的倾斜挡板, 钢球飞出后, 落到挡板上, 在白纸上留下印迹。上下调节挡板, 通过多次实验, 在白纸上记录钢球所经过的多个位置。最后, 用平滑曲线把这些印迹连接起来, 就得到钢球做平抛运动的轨迹。

### (3) 注意事项

①斜槽安装: 实验中必须将斜槽末端的切线调成水平, 将小球放在斜槽末端水平部分, 若能使小球在平直轨道上的任意位置静止, 斜槽末端的切线就水平了。

②方木板固定: 方木板必须处于竖直平面内, 固定时要用重垂线检查白纸边缘是否竖直。

③小球释放: 小球每次必须从斜槽上同一位置滚下; 小球开始滚下的位置高度要适中, 以使小球平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜。

④坐标原点: 坐标原点不是槽口的端点, 而是小球出槽口时球心在木板上的投影点。

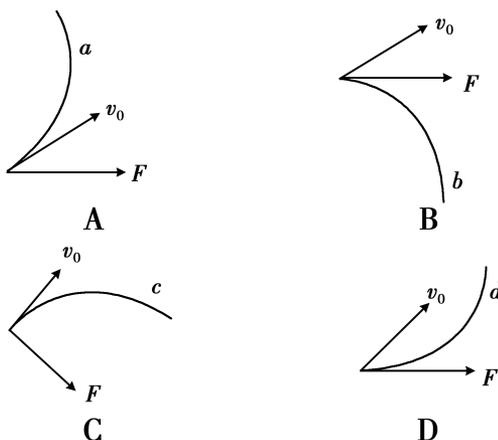
⑤初速度的计算: 在轨迹上选取离坐标原点  $O$  较远的一些点来计算初速度。

## 典例剖析

### 考点 1 曲线运动

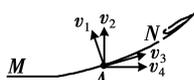
**【例 1】** 已知物体运动时初速度  $v_0$  的方向以及物体受到的合力  $F$  的方向, 则下列描绘

物体运动轨迹的曲线中,正确的是 ( C )



【解析】做曲线运动的物体受到的合力应该指向运动轨迹曲线的内侧,曲线运动的速度方向沿运动轨迹的切线方向,C正确,A、B、D错误。

【变式 1】某舰载机在航母甲板上滑跃起飞的运动轨迹 MN 如图所示,当舰载机经过 A 点时,速度方向沿图中



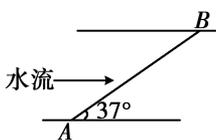
( C )

- A.  $v_1$  的方向                      B.  $v_2$  的方向  
C.  $v_3$  的方向                      D.  $v_4$  的方向

【解析】某舰载机在航母甲板上滑跃起飞,从 M 运动到 N,根据曲线运动特点可知,在 A 点的速度方向为沿切线方向,即沿  $v_3$  方向,C 正确。

### 考点 2 运动的合成与分解

【例 2】如图所示,河宽 15 m,船从 A 处开出后船头垂直河岸沿直线 AB 到达对岸,若 AB 与河岸成  $37^\circ$  角,水流速度为 4 m/s,则船到达对岸的时间



为( $\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8$ ) ( C )

- A. 1 s                                      B. 3 s  
C. 5 s                                      D. 不确定

【解析】由题意可知,船在垂直于河岸的方向上做匀速直线运动。设船在静水中的速度为  $v_1$ ,水流速度为  $v_2$ ,根据几何关系可得: $v_1 = v_2 \tan 37^\circ = 3 \text{ m/s}$ 。故船到达对岸的时间为  $t = \frac{d}{v_1} = \frac{15}{3} \text{ s} = 5 \text{ s}$ ,选 C。

【变式 2】一船以恒定的速率渡河,水流速度恒定(小于船速),要使船垂直到达对岸,则 ( B )

- A. 船应垂直河岸航行  
B. 船的航行方向应偏向上游一侧  
C. 船不可能沿直线到达对岸  
D. 河的宽度一定时,船到达对岸的时间是任意的

### 考点 3 平抛运动

【例 3】关于平抛运动,下列说法正确的是 ( C )

- A. 平抛运动的速度方向与恒力方向的夹角保持不变  
B. 物体做平抛运动的时间与下落高度无关  
C. 平抛运动是一种在恒力作用下的曲线运动  
D. 平抛运动的速度方向与加速度方向的夹角一定越来越小,可能竖直向下

**【解析】**平抛运动的速度方向与重力的方向的夹角逐渐减小,A 错误;平抛运动的竖直分运动是自由落体运动,故运动的时间与下落高度有关,B 错误;物体做平抛运动时,所受的合力为重力,大小和方向都不变,因此做曲线运动,C 正确;平抛运动的加速度方向与重力方向一致,可知加速度方向与速度方向的夹角越来越小,但速度与加速度不可能在同一直线上,速度方向不可能竖直向下,D 错误。

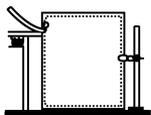
**【变式 3】**关于物体的平抛运动,下列说法正确的是 ( A )

- A. 由于物体受力的大小和方向不变,因此平抛运动是匀变速运动
- B. 由于物体速度的方向不断变化,因此平抛运动不是匀变速运动
- C. 物体的运动时间只由抛出时的初速度决定,与高度无关
- D. 平抛运动的水平位移由抛出时的初速度决定,与高度无关

#### 考点 4 实验:探究平抛运动的特点

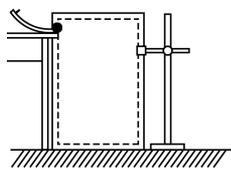
**【例 4】**利用如图所示的装置研究平抛运动。为了画出一条钢球做平抛运动的轨迹,要求 ( A )

- A. 钢球每次必须从斜槽上相同的位置滚下
- B. 钢球每次可以从斜槽上不同的位置滚下



- C. 斜槽末端的切线可以不调成水平
- D. 斜槽必须是光滑的

**【变式 4】**(2021·湖南真题)某同学利用如图所示的装置做“研究平抛运动”实验,通过多次操作,在白纸上记录小球经过的多个位置,再描出小球做平抛运动的轨迹。下列说法正确的是 ( C )



- A. 夹有白纸的木板不一定要竖直放置
- B. 每次重复实验,小球不一定要从斜槽上的同一位置由静止释放
- C. 斜面小槽末端的切线一定要调成水平
- D. 小球受到斜面小槽的摩擦力,是实验误差的主要来源

#### 模拟演练

1. (2019·湖南真题)物体做曲线运动时,下列说法正确的是 ( B )
- A. 物体速度的大小一定变化
  - B. 物体速度的方向一定变化
  - C. 物体所受合力的大小一定变化
  - D. 物体所受合力的方向一定变化

**【解析】**曲线运动的速度大小可以不变,如匀速圆周运动,A 错误;曲线运动中速度的方向必定是改变的,B 正确;物体做曲线运动的条件是合力与速度不在同一条直线上,而合力的大小和方向不一定变化,C、D 错误。

2. 向斜上方抛出的石子, 它所受重力的方向与速度的方向不在同一条直线上(不计空气阻力), 则石子 ( C )
- A. 一定做直线运动 B. 可能做直线运动  
C. 一定做曲线运动 D. 可能做曲线运动

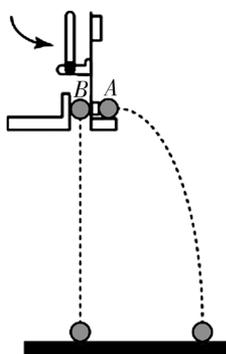
【解析】当且仅当物体合外力与速度方向不在同一直线上时, 物体做曲线运动, 故斜抛物体一定做曲线运动, A、B、D 错误, C 正确。

3. (2022 · 湖南真题) 将小球从空中某位置以初速度  $v_0$  水平抛出, 小球落至水平地面上; 再从同一位置将小球以初速度  $2v_0$  水平抛出, 小球落至同一水平地面上。不计空气阻力, 小球第二次运动过程中 ( B )
- A. 水平位移的大小变为原来的一半  
B. 水平位移的大小变为原来的两倍  
C. 下落的时间变为原来的一半  
D. 下落的时间变为原来的两倍
4. (2020 · 湖南真题) 将一个物体以  $3 \text{ m/s}$  的初速度水平抛出, 经过  $2 \text{ s}$  物体落至水平地面, 不计空气阻力, 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。在此  $2 \text{ s}$  内 ( C )
- A. 物体下落的高度为  $30 \text{ m}$   
B. 物体下落的高度为  $40 \text{ m}$   
C. 物体的水平位移为  $6 \text{ m}$   
D. 物体的水平位移为  $20 \text{ m}$
5. (2018 · 湖南真题) 从某一高度将石子以  $1 \text{ m/s}$  的初速度沿水平方向抛出, 经  $2 \text{ s}$  石子落至水平地面。忽略空气阻力, 重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 则石子在运动过程中下落的

高度为 20  $\text{m}$ , 石子在运动过程中的水平位移为 2  $\text{m}$ 。

6. (2019 · 湖南真题) 从  $5 \text{ m}$  高处将小球沿水平方向抛出, 小球落至水平地面, 在此过程中小球的水平位移为  $5 \text{ m}$ , 忽略空气阻力, 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 则小球在空中的飞行时间为 1  $\text{s}$ , 小球平抛的初速度大小为 5  $\text{m/s}$ 。
7. (2021 · 湖南真题) 将一物体以  $6 \text{ m/s}$  的速度水平抛出, 物体落地前的瞬间, 竖直方向的分速度大小为  $10 \text{ m/s}$ , 不计空气阻力, 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 则物体做平抛运动的时间为 1  $\text{s}$ , 水平方向的位移大小为 6  $\text{m}$ 。

8. (2022 · 湖南真题) 如图, 在“探究平抛运动的特点”的实验中, 用小锤击打弹性金属片后, A 球沿水平方向抛出, 做平抛运动; 同时 B 球被释放, 做自由落体运动。忽略空气阻力的影响, A、B 两球落地的时间 相同 (填“相同”或“不同”)。分别改变小球距地面的高度和小锤击打的力度, 多次重复这个实验, 发现结果都是如此。由此可知, 平抛运动在竖直方向的分运动是 自由落体 运动。



## 第六章

## 圆周运动

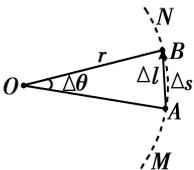
## 复习建议

圆周运动是高中物理中的重要内容之一,是力学中曲线运动的代表,涉及较多的物理知识,与生活密切相关。学习本章,需要从运动角度和力的角度深刻理解圆周运动,明确描述圆周运动的各物理量间的关系,会分析向心力的来源。

## 考点梳理

## 1. 线速度

(1) 定义:如图所示,物体沿圆弧由  $M$  向  $N$  运动,弧长  $\Delta s$  与时间  $\Delta t$  之比反映了物体在  $A$  点附近运动的 快慢,如



果  $\Delta t$  非常非常小,  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  就可以表示物体在  $A$  点时运动的 快慢,通常把它称为 线速度的大小。

(2) 表达式:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。

(3) 方向:线速度的方向为物体做圆周运动时该点的 切线 方向。

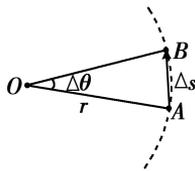
## 2. 匀速圆周运动

如果物体沿着圆周运动,并且线速度的 大小 处处相等,这种运动叫作匀速圆周运动。

## 3. 角速度

(1) 定义:如图所示,物体在  $\Delta t$  时间内由

$A$  运动到  $B$ 。半径  $OA$  在这段时间内 转过的角  $\Delta\theta$  与所用时间  $\Delta t$  之比叫作角速度,用符号  $\omega$  表示。



(2) 表达式:  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ 。

(3) 单位:在国际单位制中,时间的单位是秒,角的单位是弧度,角速度的单位是 弧度每秒,符号是 rad/s。

## 4. 周期

(1) 周期:做匀速圆周运动的物体,运动 一周 所用的时间叫作周期,用  $T$  表示。周期也是常用的物理量,它的单位与时间的单位相同。

(2) 转速:技术中常用转速来描述物体做圆周运动的 快慢。转速是指物体转动的圈数与所用时间之比,常用符号  $n$  表示。转速的单位为转每秒(r/s),或转每分(r/min)。

## 5. 向心力

(1) 定义:做匀速圆周运动的物体所受的合力总指向 圆心,这个指向 圆心 的力叫作向心力。

(2) 方向:始终沿着 半径 指向 圆心。

(3) 作用:只改变速度的 方向,不改变速度的 大小。

(4) 向心力是根据力的 作用效果 命名的,它由某个力或者几个力的合力提供。

### 6. 向心加速度

(1) 方向:沿半径方向指向 圆心,与线速度方向 垂直。

(2) 匀速圆周运动的加速度大小:  $a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ 。

### 7. 生活中的圆周运动

(1) 火车转弯:如果在弯道处使外轨略高于内轨,火车转弯时铁轨对火车的支持力  $F_N$  的方向不再是 竖直 的,而是斜向弯道的 内侧,它与重力  $G$  的合力指向 圆心。适当选择内外轨的高度差,即可使火车转弯时所需的向心力几乎完全由重力  $G$  和支持力  $F_N$  的 合力 来提供。

(2) 汽车过拱形桥

	汽车过拱形桥	汽车过凹形路面
受力分析		
向心力	$G - F_N = m \frac{v^2}{r}$	$F_N - G = m \frac{v^2}{r}$
对桥的压力	$F_N' = G - \frac{mv^2}{r}$	$F_N' = G + \frac{mv^2}{r}$
结论	汽车对桥的压力小于汽车的重力,而且汽车的速度越大,汽车对桥的压力 <u>越小</u>	汽车对地面的压力大于汽车的重力,而且汽车的速度越大,汽车对地面的压力 <u>越大</u>

### 8. 离心运动

(1) 定义:做圆周运动的物体沿切线飞出或做 逐渐远离 圆心的运动。

(2) 原因:向心力突然 消失 或合力不足以提供所需的 向心力。

### (3) 离心运动的应用和防止

应用:离心干燥器;洗衣机的 脱水筒;离心制管技术;分离血浆和红细胞的离心机。

防止:转动的砂轮、飞轮等,转速不能太高;在公路弯道处,车辆不允许超过 规定的速度。

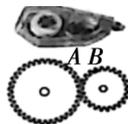


### 典例剖析

#### 考点1 描述圆周运动的物理量

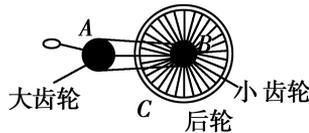
【例1】如图所示,修正带是通过两个齿轮的相互咬合进行工作的,其原理可简化为下图所示的模型。A、B是转动的大小齿轮边缘的两点。则下列说法中正确的是 ( D )

- A. A点比B点的线速度大
- B. A点比B点的线速度小
- C. A点比B点的角速度大
- D. A点比B点的角速度小



【解析】修正带是通过两个齿轮的相互咬合进行工作的,边缘点的线速度相等,A、B是转动的大小齿轮边缘的两点,其线速度大小相等,即  $v_A = v_B$ ,A、B错误;根据  $v = \omega r$ ,可知半径大的A点角速度小,C错误、D正确。

【变式1】如图所示,自行车的大齿轮、小齿轮、后轮三个轮子的半径大小不同,它们的边缘有三个点A、B、C,



下列说法中错误的是 ( B )

- A. A、B的线速度相同
- B. A、C的线速度相同
- C. B、C的线速度不相同
- D. B、C的角速度相同

**【解析】**前齿轮盘和后齿轮盘由于被同一条链条连接,所以边缘点的线速度相等,即A、B有相同的线速度;B与C在同一个转轴上同轴传动,所以角速度相同,但半径不同,根据 $v=r\omega$ ,可知B、C的线速度不相同。故A、C、D正确,B错误。

### 考点2 向心力

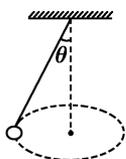
**【例2】**用细绳拴着小球做圆锥摆运动,如图所示,下列说法中正确的是 ( D )

A. 小球受到重力、绳子的拉力和向心力的作用

B. 绳子的拉力  $F = mg \cos \theta$

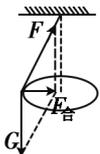
C. 向心力  $F_n = mg \sin \theta$

D. 运动的角速度越大时, $\theta$ 角越大



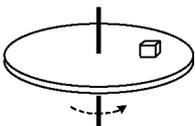
**【解析】**小球只受重力和拉力作用,合力提供向心力,向心力是效果力,不是实际受到的力,A错误;小球在水平面内做匀速圆周运动,对小球进行受力分析,如图所示,

由几何关系可得绳子的拉力  $F = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,



小球的向心力大小为  $F_n = F_{\text{合}} = mg \tan \theta$ ,B、C错误;由于  $F_n = m\omega^2 r = mg \tan \theta$ ,所以运动的角速度越大时, $\theta$ 角越大,D正确。

**【变式2】**如图所示,一个圆盘在水平面内匀速转动,盘面上距圆盘中心一定距离处放



有一个小木块,随圆盘一起转动,木块受到三个力的作用:重力、圆盘对木块的支持力和圆盘对木块的静摩擦力,则木块转动所需的向心力是 ( C )

A. 木块所受的重力

B. 圆盘对木块的支持力

C. 圆盘对木块的静摩擦力

D. 圆盘对木块的支持力和静摩擦力的合力

### 考点3 向心力与向心加速度

**【例3】**下列关于向心加速度和向心力的说法中,正确的是 ( C )

A. 向心力总是指向圆心,它是根据力的性质来命名的

B. 在匀速圆周运动中,向心加速度是恒定不变的

C. 向心力只能改变速度的方向,不能改变速度的大小

D. 做匀速圆周运动的物体,除其他的力外还受到向心力的作用

**【解析】**向心力总是指向圆心,它是根据力的效果来命名的,A错误;在匀速圆周运动中,向心加速度大小不变,方向始终指向圆心,即方向时刻变化,故向心加速度是变化的,B错误;做圆周运动的物体,向心力始终指向圆心,与速度方向垂直,不改变速度的大小,只改变速度的方向,C正确;向心力不是物体所受的力,是效果力,D错误。

**【变式3】**下列关于向心加速度的说法中,正确的是 ( A )

A. 向心加速度的方向始终与速度的方向垂直

B. 向心加速度的方向保持不变

C. 在匀速圆周运动中,向心加速度是恒定的

D. 在匀速圆周运动中,向心加速度的大小不断变化



**考点4 生活中的圆周运动**

**【例4】**“S路”曲线行驶是我国驾驶证考试中的一个项目。某次考试过程中,有两名学员分别坐在驾驶座和副驾驶座上,并且始终与汽车保持相对静止,汽车在弯道上行驶可视为做圆周运动,行驶过程中未发生打滑。如图所示,当汽车在水平“S路”图示位置处减速行驶时 ( B )

- A. 两名学员具有相同的线速度
- B. 两名学员具有相同的角速度
- C. 汽车受到的摩擦力的方向与速度方向相反
- D. 在副驾驶座上的学员受到汽车的作用力较大

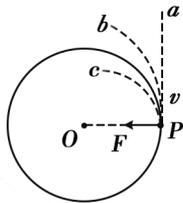


**【变式4】**同一辆汽车以同样大小的速度先后开上平直的桥和凸形桥,在桥的中央处 ( B )

- A. 车对两种桥面的压力一样大
- B. 车对平直桥面的压力大
- C. 车对凸形桥面的压力大
- D. 无法判断

**考点5 离心现象**

**【例5】**如图所示,光滑水平面上,小球  $m$  在拉力  $F$  的作用下做匀速圆周运动。若小球运动到  $P$  点时,拉力  $F$  发生变化,下列关于小球运动情况的说法中,不正确的是 ( B )



- A. 若拉力突然消失,小球将沿轨迹  $Pa$  做离心运动

B. 若拉力突然变小,小球可能沿轨迹  $Pa$  做离心运动

C. 若拉力突然变小,小球可能沿轨迹  $Pb$  做离心运动

D. 若拉力突然变大,小球可能沿轨迹  $Pc$  做向心运动

**【变式5】**下列说法中正确的是 ( D )

- A. 物体做离心运动时,将离圆心越来越远
- B. 物体做离心运动时,其运动轨迹一定是直线
- C. 做离心运动的物体,一定不受到外力的作用
- D. 做匀速圆周运动的物体,若合力消失将做离心运动


**模拟演练**

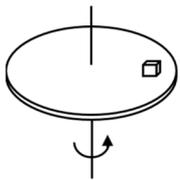
1. 关于匀速圆周运动,下列说法中正确的是 ( B )

- A. 由  $a_n = \frac{v^2}{r}$  知,匀速圆周运动的向心加速度恒定
- B. 向心加速度只改变线速度的方向,不改变线速度的大小
- C. 匀速圆周运动是匀速运动
- D. 向心加速度越大,物体的速率变化越快

2. (2022·湖南真题)小明同学乘坐高铁分别以不同速率  $v_1$ 、 $v_2$  通过同一水平圆弧形弯道,且  $v_1 > v_2$ 。若小明所需向心力的大小分别为  $F_1$ 、 $F_2$ ,则 ( C )

- A.  $F_1 < F_2$
- B.  $F_1 = F_2$
- C.  $F_1 > F_2$
- D.  $F_1$ 、 $F_2$  的大小关系无法确定

3. (2018 · 湖南真题) 如图所示, 置于圆盘上的物块随圆盘一起在水平面内转动。当圆盘以角速度  $\omega_1$  匀速转动

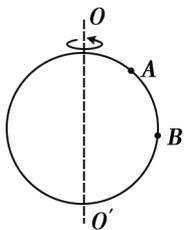


时, 物块所受摩擦力为  $F_1$ ; 当圆盘以角速度  $\omega_2$  匀速转动时, 物块所受摩擦力为  $F_2$ , 且  $\omega_1 < \omega_2$ , 物块始终未滑动。则  $F_1$  和  $F_2$  的大小关系为 ( A )

- A.  $F_1 < F_2$
- B.  $F_1 = F_2$
- C.  $F_1 > F_2$
- D. 无法确定

**【解析】** 物体随圆盘一起做圆周运动, 物体运动的角速度等于圆盘的角速度, 由静摩擦力提供向心力, 根据  $F = m\omega^2 r$  可知,  $m$ 、 $r$  一定时, 物块受到的静摩擦力与角速度的平方成正比, 则有  $F_1 < F_2$ 。故 A 正确, B、C、D 错误。

4. (2018 · 湖南真题) 如图所示, 竖直放置的圆环绕  $OO'$  匀速转动,  $OO'$  为过圆环圆心的竖直转轴,  $A$ 、 $B$  为圆环上的两点。用  $v_A$ 、 $v_B$  分别表示  $A$ 、 $B$  两点的线速度大小, 用  $\omega_A$ 、 $\omega_B$  分别表示  $A$ 、 $B$  两点的角速度大小。则下列关系正确的是 ( B )



正确的是 ( B )

- A.  $\omega_A < \omega_B$
- B.  $\omega_A = \omega_B$
- C.  $v_A > v_B$
- D.  $v_A = v_B$

**【解析】**  $A$ 、 $B$  两点共轴转动, 其角速度相等, A 错误, B 正确;  $r_A < r_B$ , 根据  $v = r\omega$  可知,  $v_A < v_B$ , C、D 错误。

5. 把某机械手表的分针与时针上端点的运动看作匀速圆周运动, 且分针长度是时针长度的 1.5 倍, 则 ( B )

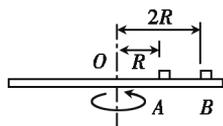
- A. 分针与时针的运动周期之比为 1 : 60

B. 分针与时针的角速度之比为 12 : 1

C. 分针与时针末端的线速度之比为 8 : 1

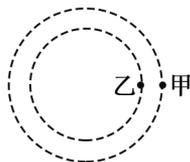
D. 分针与时针末端的向心加速度之比为 12 : 1

6. (2019 · 湖南真题) 如图所示, 置于圆盘上的  $A$ 、 $B$  两物块(均可视为质点)随圆盘一起绕圆心  $O$  在水平面内匀速转动, 两物块始终未滑动。  $A$  到  $O$  的距离为  $R$ ,  $B$  到  $O$  的距离为  $2R$ ,  $A$ 、 $B$  两物块的线速度大小分别为  $v_A$ 、 $v_B$ , 角速度大小分别为  $\omega_A$ 、 $\omega_B$ 。下列关系式正确的是 ( B )



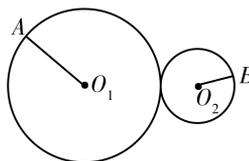
- A.  $\omega_A = 2\omega_B$
- B.  $\omega_A = \omega_B$
- C.  $v_A = 2v_B$
- D.  $v_A = v_B$

7. (2020 · 湖南真题) 如图所示, 甲、乙两艘快艇在湖面上做匀速圆周运动, 甲的运动半径大于乙的运动半径, 若它们转一圈的时间相等, 下列说法正确的是 ( A )



- A. 甲的线速度大于乙的线速度
- B. 甲的角速度大于乙的角速度
- C. 甲的运动周期小于乙的运动周期
- D. 甲的向心加速度小于乙的向心加速度

8. (2021 · 湖南真题) 如图,  $A$ 、 $B$  两点分别位于大、小两轮的边缘上, 它们的半径之比为 2 : 1, 两个轮子之间靠摩擦传动, 接触面上没有滑动。在两轮匀速转动时, 下列关系正确的是 ( B )



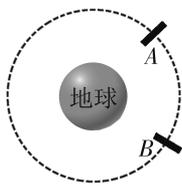
- A.  $A$ 、 $B$  两点的线速度之比为 2 : 1
- B.  $A$ 、 $B$  两点的线速度之比为 1 : 1



C.  $A$ 、 $B$  两点的角速度之比为  $2:1$

D.  $A$ 、 $B$  两点的向心加速度之比为  $1:1$

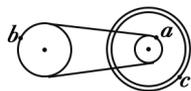
9. (2022·湖南真题) 如图, 两颗人造地球卫星  $A$ 、 $B$  在同一轨道上做匀速圆周运动,  $A$  的质量小于  $B$ ,  $A$ 、 $B$  的周期分别为  $T_A$ 、 $T_B$ , 向心加速度大小分别为  $a_A$ 、 $a_B$ 。下列关系正确的是 ( A )



A.  $T_A = T_B$                   B.  $T_A > T_B$

C.  $a_A < a_B$                   D.  $a_A > a_B$

10. 如图所示的皮带传动装置, 左边是主动轮, 右边是一个轮轴,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别为轮边缘上的三点, 已知  $R_a < R_b < R_c$ , 假设在传动过程中皮带不打滑, 则下列说法中正确的是 ( C )



A.  $a$  点与  $b$  点的角速度大小相等

B.  $a$  点与  $c$  点的线速度大小相等

C.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点中,  $c$  点的线速度最大

D.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点中,  $c$  点的角速度最大

**【解析】** 因为是皮带传动且不打滑, 故  $a$  点的线速度与  $b$  点的线速度大小相等, 即  $v_a = v_b$ 。因为  $R_a < R_b$ , 由  $\omega = \frac{v}{R}$  可知,  $a$  点的角速度

大于  $b$  点的角速度, 即  $\omega_a > \omega_b$ , 所以 A 错误;  $a$  和  $c$  是同轴转动, 所以  $a$  和  $c$  的角速度大小相等, 即  $\omega_a = \omega_c$ , 因为  $R_a < R_c$ , 由  $v = \omega R$  可知,  $a$  点的线速度小于  $c$  点的线速度, 即  $v_a < v_c$ , B 错误;  $a$  点的线速度与  $b$  点的线速度大小相等, 即  $v_a = v_b$ , 又因  $a$  点的线速度小于  $c$  点的线速度, 即  $v_a < v_c$ , 因此有  $v_a = v_b < v_c$ , 所以  $c$  点的线速度最大, C 正确;  $a$  点的线速度与  $b$  点的线速度大小相等, 因为  $R_a < R_b$ , 由  $\omega = \frac{v}{R}$  可知,  $a$

点的角速度大于  $b$  点的角速度, 又因  $a$  点的角速度与  $c$  点的角速度相等, 故有  $\omega_a = \omega_c > \omega_b$ , D 错误。

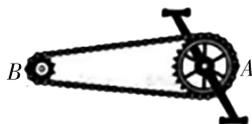
11. (2022·湖南真题) 如图,  $A$ 、 $B$  两点分别位于自行车大、小齿轮边缘上, 将自行车后轮架起, 匀速转动脚踏板时,  $A$ 、 $B$  两点的线速度大小分别为  $v_A$ 、 $v_B$ , 角速度大小分别为  $\omega_A$ 、 $\omega_B$ 。下列关系正确的是 ( A )

A.  $v_A = v_B$

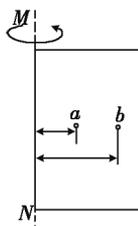
B.  $v_A < v_B$

C.  $\omega_A > \omega_B$

D.  $\omega_A = \omega_B$



12. 如图所示为教室门的示意图,  $M$ 、 $N$  为门上两点,  $r_a$ 、 $r_b$  分别表示  $a$ 、 $b$  距固定转轴  $MN$  的距离, 且  $r_b = 2r_a$ 。当门绕转轴  $MN$  匀速转动时,  $a$ 、 $b$  两点的角速度大小之比为  $\omega_a:\omega_b =$  1:1,  $a$ 、 $b$  两点的线速度大小之比为  $v_a:v_b =$  1:2。



**【解析】**  $a$ 、 $b$  两点绕固定转轴  $MN$  转动, 其角速度相等, 所以  $a$ 、 $b$  两点的角速度大小之比为  $\omega_a:\omega_b = 1:1$ , 又因  $r_b = 2r_a$ , 根据  $v = r\omega$  可知,  $a$ 、 $b$  两点的线速度大小之比为  $v_a:v_b = 1:2$ 。

13. 一辆玩具小汽车在水平地板上以某一速度匀速行驶时, 它对地板的压力  $F_1$  大小 等于 (填“等于”或“不等于”) 它的重力  $G$ ; 当该玩具小汽车以同一速度通过玩具拱形桥的最高点时, 它对桥面的压力  $F_2$  大小 小于 (填“大于”或“小于”) 它的重力  $G$ 。

## 第七章 万有引力与宇宙航行

### 复习建议

本章内容较多,涉及开普勒三定律和万有引力定律。复习时,开普勒第一定律和第二定律的考查点为记忆内容,开普勒第三定律可能涉及计算,万有引力定律可能涉及对定律本身的理解、万有引力与重力的关系,卫星的运行可能会涉及计算,宇宙速度一般只涉及记忆。

### 考点梳理

#### 1. 开普勒定律

(1)开普勒第一定律:所有行星绕太阳运动的轨道都是 椭圆,太阳处在椭圆的一个 焦点 上。

(2)开普勒第二定律:对任意一个行星来说,它与太阳的连线在相等的时间内扫过的 面积 相等。当行星离太阳较近的时候,运行的速度 较大,而离太阳较远的时候速度 较小。

(3)开普勒第三定律:所有行星轨道的半长轴的 三次方 跟它的公转周期的 二次方 的比都相等。公式为:  $\frac{a^3}{T^2} = k$ 。比值  $k$  是一个对所有行星都 相同 的常量。

#### 2. 万有引力定律

(1)内容:自然界中任何两个物体都相互 吸引,引力的方向在它们的 连线 上,

引力的大小与物体的质量  $m_1$  和  $m_2$  的乘积成 正比、与它们之间距离  $r$  的二次方成 反比。

(2)表达式:  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 。  $G$  是比例系数,叫作引力常量,适用于任何两个物体。

#### (3)引力常量的测定

英国物理学家卡文迪什在实验室里通过扭秤装置,比较准确地得出了  $G$  值,通常取  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 。

#### 3. 计算天体的质量

(1)思路:质量为  $m$  的行星绕太阳做匀速圆周运动时,行星与太阳间的万有引力提供向心力。

#### (2)关系式

由  $\frac{Gmm_{\text{太}}}{r^2} = m\omega^2 r$ 、 $\omega = \frac{2\pi}{T}$  得:  $G \frac{mm_{\text{太}}}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 。(  $m_{\text{太}}$  为太阳的质量,  $r$  为行星与太阳之间的距离)

(3)结论:  $m_{\text{太}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ ,只要知道行星绕太阳运动的周期  $T$  和它与太阳之间的距离  $r$ ,就可以计算出太阳的质量。

#### 4. 人造地球卫星

一般情况下可认为人造地球卫星绕地球做 匀速圆周 运动,设地球的质量为  $m_{\text{地}}$ ,卫星的质量为  $m$ ,向心力由地球对它的 万有引力 提供,即  $G \frac{mm_{\text{地}}}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ,则卫星在轨道

上运行的线速度  $v = \sqrt{\frac{Gm_{地}}{r}}$ 。

### 5. 地球同步卫星

(1) 概念: 相对于地面静止且与地球自转具有相同 周期 的卫星, 叫作地球同步卫星。

(2) 特点: 六个“一定”

①转动方向一定: 和地球自转方向一致;

②周期一定: 和地球自转周期相同, 即  $T = 24 \text{ h}$ ;

③角速度一定: 等于地球自转的角速度;

④轨道平面一定: 所有的同步卫星都位于赤道的 正上方, 其轨道平面必须与赤道平面重合;

⑤高度一定: 离地面的高度固定不变(约  $3.6 \times 10^4 \text{ km}$ );

⑥速率一定: 线速度大小一定(约  $3.1 \times 10^3 \text{ m/s}$ )。

### 6. 宇宙速度

(1) 第一宇宙速度

定义: 物体在地球附近绕地球做 匀速圆周 运动的速度, 叫作第一宇宙速度。第一宇宙速度的大小为  $v = 7.9 \text{ km/s}$ 。

(2) 第二宇宙速度

在地面附近发射飞行器, 如果速度大于  $7.9 \text{ km/s}$ , 又小于  $11.2 \text{ km/s}$ , 它绕地球运行的轨迹就不是圆, 而是椭圆。当飞行器的速度等于或大于  $11.2 \text{ km/s}$  时, 它就会克服地球的引力, 永远离开 地球。我们把  $11.2 \text{ km/s}$  叫作第二宇宙速度。

(3) 第三宇宙速度

在地面附近发射飞行器, 如果要使其挣脱太阳引力的束缚, 飞到太阳系外, 必须使它

的速度等于或大于  $16.7 \text{ km/s}$ , 这个速度叫作第三宇宙速度。



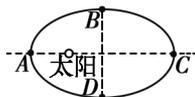
## 典例剖析

### 考点 1 开普勒行星运动规律

【例 1】行星绕太阳公转的轨道是椭圆, 冥王星的公转周期为  $T_0$ , 忽略其他行星对它的影响, 则 ( D )

A. 冥王星从  $B \rightarrow C \rightarrow D$  的过程中, 速率逐渐变小

B. 冥王星从  $A \rightarrow B \rightarrow C$  的过程中, 速率逐渐变大



C. 冥王星从  $A \rightarrow B$  所用的时间等于  $\frac{T_0}{4}$

D. 冥王星从  $A \rightarrow C$  所用的时间等于  $\frac{T_0}{2}$

【解析】根据开普勒第二定律: 对每一个行星而言, 太阳与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等。所以冥王星从  $B \rightarrow C \rightarrow D$  的过程中, 冥王星与太阳的距离先增大后减小, 所以其速率先变小后增大, A 错误; 太阳与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等, 所以冥王星从  $A \rightarrow B \rightarrow C$  的过程中, 冥王星与太阳的距离增大, 其速率逐渐变小, 万有引力对它做负功, 故 B 错误; 公转周期为  $T_0$ , 冥王星从  $A \rightarrow C$  的过程中所用的时间是  $0.5T_0$ , 由于冥王星从  $A \rightarrow B \rightarrow C$  的过程中, 速率逐渐变小, 且从  $A \rightarrow B$  与从  $B \rightarrow C$  的路程相等, 所以冥王星从  $A \rightarrow B$  所用的时间小于  $\frac{T_0}{4}$ , C 错误、D 正确。

【变式 1】将冥王星和土星绕太阳的运动都看作匀速圆周运动。已知冥王星绕太阳的公转周期约是土星绕太阳公转周期的 8 倍, 那么冥王星和土星绕太阳运行的轨道半径之比约为 ( B )

A. 2 : 1                      B. 4 : 1

C. 8 : 1                      D. 16 : 1

**【解析】**根据开普勒第三定律:所有行星绕太阳运行的半长轴的三次方与公转周期的二次方的比值都相等,即 $\frac{a^3}{T^2}=k$ 。由题意,已知

$$T_1:T_2=8, \text{ 可得 } \frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = 64, \text{ 整理得到 } \frac{R_1}{R_2} = 4。$$

答案 B 正确。

### 考点 2 万有引力定律

**【例 2】**要使两物体间的万有引力减小到原来的 $\frac{1}{4}$ ,下列办法中不可行的是 ( D )

- A. 使物体的质量各减小一半,距离不变  
B. 使其中一个物体的质量减小到原来的

$\frac{1}{4}$ ,距离不变

C. 使两物体间的距离增加到原来的 2 倍,质量不变

D. 使两物体间的距离和质量都减小到原来的 $\frac{1}{4}$

**【解析】**根据万有引力公式 $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ ,使物体的质量各减小一半,距离不变,万有引力变为原来的 $\frac{1}{4}$ ,A 正确;使其中一个物体的质量减小到原来的 $\frac{1}{4}$ ,距离不变,万有引力变为

原来的 $\frac{1}{4}$ ,B 正确;使两物体间的距离增加到

原来的 2 倍,质量不变,万有引力变为原来的

$\frac{1}{4}$ ,C 正确;使两物体间的距离和质量都减小

到原来的 $\frac{1}{4}$ ,两物体间的万有引力不变,D 错误。

**【变式 2】**2020 年 11 月 24 日,长征五号遥五运载火箭搭载嫦娥五号探测器成功发射升空,开启了我国航天器首次地外天体采样返回之旅。当探测器距月球表面的高度为  $h$  时 ( $h$  等于月球半径  $R$ ),受到月球对它的万有引力为  $F$ ,则探测器着陆在月球表面时受到月球对它的万有引力大小为 ( D )

A.  $F$                       B.  $2F$ C.  $3F$                       D.  $4F$ 

### 考点 3 万有引力理论的成就

**【例 3】**天文学家发现某天体在圆形轨道上绕月亮运动,并测出了该天体的线速度和运动周期,由此可推算出 ( D )

A. 天体的质量      B. 天体的半径

C. 月亮的半径      D. 月亮的质量

**【解析】**设天体的质量为  $m$ ,月亮的质量为  $M$ ,天体做圆周运动的轨道半径为  $R$ 。由万有引力提供向心力,则有: $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$ ,  $G\frac{Mm}{R^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$ 。由以上两式解得  $M = \frac{v^3}{2\pi GT}$ ,所以 D 正确。由于天体的质量在上述式子的两边都约掉了,所以无法测量,天体的半径与月亮的半径也没有用到。所以 A、B、C 错误。

**【变式 3】**一名宇航员来到一个星球上,如果星球的质量是地球质量的 2 倍,它的直径是地球直径的 2 倍,那么这名宇航员在该星球上受到的万有引力的大小是他在地球上受到的万有引力的 ( B )

A.  $\frac{1}{4}$                       B.  $\frac{1}{2}$ 

C. 2 倍                      D. 4 倍



【解析】根据万有引力定律  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$  可

知,  $\frac{F_{星}}{F_{地}} = \frac{M_{星}r_{地}^2}{M_{地}r_{星}^2}$ , 代入数据可得  $\frac{F_{星}}{F_{地}} = \frac{1}{2}$ , 选 B。

#### 考点 4 宇宙速度 同步卫星

【例 4】(2020·湖南真题)2020 年 3 月 9 日, 北斗卫星导航系统的第 54 颗卫星在西昌卫星发射中心升空。该卫星是一颗地球同步卫星, 在同步轨道运行时与地面保持相对静止。关于地球同步卫星, 下列说法正确的是 ( D )

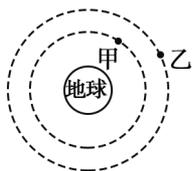
- A. 两颗同步卫星的轨道半径可以不同
- B. 线速度可以大于 7.9 km/s
- C. 可以飞跃长沙上空
- D. 运行周期是 24 h

【变式 4】(2019·湖南真题)已知地球的质量为  $M$ , 地球的半径为  $R$ , 万有引力常量为  $G$ , 则卫星在地面附近绕地球做匀速圆周运动的线速度(即第一宇宙速度)大小是 ( B )

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

#### 考点 5 人造地球卫星

【例 5】如图所示, 甲乙两颗质量相等的卫星绕地球做匀速圆周运动, 它们的轨道半径分别为  $r_{甲}$ 、 $r_{乙}$ , 且  $r_{甲} < r_{乙}$ , 它们的线速度大小分别为  $v_{甲}$ 、 $v_{乙}$ , 地球对它们的引力大小分别为  $F_{甲}$ 、 $F_{乙}$ 。下列关系正确的是



( A )

- A.  $v_{甲} > v_{乙}$
- B.  $v_{甲} = v_{乙}$
- C.  $F_{甲} < F_{乙}$
- D.  $F_{甲} = F_{乙}$

【变式 5】一飞船在某行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行。该行星可视为密度均匀的球体, 要确定其密度, 只需要测量 ( C )

- A. 飞船的轨道半径
- B. 飞船的运行速度
- C. 飞船的运行周期
- D. 行星的质量



#### 模拟演练

1. (2021·湖南真题)关于万有引力及其计算公式  $F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$ , 下列说法正确的是 ( D )

- A. 万有引力只存在于质量很大的两个物体之间
- B. 根据公式知,  $r$  趋近于 0 时,  $F$  趋近于无穷大
- C. 计算地球对卫星的引力时,  $r$  是指卫星到地球表面的距离
- D. 卡文迪什测出了引力常量  $G$

2. 已知万有引力常量  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ , 重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 地球半径  $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ , 则地球质量的数量级是 ( D )

- A.  $10^{18} \text{ kg}$
- B.  $10^{20} \text{ kg}$
- C.  $10^{22} \text{ kg}$
- D.  $10^{24} \text{ kg}$

【解析】在地球表面有  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ , 代入数据得:  $M = 10^{24} \text{ kg}$ 。D 正确, A、B、C 错误。

3. (2019·湖南真题)今年 5 月 17 日, 我国成功将第 45 颗北斗导航卫星送入既定轨道, 标志着北斗全球组网加速推进。北斗系统中甲、乙两颗卫星在不同轨道上绕地球做匀速圆周运动, 甲的轨道半径大于乙的轨道半径, 则甲、乙的向心加速度大小  $a_{甲}$ 、 $a_{乙}$  的关

系为 ( A )

A.  $a_{甲} < a_{乙}$                       B.  $a_{甲} = a_{乙}$

C.  $a_{甲} > a_{乙}$                       D. 无法确定

4. (2018 · 湖南真题) 如图所示, 某行星围绕太阳运动的轨道为椭圆, 该行星在近日点  $A$  时, 太阳对它的万有引力为  $F_A$ , 在远日点  $B$  时, 太阳对它的万有引力为  $F_B$ 。则  $F_A$ 、 $F_B$  的大小关系为 ( C )

A.  $F_A < F_B$                       B.  $F_A = F_B$

C.  $F_A > F_B$                       D. 无法确定

【解析】根据万有引力定律可得  $F = \frac{GMm}{r^2}$ ,

由于该行星在近日点  $A$  时距离太阳的距离小于在远日点  $B$  时距离太阳的距离, 故有  $F_A > F_B$ 。C 正确, A、B、D 错误。

5. (2021 · 湖南真题) 2021 年 5 月 15 日, 天问一号探测器成功着陆火星, 我国首次火星探测任务着陆火星取得成功。探测器着陆之前先在停泊轨道绕火星做椭圆运动, 运动轨迹如图所示, 其中  $A$  点离火星最近,  $B$  点离火星最远。下列说法正确的是 ( B )

A. 探测器在  $A$  点的速度等于在  $B$  点的速度

B. 探测器在  $A$  点的速度大于在  $B$  点的速度

C. 由  $A$  点运动到  $B$  点的过程中, 探测器受到火星的引力不变

D. 由  $A$  点运动到  $B$  点的过程中, 探测器受到火星的引力变大

6. (2022 · 湖南真题) 航天员从中国空间站乘坐返回舱返回地球的过程中, 随着返回舱离

地球越来越近, 地球对航天员的万有引力 ( A )

A. 变大                              B. 不变

C. 变小                              D. 大小变化无法确定

7. (2021 · 湖南真题) 第一宇宙速度是物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度, 大小为 7.9 km/s。在地面发射的航天器, 为了能够挣脱地球的引力的束缚, 必须使它的速度等于或大于 11.2 km/s, 我们把 11.2 km/s 叫作第二宇宙速度。

8. 若嫦娥五号卫星在离月球表面为  $h$  的空中沿圆形轨道绕月球飞行, 周期为  $T$ 。已知月球半径为  $r$ , 引力常量为  $G$ 。试推导:

(1) 月球质量的表达式;

(2) 月球表面的重力加速度;

(3) 月球的第一宇宙速度。

【解析】(1) 设月球质量为  $M$ , 卫星质量为  $m$ , 月球表面的重力加速度为  $g$ 。由万有引力提供向心力, 有  $\frac{GMm}{(r+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (r+h)$ , 可

$$\text{得 } M = \frac{4\pi^2(r+h)^3}{GT^2};$$

(2) 由黄金代换公式  $GM = gr^2$  得,  $g = \frac{GM}{r^2} =$

$$\frac{4\pi^2(r+h)^3}{r^2 T^2};$$

(3) 月球的第一宇宙速度  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} =$

$$\sqrt{\frac{4\pi^2(r+h)^3}{r T^2}}。$$

## 第八章 机械能守恒定律

### 第1课时 功与功率

#### 复习建议

功和功率的考查往往结合生活实际创设问题情境,体现“从生活走向物理”和“从物理走向生活”,所以功和功率是学考的高频考点,主要考查对功和功率的理解、恒力做功、功率的计算、功率与速度的计算等。

#### 考点梳理

##### 1. 功

(1)公式:  $W = Fl\cos\alpha$ , 其中  $F$ 、 $l$ 、 $\alpha$  分别为 力的大小、位移的大小、力与位移的夹角。

(2)功是 标 量。在国际单位制中,功的单位是 焦耳, 符号是 J。

##### 2. 正功和负功

(1)当  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  时,  $W = \underline{0}$ , 力  $F$  对物体不做功。

(2)当  $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$  时,  $W > 0$ , 力  $F$  对物体做 正 功。

(3)当  $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$  时,  $W < 0$ , 力  $F$  对物体做 负 功。

##### 3. 总功的计算

当一个物体在几个力的共同作用下发生

一段位移时,这几个力对物体所做的总功,等于:

(1)各个力分别对物体所做功的代数和;

(2)这几个力的 合力 对物体所做的功。

##### 4. 功率

(1)定义:在物理学中,做功的 快慢 用功率表示。如果从开始计时到时刻  $t$  这段时间内,力做的功为  $W$ , 则功  $W$  与完成这些功所用时间  $t$  之比叫作功率。

(2)公式:  $P = \frac{W}{t}$ 。

(3)单位:在国际单位制中,功率的单位是 瓦特, 简称瓦, 符号是 W。  $1 \text{ W} = \underline{1} \text{ J/s}$ 。技术上常用千瓦(kW)作功率的单位。

##### 5. 功率与速度

(1)一个沿着物体位移方向的力对物体做功的功率,等于这个力与物体速度的乘积,即  $P = \underline{Fv}$ 。

(2)若  $v$  是平均速度,  $P = Fv$  表示平均功率;若  $v$  是瞬时速度,  $P = Fv$  表示瞬时功率。

(3)应用:由功率与速度的关系式可知,对于汽车、火车等交通工具和各种起重机械,当发动机的输出功率  $P$  一定时,牵引力  $F$  与速度  $v$  成 反比, 要增大牵引力,就要 减小 速度。



## 典例剖析

## 考点 1 功

【例 1】物体受到两个互相垂直的作用力而运动,已知力  $F_1$  做功 6 J,物体克服力  $F_2$  做功 8 J,则力  $F_1$ 、 $F_2$  的合力对物体做功 ( D )

- A. 14 J                      B. 10 J  
C. 2 J                         D. -2 J

【解析】合力对物体做的功等于各个分力对物体做的功的代数和,即  $F_1$ 、 $F_2$  的合力对物体做的功  $W = W_{F_1} + W_{F_2} = 6 + (-8) = -2$  J。A、B、C 错误,D 正确。

【变式 1】用 200 N 的拉力将地面上一个质量为 10 kg 的物体加速提升 10 m 至 A 点,空气阻力忽略不计, $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ 。则这一过程中重力和拉力对物体所做的功分别是

( C )

- A. 2 000 J; -1 000 J  
B. -1 000 J; -1 000 J  
C. -1 000 J; 2 000 J  
D. 1 000 J; -1 000 J

【解析】物体向上运动,重力做功为  $W_G = -mgh = -10 \times 10 \times 10 \text{ J} = -1 000 \text{ J}$ ,拉力做功为  $W_F = Fh = 200 \times 10 \text{ J} = 2 000 \text{ J}$ 。A、B、D 错误,C 正确。

## 考点 2 功率

【例 2】关于功率,下列说法正确的是

( D )

- A. 功率的单位是焦耳  
B. 由  $P = \frac{W}{t}$  知,只要知道  $W$  和  $t$ ,就可以

求出任意时刻的功率

C. 由  $P = Fv$  知,只能求某一时刻的瞬时功率

D. 由  $P = Fv$  知,当汽车发动机的输出功率一定时,牵引力与速度大小成反比

【解析】功率的单位为瓦特,简称瓦,A 错误;由  $P = \frac{W}{t}$  可知,只要知道  $t$  时间内做功为  $W$ ,就可以求出这段时间内的平均功率,B 错误;由  $P = Fv$  知,若速度为某段时间内的平均速度,则也可求解某段时间内的平均功率,C 错误;由  $P = Fv$  知,当汽车发动机的输出功率一定时,牵引力与速度大小成反比,D 正确。

【变式 2】2019 年 9 月 27 日,中国举重小将李雯雯将质量为 146 kg 的杠铃举起历时约 2 s,获得冠军。则该运动员在举起杠铃运动的过程中的平均功率约为 ( B )

- A. 几十瓦左右            B. 一千瓦左右  
C. 几十千瓦左右        D. 几百千瓦左右

【解析】运动员从地上举起杠铃的高度  $h$  大约为 2 m,在举起杠铃的过程中,平均功率为  $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{146 \times 10 \times 2}{2} \text{ W} = 1460 \text{ W}$ ,所以运动员在举起杠铃过程中的平均功率约为一千瓦左右,B 正确,A、C、D 错误。

## 考点 3 汽车的功率

【例 3】若静止在平直铁道上的列车以恒定的功率启动,在启动后的一小段时间内,关于列车的运动,下列说法中正确的是 ( C )

- A. 列车做匀加速直线运动  
B. 列车的速度和加速度均不断增加  
C. 列车的速度增大,加速度减小  
D. 列车做匀速运动

【变式3】已知一辆电动玩具车在水平面上运动,其额定功率为 20 W,质量为 1 kg,在运动过程中所受阻力恒为  $F_f = 4$  N,且该玩具车输出功率的最大值不能超过额定功率。则下列说法中正确的是 ( A )

- A. 以额定功率匀速行驶时,速度为 5 m/s
- B. 以额定功率匀速行驶时,其动能为 25 J
- C. 该玩具车可以 10 m/s 的速度匀速行驶
- D. 速度为 4 m/s 时,  $P_{\text{实}} = 16$  W

【解析】当以额定功率匀速行驶时,可得

$$F = F_f, \text{ 则最大速度为 } v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_f} = \frac{20}{4} \text{ m/s} =$$

5 m/s, A 正确;当以额定功率匀速行驶时,其动能为  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 5^2 \text{ J} = 12.5 \text{ J}$ , B 错误;该玩具车的最大速度为 5 m/s,则不可以以 10 m/s 的速度匀速行驶, C 错误;只有当玩具车以 4 m/s 的速度匀速行驶时,才有其实际功率  $P_{\text{实}} = F_f v = 16 \text{ W}$ , D 错误。



### 模拟演练

1. 关于功的概念,以下说法正确的是 ( D )
  - A. 力是矢量,位移是矢量,所以功也是矢量
  - B. 功有正、负之分,所以功可能有方向性
  - C. 若某一个力对物体不做功,说明该物体一定没有位移
  - D. 恒力对物体所做的功,等于力的大小、位移的大小、力与位移夹角的余弦这三者的乘积
2. (2019·湖南真题)甲、乙两人分别将同一桶水竖直向上匀速提升相同的高度,甲提水的速度比乙大,设甲、乙两人匀速提水过程中所做的功分别为  $W_{\text{甲}}$  和  $W_{\text{乙}}$ ,做功的功率

分别为  $P_{\text{甲}}$  和  $P_{\text{乙}}$ 。下列关系正确的是

( C )

- A.  $W_{\text{甲}} > W_{\text{乙}}$
- B.  $W_{\text{甲}} < W_{\text{乙}}$
- C.  $P_{\text{甲}} > P_{\text{乙}}$
- D.  $P_{\text{甲}} < P_{\text{乙}}$

【解析】根据  $W = Fl = Gh$ ,可知  $W_{\text{甲}} = W_{\text{乙}}$ , A、B 错误;因甲提水的速度大,故所用时间短,根据  $P = \frac{W}{t}$  可知  $P_{\text{甲}} > P_{\text{乙}}$ , C 正确, D 错误。

3. 关于功率,下列认识正确的是 ( C )

- A. 由  $P = W/t$  可知,功率越大的机器做的功越多
- B. 由  $P = Fv$  可知,汽车发动机功率越大,汽车的速率越大
- C. 由  $P = W/t$  可知,单位时间内做功越多则功率越大
- D. 由  $P = Fv$  可知,做功的力越大其功率越大

【解析】由  $P = \frac{W}{t}$  可得,功率的大小与做功

的多少及做功时间有关,故功率越大的机器做功越快, A 错误;  $P = Fv$  说明功率与力和速率有关,功率大不能说明速率大, B 错误;功率为功与时间的比值,其物理意义即为单位时间内所做的功, C 正确;当速度一定时,力越大,则  $Fv$  越大,即输出功率越大,只有力大不能说明功率大, D 错误。

4. 如图所示,坐在雪橇上的人与雪橇的总质量为  $m$ ,在与水平面成  $\theta$  角的恒定拉力  $F$  作用下,沿水平地面向右移动了一段距离  $l$ 。已知雪橇与地面间的动摩擦因数为  $\mu$ ,则雪橇受到的

( C )

- A. 支持力做功为  $mgl$
- B. 重力做功为  $mgl$



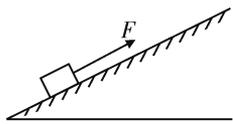
C. 拉力做功为  $Fl\cos\theta$

D. 滑动摩擦力做功为  $-\mu mgl$

5. (2021·湖南真题) 置于水平地面上的物体, 在大小为 15 N 的水平拉力作用下由静止开始运动, 受到的滑动摩擦力大小为 5 N, 在 1 s 内物体的位移大小为 2 m, 在此过程中 ( B )

- A. 拉力和滑动摩擦力都做正功  
 B. 合力对物体做的功为 20 J  
 C. 拉力的平均功率为 10 W  
 D. 物体增加的动能等于拉力做的功

6. (2022·湖南真题) 如图, 物体在平行于斜面向上的恒力  $F$  作用下, 沿斜面向上做匀加速直线运动。已知  $F=30$  N, 物体在 5 s 内的位移大小为 10 m, 在此过程中 ( B )

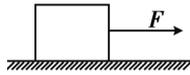


- A.  $F$  对物体做负功  
 B.  $F$  对物体做的功为 300 J  
 C.  $F$  对物体做功的平均功率为 0  
 D.  $F$  对物体做功的瞬时功率不变

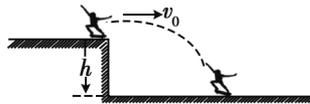
7. (2018·湖南真题) 放在光滑水平面上的物体, 受到大小为 2 N 的水平恒力作用, 在 2 s 内沿力的方向前进 3 m, 则在此过程中, 这个力对物体所做的功为 6 J, 这个力对物体做功的平均功率为 3 W。

**【解析】** 力对物体所做的功为  $W=Fl=2\times 3\text{ J}=6\text{ J}$ , 这个力对物体做功的平均功率为  $P=\frac{W}{t}=\frac{6}{2}\text{ W}=3\text{ W}$ 。

8. (2019·湖南真题) 如图所示, 某物体在 20 N 的水平恒力  $F$  作用下, 沿粗糙的水平地面做直线运动, 3 s 内沿力  $F$  的方向前进了 6 m。在此过程中, 力  $F$  对物体所做的功为 120 J, 力  $F$  对物体做功的平均功率为 40 W。



9. 小明踩着滑板沿水平方向以  $v_0=3\text{ m/s}$  的速度离开平台, 假设经过  $t=0.4\text{ s}$ , 以不变的姿势着地, 如图所示。小明和滑板的总质量  $m=50\text{ kg}$ , 取  $g=10\text{ m/s}^2$ , 不计空气阻力。求:



- (1) 平台的高度  $h$ ;  
 (2) 着地前重力的瞬时功率  $P$ 。

**【解析】** (1) 小明做平抛运动, 根据平抛运动规律, 平台的高度为  $h=\frac{1}{2}gt^2=0.8\text{ m}$ ;

(2) 着地前瞬间的竖直速度  $v_y=gt=4\text{ m/s}$ , 着地前重力的瞬时功率为  $P=mgv_y=2\ 000\text{ W}$ 。

## 第2课时 势能 动能定理 机械能守恒定律

### 复习建议

重力势能、动能定理、机械能守恒是本章中较为综合的考点,也是易混考点,复习时应注意重力势能的相对性、重力做功的绝对性、机械能守恒的条件和应用机械能守恒定律的步骤,熟悉常见的力做功的计算,为应用动能定理打下基础。

### 考点梳理

#### 1. 重力做功

(1)表达式:  $W_G = mg\Delta h = mgh_1 - mgh_2$ , 式中  $\Delta h$  指初位置与末位置的 高度差;  $h_1$ 、 $h_2$  分别指 初位置、末位置 的高度。

(2)特点:物体运动时,重力对它做的功只跟它的 起点 和 终点 的位置有关,而跟物体运动的 路径 无关。

(3)功的正负:物体下降时重力做 正 功;物体被举高时重力做 负 功。

#### 2. 重力势能

(1)定义:我们把  $mgh$  叫作物体的重力势能,常用  $E_p$  表示。

(2)表达式:  $E_p = mgh$ 。

(3)单位:在国际单位制中,重力势能的单位是 焦耳,符号为 J。

#### 3. 重力做功与重力势能变化的关系

(1)表达式:  $W_G = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$ 。

(2)两种情况:

①当物体由高处运动到低处时,重力做 正功,重力势能减少,即  $W_G > 0, E_{p1} > E_{p2}$ 。

②当物体由低处运动到高处时,重力做 负功,重力势能增加,即  $W_G < 0, E_{p1} < E_{p2}$ 。重力做负功也可以说成物体 克服重力做功。

#### 4. 重力势能的相对性

选择不同的参考平面,物体重力势能的数值是 不同 的。对选定的参考平面而言,上方物体的重力势能是 正 值,下方物体的重力势能是 负 值,负号表示物体在这个位置具有的重力势能要比在参考平面上具有的重力势能 小。

#### 5. 弹性势能

(1)定义:发生 弹性形变 的物体的各部分之间,由于有 弹力 的相互作用,也具有势能,这种势能叫作弹性势能。

(2)弹簧的弹性势能:弹簧的长度为原长时,弹性势能为0。弹簧被 拉伸 或 压缩 时,就具有了弹性势能。

#### 6. 动能定理

(1)内容:力在一个过程中对物体做的功,等于物体在这个过程中 动能的变化。

(2)表达式:  $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$  或  $W = E_{k2} - E_{k1}$ 。

(3)物理意义: 合外力 所做的功是物体动能变化的量度。

#### 7. 机械能守恒定律

(1)内容:在只有 重力 或 弹力 做功的物体系统内,动能与势能可以相互转化,而总的机械能 保持不变。

(2)表达式:  $E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}$ 。

(3)机械能守恒条件:只有 重力 或弹力做功。

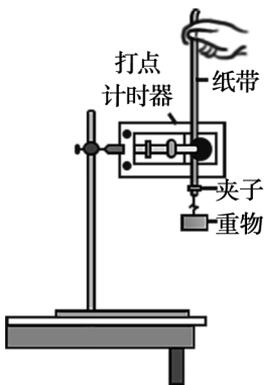
### 8. 实验:验证机械能守恒定律

#### (1)实验器材

铁架台(带铁夹)、打点计时器、重物(带夹子)、纸带(数条)、复写纸、导线、毫米刻度尺、低压交流电源。

#### (2)实验步骤

①安装装置:按照图示将检查、调整好的打点计时器竖直固定在铁架台上,接好电路。



②打纸带:先接通电源,后松开纸带,让重物带着纸带自由下落;关闭电源,取下纸带;更换纸带重复做3~5次实验。

③选纸带:选取 点迹清晰 且第1、2两点间的距离接近2 mm的纸带。

④测长度:用毫米刻度尺测出所选定的各计时点到基准点的距离。

#### (3)验证方案

利用起始点和第  $n$  点进行计算,代入  $gh_n$  和  $\frac{1}{2}v_n^2$ ,如果在实验误差允许的范围内,  $gh_n = \frac{1}{2}v_n^2$ ,则验证了机械能守恒定律。

## 典例剖析

### 考点1 重力势能

【例1】关于重力做功与物体重力势能变化的关系,下列四种说法中,正确的是 ( B )

①重力做正功,物体的重力势能增加;

②重力做正功,物体的重力势能减少;③重力做负功,物体的重力势能增加;④重力做负功,物体的重力势能减少

A. ①②

B. ②③

C. ③④

D. ①④

【解析】由重力做功与重力势能变化的关系  $W = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$ ,可知:重力做正功,物体的重力势能减少;重力做负功,物体的重力势能增加。故B正确,A、C、D错误。

【变式1】物体在运动过程中克服重力做功50 J,则 ( D )

A. 重力做功为50 J

B. 物体的重力势能可能不变

C. 物体的重力势能一定减少50 J

D. 重力做功为-50 J

### 考点2 弹性势能

【例2】如图所示,在弹性限度内,将一轻质弹簧从伸长状态变为压缩状态的过程中,其弹性势能的变化情况是



( C )

A. 一直减小

B. 一直增大

C. 先减小再增大

D. 先增大再减小

【变式2】关于弹性势能,下列说法中不正确的是 ( A )

A. 弹簧弹力做正功时,弹性势能增加

B. 发生弹性形变的物体都具有弹性势能

C. 弹性势能可以与其他形式的能相互转化

D. 在形变量相同时,劲度系数越大的弹簧,弹性势能越大

**【解析】**弹簧弹力做正功,弹性势能减少,A选项错误;发生弹性形变的物体都具有弹性势能,B选项正确;弹性势能可以与其它形式的能相互转化,C选项正确;弹簧的弹性势能与劲度系数、弹簧的形变量有关,在形变量相同时,劲度系数越大的弹簧,弹性势能越大,D选项正确。

### 考点3 动能定理

**【例3】**在光滑的地板上,用水平拉力分别使两个物块由静止获得相同的动能,那么可以肯定的是 ( D )

- A. 水平拉力相等
- B. 两物块质量相等
- C. 两物块速度的变化量相等
- D. 水平拉力对两物块做功相等

**【解析】**根据动能定理  $W = \Delta E_k$ ,分别用两个水平力拉两个物块,使它们由静止获得相同的动能,由于地面光滑,拉力即为物块受到的合外力,则可以断定水平拉力对两物块做的功一定相等。而两拉力大小、两个物块的质量以及两物块速度的变化量等,都不一定相等。A、B、C错误,D正确。

**【变式3】**关于物体所受外力的合力做功与物体动能的变化的关系,下列四种说法中,正确的是 ( D )

①合力做正功,物体的动能增加;②合力做正功,物体的动能减少;③合力做负功,物体的动能增加;④合力做负功,物体的动能减少

- A. ①②
- B. ②③
- C. ③④
- D. ①④

**【解析】**根据动能定理公式  $W = \Delta E_k$  可知,

合力做正功,物体的动能增加;合力做负功,物体的动能减少。故①、④正确,②、③错误,选D。

### 考点4 机械能守恒

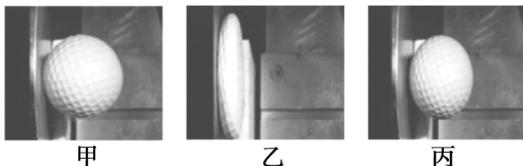
**【例4】**下列情况中,机械能守恒的是

( A )

- A. 小球做自由落体运动的过程
- B. 飞机在平直跑道上加速滑跑的过程
- C. 物体沿斜面匀速下滑的过程
- D. 运载火箭加速升空的过程

**【解析】**小球做自由落体运动的过程中,只受重力,所以机械能守恒,A正确;飞机在平直跑道上加速滑跑的过程中,重力势能不变,动能增加,两者之和即机械能必定增加,B错误;物体沿斜面匀速下滑的过程中,重力势能减少,动能不变,两者之和即机械能必定减少,C错误;运载火箭加速升空的过程中,重力势能和动能都增加,两者之和即机械能必定增加,D错误。

**【变式4】**一高尔夫球以 200 km/h 的速度水平撞击钢板。图为撞击过程中的三个状态,其中甲是球刚要撞击钢板的时刻,乙是球的形变最大的时刻,丙是球离开钢板前的某一时刻。设球在甲、丙两时刻的动能分别为  $E_{k1}$  和  $E_{k2}$ ,忽略撞击过程中高尔夫球机械能的损失,则 ( A )



- A.  $E_{k1} > E_{k2}$
- B.  $E_{k1} < E_{k2}$
- C.  $E_{k1} = E_{k2}$
- D. 条件不足,无法比较

**【解析】**由题意可知,忽略高尔夫球的机

械能损失,其机械能守恒。甲是刚要撞击的时刻,此时球具有动能,不具有弹性势能;丙是刚撞击完的时刻,此时球发生了形变,其动能转化为弹性势能,动能减少,弹性势能增加,故球在甲、丙两个时刻的动能的关系为  $E_{k1} > E_{k2}$ ,选 A。

### 考点 5 能量守恒

**【例 5】**一个质量为  $m$  的物体以  $a=2g$  的加速度竖直向下运动,则在物体下降  $h$  高度的过程中 ( C )

- A. 物体的重力势能减少了  $2mgh$
- B. 合外力做功为  $mgh$
- C. 合外力做功为  $2mgh$
- D. 物体的动能增加了  $mgh$ ,重力势能减少了  $mgh$

**【解析】**物体下降  $h$  高度的过程中,重力做功  $mgh$ ,则重力势能减少了  $mgh$ ,A 错误;根据牛顿第二定律知,合力为  $2mg$ ,结合动能定理知,合力做功为  $2mgh$ ,则动能增加  $2mgh$ ,B 错误,C 正确;物体的重力势能减少了  $mgh$ ,动能增加了  $2mgh$ ,D 错误。

**【变式 5】**关于能量的转化,下列说法中错误的是 ( B )

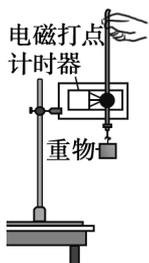
- A. 举重运动员把重物举起来,体内的一部分化学能转化为重力势能
- B. 核电站是把内能转化成了电能
- C. 内燃机做功的过程中内能转化为机械能
- D. 做功的过程是能量转化的过程,做了 10 J 功,就有 10 J 能量发生转化

### 考点 6 实验:验证机械能守恒定律

**【例 6】**(2019·湖南真题)某同学用如图所示的装置做“验证机械能守恒定律”的实

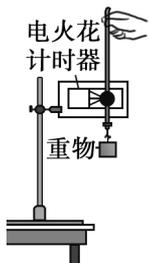
验,下列说法正确的是 ( D )

- A. 应先释放纸带,再接通电源
- B. 必须测量重物的质量
- C. 电磁打点计时器使用的是直流电源
- D. 实验时,因存在阻力,所以重物减少的重力势能略大于增加的动能



**【变式 6】**某同学用如图所示的装置做“验证机械能守恒定律”的实验,下列说法正确的是 ( B )

- A. 必须用秒表测量重物下落的时间
- B. 可以不测量重物的质量
- C. 电火花计时器使用的是直流电源
- D. 应先释放纸带,再接通电源



**【解析】**打点计时器可以测量重锤下落的时间,不需要用到秒表,A 错误;实验中需验证动能的增加量和重力势能的减少量是否相等,由于式子两边都有质量,可以约去,故可以不测量重物的质量,B 正确;电火花计时器使用的是交流电源,C 错误;应先接通电源,再释放纸带,D 错误。

### 模拟演练

1. 从某一高度由静止释放一小球,忽略空气阻力,则在下落过程中 ( C )
  - A. 重力对小球做负功
  - B. 小球的重力势能增大
  - C. 小球的动能增大
  - D. 小球的动能不变

【解析】小球在下落过程中,重力方向和位移方向相同,则重力对小球做正功,选项 A 错误;重力对小球做正功,则小球的重力势能减少,选项 B 错误;重力对小球做正功,小球的动能增大,选项 C 正确、D 错误。

2. 下列物体在运动过程中机械能守恒的是 ( A )
- A. 在空中做平抛运动的小球  
 B. 在空中匀减速下落的跳伞运动员  
 C. 乘电梯匀加速上升的人  
 D. 沿斜面匀速下滑的物体
3. 质量为  $m$  的滑块沿高为  $h$ 、长为  $L$  的粗糙斜面匀速下滑,在滑块从斜面顶端滑至底端的过程中 ( C )
- A. 滑块的机械能保持不变  
 B. 滑块克服摩擦所做的功为  $mgL$   
 C. 重力对滑块所做的功为  $mgh$   
 D. 滑块的机械能增加了  $mgh$

【解析】滑块匀速下滑,动能不变,重力势能减少,则机械能减少,A 错误;由题意,滑块匀速下滑,动能的变化量为零,根据动能定理得, $mgh - W_f = 0$ ,则滑块克服摩擦所做的功  $W_f = mgh$ ,B 错误;重力对滑块所做的功  $W = mgsin\theta \cdot L = mgh$ ,C 正确;滑块减少的机械能等于克服摩擦所做的功  $mgh$ ,D 错误。

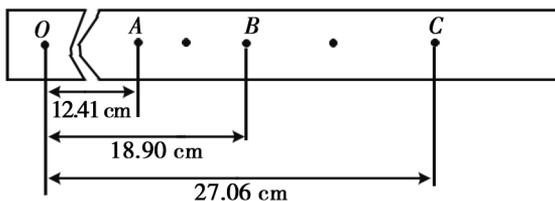
4. (2019·湖南真题)某同学从教学楼三楼下行至一楼的过程中,关于该同学所受重力做的功和该同学的重力势能的变化,下列说法正确的是 ( C )
- A. 重力做负功,重力势能减小

- B. 重力做负功,重力势能增大  
 C. 重力做正功,重力势能减小  
 D. 重力做正功,重力势能增大

5. (2019·湖南真题)A、B 两物体的质量之比为 1:2,速度大小之比为 2:1,则 A、B 两物体的动能之比为 ( B )

- A. 1:2                      B. 2:1  
 C. 1:4                      D. 4:1

6. 如图所示为用自由落体法验证机械能守恒定律的实验中所得到的纸带。(g 取  $9.80 \text{ m/s}^2$ ,结果均保留三位有效数字)其中 O 点为打点计时器打下的第一个点,A、B、C 为三个计数点,打点计时器中通以 50 Hz 的交流电。用刻度尺测得  $OA = 12.41 \text{ cm}$ ,  $OB = 18.90 \text{ cm}$ ,  $OC = 27.06 \text{ cm}$ ,在计数点 A 和 B、B 和 C 之间还各有一个点,重锤的质量为 1.00 kg。

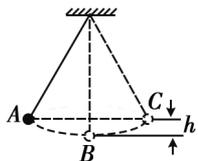


甲同学根据以上数据算出:当打点计时器打到 B 点时,重锤的重力势能比开始下落时减少 1.85 J,重锤的速度  $v_B =$  1.83 m/s,此时重锤减少的重力势能 大于 (填“大于”或“小于”)重锤增加的动能。

【解析】重力势能的减少量  $\Delta E_p = mgh = 1 \times 9.8 \times 0.189 \text{ J} \approx 1.85 \text{ J}$ ,根据匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度,有  $v_B = \frac{x_{OC} - x_{OA}}{4T} = \frac{0.2706 - 0.1241}{4 \times 0.02} \text{ m/s} \approx$

1.  $83 \text{ m/s}$ , 动能的增加量为  $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1.83^2 \text{ J} \approx 1.67 \text{ J}$ , 通过比较可以得出  $\Delta E_p > \Delta E_k$ , 这是因为纸带和重锤在运动过程中受到了阻力。

7. (2019 · 湖南真题) 把一个小球用细线悬挂起来, 就成为一个摆。如图所示, 小球从 A 处由静止释放, 恰好能摆到与 A 等高的 C 处, B 为小球运动的最低位置, 取小球在 B 点的重力势能为 0。已知小球质量  $m = 0.1 \text{ kg}$ , B 点到 A、C 连线的高度差  $h = 0.2 \text{ m}$ , 重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 不计空气阻力。求:



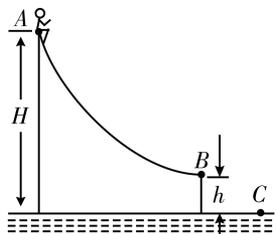
- (1) 小球在 C 处的机械能  $E$ ;
- (2) 小球在 B 处的速度大小  $v$ ;
- (3) 小球从 A 摆到 C 的过程中, 重力对小球所做的功  $W$ 。

【解析】(1)  $E = mgh = 0.2 \text{ J}$ ;

(2)  $mgh = \frac{1}{2}mv^2, v = \sqrt{2gh} = 2 \text{ m/s}$ ;

(3) 小球从 A 摆到 C, 重力做功为  $W = 0$ 。

8. (2021 · 湖南真题) 如图, 某游乐场水上滑梯的轨道表面光滑, 轨道最高点 A 距水面的高度  $H = 6 \text{ m}$ , 最低点 B 距水面的高度  $h = 1 \text{ m}$ 。一个质量  $m = 20 \text{ kg}$  的小孩(可视为质点)从 A 点由静止开始沿轨道下滑, 经水面的 C 点落入水中。不计空气阻力, 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 以水面为参考



平面。求:

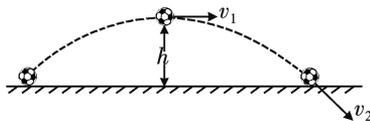
- (1) 小孩在 A 点时的重力势能  $E_{pA}$ ;
- (2) 小孩从 B 点运动到 C 点的过程中, 重力做的功  $W_G$ ;
- (3) 小孩滑到 B 点时的速度大小  $v_B$ 。

【解析】(1)  $E_{pA} = mgH = 1\ 200 \text{ J}$ ;

(2)  $W_G = mgh = 200 \text{ J}$ ;

(3) 小孩从 A 点滑到 B 点的过程中, 由动能定理, 有:  $\frac{1}{2}mv_B^2 = mg(H - h)$ 。故  $v_B = \sqrt{2g(H - h)} = 10 \text{ m/s}$ 。

9. (2022 · 湖南真题) 如图, 小明同学将质量  $m = 0.4 \text{ kg}$  的足球踢出, 足球上升的最大高度  $h = 4.8 \text{ m}$ , 在最高点的速度大小  $v_1 = 10 \text{ m/s}$ 。足球视为质点, 不计空气阻力,  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ 。求:



- (1) 足球在最高点的动能  $E_k$ ;
- (2) 足球从最高点到落地的过程中重力所做的功  $W$ ;
- (3) 足球落地时的速度大小  $v_2$ 。

【解析】(1)  $E_k = \frac{1}{2}mv_1^2 = 20 \text{ J}$ ;

(2)  $W = mgh = 19.2 \text{ J}$ ;

(3) 足球从最高点到落地的过程中, 由动能定理, 有:  $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh$ 。故  $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh} = 14 \text{ m/s}$ 。

**复习建议**

本章的主要内容包括电荷守恒定律、库仑定律、电场、电场强度、静电的防止与利用等。复习时,需明确点电荷、元电荷的概念,将电荷守恒定律与几种起电方式作对比分析、记忆;理解库仑定律,并会应用库仑定律公式进行简单计算;从概念、定义式、矢量性、合成等角度对电场强度进行理解,并与电场线相结合,熟悉电场线的方向、电场强度的大小与方向的应用。

**考点梳理**
**1. 元电荷、点电荷**

(1)元电荷: $e=1.60\times 10^{-19}$  C,所有带电体的电荷量都是元电荷的整数倍。

(2)点电荷:代表带电体的有一定电荷量的点,是忽略带电体的大小、形状及电荷分布状况而得到的理想化模型。

**2. 电荷守恒定律**

(1)内容:电荷既不会创生,也不会消灭,它只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分;在转移过程中,电荷的总量保持不变。

(2)三种起电方式:摩擦起电、感应起电、接触起电。

(3)带电实质:物体得失电子。

(4)电荷的分配原则:两个形状、大小相同且带同种电荷的同种导体,接触后再分开,二者带等量同种电荷。若两导体原来带异种电荷,则电荷先中和,余下的电荷再平分。

**3. 库仑定律**
**(1)内容**

真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

**(2)表达式**

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}, \text{式中 } k=\underline{9.0\times 10^9} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2,$$

叫作静电力常量。

**(3)适用条件**

真空中的静止点电荷。

①在空气中,两个点电荷间的作用力近似等于真空中的情况,可直接应用公式求解。

②当两个带电体间的距离远大于其本身

的大小时,可以把带电体看成点电荷。

#### (4) 库仑力的方向

由相互作用的两个带电体决定,即同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

#### 4. 电场

(1) 定义:存在于电荷周围、能传递电荷间相互作用的一种特殊物质。

(2) 基本性质:对放入其中的电荷有力的作用。

#### 5. 电场强度

(1) 定义:放入电场中某点的电荷受到的电场力  $F$  与它的电荷量  $q$  的比值。

(2) 定义式:  $E = \frac{F}{q}$ 。电场强度的单位为牛

每库,符号为 N/C ( $1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$ )。

(3) 矢量性:规定正电荷在电场中某点所受电场力的方向为该点电场强度的方向。

#### 6. 点电荷的电场

真空中与场源电荷  $Q$  相距  $r$  处的场强大小

为  $E = k \frac{Q}{r^2}$ 。

#### 7. 电场线

(1) 电场线:在电场中画出的一些曲线,曲线上每一点的切线方向都跟该点的场强方向一致,曲线的疏密表示电场的强弱。电场线不是实际存在的线,而是为了描述电场而假想的线。

#### (2) 电场线的特点

① 电场线从正电荷或无限远处出发,终止于无限远处或负电荷。

② 电场线不相交。

③ 在同一电场里,电场线越密的地方电场强度越大;电场线越稀的地方电场强度越小。

#### 8. 静电的防止与利用

##### (1) 静电平衡

静电平衡时导体内部的电场强度处处为 0。

##### (2) 尖端放电和静电屏蔽

① 避雷针应用的原理是尖端放电。

##### ② 静电屏蔽

把一个电学仪器放在封闭的金属壳里,即使壳外有电场,但由于壳内电场强度保持为0,外电场对壳内的仪器不会产生影响。金属壳的这种作用叫作静电屏蔽。



### 典例剖析

#### 考点 1 电荷 电荷守恒定律

【例 1】关于元电荷,下列说法正确的是

( D )

- A. 点电荷就是元电荷
- B. 元电荷就是正电子
- C. 元电荷是带电量为 1 C 的电荷
- D. 元电荷是自然界中已知的最小电荷量

【解析】元电荷是表示跟电子所带电量数值相等的电荷量,是自然界中已知的最小电荷量,其大小为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , C 错误、D 正确。元电荷不是点电荷,也不是指质子或者电子, A、B 错误。

【变式 1】有两个完全相同的金属小球,所带的电荷量分别为  $Q_1 = 8 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,  $Q_2 = -4 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,两小球接触后再分开,则两小球所带



电荷量分别为 ( B )

- A.  $8 \times 10^{-9} \text{ C}, -4 \times 10^{-9} \text{ C}$   
 B.  $2 \times 10^{-9} \text{ C}, 2 \times 10^{-9} \text{ C}$   
 C.  $3 \times 10^{-9} \text{ C}, 1 \times 10^{-9} \text{ C}$   
 D. 无法确定

**【解析】**两个完全相同的带异种电荷的金属小球接触之后再分开,两小球所带的电量先中和再平分,所以两球所带电荷量均为  $2 \times 10^{-9} \text{ C}$ 。

### 考点2 库仑定律

**【例2】**真空中有两个异种点电荷  $q_1, q_2$ , 刚开始两点电荷相距较远,保持静止状态。现释放  $q_2$ , 且  $q_2$  只在  $q_1$  的库仑力作用下运动,则  $q_2$  在运动过程中受到的库仑力 ( B )

- A. 不断减小                  B. 不断增大  
 C. 始终保持不变              D. 先增大后减小

**【解析】**两个异种点电荷受到彼此的引力作用,因此距离越来越远,由于电量保持不变,根据  $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$  可知,距离减小,库仑力将逐渐增大,B正确,A、C、D错误。

**【变式2】**真空中有两个静止的点电荷,它们之间的作用力为  $F$ ,若它们所带的电荷量都增大为原来的2倍,它们之间的距离减少为原来的  $\frac{1}{2}$ ,则它们之间的相互作用力变为 ( D )

- A.  $F$                                   B.  $2F$   
 C.  $4F$                                   D.  $16F$

**【解析】**根据库仑定律,有:  $F = k \frac{q_1q_2}{r^2}$ 。若两电荷的带电量都增大为原来的2倍,距离减

少为原来的  $\frac{1}{2}$ ,则它们之间的作用力变为  $F' =$

$$k \frac{2q_1 \cdot 2q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = 16F。$$

### 考点3 电场强度

**【例3】**下列说法中正确的是 ( D )

A. 电荷所受电场力很大,该点的电场强度一定很大

B. 根据公式  $E = \frac{F}{q}$ ,某点的场强与检验电荷的电荷量  $q$  有关

C. 公式  $E = \frac{kQ}{r^2}$  和  $E = \frac{F}{q}$  适用条件相同

D. 电场强度是反映电场本身特性的物理量,与是否存在试探电荷无关

**【解析】**场强的定义式为  $E = \frac{F}{q}$ ,  $E$  的大小与  $F, q$  无关,电场中某一点放入试探电荷,  $q$  越大,  $F$  也越大,但是二者比值不变, A、B 错误;公式  $E = \frac{kQ}{r^2}$  只适用于真空中点电荷产生的电场,而  $E = \frac{F}{q}$  适用于任何电场, C 错误;电场强度是反映电场本身特性的物理量,由电场本身决定,与是否存在试探电荷无关, D 正确。

**【变式3】**电场中有一点  $P$ ,下列说法中正确的是 ( D )

A. 若放在  $P$  点的电荷的电荷量减半,则  $P$  点的场强减半

B. 若  $P$  点没有试探电荷,则  $P$  点场强为零

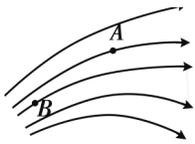
C.  $P$  点的场强方向与放在该点的负电荷的受力方向相同

D.  $P$  点的场强越大, 则同一电荷在  $P$  点受到的电场力越大

**【解析】** 电场强度由电场本身决定, 与放不放试探电荷, 所放试探电荷的电性、电量无关, A、B 错误; 正电荷所受电场力的方向与场强方向相同, 负电荷所受电场力的方向与场强方向相反, C 错误; 由公式  $F=qE$  可知,  $P$  点的场强越大, 则同一电荷在  $P$  点受到的电场力越大, D 正确。

#### 考点 4 电场线

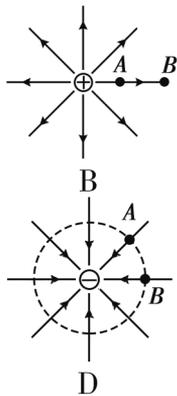
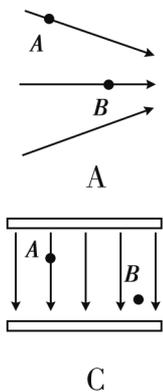
**【例 4】** 如图所示, 实线表示某电场中的电场线,  $A$ 、 $B$  为电场中两点, 关于  $A$ 、 $B$  两点的电场强度  $E_A$ 、 $E_B$  的关系, 下列判断中正确的是



- ( A )
- A.  $E_A < E_B$
  - B.  $E_A > E_B$
  - C.  $E_A = E_B$
  - D. 无法判断

**【解析】** 电场线的疏密反映场强的大小, 由图可知  $A$  点的电场强度小于  $B$  点的电场强度, 即  $E_A < E_B$ , 选 A。

**【变式 4】** 在下列各图的电场中,  $A$ 、 $B$  两点的电场强度相同的是



**【解析】** 电场强度既有大小, 又有方向。A 图中  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小、方向均不相同, A 错误; B 图中  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小不同, 方向相同, B 错误; 因 C 图中的是匀强电场, 故图中  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小、方向均相同, C 正确; D 图中  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小相同, 方向不同, D 错误。

#### 考点 5 静电的防止与利用

**【例 5】** 下列做法中, 属于预防静电危害的是 ( D )

- A. 利用静电吸附粉尘
- B. 利用静电喷涂油漆
- C. 复印机对碳粉的静电吸附
- D. 运输汽油等易燃易爆物品的车辆, 拖一条铁链在地上

**【解析】** 用静电吸附粉尘、用静电喷涂油漆、复印机对碳粉的静电吸附等是静电的应用, A、B、C 错误。汽车行驶时, 油罐中的汽油随车的振动摩擦起电, 如果不及时将这些静电导走, 一旦出现放电现象, 就会发生爆炸事故。拖地铁链使油罐表面与大地相连, 使油罐罐体中的电荷不断地被中和, 不致造成放电现象产生火花而引起油罐爆炸, 这是预防静电的危害, D 正确。

**【变式 5】** 油罐车后面都有一条拖地的铁链, 其作用是 ( B )

- A. 向外界散热
- B. 把电荷导入大地, 避免因静电造成危害
- C. 作为油罐车的标志
- D. 发出响声, 提醒其他车辆和行人注意

【解析】油罐车后面连一条拖地的铁链,是为了把产生的静电导走,属于静电的防止, B 正确。


**模拟演练**

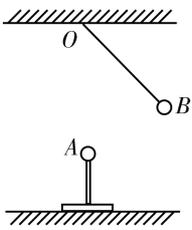
1. 下列关于点电荷的说法中正确的是( B )

- A. 电子和质子在任何情况下都可视为点电荷
- B. 带电细杆在一定条件下可以视为点电荷
- C. 带电金属球一定不能视为点电荷
- D. 只有体积很小的带电体才能看作点电荷

2. (2022·湖南真题)真空中两个固定的带电小球(可视为点电荷)相距  $r$ , 两小球间的库仑力大小为  $F$ 。将它们之间的距离变为  $2r$ , 电荷量保持不变, 则它们之间的库仑力大小为 ( D )

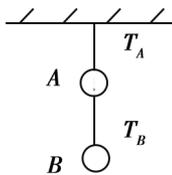
- A.  $4F$
- B.  $2F$
- C.  $\frac{F}{2}$
- D.  $\frac{F}{4}$

3. (2021·湖南真题)将带电小球  $A$  用绝缘支架固定, 在  $A$  的上方  $O$  点用绝缘细线悬挂一小球  $B$ , 平衡时它们的位置如图所示。关于  $A$ 、 $B$  可能的带电情况, 下列说法正确的是 ( A )



- A.  $A$  带正电,  $B$  带正电
- B.  $A$  带正电,  $B$  不带电
- C.  $A$  带负电,  $B$  带正电
- D.  $A$  带负电,  $B$  不带电

4. 如图所示, 用两根绝缘细线悬挂两个质量相同的不带电的小球  $A$  和  $B$ , 此时, 上、下细线的张力分别为  $T_A$ 、 $T_B$ ; 如果使  $A$  带正电,  $B$  带负电, 上、下细线的张力分别为  $T_A'$ 、 $T_B'$ , 则 ( B )

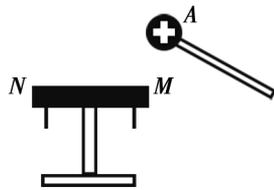


- A.  $T_A < T_A'$
- B.  $T_A = T_A'$
- C.  $T_B = T_B'$
- D.  $T_B < T_B'$

【解析】运用整体法研究两个质量相等的小球  $A$  和  $B$ , 不管  $A$ 、 $B$  是否带电, 整体都受重力和上方细线的拉力。则由平衡条件得, 上方细线的拉力  $T = 2mg$ , 所以  $T_A = T_A'$ ,  $A$  错误、 $B$  正确。隔离  $B$  对其进行研究, 不带电时  $B$  受重力和下方细线的拉力, 由平衡条件得,  $T_B = mg$ ;  $A$  带正电、 $B$  带负电时,  $B$  受重力、下方细线的拉力和  $A$  对它向上的吸引力, 由平衡条件得,  $T_B' + F' = mg$ , 故  $T_B' < mg$ , 即  $T_B > T_B'$ ,  $C$ 、 $D$  错误。

5. 如图所示, 原来不带电的绝缘金属导体  $MN$ , 在其两端下面都悬挂金属验电箔, 若使带正电的绝缘金属球  $A$  靠近导体  $M$  端, 可能看到的现象是 ( D )

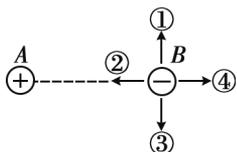
- A. 只有  $M$  端的验电箔张开, 且  $M$  端带正电



- B. 只有  $N$  端的验电箔张开, 且  $N$  端带负电
- C. 两端的验电箔都张开, 且  $N$  端带负电,  $M$  端带正电
- D. 两端的验电箔都张开, 且  $N$  端带正电,  $M$  端带负电

**【解析】**使带正电的绝缘金属球  $A$  靠近导体  $M$  端,由于感应起电,导体的  $M$  端带负电,  $N$  端带正电,两端的验电箔都张开。D 正确, A、B、C 错误。

6. (2018 · 湖南真题) 如图所示,在真空中有两个固定的点电荷  $A$ 、 $B$ ,  $A$  带正电,  $B$  带负电。在图中①、②、③、④四个方向中,能正确表示  $B$  受到  $A$  的库仑力方向的是 ( B )



- A. 方向①                      B. 方向②  
C. 方向③                      D. 方向④

**【解析】**根据库仑定律知,真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上。且同名电荷相斥,异名电荷相吸,故能正确表示  $B$  受到  $A$  的库仑力方向的是②。

7. 燃气灶中安装的电子点火器中,放电电极往往做成针形,这种做法利用了 ( B )  
A. 静电屏蔽现象      B. 尖端放电现象  
C. 接触起电现象      D. 摩擦起电现象

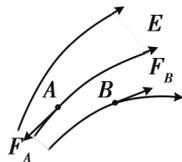
**【解析】**静电屏蔽是指利用金属盒或金属网罩屏蔽外部电场的现象, A 错误;放电电极做成针形,更容易累积电荷从而发生尖端放电现象, B 正确;接触起电现象是指不带电的物体因与带电物体接触而带电的现象, C 错误;摩擦起电现象指两物体相互摩擦而带电的现象, D 错误。

8. 在如图所示的电场中,  $A$ 、 $B$  两点分别放置一个试探电荷,  $F_A$ 、 $F_B$  分别为两个试探电

荷所受的电场力。下列说法正确的是

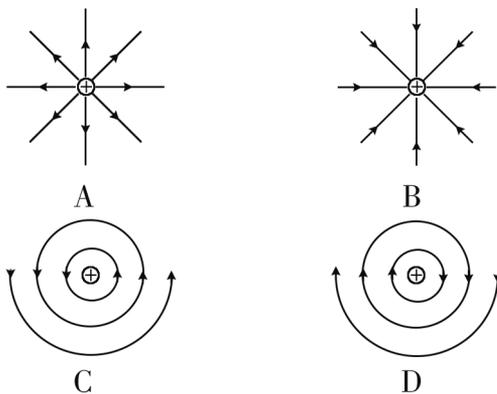
( C )

- A. 放在  $A$  点的试探电荷带正电  
B. 放在  $B$  点的试探电荷带负电  
C.  $A$  点的电场强度大于  $B$  点的电场强度  
D.  $A$  点的电场强度小于  $B$  点的电场强度



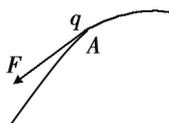
**【解析】**根据正电荷所受电场力的方向与电场强度方向相同,负电荷所受电场力的方向与电场强度方向相反,可知放在  $A$  点的试探电荷带负电,放在  $B$  点的试探电荷带正电,故 A、B 错误;电场线越密,电场强度越大,故  $A$  点的电场强度大于  $B$  点的电场强度, C 正确、D 错误。

9. 下列描述正点电荷电场线的图示中,正确的是 ( A )



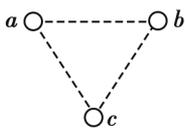
**【解析】**正点电荷周围的电场线是从正电荷出发终止于无限远的直线,且电场线不闭合,因此 B、C、D 错误, A 正确。

10. 如图所示,一电荷量为  $q$  的正点电荷位于电场中的  $A$  点,受到的电场力为  $F$ 。若把该点电荷换为电荷量为  $2q$  的负点电荷,则  $A$  点的电场强度  $E$  为 ( C )



- A.  $\frac{F}{q}$ , 方向与  $F$  相反  
 B.  $\frac{F}{2q}$ , 方向与  $F$  相反  
 C.  $\frac{F}{q}$ , 方向与  $F$  相同  
 D.  $\frac{F}{2q}$ , 方向与  $F$  相同

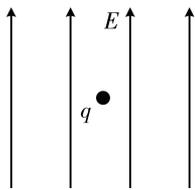
11. 如图所示, 在光滑绝缘水平桌面上, 三个带电小球  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别固定于正三角形的三个顶点上。已知  $a$ 、 $b$  的带电量均为  $+q$ ,  $c$  的带电量为  $-q$ , 则 ( D )



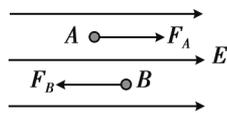
- A.  $a$ 、 $b$  连线的中点处场强为零  
 B. 三角形中心处场强为零  
 C.  $a$  所受库仑力的方向垂直于  $a$ 、 $b$  的连线  
 D.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  所受库仑力大小之比为  $1:1:\sqrt{3}$

**【解析】**在  $a$ 、 $b$  连线的中点处,  $a$ 、 $b$  两电荷在该点的合场强为零, 则该点的场强等于  $c$  在该点形成的场强, 大小不为零, 选项 A 错误。在三角形的中心处,  $a$ 、 $b$  两电荷在该点的场强大小相等, 且成  $120^\circ$  夹角, 则合场强竖直向下, 电荷  $c$  在该点的场强也是竖直向下的, 则三角形中心处场强不为零, 选项 B 错误。 $a$  受到  $b$  的排斥力沿  $ba$  方向, 受到  $c$  的吸引力沿  $ac$  方向, 则其合力方向斜向左下方与  $a$ 、 $b$  连线成  $60^\circ$  夹角, 选项 C 错误。 $a$ 、 $b$  所受库仑力大小相等, 均为  $F_a = F_b = 2 \frac{kq^2}{l^2} \cos 60^\circ = \frac{kq^2}{l^2}$ ;  $c$  所受库仑力  $F_c = 2 \frac{kq^2}{l^2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq^2}{l^2}$ , 则  $a$ 、 $b$ 、 $c$  所受库仑力大小之比为  $1:1:\sqrt{3}$ , 选项 D 正确。

12. (2021 · 湖南真题) 如图, 在电场强度大小为  $E$ 、方向竖直向上的匀强电场中, 一个质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带电小球处于静止状态, 重力加速度为  $g$ , 则 ( B )



- A. 小球带负电,  $q = \frac{mg}{E}$   
 B. 小球带正电,  $q = \frac{mg}{E}$   
 C. 若减小  $E$ , 小球将竖直向上运动  
 D. 若增大  $q$ , 小球将竖直向下运动
13. (2019 · 湖南真题) 在水平向右的匀强电场中, 两个点电荷  $A$ 、 $B$  在电场中所受的电场力的方向如图所示, 则  $A$  带 正 (填“正”或“负”) 电,  $B$  带 负 (填“正”或“负”) 电。



**【解析】**根据正电荷所受电场力的方向与该处电场强度的方向相同, 而负电荷所受电场力的方向与该处电场强度的方向相反, 且电场线上某点的切线方向即为该点电场强度的方向, 可知  $A$  所受的电场力的方向与电场线的方向相同, 故  $A$  带正电;  $B$  所受的电场力的方向与电场线的方向相反,  $B$  带负电。

## 第十章 静电场中的能量

### 复习建议

本章内容较多,涉及电场力做功、电势、电势能、匀强电场中电势差与电场强度的关系、电容器、带电粒子在电场中的运动等知识点。复习本章,要抓住能量关系这条主线,将相对量(电势、电势能)与绝对量分组,分析电场中带电粒子的运动,应用的规律有牛顿第二定律、动能定理等。

### 考点梳理

#### 1. 静电力做功

(1)特点:静电力做功的多少与 路径 无关,只与电荷量和电荷在电场中的始、末位置间的电势差有关。

#### (2)计算方法

①  $W=qEd$ ,只适用于匀强电场,其中  $d$  为带电体在沿 电场方向 的位移。

②  $W_{AB}=qU_{AB}$ ,适用于 任何电场。

#### 2. 电势能

(1)定义:电荷在电场中具有 势能,称为电势能。

(2)说明:电势能具有相对性,通常把电荷在无穷远处或大地表面的电势能规定为0。

#### 3. 静电力做功与电势能变化的关系

(1)静电力做的功等于电荷电势能的 减少量,即  $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}$ 。

(2)通过  $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}$  可知:静电力对电

荷做多少正功,电荷的电势能就 减少 多少;电荷克服静电力做多少功,电荷的电势能就 增加 多少。

(3)电势能的大小:由  $W_{AB}=E_{pA}-E_{pB}$  可知,若令  $E_{pB}=0$ ,则  $E_{pA}=W_{AB}$ 。即一个电荷在电场中某点具有的电势能,在数值上等于将其从该点移到零电势能位置时静电力所做的功。

#### 4. 电势

(1)定义:电荷在电场中某一点的 电势能 与它的电荷量的比值。

(2)定义式:  $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 。

(3)标矢性:电势是 标 量,有正负之分,正(负)号表示该点电势比零电势高(低)。

(4)相对性:电势具有 相对性,同一点的电势因选取的零电势点不同而不同。

#### 5. 等势面

(1)定义:电场中 电势相同 的各点构成的面。

#### (2)四个特点

①在同一等势面上移动电荷时电场力 不做功。

②电场线一定与等势面垂直,并且从电势 高 的等势面指向电势 低 的等势面。

③等差等势面越密的地方电场强度 越大,反之 越小。

④任意两个等势面都不相交。

### 6. 电势差

(1) 定义: 电荷在电场中由一点  $A$  移到另一点  $B$  时, 电场力所做的功  $W_{AB}$  与移动电荷的 电荷量  $q$  的比值。

(2) 定义式:  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

#### (3) 影响因素

电势差  $U_{AB}$  由 电场本身的性质 决定, 与移动的电荷  $q$  及电场力做的功  $W_{AB}$  无关, 与零电势点的选取 无关。

(4) 电势差与电势的关系:  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ ,  $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

### 7. 匀强电场中电势差与电场强度的关系

(1) 电势差与电场强度的关系式:  $U_{AB} = Ed$ , 其中  $d$  为匀强电场中两点间 沿电场方向 的距离。

(2) 电场强度的方向和大小与电势差的关系: 电场中, 电场强度方向指向 电势降低 最快的方向; 在匀强电场中, 电场强度在数值上等于沿 电场强度 方向每单位距离上降低的电势。

### 8. 电容器

(1) 组成: 由两个彼此 绝缘 又相互靠近的导体组成。电容器所带电荷量为一个极板所带电荷量的 绝对值。

#### (2) 电容器的充、放电

① 充电: 使电容器带电的过程, 充电后电容器两极板带上等量的 异种电荷, 电容器中储存电场能。

② 放电: 使充电后的电容器失去电荷的过程, 放电过程中 电场能 转化为其他形式的能。

### 9. 电容

(1) 定义: 电容器所带的 电荷量 与电容器两极板间的 电势差 的比值。

(2) 定义式:  $C = \frac{Q}{U}$ 。

(3) 单位: 法拉 (F)、微法 ( $\mu\text{F}$ )、皮法 (pF)。1 F =  $10^6$   $\mu\text{F}$  =  $10^{12}$  pF。

(4) 意义: 表示电容器 容纳电荷 本领的高低。

(5) 决定因素: 由电容器本身的物理条件 (大小、形状、极板相对位置及电介质) 决定, 与电容器是否 带电 及 电压 无关。

### 10. 平行板电容器的电容

(1) 决定因素: 正对面积、相对介电常数、两板间的距离。

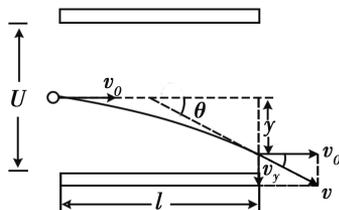
(2) 决定式:  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 。

### 11. 带电粒子在电场中的加速

$W = qEd = qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$  (匀强电场);  $W = qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$  (非匀强电场)。

### 12. 带电粒子在电场中的偏转

(1) 运动情况: 如果带电粒子以初速度  $v_0$  垂直于场强方向进入匀强电场中, 则粒子做类平抛运动, 如图所示。



(2) 处理方法: 将粒子的运动分解为沿初速度方向的 匀速直线 运动和沿电场力方向的 匀加速直线 运动, 根据 运动的合

成与分解 的知识解决有关问题。

(3) 基本关系式: 运动时间  $t = \frac{l}{v_0}$ , 加速度

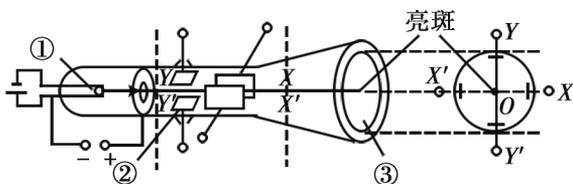
$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}, \text{ 偏转量 } y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qUl^2}{2mdv_0^2}, \text{ 偏转}$$

$$\text{角 } \theta \text{ 的正切值 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{at}{v_0} = \frac{qUl}{mdv_0^2}.$$

### 13. 示波管的构造

①电子枪, ② 偏转电极, ③ 荧光屏。

(如图所示)



## 典例剖析

### 考点 1 电势能和电势

【例 1】(2020·湖南真题) 某点电荷周围的电场线和等势面如图所示, 实线表示电场线, 虚线表示等势面,  $M$ 、 $N$  为电场中的两点。下列说法正确的是 ( D )

A.  $M$  点的电场强度等于  $N$  点的电场强度

B.  $M$  点的电场强度大于  $N$  点的电场强度

C.  $M$  点的电势高于  $N$  点的电势

D.  $M$  点的电势低于  $N$  点的电势



【解析】由电场线的疏密程度可知,  $M$  点的电场强度小于  $N$  点的电场强度, A、B 错误; 根据沿电场线方向电势降低可知,  $M$  点的电势一定低于  $N$  点的电势, D 正确、C 错误。

【变式 1】一个电荷只在电场力的作用下从电场中的  $A$  点移到  $B$  点的过程中, 电场力

做了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$  的正功, 那么 ( B )

A. 电荷在  $B$  处时具有  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$  的动能

B. 该过程中电荷的电势能减少了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$

C. 电荷在  $B$  处时具有  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$  的电势能

D. 该过程中电荷的动能减少了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$

【解析】电荷只在电场力作用下从电场中的  $A$  点移到  $B$  点的过程中, 电场力做了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$  的正功, 合力做的功即为  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$ 。根据动能定理可得, 电荷的动能增加了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$ , A、D 错误; 电场力做了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$  的正功, 根据功能关系可得, 电荷的电势能减少了  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$ , B 正确、C 错误。

### 考点 2 电势差 电势差与电场强度的关系

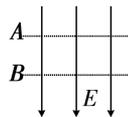
【例 2】如图所示, 在竖直向下的匀强电场中,  $A$ 、 $B$  两等势面间距离为  $5 \text{ cm}$ , 电势差为  $25 \text{ V}$ , 则该匀强电场的场强为 ( D )

A.  $1.25 \text{ V/m}$

B.  $125 \text{ V/m}$

C.  $5 \text{ V/m}$

D.  $500 \text{ V/m}$



【解析】由  $E = \frac{U}{d}$  可得, 匀强电场的场强大

小为  $E = \frac{25}{0.05} \text{ V/m} = 500 \text{ V/m}$ , A、B、C 错误, D 正确。

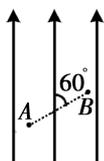
【变式 2】如图所示, 匀强电场的场强为  $E = 100 \text{ V/m}$ ,  $A$ 、 $B$  两点相距  $10 \text{ cm}$ ,  $A$ 、 $B$  连线与电场线的夹角为  $60^\circ$ , 则  $A$ 、 $B$  间的电势差  $U_{AB}$  为 ( D )

A.  $-10 \text{ V}$

B.  $10 \text{ V}$

C.  $-5 \text{ V}$

D.  $5 \text{ V}$



【解析】由图示可知,  $AB$  方向与电场线方向之间的夹角  $\theta=60^\circ$ ,  $A$ 、 $B$  两点沿电场方向的距离  $d=l\cos\theta$ ,  $AB$  两点间的电势差  $U_{AB}=Ed=El\cos\theta=100\text{ V/m}\times 0.1\text{ m}\times\cos 60^\circ=5\text{ V}$ 。

### 考点3 电容器 电容

【例3】以下几种方法中,不能改变电容器的电容的是 ( C )

- A. 增大两板的正对面积
- B. 增大两板间的距离
- C. 增大两板间的电压
- D. 更换电介质

【解析】根据电容的决定式  $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  可知,

增大两板的正对面积、增大两极板间的距离及更换电介质均可以改变电容的大小;而电容与电压和电量无关,故改变电压不会影响电容器的电容大小,故选项 C 符合题意,选项 A、B、D 不符合题意。

【变式3】如图所示,一平行板电容器充电后与电源断开,负极板接地,在两极板间有一正电荷(电荷量很小)固定在  $P$  点,用  $E$  表示两极板间的电场强度,  $U$  表示电容器的电压,  $E_p$  表示正电荷在  $P$  点的电势能。若保持负极板不动,将正极板移到图中虚线所示的位置,则 ( B )

- A.  $E$  变大,  $E_p$  变大
- B.  $U$  变小,  $E_p$  不变
- C.  $U$  变大,  $E_p$  变小
- D.  $U$  不变,  $E_p$  不变

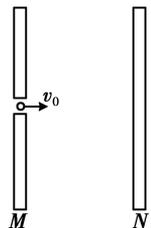
【解析】电容器充电后与电源断开,电容器的电量不变,板间距离减小,根据电容的决定式  $C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,可知电容器的电容增大;又有

$$C=\frac{Q}{U}, C=\frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}, E=\frac{U}{d}, \text{ 可得推论公式 } E=\frac{4\pi k Q}{\epsilon_r S}$$

,所以电容器两极板间的电场强度  $E$  只与电量及两极板的正对面积有关,与两极板间的距离无关。 $E$  不变,  $P$  点到下极板的距离  $h$  不变,故  $P$  点的电势  $\varphi_p$  不变,  $P$  点的电势能  $E_p=q\varphi_p$  不变,  $U=Ed$ ,  $E$  不变  $d$  变小,所以  $U$  变小。

### 考点4 带电粒子在电场中的运动

【例4】如图所示,  $M$ 、 $N$  是真空中两块平行金属板,质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带电粒子,以初速度  $v_0$  由小孔进入电场,当  $M$ 、 $N$  间电压为  $U$  时,粒子恰好能到达  $N$  板。如果要使这个带电粒子到达  $M$ 、 $N$  板间距的一半后返回,下列措施中能满足此要求的是 (不计带电粒子的重力) ( B )



- A. 使初速度减为原来的  $\frac{1}{2}$
- B. 使  $M$ 、 $N$  间的电压加倍
- C. 使  $M$ 、 $N$  间的电压提高到原来的 4 倍
- D. 使初速度和  $M$ 、 $N$  间的电压都减为原来的  $\frac{1}{4}$

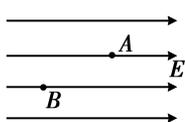
【解析】当  $M$ 、 $N$  间电压为  $U$  时,粒子在刚好达到金属板  $N$  时速度为零,根据动能定理得:  $-qU=0-\frac{1}{2}mv_0^2$ ;现在要使带电粒子到达  $M$ 、 $N$  板间距的一半后返回,则电场力做功等于  $-\frac{1}{2}qU$ 。使初速度减为原来的  $\frac{1}{2}$ ,  $U$  不变,则带

电粒子动能的变化量为  $\Delta E_k = 0 - \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2 = -\frac{1}{8}mv_0^2 = -\frac{1}{4}qU \neq -\frac{1}{2}qU$ , A 错误; 使  $M$ 、 $N$  间的电压加倍, 则带电粒子运动到  $M$ 、 $N$  板中点时电场力做功为  $W = -\frac{1}{2}q(2U) = -qU$ , 与粒子动能的变化量相等, B 正确; 使  $M$ 、 $N$  间的电压提高到原来的 4 倍, 则带电粒子运动到  $M$ 、 $N$  板中点时电场力做功为  $W = -\frac{1}{2}q(4U) = -2qU$ , 与粒子动能的变化量不相等, C 错误; 使初速度减为原来的  $\frac{1}{4}$ , 则带电粒子动能的变化量为原来的  $\frac{1}{16}$ , 使  $M$ 、 $N$  间的电压减为原来的  $\frac{1}{4}$ , 则带电粒子运动到  $M$ 、 $N$  板中点时电场力做功为原来的  $\frac{1}{8}$ , 二者不相等, D 错误。

**【变式 4】** 如图所示, 在沿水平方向的匀强电场中, 有  $A$ 、 $B$  两点, 已知  $A$ 、 $B$  两点在同一竖直面上但在不同的电场线上。一个带电小球在电场力和重力的作用下由  $A$  点运动到  $B$  点, 在这一过程中, 下列判断不正确的是

( B )

A. 该带电小球的动能可能不变



B. 该带电小球的运动轨迹一定是直线

C. 该带电小球做的一定是匀变速运动

D. 该带电小球在  $A$  点的速度可能为零

**【解析】** 小球的电性和初速度都是未知的, 所以又很多的不确定性, 因此不能判定小球的

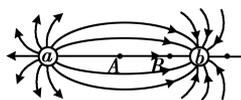
运动轨迹和速度的变化, A 正确, B 错误; 小球受到的电场力与重力都不变, 根据牛顿第二定律, 小球的加速度不变, 所以小球做的一定是匀变速运动, C 正确; 小球的初速度是未知的, 所以它在  $A$  点的速度可能为零, D 正确。

**模拟演练**

1. 如图所示为真空中两点电荷  $a$ 、 $b$  所形成的电场线,  $A$ 、 $B$  是两电荷连线上的两个点, 则下列说法中正确的是 ( D )

A.  $a$ 、 $b$  为同种电荷

B.  $a$  为负电荷,  $b$  为正电荷



C.  $A$  点比  $B$  点的电场强度大

D.  $A$  点比  $B$  点的电势高

**【解析】** 根据电场线分布的特点可知: 电场线从正电荷(或无限远)出发, 终止于无限远(或负电荷)。结合图示可知  $a$ 、 $b$  是两个等量异种电荷, 其中  $a$  为正电荷,  $b$  为负电荷, A、B 错误; 电场线的疏密程度表示电场的强弱, 由图示可知,  $B$  点的电场线比  $A$  点的密, 所以  $B$  点的电场强度大于  $A$  点的电场强度, C 错误; 沿电场线方向电势逐渐降低, 故  $A$  点的电势比  $B$  点的电势高, D 正确。

2. 将一个电荷量为  $q$  的正电荷从匀强电场中的  $A$  点移到  $B$  点, 电场力做功为  $W$ , 则  $A$ 、 $B$  两点之间的电势差等于 ( A )

A.  $\frac{W}{q}$

B.  $\frac{q}{W}$

C.  $qW$

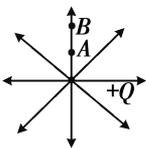
D. 0

3. 关于电场强度、电势和电势能, 下列说法中正确的是 ( D )

- A. 在电场中电势高的点,电荷具有的电势能大
- B. 在电场中电势高的点,放在该点的电荷的电荷量越大,其具有的电势能越大
- C. 在电场中电势高的点,电场强度一定大
- D. 在负点电荷所产生的电场中的任何一点,正电荷所具有的电势能一定小于负电荷所具有的电势能

【解析】在电场中电势高的点,正电荷具有的电势能大,A 错误;在电场中电势高的点,放在该点的正电荷的电荷量越大,其具有的电势能越大,B 错误;在电场中电势高的点,电场强度不一定大,例如在离负点电荷距离越远的地方电势越高,场强越小,C 错误;在负点电荷所产生的电场中的任何一点,电势均为负值,则正电荷所具有的电势能一定小于负电荷所具有的电势能,D 正确。

4. 如图所示,正点电荷  $Q$  产生的电场中,已知  $A$ 、 $B$  间的电势差为  $U$ ,现将电荷量为  $q$  的正点电荷从  $B$  移到  $A$ ,则 ( B )



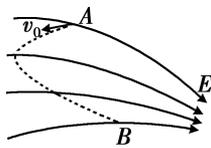
- A. 外力克服电场力做功  $QU$ ,电势能增加  $qU$
- B. 外力克服电场力做功  $qU$ ,电势能增加  $qU$
- C. 外力克服电场力做功  $qU$ ,电势能增加  $QU$
- D. 外力克服电场力做功  $QU$ ,电势能减少  $QU$

【解析】将电荷量为  $q$  的正点电荷从  $B$  移到  $A$  的过程中,电场力做功为  $W_{BA} = -qU$ ,即外力克服电场力做功  $qU$ ;由于电场力做负功,故电势能增加,电势能的增加量为  $\Delta E_p = -W_{BA} = qU$ 。选 B。

5. 电容器是一种常用的电子元件,下列关于电容器的说法中,正确的是 ( A )
- A. 电容器的电容表示其储存电荷的能力
  - B. 电容器两极板的正对面积越大,电容越小
  - C. 电容器两极板的距离越远,电容越大
  - D. 电容的常用单位有  $\mu\text{F}$  和  $\text{pF}$ ,换算关系为  $1 \mu\text{F} = 10^3 \text{pF}$

【解析】电容器的电容表示其储存电荷的能力,A 正确;根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ ,电容器两极板的正对面积越大,电容越大,电容器两极板的距离越远,电容越小,B、C 错误;电容的常用单位有  $\mu\text{F}$  和  $\text{pF}$ , $1 \mu\text{F} = 10^6 \text{pF}$ ,D 错误。

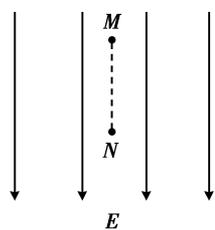
6. 带电粒子仅在电场力作用下,从电场中的  $A$  点以初速度  $v_0$  进入电场并沿虚线所示的轨迹运动到  $B$  点,如图所示,则从  $A$  到  $B$  的过程中,下列说法正确的是 ( D )



- A. 粒子带负电荷
- B. 粒子先加速后减速
- C. 粒子的电势能先减小后增大
- D. 粒子的机械能先减小后增大

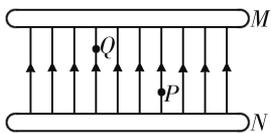
**【解析】**粒子受到的电场力沿电场线方向并指向运动轨迹的凹侧,故粒子带正电,A 错误;粒子所受合外力的方向与速度方向的夹角先为钝角再为锐角,所以粒子先做减速运动后做加速运动,B 错误;从 A 点到 B 点,电场力即为粒子所受合力,电场力先做负功,再做正功,所以粒子的电势能先增大后减小,机械能先减小后增大,C 错误、D 正确。

7. (2019 · 湖南真题) 如图所示的实线表示匀强电场的电场线,电场中 M、N 两点的连线与电场线平行。用  $E_M$ 、 $E_N$  分别表示这两点的电场强度大小,用  $\varphi_M$ 、 $\varphi_N$  分别表示这两点的电势。下列关系正确的是 ( A )



- A.  $\varphi_M > \varphi_N$                       B.  $\varphi_M < \varphi_N$
- C.  $E_M > E_N$                         D.  $E_M < E_N$

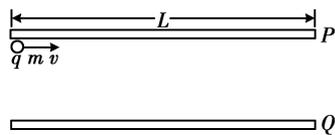
8. (2022 · 湖南真题) 如图,水平放置的两块带等量异种电荷的平行金属板 M、N,它们之间的电场线是间隔相等的平行线,P、Q 是电场中的两点。下列说法正确的是 ( B )



- A. M 带正电,N 带负电
- B. M 带负电,N 带正电
- C. P、Q 两点的电场强度  $E_P > E_Q$
- D. P、Q 两点的电势  $\varphi_P = \varphi_Q$

9. 将一个  $1.0 \times 10^{-5} \text{ C}$  的电荷从无穷远处移到电场里的 A 点,电场力做功  $6.0 \times 10^{-3} \text{ J}$ ,则 A 点的电势为  $\varphi_A = \underline{-600} \text{ V}$ ;如果将此电荷从无穷远处移到电场里的另一点 B 时,外力克服电场力做功  $0.02 \text{ J}$ ,则 A、B 两点间的电势差  $U_{AB} = \underline{-2\ 600} \text{ V}$ 。(以无穷远处为零电势点)

10. (2018 · 湖南真题) 如图所示,P、Q 为两块带等量异种电荷的平行金属板,板长  $L = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,板间匀强电场的方向垂直极板由 P 指向 Q,场强大小  $E = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$ 。有一带正电且电量  $q = 1 \times 10^{-8} \text{ C}$ 、质量  $m = 1 \times 10^{-10} \text{ kg}$  的微粒(不计重力),从 P 板边缘以平行极板的速度  $v = 8 \times 10^2 \text{ m/s}$  射入电场,并能从电场的右侧飞出。



- (1) 求微粒所受的电场力  $F$  的大小;
- (2) 求微粒在电场中的运动时间  $t$ ;
- (3) 如果微粒恰好能从 Q 板边缘飞出,求两板间的距离  $d$ 。

**【解析】**(1)  $F = Eq = 4 \times 10^4 \text{ N/C} \times 1 \times 10^{-8} \text{ C} = 4 \times 10^{-4} \text{ N}$ ;

$$(2) t = \frac{L}{v} = \frac{8 \times 10^{-2} \text{ m}}{8 \times 10^2 \text{ m/s}} = 1 \times 10^{-4} \text{ s};$$

$$(3) d = \frac{1}{2} \frac{Eq}{m} \times \left(\frac{L}{v}\right)^2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}。$$

# 第十一章 电路及其应用

## 复习建议

本章内容较多,涉及电源、电流、欧姆定律、电阻定律、串并联电路的特点和两个实验:导体电阻率的测量、练习使用多用电表。复习时,可从对两个定律的理解和简单应用入手,关于两个实验,则要重点抓住实验原理、器材、步骤等知识点。

## 考点梳理

### 1. 电流

(1)形成的条件:导体中有 自由电荷; 导体两端存在 电压。

(2)标矢性:电流是标量,我们把 正电荷 定向移动的方向规定为电流的方向。

(3)两个表达式

①定义式:  $I = \frac{q}{t}$ ; ②决定式:  $I = \frac{U}{R}$ 。

### 2. 欧姆定律

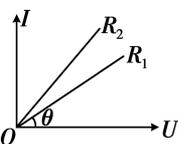
(1)内容:导体中的电流跟导体两端的 电压 成正比,跟导体的 电阻 成反比。

(2)表达式:  $I = \frac{U}{R}$ 。

(3)适用范围:适用于金属和电解质溶液,不适用于气态导体或半导体元件。

(4)导体的伏安特性曲线( $I-U$  图像)

①比较电阻的大小:图像



的斜率  $k = \tan \theta = \frac{I}{U} = \frac{1}{R}$ , 由图可

知  $R_1$  > (填“>”“<”或“=”)  $R_2$ 。

②线性元件:指伏安特性曲线是直线的电学元件,适用欧姆定律。

③非线性元件:指伏安特性曲线是曲线的电学元件,不适用欧姆定律。

### 3. 电阻

(1)定义:导体对电流的阻碍作用,叫作导体的电阻。

(2)公式:  $R = \frac{U}{I}$ , 其中  $U$  为导体两端的电压,  $I$  为通过导体的电流。

(3)单位:国际单位是欧姆( $\Omega$ )。

(4)决定因素:导体的电阻反映了导体阻碍电流的性质,其大小由导体本身决定,与加在导体两端的电压和通过导体的电流 无关。

### 4. 电阻定律

(1)内容:同种材料的导体,其电阻  $R$  与它的长度  $l$  成 正比, 与它的横截面积  $S$  成 反比; 导体电阻还与构成它的材料有关。

(2)公式:  $R = \rho \frac{l}{S}$ 。

其中  $l$  是导体的长度,  $S$  是导体的横截面积,  $\rho$  是导体的 电阻率, 其国际单位是欧姆米, 符号为  $\Omega \cdot \text{m}$ 。

(3)适用条件:粗细均匀的金属导体或浓度均匀的电解质溶液。

### 5. 电阻率

(1) 计算式:  $\rho = R \frac{S}{l}$ 。

(2) 物理意义: 反映导体的 导电性能, 是导体材料本身的属性。

(3) 电阻率与温度的关系

金属的电阻率随温度升高而 增大; 负温度系数半导体的电阻率随温度升高而 减小。

### 6. 串、并联电路的特点

	串联电路	并联电路
电流	$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$
电压	$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
电阻	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

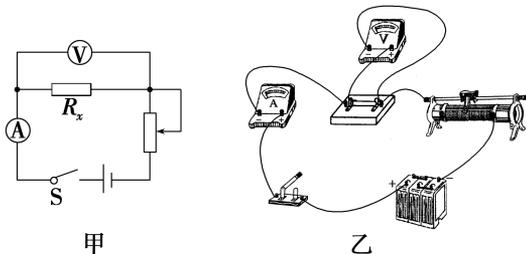
### 7. 实验: 导体电阻率的测量

(1) 实验原理

由  $R = \rho \frac{l}{S}$  得  $\rho = \frac{RS}{l}$ , 因此, 只要测出金属丝的 长度  $l$ 、横截面积  $S$  和金属丝的电阻  $R$ , 即可求出金属丝的电阻率  $\rho$ 。

(2) 实验器材

被测金属丝、直流电源 (4 V)、电流表 (0~0.6 A)、电压表 (0~3 V)、滑动变阻器 (0~50  $\Omega$ )、开关、导线若干、螺旋测微器、毫米刻度尺。实验电路图和实物电路分别如图甲、乙所示。



(3) 实验步骤

① 用螺旋测微器在被测金属丝上的三个

不同位置各测一次直径, 求出其平均值  $d$ 。

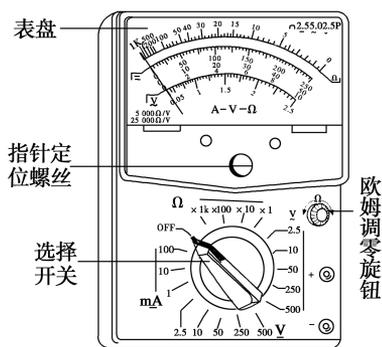
② 连接好用伏安法测电阻的实验电路; 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测金属丝的有效长度, 重复测量三次, 求出其平均值  $l$ ; 调节滑动变阻器的滑片, 使接入电路中的电阻值 最大, 再闭合开关, 改变滑动变阻器滑片的位置, 读出几组相应的电流表、电压表的示数  $I$  和  $U$  的值, 填入记录表格内。

③ 将测得的  $R_x$ 、 $l$ 、 $d$  值, 代入公式  $R = \rho \frac{l}{S}$  和  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  中, 计算出金属丝的电阻率  $\rho$ 。

### 8. 实验: 练习使用多用电表

(1) 多用电表可以用来测量电流、电压、电阻等, 并且每一种测量项目都有几个量程。

(2) 如图所示的指针式多用电表面板上有表盘, 指针定位螺丝 (使电表指针指在左端的“0”位置), 欧姆表的欧姆调零旋钮 (使电表指针指在右端零欧姆处), 选择开关, 表笔的正、负插孔 (红 表笔插入“+”插孔, 黑 表笔插入“-”插孔) 等结构。



(3) 实验步骤

① 观察: 观察多用电表的外形, 认识选择开关的测量项目及量程。

② 机械调零: 检查多用电表的指针是否停在表盘 左 端的“0”刻度位置。若指针



不指零,则可用小螺丝刀进行机械调零。

- ③将红、黑表笔分别插入“+”“-”插孔。
- ④测量小灯泡的电压和电流。
- ⑤测量定值电阻

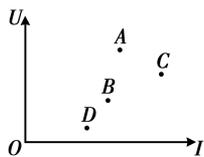
根据被测电阻的估计阻值,选择合适的挡位,把两表笔短接,观察指针是否指在欧姆表的“0”刻度处;若不指在欧姆表的“0”刻度处,调节欧姆调零旋钮,使指针指在欧姆表的“0”刻度处。将被测电阻接在两表笔之间,待指针稳定后读数;读出指针在刻度盘上所指的数值,用读数乘以所选挡位的 倍率,即得测量结果。测量完毕,将选择开关置于 交流电压最高 挡或“ OFF ”挡。



### 典例剖析

#### 考点1 欧姆定律

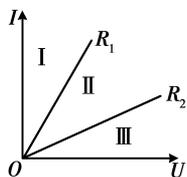
【例1】某同学对四个电阻各进行了一次测量,把每个电阻两端的电压和通过它的电流在平面直角坐标系中描点,得到了图中A、B、C、D四个点。这四个电阻中阻值最大的是 ( A )



- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

【解析】根据  $U-I$  图像中某点与原点连线的斜率表示电阻的大小,作出四个电阻的  $U-I$  图像后,易得  $U-I$  图像过 A 点的电阻阻值最大。B、C、D 错误,A 正确。

【变式1】如图所示为两只定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的  $I-U$  图像。关于  $R_1$ 、 $R_2$  的大小,以及它们串联或并联后的  $I-U$  图像所在区域,下列



判断中正确的是 ( A )

- A.  $R_1 < R_2$ , 串联后的  $I-U$  图像在区域 III
- B.  $R_1 > R_2$ , 并联后的  $I-U$  图像在区域 II
- C.  $R_1 > R_2$ , 并联后的  $I-U$  图像在区域 III
- D.  $R_1 < R_2$ , 串联后的  $I-U$  图像在区域 I

【解析】根据欧姆定律公式  $R = \frac{U}{I}$  可知,

$I-U$  图像的斜率越小,电阻越大,经分析可得,  $R_1 < R_2$ 。根据串联电路中电阻的特点可知,  $R_{\#}$  比每一个串联的分电阻都要大;根据并联电路中电阻的特点可知,  $R_{\#}$  比每一个并联的分电阻都要小。在上述四个电阻值中,  $R_{\#}$  最大,  $R_{\#}$  最小,所以,当它们两端加相同的电压时,通过  $R_{\#}$  的电流最大,故它的  $I-U$  图线在 I 区,通过  $R_{\#}$  的电流最小,它的  $I-U$  图线在 III 区。A 正确,B、C、D 错误。

#### 考点2 电阻定律

【例2】一阻值为  $R$  的粗细均匀的镍铬电阻丝,长为  $L$ ,横截面积为  $S$ 。在温度相同的情况下,下列粗细均匀的镍铬电阻丝的电阻仍为  $R$  的是 ( C )

- A. 长为  $L$ ,横截面积为  $2S$
- B. 长为  $2L$ ,横截面积为  $S$
- C. 长为  $2L$ ,横截面积为  $2S$
- D. 长为  $2L$ ,横截面半径为原来的 2 倍

【解析】由电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$  可知:电阻丝

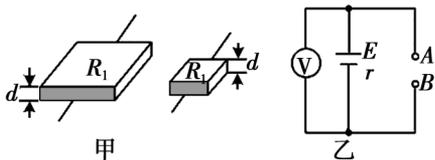
的长为  $L$ ,横截面积为  $2S$  时,其阻值  $R' = \frac{\rho L}{2S} =$

$\frac{1}{2}R$ , A 错误;长为  $2L$ ,横截面积为  $S$  时,其阻

值  $R' = \rho \frac{2L}{S} = 2R$ , B 错误;长为  $2L$ ,横截面积为

2S 时,其阻值  $R' = \rho \frac{2L}{2S} = R$ , C 正确; 长为  $2L$ , 横截面半径为原来的 2 倍时, 横截面积  $S$  变为原来的 4 倍, 其阻值  $R' = \rho \frac{2L}{4S} = \frac{R}{2}$ , D 错误。

**【变式 2】** 如图甲所示,  $R_1$  和  $R_2$  是材料相同、厚度相同、上下表面都为正方形的导体, 但  $R_1$  的尺寸比  $R_2$  大得多。把它们分别连接在如图乙所示的电路的 A、B 两端, 接  $R_1$  时电压表的读数为  $U_1$ , 接  $R_2$  时电压表的读数为  $U_2$ , 则下列判断中正确的是 ( C )



- A.  $R_1 < R_2$
- B.  $R_1 > R_2$
- C.  $U_1 = U_2$
- D.  $U_1 > U_2$

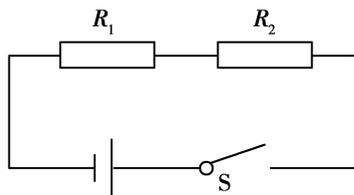
**【解析】**  $R_1$  和  $R_2$  是材料相同、厚度相同、上下表面都为正方形的导体, 设其上下表面的边长分别为  $a_1$ 、 $a_2$ , 根据电阻定律可得:  $R_1 = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{a_1}{a_1 d} = \frac{\rho}{d}$ ,  $R_2 = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{a_2}{a_2 d} = \frac{\rho}{d}$ 。可见, 厚度相同、上下表面都为正方形的导体, 尽管尺寸不同, 但其电阻却相同, 即  $R_1 = R_2$ ; 因为电阻相等, 所以电压表的读数也相等, 即  $U_1 = U_2$ 。C 正确, A、B、D 错误。

**考点 3 串、并联电路**

**【例 3】** 电阻  $R_1$  阻值为  $6 \Omega$ , 与电阻  $R_2$  并联后接入电路中, 通过它们的电流之比  $I_1 : I_2 = 2 : 3$ , 则电阻  $R_2$  的阻值和总电阻的阻值分别为 ( A )

- A.  $4 \Omega, 2.4 \Omega$
- B.  $4 \Omega, 3.6 \Omega$
- C.  $9 \Omega, 3.6 \Omega$
- D.  $9 \Omega, 4.5 \Omega$

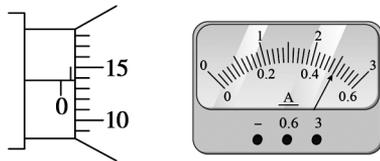
**【变式 3】** 如图所示, 定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的阻值不同, 闭合开关 S 一段时间内, 下列说法中正确的是 ( B )



- A.  $R_1$  和  $R_2$  两端的电压相等
- B. 通过  $R_1$  和  $R_2$  的电流相等
- C.  $R_1$  和  $R_2$  消耗的功率相等
- D.  $R_1$  和  $R_2$  产生的热量相等

**考点 4 实验: 导体电阻率的测量**

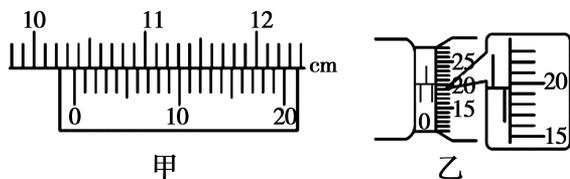
**【例 4】** 在“测量金属丝电阻率”的实验中, 所用电流表量程为  $0 \sim 0.6 \text{ A}$ , 螺旋测微器测得的金属丝的直径及电流表的示数分别如下图所示, 则金属丝的直径为 0.638 mm, 电流表的读数为 0.50 A。



**【解析】** 螺旋测微器的固定尺的读数为  $0.5 \text{ mm}$ , 可动尺上的读数为  $13.8 \times 0.01 \text{ mm} = 0.138 \text{ mm}$ , 所以金属丝的直径为  $0.5 \text{ mm} + 0.138 \text{ mm} = 0.638 \text{ mm}$ ; 由于电流表量程为  $0 \sim 0.6 \text{ A}$ , 由图可知电流表读数为  $0.50 \text{ A}$ 。

**【变式 4】** 现有一合金制成的圆柱体,  $\rho$  为该合金的电阻率, 现用伏安法测量圆柱体两

端的电阻,用游标卡尺测量该圆柱体的长度,用螺旋测微器测量该圆柱体的直径,游标卡尺和螺旋测微器的示数分别如图甲、乙所示。



(1) 由图读得圆柱体的长度为 10.355 cm, 直径为 1.196(±0.001 均可) mm;

(2) 若流经圆柱体的电流为  $I$ , 圆柱体两端的电压为  $U$ , 圆柱体的直径和长度分别为  $D$ 、 $L$ , 则用  $D$ 、 $L$ 、 $I$ 、 $U$  表示的电阻率的表达式为

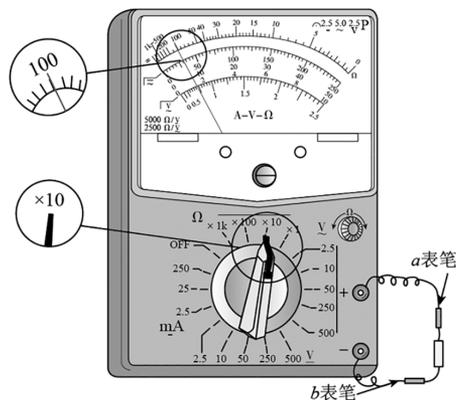
$$\rho = \frac{\pi D^2 U}{4IL}。$$

**【解析】**(1) 游标卡尺的固定刻度读数为 10.3 cm, 游标尺的读数为  $11 \times 0.05 \text{ mm} = 0.55 \text{ mm} = 0.055 \text{ cm}$ , 所以最终读数为  $10.3 \text{ cm} + 0.055 \text{ cm} = 10.355 \text{ cm}$ ; 螺旋测微器的固定刻度读数为 1 mm, 可动刻度读数为  $19.6 \times 0.01 \text{ mm} = 0.196 \text{ mm}$ , 所以最终读数为  $1 \text{ mm} + 0.196 \text{ mm} = 1.196 \text{ mm}$ 。

(2) 根据欧姆定律  $R = \frac{U}{I}$  和电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$ , 联立两式并代入数据得:  $\rho = \frac{RS}{l} = \frac{US}{lL} = \frac{\pi D^2 U}{4lL}。$

### 考点 5 实验: 练习使用多用电表

**【例 5】**现用多用电表测未知阻值的电阻。按正确步骤操作后, 测量结果如图所示, 读出其阻值大小为 1 000  $\Omega$ 。为了使多用电表测量的结果更准确, 必须进行如下操作:



(1) 将选择开关打到  $\times 100$  (填“ $\times 1$ ”“ $\times 100$ ”或“ $\times 1 \text{ k}$ ”)挡;

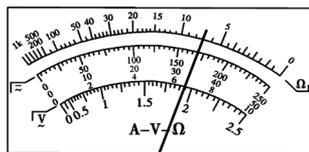
(2) 将红、黑表笔短接, 进行欧姆调零, 其中红表笔为图中的  $a$  表笔 (填“ $a$  表笔”或“ $b$  表笔”);

(3) 把电阻接在两表笔之间进行测量并读数;

(4) 测量完毕将选择开关置于“OFF”挡。

**【解析】**根据图示可以得出电表读数为  $R = 100 \times 10 \Omega = 1\,000 \Omega$ 。欧姆表指针偏角太小, 说明所选用的倍率太小, 测量误差较大。为使测量的结果更准确, 应将选择开关打到大倍率挡位, 即  $\times 100$  挡。红表笔应插入“+”插孔, 黑表笔应插入“-”插孔, 则  $a$  表笔为红表笔。

**【变式 5】**在“练习使用多用电表”的实验中: 如图所示为一正在测量中的多用电表的表盘, 如果用欧姆挡“ $\times 100$ ”挡测量, 则读数为 700  $\Omega$ ; 如果用“直流 5 V”挡测量, 则读数为 3.40 V。

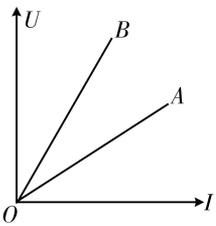


**模拟演练**

1. 下列器材中,属于电源的是 ( C )

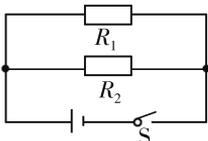
- A. 验电器
- B. 电动机
- C. 干电池
- D. 变压器

2. (2021·湖南真题)根据某实验作出的关于金属导体 A 和 B 的  $U-I$  图像如图所示,则导体 A 的电阻  $R_1$  和导体 B 的电阻  $R_2$  的大小关系为 ( C )



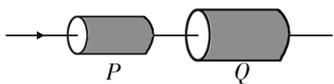
- A.  $R_1 > R_2$
- B.  $R_1 = R_2$
- C.  $R_1 < R_2$
- D. 无法确定

3. (2022·湖南真题)如图,定值电阻的阻值  $R_1 > R_2$ , 闭合开关 S,  $R_1$ 、 $R_2$  两端的电压分别为  $U_1$ 、 $U_2$ , 通过  $R_1$ 、 $R_2$  的电流分别为  $I_1$ 、 $I_2$ 。下列关系正确的是 ( B )



- A.  $U_1 > U_2$
- B.  $U_1 = U_2$
- C.  $I_1 > I_2$
- D.  $I_1 = I_2$

4. (2022·湖南真题)用同种材料制成两个圆柱形导体 P、Q, 两者长度相同, P 的横截面积比 Q 小, P、Q 的阻值分别为  $R_p$ 、 $R_Q$ 。将 P、Q 串联接入电路, 如图所示, 通过 P、Q 的电流分别为  $I_p$ 、 $I_Q$ 。下列关系正确的是 ( D )



- A.  $I_p < I_Q$
- B.  $I_p > I_Q$

C.  $R_p < R_Q$

D.  $R_p > R_Q$

5. (2019·湖南真题)将两个阻值均为  $R$ 、允许通过的最大电流均为  $I$  的电阻接入电路, 下列说法正确的是 ( B )

- A. 将两电阻串联, 则总电阻为  $R$ , 允许通过的最大电流为  $2I$
- B. 将两电阻串联, 则总电阻为  $2R$ , 允许通过的最大电流为  $I$
- C. 将两电阻并联, 则总电阻为  $R$ , 允许通过的最大总电流为  $2I$
- D. 将两电阻并联, 则总电阻为  $2R$ , 允许通过的最大总电流为  $I$

6. 某用电器的额定电压是  $40\text{ V}$ , 正常工作时的电流是  $5\text{ A}$ , 现在要将它接入电压恒为  $220\text{ V}$  的照明电路中, 且要正常工作, 则 ( B )

- A. 将额定电压为  $180\text{ V}$  的电阻和它串联即可
- B. 串联一个阻值为  $36\ \Omega$  的电阻即可
- C. 并联一个适当的电阻即可
- D. 并联一个阻值为  $36\ \Omega$  的电阻即可

**【解析】**电阻需要分担的电压为  $U = 220\text{ V} - 40\text{ V} = 180\text{ V}$ , 由串联电路中各处电流相等, 可知  $R = \frac{U}{I} = 36\ \Omega$ , A 项错误, B 项正确; 由于并联电路中各支路的电压相等, 所以无论给用电器并联多大的电阻, 都不可能给用电器分压, C、D 选项错误。

7. 电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  串联在电路中。已知  $R_1 = 10\ \Omega$ 、 $R_3 = 5\ \Omega$ ， $R_1$  两端的电压为  $6\ \text{V}$ ， $R_2$  两端的电压为  $12\ \text{V}$ ，则 ( D )
- A. 三只电阻两端的总电压为  $18\ \text{V}$
- B. 电路中的电流为  $0.8\ \text{A}$
- C. 三只电阻两端的总电压为  $20\ \text{V}$
- D. 电阻  $R_2$  的阻值为  $20\ \Omega$

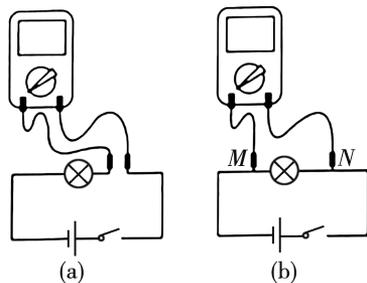
【解析】串联电路中各处的电流相等，根

据欧姆定律得： $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{6\ \text{V}}{10\ \Omega} = 0.6\ \text{A}$ ，故 B 错

误； $R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.6\ \text{A}} = 20\ \Omega$ ，故 D 正确； $R_3$  两端

的电压  $U_3 = IR_3 = 0.6\ \text{A} \times 5\ \Omega = 3\ \text{V}$ ，总电压  $U = U_1 + U_2 + U_3 = 6\ \text{V} + 12\ \text{V} + 3\ \text{V} = 21\ \text{V}$ ，A、C 错误。

8. (2022·湖南真题) 在“练习使用多用电表”的实验中，使用多用电表分别测量小灯泡的电压和通过小灯泡的电流，其中图(a)中的多用电表测量的是 电流 (填“电流”或“电压”)，图(b)中的表笔 N (填“M”或“N”) 是多用电表的红表笔。



## 第十二章 电能 能量守恒定律

### 复习建议

本章内容较多,包括电功、电功率、焦耳定律、闭合电路的欧姆定律、实验:电池电动势和内阻的测量等。复习中,要记住并会应用功和功率的公式进行简单计算;对焦耳定律,主要考虑纯电阻电路的应用;实验主要针对伏安法测电动势和内阻,实验操作和误差分析是重点。

### 考点梳理

#### 1. 电功

(1)定义:导体中的恒定电场对自由电荷的 电场力 做的功。

(2)公式:  $W = Uq = \underline{UIt}$  (适用于任何电路)。

(3)电流做功的实质: 电能 转化成其他形式能的过程。

#### 2. 电功率

(1)定义:单位时间内电流所做的功,表示电流做功的 快慢。

(2)公式:  $P = \frac{W}{t} = \underline{UI}$  (适用于任何电路)。

#### 3. 焦耳定律

(1)电热:电流通过导体产生的 热量 跟电流的二次方成正比,跟导体的电阻及通电时间成正比。

(2)公式:  $Q = \underline{I^2Rt}$  (适用于任何电路)。

(3)电功率  $P = UI$  和热功率  $P_{\text{热}} = I^2R$  的应用

①不论是纯电阻电路还是非纯电阻电路中,电流的电功率均为  $P = \underline{UI}$ ,热功率均为  $P_{\text{热}} = \underline{I^2R}$ ;

②纯电阻电路中:  $P = P_{\text{热}} = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$ ;

③非纯电阻电路中:  $P = UI = \underline{P_{\text{热}}} + P_{\text{其他}} = \underline{I^2R} + P_{\text{其他}} \neq \frac{U^2}{R} + P_{\text{其他}}$ 。

#### 4. 电源

##### (1) 电动势

①计算:非静电力搬运电荷所做的功与搬运的电荷量的比值,叫作电动势,即  $E = \frac{W}{q}$ 。

②物理意义:电动势表示电源把其他形式的能转化成 电能 的本领的大小,在数值上等于电源没有接入电路时两极间的电压。

(2)内阻:电源内部导体的电阻。

##### 5. 闭合电路的欧姆定律

(1)内容:闭合电路的电流跟电源的电动势成 正比,跟内、外电路的电阻之和成 反比。

(2)公式:  $I = \frac{E}{R+r}$  (只适用于纯电阻电路)。

(3)其他表达形式

①电势降落表达式:  $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$  或  $E = U_{\text{外}} + \underline{Ir}$ ;

②功率表达式:  $EI = UI + I^2r$ 。

##### 6. 路端电压与外电阻的关系

(1)一般情况:  $U = IR = \frac{E}{R+r} \cdot R = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}$ , 当

$R$  增大时,  $U$  增大。

(2) 特殊情况

① 当外电路断路时,  $I=0, U=E$ ;

② 当外电路短路时,  $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}, U=0$ 。

7. 电路中的功率

(1) 电源的总功率

任意电路:  $P_{\text{总}} = EI = U_{\text{外}} I + U_{\text{内}} I = P_{\text{出}} + P_{\text{内}}$ ;

纯电阻电路:  $P_{\text{总}} = I^2(R+r) = \frac{E^2}{R+r}$ 。

(2) 电源内部消耗的功率

$P_{\text{内}} = I^2 r = U_{\text{内}} I = P_{\text{总}} - P_{\text{出}}$ 。

(3) 电源的输出功率

任意电路:  $P_{\text{出}} = UI = EI - I^2 r = P_{\text{总}} - P_{\text{内}}$ ;

纯电阻电路:  $P_{\text{出}} = I^2 R$ 。

纯电阻电路中输出功率随  $R$  的变化关系

① 当  $R=r$  时, 电源的输出功率最大, 为  $P_m = \frac{E^2}{4r}$ ; ② 当  $R>r$  时, 随着  $R$  的增大, 输出功率越来越小; ③ 当  $R<r$  时, 随着  $R$  的增大, 输出功率越来越大。

8. 实验: 电池电动势和内阻的测量

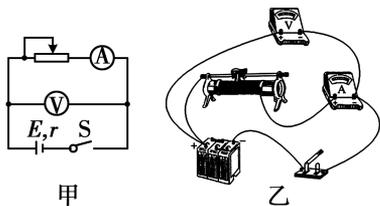
(1) 实验原理: 闭合电路的欧姆定律。

(2) 实验器材

电池、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、导线、坐标纸和刻度尺。

(3) 实验步骤

① 电流表接 0~0.6 A 的量程, 电压表接 0~3 V 的量程, 按下图连接好电路。



② 把滑动变阻器的滑片移到接入电路的阻值最大的一端; 闭合开关, 调节滑动变阻器, 使电流表有明显示数并记录一组数据  $(I_1, U_1)$ , 用同样的方法再测量几组  $I, U$  值, 填入表格中; 断开开关, 拆除电路, 整理好器材。

③ 用作图法处理数据, 经计算求出电源的电动势和内阻。

9. 能源与可持续发展

(1) 能量守恒定律: 能量既不会凭空产生, 也不会凭空消失, 它只能从一种形式转化为其他形式, 或者从一个物体转移到别的物体, 在转化或转移的过程中, 能量的总量保持不变。

(2) 一切与热现象有关的宏观自然过程都是不可逆的。

(3) 能量的耗散 从能量转化的角度反映出自然界中的宏观过程具有方向性。

(4) 能源的分类与应用

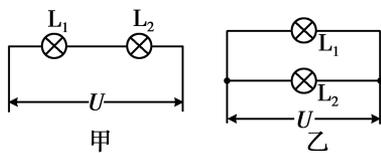
① 化石 能源无法在短时间内再生, 所以这类能源被叫作不可再生能源。

② 水能、风能、潮汐能等能源, 归根结底来源于太阳能。这些能源在自然界可以再生, 叫作 可再生 能源。

### 典例剖析

考点 1 电功 电功率 焦耳定律

【例 1】有两盏电灯  $L_1$  和  $L_2$ , 按图中所示的两种方式连接到电路中, 已知电压  $U$  相同, 且两盏电灯均能发光。比较甲、乙两个电路中电灯  $L_1$  的亮度, 下列说法中正确的是 ( B )



- A. 甲图电路中灯  $L_1$  更亮
- B. 乙图电路中灯  $L_1$  更亮
- C. 两个电路中灯  $L_1$  一样亮
- D. 不知  $L_1$  和  $L_2$  的额定电压和额定功率,无法判断

**【解析】**因为甲、乙两图中的电压  $U$  相同,两盏电灯串联后,电压要按照电灯阻值的大小分配,故  $L_1$  两端的电压小于  $U$ ;两盏电灯并联后,加在电灯两端的电压都为  $U$ ,故  $L_1$  两端的电压等于  $U$ 。根据  $P = \frac{U^2}{R}$  可知,乙图电路中的  $L_1$  更亮。

**【变式 1】**两根由同种材料制成的均匀电阻丝  $A$ 、 $B$  串联在电路中, $A$  的长度为  $L$ ,直径为  $d$ ;  $B$  的长度也为  $L$ ,直径为  $2d$ 。则通电后  $A$ 、 $B$  在相同的时间内产生的热量之比为

( B )

- A.  $Q_A : Q_B = 1 : 4$
- B.  $Q_A : Q_B = 4 : 1$
- C.  $Q_A : Q_B = 2 : 1$
- D.  $Q_A : Q_B = 1 : 2$

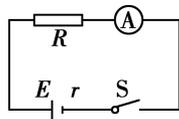
**【解析】**由题意可知, $A$ 、 $B$  两根电阻丝的长度之比为  $1 : 1$ ,直径之比为  $1 : 2$ ,故横截面积之比为  $1 : 4$ 。根据电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$ ,可得  $A$ 、 $B$  的电阻之比为  $4 : 1$ ;根据  $Q = I^2 R t$ ,因为电流相等,故相同时间内产生的热量之比为  $4 : 1$ 。B 正确,A、C、D 错误。

### 考点 2 闭合电路的欧姆定律

**【例 2】**在如图所示的电路中,电源的内电

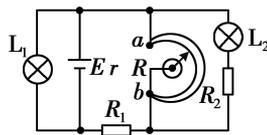
阻  $r = 1 \Omega$ ,外电路电阻  $R = 9 \Omega$ ,电流表的内阻不计,闭合开关后,电流表的示数  $I = 0.3 \text{ A}$ 。则电源的电动势  $E$  等于 ( C )

- A. 1 V
- B. 2 V
- C. 3 V
- D. 5 V



**【解析】**根据闭合电路的欧姆定律,可得电源的电动势  $E = I(R + r) = 0.3 \times (9 + 1) \text{ V} = 3 \text{ V}$ ,故选项 C 正确,A、B、D 错误。

**【变式 2】**在某控制电路中,需要连成如图所示的电路,电路主要由电



动势为  $E$ 、内阻为  $r$  的电源,定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$  及电位器(滑动变阻器)  $R$  连接而成, $L_1$ 、 $L_2$  是红、绿两个指示灯。当电位器的触头由弧形碳膜的中点逆时针滑向  $a$  端时,下列说法中正确的是 ( B )

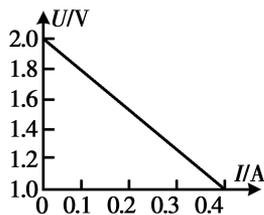
- A.  $L_1$ 、 $L_2$  两个指示灯都变亮
- B.  $L_1$ 、 $L_2$  两个指示灯都变暗
- C.  $L_1$  变亮, $L_2$  变暗
- D.  $L_1$  变暗, $L_2$  变亮

**【解析】**当电位器的触头由弧形碳膜的中点滑向  $a$  端时,电路的总电阻减小,干路电流增大,所以内电压增大,路端电压减小,灯  $L_1$  变暗;通过电阻  $R_1$  的电流变大,所以电位器两端的电压减小,即灯  $L_2$  两端的电压减小,所以灯  $L_2$  变暗。故 A、C、D 错误,B 正确。故选 B。



**考点3 实验:电池电动势和内阻的测量**

**【例3】**电路中路端电压  $U$  随干路电流  $I$  变化的关系如图所示,则电源的电动势  $E$  和内电阻  $r$

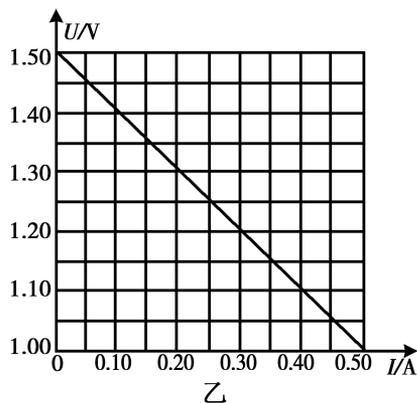
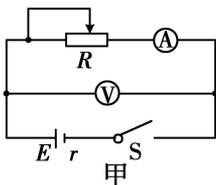


分别是 ( D )

- A.  $E=1.0\text{ V}, r=5.0\ \Omega$
- B.  $E=1.0\text{ V}, r=2.5\ \Omega$
- C.  $E=2.0\text{ V}, r=5.0\ \Omega$
- D.  $E=2.0\text{ V}, r=2.5\ \Omega$

**【解析】**由图像可知:电源的电动势为  $E=2.0\text{ V}$ ,  $r=|k|=\frac{2-1}{0.4}=2.5\ \Omega$ 。

**【变式3】**在测量电源电动势和内电阻的实验中,实验器材有电压表  $\text{V}$  (量程为  $3\text{ V}$ ,内阻约  $3\text{ k}\Omega$ );电流表  $\text{A}$  (量程为  $0.6\text{ A}$ ,内阻约为  $0.70\ \Omega$ );滑动变阻器  $R$  ( $10\ \Omega$ ,  $2\text{ A}$ )。为了更准确地测出电源电动势和内阻,设计了如图甲所示的电路图。



在实验中测得多组电压和电流值,得到

如图乙所示的  $U-I$  图像,由图可得该电源的电动势  $E=1.5\text{ V}$ ,内阻  $r=1.0\ \Omega$ 。(结果保留两位有效数字)

**【解析】**根据闭合电路的欧姆定律,可得: $U=E-Ir$ 。所以图像在纵轴上的截距即为电动势, $E=1.5\text{ V}$ ;而图像的斜率大小表示内阻,所以  $r=\frac{1.50-1.00}{0.5}\ \Omega=1.0\ \Omega$ 。

**考点4 能源与可持续发展**

**【例4】**针对工厂烟囱向空中排放大量废气的现象,下列说法中错误的是 ( A )

- A. 排放废气不仅浪费能源,而且严重违反能量守恒定律
- B. 排放废气引起能量耗散,但并没有违反能量守恒定律
- C. 当前存在着环境恶化和能源短缺问题,所以必须加强废气排放等污染治理
- D. 能量守恒定律揭示出了各种自然现象之间相互联系与转化的关系

**【解析】**排放废气浪费能源,但不违反能量守恒定律,A 错误,符合题意;B、C、D 正确,不符合题意。选 A。

**【变式4】**关于家用电器工作过程中发生的能量转化,下列说法中正确的是 ( C )

- A. 电饭煲将内能转化为电能
- B. 电熨斗将机械能转化为电能
- C. 手摇发电机将机械能转化为电能
- D. 电吹风将机械能转化为电能

**【解析】**电饭煲、电熨斗都是将电能转化为内能,A、B 错误;手摇发电机是将机械能转化为电能,C 正确;电吹风是将电能转化为风能,D 错误。

**模拟演练**

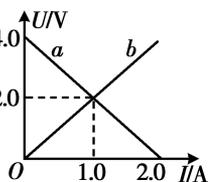
1. (2018·湖南真题)下列器件,利用电流的热效应工作的是 ( D )

- A. 变压器
- B. 验钞机
- C. 电容器
- D. 电热水壶

2. (2021·湖南真题)关于能量和能源,下列说法正确的是 ( A )

- A. 能量既不会凭空产生,也不会凭空消失
- B. 物体沿粗糙斜面下滑,减少的重力势能全部转化为动能
- C. 煤炭和石油是取之不尽、用之不竭的能源
- D. 能量是守恒的,不可能消失,所以人类不需要节约能源

3. 如图所示的  $U-I$  图像中,直线  $a$  表示某电源路端电压与电流的关系,直线  $b$  为某电阻  $R$  的  $U-I$  图像。将该电源直接与电阻  $R$  连接成闭合电路,由图像可知 ( A )



- A. 电源的输出功率为 2 W
- B. 电源电动势为 4.0 V,内阻为 0.5  $\Omega$

C. 电源的总功率为 8 W

D. 若将两个相同的电阻  $R$  串联后接到该电源上,则电流变为原来的  $\frac{1}{2}$

**【解析】**电源的输出功率  $P=IU=2\text{ W}$ ,选项

A 正确;电源电动势为 4.0 V,内阻为  $r=\frac{4}{2}=2\ \Omega$ ,选项 B 错误;电源的总功率  $P_{\text{总}}=IE=1\times$

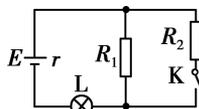
$4=4\text{ W}$ ,选项 C 错误;电阻  $R=\frac{2}{1}\ \Omega=2\ \Omega$ ,若

将两个相同的电阻  $R$  串联后接入该电源,则

电流  $I'=\frac{E}{2R+r}=\frac{4}{2\times 2+2}\text{ A}=\frac{2}{3}\text{ A}$ ,所以电流变为

原来的  $\frac{2}{3}$ ,选项 D 错误。

4. (2018·湖南真题)如图所示



的电路中,当开关  $K$  闭合时,

灯泡  $L$  正常发光。现断开开关  $K$ ,闭合电路的总电阻将 增大 (填“增大”“减小”或“不变”),灯泡  $L$  的亮度将 变暗 (填“变亮”“变暗”或“不变”)。

**【解析】**闭合开关时,电路中的总电阻为

$R=r+R_L+\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$ ,断开开关时,电路中的总电

阻为  $R'=r+R_L+R_1>R$ ,即断开开关后,闭合电路的总电阻增大。断开开关后,电路的总电

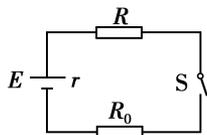
阻变大,根据欧姆定律  $I=\frac{U}{R}$  可知,电路中的总

电流变小,所以灯泡  $L$  变暗。

5. (2019·湖南真题) 如图所

示的电路中, 电源电动势  $E=3\text{ V}$ , 内阻  $r=1\ \Omega$ , 电阻

$R_0=9\ \Omega$ ,  $R=20\ \Omega$ 。当开关 S 闭合时, 电路中的电流为 0.1 A, 电阻 R 消耗的电功率为 0.2 W。

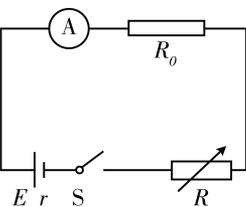


【解析】闭合开关 S 后, 根据闭合电路的

欧姆定律可知:  $I = \frac{E}{R+R_0+r} = 0.1\text{ A}$ 。故电路中的电流为 0.1 A, 根据功率公式可知, 电阻 R 消耗的电功率为:  $P = I^2 R = 0.2\text{ W}$ 。

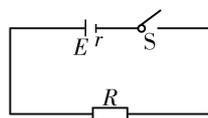
6. (2021·湖南真题) 某电热棒电阻阻值为  $220\ \Omega$ , 额定功率为  $220\text{ W}$ , 正常工作时电流为 1 A, 通电 10 s 产生的热量为 2 200 J。

7. (2021·湖南真题) 如图, 电源电动势  $E=6\text{ V}$ , 内阻  $r=1\ \Omega$ , 定值电阻  $R_0=4\ \Omega$ , R 为电阻



箱, 电流表为理想电表。闭合开关 S, 将电阻箱阻值调为 0 时, 流过电流表的电流  $I = \underline{1.2}$  A; 将电阻箱的阻值调为  $7\ \Omega$  时, 电阻  $R_0$  消耗的功率  $P = \underline{1}$  W。

8. (2022·湖南真题) 锂电池可为新能源汽车供电。某锂电池的电动势  $E=2\text{ V}$ , 将此电池与  $R=18\ \Omega$  的电阻按如图所示的电路连接。闭合开关 S, 通过电阻 R 的电流  $I=0.1\text{ A}$ 。求:



- (1) 电阻 R 两端的电压  $U$ ;
- (2) 电阻 R 消耗的功率  $P$ ;
- (3) 电池的内阻  $r$ 。

【解析】(1)  $U = IR = 1.8\text{ V}$ ;

(2)  $P = I^2 R = 0.18\text{ W}$ ;

(3) 由  $E = I(R+r)$  得,  $r = \frac{E}{I} - R = 2\ \Omega$ 。

## 第十三章 电磁感应与电磁波初步

## 第1课时 磁场

## 复习建议

本部分内容较为简单,以记忆为主,复习时,可以通过比较电场与磁场、电场强度与磁感应强度、电场线与磁感线来进行对比记忆。此外,安培定则是本部分的高频考点。

## 考点梳理

## 1. 磁场的基本性质

磁场对处于其中的磁体、电流有 力 的作用。

## 2. 磁感应强度

(1) 物理意义:描述磁场的强弱和 方向。

(2) 定义式: $B = \frac{F}{Il}$  (通电导线垂直于磁场)。

(3) 方向:小磁针静止时 N 极的指向。

(4) 单位:特斯拉,符号为 T。

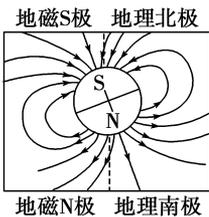
## 3. 匀强磁场

(1) 定义:磁感应强度的大小处处相等、方向 处处相同 的磁场,叫作匀强磁场。

(2) 特点:磁感线是疏密程度相同、方向相同的平行直线。

## 4. 地磁场

(1) 地磁的 N 极在地理 南极 附近,地磁的 S 极在地理 北极 附近,地磁场的磁感线分布如图所示。



(2) 在赤道平面上,距离地球表面高度相等的各点,磁感应强度大小 相等,且方向水平 向北。

## 5. 磁场的叠加

磁感应强度是矢量,其计算方法与力的计算方法相同,利用平行四边形定则或正交分解法进行合成与分解。

## 6. 磁感线的特点

(1) 磁感线上某点的 切线 方向就是该点的磁场方向。

(2) 磁感线的疏密程度定性地表示磁场的 强弱,在磁感线较密的地方磁场 较强;在磁感线较疏的地方磁场 较弱。

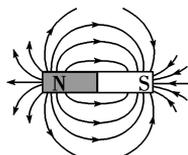
① 磁感线是闭合曲线,没有起点和终点,在磁体外部,由 N 极 指向 S 极;在磁体内部,由 S 极 指向 N 极。

② 同一磁场的磁感线不中断、不 相交、不相切。

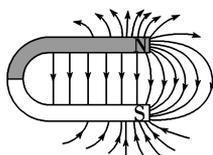
③ 磁感线是假想的曲线,客观上并不存在。

## 7. 几种常见的磁场

(1) 条形磁铁和蹄形磁铁的磁场(如图所示)



条形磁铁



蹄形磁铁

## (2) 电流的磁场

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
特点	无磁极、非匀强,且距导线越远,磁场越弱	与条形磁铁的磁场相似,管内为匀强磁场且磁场最强,管外为非匀强磁场	环形电流的两侧是N极和S极,且离圆环中心越远,磁场越弱
安培定则			
立体图			
横截面图			
纵截面图			

## 8. 磁通量

(1) 在磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中,与磁场方向 垂直 的面积  $S$  与磁感应强度  $B$  的乘积,叫作穿过这个面积的磁通量。

(2) 公式:  $\Phi = BS$ 。

(3) 适用条件:匀强磁场; $S$  为垂直于磁场的 有效面积。

(4) 标矢性:磁通量是 标量。

(5) 物理意义:相当于穿过某一面积的 磁感线 的条数。



## 典例剖析

## 考点 1 磁场 磁感应强度

【例 1】关于磁感应强度,下列说法中正确的是 ( C )

A. 匀强磁场中的磁感应强度可以这样测定:测出一段通电导线放在磁场中受到的力  $F$  及该导线的长度  $l$ 、通过的电流  $I$ ,则  $B = \frac{F}{Il}$

B. 通电导线在某处不受力的作用,则该处的磁感应强度一定为零

C.  $B = \frac{F}{Il}$  只是定义式,磁感应强度是磁场本身的属性,与放不放通电导线无关

D. 通电导线所受力的方向就是磁感应强度的方向

【解析】仅当电流方向与磁场方向垂直时,才有  $B = \frac{F}{Il}$ ,故 A 错误;当通电导线与磁场

方向平行时,通电导线在磁场中某处不受力的作用,但该处的磁感应强度不一定为零,故

B 错误; $B = \frac{F}{Il}$  是磁感应强度的定义式,磁感应

强度是由磁场本身的性质决定的,与放不放通电导线无关,故 C 正确;通电导线受力的方

向与磁感应强度的方向垂直,故 D 错误。

**【变式 1】**两根通电的长直导线平行放置,导线中通过的电流分别为  $I_1$  和  $I_2$ ,且  $I_1 > I_2$ ,电流的方向如图所示。在与导线垂直的平面上有  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四点,其中  $a$ 、 $b$  在导线横截面连线的延长线上, $c$ 、 $d$  在导线横截面连线的垂直平分线上,则导线中的电流在这四点产生的磁场的磁感应强度可能为零的是 ( B )

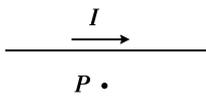
- A.  $a$  点
- B.  $b$  点
- C.  $c$  点
- D.  $d$  点

**【解析】**由安培定则可知,两电流在  $a$  点产生的磁场的磁感应强度方向相反,由于  $I_1 > I_2$ ,且  $a$  点离  $I_1$  近,故  $I_1$  在  $a$  点产生的磁感应强度大于  $I_2$  在  $a$  点产生的磁感应强度, $a$  点磁感应强度不可能为零,A 错误;两电流在  $b$  点产生的磁场的磁感应强度方向相反,由于  $I_1 > I_2$ ,且  $b$  点离  $I_2$  近,故两电流在  $b$  点产生的磁感应强度大小有可能相等,所以  $b$  点的磁感应强度可能为零,B 正确;两电流分别在  $c$  点和  $d$  点产生的磁场的磁感应强度的方向不在一条直线上,合成时不可能为零,因此  $c$ 、 $d$  两点的磁感应强度不可能为零,C、D 错误。

**考点 2 安培定则**

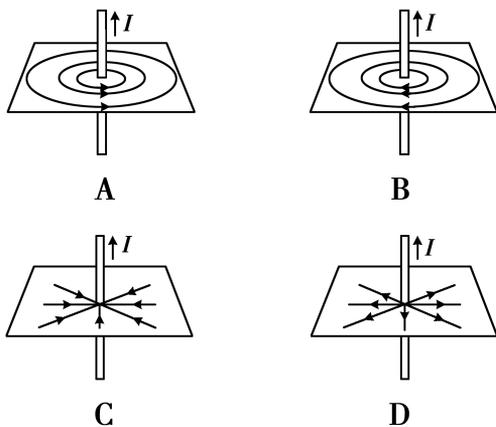
**【例 2】**如图所示,水平放置的直导线中通过向右的电流,则直导线正下方  $P$  点的磁场方向是 ( A )

- A. 垂直纸面向里
- B. 垂直纸面向外



- C. 平行纸面向左
- D. 平行纸面向右

**【变式 2】**关于通电直导线周围磁场的磁感线分布,下列示意图中正确的是 ( A )



**【解析】**根据安培定则,伸开右手使大拇指指向电流方向,则四指环绕方向为磁场方向(即为逆时针方向),A 正确、B 错误;直导线周围的磁感线应该是一系列的同心圆,故 C、D 错误。

**考点 3 磁通量**

**【例 3】**关于磁通量,下列说法中正确的是 ( B )

- A. 通过某一平面的磁通量为零,该处的磁感应强度一定为零
- B. 通过某一平面的磁通量的大小,可以用通过这个平面的磁感线的条数的多少来形象地说明
- C. 磁感应强度越大,磁通量越大
- D. 磁通量就是磁感应强度

**【解析】**当某一平面与磁场平行时,通过该平面的磁通量  $\Phi$  为零,故通过某一平面的磁通量  $\Phi$  为零时,该平面可能与磁场平行,该处的磁感应强度不一定为零,A 错误;通过某一平面的磁通量的大小,可以用通过这个平面的磁感线的条数的多少来形象地说明,B 正确;根据  $\Phi=BS\sin\alpha$  可知,磁通量的大小可能由  $B$ 、 $S$ 、 $\alpha$  决定,故磁感应强度越大,磁通量不一定越大,C 错误;磁通量与磁感应强度不同,磁感应强度  $B=\Phi/S$ ,故又称为磁通密度,D 错误。

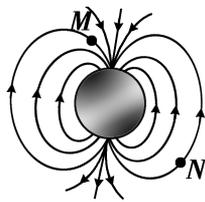
**【变式 3】**下列关于磁场的说法中,正确的是 ( D )

- A. 磁通量的大小等于磁感应强度与面积的乘积
- B. 通电导线在磁感应强度大的地方受力一定大
- C. 放在匀强磁场中各处的通电导线,受力大小和方向处处相同
- D. 磁感应强度的大小和方向跟放在磁场中的通电导线受力的大小和方向无关

**【解析】**磁通量的大小等于磁感应强度与线圈的面积在垂直于磁场的方向上投影的面积乘积,A 错误;通电导线在磁感应强度大的地方受力不一定大,还与导线的放置方式有关,B 错误;放在匀强磁场中各处的通电导线,受力的方向还与电流元的摆放方向有关,C 错误;磁感应强度的大小和方向只由磁场本身决定,跟放在磁场中的通电导线受力的大小和方向无关,D 正确。

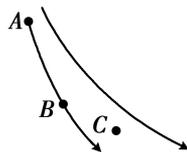
模拟演练

1. (2021·湖南真题) 地球磁场的磁感线如图所示, 磁场中  $M$ 、 $N$  两点的磁感应强度的大小分别为  $B_M$ 、



- $B_N$ , 则  $B_M$ 、 $B_N$  的大小关系正确的是 ( A )
- A.  $B_M > B_N$
  - B.  $B_M = B_N$
  - C.  $B_M < B_N$
  - D. 无法确定

2. 如图所示,在磁场中有  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点,关于这三点,下列说法中正确的是 ( A )



- A.  $A$  点磁场最强
- B.  $A$ 、 $B$  两点的磁场方向相同
- C.  $C$  点没有磁场
- D.  $A$ 、 $B$  两点的磁场强弱相同

**【解析】**磁感线的密疏程度可反映磁场的强弱,磁感线越密的地方磁场越强,所以  $A$  点磁场最强,选项 A 正确、D 错误;磁场方向沿着磁感线的切线方向, $A$ 、 $B$  两点磁感线的切线方向不同,故  $A$ 、 $B$  两点的磁场方向不同,选项 B 错误; $C$  点的磁场线未画出,但磁场存在,选项 C 错误。

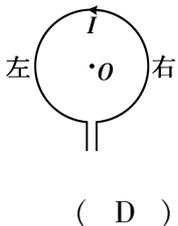
3. 如图所示,水平直导线  $ab$  中通有向右的电流  $I$ ,置于导线正下方的小磁针的  $S$  极将 ( A )



- A. 向纸外偏转
- B. 向纸内偏转
- C. 在纸面内顺时针转过  $90^\circ$
- D. 不偏转

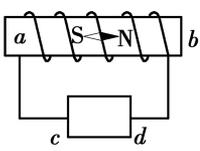
**【解析】**当在水平直导线中通入如图所示的电流时,根据右手螺旋定则,可得小磁针所在位置的磁场方向是垂直纸面向里。由于小磁针静止时 N 极的指向为磁场的方向,所以小磁针的 N 极将垂直于纸面向里转动,S 极则垂直纸面向外偏转,A 正确。

4. 如图所示,在纸平面内有一圆环形导线,通以逆时针方向的电流  $I$ ,则圆环中心  $O$  点处的磁场方向为 ( D )
- A. 水平向左  
B. 水平向右  
C. 垂直纸面向内  
D. 垂直纸面向外



**【解析】**在一圆环形导线内通以逆时针方向的电流  $I$ ,根据安培定则可得,圆环中心  $O$  点处的磁场方向为垂直纸面向外,选 D。

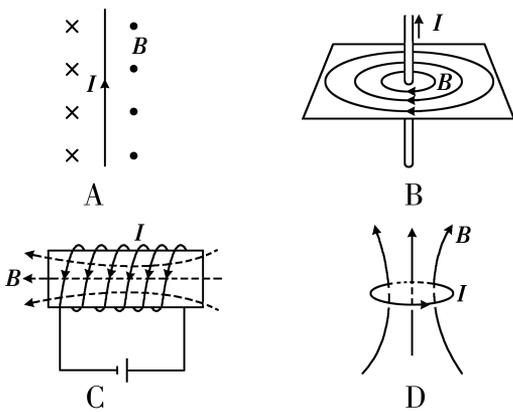
5. 如图所示,在通电螺线管内部的小磁针,静止时 N 极指向右端,则下列说法中正确的是 ( C )
- A. 根据异名磁极相吸引, $b$  端为螺线管的 S 极  
B. 通电螺线管内部的磁场方向向左  
C. 螺线管的  $b$  端为 N 极, $a$  端为 S 极  
D. 电源  $c$  端为负极, $d$  端为正极



**【解析】**通电螺线管内部的小磁针静止时 N 极指向右端,说明通电螺线管内部的磁场方

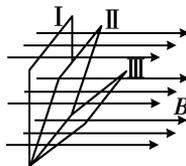
向指向右方,则  $b$  端为螺线管的 N 极, $a$  端为 S 极,选项 A、B 错误,C 正确;由安培定则可知,通电螺线管中电流的方向为顺时针方向,故电流从  $c$  端流出,流入  $d$  端,由此可知,电源  $c$  端为正极, $d$  端为负极,D 错误。

6. 下列各图中已标出电流及电流的磁场的方向,其中标注正确的是 ( D )



**【解析】**直线电流的方向竖直向上,根据安培定则可知,直线电流右边的磁场方向垂直纸面向里,左边的磁场方向垂直纸面向外,A 错误;通电直导线中的电流方向向上,根据安培定则可知,从上往下看,磁场的方向沿逆时针方向,B 错误;根据安培定则,螺线管内部的磁场方向向右,C 错误;由于电流的方向为逆时针方向(从上往下看),根据安培定则可知,磁场方向应该向上,D 正确。

7. 三个相同的矩形线圈置于水平向右的匀强磁场中,线圈 I 平面与磁场方向垂直,线圈 II、III 平面与线圈 I 平面的夹角分别为  $30^\circ$  和  $45^\circ$ ,如图所示。穿过线圈 I、II、



Ⅲ的磁通量分别为  $\Phi_I$ 、 $\Phi_{II}$ 、 $\Phi_{III}$ ，则下列判断中正确的是 ( C )

- A.  $\Phi_I = \Phi_{II}$                   B.  $\Phi_{II} = \Phi_{III}$   
 C.  $\Phi_I > \Phi_{II}$                   D.  $\Phi_{III} > \Phi_{II}$

【解析】线圈在 I 位置时，线圈与磁场垂直，穿过线圈的磁通量最大为： $\Phi_I = BS$ ；线圈在 II、III 位置时，穿过线圈的磁通量分别为：

$$\Phi_{II} = BS \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} BS, \Phi_{III} = BS \cos 45^\circ =$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} BS. \text{ 则有: } \Phi_I > \Phi_{II} > \Phi_{III}, \text{ C 正确.}$$

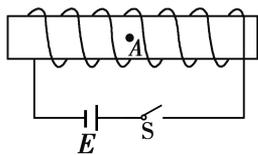
8. 如图所示，一矩形线框置于磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，线框平面与磁场方向垂直。若线框的面积为  $S$ ，则通过线框的磁通量为 ( A )

- A.  $BS$                                   B.  $\frac{B}{S}$   
 C.  $\frac{S}{B}$                                   D. 0

9. 如图所示，开关 S 闭合，不计其他磁场的影响，螺线管内部 A 点的磁感应强度方向为

( B )

- A. 向右  
 B. 向左  
 C. 垂直纸面向里  
 D. 垂直纸面向外

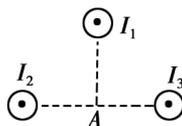


【解析】根据螺线管中电流的方向和线圈的绕向，利用安培定则用右手握住导线，让四指指向电流方向，则大拇指指向左端，即螺线

管的左端为 N 极，右端为 S 极。螺线管内部磁场的方向从 S 极指向 N 极，所以 A 点的磁场方向向左。

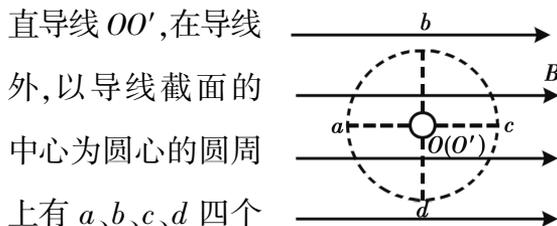
10. 如图所示，三条长直导线中都通以垂直纸面向外的电流，且  $I_1 = I_2 = I_3$ ，则距三条导线等距离的 A 点处磁场方向为 ( D )

- A. 向上                                  B. 向下  
 C. 向左                                  D. 向右



【解析】由安培定则可知，电流  $I_2$  和  $I_3$  在 A 点处产生的磁场方向相反，由于距离又相等，所以二者的合场强为零；又因  $I_1$  在 A 点处产生的磁场方向水平向右，故 A 点处的磁场方向向右，D 正确。

11. 如图所示，在磁感应强度大小为  $B=1\text{ T}$  的匀强磁场中，固定一根与磁场方向垂直的通电直导线  $OO'$ ，在导线



外，以导线截面的中心为圆心的圆周上有  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四个点。已知  $c$  点的磁感应强度大小为  $\sqrt{2}\text{ T}$ ，方向斜向右上方，且与磁感应强度  $B$  的方向成  $45^\circ$  夹角，则下列说法中正确的是 ( D )

- A. 直导线中的电流方向垂直纸面向里  
 B.  $a$  点的磁感应强度与  $c$  点的相同  
 C.  $d$  点的磁感应强度为零  
 D.  $b$  点的磁感应强度为零

## 第2课时 电磁感应 电磁波

### 复习建议

本部分内容仍然以记忆为主,关于电磁感应现象,需要理解产生感应电流的条件,记住麦克斯韦的电磁场理论,理解“变化的”三字的含义;关于电磁波,要从其产生、传播、接收三个角度去记忆,并与生活实际相联系。

### 考点梳理

#### 1. 电磁感应现象

(1)定义:当穿过闭合导体回路的 磁通量 发生变化时,闭合导体回路中就产生感应电流。这种利用磁场产生电流的现象,叫作电磁感应。

(2)条件:穿过闭合电路的磁通量 发生变化。

#### (3)实质

产生 感应电动势,如果电路闭合,则有感应电流;如果电路不闭合,则只产生 感应电动势 而无感应电流。

#### 2. 电磁场 电磁波

##### (1)麦克斯韦电磁场理论

变化的磁场能够在周围空间产生 电场,变化的电场能够在周围空间产生 磁场。

##### (2)电磁波

①电磁场在空间由近及远地传播,形成 电磁波。

②电磁波的传播不需要 介质,电磁波可在真空中传播。在真空中,不同频率的电磁波传播速度相同,且都等于 光速。

③不同频率的电磁波在同一介质中传播,其速度是不同的,频率越高,波速越 小。

④真空中电磁波的波速  $c = \lambda\nu$ ,  $\lambda$  是电磁波的波长,  $\nu$  是电磁波的频率。

#### 3. 能量量子化

(1)热辐射:我们周围的一切物体都在辐射 电磁波,这种辐射与物体的温度有关,所以叫作 热辐射。

(2)黑体:如果某种物体能够完全吸收入射的各种波长的 电磁波 而不发生反射,这种物体就叫作 黑体。

(3)能量子:普朗克认为,振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值  $\varepsilon$  的 整数倍。当带电微粒 辐射或吸收 能量时,也是以这个最小能量值为单位一份一份地辐射或吸收的,这个不可再分的最小能量值  $\varepsilon$  叫作 能量子。

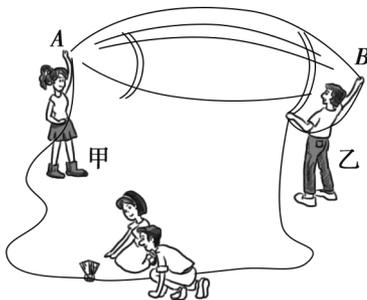
(4) 能级: 原子的能量是量子化的, 这些量子化的能量值叫能级。

(5) 跃迁: 原子从高能态向低能态或从低能态向高能态转变的过程, 叫作原子的跃迁。

典例剖析

考点 1 电磁感应现象

【例 1】如图所示, 几位同学在学校的操场上做“摇绳发电”的实验, 也同时验证该地磁场的方向: 把一条较长电线的两端



连在一个灵敏电流计的两个接线柱上, 形成闭合回路, 由甲、乙两个同学手持电线的 A、B 两点, 改变站立方向和绳的运动方式, 记录相关实验结果如下表。下列说法中正确的是

( C )

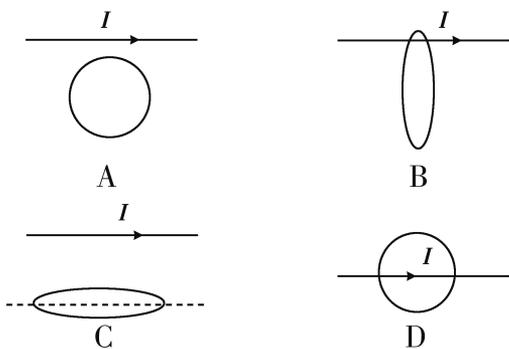
两同学站立方向	绳的运动方式	灵敏电流表示数
东西	上下快速抖动	明显有电流
东西	以 AB 连线为轴快速圆周运动	明显有电流
南北	上下快速抖动	无电流
南北	以 AB 连线为轴快速圆周运动	明显有电流

- A. 说明该处地磁场平行于水平地面
- B. 说明该处地磁场沿竖直方向

- C. 说明该处地磁场可能斜向下或斜向上
- D. 说明该处地磁场中某一点的磁场方向不止一个

【解析】当两同学东西站立、向上下快速抖动摇绳时, 明显有电流产生, 说明此处存在地磁场, 但无法直接说明地磁场的方向, 且上下快速抖动摇绳时切割水平方向的磁感线分量, 产生感应电流, 故地磁场方向不可能沿竖直方向, 但可能斜向下或斜向上, A、B 错误, C 正确; 当两同学东西站立、向上下快速抖动摇绳时, 明显有电流产生, 当两同学南北站立、向上下快速抖动摇绳时, 无电流产生, 只能说明无东西方向的磁场分量, 无法说明磁场方向, D 错误。

【变式 1】下列各图中的金属圆环均带有绝缘外皮, 图 A 中直导线与圆环在同一平面内, 图 B 中直导线与环面垂直, 图 C 中直导线在圆环水平直径正上方且与直径平行, 图 D 中直导线与圆环接触且与圆环直径重合。当电流增大时, 环中有感应电流的是 ( A )



**【解析】**A 图中电流发生变化,圆环中的磁通量变化,圆环中有感应电流,A 正确;B 图中圆环平面与电流产生的磁感线平行,因此穿过圆环平面的磁通量始终为零,圆环中没有感应电流,B 错误;C、D 两图中,穿过圆环平面的磁通量均为零,故都没有感应电流,C、D 错误。

### 考点 2 电磁场 电磁波

**【例 2】**在流感疫情防控中,体温监测是一种重要手段。常用的手持式无接触测温枪工作时探测的是 ( A )



- A. 红外线                      B. 可见光  
C. 紫外线                      D. X 射线

**【变式 2】**关于电磁波,下列说法中正确的是 ( B )

- A. 电磁波在真空中的传播速度与电磁波的频率有关  
B. 周期性变化的电场和磁场可以相互激发,形成电磁波  
C. 电磁波在传播过程中可以发生干涉、衍射,但不能发生反射和折射  
D. 电磁波的传播需要介质

**【解析】**电磁波在真空中的传播速度与电磁波的频率无关,A 错误;周期性变化的电场和磁场可以相互激发,形成电磁波,B 正确;电磁波在传播过程中可以发生干涉、衍射,也可

以发生反射和折射,C 错误;电磁波可以在真空中传播,不需要介质,D 错误。

### 考点 3 电磁波的应用

**【例 3】**摄像机、电视机是日常生活中常见的电子产品,下列对它们的认识不正确的是 ( C )

- A. 摄像机实际上是一种将光信号转变为电信号的装置  
B. 电视机实际上是一种将电信号转变为光信号的装置  
C. 电视机接收的画面是连续的  
D. 摄像机在 1 秒内要送出 25 帧画面

**【解析】**由题意可知,摄像机实际上是一种将光信号转变为电信号的装置,摄像机在 1 秒内要送出 25 帧画面;电视机实际上是一种将电信号转变为光信号的装置,电视机接收的画面是不连续的,一帧一帧的。A、B、D 正确,C 错误。

**【变式 3】**现在车辆常安装 GPS 接收器,可用来接收卫星发射的信号,实现对车辆的精确定位和导航。卫星向 GPS 接收器传送信息,是利用的 ( B )

- A. 激光                      B. 电磁波  
C. 红外线                      D. 紫外线

**【解析】**GPS 接收器通过接收卫星发射的导航信号,实现对车辆的精确定位和导航。

卫星向 GPS 接收器传送信息依靠的是电磁波,选 B。

考点 4 能量量子化

【例 4】关于能量量子化,下列说法中,正确的是 ( C )

- A. 量子与电磁波的频率成反比
- B. 电磁波波长越长,其量子越大
- C. 微观粒子的能量是不连续(分立)的
- D. 量子假设最早是由爱因斯坦提出来的

【解析】由  $\epsilon = h\nu$  可知,量子与电磁波的频率成正比,A 错误;由  $\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$  可知,电磁波波长越长,其量子越小,B 错误;普朗克提出了量子假说,他认为,物质辐射(或吸收)能量都是不连续的,是一份一份进行的,C 正确;量子假设最早是由普朗克提出来的,D 错误。

【变式 4】已知某单色光的波长为  $\lambda$ ,在真空中光速为  $c$ ,普朗克常量为  $h$ ,则电磁波辐射的能量子  $\epsilon$  的值为 ( A )

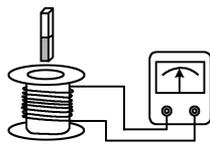
- A.  $h\frac{c}{\lambda}$
- B.  $\frac{h}{\lambda}$
- C.  $\frac{c}{h\lambda}$
- D. 以上均不正确

【解析】根据  $\epsilon = h\nu$ ,又  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,所以  $\epsilon =$

$h\frac{c}{\lambda}$ ,A 正确,B、C、D 错误。

模拟演练

1. (2019·湖南真题)某同学用如图所示的装置做“探究产生感应电流的条件”



的实验,下列情形中没有产生感应电流的是 ( C )

- A. 将磁铁匀速插入线圈
- B. 将磁铁加速插入线圈
- C. 将磁铁放在线圈中静止不动
- D. 将磁铁加速从线圈中抽出

【解析】只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就会产生感应电流。当磁铁匀速、加速插入线圈或加速从线圈中抽出时,都会使磁通量发生变化,从而产生感应电流;当磁铁放在线圈中静止不动时,磁通量虽然不为零,但磁通量没有发生变化,就不会产生感应电流。C 正确,A、B、D 错误。

2. 下列说法不正确的是 ( B )

- A. 电流通过导体产生的热量,跟导体的阻值有关
- B. 通电直导线不能产生磁场
- C. 只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就有感应电流产生
- D. 变化的磁场能产生电场,变化的电场能产生磁场

3. (2019·湖南真题)赫兹在人类历史上首先捕捉到了电磁波,为无线电技术的发展开拓了道路。下列器件中,既使用了电磁波接收技术,又使用了电磁波发射技术的是

( D )

- A. 电吹风                      B. 洗衣机  
C. 电熨斗                      D. 手机

**【解析】**电吹风消耗电能产生热能与风能,与电磁波的发射和接收无关,A 错误;洗衣机消耗电能产生动能,与电磁波的发射和接收无关,B 错误;电熨斗消耗电能产生热能,与电磁波的发射和接收无关,C 错误;手机同时使用了电磁波的接收和发射技术,D 正确。

4. 下列各过程中,没有利用到电磁波的是

( A )

- A. 用水银温度计测量体温  
B. 用遥控器打开电视机  
C. 用手机接听电话  
D. 用微波炉加热面包

**【解析】**用水银温度计测量体温,用到了水银热胀冷缩的原理,A 符合题意;用遥控器打开电视机,利用了红外线遥控技术,B 不符合题意;用手机接听电话,利用了电磁波通讯,C 不符合题意;用微波炉加热面包,用到了微波,微波属于电磁波,D 不符合题意。

5. (2021·湖南真题)下列设备中,利用紫外线使荧光物质发光的是

( D )

- A. 电视机遥控器              B. 收音机  
C. 无接触测温仪              D. 验钞机

6. (2022·湖南真题)关于电磁波的应用,下列说法正确的是 ( C )

- A. 用手机接听电话时没有利用电磁波  
B. 紫外线消毒灯产生的紫外线不是电磁波  
C. 航天员在中国空间站进行太空授课的实时画面是通过电磁波传递到地面的  
D. 在新冠疫情防控中,常用的手持式无接触测温枪工作时探测的是可见光

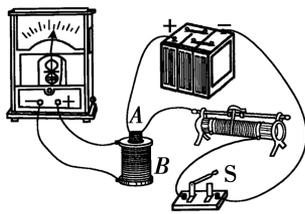
7. 关于感应电流,下列说法中正确的是 ( D )

- A. 只要闭合电路中有磁通量,闭合电路中就有感应电流产生  
B. 穿过螺线管的磁通量发生变化时,螺线管内就一定有感应电流产生  
C. 只要电路的一部分作切割磁感线运动,电路中就一定有感应电流  
D. 线框不闭合时,即使穿过线框的磁通量发生变化,线框中也没有感应电流

**【解析】**产生感应电流的条件是闭合回路中的磁通量有变化,A 错误;产生感应电流的条件是闭合回路中的磁通量有变化,螺线管如果没有连成闭合回路,就不会有感应电流,B 错误;电路的一部分作切割磁感线运动,如果电路没闭合,电路中不会有感应电流,C 错误;线框不闭合时,即使穿过线框的磁通量发生变化,线框中也没有感应电流,D 正确。

8. (2021 · 湖南真题)

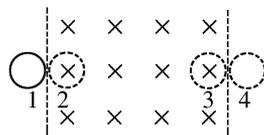
如图,线圈 A 通过滑动变阻器和开关 S 接到电源上,线圈 B



的两端连到电流表上,把线圈 A 装在线圈 B 的里面。下列情形中,线圈 B 中不会产生感应电流的是 ( C )

- A. 开关 S 闭合的瞬间
- B. 开关 S 断开的瞬间
- C. 开关 S 保持闭合,滑动变阻器的滑片不动
- D. 开关 S 保持闭合,移动滑动变阻器的滑片

9. (2022 · 湖南真题) 如图,空间中存在垂直于纸面的有界匀强磁场,圆形闭合金属线圈处于位置 1、2、3、4 时,均与磁场边界相切。线圈在下列运动过程中,不产生感应电流的是 ( B )



- A. 从位置 1 平移到位置 2
- B. 从位置 2 平移到位置 3
- C. 从位置 3 平移到位置 4
- D. 在位置 2 以圆形线圈的任一直径为轴转动