

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

中学生数理化

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



扫码关注本刊微信
加入我们的俱乐部



高中版

绿色印刷

2022年

第34期 · 总第937期

9月



喜报



2022年高考结束后，经认真比对发现，《中学生数理化（高中版）》上与全国乙卷的撞题情况如下：

数学共计150分，杂志上类似题目占105分，占比约70%

理综物理共计110分，杂志上类似题目占98分，占比约89%

理综化学共计100分，杂志上类似题目占71分，占比约71%

《中学生数理化（高中版）》

2021年9期—2022年8期与2022年高考全国乙卷对照表（部分）

2022年高考全国乙卷	中学生数理化（高中版）	分值	相似度
数学第1题	高考数学 2021年9期5页例2 高考数学 2022年7-8期15页第1题、30页第2题、36页第1题	5	类似
数学第5题	高考数学 2021年12期39页第30题，高考数学 2022年7-8期31页第6题	5	类似
数学第11题	高考数学 2022年4期26页例4，高考数学 2022年7-8期24页第11题	5	类似
数学第15题	高考数学 2022年7-8期31页第11题	5	类似
数学第19题	高考数学 2022年3期14页例2	12	类似
数学第21题	高考数学 2022年5期42页第9、11题，高考数学 2022年7-8期30页第21题	12	类似
理综第14题	高考理化 2022年1期38页例3，高一使用 2021年12期36页例2	6	相似
理综第19题	高考理化 2021年11期15页例7、26页8题，高考理化 2022年3期21页4题	6	一样
理综第22题	高考理化 2021年9期27页11题，高一使用 2021年10期35页例题	5	一样
理综第23题	高考理化 2021年11期10页例3，高考理化 2022年3期4页例2	10	一样
理综第34（1）题	高考理化 2022年5期24页14（1）题	5	相似
理综第34（2）题	高考理化 2022年5期15页例5	10	一样
理综第8题	高考理化 2021年12期18页2题	6	类似
理综第12题	高考理化 2022年6期15页6题	6	雷同
理综第13题	高考理化 2022年6期15页7题	6	类似
理综第27题	高考理化 2021年10期26页27题	8	部分类似

2022年9月
第34期·总第937期
1981年10月创刊

Zhongxuesheng Shulihua

中学生数理化

(高中版) 高考理化

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

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

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

主 编:赵 平
副 主 编:刘钟华
首席编辑:徐利杰
责任编辑:张 巧(0371-66370630)
E-mail:120003292@qq.com
谢启刚(0371-66310491)
E-mail:282200380@qq.com
王琼霞(0371-66370630)
E-mail:371157227@qq.com

执行美编:张 衡
投稿-答疑信箱:zxsslh_gags@163.com
电话:0371-66370701
网址:www.shuren100.com
智慧支持:河南省教育学会创新教育专业委员会

发行单位:中国邮政集团有限公司河南省报刊发行局
发行范围:国内外公开发行人
国内订阅:全国各地邮局
国内发行代号:36-59
河南专号 1:36-972
河南专号 2:36-993
国际订阅:中国国际图书贸易集团有限公司
国际发行代号:C1068
自办订阅:河南教育读物发行总社
订阅热线:0371-67129573
发行服务:河南教育报刊社发行部
服务热线:400-659-7019
淘宝网购:



扫描二维码,订阅方便实惠

出版日期:9月16日
印 制:河南文达印刷公司
(450008 郑州市黄河路124号)
(如有印装问题,请寄该公司调换,
反馈电话13838080644)
广告发布登记证:郑惠济市监广登字
【2019】002号
广告中心(郑州市教之喻文化传播有限
公司):0371-66327883

目次 Contents



知识篇

知识结构与拓展

- 3 怎一个“轻质”了得 杨高轩
- 6 “板块”模型中的共速问题探究
——从2022年3月湖北省七市州联考物理卷第16题说起
刘万强
- 11 万有引力与航天复习中应注意的速度反串
王 银 杨天才

实验探究与展望

- 14 验证动量守恒定律实验数据处理初探
——用平抛实验装置“验证动量守恒定律”的数据分析
高延峰

高考真题之赏析

- 17 2022年高考全国乙卷理综物理试题评析与备考建议
张北春

本 刊 承 诺

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 一、提高刊物质量: | 二、坚持办刊思路: | 三、强化服务意识: |
| 1.努力提高作者层次,
坚决杜绝平庸稿。 | 1.高一注重核心考点剖析,
强化核心考点训练。 | 1.与作者密切联系,
及时反馈稿件使用情况。 |
| 2.坚持稿件评审操作流程,
严把稿件质量关。 | 2.高二注重核心考点剖析,
强化核心考点训练。 | 2.对读者贴心交流,
凡有疑难,及时回复。 |
| 3.强化编校质量管理,
精编细校,不出差错。 | 3.高三突出专题,强化命题
分析和演练。 | 3.对杂志订阅周到服务,
及时邮寄,方便快捷。 |

演练篇

核心考点 AB 卷

- 21 高三一轮复习检测题(必修 1、必修 2、选修 3-5)A 卷
付培军
- 25 高三一轮复习检测题(必修 1、必修 2、选修 3-5)B 卷
胡东明

解题篇

经典题突破方法

- 29 三道相似习题多解的比较 黄 泌
- 31 利用作图法求解动力学问题 吕文东
- 33 例说运动学图像问题的分析与求解
李更磊 白利燕
- 36 运用牛顿第二定律解决连接体问题 胡朝平
- 39 圆的数学性质在动力学问题中的应用 邓贤彬

参考答案与提示

- 43 高三一轮复习检测题(必修 1、必修 2、选修 3-5)A 卷
参考答案与提示
- 46 高三一轮复习检测题(必修 1、必修 2、选修 3-5)B 卷
参考答案与提示



封面人物

邓贤彬,中学物理高级教师。长期从事一线物理教学工作,擅长中学物理教学研究,现就职于四川省资中县教育研究室。四川省大中小学教材专家库成员、内江市优秀班主任、内江市青年骨干教师、内江市高三教学业务管理先进个人。有十余篇文章公开发表于《中学物理教学参考》《数理天地》《中学物理》《教学考试》和《中学生理科应试》等期刊上。

版权声明

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

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

封面刊名题字:华罗庚

顾问单位:中国数学会 中国物理学会 中国化学会

学术顾问:任子朝 韩家勋 李 勇

委 员:(按拼音排序)

陈进前 戴儒京 狄振山 高慧明 郭统福 何万龄 黄干生 蒋天林
李 伟 李胜荣 李树祥 刘大鸣 孟卫东 施建昌 隋俊礼 王国平
王后雄 王星元 徐汉屏 余永安 袁竞成 张向东 张 援 张北春

怎一个“轻质”了得

■河北省石家庄市河北正定中学 杨高轩

理想化模型是一种为了便于研究问题而建立的高度抽象的理想客体,其中把研究对象所处的外部条件理想化而建立的模型叫条件模型,比如轻质圆环、轻质绳、轻质杆、轻质丝绸、轻质薄板、轻质弹簧、轻质滑轮等。“轻质”的意思是研究对象的质量可以忽略不计,但在不同的环境中,“轻质”又有着不同的含义,下面就“轻质”在力的观点、能量观点、动量观点三大力学体系中的含义进行分析,供同学们参考。

一、“轻质”在力的观点中的含义

1. 不计物体的重力。

物体的质量忽略不计,根据 $G = mg$ 可知,物体的重力可以忽略不计。不计物体的重力多见于物体受力平衡的情景中。

例 1 如图 1 所示,光滑细杆固定在竖直面内,细杆与水平面之间的夹角 $\theta = 60^\circ$,细杆上套有一轻质小圆环。在一根轻质弹性绳 AB 的中点处做一记号 O,把弹性绳 A 端与小圆环相连,在 B 端挂上一质量为 m 的小物块,在 O 点系上一根刚性细线,细线另一端固定在竖直墙壁上,系统稳定后,细线恰好水平,OB 段长为 l 。弹性绳的弹力遵从胡克定律,其形变在弹性限度内,重力加速度为 g 。则()。

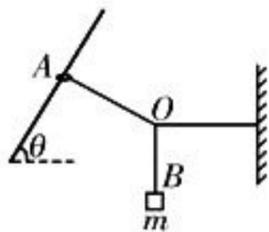


图 1

- A. AO 段长为 l
- B. AO 段长为 $2l$
- C. AO 段的弹力等于 OB 段的弹力
- D. AO 段的弹力比 OB 段的弹力大 mg

分析:小圆环是轻质的,不计重力;细杆是光滑的,对小圆环没有摩擦力。根据平衡条件可知,轻质弹性绳 AO 段与细杆垂直,与水平面之间的夹角为 30° 。弹性绳和细线也是轻质的,重力不计,选 O 点为研究对象进行受力分析时不需考虑它们的重力。

解:选 O 点为研究对象,设弹性绳 AO 段

的弹力为 F_1 ,弹性绳 OB 段的弹力为 F_2 ,根据平衡条件得 $F_2 = mg, F_1 \sin 30^\circ = F_2$,解得 $F_1 = 2F_2 = 2mg$,因此 AO 段的弹力比 OB 段的弹力大 mg ,选项 C 错误,D 正确。设弹性绳的劲度系数为 k ,原长为 $2l_0$,AO 段长为 l_a ,根据胡克定律得 $F_1 = k(l_a - l_0), F_2 = k(l - l_0)$,因此 $l < l_a < 2l$,选项 A、B 错误。

答案:D

2. 物体受到的合外力为 0。

物体的质量忽略不计,根据 $F = ma$ 可知,无论物体的加速度为多大,它受到的合外力均为 0。如图 2 所示,轻质弹簧放置在水平面上,左端拴接一小物块,在弹簧右端施加大小为 F 的拉力使物块在水平面上运动,无论物块在水平面上做匀速直线运动还是加速运动,无论物块的加速度怎么变化,轻质弹簧所受合外力均为 0,物块对弹簧的拉力都等于 F ;以任意一段弹簧为研究对象,其受到的合外力也为 0,因此弹簧中弹力处处相等,均等于 F 。



图 2

例 2 如图 3 所示,底角为 α 的等腰三角形斜面体固定在水平面上,一足够长的轻质绸带跨过斜面体的顶端铺放在两侧斜面上,绸带与斜面之间无摩擦。现将质量分别为 $M、m (M > m)$ 的小物块同时轻放在两侧斜面的绸带上。两物块与绸带之间的动摩擦因数相等,且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。在 α 角取不同值的情况下,下列说法中正确的是()。

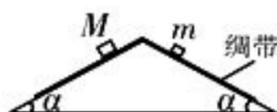


图 3

分析:轻质绸带的质量不计,受到的合外力

- A. 两物块所受摩擦力的大小总是相等
- B. 两物块不可能同时相对绸带静止
- C. 质量为 M 的物块不可能相对绸带发生滑动
- D. 质量为 m 的物块不可能相对斜面向上滑动

分析:轻质绸带的质量不计,受到的合外力

力为0,轻质绸带与斜面之间无摩擦,受到两个物块对它的摩擦力总是等大反向的。

解:选轻质绸带为研究对象,设两个物块对绸带的摩擦力分别为 f_M 、 f_m ,根据牛顿第二定律得 $f_M - f_m = m_{\text{绸}} a = 0$,即 $f_M = f_m$ 。质量为 M 的物块对绸带的摩擦力和绸带对质量为 M 的物块的摩擦力、质量为 m 的物块对绸带的摩擦力和绸带对质量为 m 的物块的摩擦力是两对相互作用力,根据牛顿第三定律可知,两物块受到绸带的摩擦力总是大小相等,选项 A 正确。设两物块与绸带之间的动摩擦因数为 μ ,当 α 较小, $Mg \sin \alpha < \mu Mg \cos \alpha$, $mg \sin \alpha < \mu mg \cos \alpha$ 时,质量为 M 的物块加速下滑,质量为 m 的物块加速上滑,均相对绸带静止,选项 B、D 错误。因为 $M > m$,所以质量为 M 的物块与绸带之间的最大静摩擦力较大,绸带与质量为 M 的物块始终相对静止,质量为 m 的物块可能相对绸带滑动,选项 C 正确。

答案: AC

例 3 如图 4 所示,一足够长轻质薄硬纸板置于光滑水平地面上,纸板上放有质量 $m_A = m_B = 1 \text{ kg}$ 的 A、B 两物块, A、B 两物块与纸板之间的动摩擦因数分别为 $\mu_1 = 0.3$, $\mu_2 = 0.2$ 。水平恒力 F 作用在物块 A 上,假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。则()。

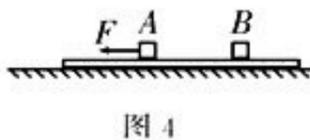


图 4

A. 若 $F = 1 \text{ N}$,则两物块和纸板都静止不动

B. 若 $F = 1.5 \text{ N}$,则物块 A 所受摩擦力大小为 1.5 N

C. 若 $F = 8 \text{ N}$,则物块 B 的加速度为 4 m/s^2

D. 无论力 F 多大,物块 A 与纸板都不会发生相对滑动

分析:薄硬纸板是轻质的,受到的合外力总是 0,因此它受到 A、B 两物块的摩擦力总是等大反向的。

解:物块 A 与纸板之间的最大静摩擦力 $f_{A\text{max}} = \mu m_A g = 3 \text{ N}$,物块 B 与纸板之间的最大静摩擦力 $f_{B\text{max}} = \mu m_B g = 2 \text{ N}$ 。若 $F =$

1 N ,即 $F < f_{A\text{max}}$,则两物块与纸板保持相对静止,整体向左做匀加速运动,选项 A 错误。若 $F = 1.5 \text{ N}$,即 $F < f_{A\text{max}}$,则两物块与纸板保持相对静止,整体向左做匀加速运动,根据牛顿第二定律得 $F - f = m_A a$,因此物块 A 受到的摩擦力 $f < F$,即 $f < 1.5 \text{ N}$,选项 B 错误。当物块 B 刚要相对纸板滑动时,物块 B 受到的静摩擦力达到最大值,根据牛顿第二定律得 $f_{B\text{max}} = m_B a_0$,又有 $f_{B\text{max}} = 2 \text{ N}$,解得 $a_0 = 2 \text{ m/s}^2$;对由两物块和纸板组成的整体应用牛顿第二定律得 $F_0 = (m_A + m_B) a_0$,解得 $F_0 = 4 \text{ N}$,即当拉力 F 达到 4 N 时,物块 B 恰好相对纸板运动,此时物块 B 受到的摩擦力 $f = 2 \text{ N}$;纸板受到物块 A 对它的最大静摩擦力大于物块 B 对它的最大静摩擦力,因此物块 A 和纸板之间不会发生相对运动;继续增大拉力 F 的值,不会改变物块 B 的受力情况,物块 A 受到的摩擦力总是等于 2 N ,不会相对纸板滑动,选项 D 正确。若 $F = 8 \text{ N}$,则物块 B 与纸板之间的摩擦力为滑动摩擦力,加速度为 2 m/s^2 ,选项 C 错误。

答案: D

二、“轻质”在能量观点中的含义

1. 不计物体的动能及其变化量。

物体的质量忽略不计,根据 $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

可知,物体的动能及其变化量可以忽略不计。

例 4 如图 5 所示,粗糙程度处处相同的水平桌面上有一长度为 L 的轻质细杆,一端可绕竖直光滑轴 O 转动,另一端与质量为 m 的小木块相连。

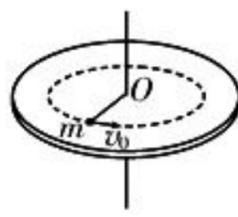


图 5

木块以水平初速度 v_0 出发,恰好能完成一个完整的圆周运动。在运动过程中,木块所受摩擦力的大小为()。

- A. $\frac{m v_0^2}{2\pi L}$ B. $\frac{m v_0^2}{4\pi L}$
C. $\frac{m v_0^2}{8\pi L}$ D. $\frac{m v_0^2}{16\pi L}$

分析:轻质细杆的质量为 0,绕竖直光滑轴 O 转动,因此细杆对木块的弹力沿细杆方向,对木块不做功;细杆的动能及其动能变化

量忽略不计,因此木块受到桌面的摩擦力对木块做的功等于木块的动能变化量。

解:木块受到桌面的摩擦力总是与木块的运动方向相反,根据动能定理得 $-f \cdot 2\pi L = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $f = \frac{mv_0^2}{4\pi L}$ 。

答案:B

2. 不计物体的重力势能及其变化量。

物体的质量忽略不计,根据 $E_p = mgh$ 可知,物体的重力势能及其变化量可以忽略不计。

例 5 如图 6 所示,一根轻质弹簧的劲度系数 $k = 100 \text{ N/m}$,其下端固定在倾角 $\theta = 37^\circ$ 的光滑斜面底端,上端连接物块 P 。轻绳跨过定滑轮 O ,一端与物块 P 相连,另一端与套在光滑水平直杆上的物块 Q 相连,定滑轮到水平直杆的距离 $d = 0.4 \text{ m}$ 。初始状态下,在外力作用下,物块 Q 静止在 A 点不动,轻绳与水平直杆之间的夹角 $\alpha = 30^\circ$,轻绳的张力大小 $T = 45 \text{ N}$ 。现将物块 Q 由静止释放,物块 Q 向左运动经过 B 点时,轻绳与水平直杆之间的夹角 $\beta = 53^\circ$ 。已知物块 Q 的质量 $m_1 = 0.2 \text{ kg}$,物块 P 的质量 $m_2 = 5 \text{ kg}$,不计滑轮大小及摩擦,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$ 。求:

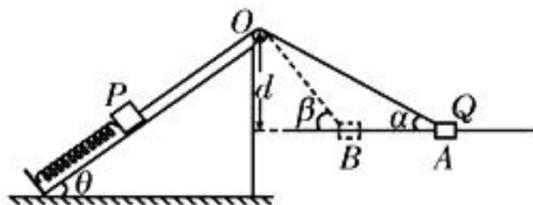


图 6

(1)物块 P 静止时,弹簧的伸长量 x_0 。

(2)物块 Q 运动到 B 点时的速率 v_B 。

(3)在物块 Q 由 A 点运动到 B 点的过程中,轻绳拉力对它做的功 W 。

分析:定滑轮的质量不计,不考虑其转动动能;弹簧的质量不计,在物块 P 向下运动的过程中,弹簧的重力势能及其变化量不计,由物块 P 和 Q 组成的系统的机械能守恒。

解:(1)物块 P 静止时,根据平衡条件得 $T = m_2 g \sin \theta + kx_0$,解得 $x_0 = 0.15 \text{ m}$ 。

(2)将物块 Q 由静止释放,物块 P 沿斜面下滑的距离 $x = \frac{d}{\sin \alpha} - \frac{d}{\sin \beta} = 0.3 \text{ m}$,弹

簧的压缩量 $\Delta x = x - x_0 = 0.15 \text{ m}$ 。因为 $\Delta x = x_0$,所以物块 Q 运动到 B 点时,弹簧的弹性势能与物块 Q 在 A 点时的相等,即在物块 Q 由 A 点运动到 B 点的过程中,弹簧的弹力对物块 P 做的功为 0 。在物块 P 下滑的过程中,由物块 P 和 Q 组成的系统的机械能守恒,则 $m_2 g x \sin \theta = \frac{1}{2} m_2 v_P^2 + \frac{1}{2} m_1 v_B^2$,又有 $v_P = v_B \cos \beta$,解得 $v_B = 3 \text{ m/s}$ 。

(3)在物块 Q 由 A 点运动到 B 点的过程中,对物块 Q 应用动能定理得 $W = \frac{1}{2} m_1 v_B^2$,解得 $W = 0.9 \text{ J}$ 。

三、“轻质”在动量观点中的含义

物体的质量忽略不计,根据 $p = mv$ 可知,物体的动量及其变化量可以忽略不计。

例 6 如图 7 所示,光滑水平横杆 AB 上固定有一个阻挡钉 C ,横杆上套一轻质圆环,圆环上系一长度为 L 、足够牢固、不可伸长的轻质细绳,细绳的另一端拴一质量为 m 的小球。

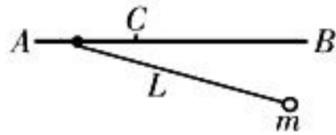


图 7

现将圆环拉至阻挡钉 C 左侧 $\frac{L}{5}$ 处并将细绳拉直,让细绳与横杆平行,由静止同时释放圆环和小球。已知重力加速度为 g ,则关于之后的运动情况,下列描述正确的是()。

- A. 小球不可以回到横杆所在的高度
- B. 小球运动到最低点时的速度小于 $\sqrt{2gL}$
- C. 小球到达最低点之前一直做曲线运动
- D. 小球运动到最低点时对细绳的拉力小于 $3mg$

分析:圆环运动到阻挡钉 C 所在位置的过程中,由圆环和小球组成的系统在水平方向上的动量守恒;圆环的质量不计,则小球的水平分动量为 0 ,水平分速度为 0 ,只有竖直方向的分速度,做自由落体运动。

解:圆环运动到阻挡钉 C 所在位置的过程中,小球做自由落体运动,当圆环与阻挡钉 C 碰撞后,小球绕阻挡钉 C 做圆周运动,选项 C 错误。设圆环与阻挡钉 C 碰撞时,细绳与水平方向之间的夹角为 θ ,碰撞前瞬间小球的

“板块”模型中的共速问题探究

——从2022年3月湖北省七市州联考物理卷第16题说起

湖北省松滋市第一中学 刘万强

2022年3月湖北省七市州联考物理卷第16题:如图1甲所示,质量 $m_A=4\text{ kg}$ 的物块 A 与质量 $m_B=2\text{ kg}$ 的长木板 B 并排放置在粗糙的水平面上,二者之间夹有少许塑胶炸药,长木板 B 的右端放置有可视为质点的小物块 C。现引爆塑胶炸药,爆炸后物块 A 可在水平面上向左滑行 $s=1.2\text{ m}$,小物块 C 的速度随时间变化的图像如图1乙所示。已知物块 A 和长木板 B 与水平面之间的动摩擦因数均为 $\mu_0=\frac{1}{6}$,小物块 C 未从长木板 B 上掉落,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$,求:

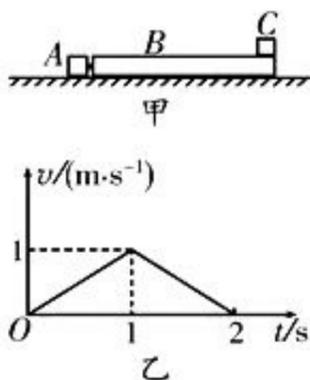


图1

- (1) 炸药爆炸后瞬间长木板 B 的速率。
- (2) 小物块 C 的质量 m_C 。
- (3) 小物块 C 静止时距长木板 B 右端的

距离 d 。

问题:炸药爆炸后,长木板 B 向右做减速运动,小物块 C 向右做加速运动,在长木板 B 和小物块 C 达到共速后,很多同学不能正确判断二者是否共同运动。

在“板块”模型中,当二者的速度相等后,正确判断二者是否具有相同的加速度,受到的是静摩擦力还是滑动摩擦力,是解决相关问题的关键。如何进行判断呢?下面就从数据体验、情景归纳、分类讨论三个层次进行探究。

1. 数据体验。

如图2所示,A、B两滑块叠放在光滑水平面上,已知A、B两滑块的质量分别为 $m_A=1\text{ kg}$, $m_B=2\text{ kg}$,滑

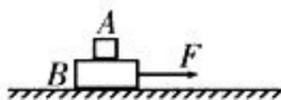


图2

块 A 与 B 之间的动摩擦因数 $\mu=0.4$,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ 。现用一水平恒力 F 作用在滑块 B 上,请分别计算在恒力 F 取以下四个数值时,A、B两滑块的加速度。

速度为 v ,根据几何关系得 $\cos\theta=\frac{4}{5}$,根据机械能守恒定律得 $mgL\sin\theta=\frac{1}{2}mv^2$,解得 $\cos\theta=\frac{4}{5}$ (即 $\theta=37^\circ$), $v=\sqrt{\frac{6gL}{5}}$ 。圆环与阻挡钉 C 碰撞后瞬间,小球的速度 $v'=v\cos\theta=\frac{4}{5}\sqrt{\frac{6gL}{5}}$,即细绳绷直瞬间,小球沿细绳方向的分速度突变为0,有能量损失,因此小球不能回到横杆所在的高度,选项 A 正确。在小球由静止释放至运动到最低点的过程中,若没有能量损失,设小球运动到最低点时的速度为 v_0 ,根据机械能守恒定律得 $mgL=\frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_0=\sqrt{2gL}$ 。因为细绳绷直瞬间有能量损失,所以小球运动到最低点时的速

度小于 $\sqrt{2gL}$,选项 B 正确。设小球运动到最低点时受到的细绳拉力为 T ,若小球运动到最低点时的速度等于 $\sqrt{2gL}$,则根据牛顿第二定律得 $T-mg=m\frac{v_0^2}{L}$,解得 $T=3mg$ 。因为小球运动到最低点时的速度小于 $\sqrt{2gL}$,所以小球受到的细绳拉力小于 $3mg$ 。根据牛顿第三定律可知,小球对细绳的拉力小于 $3mg$,选项 D 正确。

答案: ABD

综上所述,“轻质”可以引申为不计物体的重力、物体受到的合外力为0、不计物体的动能及其变化量、不计物体的重力势能及其变化量、不计物体的动量及其变化量等,我们对“轻质”的理解要根据具体的情境加以揣摩,做到举“轻”若“重”。

(责任编辑 张 巧)

(1) $F=6\text{ N}$, (2) $F=12\text{ N}$, (3) $F=18\text{ N}$,
(4) $F=24\text{ N}$ 。

分析:因为不知道在外力 F 作用下 A 、 B 两滑块是否共同运动,所以需要先采用假设法,假设 A 、 B 两滑块共同运动,求出二者共同运动时的加速度,再隔离滑块 A ,分析其受到的摩擦力,判断该摩擦力是否小于最大静摩擦力,进而判断假设是否成立。

解:(1)当 $F=6\text{ N}$ 时,假设 A 、 B 两滑块共同运动,则其加速度 $a=\frac{F}{m_A+m_B}=2\text{ m/s}^2$,滑块 A 受到的摩擦力 $f_A=m_Aa=2\text{ N}$,滑块 B 对 A 的最大静摩擦力 $f_{A\max}=\mu m_Ag=4\text{ N}$ 。因为 $f_A<f_{A\max}$,所以假设成立,即 A 、 B 两滑块的加速度 $a_A=a_B=2\text{ m/s}^2$ 。

(2)当 $F=12\text{ N}$ 时,假设 A 、 B 两滑块共同运动,则其加速度 $a=\frac{F}{m_A+m_B}=4\text{ m/s}^2$,滑块 A 受到的摩擦力 $f_A=m_Aa=4\text{ N}=f_{A\max}$,因此假设成立,即 A 、 B 两滑块的加速度 $a_A=a_B=4\text{ m/s}^2$ 。

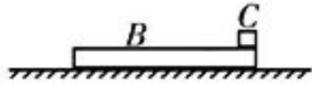
(3)当 $F=18\text{ N}$ 时,假设 A 、 B 两滑块共同运动,则其加速度 $a=\frac{F}{m_A+m_B}=6\text{ m/s}^2$,滑块 A 受到的摩擦力 $f_A=m_Aa=6\text{ N}>f_{A\max}$,因此假设不成立。根据牛顿第二定律,对滑块 A 有 $f_{A\max}=m_Aa_A$,对滑块 B 有 $F-f_{A\max}=m_Ba_B$,解得 $a_A=4\text{ m/s}^2$, $a_B=7\text{ m/s}^2$ 。

(4)当 $F=24\text{ N}$ 时,假设 A 、 B 两滑块共同运动,则其加速度 $a=\frac{F}{m_A+m_B}=8\text{ m/s}^2$,滑块 A 受到的摩擦力 $f_A=m_Aa=8\text{ N}>f_{A\max}$,因此假设不成立。根据牛顿第二定律,对滑块 A 有 $f_{A\max}=m_Aa_A$,对滑块 B 有 $F-f_{A\max}=m_Ba_B$,解得 $a_A=4\text{ m/s}^2$, $a_B=10\text{ m/s}^2$ 。

感悟:(1)静摩擦力具有被动性,其大小和方向受外力和运动状态的影响。(2)在不确定 A 、 B 两滑块受到的是静摩擦力还是滑动摩擦力的情况下,可以采用假设法进行研究,判断假设成立的关键是在零到最大静摩擦力的范围内找到符合整体运动状态的静摩擦力。(3)最大静摩擦力是两者保持相对静止的临界状态,可以先隔离物块 A 研究其在

最大静摩擦力作用下的最大加速度,再采用整体法研究 A 、 B 两滑块保持相对静止时外力 F 的临界值 F_0 ,当外力 F 不大于临界值 F_0 时,两者保持相对静止共同运动;当外力 F 大于临界值 F_0 时,两者发生相对运动。

2. 情景归纳。

案例 1 如图 3 所示,质量 $m_C=1\text{ kg}$ 的小物块  图 3
和长木板 B 叠放在水平面上,已知长木板 B 与水平面之间的动摩擦因数 $\mu_0=\frac{1}{6}$,小物块 C 与长木板 B 之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$,则当小物块 C 和长木板 B 具有共同的速度 $v=1\text{ m/s}$ 时,求长木板 B 和小物块 C 的加速度 a_B 、 a_C 。若将小物块 C 与长木板 B 之间的动摩擦因数改为 $\mu'=0.2$,其他条件不变,求长木板 B 和小物块 C 的加速度 a_B' 、 a_C' 。

解析:假设小物块 C 和长木板 B 共同运动,则其加速度 $a=\frac{\mu_0(m_B+m_C)g}{m_B+m_C}=\frac{5}{3}\text{ m/s}^2$,小物块 C 受到的摩擦力 $f_C=m_Ca=\frac{5}{3}\text{ N}$,长木板 B 对小物块 C 的最大静摩擦力 $f_{C\max}=\mu m_Cg=1\text{ N}$ 。因为 $f_C>f_{C\max}$,所以假设不成立。根据牛顿第二定律可得,小物块 C 的加速度 $a_C=\frac{\mu m_Cg}{m_C}=1\text{ m/s}^2$,长木板 B 的加速度 $a_B=\frac{\mu_0(m_B+m_C)g-\mu m_Cg}{m_B}=2\text{ m/s}^2$ 。若将小物块 C 与长木板 B 之间的动摩擦因数改为 $\mu'=0.2$,则长木板 B 对小物块 C 的最大静摩擦力 $f_{C\max}'=\mu' m_Cg=2\text{ N}$ 。假设小物块 C 和长木板 B 共同运动,则其加速度 $a=\frac{5}{3}\text{ m/s}^2$,小物块 C 受到的摩擦力 $f_C'=m_Ca=\frac{5}{3}\text{ N}<f_{C\max}'$,因此假设成立,即长木板 B 和小物块 C 的加速度 $a_B'=a_C'=\frac{5}{3}\text{ m/s}^2$ 。

因此,要想保证小物块 C 与长木板 B 不

发生相对运动,则需满足条件 $\mu_0 g \leq \mu g$, 即 $\mu_0 \leq \mu$ 。

案例 2 如图 4 所示, 质量 $m_A = 1 \text{ kg}$ 的滑块 A 和质量 $m_B = 2 \text{ kg}$ 的滑块 B 叠放在水平面上, 已知 A、B

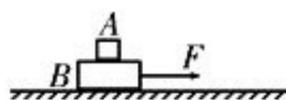


图 4

两滑块之间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.4$, 滑块 B 与水平面之间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.2$, 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。现用一水平恒力 F 作用在滑块 B 上, 请分别计算在恒力 F 取以下两个数值时, A、B 两滑块的加速度。

(1) $F = 9 \text{ N}$, (2) $F = 24 \text{ N}$ 。

解析: (1) 当 $F = 9 \text{ N}$ 时, 假设 A、B 两滑块共同运动, 则其加速度 $a = \frac{F - \mu_2(m_A + m_B)g}{m_A + m_B} = 1 \text{ m/s}^2$, 滑块 A 受到的摩擦力 $f_A = m_A a = 1 \text{ N}$, 滑块 B 对 A 的最大静摩擦力 $f_{A\max} = \mu_1 m_A g = 4 \text{ N}$ 。因为 $f_A < f_{A\max}$, 所以假设成立, 即 A、B 两滑块的加速度 $a_A = a_B = 1 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 当 $F = 24 \text{ N}$ 时, 假设 A、B 两滑块共同运动, 则其加速度 $a = \frac{F - \mu_2(m_A + m_B)g}{m_A + m_B} = 6 \text{ m/s}^2$, 滑块 A 受到的摩擦力 $f_A = m_A a = 6 \text{ N} > f_{A\max}$, 假设不成立。根据牛顿第二定律可得, 滑块 A 的加速度 $a_A' = \frac{\mu_1 m_A g}{m_A} = 4 \text{ m/s}^2$, 滑块 B 的加速度 $a_B' = \frac{F - \mu_2(m_A + m_B)g - \mu_1 m_A g}{m_B} = 7 \text{ m/s}^2$ 。

因此, 要想保证 A、B 两滑块不发生相对运动, 则需满足条件 $\frac{F - \mu_2(m_A + m_B)g}{m_A + m_B} \leq \mu_1 g$, 即 $F \leq (\mu_1 + \mu_2)(m_A + m_B)g$ 。

案例 3 如图 5 所示, 一滑块放在水平传送带上, 与传送带保持相对静止, 以

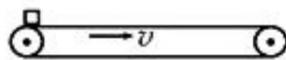


图 5

速度 $v = 6 \text{ m/s}$ 共同向右运动, 已知滑块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu = 0.3$ 。某时刻传送带突然做加速度为 a 的匀减速运动, 若加速度 a 分别取值 2 m/s^2 和 4 m/s^2 , 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 请分别计算滑块的加速度 a_1, a_2 。

解析: 设滑块的质量为 m , 当加速度 $a = 2 \text{ m/s}^2$ 时, 假设滑块和传送带共同运动, 则滑块受到的摩擦力 $f = ma = 2m \text{ (N)}$, 传送带对滑块的最大静摩擦力 $f_{\max} = \mu mg = 3m \text{ (N)}$ 。因为 $f < f_{\max}$, 所以假设成立, 即滑块的加速度 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ 。

当加速度 $a = 4 \text{ m/s}^2$ 时, 假设滑块和传送带共同运动, 则滑块受到的摩擦力 $f = ma = 4m \text{ (N)} > f_{\max}$, 假设不成立。根据牛顿第二定律可得, 滑块的加速度 $a_2 = \frac{\mu mg}{m} = 3 \text{ m/s}^2$ 。

因此, 要想保证滑块和传送带不发生相对运动, 则需满足条件 $ma \leq \mu mg$, 即 $a \leq \mu g$ 。

案例 4 如图 6 所示, 一倾斜的传送带以速度 $v = 10 \text{ m/s}$ 向下运动, 传送带的倾角 $\theta = 37^\circ$, 某时刻将滑块以方向沿传送带向下, 大小为

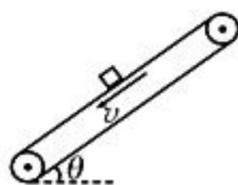


图 6

10 m/s 的速度放在传送带的中段, 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。若滑块与传送带之间的动摩擦因数分别取值 $\mu_1 = 0.5$ 和 $\mu_2 = 0.75$, 请分别计算滑块的加速度 a_1, a_2 。

解析: 设滑块的质量为 m , 当滑块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.5$ 时, 假设滑块和传送带共同运动, 则根据平衡条件得 $f = mg \sin \theta = 6m \text{ (N)}$, 传送带对滑块的最大静摩擦力 $f_{\max 1} = \mu_1 mg \cos \theta = 4m \text{ (N)}$ 。因为 $f > f_{\max 1}$, 所以假设不成立。根据牛顿第二定律可得, 滑块的加速度 $a_1 = \frac{mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta}{m} = 2 \text{ m/s}^2$ 。

当滑块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.75$ 时, 假设滑块和传送带共同运动, 则根据平衡条件得 $f = mg \sin \theta = 6m \text{ (N)}$, 传送带对滑块的最大静摩擦力 $f_{\max 2} = \mu_2 mg \cos \theta = 6m \text{ (N)}$ 。因为 $f = f_{\max 2}$, 所以假设成立, 即滑块的加速度 $a_2 = 0$ 。

因此, 要想保证滑块和传送带不发生相对运动, 则需满足条件 $mg \sin \theta \leq \mu mg \cos \theta$, 即 $\mu \geq \tan \theta$ 。

总结: 两物体达到共速后保持相对静止的条件为被动运动的物体在最大静摩擦力作

用下的加速度 a' 不小于两物体共速后整体的加速度 a 。

3. 分类讨论。

(1) 光滑水平面, 外力作用在滑块上。

如图 7 所示, 滑块 A 和长木板 B 叠放在光滑水平面上, 已知滑块 A 和长木板 B 的质量分别为 m_A 、 m_B , 滑

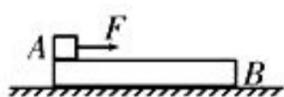


图 7

块 A 与长木板 B 之间的动摩擦因数为 μ 。现在滑块 A 上施加一水平恒力 F , 假设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等, 则在不同大小外力 F 作用下, 滑块 A 和长木板 B 的运动情况

如下: (1) 当 $F \leq \frac{\mu m_A (m_A + m_B) g}{m_B}$ 时, 滑块 A 和长木板 B 相对静止, 共同运动, 且加速度

$$a_A = a_B = \frac{F}{m_A + m_B};$$

(2) 当 $F > \frac{\mu m_A (m_A + m_B) g}{m_B}$ 时, 滑块 A 相对长木板 B

发生运动, 且滑块 A 的加速度 $a_A = \frac{F - \mu m_A g}{m_A}$, 长木板 B 的加速度 $a_B = \frac{\mu m_A g}{m_B}$ 。

例 1 如图 8 所示, 一质量为 m_1 的足够长木板放置在光滑水平面上, 木板上

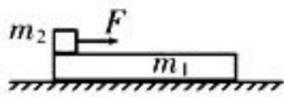


图 8

叠放一质量为 m_2 的木块。假定木块和木板之间的最大静摩擦力和滑动摩擦力相等。现在对木块施加一随时间 t 增大的水平力 F , 已知 $F = kt$ (k 是常数), 设木板和木块加速度的大小分别为 a_1 、 a_2 , 则如图 9 所示四幅反映 a_1 和 a_2 变化的图像中正确的是 ()。

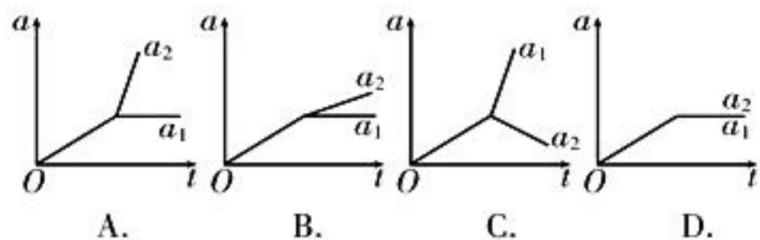


图 9

解析: 当 F 较小时, 木块和木板一起以相同的加速度运动, 当 F 增大到某一值时, 木块相对木板开始滑动, 木板在水平方向上仅受滑动摩擦力作用, 加速度不变, 木块在水平上受到的合外力增大, 加速度增大, 因此二者的加速度变化不同。当 F 较小, 木板和木

块之间的作用力为静摩擦力时, 根据牛顿第二定律得 $kt = (m_1 + m_2) a$, 解得 $a = \frac{k}{m_1 + m_2} t$, 在 $a-t$ 图像中是一条过原点的倾斜

直线。设木块和木板之间的动摩擦因数为 μ , 则木板的最大加速度 $a_{\max} = \frac{\mu m_2 g}{m_1}$ 。当 F

增大到使木块的加速度 $a_2 > \mu g$ 时, 木块和木板之间的作用力为滑动摩擦力, 对木板应用牛顿第二定律得 $\mu m_2 g = m_1 a_1$, 解得 $a_1 = \frac{\mu m_2 g}{m_1}$ 为定值, 在 $a-t$ 图像中是一条平行于 t

轴的直线; 对木块应用牛顿第二定律得 $kt - \mu m_2 g = m_2 a_2$, 解得 $a_2 = \frac{k}{m_2} t - \mu g$, 因为 $\frac{k}{m_2} >$

$\frac{k}{m_1 + m_2}$, 所以在 $a-t$ 图像中表示 a_2 的直线的斜率更大。

答案: A

(2) 粗糙水平面, 外力作用在滑块上, 长木板与水平面之间的滑动摩擦力较小。

如图 10 所示, 滑块 A 和长木板 B 叠放在水平面上, 已知滑块 A 和长木板 B

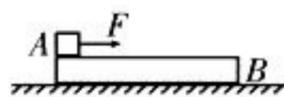


图 10

的质量分别为 m_A 、 m_B , 滑块 A 与长木板 B 之间的动摩擦因数为 μ_1 , 长木板 B 与水平面之间的动摩擦因数为 μ_2 。现在滑块 A 上施加一水平恒力 F , 假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等, 且 $\mu_1 m_A g > \mu_2 (m_A + m_B) g$, 则在不同大小外力 F 作用下, 滑块 A 和长木板 B 的运动情况如下: (1) 当 $F \leq \mu_2 (m_A + m_B) g$ 时, 滑块 A 和长木板 B 均保持静止状态; (2) 当 $\mu_2 (m_A +$

$m_B) g < F \leq \frac{(\mu_1 - \mu_2) (m_A + m_B) m_A g}{m_B}$ 时, 滑

块 A 和长木板 B 保持相对静止, 共同运动, 且加速度 $a_A = a_B = \frac{F - \mu_2 (m_A + m_B) g}{m_A + m_B}$;

(3) 当 $F > \frac{(\mu_1 - \mu_2) (m_A + m_B) m_A g}{m_B}$ 时, 滑块 A 相对长木板 B 发生运动, 且滑块 A 的加速度 $a_A = \frac{F - \mu_1 m_A g}{m_A}$, 长木板 B 的加速度

$a_B = \frac{\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_A + m_B) g}{m_B}$ 。

$$a_B = \frac{\mu_1 m_A g - \mu_2 (m_A + m_B) g}{m_B}$$

例 2 (2021 年高考

全国乙卷)水平地面上有一质量为 m_1 的长木板,木板的左端有一质量为 m_2 的物块,如图 11 所示。用水平向右的拉力 F 作用在物块上, F 随时间 t 的变化关系如图 12 甲所示,其中 F_1 、 F_2 分别为 t_1 、 t_2 时刻 F 的大小。木板的加速度 a_1 随时间 t 的变化关系如图 12 乙所示。已知木板与地面之间的动摩擦因数为 μ_1 ,物块与木板之间的动摩擦因数为 μ_2 ,假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等,重力加速度大小为 g 。则()。

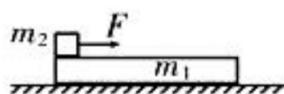


图 11

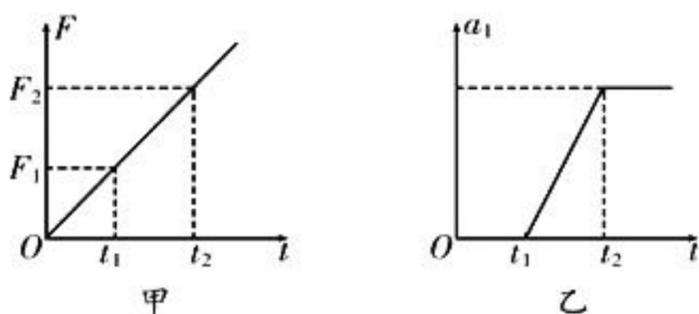


图 12

- A. $F_1 = \mu_1 m_1 g$
- B. $F_2 = \frac{m_2(m_1 + m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$
- C. $\mu_2 > \frac{m_1 + m_2}{m_2}\mu_1$
- D. 在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板的加速度相等

解析:根据木板的加速度—时间(a_1-t)图像可知, t_1 时刻物块与木板一起恰好沿水平地面开始滑动,此时物块与木板相对静止,对由物块和木板组成的整体应用牛顿第二定律得 $F_1 = \mu_1(m_1 + m_2)g$,选项 A 错误; t_2 时刻物块与木板刚要发生相对滑动,对由物块和木板组成的整体应用牛顿第二定律得 $F_2 - \mu_1(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a$,对木板应用牛顿第二定律得 $\mu_2 m_2 g - \mu_1(m_1 + m_2)g = m_1 a > 0$,解得 $F_2 = \frac{m_2(m_1 + m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$, $\mu_2 > \frac{m_1 + m_2}{m_2}\mu_1$,选项 B、C 正确。因为在 $0 \sim t_2$ 时间段物块与木板相对静止,所以有相同的加速度,选项 D 正确。

答案:BCD

(3)粗糙水平面,外力作用在滑块上,滑块与长木板之间的滑动摩擦力较小。

如图 13 所示,滑块 A 和长木板 B 叠放在水平面上,已知滑块 A 和长木板 B 的质量分别为 m_A 、 m_B ,滑块 A 与长木板 B 之间的动摩擦因数为 μ_1 ,长木板 B 与水平面之间的动摩擦因数为 μ_2 。现在滑块 A 上施加一水平恒力 F ,假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等,且 $\mu_1 m_A g < \mu_2(m_A + m_B)g$,则在不同大小外力 F 作用下,滑块 A 和长木板 B 的运动情况如下:(1)当 $F \leq \mu_1 m_A g$ 时,滑块 A 和长木板 B 均保持静止状态;(2)当 $F > \mu_1 m_A g$ 时,滑块 A 做加速运动,且加速度 $a_A = \frac{F - \mu_1 m_A g}{m_A}$;长木板 B 保持静止状态,加速度 $a_B = 0$ 。

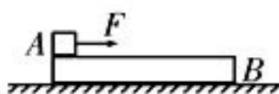


图 13

例 3 如图 14 所示,

物块放在静止于水平地面上的木板上,已知物块的质量 $m = 3 \text{ kg}$,木板的质量 $M = 5 \text{ kg}$,物块与木板之间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.3$,木板与地面之间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.2$,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。当不同大小的水平外力 F 作用在物块上时,下列判断中正确的是()。

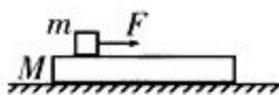


图 14

- A. 当 $F > 9 \text{ N}$ 时,木板相对地面滑动
- B. 当 $F = 16 \text{ N}$ 时,物块恰好开始相对木板滑动
- C. 当 $F = 9 \text{ N}$ 时,物块恰好开始相对木板滑动
- D. 木板不可能相对地面滑动

解析:物块与木板之间的最大静摩擦力 $f_{\max 1} = \mu_1 m g = 9 \text{ N}$,木板与地面之间的最大静摩擦力 $f_{\max 2} = \mu_2(m + M)g = 16 \text{ N}$ 。当 $F = 9 \text{ N}$,即 $F = f_{\max 1}$ 时,物块恰好开始相对木板滑动,选项 B 错误,C 正确。因为 $f_{\max 1} < f_{\max 2}$,所以木板不可能相对地面滑动,选项 A 错误,D 正确。

答案:CD

(责任编辑 张 巧)

万有引力与航天复习中应注意的速度反串

■安徽省寿县一中 王 银

■重庆市高新区教师进修学院

在天体环绕模型中,万有引力提供向心力,根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$,解得线速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,角速度 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$,加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$,周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$,由此可以得出环绕天体存在“高轨低速(线速度、角速度、加速度)大周期”的结论。在天体环绕模型中环绕天体的运动都满足这个结论吗?实际上,在以下四个模型中因为角速度始终相等,所以得出的结论反而是“高轨高速(线速度、加速度)”。

模型 1:太空升降机(太空舱模型)。

太空升降机是人类构想的一种通往太空的设备,它与普通电梯类似,利用太空升降机可以将乘客送入距离地球表面约 3.6 万千米的同步卫星中。

例 1 人类计划在未来建造太空升降机,即把长绳的一端搁置在地球的同步卫星上,另一端系住升降机,人坐在升降机里,科学家控制卫星上的电动机把升降机拉到卫星上去,放开绳子,升降机能到达地球上。已知地球表面的重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,地球的半径 $R = 6\,400 \text{ km}$,地球的自转周期约为 24 h。某航天员在地球表面用体重计称得体重为 800 N,他站在升降机中,某时刻升降机以加速度 $a = 10 \text{ m/s}^2$ 垂直地面向上,此时再一次用同一体重计称得视重为 850 N。忽略地球公转的影响,根据以上数据判断下列说法中正确的是()。

A. 若把绳子的一端搁置在同步卫星上,则可知绳子的长度至少有多长

B. 可以求出升降机此时距地面的高度

C. 可以求出升降机此时所受万有引力的大小

杨天才(特级教师,正高级教师)

大小

D. 航天员在上升过程中绕地球做圆周运动的线速度逐渐增大

解析:因为同步卫星的离地高度是确定值,所以可知绳子的长度至少有多长,选项 A 正确。选航天员为研究对象,根据牛顿第二定律和黄金代换式的推论得 $N - mg' = ma$, $\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$,解得 $h = R \left(\sqrt{\frac{mg}{N-ma}} - 1 \right)$,选项 B 正确。因为不知道升降机的质量,所以不能求出升降机此时所受万有引力的大小,选项 C 错误。航天员随升降机向上做加速度减小的加速运动,根据 $v = \omega(R+h)$ 可知,航天员在上升过程中绕地球做圆周运动的线速度逐渐增大,选项 D 正确。

答案: ABD

点评:本题考查同学们通过阅读材料获取信息,建立物理模型的能力。因为绳中每点的角速度相同,且与地球的自转角速度相等,所以“航天员在上升过程中绕地球做圆周运动的线速度逐渐增大”是正确的。如果盲目利用“高轨低速大周期”的结论,就会得出错误答案。求解本题的关键是读懂新信息,构建新模型,做到“高起点,低落点”。

模型 2:双星模型。

两颗质量可以相比的恒星围绕其连线上的某一点旋转,构成双星系统。双星系统中两颗恒星做匀速圆周运动所需的向心力由两颗恒星之间的万有引力提供,因为作用力与反作用力的大小相等,所以两颗恒星做圆周运动所需的向心力大小相等;因为两颗恒星绕其连线上的某一点做圆周运动,所以它们的运动周期是相等的,角速度也是相等的,线速度与两恒星的轨道半径成正比。

例 2 中国科学院云南天文台研究人

员在对某密近双星进行观测和分析研究时,发现了一种双星轨道变化的新模式。该密近双星的周期突然变化,有可能是受到了来自其伴星的动力学扰动,从而引起了两子星间的物质交流。若小质量子星的质量被吸引而转移至大质量子星上(不考虑质量的损失),导致其周期增大为原来的 $k(k > 1)$ 倍,则下列说法中正确的是()。

- A. 两子星的间距增大为原来的 $k^{\frac{3}{2}}$ 倍
- B. 两子星间的万有引力增大
- C. 小质量子星的轨道半径增大
- D. 大质量子星的角速度增大

解析: 该密近双星做圆周运动,万有引力提供向心力,设质量未转移时两子星的质量分别为 m_1 、 m_2 ,且 $m_1 > m_2$,周期为 T_0 ,两子星的间距为 R_0 ,则 $G \frac{m_1 m_2}{R_0^2} = m_2 \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_2$, $G \frac{m_2 m_1}{R_0^2} = m_1 \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_1$,又有 $r_1 + r_2 = R_0$,解得 $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{R_0^3}{G(m_1 + m_2)}}$ 。因为 $T' = kT_0$,所以 $R' = k^{\frac{2}{3}} R_0$,选项 A 错误。质量未转移时两子星间的万有引力为 $G \frac{m_1 m_2}{R_0^2}$,质量转移后两子星间的万有引力变为 $G \frac{(m_1 + \Delta m)(m_2 - \Delta m)}{R'^2}$,因为 $R' > R_0$, $m_2 < m_1$,所以二者间的万有引力减小,选项 B 错误。小质量子星质量未转移时的轨道半径 $r_2 = m_1 \frac{GT_0^2}{4\pi^2 R_0^2}$,质量转移后的轨道半径 $r_2' = (m_1 + \Delta m) \frac{G(kT_0)^2}{4\pi^2 (k^{\frac{2}{3}} R_0)^2}$,因此 $\frac{r_2}{r_2'} = \frac{m_1}{(m_1 + \Delta m)k^{\frac{2}{3}}} < 1$,选项 C 正确。根据 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 可知,当周期 T 变大时,角速度 ω 变小,选项 D 错误。

答案: C

点评: 在双星模型中,因为两颗子星都在绕其连线上某点做匀速圆周运动,它们之间的距离始终不变,所以它们的运动周期是相等的,角速度也是相等的,线速度与两子星的

轨道半径成正比。如果大星质量远大于小星质量,那么双星模型可等价于环绕模型,认为大星是静止的,小星围绕大星做匀速圆周运动,用环绕模型和双星模型计算的结果在误差范围内是相当的。

模型 3: 多星模型。

(1) 特点: 所研究星体所受万有引力的合力提供其做圆周运动所需的向心力,除中央星体外,各星体的角速度和周期相同。

(2) 三星模型: 三颗星体位于同一直线上,两颗质量均为 m 的环绕星围绕质量为 M 的中央星在同一半径为 R 的圆形轨道上运动,如图 1 甲所示;三颗质量均为 m 的星体位于等边三角形的三个顶点上,绕中心 O 做匀速圆周运动,如图 1 乙所示。

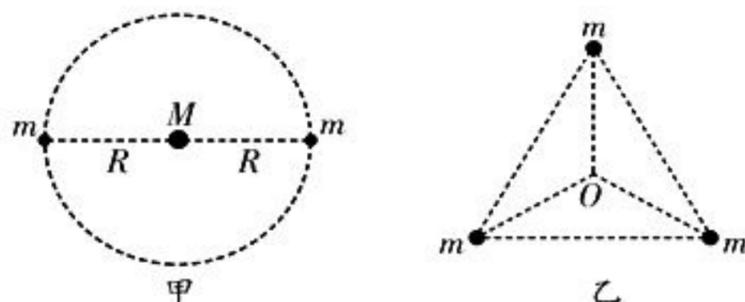


图 1

(3) 四星模型: 四颗质量均为 m 的星体位于正方形的四个顶点上,沿着外接于正方形的圆形轨道做匀速圆周运动,如图 2 甲所示;三颗质量均为 m 的星体始终位于等边三角形的三个顶点上,另一颗质量为 M 的星体位于中心 O ,外围三颗星绕 O 点做匀速圆周运动,如图 2 乙所示。

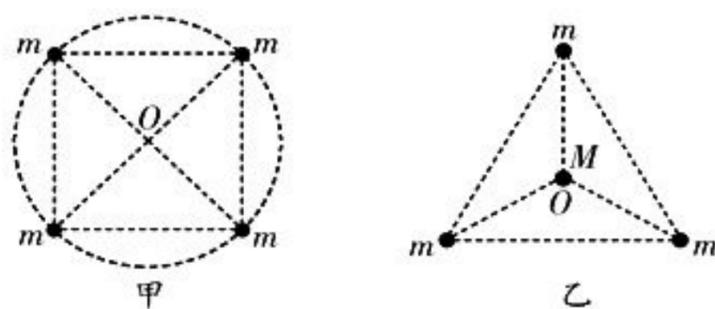


图 2

例 3 天文观测中观测到有 A、B、C 三颗星位于边长为 l 的等边三角形的三个顶点上,并沿等边三角形的外接圆做周期为 T 的匀速圆周运动,如图 3 所

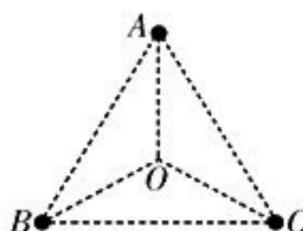


图 3

示。已知引力常量为 G , 不计其他星体对它们的影响, 关于这个三星系统, 下列说法中正确的是()。

- A. 三颗星的质量可能不相等
B. 某颗星的质量为 $\frac{4\pi^2 l^3}{GT^2}$
C. 它们的线速度大小均为 $\frac{2\sqrt{3}\pi l}{T}$
D. 它们两两之间的万有引力大小为 $\frac{16\pi^4 l^4}{9GT^4}$

解析: 在这个三星系统中, 因为任意两颗星对第三颗星的合力指向圆心, 所以这两颗星对第三颗星的万有引力等大; 因为这两颗星到第三颗星的距离相同, 所以这两颗星的质量相同, 即三颗星的质量一定相同, 选项 A 错误。设这三颗星的质量均为 m , 根据几何关系可知, 这三颗星的轨道半径等于等边三角形

外接圆的半径, 则 $r = \frac{l}{2 \cos 30^\circ}$, $2G \frac{m^2}{l^2} \cos 30^\circ = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得 $m = \frac{4\pi^2 l^3}{3GT^2}$, 选项 B 错误。任意两颗星之间的万有引力 $F = G \frac{m^2}{l^2} = \frac{16\pi^4 l^4}{9GT^4}$, 选项 D 正确。这三颗星的线速度大小 $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\sqrt{3}\pi l}{3T}$, 选项 C 错误。

答案: D

点评: 求解三星模型问题, 与求解双星模型问题的方法一样, 需要在找准三星模型与环绕模型差异的前提下, 利用万有引力的合力提供向心力和角速度相等求解。

模型 4: 拉格朗日点模型。

1772 年, 法国数学家、力学家和天文学家拉格朗日在论文《三体问题》中指出: 两个质量相差悬殊的天体(如太阳和地球)所在同一平面上有 5 个特殊点, 如

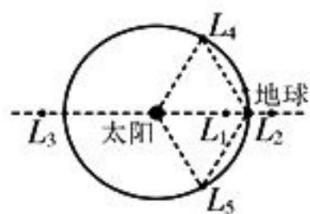


图 4

图 4 中的 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 所示, 人们称其为拉格朗日点。若飞行器位于这些点上, 则在太阳与地球引力的共同作用下, 可以几乎不消耗燃料而保持与地球同步绕太阳做圆周运动。

例 4 如图 5 所示, 拉格朗日点 L_1 位于地球和月球连线上, 处在该点的物体在地球和月球引



图 5

力的共同作用下, 可与月球一起以相同的周期绕地球运动。据此, 科学家设想在拉格朗日点 L_1 建立空间站, 使其与月球同周期绕地球运动。以 v_1 、 T_1 、 a_1 分别表示该空间站的线速度、周期、向心加速度的大小, 以 v_2 、 T_2 、 a_2 分别表示月球的线速度、周期、向心加速度的大小, 以 v_3 、 T_3 、 a_3 分别表示地球同步卫星的线速度、周期、向心加速度的大小。下列判断正确的是()。

- A. $v_3 > v_2 > v_1$ B. $T_1 > T_2 > T_3$
C. $a_3 > a_1 > a_2$ D. $a_3 > a_2 > a_1$

解析: 空间站与月球具有相同的周期与角速度, 根据线速度 $v = \omega r$ 得 $v_2 > v_1$, 同步卫星离地高度约为 36 000 km, 月球与地球之间的距离约为 380 000 km, 故同步卫星离地距离小于拉格朗日点 L_1 离地距离, 根据 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 得 $v_3 > v_2$, 选项 A 正确。根据周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 得 $T_3 < T_1 < T_2$, 选项 B 错误。在拉格朗日点 L_1 建立空间站, 使其与月球同周期绕地球运动, 则位于拉格朗日点 L_1 的空间站的轨道半径小于月球的轨道半径, 根据向心加速度 $a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ 得 $a_2 > a_1$, 同步卫星的轨道半径小于位于拉格朗日点 L_1 的空间站的轨道半径, 根据向心加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$ 得 $a_3 > a_2 > a_1$, 选项 C 错误, D 正确。

答案: AD

点评: 位于拉格朗日点的物体与月球同步运动(即同周期、同角速度), 它在地球和月球二者万有引力的合力作用下做匀速圆周运动, 与环绕模型存在本质上的区别。

总之, 同学们要正确理解万有引力定律的物理含义, 注意结论成立的条件, 掌握相关模型的解题方法, 实现思维的有效迁移。

(责任编辑 张 巧)

验证动量守恒定律实验数据处理初探

——用平抛实验装置“验证动量守恒定律”的数据分析

■河南省郑州市第十二中学 高延峰

基于高中物理课程落实立德树人根本任务,坚持正确的育人方向,促进学生德智体美劳全面发展;坚持守正创新,依托高考评价体系,深化基础性,突出对关键能力的考查,加强教考衔接,促进对学生核心素养的培养,助力素质教育发展的宗旨,结合高考考查实验的方式——加强实验设计,发展学生探究能力,下面对三种验证动量守恒定律实验设计方案的数据处理进行归纳迁移,希望为同学们复习备考提供参考。

一、实验的复习需要注重对实验原理的理解、实验方案的设计、实验仪器的选择、基本仪器的使用、实验数据的处理等

方案1:利用如图1所示的装置验证动量守恒定律,已知球1的质量为 m_1 ,球2的质量为 m_2 ,两球的半径相等,且 $m_1 > m_2$ 。

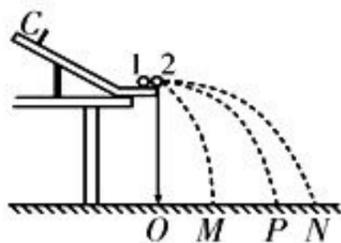


图1

使球1单独从C点由静止滚下,平抛后落在P点,测出球1做平抛运动的射程 l_{OP} ,下落高度 h ,设球1的平抛速度为 v_0 ,做平抛运动的时间为 t ,根据平抛运动规律得 $l_{OP} =$

$$v_0 t, h = \frac{1}{2} g t^2, \text{解得 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, v_0 = \frac{l_{OP}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}。$$

使球1从C点由静止滚下,与静止在斜槽末端的球2发生碰撞,设碰后球1的速度为 v_1 ,球2的速度为 v_2 ,球1落在M点,球2

$$\text{落在N点,同理得 } v_1 = \frac{l_{OM}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}, v_2 = \frac{l_{ON}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}。$$

若满足 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$,即 $m_1 l_{OP} = m_1 l_{OM} + m_2 l_{ON}$,则可以证明动量守恒。

若球1和球2的碰撞是弹性碰撞,则还需满足 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,即 $m_1 l_{OP}^2 = m_1 l_{OM}^2 + m_2 l_{ON}^2$ 。

二、高考注重考查学生的实验能力和科学探究能力,因此在实验的复习备考中,应既基于教材,又注重创新、迁移和变通

方案2:利用如图2所示的装置验证动量守恒定律,已知球1的质量为 m_1 ,球2的质量为 m_2 ,两球的半径相等,且 $m_1 > m_2$ 。

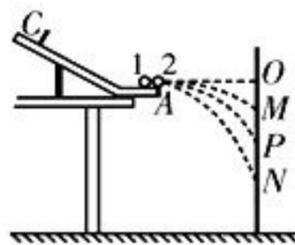


图2

在抛出点右侧一定距离处放置一竖直挡板,在挡板上依次铺上白纸、印蓝纸,确定与球心等高的O点,当球1从C点由静止滚下,平抛后落在P点,测出球1做平抛运动的下落高度 l_{OP} ,设球1的平抛速度为 v_0 ,做平抛运动的时间为 t ,根据平抛运动规律得

$$l_{AO} = v_0 t, l_{OP} = \frac{1}{2} g t^2, \text{解得 } t = \sqrt{\frac{2l_{OP}}{g}}, v_0 =$$

$$l_{AO} \sqrt{\frac{g}{2l_{OP}}}。$$

使球1从C点由静止滚下,与静止在斜槽末端的球2发生碰撞,设碰后球1的速度为 v_1 ,球2的速度为 v_2 ,球1落在N点,球2

$$\text{落在M点,同理得 } v_1 = l_{AO} \sqrt{\frac{g}{2l_{ON}}}, v_2 =$$

$$l_{AO} \sqrt{\frac{g}{2l_{OM}}}。$$

若满足 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, 即 $\frac{m_1}{\sqrt{l_{OP}}} = \frac{m_1}{\sqrt{l_{OM}}} + \frac{m_2}{\sqrt{l_{ON}}}$, 则可以证明动量守恒。

若球 1 和球 2 的碰撞是弹性碰撞, 则还需满足 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 即 $\frac{m_1}{l_{OP}} = \frac{m_1}{l_{OM}} + \frac{m_2}{l_{ON}}$ 。

方案 3: 利用如图 3 所示的装置验证动量守恒定律, 已知球 1 的质量为 m_1 , 球 2 的质量为 m_2 , 两球的半径相等, 且 $m_1 > m_2$ 。

使球 1 单独从 C 点由静止滚下, 平抛后落在 P 点, 测出 O、P 两点之间的距离 l_{OP} , 设球 1 的平抛速度为 v_0 , 做平抛运动的时间为 t , 斜面的

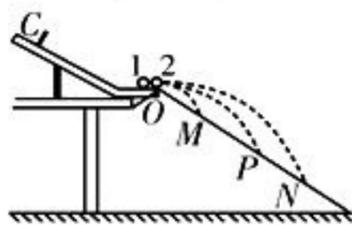


图 3

倾角为 θ , 根据平抛运动规律得 $l_{OP} \cos \theta =$

$$v_0 t, l_{OP} \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2, \text{ 解得 } t = \sqrt{\frac{2 l_{OP} \sin \theta}{g}}, v_0 =$$

$$\sqrt{\frac{g l_{OP} \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}。$$

使球 1 从 C 点由静止滚下, 与静止在斜槽末端的球 2 发生碰撞, 设碰后球 1 的速度为 v_1 , 球 2 的速度为 v_2 , 球 1 落在 M 点, 球 2

落在 N 点, 同理得 $v_1 = \sqrt{\frac{g l_{OM} \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}, v_2 =$

$$\sqrt{\frac{g l_{ON} \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}。$$

若满足 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, 即 $m_1 \sqrt{l_{OP}} = m_1 \sqrt{l_{OM}} + m_2 \sqrt{l_{ON}}$, 则可以证明动量守恒。

若球 1 和球 2 的碰撞是弹性碰撞, 则还需满足 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 即 $m_1 l_{OP} = m_1 l_{OM} + m_2 l_{ON}$ 。

结论: 以上三种设计方案都是利用平抛运动规律, 变测量瞬时速度 (难以直接测量) 为测量距离 (方便测量), 达到了验证动量守恒的目的, 很好地体现了高考对实验创新的要求, 又不失对主干知识能力的考查。这三种设计方案的数据处理方法又有所不同, 方案 1 利用同一高度平抛运动的等时性, 变测

量瞬时速度为测量水平分位移; 方案 2 利用平抛运动水平分位移与平抛初速度成正比的关系, 变测量瞬时速度为测量竖直分位移; 方案 3 利用平抛运动具有相同的偏向角, 变测量瞬时速度为测量位移。

跟踪训练

1. 如图 4 所示, 用碰撞试验器可以验证动量守恒定律, 即研究两个小球在轨道水平部分碰撞前后的动量关系。

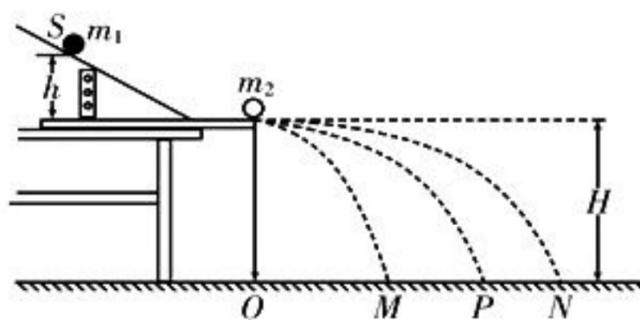


图 4

(1) 实验中, 直接测定小球碰撞前后的瞬时速度是不容易的, 但是可以通过仅测量 _____, 间接地解决这个问题。

- A. 小球开始释放时的高度 h
- B. 小球抛出点距地面的高度 H
- C. 小球做平抛运动的射程

(2) 图 4 中的 O 点是小球抛出点在地面上的投影, 实验时, 先将质量为 m_1 的入射球多次从斜轨上 S 位置由静止释放, 找到其平均落地点的位置 P, 测量其做平抛运动的射程 l_{OP} , 然后将质量为 m_2 的被碰球静置于轨道的水平部分, 再将入射球从斜轨上 S 位置由静止释放, 入射球与被碰球相撞, 并多次重复。接下来要完成的必要步骤是 _____。

- A. 用天平测量两个小球的质量 m_1, m_2
- B. 测量入射球开始释放时的高度 h
- C. 测量小球抛出点距地面的高度 H
- D. 分别找到两小球相碰后平均落地点的位置 M、N
- E. 测量两小球做平抛运动的射程 l_{OM}, l_{ON}

(3) 若两小球相碰前后的动量守恒, 则其表达式可表示为 _____; 若两小球的碰撞是弹性碰撞, 则还应满足的表达式为 _____。 [均用 (2) 中测得的量表示]

(4)经测量, $m_1 = 45.0 \text{ g}$, $m_2 = 7.5 \text{ g}$, 两小球落地点的平均位置到 O 点的距离如图 5 所示。设碰撞前、后入射球的动量分别为 p_1 与 p_1' , 则 $p_1 : p_1' = \underline{\hspace{1cm}} : 11$; 若碰撞后被碰球的动量为 p_2' , 则 $p_1' : p_2' = 11 : \underline{\hspace{1cm}}$ 。实验结果说明, 碰撞前、后总动量的比值

$$\frac{p_1}{p_1' + p_2'} = \underline{\hspace{1cm}}。$$

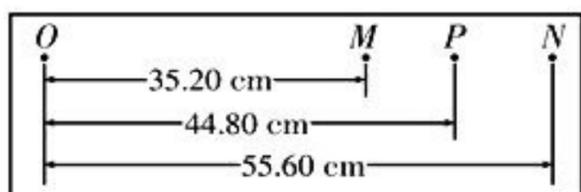


图 5

2. 用如图 6 所示的装置验证碰撞中的动量守恒, 图中右侧是一个竖直放置的木板, 木板上依次固定白纸和复写纸, 实验步骤如下:

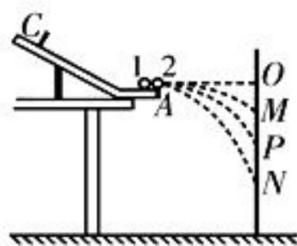


图 6

- A. 用天平测量小球 1、2 的质量 m_1 、 m_2 ;
- B. 不放小球 2, 将小球 1 从斜面上某一位置由静止释放, 撞到复写纸上的 P 点;
- C. 在斜槽末端放置小球 2, 从小球 2 球心等高处向竖直木板作垂线 AO , 在复写纸上描出 O 点的位置;
- D. 将小球 1 从斜面上同一位置由静止释放, 碰撞后小球 2 和小球 1 分别撞到复写纸上的 M 、 N 两点;
- E. 用刻度尺测量 OP 、 OM 、 ON 的长度。

- (1) 两小球的质量应满足关系式 $m_1 \underline{\hspace{1cm}} m_2$ (选填“=”“>”或“<”)。
- (2) 如果等式 $\underline{\hspace{1cm}}$ 成立, 则动量守恒。
- (3) 请写出一条减少误差的建议: $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

3. 为了验证两个小球碰撞中的动量守恒, 并检验两个小球的碰撞是否是完全弹性碰撞, 某同学选择了两个体积完全相同、质量不等的小球, 利用如图 7 所示实验装置, 按照下述实验步骤操作:

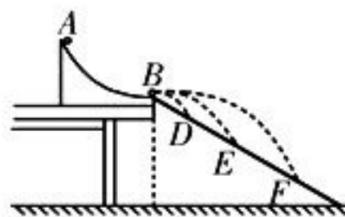


图 7

- A. 用天平测量小球 A、B 的质量 m_1 、 m_2 , 且保证 $m_1 > m_2$;
- B. 将斜槽固定在桌边, 使斜槽末端切线水平, 将一木板连接在斜槽末端;
- C. 先不放置小球 B, 让小球 A 从斜槽上某一位置由静止开始下滑, 记下小球 A 在木板上的落点位置;
- D. 将小球 B 放置在斜槽末端的边缘处, 让小球 A 从斜槽上同一位置由静止开始下滑, 两小球发生碰撞, 记下两小球在木板上的落点位置;
- E. 用毫米刻度尺测量各个落点位置到斜槽末端的距离。

如图 7 所示, D 、 E 、 F 三点是该同学记下的小球在木板上的落点位置, 它们到斜槽末端的距离分别为 L_D 、 L_E 、 L_F 。请回答下列问题:

- (1) 小球 A 和 B 发生碰撞后, 小球 A 的落点位置是图中的 $\underline{\hspace{1cm}}$ 点, 小球 B 的落点位置是图中的 $\underline{\hspace{1cm}}$ 点。
- (2) 利用测量得到的物理量, 若满足 $\underline{\hspace{1cm}}$, 则说明碰撞中动量是守恒的。
- (3) 利用测量得到的物理量, 若满足 $\underline{\hspace{1cm}}$, 则说明碰撞是完全弹性碰撞。

参考答案: 1. (1) C (2) ADE
(3) $m_1 l_{OM} + m_2 l_{ON} = m_1 l_{OP}$ $m_1 l_{OM}^2 + m_2 l_{ON}^2 = m_1 l_{OP}^2$ (4) 14 2.9 $\frac{14}{13.9}$

- 2. (1) > (2) $\frac{m_1}{\sqrt{l_{OP}}} = \frac{m_1}{\sqrt{l_{ON}}} + \frac{m_2}{\sqrt{l_{OM}}}$
- (3) 保证斜槽末端水平; 木板平面垂直于小球运动平面; 多次实验, 找两小球的平均落点 (合理即可)

3. (1) D F (2) $m_1 \sqrt{L_E} = m_1 \sqrt{L_D} + m_2 \sqrt{L_F}$ (3) $m_1 L_E = m_1 L_D + m_2 L_F$

(责任编辑 张 巧)

2022 年高考全国乙卷理综物理试题评析与备考建议

■安徽省安庆市高河中学 张北春(特级教师)

2022 年高考全国乙卷理综物理试题(适用地区:河南、山西、江西、安徽、甘肃、青海、内蒙古、黑龙江、吉林、宁夏、新疆、陕西)贯彻落实《深化新时代教育评价改革总体方案》要求,采取科学、稳妥、细致的设计策略,题型、结构和难度都与 2021 年高考全国乙卷保持总体稳定,坚持守正创新,依托高考评价体系,深化基础性,突出对学生关键能力的考查,强化对学生记忆能力、逻辑能力、计算能力、资源整合能力、实际应用能力、创新能力等的考查,有助于促进对学生核心素养的培养,有利于素质教育的健康发展。2022 年高考全国乙卷理综物理试题的考点如表 1。

表 1

题型	题号	分值	考查的知识点
单选题	14	6	万有引力定律、向心力、太空失重的本质
	15	6	牛顿第二定律的同时性和矢量性
	16	6	变速圆周运动、功能关系
	17	6	光子的能量
多选题	18	6	用智能手机测地磁场
	19	6	点电荷的电场、静电力做功
	20	6	动量与能量、力和运动、 $F-t$ 图像
	21	6	卫星上的探测装置、带电粒子在电场中的运动
实验题	22	5	打点计时器纸带处理方法、逐差法的运用
	23	10	探究待测电阻在一定电流范围内的伏安特性
计算题	24	12	电磁感应、安培力、焦耳热
	25	20	碰撞与弹性势能、力与运动、 $v-t$ 图像
选考题	33(1)	5	内能、热力学第一定律、理想气体的 $T-V$ 图像
	33(2)	10	气体实验定律、弹簧连接两活塞的汽缸问题
	34(1)	5	机械振动和机械波
	34(2)	10	光的折射与全反射

一、2022 年高考全国乙卷理综物理试题的新变化

1. 注重对高中物理核心、主干内容的考

查,不偏不怪,引导落实课程标准要求;注重考查一些通用性的物理方法,引导减少“机械刷题”现象。

例 1 (第 15 题)如图 1 所示,一根不可伸长的轻绳两端各连接一质量为 m 的小球,初始时整个系统静置于光滑水平桌面上,两球间的距离等于绳长 L 。一大大小为 F 的水平恒力作用在轻绳的中点,方向与两球连线垂直。当两球运动至二者相距 $\frac{3}{5}L$ 时,它们加速度的大小均为()。

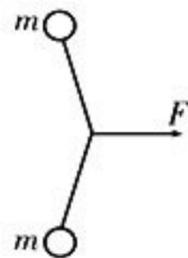


图 1

- A. $\frac{5F}{8m}$ B. $\frac{2F}{5m}$
 C. $\frac{3F}{8m}$ D. $\frac{3F}{10m}$

解析:当两球运动至二者相距 $\frac{3}{5}L$ 时,作示意图如图 2 所示,根据几何关系得

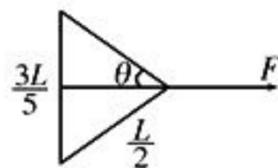


图 2

$$\sin \theta = \frac{\frac{3L}{5}}{L} = \frac{3}{5}, \text{ 即 } \theta = 37^\circ.$$

设轻绳的拉力为 T ,在水平方向上有 $2T \cos \theta = F$,解得 $T = \frac{5}{8}F$ 。对任意小球应用牛顿第二定律得 $T = ma$,解得 $a = \frac{5F}{8m}$ 。

答案:A

点评:本题考查的是连接体问题,但打破了常规的一维模型,拓展至对二维模型的考查,要求考生正确理解牛顿第二定律的同时性和矢量性,旨在加深考生对运动与相互作用观念的认识。

2. 突出对基础实验的考查,注重培养考生扎实的实验能力。

例 2 (第 22 题)用雷达探测一高速飞行器的位置。从某时刻($t=0$)开始的一段时间内,该飞行器可视为沿直线运动,每隔 1 s 测量一次其位置,坐标为 x ,结果如表 2。

表 2

t/s	0	1	2	3	4	5	6
x/m	0	507	1 094	1 759	2 505	3 329	4 233

回答下列问题:

(1)根据表中数据可判断该飞行器在这段时间内近似做匀加速运动,判断的理由是:_____。

(2)当 $x = 507 \text{ m}$ 时,该飞行器速度的大小 $v =$ _____ m/s 。

(3)这段时间内该飞行器加速度的大小 $a =$ _____ m/s^2 (保留 2 位有效数字)。

解析:(1)根据表中数据可知,该飞行器在第 1 s 内的位移为 507 m,在第 2 s 内的位移为 587 m,在第 3 s 内的位移为 665 m,在第 4 s 内的位移为 746 m,在第 5 s 内的位移为 824 m,在第 6 s 内的位移为 904 m,因此相邻 1 s 内的位移之差接近 80 m,则可判断出飞行器在这段时间内做匀加速运动。

(2)当 $x = 507 \text{ m}$ 时,飞行器的速度等于 0~2 s 内的平均速度,则 $v_1 = \frac{1\ 094}{2} \text{ m/s} = 547 \text{ m/s}$ 。

(3)根据逐差法可得,这段时间内该飞行器加速度的大小 $a = \frac{x_{36} - x_{03}}{9T^2} = \frac{4\ 233 - 2 \times 1\ 759}{9 \times 1^2} \text{ m/s}^2 = 79 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)该飞行器在相邻 1 s 内的位移之差接近 80 m (2)547 (3)79

点评:本题考查实验中逐差法的应用,通过对常用分析方法的考查,引导考生加强实验基础能力的训练。

3. 注重学以致用,引导考生在真实问题的解决中培养物理学科核心素养。

例 3 (第 17 题)一点光源以 113 W 的功率向周围所有方向均匀地辐射波长约为 $6 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的光,在离点光源距离为 R 处每秒垂直通过每平方米的光子数为 3×10^{14} 个。普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。 R 约为()。

- A. $1 \times 10^2 \text{ m}$ B. $3 \times 10^2 \text{ m}$
C. $6 \times 10^2 \text{ m}$ D. $9 \times 10^2 \text{ m}$

解析:一个光子的能量 $E = h\nu$,其中 ν 为光的频率;光的波长与频率满足关系式 $c = \lambda\nu$;光源每秒发出的光子的个数 $n = \frac{P}{h\nu} = \frac{P\lambda}{hc}$,其中 P 为光源的功率;光子以球面波的形式传播,则以光源为原点的球面上的光子数相同。当距光源的距离为 R 处,每秒垂直通过每平方米的光子数为 3×10^{14} 个时,此处球面的表面积 $S = 4\pi R^2$,则 $\frac{n}{S} = 3 \times 10^{14}$ 。联立以上各式解得 $R = 3 \times 10^2 \text{ m}$ 。

答案:B

点评:本题结合光子的能量知识,突出考查在解决实际问题过程中的建模能力。

4. 增强试题的灵活性,引导培养考生的关键能力和学科素养,提高人才选拔的质量。

例 4 (第 14 题)2022 年 3 月,中国航天员翟志刚、王亚平、叶光富在离地球表面约 400 km 的“天宫二号”空间站上通过天地连线,为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到,在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中,航天员可以自由地飘浮,这表明他们()。

- A. 所受地球引力的大小近似为零
B. 所受地球引力与飞船对其作用力两者的合力近似为零
C. 所受地球引力的大小与其随飞船运动所需向心力的大小近似相等
D. 在地球表面上所受引力的大小小于其随飞船运动所需向心力的大小

解析:航天员在空间站中所受地球对他的万有引力完全提供其做圆周运动所需的向心力,飞船对他们的作用力等于零,选项 A、B 错误,C 正确。根据万有引力公式 $F_{万} = G \frac{Mm}{r^2}$ 可知,航天员在地球表面上所受引力的大小大于他们在飞船中所受万有引力的大小,因此他们在地球表面上所受引力的大小大于其随飞船运动所需向心力的大小,选项 D 错误。

答案:C

点评:本题以航天员在“天宫二号”空间站中自由飘浮为情境,考查对太空失重本质

的理解,展现我国重大科技发展成果,提升考生的民族自信心和自豪感。

二、2022年 高考全国乙卷理综物理试题的新亮点

1. 注重考查物理观念中的物质观念、运动与相互作用观念、能量观念等。

例 5 (第 21 题)一种可用于卫星上的带电粒子探测装置,由两个同轴的半圆柱形带电导体极板(半径分别为 R 和 $R+d$)和探测器组成,其横截面如图 3

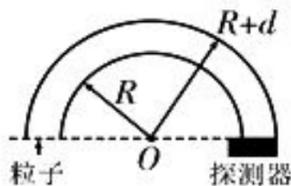


图 3

所示,点 O 为圆心。在截面内,极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比,方向指向 O 点。四个带正电的同种粒子从极板间通过,到达探测器。不计重力。粒子 1、2 做圆周运动,圆心为 O ,半径分别为 r_1 、 r_2 ($R < r_1 < r_2 < R+d$);粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射;粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射。四个粒子的轨迹如图 4 中虚线所示,则()。

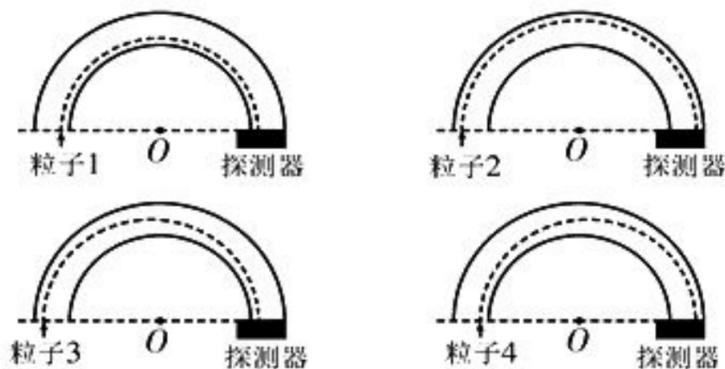


图 4

- A. 粒子 3 入射时的动能比它出射时的大
- B. 粒子 4 入射时的动能比它出射时的大
- C. 粒子 1 入射时的动能小于粒子 2 入射时的动能
- D. 粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能

解析:在截面内,极板间各点的电场强度大小与其到 O 点的距离成反比,可设为 $Er = k$,带正电的同种粒子 1、2 在均匀辐向电场中做匀速圆周运动,则 $qE_1 = m \frac{v_1^2}{r_1}$, $qE_2 = m \frac{v_2^2}{r_2}$,

变形得 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{qE_1 r_1}{2}$, $\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{qE_2 r_2}{2}$,又有

$E_1 r_1 = E_2 r_2 = k$,因此粒子 1 入射时的动能等于粒子 2 入射时的动能,选项 C 错误。粒子 3 从距 O 点 r_2 的位置入射并从距 O 点 r_1 的位置出射,做向心运动,静电力做正功,动能增大,因此粒子 3 入射时的动能比它出射时的小,选项 A 错误。粒子 4 从距 O 点 r_1 的位置入射并从距 O 点 r_2 的位置出射,做离心运动,静电力做负功,动能减小,因此粒子 4 入射时的动能比它出射时的大,选项 B 正确。

粒子 3 做向心运动,则 $qE_2 > m \frac{v_3^2}{r_2}$,变形得 $\frac{1}{2}mv_3^2 < \frac{qE_2 r_2}{2} = \frac{1}{2}mv_1^2$,即粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能,选项 D 正确。

答案:BD

点评:本题以一种可用于卫星上的带电粒子探测装置为情境,虽然考查的是带电粒子在电场中运动这一基本物理模型,但是在问题的设置上突出的是对物理核心素养的考查,体现“双新”背景下高校对人才选拔的要求,要求考生关注科技领域创新成果,旨在拉近考生与微观世界的距离。

2. 主要考查科学思维中的模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等能力。

例 6 (第 16 题)如图 5 所示,固定于竖直平面内的光滑大圆环上套有一个小环,小环从大圆环顶端 P 点由静止开始自由下滑,在下滑过程中,小环的速率正比于()。

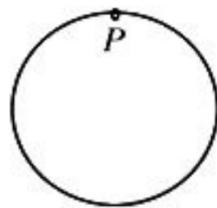


图 5

- A. 它滑过的弧长
- B. 它下降的高度
- C. 它到 P 点的距离
- D. 它与 P 点的连线扫过的面积

解析:如图 6 所示,设大圆环的半径为 R ,小环下降的高度为 h ,此时小环到 P 点的距离为 L ,根据几何关系得 $h = L \sin \theta$, $\sin \theta = \frac{L}{2R}$,解得 $h = \frac{L^2}{2R}$ 。根据

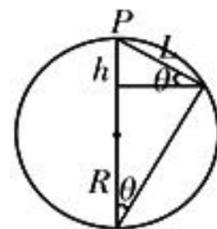


图 6

机械能守恒定律得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v =$

$L\sqrt{\frac{g}{R}}$, 即小环的速率正比于它到 P 点的距离。

答案:C

点评:本题考查的是限制条件下的竖直面内圆周运动、功能关系,试题创新设问角度,要求考生判断小环从大圆环顶端 P 点自由下滑过程中与其速率成正比的物理量,渗透了定性和半定量的分析方法。本题的模型设置为常规模型,但问题设置打破了常规,要求考生利用所学基础知识和具备的基本能力逐步分析并选出正确答案。

3. 强化考查科学态度与责任中的科学本质、科学态度等。

例 7 (第 18 题) 安装适当的软件后,利用智能手机中的磁传感器可以测量磁感应强度 B 。如图 7 所示,在手机上建立直角坐标系,手机显示屏所在平面为 xOy 面。某同学在某地对地磁场进行了四次测量,每次测量时 y 轴指向不同方向而 z 轴正向保持竖直向上。根据表 3 中测量结果可推知()。

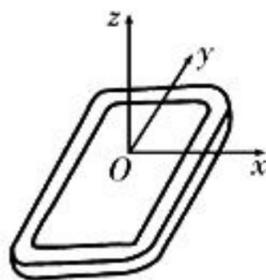


图 7

表 3

测量序号	$B_x/\mu\text{T}$	$B_y/\mu\text{T}$	$B_z/\mu\text{T}$
1	0	21	-45
2	0	-20	-46
3	21	0	-45
4	-21	0	-45

- A. 测量地点位于南半球
- B. 当地的地磁场大小约为 $50 \mu\text{T}$
- C. 第 2 次测量时 y 轴正向指向南方
- D. 第 3 次测量时 y 轴正向指向东方

解析:如图 8 所示,地球可视为一个磁偶极,磁南极大致指向地理北极附近,磁北极大致指向地理南极附近,通过这两个磁极的假想直线(磁轴)与地球的自转轴大约成 11.3° 的倾斜。根据表中 z 轴数据可以看出, z 轴的磁场竖直向下,则测量地点应位于北半球,

选项 A 错误。磁感应强度为矢量,根据表中数据可以看出,当地的磁感应强度大约为 $B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{B_y^2 + B_z^2} = 50 \mu\text{T}$,选项 B 正确。

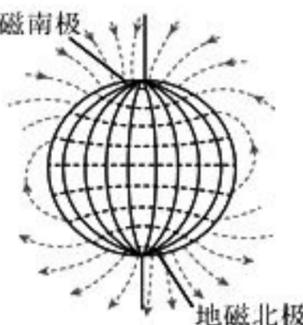


图 8

根据选项 A 的分析可知,测量地点在北半球,而北半球的地磁场指向北方斜向下,则第 2 次测量中 $B_y < 0$,故 y 轴正向指向南方,第 3 次测量中 $B_x > 0$,故 x 轴正向指向北方而 y 轴正向指向西方,选项 C 正确,D 错误。

答案:BC

点评:本题考查用智能手机测地磁场的问题,要求考生根据题中给出的测量结果论证测量地点、 y 轴正方向的指向等,让考生体会到科学技术影响着我们的生活和学习,提升考生对物理实验探究的兴趣,提高实验技能和创新能,发展考生的证据意识。



备考建议

1. 回归教材,打好基础。高考物理试题的多数素材来源于教材,比如 2022 年高考全国乙卷理综中考查万有引力定律、向心力、太空失重本质的第 14 题,考查牛顿第二定律的同时性和矢量性的第 15 题,考查光子的能量的第 17 题,考查点电荷的电场分布、静电力做功的第 19 题,这些试题都改编自教材中的例题或习题。因此同学们在复习备考中要回归教材,回归基础,既要做好万全的复习计划,以不变应万变,也要随时改变心理预期,做好迎接挑战的心理建设。

2. 加强以真实情境为素材试题的训练,做到学以致用。高考物理试题中有很多是通过理论联系实际来考查考生自主分析物理过程、获取有用信息、建立物理模型并运用数学方法来解决物理问题的能力的。比如 2022 年高考全国乙卷理综中第 21 题以卫星上的探测装置为情境,考查考生提取有效信息、解决实际问题的能力,这类情景化试题的本质就是借助实际问题考查我们所学的基础知识和基本方法。因此同学们在复习备考中要将

(下转第 32 页)

高三一轮复习检测题

(必修1、必修2、选修3-5)

A卷



■河南省信阳市新县高级中学 付培军

一、选择题(1~6 题只有一个选项正确, 7~10 题有多个选项正确)

1. 小智同学发现了一张自己以前为研究机动车的运动情况而绘制的

$\frac{x}{t^2} - \frac{1}{t}$ 图像, 如图 1 所示。已知机动车运动的轨迹是直线, 但是不知机动车是加速还是刹车状态, 则下列说法中合理的是()。

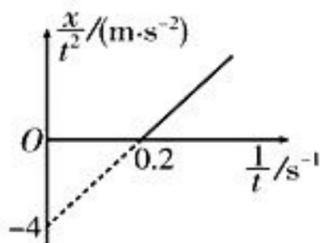


图 1

- A. 机动车处于加速状态
- B. 机动车的初速度为零
- C. 机动车的加速度大小为 8 m/s^2
- D. 机动车在前 3 s 内的位移是 24 m

2. 人们经常采用“打夯”的方式将松散的地面夯实。如图 2 所示, 在某次打夯过程中, 甲、乙两人通过两根绳子拉着重物, 将重物提升到距地面



图 2

80 cm 后, 让重物做自由落体运动, 把地面砸结实。已知重物从接触地面到速度减小为零用时 0.05 s, 重物的质量为 60 kg, 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 则下列说法中正确的是()。

- A. 重物在下降过程中, 机械能变小
- B. 重物在上升过程中, 机械能守恒
- C. 在重物接触地面到速度减小为零的过程中, 重物对地面的平均作用力为 6 000 N
- D. 在重物接触地面到速度减小为零的过程中, 地面对重物作用力的冲量大小为 $270 \text{ N} \cdot \text{s}$

3. 如图 3 所示的装置可以测量子弹的飞行速度。在一根轴上相隔 $s = 1 \text{ m}$ 处安装两个平行的薄圆盘, 用轴带动两圆盘以角速度 $n = 3\,000 \text{ r/min}$ 匀速转动, 飞行的子弹平行于轴穿过两圆盘, 在盘上留下两个孔。现测

得两小孔所在半径之间的夹角为 30° , 若不计空气阻力和子弹穿透圆盘过程中的能量损失, 则子弹的飞行速度可能是()。

- A. 500 m/s
- B. 600 m/s
- C. 700 m/s
- D. 800 m/s

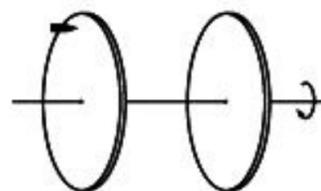


图 3

4. 吊桶灭火是利用直升机外挂吊桶载水, 从空中直接将水喷洒在火头上, 进而灭火的方法。在一次灭火演练中, 直升机取水后在空中

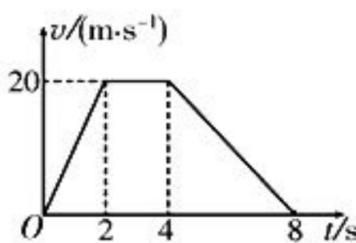


图 4

中直线上升, 其上升过程中的速度—时间图像如图 4 所示。已知水与吊桶的总质量为 4 000 kg, 吊桶的直径为 1.8 m。四根长度均为 4.1 m 的轻绳等间距地系在吊桶边缘, 取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 下列说法中正确的是()。

- A. 2 s~4 s 内轻绳的拉力大于 0~2 s 内轻绳的拉力
- B. 第 3 s 末每根轻绳的拉力均为 10 225 N
- C. 第 5 s 内每根轻绳的拉力均为 5 125 N
- D. 4 s~8 s 内每根轻绳的拉力均为 5 200 N

5. 如图 5 所示, 某自卸式货车车厢上放有一箱货物, 货箱内有一光滑的倾斜隔板 AB, 其与货箱底板之间的夹角 $\alpha = 30^\circ$, 隔板与货箱右壁间放有一圆柱形工

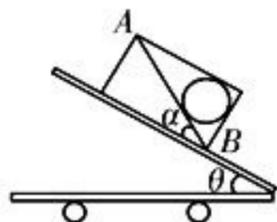


图 5

件, 货车在卸货过程中, 倾角 θ 缓慢增大到 37° , 货箱一直相对车厢底板静止, 则()。

- A. 车厢对货箱的作用力逐渐增大

- B. 车厢对货箱的作用力逐渐减小
- C. 工件对隔板的压力逐渐增大
- D. 工件对货箱右壁的压力逐渐增大

6. 如图 6 甲所示, 质量为 m_2 的长木板静止在光滑的水平面上, 其上静止一质量为 m_1 的小滑块。现对长木板施加一随时间 t 均匀增大的水平力 $F=kt$ (k 为常量), 长木板的加速度 a 随时间 t 变化的关系如图 6 乙所示。已知小滑块受到的最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$, 则()。

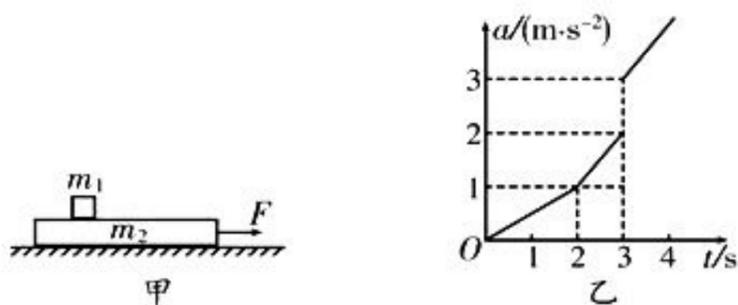


图 6

- A. 0~2 s 内小滑块与长木板之间的摩擦力增大
- B. 小滑块与长木板之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$
- C. m_1 与 m_2 之比为 1:3
- D. 当小滑块从长木板上脱离时, 其速度比长木板的小 0.25 m/s

7. 我国劳动人民有智慧, 常在农村山区设计如图 7 所示的装置借助机械代替人进行劳作。水流动时带动 B 旋转, B 和 A 通过齿轮耦合将水平转动调整为竖直转动, 图中 CD 是固定转轴的装置, 转轴转动时带动木棒 E 周期性运动, 使 M 舂动将坚硬的物质舂碎, 实际应用时可以在 CD 轴上安装多个木棒, 让它们同时作业。关于此装置的工作情况, 下列说法中正确的是()。

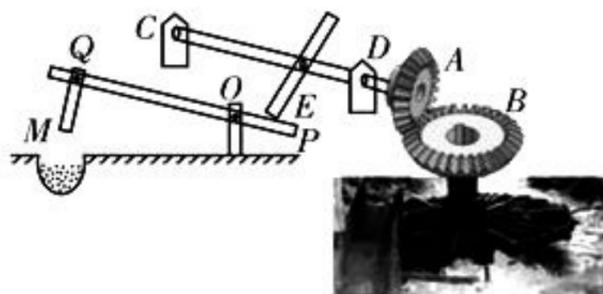


图 7

- A. A、B 两齿轮耦合角速度相同
- B. 此装置将水流的动能转化为机械能

- C. 水流速度越快 M 舂动的周期越长
- D. Q 点的线速度比 P 点的大

8. 2021 年 10 月, “神舟十三号”飞船实现了与我国空间站径向对接的创新突破。如图 8 所示, 轨道 I 为飞船对接前的椭圆形轨道, 轨道 II 为空间站所在的圆形轨道, A 点为两轨道交点, B 点为飞船轨道的近地点。对接后飞船和空间站一起在轨道 II 上做圆周运动, 绕行角速度为 ω , 距地表高度为 h 。已知地球半径为 R , 引力常量为 G , 则()。

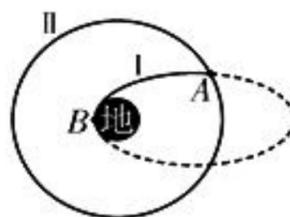


图 8

- A. 空间站中的重力加速度为零
- B. 飞船和空间站在 A 点的加速度相同
- C. 飞船在 B 点的速度大于空间站在 A 点的速度
- D. 地球的密度为 $\frac{3\omega^2}{4\pi G}$

9. 如图 9 所示, 生产车间有两个相互垂直且等高的水平传送带 M 和 N, 传送带 M、N 做匀速直线运动的速度大小分别为 $v_0=0.6 \text{ m/s}$ 和 $v_1=$

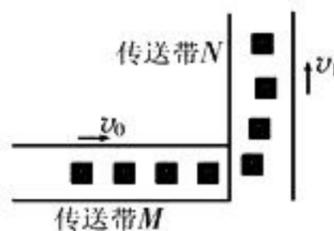


图 9

0.8 m/s, 方向均标在图中。可视为质点的小煤块离开传送带 M 前已与传送带 M 的速度相同, 并平稳地滑到传送带 N 上。已知小煤块的质量 $m=1 \text{ kg}$, 与传送带 N 之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$, 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$, 传送带 N 的宽度足够大。下列说法中正确的是()。

- A. 小煤块滑到传送带 N 前的瞬间, 相对传送带 N 的速度大小为 1.4 m/s
- B. 小煤块滑到传送带 N 上后, 经过 1 s 与传送带 N 保持相对静止
- C. 小煤块在传送带 N 上滑动的划痕是直线, 其长度为 0.25 m
- D. 小煤块在传送带 N 上滑动的过程中, 因摩擦而产生的热量为 0.5 J

10. 如图 10 所示, 两根光滑细杆固定放置在同一竖直面内, 与水平方向之间的夹角

均为 45° 。质量均为 $m = 0.2 \text{ kg}$ 的两金属小球套在细杆上,用一劲度系数 $k = 20 \text{ N/m}$ 的轻弹簧相

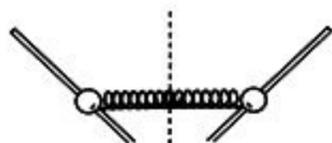


图 10

连。将两个小球同时从相同的高度由静止释放(此时弹簧处于原长),小球释放的位置与细杆最低点的高度差为 9 cm ,弹簧始终在弹性限度内(已知弹簧的形变量为 x 时的弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$),取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,则下列说法中正确的是()。

- A. 两个小球在细杆上运动的过程中,两小球的最大动能为 0.1 J
- B. 小球的速度一直增大
- C. 小球将从细杆的最低点脱落
- D. 两小球在细杆上运动时,弹簧的最大弹性势能为 0.4 J

二、实验题

11. 为验证小球摆动过程中的机械能守恒,物理兴趣小组找来了力传感器,密度较大的带孔金属小球、细线、

光电门、量角器、 $\frac{1}{20}$ 的游标卡尺和窄挡光条,按如图 11 所示的方式将

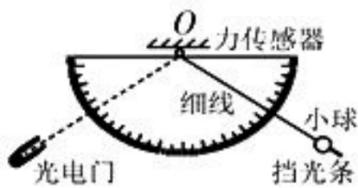


图 11

它们固定在一个竖直平面内。其中力传感器固定在最高点 O 处,细线穿过带孔的小球后固定在力传感器上。在小球的另一侧固定挡光条,让小球绕 O 点摆动时不与量角器接触,且光电门的位置可以调节。

(1)用 $\frac{1}{20}$ 的游标卡尺测挡光条的宽度为 6.25 mm ,则主尺的第___条刻线与游标尺的第___条刻线对齐(不计零刻线)。

(2)粗略实验时将光电门固定在与小球初始释放位置关于过 O 点铅垂线对称的位置处,若光电门___(选填“有”或“没有”)显示,则说明小球在摆动过程中的机械能守恒。

(3)将光电门固定在 O 点正下方,将小球从不同位置处释放,记下初始释放时悬线与过 O 点铅垂线的夹角 θ ,以及挡光条过光电门时传感器的示数 F ,作 $F-\cos \theta$ 曲线如图

12 所示。若 AB 、 BC 两条直线的斜率大小___(选填“相等”或“不相等”),则说明小球在摆动过程中的机械能守恒;若直线 AB 的斜率为 k ,其纵截距为 b ,则满足___时说明小球在摆动过程中的机械能守恒。

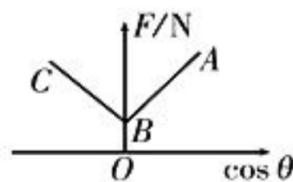


图 12

12. 如图 13 所示为探究加速度与物体所受合外力关系的实验装置图,图中 A 是质量为 M 的小车, P 是质量为 m 的重物, C 是弹簧测力计, B 是打点计时器。若不计绳与滑轮间的摩擦力,改变 m 的大小读出对应测力计的示数 F 。某次实验中该小组将打点计时器接在 50 Hz 的低压交流电源上,在打出的纸带上每 5 个点取一个计数点,共取了 O 、 A 、 B 、 C 、 D 五个计数点。然后从每个计数点处将纸带剪开分成 4 段(分别为 a 、 b 、 c 、 d 段),将这 4 段纸带由短到长紧靠但不重叠地粘在 xOy 坐标系中,如图 14 所示。请回答下列问题:

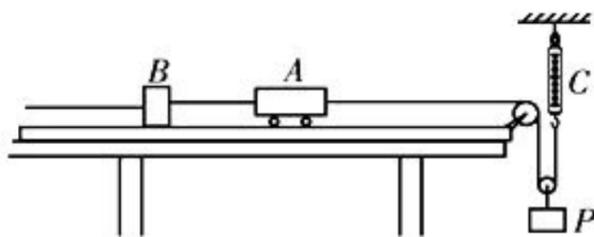


图 13

(1)实验时,下列说法正确的有___。

- A. 一端带有定滑轮的长木板必须保持水平
- B. 实验中 M 应远大于 m
- C. 实验中应先接通电源后释放小车
- D. 实验中小车应在离 B 较远处释放

(2)实验中纸带上相邻相等时间内位移存在的关系是___。请在 xOy 坐标系中最简洁的方法作出能表示 v 与 t 关系的图像,并指出___轴相当于 v 轴。

(3)从第一个计数点开始计时,为求 0.15 s 时刻的瞬时速度,需要测出___段纸带的长度。若测得各段纸带的长度如图 14

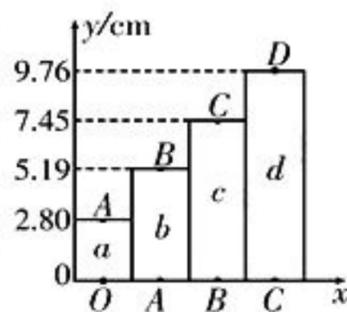


图 14

所示,则小车加速度的大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$ m/s^2 。

(4) 实验中某小组的同学忘了平衡摩擦力这一环节,得出的 $a-F$ 图像应是图 15 中的 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

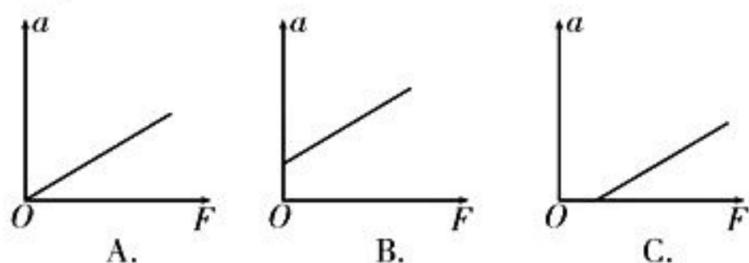


图 15

三、解答题

13. 2022 年 2 月 11 日北京冬奥会男子钢架雪车比赛结束争夺,中国选手闫文港以四轮 4 分 01 秒 77 的成绩摘得铜牌,创造了中国选手在这一项目中的历史最好成绩。钢架雪车比赛运动员先在水平赛道上推着雪车由静止出发,匀加速到水平轨道的末端时,运动员快速俯卧到雪车上沿倾角 $\theta = 15^\circ$ 的倾斜轨道匀加速下滑到 P 点,运动员在轨道上从开始运动到下滑至 P 点的速率 v 的平方随运动距离 x 的变化如图 16

所示,雪车(含运动员)的总质量 $M = 120 \text{ kg}$, $\sin 15^\circ = 0.26$,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,试求:

(1) 雪车在倾斜轨道上受到的阻力。

(2) 运动员从开始运动到下滑至 P 点所用的时间。

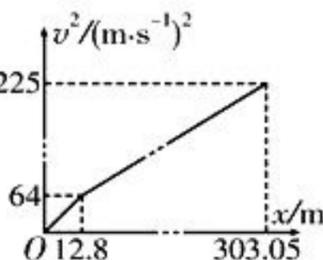


图 16

14. 如图 17 所示,在距地面 $H = 5 \text{ m}$ 的光滑平台上将质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的小球以初速度 $v_0 = 6 \text{ m/s}$ 水平向右抛出。在平台右边 $s = 1.2 \text{ m}$ 远处,竖直固定一个挡板,并在挡板靠近平台一侧贴上白纸和复写纸,用来记录小球撞击挡板的位置。已知小球以垂

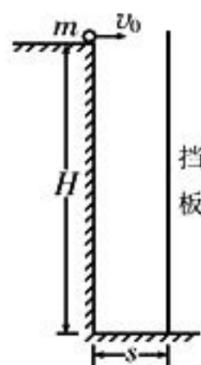


图 17

直于挡板或平台侧壁的速度撞击时都能等速率反弹,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,试求:

(1) 挡板上撞击点的个数,以及小球在水平面上的落点与挡板之间的距离。

(2) 挡板上各撞击点的间隔距离。

15. 如图 18 所示,一个宽度 $d = 3 \text{ m}$ 的光滑凹槽 $BCDE$ 内有一个长度 $L = 2 \text{ m}$,质量 $M = 1.5 \text{ kg}$ 的长木板,长木板右端与 DE 紧靠在一起,且长木板的厚度恰与两侧平台等高。光滑平台 EJ 上一个质量 $m = 3 \text{ kg}$ 的小物体(可视为质点)在一个随时间 t 变化的外力 $F = 3 + 2t \text{ (N)}$ 作用下开始向左运动,经过 $t = 3 \text{ s}$ 撤去外力时,小物体恰从 E 点滑上长木板,当长木板与 BC 撞击后立即停止不动。已知小物体与长木板上表面、小物体与平台 AB 之间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,试求:

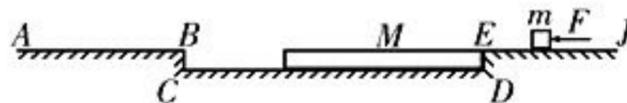


图 18

(1) 长木板撞击 BC 时的速度。

(2) 小物体在平台 AB 上能够滑行的距离。

16. 窗帘上部结构可以简化为如图 19 所示的模型:长滑竿水平固定,



图 19

上有 9 个相同的滑环,滑

环厚度忽略不计,每个滑环的质量均为 $m = 0.1 \text{ kg}$;每相邻的两个滑环之间由不可伸长的柔软轻质细线相连,细线长度均为 $l = 0.2 \text{ m}$;滑环与水平滑竿之间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.25$ 。开始时所有滑环可近似地看成挨在一起处于滑竿右侧边缘处,滑环间无挤压;第 9 个滑环被固定在滑竿最右端。现给第 1 个滑环一个初速度 v_0 ,使其在滑竿上向左滑行(可视为只有平动),在滑环滑行的过程中,前、后滑环之间的细线绷紧后,两个滑环立即以共同的速度向前滑行,细线绷紧的过程用时极短,可忽略不计。取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

(1) 若 $v_0 = 1.25 \text{ m/s}$,求第 1、2 个滑环间的细线刚绷紧瞬间第 2 个滑环的速度。

(2) 若第 4 个滑环已被细线拉动,求第 3、4 个滑环间的细线绷紧后瞬间整个装置动能与绷紧前瞬间整个装置动能的比值。

(3) 为让所有的细线都被拉直,第 1 个滑环至少需要获得多大的初速度?(计算结果可以带根号) (责任编辑 张 巧)

高三一轮复习检测题(必修 1、必修 2、选修 3-5)B 卷

湖北省武汉市新洲区第一中学(阳逻校区) 胡东明

一、选择题(1~6 题只有一个选项正确, 7~10 题有多个选项正确)

1. 在国际拔河比赛中, 运动员必须穿“拔河鞋”或没有鞋跟等突出物的平底鞋, 不能戴手套。比赛双方相持时, 运动员会向后倾斜身体, 使地面对人的作用力与身体共线。不计拔河绳的质量, 下列说法中正确的是()。

- A. 获胜队伍对绳子的拉力大于对方队伍对绳子的拉力
- B. 因为绳子的拉力处处相等, 所以两队队员受到的地面摩擦力总相等
- C. 双方相持时, 若绳子拉力增大, 则地面对运动员的作用力增大
- D. 双方相持时, 运动员身体后倾, 减小与地面之间的夹角, 是为了增加与地面之间的压力

2. 近年来, 国产新能源汽车的销量大幅增长。为检测某新能源汽车的刹车性能, 现在平直公路上做刹车实验, 测得汽车在某次刹车过程中速度 v 与位移 x 的关系如图 1 所示。设刹车过程中汽车做匀减速直线运动, 已知 $t=0$ 时刻汽车的速度为 30 m/s , 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$ 。下列说法中正确的是()。

- A. 刹车过程中汽车的加速度大小为 0.4 m/s^2
- B. 路面与车轮之间的动摩擦因数为 0.4
- C. $t=3 \text{ s}$ 时刻, 汽车的速率为 12 m/s
- D. $0\sim 6 \text{ s}$ 内, 汽车的位移为 72 m

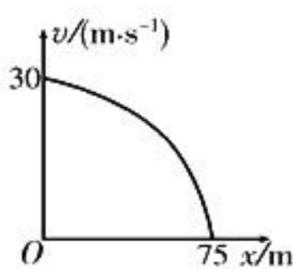


图 1

3. 每个工程设计都蕴含一定的科学道理。如图 2 所示的两种家用燃气炉架都有四个爪,



图 2

若将总质量为 m 的锅放在如图 2 乙所示的炉架上, 忽略爪与锅之间的摩擦力。设锅是半径为 R 的球面, 则每个爪与锅之间的弹

力()。

- A. 等于 $\frac{1}{4} mg$
- B. 小于 $\frac{1}{4} mg$
- C. R 越大, 弹力越大
- D. R 越大, 弹力越小

4. 双人花样滑冰比赛是一项极具观赏性的项目。比赛中, 女运动员有时会被男运动员拉着离开冰面在空中做水平面内的匀速圆周运动, 如图 3 所示。目测估计男运动员的手臂与水平冰面之间的夹角约为 45° , 女运动员与其身上的装备总质量约为 45 kg , 取重力加速度 $g=$



图 3

10 m/s^2 。仅根据以上信息, 可估算()。

- A. 女运动员的向心加速度约为 10 m/s^2
- B. 女运动员的角速度约为 6.28 rad/s
- C. 男运动员对女运动员的拉力约为 450 N
- D. 男运动员对冰面的压力约为 450 N

5. 京张高铁将北京到张家口的通行时间缩短在 1 h 内, 成为 2022 年北京冬奥会重要的交通保障设施。假设此高铁动车启动后沿平直轨道行驶, 发动机的功率恒为 P , 且行驶过程中受到的阻力大小恒定。已知动车的质量为 m , 最高行驶速度 $v_{\max}=350 \text{ km/h}$ 。则下列说法中正确的是()。

- A. 行驶过程中动车受到的阻力大小为 Pv_{\max}
- B. 当动车的速度为 $\frac{v_{\max}}{4}$ 时, 动车的加速度大小为 $\frac{3P}{mv_{\max}}$
- C. 从启动到速度增大为 v_{\max} 的过程中, 动车牵引力所做的功为 $\frac{1}{2} mv_{\max}^2$
- D. 由题目信息可估算京张铁路的全长为 350 km

6. 2021 年 5 月我国“天问一号”火星探测器成功软着陆火星表面,实现了我国在深空探测领域的技术跨越。假如航天员登陆某星球,并在该星球表面做了如图 4 甲所示的实验,将一插有风帆的滑块放置在倾角为 θ 的粗糙固定斜面上,滑块由静止开始下滑,风帆在星球表面受到的空气阻力与滑块下滑的速度成正比,即 $F = kv$, k 为已知常数。航天员通过传感器测量得到滑块下滑的加速度 a 与速度 v 的关系如图 4 乙所示,已知图乙中直线在纵轴与横轴上的截距分别为 a_0 、 v_0 ,滑块与足够长斜面之间的动摩擦因数为 μ ,星球的半径为 R ,引力常量为 G ,忽略星球自转的影响。根据上述条件可以判断出()。



图 4

- A. 风帆与滑块的总质量为 $\frac{ka_0}{v_0}$
- B. 星球的第一宇宙速度为 $\sqrt{\frac{a_0 R}{\sin \theta - \mu \cos \theta}}$
- C. 星球的密度为 $\frac{3a_0}{4\pi G R (\cos \theta - \mu \sin \theta)}$
- D. 星球近地卫星的周期为 $2\pi R \sqrt{\frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{a_0}}$

7. 水车是我国劳动人民利用水能的一项重要发明。如图 5 所示为某水车模型,从槽口水平流出的水的初速度大小为 v_0 ,垂直落在与水平面成 30° 角的水轮叶面上,落点到轮轴间的距离为 R 。在水流不断冲击下,轮叶受冲击点的线速度大小接近冲击前瞬间水流速度大小。忽略空气阻力,下列说法中正确的是()。

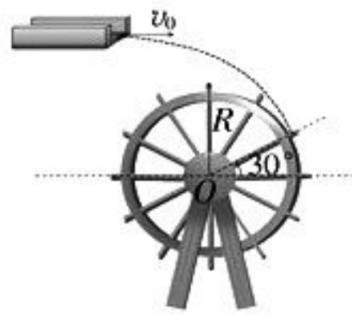


图 5

- A. 水流在空中运动的时间 $t = \frac{2v_0}{g}$

- B. 水流在空中运动的时间 $t = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$
- C. 水车的最大角速度接近 $\omega = \frac{2v_0}{R}$
- D. 水车的最大角速度接近 $\omega = \frac{\sqrt{3}v_0}{R}$

8. 火星距离地球最远时大约为 4 亿千米,最近时大约为 0.55 亿千米。由于距离遥远,地球与火星之间的信号传输会有长时间的延迟。当火星离我们最远时,从地球发出一个指令,约 22 分钟才能到达火星。为了节省燃料,我们要等火星与地球之间相对位置合适的时候发射火星探测器。受天体运行规律的影响,这样的发射机会很少。已知火星的公转周期约是地球公转周期的 1.9 倍,为了简化计算,可以认为地球和火星在同一平面上,沿同一方向绕太阳做匀速圆周运动,如图 6 所示。根据上述材料,结合所学知识,判断下列说法中正确的是()。

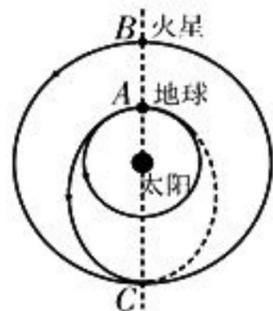


图 6

- A. 地球的公转向心加速度小于火星的公转向心加速度
 - B. 当火星离地球最近时,地球上发出的指令需要约 3 分钟到达火星
 - C. 如果火星运动到 B 点,地球恰好在 A 点时发射探测器,那么探测器将沿轨迹 AC 运动到 C 点时,恰好与火星相遇
 - D. 相邻两个发射时机的间隔约为 2.1 年
9. 如图 7 甲所示,工人用倾角 $\theta = 30^\circ$ 的传送带运送货物,传送带沿顺时针方向匀速转动,把货物从底端 A 点运送到顶端 B 点,其速度随时间变化的关系如图 7 乙所示。已知货物质量 $m = 10 \text{ kg}$,取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。则()。

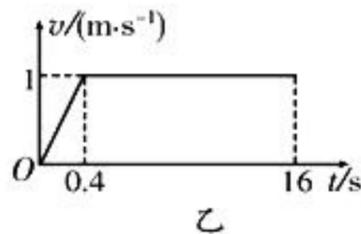
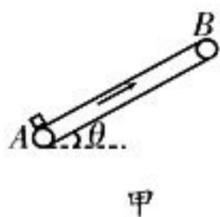


图 7

- A. 传送带匀速转动的速度大小为 1 m/s
- B. 货物与传送带之间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- C. A、B 两点之间的距离为 16 m
- D. 在运送货物的整个过程中, 摩擦力对货物做的功为 15 J

10. 如图 8 所示, 质量为 M 的长木板静止在光滑水平面上, 上表面 OA 段光滑, OB 段粗糙,

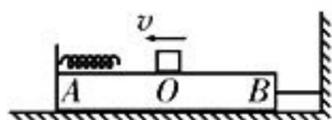


图 8

且 OA 段和 OB 段的长度均为 l , 长木板左端固定劲度系数为 k 的轻质弹簧, 右端用不可伸长的轻绳连接于竖直墙壁上。质量为 m 的小滑块以速度 v 从 O 点向左运动并压缩弹簧, 弹簧压缩量为 x 时轻绳被拉断, 最终滑块恰好没有从长木板上掉落。已知弹簧原长小于 l , 重力加速度为 g , 下列说法中正确的是()。

- A. 轻绳被拉断瞬间, 长木板的加速度大小为 $\frac{kx}{M}$
- B. 最终长木板与滑块一起以速度 $\frac{m}{M+m}v$ 向左匀速运动
- C. 弹簧恢复原长时, 滑块的动能可能为 $\frac{1}{2}mv^2$
- D. 滑块与长木板 OB 段之间的动摩擦因数为 $\frac{Mv^2 + kx^2}{2(M+m)gl}$

二、实验题

11. 某实验小组用如图 9 所示的装置测量重力加速度。将小球 A 和手机 B 分别系在一根跨过定滑轮的不可伸长的软绳两端。打开手机 B 的 phyphox 软件, 令小球 A 和手机 B 静止, 软绳拉紧, 然后同时释放小

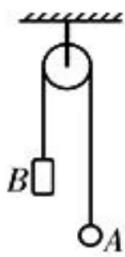


图 9

球 A 和手机 B, 通过 phyphox 软件测得手机的加速度随时间变化的关系如图 10 所示, 实验室提供的物理量有: 小球 A 的质量 $m_A = 50.0 \text{ g}$, 手机 B 的质量 $m_B = 150.0 \text{ g}$, 当地的重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

(1) 实验测得的重力加速度大小为

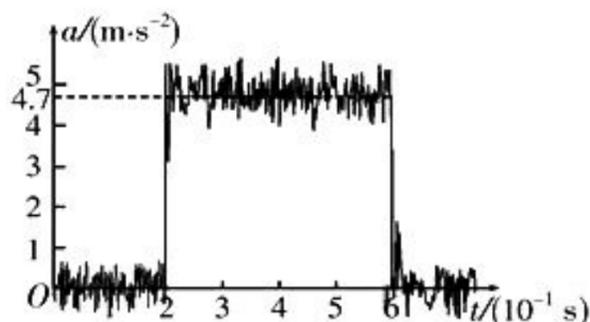


图 10

_____ m/s^2 (保留两位有效数字)。

(2) 实验测得的重力加速度与当地的重力加速度有明显差异, 除实验中的偶然误差外, 请写出一条可能产生这一结果的原因: _____。

12. 为了验证机械能守恒定律, 某学习小组用如图 11 所示的气垫导轨装置(包括导轨、气源、光电门、滑块、遮光条)进行实验。在导轨上选择两个适当的位置 A、B 安装光电门 I、II, 并连接数字计时器; 用刻度尺分别测量 A、B 两点到水平桌面的高度 h_1 、 h_2 。

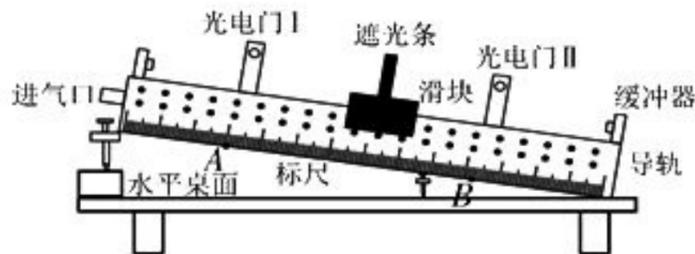


图 11

(1) 用游标卡尺测量遮光条的宽度 d 时, 游标卡尺的示数如图 12 所示, 则 $d =$ _____ mm 。

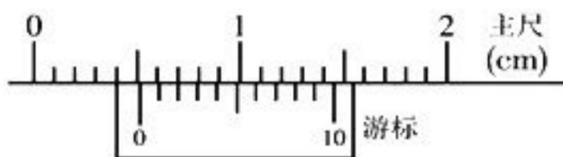


图 12

(2) 某次实验中, 测得滑块通过光电门 II 的时间 $\Delta t_1 = 0.026 \text{ s}$, 则滑块通过光电门的瞬时速度 $v_1 =$ _____ m/s (保留两位有效数字)。

(3) 将滑块从光电门 I 左侧某处由静止释放, 测出滑块通过光电门 I、II 的时间分别为 Δt_1 和 Δt_2 。在误差允许范围内, 若 $h_1 - h_2 =$ _____ (用 d 、 Δt_1 、 Δt_2 , 以及重力加速度 g 表示), 则可认为滑块在下滑过程中的机械能守恒。

(4) 另一学习小组的同学想用如图 13 所示的装置做此实验。该小组同学认为, 利用

垫块平衡阻力后由小车和砂桶组成的系统的机械能是守恒的,你是否同意?并说明理由。

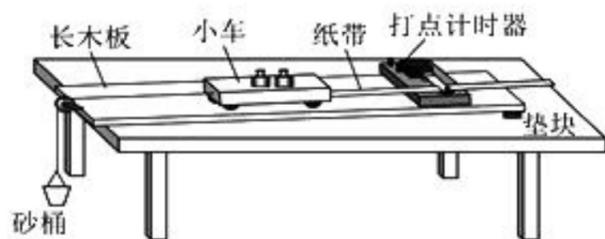


图 13

三、计算题

13. 如图 14 所示,粗糙的水平面 AB 与光滑的竖直圆弧轨道 BCD 在 B 点相切,圆弧轨道 BCD 的半径 $R=0.4\text{ m}$,D 是轨道的最高点,一质量 $m=1\text{ kg}$ 的物体(可以看成质点)静止于水平面上的 A 点。现用水平恒力 $F=7\text{ N}$ 作用在物体上,使它在水平面上做匀加速直线运动,当物体到达 B

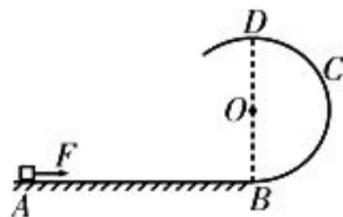


图 14

点时撤去力 F ,之后物体沿圆弧轨道 BCD 运动,物体恰好能通过 D 点。已知物体与水平面之间的动摩擦因数 $\mu=0.2$,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ 。求:

- (1) 物体通过 D 点时速度 v_D 的大小。
- (2) 物体刚进入圆弧轨道 B 点时所受支持力 N 的大小。
- (3) A、B 两点之间的距离 x 。

14. 如图 15 甲所示的首钢滑雪大跳台又称“雪飞天”,是北京 2022 年冬奥会自由式滑雪和单板滑雪比赛场地,谷爱凌和苏翊鸣在此圆梦冠军。为了研究滑雪运动员的运动情况,建立如图 15 乙所示的模型。跳台滑雪运动员从滑道上的 A 点由静止滑下,从跳台 O 点沿水平方向飞出。已知 O 点是斜坡的起点,A 点与 O 点在竖直方向上的距离为 h ,斜坡的倾角为 θ ,运动员的质量为 m ,重力加速度为 g ,不计一切摩擦和空气阻力。求:

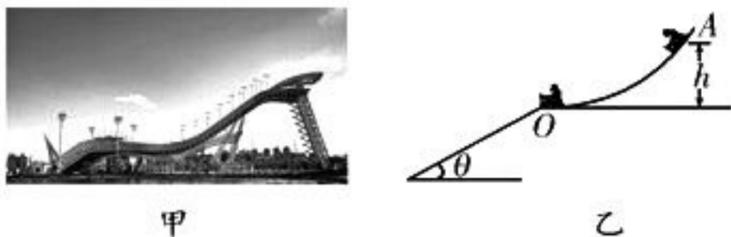


图 15

(1) 运动员滑至跳台 O 点时的速率 v 。

(2) 运动员从离开 O 点到落在斜坡上,在空中运动的时间 t 。

(3) 运动员从离开 O 点到落在斜坡上,在空中运动的过程中动量的变化量 Δp 。

15. 质量 $m=1 \times 10^3\text{ kg}$ 的汽车以速度 $v_1=36\text{ km/h}$ 在水平路面上匀速行驶,在距离斑马线 $s=20\text{ m}$ 处,驾驶员发现小朋友排着长度 $l=4\text{ m}$ 的队伍从斑马线一端开始通过,他立即刹车,汽车最终恰好停在斑马线前。假设汽车在刹车过程中所受阻力不变,且忽略驾驶员的反应时间。

(1) 求汽车开始刹车到停止所用的时间和所受阻力的大小。

(2) 若路面宽度 $L=6\text{ m}$,小朋友行走的速度 $v_0=0.5\text{ m/s}$,求汽车停在斑马线前等待小朋友全部通过所需的时间。

(3) 假设驾驶员以速度 $v_2=54\text{ km/h}$ 行驶,在距离斑马线 $s=20\text{ m}$ 处立即刹车,求汽车运动到斑马线时的速度大小。

16. 在如图 16 所示的水平轨道上,AC 段的中点 B 的正上方有一探测器,C 处固定一个竖直挡板。 $t=0$ 时刻,质量 $m=1\text{ kg}$ 的物体 Q 以向右的速度 $v_0=9\text{ m/s}$ 与静止在 A 点质量 $M=2\text{ kg}$ 的物体 P 发生碰撞,探测器只在 $2\text{ s} \sim 4\text{ s}$ 内工作。已知物体 P 与水平轨道之间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$,物体 Q 与水平轨道之间的动摩擦因数 $\mu_2=0.3$,AB 段的长度 $L=4\text{ m}$,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$,物体 P 与 Q,以及物体 P 与竖直挡板之间的碰撞都是弹性碰撞(碰撞时间极短),物体 P、Q 均可视为质点,取 $\sqrt{7}=2.65$, $\sqrt{3}=1.73$ 。

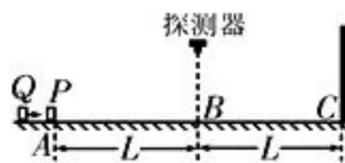


图 16

(1) 物体 P 与 Q 发生碰撞后,物体 P 能否被 B 处的探测器探测到?

(2) 物体 P 与 Q 能否发生第二次碰撞?若能,请求出从第一次碰撞到第二次碰撞的过程中系统产生的内能;若不能,请求出物体 P、Q 之间最终的距离。

(责任编辑 张 巧)

三道相似习题多解的比较



■重庆市江津第二中学校 黄 泌

直线运动涉及的公式繁多,同学们在求解直线运动问题时对公式的选择比较困难,利用相似习题的一题多解,通过相似习题多种解法的比较,有助于同学们熟练掌握并灵活选用这些公式。下面以三道相似习题的部分解法为例进行讨论。

一、相似习题多种解法展示

例 1 一物体做匀速直线运动,它在两段连续相等时间内通过的位移分别是 24 m 和 64 m,连续相等时间为 4 s,求该物体的初速度、末速度和加速度大小。

解法一:如图 1 所示,设物体到达 A 点时的速度为 v_A ,到达 B 点时的速度为 v_B ,到达 C 点时的速度为 v_C ,加速度为 a ,根据位移公式得 $s_{AB} = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$, $s_{BC} = v_B t + \frac{1}{2} a t^2$,根据速度公式得 $v_B = v_A + a t$, $v_C = v_A + a \cdot 2t$,其中 $s_{AB} = 24$ m, $s_{BC} = 64$ m, $t = 4$ s,解得 $v_A = 1$ m/s, $a = 2.5$ m/s², $v_C = 21$ m/s。

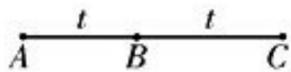


图 1

解法二:根据相邻相等时间位移差公式得 $\Delta s = a t^2$,解得 $a = 2.5$ m/s²。根据位移和速度公式得 $s_{AB} = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$, $v_C = v_A + a \cdot 2t$,解得 $v_A = 1$ m/s, $v_C = 21$ m/s。

解法三:根据平均速度等于中间时刻瞬时速度得 $v_1 = \frac{s_{AB}}{t} = 6$ m/s, $v_2 = \frac{s_{BC}}{t} = 16$ m/s。两中间时刻之间的时间差 $\Delta t = 4$ s,则 $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = 2.5$ m/s², $v_A = v_1 - a \cdot \frac{t}{2} = 1$ m/s, $v_C = v_2 + a \cdot \frac{t}{2} = 21$ m/s。

例 2 一质点做匀变速直线运动,依次通过 A、B、C、D 四点,已知经过 AB 段、BC 段和 CD 段所用的时间分别为 t 、 $2t$ 、 $3t$ 。AC 段和 BD 段的长度分别为 x_1 和 x_2 ,则质点经过 C 点时的瞬时速度为()。

- A. $\frac{5x_2 + 9x_1}{60t}$ B. $\frac{5x_1 + 9x_2}{60t}$
C. $\frac{9x_2 - 5x_1}{60t}$ D. $\frac{5x_2 - 9x_1}{60t}$

解法一:如图 2 所示,设质点到达 A 点时的速度为 v_0 ,到达 B 点时的速度为 v_B ,加速度为 a ,根据位移公式得 $x_1 = v_0 \cdot 3t + \frac{1}{2} a (3t)^2$, $x_2 = v_B \cdot 5t + \frac{1}{2} a (5t)^2 = (v_0 + a t) \cdot 5t + \frac{1}{2} a (5t)^2$,解得 $v_0 = \frac{35x_1 - 9x_2}{60t}$, $a = \frac{3x_2 - 5x_1}{30t^2}$ 。设质点到达 C 点时的速度为 v_C ,根据速度公式得 $v_C = v_0 + a \cdot 3t$,解得 $v_C = \frac{5x_1 + 9x_2}{60t}$ 。

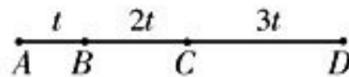


图 2

解法二:如图 3 所示,利用平均速度等于中间时刻瞬时速度可得,质点通过 AC 段的平均速度是中间时刻 $t_1 = 1.5t$ 的瞬时速度,即 $v_1 = \frac{s_{AC}}{t_{AC}} = \frac{x_1}{3t}$;质点通过 BD 段的平均速度是中间时刻 $t_2 = 3.5t$ 的瞬时速度,即 $v_2 = \frac{s_{BD}}{t_{BD}} = \frac{x_2}{5t}$ 。两中间时刻之间的时间差 $\Delta t = t_2 - t_1 = 2t$,则 $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{3x_2 - 5x_1}{30t^2}$ 。设质点到达 C 点时的速度为 v_C ,以 v_1 为起点,根

据速度公式得 $v_C = v_1 + a \cdot 1.5t$, 解得 $v_C = \frac{5x_1 + 9x_2}{60t}$ 。

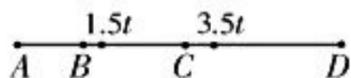


图3

答案:B

例3 如图4所示,一物体从O点由静止开始做匀加速直线运动,途经A、B、C三点,其中AB段的长度为2 m,BC段的长度为3 m。若物体通过AB段和BC段所用的时间相等,则O、A两点之间的距离等于()。

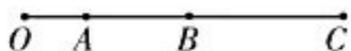


图4

- A. $\frac{9}{8}$ m B. $\frac{8}{9}$ m
C. $\frac{3}{4}$ m D. $\frac{4}{3}$ m

解法一: 设物体到达A点时的速度为 v_A , 物体通过AB段和BC段所用的时间为 t , 加速度为 a , 根据位移公式得 $s_{AB} = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$, $s_{BC} = v_B t + \frac{1}{2} a t^2 = (v_A + a t) t + \frac{1}{2} a t^2$, 两式相减得 $\Delta s = s_{BC} - s_{AB} = a t^2 = 1$ m, 解得 $v_A t = \frac{3}{2}$ m。设物体通过OA段所用的时间为 t_1 , 则O、A两点之间的距离 $s_{OA} = \frac{1}{2} a t_1^2 =$

$$\frac{1}{2} a \left(\frac{v_A}{a} \right)^2 = \frac{1}{2} a \left(\frac{3}{2t \cdot a} \right)^2 = \frac{9}{8 a t^2} = \frac{9}{8} \text{ m}。$$

解法二: 根据相邻相等时间内的位移差公式得 $\Delta s = s_{BC} - s_{AB} = a t^2 = 1$ m, 根据位移公式得 $s_{AB} = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$, 解得 $v_A t = \frac{3}{2}$ m。设物体通过OA段所用的时间为 t_1 , 则O、A两点之间的距离 $s_{OA} = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{9}{8}$ m。

解法三: 利用平均速度等于中间时刻瞬时速度可得, 物体通过AB段中间时刻的瞬时速度 $v_1 = \frac{s_{AB}}{t}$, 物体通过BC段中间时刻的瞬时速度 $v_2 = \frac{s_{BC}}{t}$, 加速度 $a = \frac{v_2 - v_1}{t} =$

$$\frac{s_{BC} - s_{AB}}{t} = \frac{1}{t^2}, \text{ 根据位移公式得 } s_{AB} = v_A t +$$

$\frac{1}{2} a t^2$, 解得 $v_A t = \frac{3}{2}$ m。设物体通过OA段所用的时间为 t_1 , 则O、A两点之间的距离 $s_{OA} = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{9}{8}$ m。

答案:A

二、解后反思

1. 题意上的比较: 审题是解决物理试题的最初环节, 通过审题可以明确命题者的意图, 厘清题目中各个物理量之间的关系, 形成解决问题的思路。上述三个习题均是匀变速直线运动问题, 题干都给出了各段的位移和时间。其中例1、例3两题干中有相邻相等时间间隔的条件, 例2题干中却不是相邻位移, 时间也不相等, 因此解法有所不同。例2不能直接从 $\Delta s = a t^2$ 的角度进行思考; 例1给出的条件较多, 因此可供选择的解法也较多; 例3给出的条件较少, 且关系相对隐蔽, 求解要困难一些。

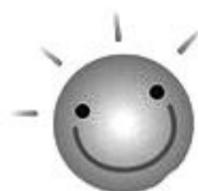
2. 解题方法上的比较:

(1) 在三道习题的题干中都给出了时间、位移关系, 均能从匀变速直线运动的位移、速度等基本公式入手进行求解, 只是在运算上相对复杂一些。

(2) 三道习题都能利用平均速度等于中间时刻瞬时速度这一结论进行求解。需要注意的是在例2中两瞬时速度的时间关系容易出错, 正确作出示意图有利于厘清时间关系。

(3) 例1、例3从解题思路上讲完全一致, 但从试题难度上讲例3的难度相对大一些, 原因是题干中给出的物理量较少, 在解题的过程中需要将 $a t^2$ 或 $v_A t$ 看作整体代入运算, 这就要求答题者要有一定的观察力, 能够在运算过程中想到后面可能用到的关系式。

总之, 习题的作用是促进答题者对知识的理解和领悟, 匀变速直线运动涉及的公式和推论繁多, 通过一题多解的训练同学们能够尽快熟悉这些公式, 通过对同类试题多种解法的比较同学们能够掌握各个公式的特点并灵活运用。 (责任编辑 张巧)



利用作图法求解动力学问题



■云南省曲靖市第二中学 吕文东

作图法是利用图像直观反映物理规律的基本科学方法之一。利用作图法求解动力学问题,不仅有利于正确理解物理概念和物理规律,形成物理观念,而且可以达到培养科学思维的目的。

一、利用作图法判断力的变化

例 1 如图 1 所示,一个光滑小球静止在固定斜面体和竖直挡板之间,在挡板缓慢沿逆时针方向由竖直位置转到水平位置的过程中,小球受到挡板和斜面的作用力如何变化?

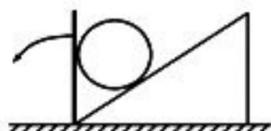


图 1

解析:小球受到竖直向下的重力 G ,垂直于斜面向上的支持力 F_1 ,挡板对它的弹力 F_2 三个力作用,当挡板缓慢转动时,小球所受合力为零,作出小球所受力的矢量三角形,如图 2 所示,则 F_2 先减小后增大(当 F_2 与 F_1 垂直时, F_2 取最小值),最后等于重力 G ; F_1 一直减小,最后减小为零。

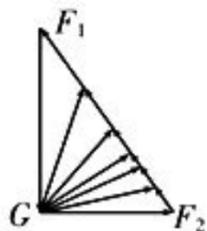


图 2

说明:本题是用作图法判断力的变化的典型习题,当物体受到一个恒力(重力),一个方向不变的力(斜面的弹力),一个大小和方向都变的力(挡板的弹力)三个力作用处于动态平衡状态时,用作图法画出力的矢量三角形进行判断比较简单。

二、利用作图法求解力的大小

例 2 如图 3 所示,一质量 $m = 0.4 \text{ kg}$ 的小物块,以初速度 $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 在与斜面成某一夹角的拉力 F 的作用下,沿斜面向上做匀加速直线运动,经过 $t = 2 \text{ s}$ 时间物块由 A

点运动到 B 点, A、B 两点之间的距离 $L = 10 \text{ m}$ 。已知斜面倾角 $\theta = 30^\circ$,物块与斜面之间的动摩擦因数 $\mu =$

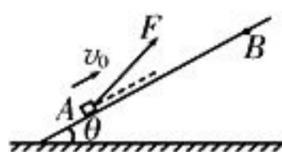


图 3

$\frac{\sqrt{3}}{3}$,取重力加速度 $g =$

10 m/s^2 。当拉力 F 与斜面之间的夹角为多大时,拉力 F 最小? 拉力 F 的最小值是多少?

解析:设物块的加速度为 a ,在物块由 A 点运动到 B 点的过程中,根据运动学公式得 $L = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,解得 $a = 3 \text{ m/s}^2$ 。物块受到重力 mg ,斜面的支持力 N ,滑动摩擦力 f ,拉力 F 四个力作用,把支持力 N 和滑动摩擦力 f 合成为 F' ,当拉力 F 与 F' 垂直时,拉力 F 取最小值,如图 4 所示。根据几何关系得

$\tan \alpha = \frac{f}{N} = \mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$,即 $\alpha = 30^\circ$ 。因此当拉力与斜面成 30° 角时,拉力 F 最小。如图 5 所示,把重力 mg 、拉力 F 和 F' 三力首尾相连,则起点到终点的有向线段表示物体受到的合力 ma ,根据几何关系得拉力的最小值 $F_{\min} =$

$$mg \sin 60^\circ + ma \cos 30^\circ = \frac{13\sqrt{3}}{5} \text{ N}。$$

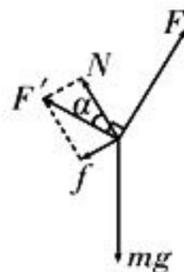


图 4

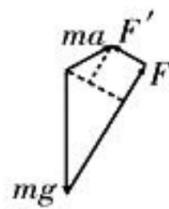


图 5

说明:本题也可以先根据运动学公式求

出物块的加速度 a , 再根据受力分析列出关于拉力 F 的数学表达式 $F \cos \alpha - mg \sin \theta - \mu(mg \cos \theta - F \sin \alpha) = ma$, 利用数学知识得出当 $\alpha = 30^\circ$ 时, 拉力 F 最小, 且拉力的最小值 $F_{\min} = \frac{13\sqrt{3}}{5} \text{ N}$. 这种求解方法的运算量较大, 容易出错。

三、利用作图法分析“自锁”现象

例 3 如图 6 所示, 质量为 m 的物体放在一固定斜面上, 物体与斜面之间的动摩擦因数 $\mu = \frac{3}{4}$, 用水平力 F 推物体, 若无论力 F 多大都推不动, 则斜面的倾角为多大? (假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力)

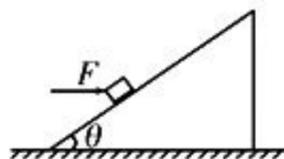


图 6

解析: 当斜面倾角较小时, 物体的受力情况如图 7 所示, 把斜面支持力 N 与滑动摩擦力 f 合成为 F_1 , 再把重力 mg 、水平推力 F 和 F_1 三力首尾相连, 其合力 ma 沿斜面向上,

则物体沿斜面向上做加速运动。当斜面倾角增大后, 物体的受力情况如图 8 所示, 若斜面支持力 N 与最大静摩擦力 f 的合力 F_2 沿水平方向, 水平推力 F 与 F_2 的反向延长线不能相交, 则水平推力 F 不管多大, 都推不动物体。根据几何关系得 $\tan \theta_0 = \frac{N}{f} = \frac{1}{\mu} = \frac{4}{3}$, 即 $\theta_0 = 53^\circ$ 。因此当斜面倾角 $\theta \geq 53^\circ$ 时, 不管水平推力 F 多大, 都推不动物体。

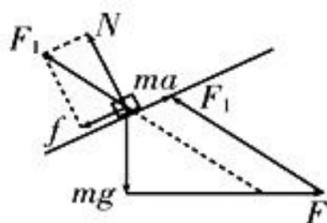


图 7

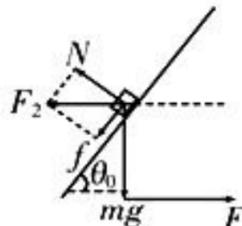


图 8

说明: 本题如果用常规方法求解, 那么当水平推力刚好推不动物体时有 $F \cos \theta_0 - mg \sin \theta_0 - \mu(F \sin \theta_0 + mg \cos \theta_0) = 0$, 利用数学知识得出当 F 无穷大时, $\theta_0 = 53^\circ$, 即当斜面倾角 $\theta \geq 53^\circ$ 时, 不管水平推力多大, 都推不动物体。用数学方法求解的计算过程会比较麻烦, 而用作图法求解则简单、直观。

(责任编辑 张 巧)

(上接第 20 页)

零散的基础知识进行系统化整合, 并在以真实情景为素材试题的不断训练中, 实现学以致用最终目标。

3. 注重实验原理和方法的复习, 培养知识迁移能力。高考物理实验题不仅考查考生对基本实验原理、常用实验方法, 以及数据处理能力的掌握程度, 还会设置一些新情景的实验题考查考生的知识迁移能力。比如 2022 年高考全国乙卷理综中第 22 题以雷达探测高速飞行器的位置为背景, 要求考生将熟悉的打点计时器纸带处理方法进行灵活迁移, 给出该飞行器近似做匀加速直线运动的理由, 考查考生运用物理专业术语进行表达的能力。因此同学们在复习备考中要加强对实验原理和方法的复习, 做到知其然, 也知其所以然。

4. 注重数学知识的灵活运用, 提升图像

处理能力。物理是一门和数学分不开的学科, 很多的物理问题都需要用数学方法来解决。特别是在近几年的高考中, 多数力学类试题会采用数形结合的方式考查考生应用数学知识解决物理问题的能力。比如 2022 年高考全国乙卷理综中第 15 题、第 16 题、第 20 题、第 25 题、第 34 题的 (1) 问都需要运用几何图形、函数图像进行表达。因此同学们在复习备考中必须加强对图像类问题的复习, 提高数形结合的意识, 提升识图、作图能力, 以及图像处理能力。

总之, 同学们在复习备考中要研究考向, 不要无的放矢; 要重视教材, 不要脱离课本; 要打牢基础, 不要好高骛远; 要合理标高, 不要脱离实际; 要把握题例, 不要题海战术; 要认真练习, 不要眼高手低; 要重视过程, 不要急于求成; 要培养能力, 不要死记硬背。

(责任编辑 张 巧)



例说运动学图像问题的分析与求解

■江苏省镇江第一中学

李更磊 白利燕

运动学图像问题不仅考查同学们对基本概念和基本规律的理解与应用,而且对同学们的读图、识图、画图、用图的能力也提出了较高的要求。同学们在遇到运动学图像问题时,需要认真观察图像,挖掘出图像描述的物理现象和物理过程,找到研究对象遵循的物理规律,建立各个物理量之间的定量关系,灵活运用数学知识完成物理问题的求解。下面选取两类典型的运动学图像问题进行分析与求解,以期能为同学们的复习备考助力。

一、横轴表示时间的图像

横轴表示时间的图像描述的是纵轴物理量随时间变化的规律,常见的横轴表示时间的图像包括 $x-t$ 图像、 $v-t$ 图像和 $a-t$ 图像等。

1. $x-t$ 图像:描述的是做直线运动的物体的位移 x 随时间 t 变化的规律。观察 $x-t$ 图像可以知道做直线运动的物体在某一时刻所处的位置,以及物体在这一位置处的速度和加速度。若 $x-t$ 图像是一条平行于横轴的直线,则表示物体处于静止状态,物体的速度和加速度均为零;若 $x-t$ 图像是一条倾斜的直线,则表示物体做匀速直线运动,直线的斜率表示物体的速度,物体的加速度为零;若 $x-t$ 图像是一条曲线,则表示物体做变速直线运动,曲线上某点切线的斜率表示物体在对应时刻的速度,曲线上各点切线斜率的变化反映物体速度的变化。

例 1 一质量为 m 的物体放置在集装箱内,物体随集装箱一起向上运动,其位移 x 随时间 t 的变化规律如图 1 所示。物体受到集装箱对它的支持力用 N 表示,物体的速度用 v 表示。已知当地的重力加速度为 g ,以下说法中正确的是()。

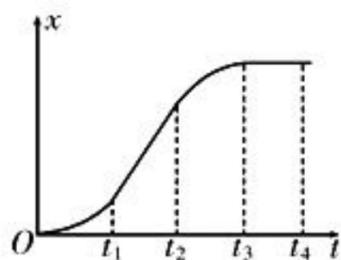


图 1

- A. $0 \sim t_1$ 内, v 增大, $N > mg$
- B. $t_1 \sim t_2$ 内, v 增大, $N < mg$
- C. $t_2 \sim t_3$ 内, v 增大, $N < mg$
- D. $t_3 \sim t_4$ 内, v 减小, $N > mg$

解析:根据 $x-t$ 图像反映物体的位移 x 随时间 t 的变化规律,图像的斜率表示物体的速度可知, $0 \sim t_1$ 内,物体的位移 x 增加,速度 v 增大,加速度方向向上,物体处于超重状态,则 $N > mg$,选项 A 正确; $t_1 \sim t_2$ 内,物体的位移 x 增加,速度 v 不变,加速度为零,物体匀速上升,则 $N = mg$,选项 B 错误; $t_2 \sim t_3$ 内,物体的位移 x 增加,速度 v 减小,加速度方向向下,物体处于失重状态,则 $N < mg$,选项 C 错误; $t_3 \sim t_4$ 内,物体的位移 x 不变,速度为零,加速度为零,物体处于静止状态,则 $N = mg$,选项 D 错误。

答案:A

2. $v-t$ 图像:描述的是做直线运动的物体的速度 v 随时间 t 变化的规律。观察 $v-t$ 图像可以知道做直线运动的物体在某一时刻的速度,以及物体在这一时刻的加速度。若 $v-t$ 图像是一条平行于横轴的直线,则表示物体做匀速直线运动,物体的加速度为零;若 $v-t$ 图像是一条倾斜直线,则表示物体做匀变速直线运动,直线的斜率表示物体的加速度;若 $v-t$ 图像是一条曲线,则表示物体做变加速直线运动,曲线上某点切线的斜率表示物体在对应时刻的加速度,曲线上各点切线斜率的变化反映物体加速度的变化。

例 2 如图 2 所示,一个光滑斜面体固定在水平地面上,轻质弹簧的一端与足够长斜面上端的挡板相连,用手托住小球,使得小球与弹簧的另一端紧贴在一起,弹簧处于原长状态。现将小球向上移动挤压弹簧,

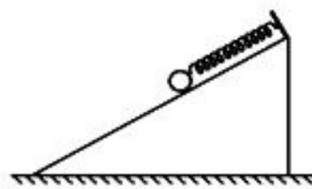


图 2

使得弹簧的形变量为 x , 然后释放, 则如图 3 所示的描述小球在斜面上运动时的 $v-t$ 图像中正确的是()。

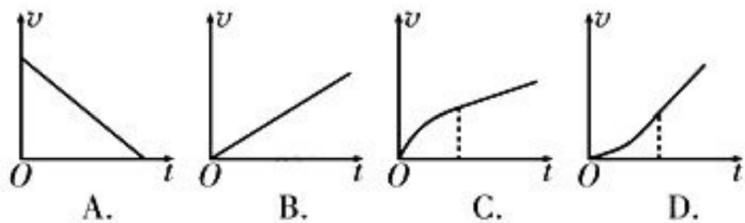


图 3

解析: 将小球向上移动挤压弹簧, 使得弹簧的形变量为 x 后释放, 在小球与弹簧接触的时间内, 小球受到重力和沿斜面向下逐渐减小的弹簧弹力作用, 小球的速度逐渐增大, 加速度逐渐减小, 其 $v-t$ 图像应为一斜率逐渐减小的曲线; 在小球与弹簧脱离的时间内, 小球仅受重力作用, 小球的速度继续增大, 加速度保持不变, 其 $v-t$ 图像应为一倾斜的直线。

答案: C

3. $a-t$ 图像: 描述的是物体的加速度 a 随时间 t 变化的规律。观察 $a-t$ 图像可以知道物体在某一时刻的加速度, 以及物体在某段时间内速度的变化情况。若 $a-t$ 图像是一条平行于横轴的直线, 则表示物体做匀变速运动; 若 $a-t$ 图像是一条倾斜直线或曲线, 则表示物体做变加速运动, 且直线的斜率或曲线上某点切线的斜率表示物体在对应时刻加速度的变化率。

例 3 一辆汽车由静止开始沿平直公路运动, 其加速度 a 随时间 t 的变化规律如图 4 所示, 以下说法中正确的是()。

A. $0 \sim t_0$ 内, 汽车的平均速度为 $a_0 t_0$

B. 第 $2t_0$ 末, 汽车的速度为 $\frac{3a_0 t_0}{2}$

C. $t_0 \sim 2t_0$ 内, 汽车的位移大于 $\frac{5a_0 t_0^2}{4}$

D. $0 \sim 2t_0$ 内, 汽车的位移等于 $a_0 t_0^2$

解析: 根据 $a-t$ 图像可知, $0 \sim t_0$ 内, 汽车做匀加速直线运动, 末速度 $v_1 = a_0 t_0$, 平均速

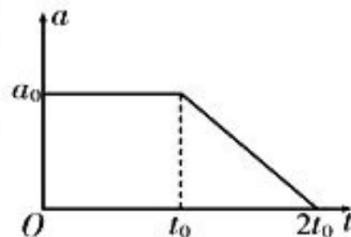


图 4

度 $\bar{v} = \frac{a_0 t_0}{2}$, 选项 A 错误。根据 $a-t$ 图像与横轴围成的面积表示速度的变化量可知, $0 \sim 2t_0$ 内, 汽车速度的变化量 $\Delta v = a_0 t_0 + \frac{1}{2} a_0 t_0 = \frac{3a_0 t_0}{2}$, 因此第 $2t_0$ 末汽车的速度 $v_2 = \frac{3a_0 t_0}{2}$, 选项 B 正确。作出对应的 $v-t$ 图

像如图 5 所示, 根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移可知, $t_0 \sim 2t_0$ 内, 汽车的位移 $x_2 > \frac{v_1 + v_2}{2} t_0 = \frac{5a_0 t_0^2}{4}$, 选项 C

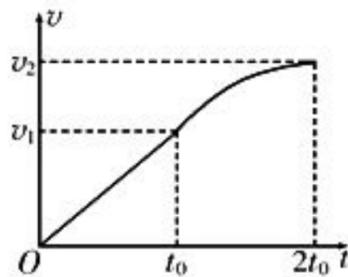


图 5

正确; $0 \sim 2t_0$ 内, 汽车的

位移 $x > \frac{1}{2} v_1 t_0 + \frac{5a_0 t_0^2}{4} = \frac{7a_0 t_0^2}{4}$, 选项 D 错误。

答案: BC

二、横轴表示位移的图像

横轴表示位移的图像描述的是纵轴物理量随位移变化的规律, 常见的横轴表示位移的图像包括 $v-x$ 图像和 $a-x$ 图像等。

1. $v-x$ 图像: 描述的是物体的速度 v 随位移 x 变化的规律。根据 $v-x$ 图像的斜率 $k = \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{a}{v}$ 可知, 物体的加速度 $a = kv$, 即 $v-x$ 图像的斜率和物体速度的变化共同决定物体的加速度。

例 4 一辆轿车和一辆货车在同一地点, 同一时刻, 沿相同方向做直线运动。轿车做初速度为零, 加速度大小为 a_1 的匀加速运动; 货车做初速度 $v_0 = 6 \text{ m/s}$, 加速度大小为 a_2 的匀减速运动, 运动至速度减小为零后保持静止状态。轿车和货车在运动过程中的速度—位移图像如图 6 所示。下列说法中正确的是()。

A. 货车从开始运动至停止的过程中发生的位移为 18 m

B. 两车同时到达 $x = 6 \text{ m}$ 处

C. 从两车开始运动至货车停止的过程

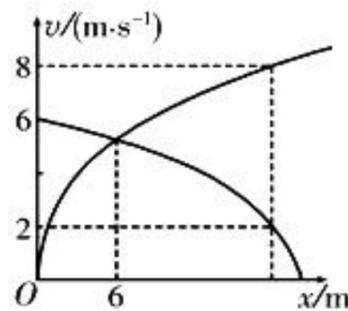


图 6

中,两车之间的最大距离为 18 m

D. 从两车开始运动至货车停止的过程中,两车之间的最大距离为 6 m

解析:根据匀变速直线运动规律可知,轿车的位移与速度的关系式为 $v_1^2 = 2a_1x_1$, 变形得 $x_1 = \frac{v_1^2}{2a_1}$; 货车的位移与速度的关系式

为 $v_2^2 - v_0^2 = -2a_2x_2$, 变形得 $x_2 = \frac{v_2^2 - v_0^2}{-2a_2}$ 。

结合 $v-x$ 图像可得,当 $v_1 = v_2$ 时, $\frac{v_1^2}{2a_1} = \frac{v_2^2 - v_0^2}{-2a_2} = 6 \text{ m}$; 当 $x_1 = x_2$ (x_1, x_2 大于 6 m)

时, $v_1 = 8 \text{ m/s}$, $v_2 = 2 \text{ m/s}$, 即 $\frac{64}{2a_1} = \frac{4-36}{-2a_2}$ 。

联立以上各式解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$ 。货车从开始运动至停止的过程中发生的位移

$x_2 = \frac{0 - v_0^2}{-2a_2} = 18 \text{ m}$, 选项 A 正确。根据匀变速直线运动的位移公式可得,轿车到达 $x = 6 \text{ m}$ 处所用的时间 t_1 满足关系式 $x = \frac{1}{2}a_1t_1^2$, 解得 $t_1 = \sqrt{6} \text{ s}$; 货车到达 $x = 6 \text{ m}$ 处

所用的时间 t_2 满足关系式 $x = v_0t_2 - \frac{1}{2}a_2t_2^2$, 解得 $t_2 = (6 - 2\sqrt{6}) \text{ s}$ [$t_2 = (6 + 2\sqrt{6}) \text{ s}$ 舍去]。因为 $t_1 > t_2$, 所以货车先到达 $x = 6 \text{ m}$ 处, 选项 B 错误。当两车速度相等时, 两车之间的距离最大, 根据 $a_1t = v_0 - a_2t$, 解得 $t = 2 \text{ s}$, 则两车之间的最大距离 $\Delta x = v_0t - \frac{1}{2}a_2t^2 - \frac{1}{2}a_1t^2 = 6 \text{ m}$, 选项 C 错误, D 正确。

答案:AD

2. $a-x$ 图像:描述的是物体的加速度 a 随位移 x 变化的规律。观察 $a-x$ 图像纵坐标的变化情况可以知道物体在运动过程中加速度的变化情况, 确定物体是做匀变速运动还是非匀变速运动; 将匀变速直线运动的位移与速度的关系式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 变形得 $ax = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$, 因此 $a-x$ 图像与横轴围成的面积的 2 倍表示物体在做匀变速直线运动的过程中速度平方的变化量。

例 5 位于水平桌面上的物体在水平

外力 F 的作用下由静止开始运动, 以物体静止时所处的位置为坐标原点 O , 以外力 F 的方向为正方向建立 x 轴, 则物体的加速度 a 随位移 x 的变化规律如图 7 所示。下列说法中正确的是()。

A. 当物体的位移为 x_1 时, 物体的速度大小为 $\sqrt{2a_0x_1}$

B. 当物体的位移为 x_2 时, 物体的速度达到最大

C. 物体的最大速度为 $\sqrt{a_0(x_2+x_3)}$

D. 在 $0 \sim x_2$ 的过程中物体做匀加速直线运动, 在 $x_2 \sim x_3$ 的过程中物体做匀减速直线运动

解析:根据 $a-x$ 图像与横轴围成的面积的 2 倍表示物体在做匀变速直线运动的过程中速度平方的变化量可得, 当物体的位移为 x_1 时, 物体的速度大小 v_1 满足关系式 $v_1^2 = 2a_0x_1$, 解得 $v_1 = \sqrt{2a_0x_1}$, 选项 A 正确。因为 $a-x$ 图像与横轴围成的面积最大时, 物体的末速度最大, 所以当物体的位移为 x_3 时, 物体的速度达到最大, 且最大速度 $v_{\max} =$

$\sqrt{2\left[a_0x_2 + \frac{1}{2}a_0(x_3-x_2)\right]} = \sqrt{a_0(x_2+x_3)}$,

选项 B 错误, C 正确。观察 $a-x$ 图像可知, 在 $0 \sim x_2$ 的过程中, 物体的加速度恒定, 物体做匀加速直线运动, 在 $x_2 \sim x_3$ 的过程中, 物体的加速度逐渐减小, 物体做变加速直线运动, 选项 D 错误。

答案:AC

方法与总结

运动学图像的形式多样, 变化多端, 解决运动学图像问题的依据是基本的物理规律和物理方法, 解决运动学图像问题的基本步骤是观察图像, 弄清纵、横轴表示的物理量 \rightarrow 根据物理规律推导纵、横轴表示的物理量之间的函数关系式 \rightarrow 结合图像的斜率、截距、交点、面积等表示的物理意义列出关系式 \rightarrow 解对应关系式回答相关问题。

(责任编辑 张 巧)

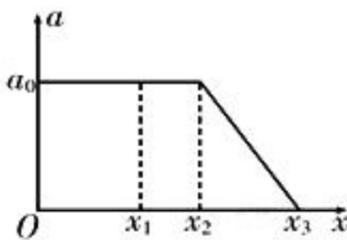


图 7



运用牛顿第二定律解决

连接体问题



■贵州省天柱民族中学 胡朝平

多个相互关联的物体由轻绳、轻杆、轻弹簧等连接在一起,或者叠放在一起,构成的物体系称为连接体。根据关联物体速度的关系和连接物体介质的不同特点,灵活选用整体法和隔离法,利用牛顿第二定律可以顺利求解相关问题。下面举例分析。

一、根据关联物体速度的关系可以分为同速连接体和关联速度连接体

1. 同速连接体:相互关联的物体在拉力、弹力或摩擦力的作用下,具有相同的速度或相同的加速度。具体案例如图1所示。

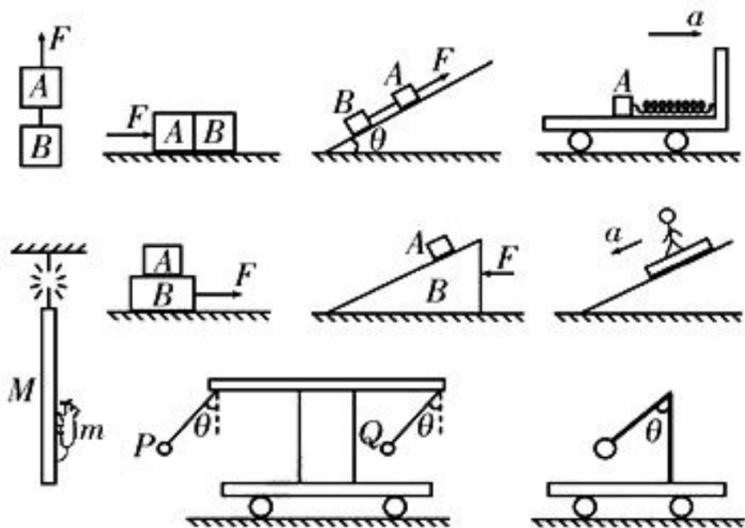


图1

2. 关联速度连接体:相互关联的物体的速度和加速度大小相等,方向不同,但有所关联。具体案例如图2所示。

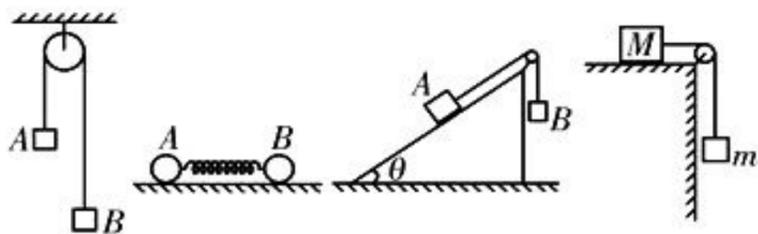


图2

二、根据连接物体介质的不同可以分为轻绳连接体、轻杆连接体、轻弹簧连接体或叠

放连接体

1. 轻绳连接体。

轻绳连接体的特点:轻绳中张力的方向只能沿着轻绳并指向轻绳收缩的方向,轻绳只能提供拉力,轻绳的张力可以发生突变;轻绳平动时,两端物体沿轻绳方向的速度(分速度)总相等;跨过滑轮、光滑杆、光滑钉子连接两端物体的若是同一根轻绳,则轻绳对两端物体的拉力大小相等。

例1 质量不等的两个木块A、B,用跨过一轻质定滑轮的轻绳相连,在如图3所示的情况下,木块A、B一起做匀速运动。已知木块A、B与桌面之间的动摩擦因数均为 μ ,且 $\mu < 1$,重力加速度为 g ,空气阻力、滑轮摩擦均不计。若木块A、B的位置互相交换,则木块A的加速度为()。

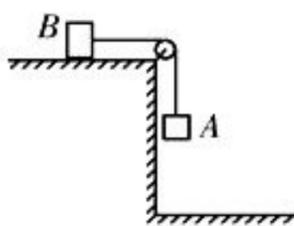


图3

- A. $(1-\mu)g$
- B. $(1-\mu^2)g$
- C. $\frac{1-\mu^2}{\mu}g$
- D. 与木块A、B的质量有关

解析:木块A、B一起做匀速运动的过程中,根据牛顿第二定律得 $m_A g = \mu m_B g$ 。木块A、B的位置互相交换后,同理得 $m_B g - \mu m_A g = (m_A + m_B)a$,解得 $a = (1-\mu)g$ 。

答案:A

2. 轻杆连接体。

轻杆连接体的特点:轻杆对物体弹力的方向不一定沿着轻杆,轻杆既能提供压力,又能提供拉力,轻杆的弹力可以发生突变。若

将轻杆固定在墙壁上,则轻杆不能转动。若用铰链将轻杆与墙壁相连,则轻杆的受力方向一定沿着轻杆的方向。轻杆平动时,连接体具有相同的平动速度;轻杆转动时,连接体具有相同的角速度,而线速度与转动半径成正比。一般情况下,连接体沿轻杆方向的分速度相等。

例 2 如图 4 所示,倾角 $\theta=30^\circ$ 的斜面体固定在地面上,光滑斜面上放一辆小车。一根弹性杆的一端固定在小车上,另一端固定一个质量 $m=0.2\text{ kg}$ 的小球,取重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$ 。求:

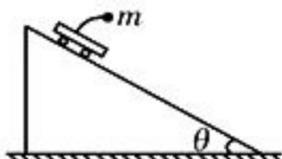


图 4

(1)当在外力作用下小车静止在斜面上时,杆对小球的弹力。

(2)当小车由静止沿斜面下滑时,杆对小球的弹力。

解析:(1)当小车处于静止状态时,小球处于平衡状态,则杆对小球的弹力 $F=mg=2\text{ N}$,方向竖直向上。

(2)当小球由静止沿斜面下滑时,由小车、杆和小球组成的整体的加速度 $a=\frac{Mg\sin\theta}{M}=5\text{ m/s}^2$,小球受到的合外力 $F_{\text{合}}=ma=1\text{ N}$,方向沿斜面向下。根据平行四边形定则可知,杆对小球的弹力 $F'=\sqrt{(mg)^2-F_{\text{合}}^2}=\sqrt{3}\text{ N}$,方向垂直于斜面向上。

3. 轻弹簧连接体。

轻弹簧连接体的特点:弹簧可以产生和承受沿弹簧伸缩方向的拉力和压力。在弹簧发生形变的过程中,两端物体的速率不一定相等;在弹簧形变量最大时,两端物体的速率相等,两端物体受到弹簧的作用力大小相等。

例 3 如图 5 所示,置于粗糙水平面上的物块 A 和 B 用轻质弹簧连接,在水平恒力 F 的作用下,A、B 两物块以相同的加速度向右运动。A、B 两物块的质量关系为 $m_A>m_B$,两物块与水平面之间的动摩擦因数相同。为使弹簧稳定时的伸长量增大,下列操作可行的是()。



图 5

- A. 仅减小物块 B 的质量 m_B
- B. 仅增大物块 A 的质量 m_A
- C. 仅将物块 A、B 的位置对调
- D. 仅减小水平面的粗糙程度

解析:设弹簧的弹力为 T ,对由 A、B 两物块组成的整体应用牛顿第二定律得 $F-\mu(m_A+m_B)g=(m_A+m_B)a$,对物块 B 应用牛顿第二定律得 $T-\mu m_B g=m_B a$,解得 $T=\frac{m_B F}{m_A+m_B}=\frac{F}{\frac{m_A}{m_B}+1}$ 。仅减小物块 B 的质量

m_B 时, T 减小,则弹簧稳定时的伸长量减小,选项 A 错误;仅增大物块 A 的质量 m_A 时, T 减小,则弹簧稳定时的伸长量减小,选项 B 错误;仅将物块 A、B 的位置对调,同理得弹簧的弹力 $T'=\frac{m_A F}{m_A+m_B}$,因 $m_A>m_B$,故 $T'>T$,则弹簧稳定时的伸长量增大,选项 C 正确;因为 T 与 μ 无关,所以仅减小水平面的粗糙程度,弹簧稳定时的伸长量不变,选项 D 错误。

答案:C

4. 叠放连接体。

叠放连接体的特点:叠放在一起的物体之间由于相对运动或相对运动趋势会产生相互作用力;叠放在一起的物体之间相对静止时具有相同的速度和加速度;叠放在一起的物体之间相对运动时具有不相同的速度和不相同的加速度。

例 4 如图 6 所示,长木板放置在水平面上,一小物块置于长木板的中央,长木板和物块的质量均为 m ,物块与长木板之间的动摩擦因数为 μ ,长木板与水平面之间的动摩擦因数为 $\frac{\mu}{4}$,假设最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等,重力加速度为 g 。现对物块施加一水平向右的拉力 F ,则长木板加速度 a 的大小可能是()。

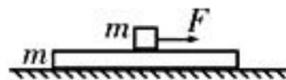


图 6

- A. 0
- B. $\frac{2\mu g}{3}$
- C. $\frac{\mu g}{3}$
- D. $\frac{F}{2m}-\frac{\mu g}{4}$

解析:水平面对长木板的最大静摩擦力 $f_{\max} = \frac{\mu}{4} \cdot 2mg = \frac{1}{2}\mu mg$, 若拉力 $F \leq f_{\max}$, 则 $a=0$, 选项 A 正确。若物块相对长木板运动, 则 $\mu mg - \frac{\mu}{4} \cdot 2mg = ma$, 解得 $a = \frac{1}{2}\mu g$, 此时的加速度为最大值, 选项 B 错误, C 正确。若长木板相对物块静止, 长木板和物块一起做匀加速直线运动, 则由物块和长木板组成的整体在水平方向上受到的力为 $F - f_{\max} = 2ma$, 解得 $a = \frac{F}{2m} - \frac{\mu g}{4}$, 选项 D 正确。

答案:ACD

处理连接体问题的方法:(1)若是同速连接体问题, 则先用整体法求出 $F_{\text{合}}$ 与 a 的关系; 若连接体内各物体具有相同的加速度, 且不需要求物体之间的作用力, 则可以把它们看成一个整体, 分析整体受到的合力, 应用牛顿第二定律求出加速度(或其他未知量), 用隔离法求出 $F_{\text{内}}$ 与 a 的关系。(2)若是关联速度连接体问题, 则先将两物体隔离开进行分析; 若连接体内各物体的加速度不相同, 或者需要求出连接体内各物体之间的作用力时, 就需要用隔离法, 应用牛顿第二定律列式求解。(3)整体法、隔离法往往需要交替运用。若连接体内各物体具有相同的加速度, 且需要求出连接体内各物体之间的作用力时, 可以先用整体法求出加速度, 再选取合适的研究对象用隔离法, 应用牛顿第二定律求作用力, 即“先整体求加速度, 再隔离求内力”。若已知连接体内物体之间的作用力, 求连接体整体受到的外力, 则“先隔离求加速度, 再整体求外力”。

应用整体法和隔离法解题的技巧:(1)求解一起加速运动的物体系统问题时, 若外力 F 作用在 m_1 上, 则 m_1 和 m_2 之间的相互作用力 $F_{12} = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2}$ 。此结论与有无摩擦无关(若有摩擦, 则两物体与接触面之间的动摩擦因数必须相同), 物体系统沿水平面、斜面、竖直方向运动时, 此结论都成立。两物体之间的连接物为轻弹簧、轻杆时, 此结论也成立。(2)求解通过跨过滑轮的轻绳连接的物体系

统问题时, 若需要求出轻绳的拉力, 则往往需要采用隔离法, 因为通过跨过滑轮的轻绳连接的两物体的加速度虽然大小相同但方向不同。(3)求解叠加体系统临界问题可以按照如图 7 所示的程序进行。

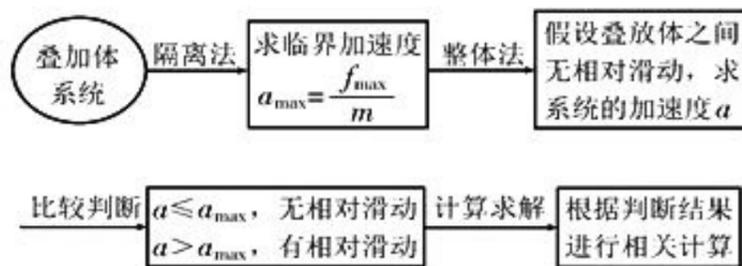


图 7

跟踪训练

1. 如图 8 所示, 质量为 m_2 的物块 B 放在光滑的水平桌面上, 其上叠放质量为 m_1 的物块 A, 用跨过光滑定滑轮的细线将物块 A 与质量为 M 的物块 C 相连, 释放物块 C, 物块 A 和 B 一起以加速度大小 a 由静止开始运动。已知 A、B 两物块之间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度大小为 g , 则细线中的弹力大小为()。

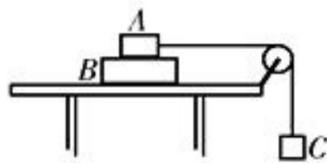


图 8

- A. Mg
- B. $M(g+a)$
- C. $(m_1+m_2)a$
- D. $m_1a + \mu m_1g$

2. 如图 9 甲所示, 在粗糙的水平面上, 质量分别为 m 和 M 的物块 A、B 用轻弹簧相连, 两物块与水平面之间的动摩擦因数均为 μ , 当水平力 F 作用在物块 B 上, 且两物块一起向右以加速度 a_1 做匀加速运动时, 弹簧的伸长量为 x_1 ; 如图 9 乙所示, 当将同样大小的恒力 F 沿着倾角为 θ 的光滑斜面方向作用在物块 B 上, 且两物块一起以加速度 a_2 沿斜面向上做匀加速运动时, 弹簧的伸长量为 x_2 。下列说法中正确的是()。

- A. 若 $m > M$, 则 $x_1 = x_2$
- B. 若 $m < M$, 则 $x_1 = x_2$

圆的数学性质在动力学问题中的应用

四川省资中县教育研究室 邓贤彬

圆是生活中常见的几何图形,也是平面几何中研究较多的数学模型。熟练掌握圆的几何性质、圆与直线的位置关系并巧妙结合物理情景解决物理问题,不仅可以拓宽解题思路,而且能够提高解题速度和提升解题能力。下面利用圆的特点并结合物理规律迅速、准确地求解力的动态平衡、匀变速运动等动力学问题,权作抛砖引玉之说,愿对读者有所帮助和启迪。

一、利用同圆或等圆解决力的动态平衡问题

1. 圆的数学性质:在同圆或等圆中,同弧(等弧)所对的圆周角相等,相等的圆周角所对的弧长也相等。如图1所示, $\angle ACB = \angle ADB = \angle AEB$ 。

2. 物理模型:在三个力的动态平衡问题中,若某个力的大小和方向保持不变,另两个变化力的夹角始终保持不变,则通过定量计算得出正确答案的难度相当大,而利用圆的有关性质通过作动态变化图往往可以迅速、直观地得出正确答案。

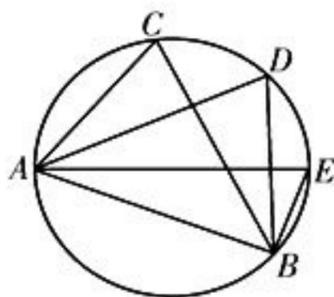


图1

例1 如图2所示,柔软轻绳ON的一端O固定,其中间某点M拴一重物,用手拉住轻绳的另一端N。初始时,OM段竖直且MN段被拉直,OM段与MN段

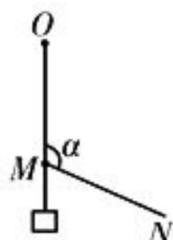


图2

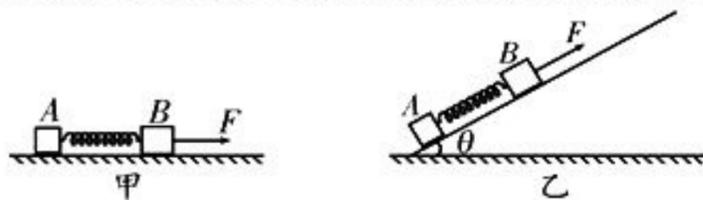


图9

C. 若 $\mu > \sin \theta$, 则 $x_1 > x_2$

D. 若 $\mu < \sin \theta$, 则 $x_1 < x_2$

3. 如图10所示,水平地面上有三个靠在一起的物块A、B和C,它们的质量均为 m , 设它们与地面之间的动摩擦因数均为 μ , 用水平向右的恒力 F 推物块A, 使三个物块一起向右做匀加速直线运动, 用 F_1 、 F_2 分别表示物块A与B、B与C之间相互作用力的大小, 则下列判断正确的是()。



图10

A. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1 : F_2 = 2 : 1$

B. 若 $\mu \neq 0$, 则 $F_1 : F_2 = 3 : 1$

C. 若 $\mu = 0$, 则 $F_1 : F_2 = 2 : 1$

D. 若 $\mu = 0$, 则 $F_1 : F_2 = 3 : 1$

4. 如图11所示,置于水平面上的小车固定有一折成一定角度的细杆,细杆另一端固定了一个质量为 m 的小球,当小车以加速度 $a = g$ 向左加速前进时,细杆对小球的作用力多大? 方向如何?

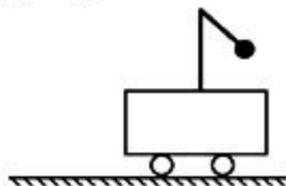


图11

参考答案:1. C 2. AB 3. AC

4. 细杆对小球的作用力大小为 $\sqrt{2}mg$, 其方向与竖直方向之间的夹角为 45° 。

(责任编辑 张巧)

之间的夹角为 α ($\alpha > \frac{\pi}{2}$)。现将重物向右上
方缓慢拉起,并保持夹角 α 不变,在 OM 段由
竖直被拉到水平的过程中()。

- A. MN 段中的张力逐渐增大
- B. MN 段中的张力先增大后减小
- C. OM 段中的张力逐渐增大
- D. OM 段中的张力先增大后减小

解析:题目中的重要信息包括三个,一是
重物在缓慢运动中始终只受三个力的作用,
如图 3 甲所示;二是根据受力平衡,将三个力
平移,则这三个力必然构成首尾相接的三角
形,如图 3 乙所示;三是这三个力中的 mg 的
大小、方向始终保持不变,另外两个力 T_{MN}
和 T_{OM} 的夹角 α 始终不变。

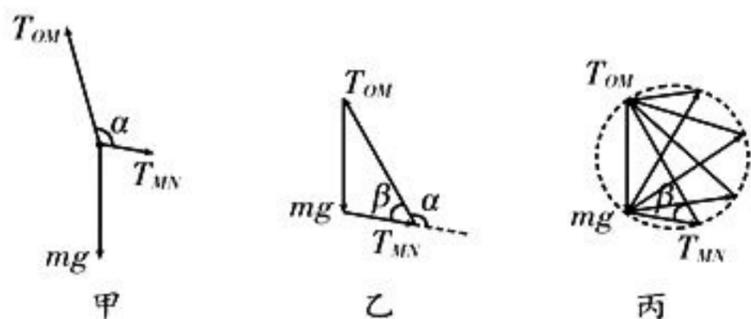


图 3

因为 mg 保持不变,且夹角 α 保持不变,
即图 3 乙中的 β 角也保持不变,所以在封闭
的力的矢量三角形中,表示 mg 的边长不变,
其所对的角 β 也保持不变。根据圆的性质,
过三角形的三个顶点作一圆,如图 3 丙所示,
改变拉力 T_{MN} 和 T_{OM} 的方向,其交点始终在
圆周上。根据动态图可知,在 OM 段由竖直
被拉到水平的过程中, T_{MN} 由零逐渐增大,当
 OM 段水平时 T_{MN} (直径所对的圆周角为直
角)最大, T_{OM} 先增大后减小。

答案:AD

方法与技巧:(1)力的平衡是历年高考必
考的知识点之一,同学们在复习备考时必须
重视知识的落实,强化解题技能的训练,提高
解题的速度和准确度。(2)当物体受到三个
力作用处于平衡状态,其中一个力恒定,另一
个力的大小变化而方向不变,第三个力的方
向变化而大小不变(或者另外两个力的大小
和方向均变化但其夹角保持不变)时,应用作
圆的动态图的方法解决则较为直观、快捷。

实战演练 1:(2021 年高考湖南省等级性
考试)质量为 M 的凹槽静止在水平地面上,
内壁为半圆柱面,截面如
图 4 所示, A 为半圆的最
低点, B 为半圆水平直径
的端点。凹槽恰好与竖
直墙面接触,内有一质量
为 m 的小滑块,用推力 F

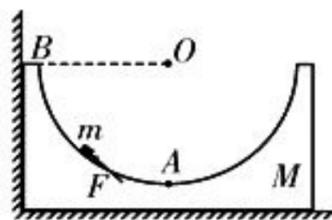


图 4

推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动,力 F 的
方向始终沿圆弧的切线方向,在此过程中所
有摩擦均可忽略。下列说法中正确的是()。

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

答案:C **提示:**对滑块进行受力分析,如
图 5 甲所示,滑块处于动态平衡的变化过程
中(图中的 θ 由 0 增大到 90° 的过程中),重
力 mg 保持不变,且 F 与 N 的夹角一直为
 90° ,因为三个力的合力始终为零,所以可
以重力大小 mg 为直径作一个圆,则 F 和
 N 恰好是夹角始终为 90° 的两条弦,如图
5 乙所示。观察图像可以直接得出在 θ 从
 0 增大到 90° 的过程中, F 逐渐增大, N
逐渐变小,选项 A、B 错误。在 θ 从 0 增
大到 90° 的过程中, F 的
竖直分力一直增大,而水平分力先增大后
减小。对由滑块和凹槽组成的整体进行受
力分析,如图 5 丙所示,根据平衡条件,结
合 F 的竖直分力和水平分力的变化规律可
知, N_2 一直减小, N_1 先增大后减小,选项
C 正确,D 错误。

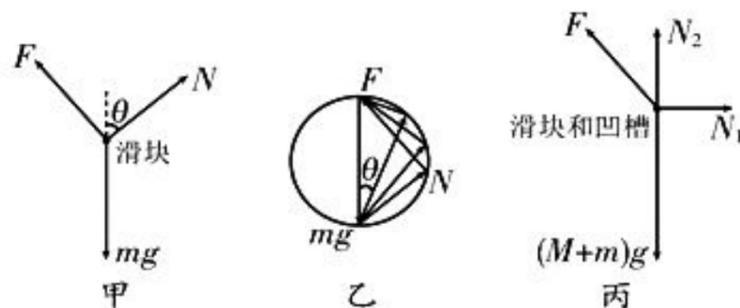


图 5

二、利用“等时圆”比较物体的运动时间

1. 圆的数学性质:半圆(直径)所对的圆
周角是直角, 90° 的圆周角所对的弦是直径。

2. “等时圆”的物理结论:

(1)定性结论:质点从竖直圆环上沿不同的光滑弦上端由静止开始下滑到圆环的最低点所用的时间相等(如图6甲所示),或者质点从竖直圆环的最高点沿不同的光滑弦由静止开始滑到下端所用的时间相等(如图6乙所示)。

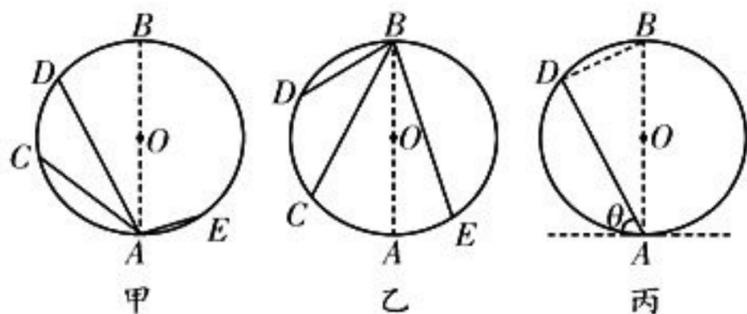


图6

证明:以图6甲中的DA弦为例,设DA弦与水平面之间的夹角为 θ ,如图6丙所示,物体沿DA弦做初速度为零的匀加速直线运动,根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta = ma$,根据运动学公式得 $x_{DA} = \frac{1}{2}at^2$,连接BD,则 $\angle ADB = 90^\circ$ (直径所对的圆周角等于 90°),根据几何关系得 $\angle DBA = \theta$, $x_{DA} = 2R \sin \theta$,解得 $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$,即时间 t 与角度 θ 无关,只由圆的半径 R 和当地的重力加速度决定。

(2)定量关系:质点沿不同弦运动所用的时间 $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ (R 为圆的半径),也等于质点沿竖直弦AB运动所用的时间。

3. 解题思路:

(1)分析模型条件:①多条相交于同一点的光滑倾斜直轨道为同一圆的不同弦;②质点由静止开始从轨道一端滑到另一端。

(2)确定运动起点(或者运动终点):起点为圆周的最高点,或者终点为圆周的最低点。

(3)作等时圆:①过最高点作竖直线;②以某轨道为弦作圆心在竖直线上的圆。

(4)定性比较时间:①轨道端点在圆周上,质点运动时间相等(等时圆);②轨道端点在圆周内,质点运动时间短些;③轨道端点在圆周外,质点运动时间长些。

(5)定量分析时间:根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta = ma$ (θ 为弦与水平面之间的夹角),

解得 $a = g \sin \theta$,根据运动学公式得 $x = \frac{1}{2}at^2$,利用数学知识找出 x 与圆周的半径 R 、弦与水平面之间的夹角 θ 的关系,联立所列关系式便可写出关于时间 t 的定量表达式。

例2 如图7所示,OA、OB和AD是竖直平面内三根固定的光滑细杆,O、A、B、C、D位于同一圆周上,C为圆周的最高点,A为圆周的最低点, O' 为圆心。每根细杆上都套着一小滑环(图中未画出),将两个滑环从O点无初速度地释放,将一个滑环从D点无初速度地释放,

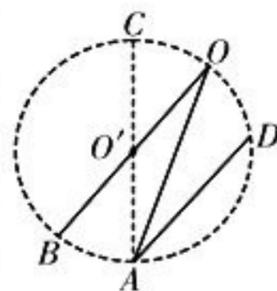


图7

用 t_1 、 t_2 、 t_3 分别表示滑环沿OA、OB、DA杆下滑到A、B两点所用的时间,则下列关系式中正确的是()。

- A. $t_1 = t_2$ B. $t_2 > t_3$
C. $t_1 < t_2$ D. $t_1 = t_3$

解析:沿OA杆和DA杆运动的两个滑环,A为圆周的最低点,根据“等时圆”结论得 $t_1 = t_3$,选项D正确。沿OA杆和OB杆运动的两个滑环,因为O不是圆周的最高点,所以“等时圆”结论不成立,只能定量分析。假设还有一根光滑固定细杆CA,因为 $x_{CA} = x_{OB}$, $a_{CA} > a_{OB}$,所以 $t_{CA} < t_{OB} = t_2$ 。再由“等时圆”结论得 $t_{CA} = t_1 = t_3$,因此 $t_1 < t_2$, $t_2 > t_3$,选项A错误,B、C正确。

答案:BCD

例3 如图8所示,在倾角为 θ 的斜面上方的A点放置一光滑的木板AB,B端刚好在斜面上。木板与竖直方向AC所成夹角为 α ,一小物块自A端沿木板由静止下滑,要使物块滑到斜面上所用的时间最短,则 α 与 θ 角的大小关系应为()。

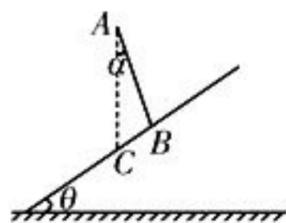


图8

- A. $\alpha = \theta$ B. $\alpha = \frac{\theta}{2}$
C. $\alpha = \frac{\theta}{3}$ D. $\alpha = 2\theta$

解析:物块在竖直平面内沿光滑的木板由静止开始下滑,满足“等时圆”模型中质点运动的特点,因此可以以A点为圆的最高点,使得圆心在AC连线上,以AB为弦作一个圆。根据“等时圆”的定量关系可知,要使物块滑到斜面上所用的时间最短,即要求作出的圆半径最小,又有B点在斜面上,则这个圆应该与斜面相切,即B为圆与斜面的切点,如图9所示。因为B为圆与斜面的切点,则

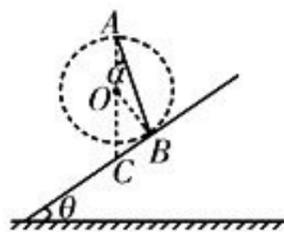


图9

则 $OB \perp BC$, 根据数学知识得 $\angle COB = \theta = 2\alpha$, 即 $\alpha = \frac{\theta}{2}$ 。

答案:B

例4 如图10所示,圆弧AB是半径为R的 $\frac{1}{4}$ 圆弧,在圆弧AB上放置一光滑木板BD,一质量为m的小物体从木板BD的D端由静止下滑,然后冲向水平面BC,在水平面BC上滑行距离L后停下。不计小物体滑至B点时的能量损失,已知小物体与水平面BC之间的动摩擦因数为 μ 。求小物体在木板BD上下滑的过程中,重力做功的平均功率。

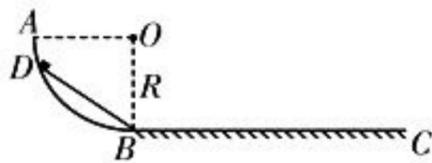


图10

解析:根据动能定理可知,小物体从D点运动到C点的过程中有 $W_{\text{重}} - \mu mgL = 0$, 解得 $W_{\text{重}} = \mu mgL$ 。根据“等时圆”结论可知,小物体从D点运动到B点所用的时间等于小物体从圆周的最高点下落到B点所用的时间,即 $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ 。因此小物体在木板BD上下滑的过程中,重力做功的平均功率 $P = \frac{W_{\text{重}}}{t} =$

$$\frac{\mu mgL}{2} \sqrt{\frac{g}{R}}$$

方法与技巧:(1)定性比较竖直圆面内的不同光滑斜面上物体运动的时间长短问题,

构造“等时圆”是一种快捷的解题方法,尤其是在遇到需要比较多个物体的运动时间时,相当简捷。(2)沿不同光滑弦运动的物体所用的时间 $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ (R为圆的半径)为一定值,也等于做自由落体运动的物体下落高度2R所用的时间,此结论也可用于定量计算。

实战演练2:(2021年高考全国甲卷)如图11所示,将光滑长平板的下端置于铁架台水平底座上的挡板P处,上部架在横杆上。横杆的位置可在竖直杆上调节,使得平板与底座之间的夹角 θ 可变。将小物块从平板与竖直杆交点Q处由静止释放,物块沿平板从Q点滑至P点所用的时间t与夹角 θ 的大小有关。若 θ 由 30° 逐渐增大至 60° ,则物块的下滑时间t将()。

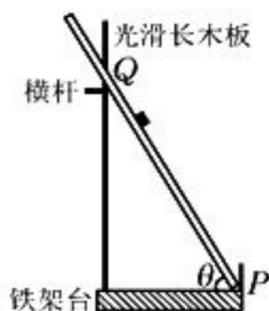


图11

- A. 逐渐增大
- B. 逐渐减小
- C. 先增大后减小
- D. 先减小后增大

答案:D 提示:如图12所示,先过P点作一条竖直线PA,再作与水平面之间的夹角为 30° 的直线PQ₁,然后作线段PQ₁的中垂线与竖直线PA相交于O₁点,以O₁为圆心、O₁P为半径作圆(圆1),圆1与竖直杆的交点为Q₁、Q₂,根据“等时圆”结论可知,物块从Q₂、Q₁两点分别下滑至P点所用的时间相等,即 $t_{Q_2P} = t_{Q_1P}$ 。在竖直线PA上找一点O₂(O₂到竖直杆的距离 $d =$

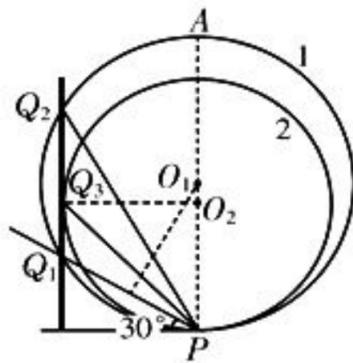


图12

O_2P),以O₂为圆心、O₂P为半径作圆(圆2),使圆2与竖直杆相切于Q₃点。因为圆2的直径小于圆1的直径,所以 $t_{Q_3P} < t_{Q_2P} = t_{Q_1P}$,且弦PQ₃与水平面之间的夹角为 45° 。因为 θ 角由 30° 逐渐增大至 60° ,所以物块的下滑时间先减小后增大。

(责任编辑 张巧)

高三一轮复习检测题(必修1、必修2、选修3-5)A卷

参考答案与提示

1. C 提示:将匀变速直线运动的位移公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 变形得 $\frac{x}{t^2} = v_0 \frac{1}{t} + \frac{a}{2}$, 结合 $\frac{x}{t^2} - \frac{1}{t}$ 图像知 $v_0 = \frac{0 - (-4)}{0.2} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$, $a = 2 \times (-4) \text{ m/s}^2 = -8 \text{ m/s}^2$, 选项 A、B 错误, C 正确。机动车减速至停止需要的时间 $t = \frac{v_0}{|a|} = \frac{20}{8} \text{ s} < 3 \text{ s}$, 发生的位移 $x = \frac{v_0^2}{|2a|} = 25 \text{ m}$, 选项 D 错误。

2. D 提示:重物下降时,做自由落体运动,只有重力做功,机械能守恒,选项 A 错误。重物上升时,绳子的拉力对重物做功,机械能增加,选项 B 错误。从重物开始下降到速度减小为零的过程中,初、末速度均为 0, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 可知,其中下落的时间 $t = 0.4 \text{ s}$, 着地时的速度 $v = g t = 4 \text{ m/s}$, 全程的总时间 $t' = 0.4 \text{ s} + 0.05 \text{ s} = 0.45 \text{ s}$, 地面施加作用力的时间 $t_1 = 0.05 \text{ s}$, 根据动量定理得 $m g t' - F t_1 = 0 - 0$, 解得 $F = 5\,400 \text{ N}$, 地面作用力的冲量 $I = F t_1 = 5\,400 \times 0.05 \text{ N} \cdot \text{s} = 270 \text{ N} \cdot \text{s}$, 选项 C 错误, D 正确。

3. B 提示:圆盘转动的同时,子弹在水平方向上做匀速直线运动,且两个运动具有同时性,根据 $t = \frac{s}{v}$, $\frac{360}{T} = \frac{30 + 360k}{t}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$), 其中 $T = \frac{1}{n} = \frac{1}{50} \text{ s}$, 整理得 $v = \frac{600}{1 + 12k} \text{ m/s}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$)。显见,当 $k = 0$ 时,子弹的飞行速度为 600 m/s 。

4. C 提示:根据 $v-t$ 图像可知, $2 \text{ s} \sim 4 \text{ s}$ 内吊桶匀速上升,轻绳的拉力等于重力, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内吊桶加速上升,轻绳的拉力大于重力,因此 $2 \text{ s} \sim 4 \text{ s}$ 内轻绳的拉力小于 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内轻绳的拉力,选项 A 错误。根据 $v-t$ 图像可知,第 3 s 末轻绳的拉力等于重力,因为每根轻绳与竖直方向之间的夹角 θ 满足 $\cos \theta =$

$\frac{\sqrt{4.1^2 - 0.9^2}}{4.1} = \frac{4}{4.1}$, 根据平衡条件得 $4T \cos \theta = m g$, 解得 $T = 10\,250 \text{ N}$, 选项 B 错误。根据 $v-t$ 图像可知, $4 \text{ s} \sim 8 \text{ s}$ 内吊桶匀减速上升,且加速度大小 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 5 \text{ m/s}^2$, 根据 $m g - 4T_1 \cos \theta = m a$, 解得 $T_1 = 5\,125 \text{ N}$, 选项 C 正确, D 错误。

5. D 提示:货箱缓慢倾斜,货箱所受合外力为零,因此车厢对货箱的作用力与货箱的重力等大反向,选项 A、B 错误。倾角 θ 缓慢增大时,隔板对工件的弹力 F_1 与货箱右壁对工件的弹力 F_2 之间的夹角保持不变,因此由重力 $m g$ 、 F_1 、 F_2 三力组成的闭合三角形的三个顶点在同一个圆周上,如图 1 所示。倾角 θ 从 0 缓慢增大到 37° 的过程中, F_2

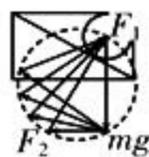


图 1

逐渐增大, F_1 逐渐减小, 根据牛顿第三定律可知,工件对隔板的压力逐渐减小,工件对货箱右壁的压力逐渐增大,选项 C 错误, D 正确。

6. A 提示:根据 $a-t$ 图像可知, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内小滑块与长木板相对静止,二者之间的静摩擦力 $f_0 = m_1 a$ 随加速度的增大而增大,选项 A 正确。 $t = 2 \text{ s}$ 时刻小滑块与长木板恰相对滑动,根据 $\mu m_1 g = m_1 a$ 得 $\mu = 0.1$, 选项 B 错误。 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内对由小滑块和长木板组成的整体有 $k t = (m_1 + m_2) a_1$, $2 \text{ s} \sim 3 \text{ s}$ 内对长木板有 $k t - f_0 = m_2 a_2$, 结合 $a-t$ 图像的斜率 $\frac{k}{m_1 + m_2} = \frac{1}{2}$ 和 $\frac{k}{m_2} = \frac{1}{1}$, 解得 $m_1 = m_2$, 选项 C 错误。 $t = 2 \text{ s}$ 时刻小滑块与长木板共速, $t = 3 \text{ s}$ 时刻滑块与长木板脱离, $2 \text{ s} \sim 3 \text{ s}$ 内小滑块和长木板的速度增量分别为矩形和梯形的面积, 即 $\Delta v_1 = 1 \times 1 \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$, $\Delta v_2 = \frac{1+2}{2} \times 1 \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}$, 选项 D 错误。

7. BD 提示: A、B 两齿轮耦合线速度大小相同,角速度不同,选项 A 错误。此装置

通过叶轮和转轴将水流的动能转化为机械能,选项 B 正确。水流速度越大,叶轮转动越快,相同时间内木樨 E 击打 P 点的次数越多,对应的周期越小,选项 C 错误。木樨 E 击打 P 点时整体绕转轴 O 匀速转动,同轴转动的角速度相同,因为 O、Q 两点之间的距离大于 O、P 两点之间的距离,所以 Q 点的线速度比 P 点的大,选项 D 正确。

8. BC 提示:空间站中虽为完全失重状态,但重力加速度不为零,选项 A 错误。飞船和空间站在 A 点时离地的距离相等,根据 $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma$ 可知,二者的加速度相同,选项 B 正确。根据万有引力提供向心力可知,飞船在 B 点的速度大于空间站在 A 点的速度,选项 C 正确。根据 $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m(R+h)\omega^2$ 可知,地球的质量 $M = \frac{\omega^2(R+h)^3}{G}$,地球的密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3\omega^2(R+h)^3}{4\pi GR^3}$,选项 D 错误。

9. CD 提示:小煤块滑到传送带 N 前的瞬间,相对传送带 N 的速率 $v = \sqrt{v_0^2 + v_1^2} = 1 \text{ m/s}$,选项 A 错误。小煤块在传送带 N 上滑动时所受摩擦力 $f = \mu mg = 2 \text{ N}$,方向如图

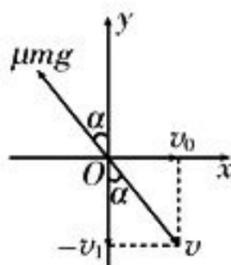


图 2

2 所示,小煤块相对传送带 N 做匀减速直线运动的加速度 $a = \frac{f}{m} = 2 \text{ m/s}^2$,小煤块从滑上传送带 N 到小煤块相对传送带 N 静止所用的时间 $t = \frac{v}{a} = 0.5 \text{ s}$,选项 B 错误。小煤块在传送带 N 上滑动的划痕长度 x 满足 $v^2 = 2ax$,解得 $x = 0.25 \text{ m}$,选项 C 正确。小煤块在传送带 N 上滑动的过程中,因摩擦而产生的热量 $Q = \mu mgx = 0.5 \text{ J}$,选项 D 正确。

10. AC 提示:小球的加速度为零时速度最大,设此时弹簧的压缩量为 x_1 ,则 $mg \sin 45^\circ = kx_1 \cos 45^\circ$,因此两小球下落的高度均为 $h = \frac{x_1}{2} = 5 \text{ cm}$,根据 $2mgh = \frac{1}{2}kx_1^2 + E_{\text{kmax}}$ 可得,两小球的

最大动能 $E_{\text{kmax}} = 0.1 \text{ J}$,选项 A 正确。小球沿细杆先做加速度减小的加速运动,后做加速度增大的减速运动,选项 B 错误。设小球下落高度为 H 时的速度减小为零,则 $2mgH = \frac{1}{2}k(2H)^2$,解得 $H = 10 \text{ cm} > 9 \text{ cm}$,故小球将从杆的最低点脱落,选项 C 正确。当两小球运动到杆的最低点时弹簧的弹性势能最大,此时弹簧的压缩量为 0.18 m ,根据 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$,解得 $E_p = 0.324 \text{ J}$,选项 D 错误。

11. (1)11 5 (2)有 (3)相等 $3k = 2b$

提示:(1)用 $\frac{1}{20}$ 的游标卡尺测量结果是 6.25 mm ,表明零刻线前露出了 6 mm 刻线,游标尺对齐的刻线是 $\frac{0.25}{0.05} = 5$,因为主尺的每小格比游标尺的每小格长 0.05 mm ,所以与游标尺的第 5 条刻线对齐的主尺的刻线是 $6 + 5 = 11$ 条。(2)光电门有显示表明挡光条能到达光电门处,说明下摆过程中小球的势能先转化为动能,后又转化成势能的量没有损失,即小球的机械能守恒。(3)若小球在摆动过程中的机械能守恒,则小球下摆到最低点时的速度满足 $mgL(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$,小球在最低点时力传感器的示数 F 满足 $F - mg = m \frac{v^2}{L}$,整理得 $F = 3mg - 2mg \cos \theta$,显然 $F - \cos \theta$ 图像的斜率大小 $k = 2mg$ 。根据运动的对称性可知,AB、BC 两条直线的斜率大小相等,表明小球的机械能守恒。 $F - \cos \theta$ 图像的纵截距 $b = 3mg$,故 $3k = 2b$,即此式成立说明小球的机械能守恒。

12. (1)C (2)在相邻相等时间内的位移差是相同的 如图 3 所示 y (3) b 2.32 (4)C

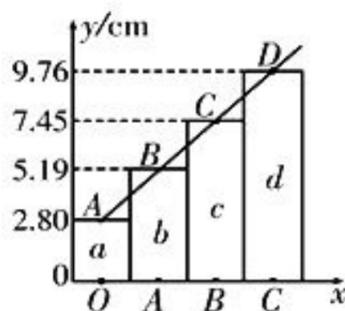


图 3

13. (1) 设运动员在水平轨道上的运动距离为 x_1 (水平轨道末端) 时的速率为 v_1 , 在倾斜轨道上的运动距离为 x_2 (P 点) 时的速率为 v_2 , 根据 v^2-x 图像知 $v_1 = 8 \text{ m/s}$, $v_2 = 35 \text{ m/s}$, $x_1 = 12.8 \text{ m}$, $x_2 = 303.05 \text{ m}$ 。在倾斜轨道上, 根据位移与速度的关系式得 $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x_2 - x_1)$, 根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta - f = ma_2$, 解得 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$, $f = 72 \text{ N}$ 。(2) 运动员在水平轨道上运动时, 根据位移与速度的关系式得 $v_1^2 = 2a_1x_1$, 根据速度公式得 $v_1 = a_1t_1$, 解得 $a_1 = 2.5 \text{ m/s}^2$, $t_1 = 3.2 \text{ s}$ 。运动员在倾斜轨道上运动的时间 $t_2 = \frac{v_2 - v_1}{a_2} = 13.5 \text{ s}$, 因此运动员从开始运动到下滑至 P 点所用的总时间 $t = t_1 + t_2 = 16.7 \text{ s}$ 。

14. (1) 因为小球垂直挡板或平台侧壁撞击时能等速率反弹, 所以小球在竖直方向上的分速度不受撞击影响。小球在竖直方向上做自由落体运动, 在水平方向上做折返的匀速直线运动。在竖直方向上, 根据 $H = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $t = 1 \text{ s}$; 在水平方向上, 根据 $x = v_0t$, 解得 $x = 6 \text{ m}$ 。根据 $x = 5 \text{ s}$ 可知, 小球恰好三次撞击挡板, 两次撞击平台, 最后落在挡板与地面的交界处。(2) 根据小球在竖直方向上做自由落体运动可知, 相邻相等时间间隔内的竖直位移之比为 $1:3:5:7:9$ 。设小球抛出点与挡板上第一个撞击点的高度差为 h , 根据 $h + 3h + 5h + 7h + 9h = H$, 解得 $h = 0.2 \text{ m}$ 。因此挡板上第一、二两撞击点的间距 $h_1 = 3h + 5h = 1.6 \text{ m}$, 第二、三两撞击点的间距 $h_2 = 7h + 9h = 3.2 \text{ m}$ 。

15. (1) 力 F 随时间 t 呈线性变化, 则力 F 的冲量 $I = \frac{F_1 + F_2}{2}t = \frac{3+9}{2} \times 3 \text{ N} \cdot \text{s} = 18 \text{ N} \cdot \text{s}$ 。设小物体滑上长木板时的速度为 v_0 , 根据动量定理得 $I = mv_0 - 0$, 解得 $v_0 = 6 \text{ m/s}$ 。小物体在长木板上滑动, 摩擦力使长木板做加速运动, 根据牛顿第二定律得 $\mu mg = Ma$, 解得 $a = 10 \text{ m/s}^2$ 。若长木板一直加速运动到 BC 处, 则根据位移与速度的

关系得 $v_1^2 = 2a(d-L)$, 解得 $v_1 = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$ 。以长木板和小物体组成的整体为研究对象, 根据动量守恒定律得 $mv_0 = (m+M)v$, 解得 $v = 4 \text{ m/s}$ 。因为 $v_1 > v$, 所以长木板先加速后匀速, 最后以速度 $v = 4 \text{ m/s}$ 撞击 BC 。

(2) 长木板做加速运动的时间 $t_1 = \frac{v}{a} = 0.4 \text{ s}$, 长木板的位移 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 0.8 \text{ m}$, 小物体的位移 $x_2 = v_0t_1 - \frac{1}{2}\mu gt_1^2 = 2 \text{ m}$, 小物体在长木板上的划痕长度 $\Delta x = x_2 - x_1 = 1.2 \text{ m}$ 。长木板停止后小物体继续减速滑行的距离 $x_3 = \frac{v^2}{2\mu g} = 1.6 \text{ m}$, 因此小物体在平台 AB 上滑行的距离 $s = x_3 - (L - \Delta x) = 0.8 \text{ m}$ 。

16. (1) 设第 1 个滑环在细线刚绷紧前的速度为 v_1 , 在细线绷紧后的速度为 v_1' , 根据位移与速度的关系式得 $v_0^2 - v_1^2 = 2\mu gl$, 根据动量守恒定律得 $mv_1 = 2mv_1'$, 解得 $v_1' = 0.375 \text{ m/s}$ 。(2) 设第 3 个滑环在细线刚绷紧前的速度为 v_3 , 在细线绷紧后的速度为 v_3' , 根据动量守恒定律得 $3mv_3 = 4mv_3'$, 又有

$$\frac{E_{k3}'}{E_{k3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 4mv_3'^2}{\frac{1}{2} \times 3mv_3^2}, \text{ 解得 } \frac{E_{k3}'}{E_{k3}} = \frac{3}{4}。 (3) \text{ 第 1}$$

个滑环向左运动至细线绷直的过程中有 $E_{k1} - E_{k0} = -\mu mgl$; 第 2 个滑环向左运动至细线绷直的过程中有 $E_{k2} - \frac{1}{2}E_{k1} = -2\mu mgl$, 变形为 $2E_{k2} - E_{k1} = -2^2\mu mgl$; 第 3 个滑环向左运动至细线绷直的过程中有 $E_{k3} - \frac{2}{3}E_{k2} = -3\mu mgl$, 变形为 $3E_{k3} - 2E_{k2} = -3^2\mu mgl$; \dots ; 第 8 个滑环向左运动至细线绷直的过程中有 $8E_{k8} - 7E_{k7} = -8^2\mu mgl$ 。各式相加得 $8E_{k8} - E_{k0} = -\mu mgl(1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 8^2)$, 欲使所有细线均被拉直, 应使 $E_8 > 0$, 故 $E_{k0} \geq \mu mgl(1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 8^2)$, 其中 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_0 \geq 2\sqrt{51} \text{ m/s}$ 。

(责任编辑 张 巧)

高三一轮复习检测题(必修1、必修2、选修3-5)B卷

参考答案与提示

1. C 提示:对绳子进行分析可知,两队队员对绳子的拉力是一对平衡力,大小相等,方向相反,选项 A 错误。对两队队员组成的整体进行分析可知,当整体突然向获胜一方移动时,获胜一方受到的静摩擦力大于另一方受到的静摩擦力,选项 B 错误。双方相持时,对其中一个运动员进行受力分析,在竖直方向上有 $N = mg$,即支持力 N 不变,因此运动员改变身体与地面之间的夹角时,运动员受到地面的弹力不会变,选项 D 错误;在水平方向上有 $T = f$,当绳子拉力 T 增大时,静摩擦力 f 增大,静摩擦力和支持力的合力增大,即地面对运动员的作用力增大,选项 C 正确。

2. C 提示:根据位移与速度的关系式得 $v_0 = 2ax$,其中 $v_0 = 30 \text{ m/s}$, $x = 75 \text{ m}$,解得 $a = 6 \text{ m/s}^2$,选项 A 错误。又有 $a = \mu g$,解得 $\mu = 0.6$,选项 B 错误。根据速度公式 $v = v_0 - at$ 可得, $t = 3 \text{ s}$ 时刻,汽车的速率 $v_3 = 12 \text{ m/s}$,选项 C 正确。汽车减速到零所用的时间 $t_0 = \frac{v_0}{a} = 5 \text{ s}$,因此 $0 \sim 6 \text{ s}$ 内,汽车的位移等于 75 m ,选项 D 错误。

3. D 提示:如图 1 所示,设每个爪与锅之间的弹力为 N ,其方向与竖直方向之间的夹角为 θ ,正对的两爪之间的距离为 d ,根据几何关系得 $\sin \theta = \frac{d}{2R}$,

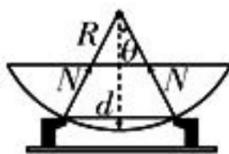


图 1

根据平衡条件得 $4N \cos \theta = mg$,解得 $N = \frac{mg}{4 \cos \theta}$ 。因此 R 越大, $\sin \theta$ 越小, $\cos \theta$ 越大, N 越小。

4. A 提示:女运动员做圆锥摆运动,对女运动员进行受力分析,她受到重力 mg 和男运动员对她的拉力 F ,如图 2 所示。女运动员在竖直方向上受到的合力为零,即 $F \sin 45^\circ = mg$,解得 $F =$

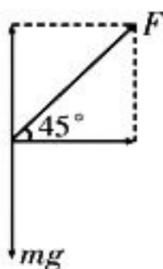


图 2

$450\sqrt{2} \text{ N}$,选项 C 错误。女运动员在水平方向上受到的合力提供其做匀速圆周运动所需的向心力,即 $F \cos 45^\circ = ma_{\text{向}}$,解得 $a_{\text{向}} = 10 \text{ m/s}^2$,选项 A 正确;根据 $a_{\text{向}} = \omega^2 r$, r 约为 1 m 可知,女运动员的角速度约为 3.14 rad/s ,选项 B 错误。对男运动员进行受力分析得 $N = F \cos 45^\circ + Mg = 450 \text{ N} + Mg$,选项 D 错误。

5. B 提示:动车速度达到最大时,牵引力与阻力平衡,则行驶过程中动车受到的阻力大小 $f = \frac{P}{v_{\text{max}}}$,选项 A 错误。当动车的速度为 $\frac{v_{\text{max}}}{4}$ 时,动车的牵引力 $F = \frac{P}{\frac{v_{\text{max}}}{4}} = \frac{4P}{v_{\text{max}}}$,根据

牛顿第二定律得 $F - f = ma$,解得 $a = \frac{3P}{m v_{\text{max}}}$,选项 B 正确。从启动到速度增大为 v_{max} 的过程中,动车牵引力所做的功等于动车动能增加量和克服阻力做功之和,故大于 $\frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2$,选项 C 错误。因为动车不是做匀变速直线运动,所以在只知道最大瞬时速度的情况下,无法估算平均速率,也无法得出路程,选项 D 错误。

6. B 提示:设星球表面的重力加速度为 g ,风帆与滑块的总质量为 m 。沿斜面方向,根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - kv = ma$,解得 $a = -\frac{k}{m}v + g \sin \theta - \mu g \cos \theta$,则 $a-v$ 图像的斜率 $-\frac{a_0}{v_0} = -\frac{k}{m}$,即风帆与滑块的总质量 $m = \frac{k v_0}{a_0}$,选项 A 错误。设星球

的第一宇宙速度为 v ,则 $mg = m \frac{v^2}{R}$,当滑块的速度为零时有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_0$,解得 $g = \frac{a_0}{\sin \theta - \mu \cos \theta}$, $v =$

$\sqrt{\frac{a_0 R}{\sin \theta - \mu \cos \theta}}$,选项 B 正确。在星球表面,

万有引力等于重力,即 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 星球体积 $V = \frac{4}{3} \pi R^3$, 星球密度 $\rho = \frac{M}{V}$, 解得 $\rho = \frac{3a_0}{4\pi GR(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$, 选项 C 错误。根据 $mg = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 解得星球近地卫星的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R(\sin \theta - \mu \cos \theta)}{a_0}}$, 选项 D 错误。

7. BC 提示:水流垂直落在与水平面成 30° 角的水轮叶面上,水平分速度和竖直分速度满足 $\tan 30^\circ = \frac{v_0}{gt}$, 解得 $t = \frac{\sqrt{3}v_0}{g}$, 选项 A 错误, B 正确。水流冲击水轮叶面瞬间的速率 $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = 2v_0$, 根据 $v = \omega R$, 解得 $\omega = \frac{2v_0}{R}$, 选项 C 正确, D 错误。

8. BD 提示:根据万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$, 解得 $a = G \frac{M}{r^2}$, 因为地球的公转半径 r 较小, 所以其公转向心加速度 a 较大, 选项 A 错误。因为从地球发出的指令传播速度 v 相同, 所以 $v = \frac{4}{22 \text{ min}} = \frac{0.55}{t}$, 解得 $t = 3.025 \text{ min}$, 选项 B 正确。火星的公转半径大于探测器的椭圆轨道的半长轴, 根据开普勒第三定律可知, 火星的公转周期大于探测器的公转周期, 因此探测器与火星不能在 C 点相遇, 选项 C 错误。地球的公转周期为 1 年, 火星的公转周期约是地球公转周期的 1.9 倍, 两者的角速度之差 $\Delta\omega = \frac{2\pi}{1} - \frac{2\pi}{1.9} = \frac{1.8\pi}{1.9}$, 因此地球相邻两次与火星相距最近的时间差 $\Delta t = \frac{2\pi}{\Delta\omega} = 2.1 \text{ 年}$, 选项 D 正确。

9. AB 提示:根据 $v-t$ 图像可知, 货物先向上做匀加速运动, 再向上做匀速运动, 因此传送带匀速转动的速度大小 $v = 1 \text{ m/s}$, 选项 A 正确。 $0 \sim 0.4 \text{ s}$ 货物的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{0.4} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律得 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$, 解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$,

选项 B 正确。根据 $v-t$ 图像可知, A、B 两点之间的距离对应图像与横坐标围成的面积, 即 $s = \frac{1}{2} \times (16 + 15.6) \times 1 \text{ m} = 15.8 \text{ m}$, 选项 C 错误。根据动能定理得 $W_f - mgs \sin \theta = \frac{1}{2} mv^2$, 解得 $W_f = 795 \text{ J}$, 选项 D 错误。

10. AD 提示:轻绳被拉断瞬间, 弹簧的弹力等于 kx , 对长木板应用牛顿第二定律得 $kx = Ma$, 解得 $a = \frac{kx}{M}$, 选项 A 正确。轻绳被拉断之前对由长木板和滑块组成的系统有拉力作用, 因此系统的动量不守恒, 选项 B 错误。弹簧恢复原长时长木板有动能, 因此滑块的动能小于 $\frac{1}{2} mv^2$, 选项 C 错误。设轻绳被拉断时滑块的速度为 v_1 , 弹簧弹力做功 $W = -\frac{0+kx}{2} x = -\frac{1}{2} kx^2$, 根据动能定理得 $W = \frac{1}{2} mv_1^2 - \frac{1}{2} mv^2$, 设轻绳被拉断后长木板和滑块最终以速度 v_2 向左运动, 根据动量守恒定律得 $mv_1 = (M+m)v_2$, 根据功能关系得 $\mu mgl = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} (M+m)v_2^2$, 解得 $\mu = \frac{Mv^2 + kx^2}{2(M+m)gl}$, 选项 D 正确。

11. (1) 9.4 (2) 滑轮的轴不光滑(或滑轮有质量, 软绳有质量, 物体在运动过程中受到空气阻力, 手机在下落过程中发生摆动等)

提示:(1)根据 $a-t$ 图像读出手机的加速度 $a = 4.7 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律得 $(m_B - m_A)g_1 = (m_A + m_B)a$, 解得 $g_1 = 9.4 \text{ m/s}^2$ 。

12. (1) 5.2 (2) 0.20 (3) $\frac{d^2}{2g} \cdot \left[\frac{1}{(\Delta t_2)^2} - \frac{1}{(\Delta t_1)^2} \right]$ (4) 不同意。小车在下滑过程中, 阻力做功使得由小车和砂桶组成的系统的一部分机械能转化为内能, 引起机械能减少, 因此机械能不守恒。

提示:(1)游标卡尺的读数 $d = 5 \text{ mm} + 2 \times 0.1 \text{ mm} = 5.2 \text{ mm}$ 。(2)滑块通过光电门 I 的瞬时速度 $v_1 = \frac{d}{\Delta t_1} = 0.20 \text{ m/s}$ 。(3)滑块在沿光滑的斜面下滑的过程中机械能守

恒, 则 $mg(h_1 - h_2) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$, 整理得 $h_1 - h_2 = \frac{d^2}{2g}\left[\frac{1}{(\Delta t_2)^2} - \frac{1}{(\Delta t_1)^2}\right]$ 。

13. (1) 物体恰好能通过 D 点, 根据牛顿第二定律得 $mg = m\frac{v_D^2}{R}$, 解得 $v_D = 2 \text{ m/s}$ 。(2) 物体经过 B 点时的受力情况如图 3 所示, 根据动能定理可知, 物体由 B 点运动到 D 点的过程中有 $-2mgR = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$, 根据牛顿第二定律得 $N - mg = m\frac{v_B^2}{R}$, 解得 $v_B = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$, $N = 60 \text{ N}$ 。(3) 物体在水平面上做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律得 $F - \mu mg = ma$, 根据位移与速度的关系式得 $2ax = v_B^2$, 解得 $x = 2 \text{ m}$ 。



14. (1) 运动员从 A 点滑到 O 点, 根据机械能守恒定律得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{2gh}$ 。(2) 运动员从离开 O 点到落在斜坡上, 根据平抛运动规律得 $x = vt$, $y = \frac{1}{2}gt^2$, $\tan \theta = \frac{y}{x}$, 解得 $t = \frac{2\sqrt{2gh}\tan \theta}{g}$ 。(3) 运动员从离开 O 点到落在斜坡上, 根据动量定理得 $\Delta p = mgt$, 解得 $\Delta p = 2m\sqrt{2gh}\tan \theta$, 方向竖直向下。

15. (1) 根据平均速度公式得 $v = \frac{v_1}{2}$, 又有 $t_1 = \frac{s}{v}$, $v_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$, 解得刹车时间 $t_1 = 4 \text{ s}$, 则刹车加速度 $a = \frac{v_1}{t_1} = 2.5 \text{ m/s}^2$ 。根据牛顿第二定律得 $f = ma$, 解得 $f = 2.5 \times 10^3 \text{ N}$ 。(2) 小朋友通过马路所用的时间 $t_2 = \frac{l+L}{v_0} = 20 \text{ s}$, 汽车等待的时间 $t = t_2 - t_1 = 16 \text{ s}$ 。(3) 根据位移与速度的关系式得 $v_2^2 - v^2 = 2as$, 又有 $v_2 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$, 解得 $v = 5\sqrt{5} \text{ m/s}$ 。

16. (1) $t=0$ 时刻, 物体 P 和 Q 之间发生弹性碰撞, 设碰撞后物体 P 的速度是 v_1 , 物体 Q 的速度是 v_2 , 根据动量守恒定律和能量守恒定律得 $mv_0 = Mv_1 + mv_2$, $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$, 解得 $v_1 = 6 \text{ m/s}$, $v_2 = -3 \text{ m/s}$ 。物体 P 与 Q 发生碰撞后, 物体 P 向右运动, 设物体 P 的加速度大小为 a_1 , 根据牛顿第二定律得 $\mu_1 Mg = Ma_1$, 解得 $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$ 。① 设经过时间 t_1 , 物体 P 向右运动通过 B 点, 根据运动学规律得 $L = v_1 t_1 - \frac{1}{2}a_1 t_1^2$, 解得 $t_1 = (6 - 2\sqrt{7}) \text{ s} = 0.7 \text{ s}$ 或 $t_1 = (6 + 2\sqrt{7}) \text{ s} = 11.3 \text{ s}$ (不符合实际, 舍去)。因为 $t_1 < 2 \text{ s}$, 所以物体 P 向右通过 B 点时, 不会被探测到。② 设经过时间 t_2 , 物体 P 与挡板碰撞后向左运动通过 B 点, 根据运动学规律得 $3L = v_1 t_2 - \frac{1}{2}a_1 t_2^2$, 解得 $t_2 = (6 - 2\sqrt{3}) \text{ s} = 2.54 \text{ s}$ 或 $t_2 = (6 + 2\sqrt{3}) \text{ s} = 9.46 \text{ s}$ (不符合实际, 舍去)。因为 $2 \text{ s} < t_2 < 4 \text{ s}$, 所以物体 P 向左运动通过 B 点时, 会被探测到。(2) 物体 P 与 Q 发生碰撞后, 物体 Q 向左运动, 设物体 Q 的加速度大小为 a_2 , 根据牛顿第二定律得 $\mu_2 mg = ma_2$, 解得 $a_2 = 3 \text{ m/s}^2$ 。物体 Q 向左运动的时间 $t = \frac{0 - v_2}{a_2} = 1 \text{ s}$, 物体 Q 从 A 点开始向左运动的距离 $x = \frac{v_2^2}{2a_2} = 1.5 \text{ m}$, 物体 P 从发生第一次碰撞到停止运动通过的路程 $s = \frac{v_1^2}{2a_1} = 18 \text{ m}$ 。因为 $s - 4L > x$, 所以物体 P 与 Q 能发生第二次碰撞。物体 Q 向左运动的时间 $t = 1 \text{ s}$, 在第一次碰撞结束后 1 s 内, 物体 P 通过的路程 $s_1 = v_1 t - \frac{1}{2}a_1 t^2 = 5.5 \text{ m}$, $s_1 < 4L + x$, 因此物体 P 与 Q 的第二次碰撞发生在物体 Q 静止之后, 即在第二次碰撞之前, 物体 P 通过的路程为 $4L + x$, 物体 Q 通过的路程为 x 。从第一次碰撞到第二次碰撞的过程中, 系统产生的内能 $E = \mu_1 Mg(4L + x) + \mu_2 mgx$, 解得 $E = 39.5 \text{ J}$ 。(责任编辑 张 巧)

2023年高考

《中学生数理化（高中版）》高考理化与您同行

考场如战场，每一道试题都是一个战略高地，拦在您面前，阻挡您通往心仪的大学。2023年高考，中学生数理化（高中版）高考理化与您同行，助您攻克难题，做高考赢家！

中学生数理化（高中版）高考理化从2022年第9期至2023年第8期为一个学年，全面配合2023年高考物理、化学学科的复习，主要栏目有高考命题新动向，高考新考向分析，科学应试与策略，实验探究与展望，创新题追根溯源，易错题归类剖析，经典题突破方法，核心考点AB卷等。单月为物理专题复习，双月为化学专题复习，为密切配合高考，2023年第5、6期于2023年3月中旬提前出版，第7、8期于2023年4月中旬提前出版。

《中学生数理化（高中版）》高考理化2022—2023学年编辑计划一览表

月份	进度配合	重点内容
9	物理第一轮复习	必修1（运动的描述、直线运动、牛顿运动定律）、必修2（曲线运动、动能定理、机械能守恒定律、能量守恒定律）、选修3—5（动量定理、动量守恒定律、波粒二象性、原子结构、原子核）
10	化学第一轮复习	化学反应原理专题，包括化学反应的热效应、化学反应速率与化学平衡、水溶液中的离子反应与平衡、化学反应与电能
11	物理第一轮复习	选修3—1（静电场、恒定电流、磁场）、选修3—2（电磁感应、交变电流、传感器）
12	化学第一轮复习	物质结构与性质：①原子结构与性质，②分子结构与性质，③晶体结构与性质；物质结构 元素周期律
1	物理第二轮复习	选择题、力学实验题，高考物理模拟试题（一）（二）
2	化学第二轮复习	有机化学专题，包括有机化合物的结构特点与研究方法，烃，烃的衍生物，生物大分子，合成高分子
3	物理第二轮复习	电学实验题、解答题，高考物理模拟试题（三）（四）
4	化学第二轮复习	元素化合物和化学实验专题
5	物理第二轮复习	选做题，高考物理模拟试题（五）（六）
6	化学第二轮复习	高考热点专题：化学与生活、科技、环境、诺贝尔奖，科学应考，审题要领，选择题解题技巧，填空题答题规范等
7-8	物理、化学考前冲刺	考前备考建议，“强基计划”政策解读，高考物理模拟试题（七）（八）；高考化学模拟测试

