



命题调研

命题研究与备考策略

06年高考各理综卷物理学科部分呈现出多样性、层次性和互补性的特点,但总体上看,理综试卷结构已趋向稳定(物理部分占120分),并都很注重双基,突出对学科主干知识、学科思想方法和能力的考查,侧重物理情景的分析和物理模型的建立.试题贴近生活、关注科技、紧扣教材,充分体现了以能力测试为主导,重点考查考生对所学相关课程基础知识、基本技能的掌握程度和综合运用所学知识分析、解决实际问题能力的高考命题原则.下面简要阐述力学试题在近两年高考理综卷中的命题特点,并展望07年高考力学命题的趋势,以帮助广大考生更好地备战07年高考.

一. 理科综合下力学命题的特点

1. 力学主干知识始终是高考的重中之重,但以牛顿定律和典型运动为考查主干,适当增加能量问题的分析

从近几年理科综合考查的力学主干知识来看,主要涉及牛顿运动定律、典型的运动(如匀变速直线运动、平抛运动、圆周运动)、动量、机械能等,在各套试卷中,力学主干知识比例占全卷(物理部分)的35%以上、占力学部分(力学55分左右)的80%以上.下表一、二分别是05、06年全国理综卷I中物理部分力学的考查情况:

表一 05 全国理综卷 I

题号	试题内容	分值	涉及知识内容	能力要求
14	电梯中的超重问题	6	牛顿运动定律	理解、推理能力
16	火星和地球绕太阳运行问题	6	牛顿运动定律、圆周运动、万有引力	分析、推理能力
18	波的传播问题	6	机械波	分析、推理能力
22	验证力的平行四边形定则	7	力的合成与分解	识记、分析能力
23	人与跳蚤起跳问题	16	匀变速直线运动、牛顿运动定律	分析综合能力、应用数学能力
24	弹簧连接体问题	19	物体平衡条件、机械能守恒、功能关系	分析综合能力、应用数学能力

水沸点的高低,受许多条件的影响.一般来说,水里溶解有某物质,水的沸点就会升高,溶解的物质越多,沸点也就越高;这就是淡水比盐水先开的原因.



表二 06 全国理综卷 I

题号	试题内容	分值	涉及知识内容	能力要求
16	探月卫星运行问题	6	牛顿运动定律、圆周运动、万有引力	分析、推理能力
19	弹簧振子共振问题	6	机械振动	分析、推理能力
20	运动员起跳问题	6	动量和冲量、功和能	理解、分析、推理能力
23	爆炸声的传播问题	16	匀速直线运动、机械波	分析综合能力、应用数学能力
24	传送带问题	19	匀变速直线运动、牛顿运动定律	分析、推理和综合能力

从以上两表可以看出,对这些知识的考查,主要突出力和运动关系的建立、动量和能量守恒观点的运用,考查形式多样,选择题、实验题和计算题均可涉及。

样例 1 (06 年全国理综卷 I) 一水平的浅色长传送带上放置一煤块(可视为质点),煤块与传送带之间的动摩擦因数为 μ 。初始时,传送带与煤块都是静止的。现让传送带以恒定的加速度 a_0 开始运动,当其速度达到 v_0 后,便以此速度做匀速运动。经过一段时间,煤块在传送带上留下了一段黑色痕迹后,煤块相对于传送带不再滑动。求此黑色痕迹的长度。

命题解读 从知识上看,本题主要考查牛顿第二定律、匀变速直线运动规律及力和运动关系的综合应用(属主干知识);从能力上看,主要考查分析、推理和综合的能力(属主要能力)。本题联系生活实际,以考生相当熟悉且又非常经典的传送带为命题背景,将两个有相互作用(摩擦力)物体的运动综合在一起,要求考生能正确分析多物体、多过程的力学问题。试题经典且又富有新意:本题中传送带也由静止开始匀加速运动,一改以往传送带匀速或静止的模式。这一物理情景的改变,使得分析两物体相对运动的难度大大增加,也令广大考生觉得“着题容易、入题难”。

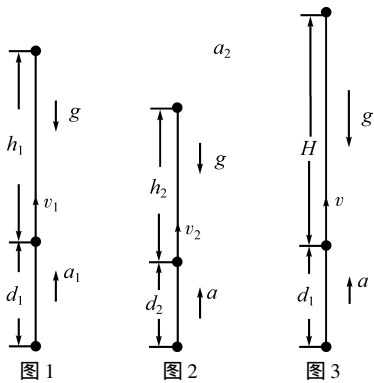
$$\text{答案为: } l = \frac{v_0^2 (a_0 - \mu g)}{2\mu a_0 g}.$$

2. 力学试题侧重对物理情境和过程的分析

力学是高考的主阵地,所以力学试题的质量决定着高考命题的成败。而成功的高考命题具有立意高、情境新而复杂的特点,因此力学试题新颖、复杂的情境设置是命题专家苦心经营的重要环节,考生能否对物理状态和过程作出清晰明了的认识和分析是决定考生高考成败的关键。

样例2 (05年全国理综卷I)原地起跳时,先屈腿下蹲,然后突然蹬地.从开始蹬地到离地是加速过程(视为匀加速),加速过程中重心上升的距离称为“加速距离”.离地后重心继续上升,在此过程中重心上升的最大距离称为“竖直高度”.现有下列数据:人原地上跳的“加速距离” $d_1=0.50\text{ m}$,”竖直高度” $h_1=1.0\text{ m}$;跳蚤原地上跳的“加速距离” $d_2=0.00080\text{ m}$,”竖直高度” $h_2=0.10\text{ m}$.假想人具有与跳蚤相等的起跳加速度,而“加速距离”仍为 0.50 m ,则人上跳的“竖直高度”是多少?

命题解读 本题研究人和跳蚤重心的运动,但因题中叙述的对象、物理过程较多,易混淆,所以正确分析物理过程和建立合理的过程模型是解答本题的关键.现对题中所描述的三个物理情境分别作如下分析:(1)人原地上跳(加速度为 a_1 的匀加速)、离地后上升(加速度为 g 的匀减速),如图1所示;



这样有了对物理情境和过程的清晰分析,就可画出人和跳蚤具有相同加速度起跳的

$v-t$ 图象(匀变速模型),如图4所示,从图4中实际上直接可得到 $\frac{d_2}{d_1} = \frac{h_2}{H}$.

命题者之所以要安排这样三个物理情境,尤其是第一个情境,其用意主要是来干扰考生视线(产生思维混乱),因此没有良好思维习惯的学生是不能正确解答本题的.

$$\text{答案为: } H = \frac{h_2 d_1}{d_2} = 62.5 \text{ m.}$$

3. 力学试题注重试题选材,突出物理模型的建立

新高考突出对考生应用能力及创新能力的考查,因此大量实践应用型命题频繁出现于卷面,而涉及与力有关的这类试题更是高考的热点,如卫星问题、交通安全和体育竞技等.由此,如何在实际情境中将题目隐含的物理模型还原,借助物理规律解决实际问题则成了一个重要环节.

样例3 (04年全国卷II)柴油打桩机的重锤由气缸、活塞等若干部件组成,气缸与活塞间有柴油与空气的混合物.在重锤与桩碰撞的过程中,通过压缩使混合物燃烧,产生高温高压气体,从而使桩向下运动,锤向上运动.现把柴油打桩机和打桩过程简化如下:

柴油打桩机重锤的质量为 m ,锤在桩帽以上高度为 h 处(如图5)从静止开始沿

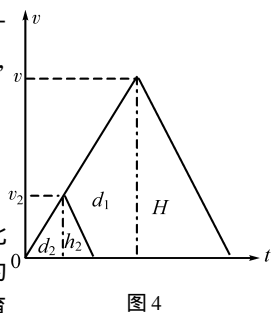


图4

在针上蒙上一层油,这层油会给针罩上一层薄薄的油膜.油膜有股张力,它能够使针不沾水,浮在水面上.



竖直轨道自由落下,打在质量为 M (包括桩帽) 的钢筋混凝土桩子上。同时,柴油燃烧,产生猛烈推力,锤和桩分离,这一过程的时间极短。随后,桩在泥土中向下移动一距离 l 。已知锤反跳后到达最高点时,锤与已停下的桩帽之间的距离也为 h (如图 6)。已知 $m = 1.0 \times 10^3 \text{ kg}$, $M = 2.0 \times 10^3 \text{ kg}$, $h = 2.0 \text{ m}$, $l = 0.20 \text{ m}$,重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,混合物的质量不计。设桩向下移动的过程中泥土对桩的作用力 F 是恒力,求此力的大小。

命题解读 本题主要考查动量守恒、功能关系的综合应用,主要测试分析综合能力。本题取材于生产实际,并通过抽象和简化,建立相关物理问题的对象模型和过程模型,题目把难点设置在对过程模型的理解上。由于碰撞时间极短、内力远大于外力,系统动量守恒,在极短时间内,桩子下移的距离可以忽略,可认为碰撞后桩子仍在原处,然后以一定初速度在泥土中下移直到停下,感悟物理情境,弄清物理过程是解答本题的关键。

答案为: $F = Mg + \frac{mg}{l} \left(\frac{m}{M} \right) [2h - l + 2\sqrt{h(h-l)}] = 2.1 \times 10^5 \text{ N}$ 。

4. 不回避陈题,并注意情境和设问角度的翻新

近几年高考试题中我们都可以找到教材或复习资料中习题的影子,这表明高考试题并不回避陈题,因为许多陈题是经过多年大浪淘沙后沉淀下来的精品试题,是众多命题专家辛勤耕耘的结晶,当然也是现在命题者的极好素材。因此要研究和拓展一些经典的陈题。如弹簧连接体、滑块与木板问题等。

样例 4 (05 年全国理综卷 I) 如图 7 所示,质量为 m_1 的物体 A 经一轻质弹簧与下方地面上的质量为 m_2 的物体 B 相连,弹簧的劲度系数为 k , A、B 都处于静止状态。一条不可伸长的轻绳绕过轻滑轮,一端连物体 A,另一端连一轻挂钩。开始时各段绳都处于伸直状态, A 上方的一段绳沿竖直方向。现在挂钩上挂一质量为 m_3 的物体 C 并从静止状态释放,已知它恰好能使 B 离开地面但不继续上升。若将 C 换成另一个质量为 $(m_1 + m_3)$ 的物体 D,仍从上述初始位置由静止状态释放,则这次 B 刚离地时 D 速度的大小是多少? 已知重力加速度为 g 。

命题解读 本题实际上就是由 97 年高考的第 25 题(题图如图 8 所示)改编而来:将原题中“压弹簧”的情境改编为现在的“拉弹簧”、原题中的“碰撞”作用改编为轻绳“拉”的作用。但试题的核心没变:涉及机械能中的多种能量转化及弹簧弹性势能这个大纲的“边缘知识点”,很多考生因这方面训练的题目较

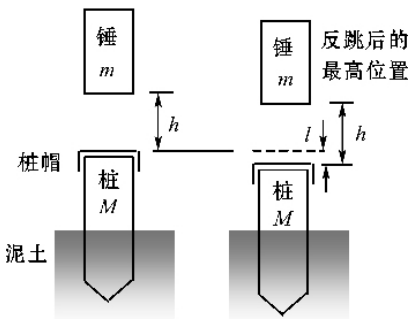


图 5

图 6

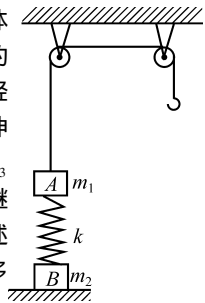


图 7

少,从而使考试结果更能反映考生的能力.所以本题关键要分析物理过程,并弄清运动的初、末状态,抓住两次 B 刚好离开地面时弹簧的弹性势能相等,问题就能迎刃而解.

$$\text{答案为: } v = \sqrt{\frac{2m_1(m_1+m_2)g^2}{(2m_1+m_3)k}}$$

5. 力学试题注重体现学科思想方法

体现学科思想方法是高考命题的一贯原则,这些方法如:等效法、类比法、转换法、整体和隔离法、假设法、控制变量法、数学归纳法等.而力学主干知识中就很多内容涉及这些思想方法.

样例 5 (06 年全国理综卷 II) 质量不计的弹簧下端固定一小球.现手持弹簧上端使小球随手在竖直方向上以同样大小的加速度 $a(a < g)$ 分别向上、向下做匀加速直线运动.若忽略空气阻力,弹簧的伸长分别为 x_1, x_2 ;若空气阻力不能忽略且大小恒定,弹簧的伸长分别为 x_1', x_2' . 则

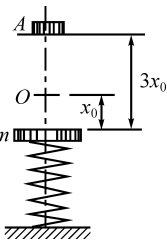


图 8

- A. $x_1' + x_1 = x_2 + x_2'$ B. $x_1' + x_1 < x_2 + x_2'$
 C. $x_1' + x_2' = x_1 + x_2$ D. $x_1' + x_2' < x_1 + x_2$

命题解读 本题若运用牛顿第二定律和物体的平衡条件进行列式、判断,显然比较繁琐,且易出错.而且在有限的时间内,也不允许我们对一道选择题进行大量的计算,命题者的本意也希望考生能灵活应用对称思想来简捷、有效地进行判断,为后面的主观题赢得更多的思考时间.

答案:C.

二. 展望 07 年高考力学命题的趋势

1. 力学中主干知识的重要地位不动摇

预测 07 年高考的力学试题仍将突出考查力学中的主干知识,因为毕竟理综卷中的物理试题仅 12 题左右,而涉及纯力学的也不过 5 题左右.所以对典型的运动(如匀速运动、匀变速直线运动、平抛运动和圆周运动)、牛顿运动定律、动量与机械能等主干知识必须深刻理解,融会贯通;要切实掌握处理常见运动的方法和技巧,要能灵活运用力的观点(主要涉及牛顿运动定律)、动量观点(主要涉及动量定理和动量守恒定律)和能量观点(动能定理、机械能守恒定律、功能关系、能的转化和守恒定律)来解决力学问题.当然也要注意主干知识的分布和知识的互补性.

2. 力学试题仍将突出考查对物理情境和过程的分析,突出考查建立物理模型的能力

高考是把对能力的考查放在首位的,而能体现考生能力的就是能够独立地对所遇到的问题进行具体分析,弄清其中的物理状态、物理过程和物理情境,找出其中起重要作用的因素及有关条件;能够把一个较复杂的问题分解为若干个较简单的问题,找出它们之间的联系;能够理论联系实际,将题目隐含的物理模型还原,再运用物理

两艘船平行地向前航行时,两船舷中间的水比两船外侧的水流得快,因此两船内侧船舷受到水的压力,比两船外侧船舷受到的压力小,导致两船相撞.



知识解决所遇到的实际问题. 所以 07 年的高考力学试题仍将突出考查对物理情境和过程的分析, 突出考查建立物理模型的能力.

3. 陈题翻新仍将是力学命题的一种重要手段

对力学主干知识中的常见问题和基本题型要注意拓展和创新. 如: 子弹-木块问题(包括滑块-木板问题)、二体连动问题、弹簧问题、连续介质作用问题等, 通过对这些基本题型的分析与训练, 掌握它们的特点和处理的基本思想及方法, 把握其内涵和外延, 在应用层面上理解其本质和规律.

4. 力学试题仍将沿袭“用新情境题考能力”的命题思路

05 年理综卷 I 中的“电梯加速”、“人与跳蚤”问题, 06 年理综卷 I 中的“探月卫星”、“运动员起跳”、“云层高度的估测”和“传送带”问题等众多联系实际生产和生活的力学试题, 预示着 07 年的力学试题仍将沿袭“用新情境题考能力”的命题思路, 这也体现了新课程的理念.

三. 对 07 年高考力学复习的备考建议

对力学的复习, 要求明确力学中以牛顿运动定律为核心的知识整体结构, 深刻理解以力、速度、加速度、质量等为主体的重要力学概念, 熟练掌握静力学、运动学和动力学中的重要规律. 要求明确力学中以牛顿运动定律、动能定理和机械能守恒定律、动量定理和动量守恒定律为核心的知识体系, 深刻理解功、功率、动能、势能、机械能、动量、冲量等重要概念, 熟练掌握动能定理、机械能守恒定律、动量定理、动量守恒定律等重要规律, 能灵活地运用三把力学金钥匙解决力学问题, 不断开拓解题思路, 增强解题能力. 具体建议如下:

1. 把握力学知识的深广度

要切实遵循大纲和教材, 不要随意拓宽加深, 注意摆脱题海, 避免陷入偏、怪、难的歧途, 要把握好知识的深广度, 少走弯路、冤枉路. 如下列内容不作要求: 物体的一般平衡条件和开普勒三定律等物理规律, 按有效数字规则运算、互换振动图象和波动图象, 对矢量运算仅限于解直角三角形, 对连接体问题仅限于相连物体的加速度大小和方向相同的情况, 对有关向心力的计算仅限于向心力是由一条直线上的力合成的情况, 对竖直平面上的圆周运动仅限于计算最高点和最低点的有关问题, 关于弹性势能, 只要求定性了解它的产生与哪些因素有关、与其他能的转化, 而不要求用公式进行计算, 关于应用动量定理和动量守恒定律解题只限于一维的情况.

2. 掌握力学知识结构

力学所研究的对象是质点, 力学所研究的物理现象是平衡状态、匀变速直线运动、抛体运动(限于水平和竖直方向)、匀速圆周运动、振动和波动、反冲运动、碰撞等, 力学所研究的方法及其获得的规律可分为: 从力的角度考虑, 有牛顿运动定律、动量定理和动量守恒定律; 从能的角度考虑, 有动能定理、机械能守恒定律和能量守恒定律. 为此, 要十分注重深化对力学概念、规律和思维方法的理解和应用. 运动学所研究的是物体的运动状态, 描述的是运动现象; 而动力学所研究的则是改变物体运动状



我们呼出来的气体, 除非在极热的天气, 总是比空气热, 也就比空气轻, 由于肥皂泡里的气体是我们吹进去的, 所以肥皂泡会上升.

态的原因,即从力和能两个不同的角度揭示了运动的本质(即三把力学金钥匙)。学习力学的过程就是不断分析运动现象与揭示运动本质的过程。在复习时,应当充分意识到这一点,从而更好地用已学过的揭示本质的物理规律去分析和解决已学过的运动现象和尚未遇见的许多问题。

要注意加强力学主干知识的梳理和整合。在复习时,要能够将各板块联系起来形成知识网络,如把力学中的平衡、直线运动、牛顿运动定律、动量、能量联系起来,加强综合训练。对多年来高考已经积淀的许多这方面的经典题,复习过程中还要用好这些试题,并要能求新求活。

3. 要注意深化对力学基本物理概念的理解

如关于功的概念,在初中规定功 $W = Fs$, 其中 s 为物体在力的方向上通过的距离。在高中则将功定义为 $W = F_s \cos \alpha$, 即功等于力跟物体在力的方向上的位移(而且是力的作用点的位移)的乘积,还讨论了正功和负功的意义以及合外力所做功的计算方法,复习时要注意对它的深化,06 年全国理综 I 第 20 题就是最好的例证。

4. 要注意揭示力学物理规律之间的区别和内在联系

从力的角度总结出了牛顿运动定律、动量定理、动量守恒定律,从能的角度总结出了动能定理、机械能守恒定律、能量守恒定律。虽然,从不同的角度所得的规律不同,但描述的是同一物理现象,揭示的本质是一致的。当然,也有着许多不同之处,要注重通过列表等形式从研究对象、研究角度、适用范围、成立条件、矢量性、解题思路等方面加以比较,以加深对相近知识的理解。归纳出运用三把力学金钥匙解题的基本思路,然后,可在解同一道题时,训练发散思维,从多角度考虑问题,防止用某一规律训练解题所造成的思维定势,从而有效地培养灵活地综合应用知识的能力。

5. 注重理论联系实际,重视利用数学解决物理问题的能力

关注最新科技进展、社会热点、关注身边的物理问题。因为这些热点问题往往会成为考查以能力立意的新颖试题。要重视利用数学解决物理问题的能力,加强数形结合、图表结合内容的训练。在实际生活、生产和科学实验中,图形、图表的应用非常普遍,它提供的信息多而且直观。能看懂图表给出的物理过程、会利用图表描述物理过程是一种重要的能力。在这一方面,几乎每年高考都有所体现。

空气温度降低后密度会变大,把冰块放在物体上面,被冰块冷却的空气便会很快下沉,给物体四周罩上一层“冷气帘子”把物体散发出来的热赶走。





重点突破

重点1 物体的平衡



要点解读

一、高考热点:

1. 平衡状态下弹力(尤其是弹簧的弹力)、摩擦力的分析和计算;
2. 平行四边形定则在力的合成与分解中的应用;
3. 共点力作用下物体平衡条件 $F_{\text{合}} = 0$ 的应用;
4. 物体平衡中特殊问题的分析和处理.

二、考查方式与特点:

本部分内容在历年的高考试题中均有体现,在高考中常以选择题的形式出现,单独命题或与电磁学等相结合,体现了对学生思考问题的方法及解决实际问题的能力考查.在高考中所占分值一般在6分以上.

三、应对策略:

对本部分内容关键是要正确地进行受力分析,因为正确的受力分析是解题的先决条件.考生常犯错误的原因有受力分析不正确、研究对象选择不当、基本概念不理解(如认为“摩擦力一定是阻力”、“运动的物体不受静摩擦力”)等.因此在复习中,务必深化和活化对受力分析方法的理解,对于一些基本概念要理解其物理内涵.



典例调研

题型一 重力、弹力、摩擦力作用下的平衡问题

规律方法 解这类平衡问题的关键是对弹力和摩擦力的分析.弹力、摩擦力是两种常见的接触力,因此分析这两种力首先应关注研究对象与周围物体有哪些接触面或点,再根据弹力、摩擦力产生的条件进行判断.由于产生弹力的弹性形变和摩擦力的相对运动及其趋势具有隐蔽性,所以一般情况下,常采用“假设法”来判断弹力、摩擦力的存在性和方向.

【调研1】 (06年黄冈部分重点中学模拟)如图1-1-1所示,A、B两物体并排放在水平面上,物体C叠放在A、B上;物体D悬挂在竖直线下端,且与斜面接触,若

接触面光滑,则下列说法中正确的是

- A. 物体 C 对地面的压力等于物体 C 的重力
 B. A 、 B 、 C 整体对地面的压力就是 A 、 B 、 C 整体的重力
 C. 斜面对物体 D 的支持力垂直于斜面向上
 D. 物体 D 对斜面无压力作用

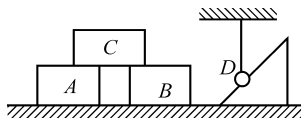


图 1-1-1

解析 弹力只产生于两个直接接触的物体之间,物体 C 与地面没有直接接触,所以物体 C 与地面间没有弹力,故选项 A 错误;压力与重力是两个性质完全不同的力,它们在产生条件、大小和方向等方面均不同,在图示状态下, A 、 B 、 C 整体对地面的压力与 A 、 B 、 C 整体的重力仅在数值上相等,但不能混为一谈,所以选项 B 也错误;弹力产生的条件是“接触且有形变”,物体 D 和斜面接触,但是否已发生了形变,不易观察,故只能采用“假设法”,即假设物体 D 和斜面接触且有形变,此时物体 D 受重力 G 、细线拉力 F_T 与斜面对它的弹力 F_N 作用,由于细线竖直,所以拉力 F_T 为竖直向上,在这三个力的作用下,物体 D 不能处于静止状态,因此物体 D 与斜面虽然相互接触,但并没有挤压发生形变,所以物体 D 对斜面无压力作用。也可假设没有斜面,则细线仍保持竖直(即物体仍静止),故物体 D 对斜面无压力作用。综上分析,可知选项 D 正确。

【互动研习 1】若物体 D 如图 1-1-2 所示悬挂在细线下端,则斜面对物体 D 是否有弹力?

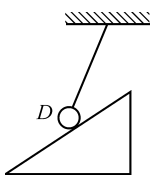


图 1-1-2

【方法技巧】“假设法”是判断物体间是否存在弹力的最常用方法,即先假设没有接触的物体,看研究对象有怎样的运动趋势:若研究对象有向原接触物的一边或向远离接触物的一边运动的趋势,则表明两者之间接触并产生了形变,即有弹力;若研究对象仍不动,则表明两者之间的接触无形变,即无弹力。

【调研 2】如图 1-1-3 所示,表面粗糙的固定斜面顶端安有滑轮,两物块 P 、 Q 用轻绳连接并跨过滑轮(不计滑轮的质量和摩擦), P 悬于空中, Q 放在斜面上,均处于静止状态。当用水平向左的恒力推 Q 时, P 、 Q 仍静止不动,则

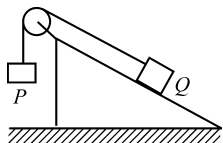


图 1-1-3

- A. Q 受到的摩擦力一定变小
 B. Q 受到的摩擦力一定变大
 C. 轻绳上的拉力一定变小
 D. 轻绳上的拉力一定不变

解析 由于两物块均处于静止状态,所以轻绳上的拉力大小与 P 物体的重力大小相等,则 C 错;尽管 Q 和 P 物体的质量大小、斜面的倾角等确定,但 Q 物体开始时所受摩擦力的方向无法确定,又由于水平向左的恒力大小未知,所以物块 Q 相对斜面的运动趋势也无法确定,因此不能判定 Q 的摩擦力大小变化情况,则 A、B 错。综上分析知,应选 D。

有时自来水管在邻近的水龙头放水时,会发出阵阵的响声。这是水从水龙头冲出时引起水管共振的缘故。



【发散拓展】 静摩擦力不但比较隐蔽,而且还是被动力,其大小和方向要随外力的变化而变化。静摩擦力分析的常用方法有:(1)条件法:条件法就是根据静摩擦力产生的条件来判断的一种方法,这是分析静摩擦力最直接、最基本的方法,这种方法的关键是深刻理解静摩擦力产生的条件,再结合物体的受力情况来判断;(2)假设法:所谓相对运动趋势就是指要发生相对运动但又没有发生相对运动的状态,在实际分析中常采用化“静”为“动”的方法:即先假设接触面光滑(即假设不存在静摩擦力),则物体会发生怎样的相对运动,再根据静摩擦力的作用效果,来判断原静摩擦力的方向;(3)平衡法:平衡法就是利用平衡知识,通过受力分析,根据物体在外力作用下而处于平衡状态的条件来求解静摩擦力的大小。另外,在分析摩擦力对系统的作用时,常用整体法来分析,这样可以化繁为简;而在分析两物体间的摩擦力时常采用隔离法。

题型二 弹簧弹力作用下的平衡问题

规律方法 轻弹簧的弹力通常具有如下特点:①弹力既可是拉力,也可是推力;②同一时刻,弹簧内部各部分之间的相互作用力处处相等,且等于弹簧拉(推)物体的力或物体拉(压)弹簧的力;③当它与物体连接时,轻弹簧的形变和由于形变而产生的弹力不能突变,需要时间过程;在极短时间内,通常可认为弹簧的形变量及弹力不变(这与轻绳、轻杆不同)。

【调研3】 (06年上海闸北区模拟)如图1-1-4所示,两木块的质量分别为 m_1 和 m_2 ,两轻质弹簧的劲度系数分别为 k_1 和 k_2 ,上面的木块压在上面的弹簧上(但不拴接),整个系统处于平衡状态。现缓慢向上提上面的木块,直到它刚离开上面的弹簧,在此过程中下面的木块移动的距离为

- A. m_1g/k_1 B. m_2g/k_1 C. m_1g/k_2 D. m_2g/k_2

解析 由于是“缓慢上提”,所以木块 m_2 在上升过程中始终处于平衡状态,根据物体的平衡条件可得:

在初始状态时,弹簧 k_2 的压缩量为:

$$x_2 = (m_1 + m_2)g/k_2$$

刚离开上面弹簧的临界状态是上面弹簧的弹力恰好为零(如图1-1-5所示),此时弹簧 k_2 的压缩量为: $x_2' = m_2g/k_2$

所以在此过程中木块 m_2 移动的距离为: $\Delta x = x_2 - x_2'$

由以上三式可解得: $\Delta x = \frac{m_1g}{k_2}$,所以C正确。

【互动研习2】 若仅将质量为 m 的物块放在轻弹簧 k_2 上,且轻弹簧 k_1 的下端与物块上表面连接在一起,如图1-1-6所示。要想使物块在静止时,下面弹簧承受物重的 $2/3$,则应将上面弹簧的上端A竖直向上提升多大的距离?

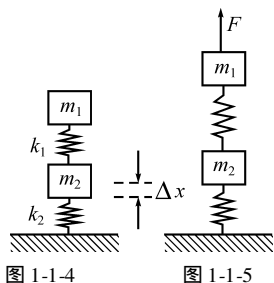


图 1-1-4

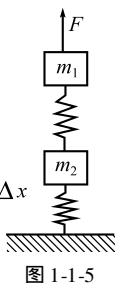


图 1-1-5

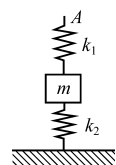


图 1-1-6

【误点警示】 分析这类问题一定要注意两点:一是“缓慢向上提上面的木块,直到它刚离开上面弹簧”,其中,缓慢的意思是此过程中物体受力一直平衡,刚离开条件是上面弹簧的弹力为零;二是要弄清弹簧形变量之间的几何关系,这往往是解题的关键,可画出其初末状态,会有所启发.

题型三 三个共点力作用下的平衡问题

规律方法 解三个共点力作用下物体平衡问题的常用方法有:(1)力的合成法:先利用平行四边形定则将任意两个力合成,则这个合力与第三个力等大反向;(2)矢量三角形法:物体受同一平面内三个互不平行的力作用平衡时,这三个力的矢量箭头首尾相接,必可构成一个矢量三角形;反之,若三个力的矢量箭头首尾相接恰好构成三角形,则这三个力的合力必为零,因此可利用三角形法,求未知力;(3)相似三角形法:通常寻找一个力的矢量三角形与一个结构(几何)三角形相似,这一方法也仅能处理三力平衡问题;(4)正弦定理法:三力平衡时,三个力可构成一封闭三角形,若由题设条件寻找到角度关系,则可根据各力与其对角的正弦之比相等来求解;(5)三力汇交原理:如果一个物体受到三个不平行外力的作用而平衡,则这三个力的作用线必在同一平面上,而且必为共点力.

【调研4】 (高考改编题)如图1-1-7所示,轻绳两端分别系上质量为 m_1 和 m_2 的两个小球, m_1 沿半球形光滑碗面下滑到 P 处平衡, O 为球心, C 处光滑,角 COP 等于 60° ,碗对 m_1 的支持力为 N ,绳对 m_2 的拉力为 T ,则

A. $N > T$ B. $N = T$

C. $N = m_2g$ D. $m_1 = \sqrt{3}m_2$

解析 **方法一(合成法):**对小球 m_2 进行受力分析,可知绳对 m_2 的拉力为 $T = m_2g$

再对小球 m_1 进行受力分析,它受重力 m_1g 、碗的支持力 N 和绳对 m_1 的拉力 T ,先将支持力 N 和拉力 T 合成,则这个合力与重力 m_1g 等值反向,如图1-1-8所示.

因半径相等,所以角 OCP 也等于 60° ,所以由图1-1-8中的边角关系可知: $N = T$ 和 $2N\sin 60^\circ = m_1g$

所以可得 $m_1 = \sqrt{3}m_2$.综合上述分析知,选项BCD正确.

方法二(三角形法):对小球 m_1 进行受力分析后,可知这三个力的合力为零,故可构成一个矢量三角形,如图1-1-9所示.从图中同样可解得 $N = T$ 和 $m_1 = \sqrt{3}m_2$;又分析 m_2 受力知, $T = m_2g$.

【方法技巧】 矢量三角形法,可以由平行四边形定则推导得到,在实际问题的分析中,有时矢量三角形法更容易把握各力的变化趋势和关系,在分析三力作用下的静态平衡问题和最值问题中将有更广泛的应用.

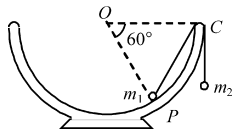


图 1-1-7

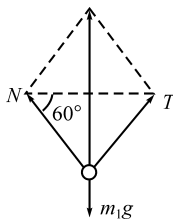


图 1-1-8

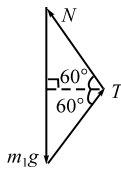


图 1-1-9

这是因为吊扇转动时空气对吊扇叶片有向上的反作用力.转速越大,此反作用力越大.



题型四 多个共点力作用下的平衡问题

规律方法 解多个共点力作用下物体的平衡问题,常采用正交分解法.可将各力分别分解到 x 轴上和 y 轴上,运用两坐标轴上的合力等于零的条件,即 $\Sigma F_x = 0$ 、 $\Sigma F_y = 0$. 值得注意的是,选择 x 、 y 方向时,要尽可能使落在 x 、 y 轴上的力最多,且被分解的力尽可能是已知力,不宜分解待求力.

【调研 5】 (创新题)在机械设计中亦常用到下面的力学原理,如图 1-1-10 所示,只要使连杆 AB 与滑块 m 所在平面间的夹角 θ 大于某个值,那么,无论连杆 AB 对滑块施加多大的作用力,都不可能使之滑动,且连杆 AB 对滑块施加的作用力越大,滑块就越稳定,工程力学上称之为“自锁”现象.为使滑块能“自锁”, θ 应满足什么条件?(设滑块与所在平面间的动摩擦因数为 μ)

解析 滑块 m 的受分析如图 1-1-11 所示,将力 F 分别水平和竖直两个方向分解,则

$$\text{在竖直方向上有: } F_N = mg + F \sin \theta$$

$$\text{在水平方向上有: } F \cos \theta = F_f \leq \mu F_N$$

$$\text{由以上两式得: } F \cos \theta \leq \mu mg + \mu F \sin \theta$$

因为力 F 可以很大,所以上式可以写成

$$F \cos \theta \leq \mu F \sin \theta$$

故 θ 应满足的条件为: $\theta \geq \arccot \mu$.

【方法技巧】 在受力分析时,考虑到“作用力越大,滑块就越稳定”,所以忽略了因物体自重而产生的摩擦力,这也是物理中常用的理想化思维方法.

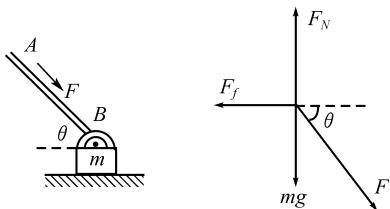


图 1-1-10

图 1-1-11

题型五 物体平衡中的临界、极值问题

规律方法 研究临界、极值问题的基本观点是物理分析和数学讨论相结合,即一般先通过对物理过程的分析抓住临界(或极值)条件,再依据物理规律列出各量之间的函数关系进行数学方法的求解.具体求解的方法常有解析法和图解法.解析法是根据物体的平衡条件列方程,在解方程时采用数学知识求极值,通常用到的数学知识有二次函数极值、讨论分式极值、三角函数极值以及几何法求极值等;图解法根据物体平衡条件作出力的矢量图,如只受三个力,则这三个力构成封闭矢量三角形,然后根据图进行动态分析,确定最大值和最小值.

【调研 6】 如图 1-1-12 所示,物体的质量为 2 kg ,两根轻细绳 AB 和 AC 的一端连接于竖直墙上,另一端系于物体上,在物体上另施加一个方向与水平线也成 $\theta = 60^\circ$ 的拉力 F ,若要使绳都能伸直,求拉力 F 的大小范围.

解析 作 A 的受力图并建立直角坐标如图 1-1-13 所示,由平衡条件有: $F \cos \theta - F_C - F_B \cos \theta = 0$ 和 $F \sin \theta + F_B \sin \theta - mg = 0$

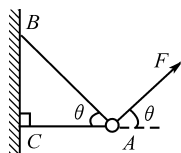


图 1-1-12

$$\text{由以上两式得: } F = \frac{mg}{\sin \theta} - F_B \quad \textcircled{1}$$

$$\text{及 } F = \frac{F_C}{2\cos \theta} + \frac{mg}{2\sin \theta} \quad \textcircled{2}$$

$$\text{要使两绳都能绷直, 则有: } F_B \geq 0 \quad \textcircled{3} \text{ 和 } F_C \geq 0 \quad \textcircled{4}$$

$$\text{由}\textcircled{1}\textcircled{3}\text{两式得 } F \text{ 有最大值: } F = \frac{mg}{\sin \theta} = \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ N}$$

$$\text{由}\textcircled{2}\textcircled{4}\text{两式得 } F \text{ 有最小值: } F = \frac{mg}{2\sin \theta} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ N}$$

$$\text{综上得 } F \text{ 的取值范围为: } \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ N} \leq F \leq \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ N}.$$

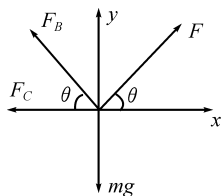


图 1-1-13

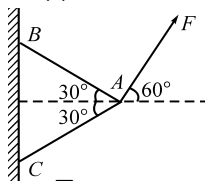


图 1-1-14

【互动研习3】若两根轻细绳 AB 和 AC 与水平方向的夹角均为 30° , 如图 1-1-14 所示, 则要使绳都能伸直, 求拉力 F 的大小范围.

【误点警示】这里必须明确绳子“伸直”时不一定有拉力, 因为它包含绳子刚好伸直但没有形变的情况; 而如果绳子“绷紧”的话, 就意味着不但伸直并且一定有形变. 所以本题的题设条件是“若要使绳都能伸直”就隐含着拉力恰好为零的临界状态, 正确理解这一点是解本题的关键.

【调研7】一个底面粗糙、质量为 M 的劈放在粗糙的水平面上, 劈的斜面光滑且与水平面成 30° 角; 现用一端固定的轻绳系一质量为 m 的小球, 小球放在斜面上, 小球静止时轻绳与竖直方向的夹角也为 30° , 如图 1-1-15 所示. 试求:

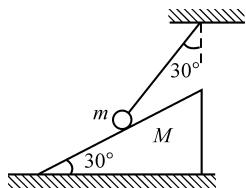


图 1-1-15

(1) 当劈静止时绳子的拉力大小.

(2) 若地面对劈的最大静摩擦力等于地面对劈支持力的 k 倍, 为使整个系统静止, k 值必须满足什么条件?

解析 (1) 以小球为研究对象, 其受力情况如图 1-1-16 所示, 对 T 和 G 进行正交分解, 由物体平衡条件可得: $T\cos 30^\circ = mg\sin 30^\circ$

$$\text{所以 } T = \frac{\sqrt{3}}{3} mg.$$

(2) 以劈和小球整体为研究对象, 整体受力情况如图 1-1-17 所示, 由物体的平衡条件可得:

$$f = T\cos 60^\circ$$

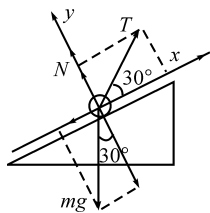


图 1-1-16

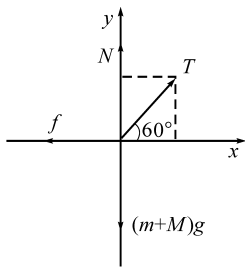


图 1-1-17

在有雪的路面上撒些食盐雪化得快. 这种现象表明: 盐可以作为融雪剂.



为使整个系统静止,其临界状态是静摩擦力 f 为最大值,即有 $f_{\max} = k[(M+m)g - T\sin 60^\circ]$

$$\text{所以联立以上两式可得: } k = \frac{\sqrt{3}m}{6M+3m}$$

$$\text{即 } k \text{ 值必须满足 } k \geq \frac{\sqrt{3}m}{6M+3m}$$

【知识深化】 临界状态是一种物理现象转变为另一种物理现象或从一个物理过程转入到另一个物理过程的转折状态. 临界状态也可理解为“恰好出现”或“恰好不出现”某种现象的状态. 平衡物体的临界状态是指物体所处平衡状态将要变化的状态. 涉及临界状态的问题称为临界问题, 解决这类问题关键是要注意“恰好出现”或“恰好不出现”的条件. 极值是指研究平衡问题中某物理量变化时出现的最大值或最小值. 中学物理的极值问题可分为简单极值问题和条件极值问题, 区分的依据就是是否受附加条件限制. 若受附加条件限制, 则为条件极值.

强化闯关

1. (T1 强化*) 弹性轻绳的一端固定在 O 点, 另一端拴一个物体, 物体静止在水平地面上的 B 点, 并对水平地面有压力, O 点正下方 A 处有一垂直于纸面的光滑杆, 如图 1-1-18 所示, OA 为弹性轻绳的自然长度. 现在用水平力使物体沿水平面运动, 在这一过程中, 物体所受水平面的摩擦力的大小变化情况是

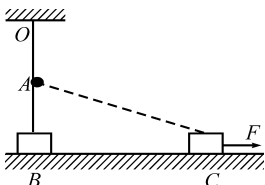


图 1-1-18

- A. 逐渐增大
B. 逐渐减小
C. 保持不变
D. 条件不足, 无法判断

2. (T2 强化) 如图 1-1-19 所示, 质量为 m 的物体 A 压在放于地面上的竖直轻弹簧 B 上. 现用细绳跨过定滑轮将物体 A 与另一轻弹簧 C 连接, 当弹簧 C 处于水平位置且右端位于 a 点时, 弹簧 C 刚好没有发生形变. 已知弹簧 B 和弹簧 C 的劲度系数分别为 k_1 和 k_2 , 不计定滑轮、细绳的质量和摩擦. 将弹簧 C 的右端由 a 点沿水平方向拉到 b 点时, 弹簧 B 刚好没有形变, 求 a 、 b 两点间的距离.

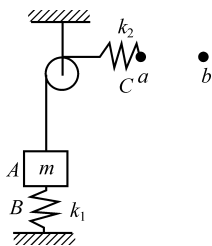


图 1-1-19

3. (T3 强化) 如图 1-1-20 左所示, 由两根短杆组成的一个自锁定起重吊钩, 将它放入被吊的空罐内, 使其张开一定的夹角压紧在罐壁上, 其内部结构如图 1-1-20 右所示. 当钢绳匀速向上提起时, 两杆对罐壁越压越紧, 若摩擦力足够大, 就能将重物提升起来, 罐越重, 短杆提供的压力越大, 称为“自锁定机构”. 若罐质量为 m , 短杆与竖直方向夹角为 $\theta = 60^\circ$, 求吊起该重

物时,短杆对罐壁的压力(短杆质量不计).

4. (T4 强化)一质量为 m 的铁球在水平推力 F 的作用下,静止在倾角为 θ 的斜面和竖直墙壁之间,铁球与斜面的接触点为 A ,推力 F 的作用线通过球心 O ,如图 1-1-21 所示,假设斜面、墙壁均光滑.若水平推力缓慢增大,则在此过程中

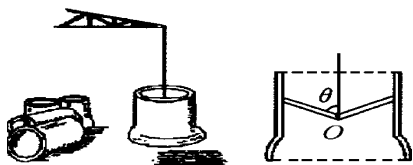


图 1-1-20

- A. 铁球对斜面的作用力缓慢增大
 B. 斜面对铁球的支持力大小为 $mg\cos\theta$
 C. 墙对铁球的作用力大小始终等于推力 F
 D. 墙对铁球的作用力大小始终小于推力 F

5. (T4 强化)如图 1-1-22 所示,质量为 m 的木块,被水平力 F 紧压在倾角为 $\theta=60^\circ$ 的固定木板上,如图所示,木板对木块的作用力为

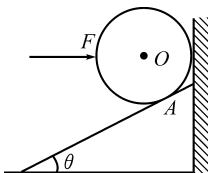


图 1-1-21

- A. F B. $\frac{\sqrt{3}}{2}F$ C. $1/2 F$ D. $\sqrt{F^2 + (mg)^2}$

6. (T5 强化)如图 1-1-23 所示,用滑轮将 m_1 、 m_2 两物体悬挂起来,忽略滑轮和绳的重力及一切摩擦, $0^\circ < \alpha < 180^\circ$,整个系统处于平衡状态,则关于 m_1 、 m_2 的大小关系,应为

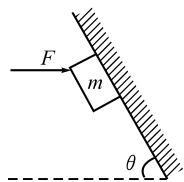


图 1-1-22

- A. m_1 必大于 m_2 B. m_1 必大于 $m_2/2$
 C. m_1 可能等于 m_2 D. m_1 可能大于 m_2

7. (T5 强化)建筑工地上的黄沙,堆成圆锥形,而不管如何堆,其角度是不变的,若测出其圆锥底的周长为 12.5 m,高为 1.5 m,如图 1-1-24 所示.试求:

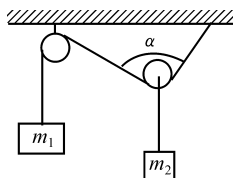


图 1-1-23

- (1) 黄沙之间的动摩擦因数;
 (2) 若将该黄沙靠墙堆放,占场地的面积至少为多少?

★ T1 强化意为对题型一的强化,后依此类推.

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 可假设没有斜面,则物体 D 应右运动,说明两者间有弹力.
 2. 对弹簧 k_2 , 初态时的弹力 $F_2 = mg$; 末态时的弹力 $F_2' = (2/3)mg$, 所以弹簧 k_2 的长度变化量为 $\Delta x_2 = \frac{\Delta F_2}{k_2} = \frac{mg}{3k_2}$. 对弹簧 k_1 , 初态时的弹力 $F_1 = 0$; 末态时的弹力 $F_1' = (1/3)mg$, 所以弹簧 k_1 的长度变化量为 $\Delta x_1 = \frac{\Delta F_1}{k_1} = \frac{mg}{3k_1}$. 所以由几何关系可知

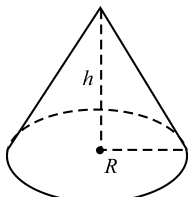


图 1-1-24

理想型 沉浸在理想王国里,眼高手低,不愿脚踏实地地干平凡的工作.这山望着那山高,一件事没有做完,又想到第二件事,不切实际.



上面弹簧的上端 A 竖直向上提升的距离为 $\Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{mg(k_1 + k_2)}{3k_1k_2}$.

3. 设 AB 的张力为 F_1 , AC 的张力为 F_2 , 由受力分析图 1-1-25 所示可得, $F \sin 60^\circ + F_1 \sin 30^\circ = mg + F_2 \sin 30^\circ$,
 $F \cos 60^\circ = F_1 \cos 30^\circ + F_2 \cos 30^\circ$

当 F 较小时, 绳 AC 中张力 $F_2 = 0$, 解得 $F = 10\sqrt{3}$ N; 当 F 较大时, 绳 AB 中张力 $F_1 = 0$, 解得 $F = 20\sqrt{3}$ N, 故拉力 F 的范围
 $10\sqrt{3}$ N $\leq F \leq 20\sqrt{3}$ N.

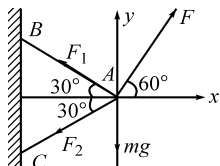


图 1-1-25

强化闯关参考答案:

- C 物体在水平力作用下沿水平面运动, 弹性绳被拉长, 但绳的拉力在竖直方向上没有变, 物体对地面压力没变, 根据 $f = \mu N$, 故摩擦力没变.
- 开始弹簧 B 被压缩的长度为 $x_1 = \frac{mg}{k_1}$, 当弹簧 B 无形变时, A 上升的距离应为 x_1 , 此时绳对物体的拉力与弹簧 C 的弹力大小相等, 即 $k_2 x_2 = mg$, 得 $k_2 = \frac{mg}{k_2}$, 因此 a、b 两点间的距离为 $(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2})mg$.
- 对 O 点受力分析, 可得两根短杆弹力 F 的合力与绳子的拉力 (大小为 mg) 等大反向, 故有 $2F \cos \theta = mg$, 所以短杆对罐壁的压力为 $T = F \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$.
- D 以铁球为研究对象, 它的受力情况为: 重力、斜面对铁球的弹力、墙壁对铁球的弹力和推力. 画出受力情况就可推知 D 正确.
- D 木板对木块的作用力即木板对木块的支持力和静摩擦力的合力, 它与重力和水平力 F 的合力等值反向, 所以 $F = \sqrt{F^2 + (mg)^2}$.
- BCD 对右侧动滑轮受力分析, 因为其两侧绳子的拉力大小相等 $T_1 = T_2 = m_1g$, 所以两侧细绳与竖直方向的夹角相等, 设细绳与竖直方向的夹角为 θ , 则有 $2m_1g \cos \theta = m_2g$, 即 $m_1 = m_2/2 \cos \theta$, 又因 $0 < \cos \theta < 1$, 所以 $m_1 > m_2/2$.
- (1) 取砂堆表面上的一砂粒为研究对象, 其受重力、弹力和摩擦力作用而静止, 则有: $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$, 故 $\mu = \tan \theta = h/R$, 又因为 $l = 2\pi R$, 得 $\mu = 0.75$, $\theta = 37^\circ$.
 (2) 若将该黄砂靠墙堆放, 则只能堆成半圆锥, 由于体积不变, θ 不变, 要使占地面积最小, 需 R_x 最小, 所以 $h_x = \mu R_x$, 由圆锥体积公式 $V = \frac{1}{3}\pi R^2 h = \frac{1}{6}\pi R_x^2 \cdot \mu R_x = \frac{1}{8}\pi R_x^3$, 又因为 $l = 2\pi R$, 联立各式并代入数据可得 $R_x = \sqrt[3]{2R^3} = \sqrt[3]{16}$ m, 所以占地面的面积至少为 $S = \frac{1}{2}\pi R_x^2 = 2\pi \sqrt[3]{4}$ m².



重点2 直线运动

要点解读

一、高考热点:

1. 瞬时速度、平均速度和加速度等基本概念的分析和计算;
2. 匀变速直线运动的性质、特点和基本规律,如加速度、速度和位移公式等;
3. $s-t$ 图象和 $v-t$ 图象的意义及应用,尤其是图象中的“点”、“线”、“面”和“斜率”等所表示物理意义及其灵活应用;
4. 几种重力作用下的匀变速直线运动的特点及分析求解,如自由落体运动、竖直上抛运动等;
5. 联系实际问题中的直线运动分析,如追及、相遇问题等.

二、考查方式与特点:

从近年高考来看,本部分内容在高考中单独考查的并不多,更多的是体现在综合问题中,一般常与牛顿定律、电场、磁场等知识相结合.如果单独考查则往往与生活、生产实际相联系,且常以选择题的形式出现,分值在6分左右.

三、应对策略:

复习本重点时要在扎实掌握学科知识的基础上,注意涉及公路、铁路、航海、航空等交通方面的问题,以便提高应用所学知识分析、解决实际问题及综合问题的能力.

典例调研

题型一 直线运动中基本概念的分析计算

规律方法 对涉及位移、速度、加速度等基本概念的问题,要从它们的定义出发去理解分析,要明确相近、易混概念之间的区别和联系.

【调研1】 (06年西安模拟)一质点沿直线 Ox 方向做加速运动,它离开 O 点的距离 s 随时间变化的关系为 $s = 3 + 2t^3$ (m), 它的速度随时间变化的关系为 $v = 6t^2$ m/s. 则该质点在 $t = 2$ s 时的瞬时速度和 $t = 0$ s 到 $t = 2$ s 间的平均速度分别为

- A. 8 m/s, 24 m/s B. 24 m/s, 8 m/s C. 12 m/s, 24 m/s D. 24 m/s, 12 m/s

解析 由瞬时速度公式可得 $t = 2$ s 时的速度为: $v = 6t^2$ m/s = 6×2^2 m/s = 24 m/s; 由 s 与 t 的关系得出各时刻对应的位移,再利用平均速度公式可得 $t = 0$ s 到

$t = 2$ s 间的平均速度为: $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_0}{t_2 - t_0} = \frac{19 - 3}{2}$ m/s = 8 m/s. 应选 B.



【误点警示】速度是描述物体运动快慢和运动方向的物理量,是位移对时间的变化率,是矢量。瞬时速度描述运动物体在某一时刻或某一位置的运动状态,而平均速度描述运动物体在某一段时间 Δt 或某段位移 Δx 内的运动状态,它们的区别在于描述运动状态的精确程度不同。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度就是该时刻的瞬时速度。平均速度的定义式在匀速运动和变速运动中都同样适用。本题的解答需要同学们严格区分瞬时速度与平均速度的定义。

【调研 2】历史上有些科学家曾把在相等位移内速度变化相等的单向直线运动称为“匀变速直线运动”(现称“另类匀变速直线运动”),“另类加速度”的定义为 $A = \frac{v_t - v_0}{s}$,其中 v_0 和 v_t 分别表示某段位移 s 内的初速和末速。 $A > 0$ 表示物体做加速运动, $A < 0$ 表示物体做减速运动。而现在物理学中加速度的定义式为 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$,下列说法正确的是

- A. 若 A 不变,则 a 也不变
 B. 若 $A > 0$ 且保持不变,则 a 逐渐变大
 C. 若 A 不变,则物体在中间位置处的速度为 $\frac{v_0 + v_t}{2}$
 D. 若 A 不变,则物体在中间位置处的速度为 $\sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$

解析 按照题述“另类匀变速直线运动”的定义及“另类加速度”定义 $A = \frac{v_t - v_0}{s}$,

可得位移为: $s = \frac{v_t - v_0}{A}$; 现在物理学中的位移为: $s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a}$

由两式可解得: $A(v_t + v_0) = 2a$

由此可知若 $A > 0$ 且保持不变,则 a 逐渐变大,选项 B 正确。

根据 $A = \frac{v_t - v_0}{s}$ 可知: $\frac{v_{\text{中}} - v_0}{s/2} = \frac{v_t - v_0}{s}$

解得: $v_{\text{中}} = \frac{v_t + v_0}{2}$, 即选项 C 也正确。综上, 应选 BC。

【方法技巧】本题是一道信息给予题,主要考查对题给信息的获取和处理能力。分析的关键是要注意两种“匀变速直线运动”和“加速度”的定义及相互间的联系。

题型二 匀变速直线运动的规律及其应用

规律方法 匀变速直线运动的基本公式涉及五个物理量 v_0 、 v_t 、 s 、 a 和 t ,但这五个物理量中最多只能有三个是独立的,可以任意选定,但只要其中三个物理量确定之后,另外两个就唯一确定了。而每个公式均涉及其中的四个物理量,当已知某三个而要求另一个时,往往选定一个公式就可以了。在解题时,题目不要求或不涉及哪个量,一般就选用缺这个量的公式,这样往往比较简捷。



【调研3】(课本习题改编)一个做匀变速直线运动的质点,从某一时刻开始,在第一个2 s内通过的位移是8 m,在第二个2 s内通过的位移是20 m,求质点运动的初速度 v_0 和加速度 a 。

解析 设质点从位置A开始计时,两段时间内的位置和位移如图1-2-1所示。

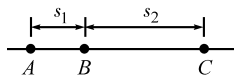


图1-2-1

解法一:用位移公式求解,可得: $s_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 和 $s_2 =$

$$v_B t + \frac{1}{2} a t^2, \text{又因为: } v_B = v_A + a t$$

联立以上各式并代入数据可解得: $v_0 = v_A = 1 \text{ m/s}$ 、 $a = 3 \text{ m/s}^2$ 。

解法二:用位移公式和推论求解,有: $s_2 - s_1 = a t^2$ 和 $s_1 = v_A t + \frac{1}{2} a t^2$

联立以上两式并代入数据可解得: $v_0 = v_A = 1 \text{ m/s}$ 、 $a = 3 \text{ m/s}^2$ 。

解法三:用速度和平均速度公式求解,AB段的平均速度: $\bar{v}_{AB} = \frac{s_1}{t} = \frac{v_A + v_B}{2}$;

$$AC \text{ 段的平均速度: } \bar{v}_{AC} = \frac{s_1 + s_2}{2t}$$

B时刻是AC的中间时刻,所以有: $v_B = \bar{v}_{AC} = v_A + a t$

联立以上各式并代入数据可解得: $v_0 = v_A = 1 \text{ m/s}$ 、 $a = 3 \text{ m/s}^2$ 。

【发散拓展】匀变速直线运动问题要尽可能从不同角度去分析,既要掌握最基本的解题方法,也要注意分析题目的特点,选用灵活巧妙的解题方法。对匀变速的各公式若弄清相互间的区别和联系,就不难作出正确的选择。加速度的定义式是“根”,

只要理解 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$,也就理解了 $v_t = v_0 + a t$;基本公式是“本”,只要掌握了 $v_t = v_0 + a t$

和 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,也就掌握了 $2as = v_t^2 - v_0^2$ 、 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$;推论公式是“枝叶”,包括一个特

征式 $\Delta s = a T^2$ 、二个中点公式 $v_{t/2} = \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 和 $v_{s/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$ 、两个等时比例式和两个

等位移比例式 $v_1 : v_2 : v_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$ 、 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 4 : 9 : \dots$ 、 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \dots$ 和 $\Delta t_1 : \Delta t_2 : \Delta t_3 : \dots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots$

【调研4】(06年全国大联考)如图1-2-2所示,一平直的传送带以速度 $v = 2 \text{ m/s}$ 匀速运动,传送带把A处的工件运送到B处,A、B相距 $L = 10 \text{ m}$,从A处把工件无初速地放在传送带上,经过时间 $t = 6 \text{ s}$,能传送到B处。欲用最短的时间把工件从A传送到B处,求传送带的运行速度至少为多大?

解析 因 $L > \frac{v}{2} t$,所以工件在6秒内先匀加速、后匀速运动。设工件在传送带上



做匀加速运动时的加速度为 a 、加速的时间为 t_1 ，由题设条件

$$\text{可得: } L = \frac{1}{2}at_1^2 + v(t-t_1) \text{ 及 } v = at_1$$

$$\text{所以解得: } t_1 = 2 \text{ s}, a = 1 \text{ m/s}^2$$

若要工件最短时间传送到 B ，则工件的加速度仍为 a ，设传送带速度为 v' 、最短的时间为 t' 、加速的时间为 t_1' ，工件先加速后匀速，同样有： $L = \frac{1}{2}at_1'^2 + v'(t' - t_1')$ 及

$$v' = at_1' \text{, 联立两式并简化得: } t' = \frac{L}{v'} + \frac{v'}{2a}$$

因 $\frac{L}{v'} \times \frac{v'}{2a} = \frac{L}{2a} = \text{常量}$ ，所以当 $\frac{L}{v'} = \frac{v'}{2a}$ 时，即 $v' = \sqrt{2aL} = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$ 时， t' 有最小值。

所以当传送带的运行速度大于等于 $2\sqrt{5} \text{ m/s}$ 时，工件从 A 一直被加速传送到 B 的时间最短。

【互动研习 1】若工件以 4 m/s 的初速度滑上上述传送带，则工件从 A 传送到 B 处所需的时间是多少？

【方法技巧】这类问题的关键是弄清工件的运动图景，即判断工件在传送带上是—直做匀加速运动，还是先匀加速运动后匀速运动，必要时能用数学知识的极值问题进行分析，当然也可以用 $v-t$ 图象来分析（请同学们自行分析）。

题型三 重力作用下的匀变速直线运动的分析

规律方法 自由落体运动的本质是初速为零、加速度为 g 的匀变速直线运动，所以分析自由落体运动就用初速为零的匀变速运动规律；竖直上抛运动的实质是初速为 v_0 、加速度为 g 的匀变速直线运动，分析竖直上抛运动常用整体和分阶段两种思路。

【调研 5】（高考改编题）如图 1-2-3 所示，一跳水运动员从离水面 10 m 高的平台上向上跃起，举双臂直体离开台面，此时其重心位于从手到脚全长的中点，跃起后重心升高 0.45 m 达到最高点，落水时身体竖直，手先入水（在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计），从离开跳台到手触水面，他可用于完成空中动作的时间是_____s。（计算时，可以把运动员看作全部质量集中在重心的一个质点， g 取 10 m/s^2 ，结果保留两位有效数字）

解析 由题意可知，运动员的跳水过程可简单地看作质点做竖直上抛运动的物理模型。其运动过程如图 1-2-4 所示，设运动员做竖直上抛运动，上升高度为 h ，即题中的 0.45 m ；从最高点下降到手触到水面，下降的高度为 H ，由图中 H 、 h 、 10 m 三者的关系可知 $H = 10.45 \text{ m}$ 。

由于初速未知，所以应将该上抛运动进行分段处理，运动员跃起上升的时间为：

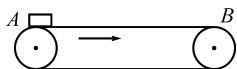


图 1-2-2

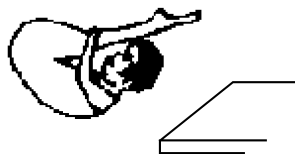


图 1-2-3

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.45}{10}} \text{ s} = 0.3 \text{ s}$$

从最高点下落至手触水面,所需的时间为: $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} =$

$$\sqrt{\frac{2 \times 10.45}{10}} \text{ s} = 1.4 \text{ s}$$

故运动员在空中用于完成动作的时间约为: $t = t_1 + t_2 = 1.7 \text{ s}$.

【互动研习2】若忽略运动员进入水面过程中受力的变化,入水之后,其重心能下沉到离水面约2.5 m处,试估算运动员在水中的下沉时间?

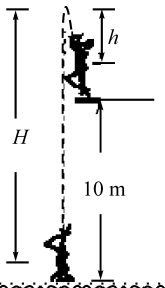


图 1-2-4

【误点警示】注意该题所涉及的上抛运动不具有对称性,所以上升和下落两个阶段的时间不相等.另外,这也是一个与实际问题联系的题目,关键要把题目读懂,将物理过程分析清楚,并建立相应的物理模型,最好要画出运动示意图,这可以大大降低思考的难度.

题型四 运动图象的分析、应用

规律方法 对于图象问题应首先弄明白所给图象所表示的物理量及它们的函数关系,其次要理解图象中的“点”、“线”、“斜率”、“截距”、“面积”的物理意义.对某些运动过程较为复杂或较难直接列式表达的运动问题,可用运动图象来表达,此时一般选择待研究的物理量作为纵坐标.

【调研6】(06年烟台质检)一物体做加速直线运动,依次通过A、B、C三点, $AB = BC$. 物体在AB段加速度为 a_1 ,在BC段加速度为 a_2 ,且物体在B点的速度为 $v_B = \frac{v_A + v_C}{2}$,则

- A. $a_1 > a_2$ B. $a_1 = a_2$
C. $a_1 < a_2$ D. 不能确定

解析 依题意作出物体的 $v-t$ 图象,如图 1-2-5

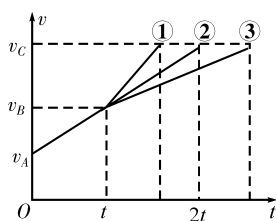


图 1-2-5

所示.图线下方所围成的面积表示物体的位移,由几何知识知图线②、③不满足 $AB = BC$,只能是①这种情况.因为斜率表示加速度,所以 $a_1 < a_2$,选项C正确.

【知识深化】对于物理图象,一般情况下,“点”对应研究对象的一个状态,特别应注意“起点”、“终点”、“拐点”,它们往往对应一个特殊状态;“线”表示研究对象的变化过程和规律;“斜率”表示横、纵坐标上两物理量的比值,常有一个重要的物理量与之对应,用于求解定量计算对应物理量的大小和定性分析变化的快慢问题;“面积”常与某一表示过程的物理量相对应;“截距”表示横、纵坐标两物理量在“边界”条件下的物理量的大小,由此往往能得到一个很有意义的物理量.

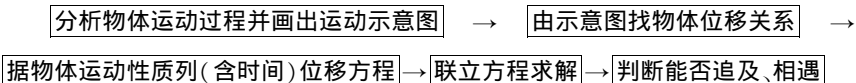
怯懦型 这种心理的人过于谨慎,小心翼翼,常多虑,犹豫不决,稍有挫折就退缩,不想有所作为.

温馨
提示



题型五 运动的追及、相遇问题

规律方法 分析追及、相遇的问题首先分析各个物体的运动特点,形成清晰的运动图景;再根据相遇位置建立物体间的位移关系方程;最后根据各物体的运动特点找出运动时间的关系.判断能否追及、相遇常用方程式法和图象法.思考过程用流程图表示如下:



【调研7】 羚羊从静止开始奔跑,经过 $s_1 = 50 \text{ m}$ 距离能加速到最大速度 $v_1 = 25 \text{ m/s}$,并能维持一段较长的时间;猎豹从静止开始奔跑,经过 $s_2 = 60 \text{ m}$ 的距离能加速到最大速度 $v_2 = 30 \text{ m/s}$,以后只能维持这个速度 4.0 s . 设猎豹距离羚羊 x 时开始攻击,羚羊则在猎豹开始攻击后 1.0 s 才开始奔跑,假设羚羊和猎豹在加速阶段分别做匀加速运动,且均沿同一直线奔跑. 求:

(1) 猎豹要在其最大速度减速前追到羚羊, x 值应在什么范围?

(2) 猎豹要在其加速阶段追上羚羊, x 值应在什么范围?

解析 (1) 猎豹要在其最大速度减速前追到羚羊,即猎豹的运动只能是先匀加速,后匀速. 设猎豹在维持最大速度的时间 t 内追到羚羊,由题意得 $t \leq 4.0 \text{ s}$. 现首先需要考虑的问题是,当猎豹追到羚羊时,羚羊的运动情况如何? 为此,可先分别求得羚羊和猎豹做加速运动的加速度和时间.

$$\text{羚羊做加速运动的加速度为: } a_1 = \frac{v_1^2}{2s_1} = 6.25 \text{ m/s}^2$$

$$\text{羚羊做加速运动的时间为: } t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{25}{6.25} \text{ s} = 4.0 \text{ s}$$

$$\text{猎豹做加速运动的加速度为: } a_2 = \frac{v_2^2}{2s_2} = 7.5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{猎豹做加速运动的时间为: } t_2 = \frac{v_2}{a_2} = \frac{30}{7.5} \text{ s} = 4.0 \text{ s}$$

显然由 $t_1 = t_2$ 可知:当猎豹进入匀速运动过程 1 s 后,羚羊将做匀速运动. 所以,当猎豹追到羚羊时,羚羊早已在匀速运动,只是匀速运动的时间比猎豹少了 1 s .

$$\text{则根据位移关系有: } s_2 + v_2 t = s_1 + x + v_1(t - 1)$$

$$\text{解得: } x \leq 55 \text{ m.}$$

(2) 猎豹要在其加速阶段追上羚羊,言下之意是,猎豹运动的时间 $t \leq t_2 = 4 \text{ s}$

又因 $t_1 = t_2$,所以猎豹追上羚羊时,羚羊也正在加速,则根据位移关系有:

$$\frac{1}{2} a_2 t^2 = \frac{1}{2} a_1 (t - 1)^2 + x$$

$$\text{解得 } x \leq 31.9 \text{ m.}$$



【发散拓展】 追及、相遇问题从时间和空间的角度来看,其实质就是指同一时刻到达空间同一位置.因此要抓住“两个关系”和“一个条件”,“两个关系”即时间关系和位移关系,“一个条件”即两者速度相等,它往往是物体间能否追上或(两者)距离最大、最小的临界条件,也是分析判断的切入点.



强化闯关

1. (T1 强化) 为了安全,在行驶途中,车与车之间必须保持一定的距离.因为,从驾驶员看见某一情况到采取制动动作的时间里,汽车仍然要通过一段距离(称为思考距离);而从采取制动动作到车完全停止的时间里,汽车又要通过一段距离(称为制动距离).下表给出了汽车在不同速度下的思考距离和制动距离的部分数据.请分析这些数据,完成表格.

速度(km/h)	思考距离(m)	制动距离(m)	停车距离(m)
45	9	14	23
75	15	38	
90			73
105	21	75	96

2. (T1 强化) 为了传递信息,周朝形成了邮驿制度,宋朝增设“急递铺”,设金牌、银牌、铜牌三种.“金牌”一昼夜行 500 里(1 里 = 500 米),每到一驿站换人换马接力传递.“金牌”的平均速度

- A. 与成年人步行的速度相当 B. 与人骑自行车的速度相当
C. 与高速公路上汽车的速度相当 D. 与磁悬浮列车的速度相当

3. (T2 强化) 在民航和火车站可以看到用于对行李进行安全检查的水平传送带,若当旅客把行李放到传送带上时,传送带匀速前进的速度为 0.25 m/s ,质量为 5 kg 的木箱在传送带上相对滑动时所受的摩擦力为 30 N ,那么,这个木箱放在传送带上后,传送带上将留下的摩擦痕迹长约为

- A. 10 mm B. 15 mm C. 5 mm D. 20 mm

4. (T2 强化) 上海磁悬浮列车已于 2003 年 10 月 1 日正式运营.据报道,列车从上海龙阳路车站到浦东机场车站,全程 30 km.列车开出后先加速,直到最高速度 432 km/h ,然后保持最大速度行驶 50 s ,即开始减速直到停止.假设列车起动和减速的加速度大小相等,且恒定,列车做直线运动.试由以上数据估算磁悬浮列车运行的平均速度的大小是多少?北京和天津之间的距离是 120 km,若以上海磁悬浮列车的运行方式行驶,最高时速和加速度都相同,由北京到天津要用多少时间?

5. (T3 强化) 用图 1-2-6 所示的方法可以测出一个人的反应时间,设直尺从开



始自由下落,到直尺被受测者抓住,直尺下落的距离为 h ,受测者的反应时间为 t ,则下列说法正确的是

- A. $t \propto h$ B. $t \propto \frac{1}{h}$ C. $t \propto \sqrt{h}$ D. $t \propto h^2$

6. (T3、T5 强化) 离地 20 m 高处有一小球 A 做自由落体运动, A 球由静止释放的同时,其正下方地面上有另一小球 B 以 v_0 的初速度竖直上抛。

(1) 若要使两球在空中相遇, B 球上抛的初速度 v_0 须满足什么条件?

(2) 要使 B 球在下落过程中与 A 相遇,则 B 球上抛的初速度 v_0 须满足什么条件? (不计空气阻力, g 取 10 m/s²)

7. (T5 强化) 驾驶手册规定具有良好刹车性能的汽车在以 80 km/h 的速率行驶时,可以在 56 m 的距离内被刹住,在以 48 km/h 的速率行驶时,可以在 24 m 的距离内被刹住,假设对这两种速率,驾驶员所允许的反应时间与刹车的加速度都相同. 现在某高速公路边交通警示牌上有如图 1-2-7 所示的标记,若车辆驾驶员看到前车刹车后也相应刹车,假设车辆刹车加速度相同,安全距离是两车不相碰所必须保持的距离的 2 倍,则车辆行驶在这条公路上的安全距离为多少?



图 1-2-7

8. (T4 强化) “神舟”六号飞船完成了预定的空间科学和技术实验任务后返回舱开始从太空向地球表面按预定轨道返回,返回舱开始时通过自身制动发动机进行调控减速下降,穿越大气层后,在一定的高度打开阻力降落伞进一步减速下落,这一过程中若返回舱所受空气摩擦阻力与速度的平方成正比,比例系数(空气阻力系数)为 k ,所受空气浮力恒定不变,且认为竖直降落. 从某时刻开始计时,返回舱的 $v-t$ 图象如图 1-

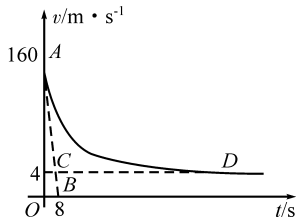


图 1-2-8

2-8 中的 AD 曲线所示,图中 AB 是曲线在 A 点的切线,切线交于横轴一点 B,其坐标为 (8, 0), CD 是曲线 AD 的渐近线,假如返回舱总质量为 $M = 400$ kg, $g = 10$ m/s², 求

- (1) 返回舱在这一阶段是怎样运动的?
- (2) 在初始时刻 $v = 160$ m/s, 此时它的加速度是多大?
- (3) 推证空气阻力系数 k 的表达式并计算其值.

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 工件先做匀减速再做匀速运动, 减速时间为 $t_1 = \frac{v_t - v_0}{a} = (4 - 2)/1 = 2$ s, 减速的位



移为 $s_1 = \bar{v}t_1 = \frac{4+2}{2} \times 2 \text{ s} = 6 \text{ m}$, 则匀速的位移为 $s_2 = (10-6) \text{ m} = 4 \text{ m}$, 所以匀速的

时间为 $t_2 = 2 \text{ s}$.

2. 运动员触及水面时的速度为 $v = \sqrt{2gH} \approx 14.46 \text{ m/s}$, 由于忽略运动员进入水面过程

中受力的变化, 所以下沉过程为匀减速, 则时间为 $t = \frac{s}{\bar{v}} = \frac{2.5}{14.46/2} \text{ s} = 0.35 \text{ s}$.

强化闯关参考答案:

1. 从题意得, 停车距离是指思考距离和制动距离之和, 而思考距离内汽车做匀速直线运动, 制动距离内汽车做匀减速直线运动. 所以, 当汽车的速度为 75 km/h 运动时, 停车距离为 53 m ; 由第 1、2 组数据知思考时间为 0.72 s , 当汽车的速度为 90 km/h 运动

时, 思考距离为 $s_1 = \frac{90}{3.6} \times 0.72 \text{ m} = 18 \text{ m}$, 制动距离为 $s_2 = (73-18) \text{ m} = 55 \text{ m}$.

2. B $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{500 \times 0.5 \text{ km}}{24 \text{ h}} = 10.4 \text{ km/h}$, 故与人骑自行车的速度相当.

3. C 加速度 $a = f/m = 6 \text{ m/s}^2$, 所以传送带上将留下的摩擦痕迹长为 $s = \frac{v^2}{2a} = 5.2 \text{ mm}$.

4. 列车的最大速度 $v = 432 \text{ km/h} = 120 \text{ m/s}$, 匀速行驶的位移为 $s_0 = vt = 6\,000 \text{ m}$,

列车加速阶段与减速阶段的加速度大小相等, 通过的位移相等为 $s_1 = \frac{s-s_0}{2} = 12$

$\times 10^3 \text{ m}$, 所用的时间相等为 $t_1 = \frac{2s_1}{v} = 200 \text{ s}$, 则列车全程的平均速度为 $\bar{v} =$

$\frac{s}{2t_1+t_0} = 66.7 \text{ m/s}$. 若磁悬浮列车以相同的加速度和最大速度从北京到天津, 则

加速阶段和减速阶段所用的时间和通过的位移相同, 其余的位移是其以最大速度

匀速行驶通过的距离, 所用时间为 $t' = \frac{s'-2s_1}{v} = 800 \text{ s}$, 北京到天津所用时间 $t_T = t'$

$+2t_1 = 1\,200 \text{ s} = 20 \text{ min}$.

5. C 根据自由落体运动的规律 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即得 $t \propto \sqrt{h}$.

6. 选 B 为参考系, 则 A 相对于 B 的初速度 $v_{AB} = 0 - v = -v_0$, A 相对于 B 的加速度为 $a_{AB} = -g - (-g) = 0$, 由此可知, A 相对于 B 做竖直向下、速度大小为 v_0 的匀速直线运动, 所以相遇时间 $t = h/v_0$.

(1) 要使两球在空中相遇, t 应小于 A 球落地时间, 即 $h/v_0 < \sqrt{2h/g}$, 所以 $v_0 > \sqrt{gh/2} = 10 \text{ m/s}$;

(2) B 球在下落阶段的时间 t_2 满足 $v_0/g < t_2 < 2v_0/g$, 要使 B 球在下落阶段与 A 球相遇, 需 $t = t_2$, 即 $v_0/g < h/v_0 < 2v_0/g$, 所以 $\sqrt{gh} > v_0 > \sqrt{gh/2}$, 代入数据, 得 $10\sqrt{2} \text{ m/s} >$

求稳怕乱、安于现状等保守的心理习惯, 所以, 就出现了这种妨碍人成长的不当习惯。

温馨
提示



$$v_0 > 10 \text{ m/s.}$$

7. 设驾驶员的反应时间为 t , 刹车距离为 s , 刹车后加速度大小为 a , 由题意得 $s = vt +$

$$\frac{v^2}{2a}, \text{代入数据可得: } 56 = \frac{80}{3.6}t + \frac{(\frac{80}{3.6})^2}{2a}, 24 = \frac{48}{3.6}t + \frac{(\frac{48}{3.6})^2}{2a}, \text{联立解得 } t = 0.72 \text{ s.}$$

由于前、后车的速度相同,且刹车时的加速度也相同,故刹车过程所通过的距离 s 也相同,所以只要后车在前车开始刹车的位置开始刹车,就能保证前、后车不相撞. 由于该路段的最高速度为 $90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$,所以车在反应时间 $t = 0.72 \text{ s}$ 内的位移 $s' = v_0 t = 25 \text{ m/s} \times 0.72 \text{ s} = 18 \text{ m}$. 故安全距离为 36 m .

8. (1) 从图 1-2-8 中的 $v-t$ 图象可知:返回舱的速度是逐渐减小的,所以返回舱做的是减速直线运动;从 AD 曲线各点切线的斜率越来越小直到最后为零可知:其加速度大小是越来越小. 所以返回舱在这一阶段做的是加速度越来越小的减速运动,最后逐渐趋近一个恒定的速度.

(2) 因 AB 是曲线 AD 在 A 点的切线,故其斜率大小就是 A 点在这一时刻加速度的大小,由图 1-2-8 中的数据可知返回舱在初始时刻的加速度 $a = 160/8 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ m/s}^2$.

(3) 设返回舱下降过程中所受的空气浮力恒为 f_0 ,最后匀速时的速度为 v_m ,返回舱在 $t=0$ 时,由牛顿第二定律可知 $kv^2 + f_0 - mg = ma$,返回舱下降到速度达到 4 m/s 时开始做匀速直线运动,所以由平衡条件可知 $kv_m^2 + f_0 = mg$,联立以上两式可得:
 $k = ma / (v^2 - v_m^2) = (400 \times 20) / (160^2 - 4^2) = 0.3$.

重点 3 牛顿运动定律



要点解读

一、高考热点:

1. 牛顿第一、第二、第三定律内容的理解分析;
2. 物体的受力分析,牛顿第二定律的两类问题;
3. 超重、失重现象的分析和应用;
4. 求解动力学问题的常用方法和策略.

二、考查方式与特点:

从近几年高考看,对本重点内容单独命题大多以选择题形式出现,并趋向于用牛顿运动定律解决生活、科技、生产实际问题. 若与万有引力、电场、磁场等知识联系,则构成难度较大的综合性试题,以考查推理能力和综合分析能力. 牛顿定律在每年的高考中复现率为 100%,且一般分值在 12 分甚至更多.

三、应对策略:



针对本重点的特点,要全面掌握和应用牛顿定律,关键在于正确选取研究对象和受力分析,灵活运用假设法、极限法等思维方法,力求避免定势思维的影响而想当然地解题。



典例调研

题型一 牛顿第一、第三定律的理解及应用

规律方法 牛顿第一定律揭示的是力和运动的定性关系及固有属性(惯性)、牛顿第三定律反映的是两个物体之间相互作用力关系,应用牛顿第一、第三定律来分析有关现象,关键是深刻理解定律的内涵与外延,再结合题述对象的初始状态和受力进行分析推理。

【调研1】 甲、乙二人拔河,下面说法中正确的是

- A. 做匀速运动时,甲、乙二人对绳的拉力大小一定相等
- B. 不论做何种运动,根据牛顿第三定律,甲、乙二人对绳的拉力大小一定相等
- C. 绳的质量可以忽略不计时,甲、乙二人对绳的拉力大小一定相等
- D. 绳的质量不能忽略不计时,甲对绳的拉力一定大于乙对绳的拉力

解析 甲、乙二人对绳的拉力都作用在绳上,即不是作用力和反作用力,故选项B错误;做匀速运动时,绳子受力平衡,即甲、乙二人对绳的拉力大小一定相等,故A项正确;绳的质量可以忽略不计时,绳子所受合力为零,故甲、乙二人对绳的拉力大小一定相等,故C项正确;绳的质量不能忽略不计时,如果有加速度,当加速度向右时,乙对绳的拉力大于甲对绳的拉力,故选项D错误。综上所述,正确选项应为AC。

【技巧点拨】 该题中绳的质量计与不计是两种完全不同的情况。若不计绳的质量,则可等效于甲、乙二人直接相互作用,故拉力一定等大反向;若要计绳的质量,则应选绳为对象进行受力和运动状态的分析来确定甲、乙二人对其拉力的大小。

题型二 牛顿第二定律的性质及应用

规律方法 牛顿第二定律定量揭示了力与运动的关系,反映了加速度与力、质量之间的内在联系,在应用时要注意其瞬时性、矢量性、对应性、独立性和相对性,所以选择恰当的研究对象、正确的受力分析和合理的正方向是解题的关键。

【调研2】 (高考改编题)如图1-3-1所示,一质量为 m 的物体系于长度分别为 l_1 、 l_2 的轻弹簧和细线上, l_1 的一端悬挂在天花板上,与竖直方向的夹角为 θ , l_2 水平拉直,物体处于平衡状态。现将 l_2 线剪断,则剪断瞬间物体的加速度为

- A. $g/\cos \theta$
- B. $g \sin \theta$
- C. $g \tan \theta$
- D. g

解析 设轻弹簧 l_1 上拉力为 T_1 、线上拉力为 T_2 、重力为 mg ,物体在三个力的作用下处于平衡状态,则有: $T_1 \cos \theta = mg$ 和 $T_1 \sin \theta$

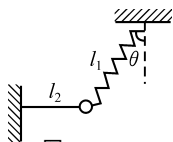


图1-3-1

对美好的东西失去追求,这种厌倦心理磨损人的志气,是成才的一个致命伤。

温馨
提示



$= T_2$, 由此可解得: $T_2 = mg \tan \theta$

剪断线的瞬间, 线的拉力 T_2 随之瞬间消失, 而弹簧 l_1 的长度不能突变, 所以其弹力 T_1 的大小和方向在此瞬间都不变。因此物体即在 T_2 反方向获得加速度, 所以有: $mg \tan \theta = ma$

解得加速度: $a = g \tan \theta$, 即选项 C 正确。

【互动研习 1】 若将轻弹簧 l_1 也改成细线, 如图 1-3-2 所示, 则剪断 l_2 瞬间物体的加速度为多大?

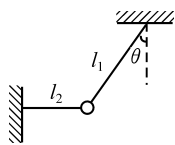
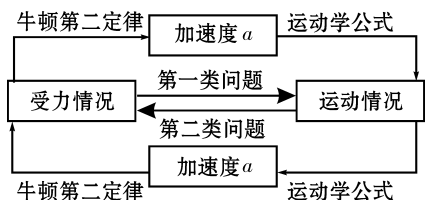


图 1-3-2

【误点警示】 本题很容易与互动研习中的情况相混淆, 所以要注意轻弹簧与其他物体连接时, 轻弹簧的形变和由于形变而产生的弹力不能突变, 需要时间; 在极短时间内, 通常可认为弹簧的形变量及弹力不变, 这与轻绳、轻杆不同。另外, 牛顿第二定律反映了合外力的瞬时效果, 即物体的加速度与它所受的合外力是一个瞬时关系。这种对应关系表现为: 合外力恒定不变时, 加速度也保持不变; 合外力变化时加速度也随之变化; 合外力为零时, 加速度也为零。注意力的瞬时效果是加速度而不是速度。

题型三 牛顿第二定律的两类问题

规律方法 求解牛顿第二定律的两类问题, 基本思路图解如右。从图可知, 不论求解那一类问题, 一般总是先根据已知条件求出物体运动的加速度。因为加速度是联系力和运动的桥梁和纽带, 也是顺利求解的关键。



【调研 3】 如图 1-3-3 所示, 传送带与地面的倾角 $\theta = 37^\circ$, 从 A 到 B 的长度为 16 m, 传送带以 $v_0 = 10$ m/s 的速度逆时针转动。在传送带 A 端无初速地放一个质量为 0.5 kg 的物体, 它与传送带之间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$, 求物体从 A 运动到 B 所需的时间是多少? ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

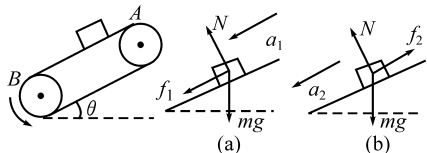


图 1-3-3

图 1-3-4

解析 物体放在传送带上后, 开始阶段, 传送带的速度大于物体的速度, 传送带给物体一沿斜面向下的滑动摩擦力 f_1 ($f_1 = \mu mg \cos \theta$), 物体由静止开始加速下滑, 受力分析如图 1-3-4(a) 所示; 当物体加速至与传送带速度相等时, 由于 $\mu < \tan \theta$, 物体在重力作用下将继续加速, 此后物体的速度大于传送带的速度, 传送带给物体沿传送带向上的滑动摩擦力 f_2 ($f_2 = f_1$), 但合力沿传送带向下, 物体继续加速下滑, 受力分析如图 1-3-4(b) 所示。综上可知, 滑动摩擦力的方向在获得相同速度的瞬间发生了“突变”。

开始阶段由牛顿第二定律得: $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$, 解得: $a_1 = 10$ m/s²

物体加速至与传送带速度相等需要的时间为: $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 1$ s



这段时间内发生的位移为: $s = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 5 \text{ m} < 16 \text{ m}$

所以物体加速到 10 m/s 时仍未到达 B 点

第二阶段, 摩擦力 f_2 向上有: $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$, 解得: $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$

设第二阶段物体滑动到 B 的时间为 t_2 则: $s_{AB} - s = v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$

解得: $t_2 = 1 \text{ s}$ 、 $t_2' = -11 \text{ s}$ (舍去), 故物体运动经历的总时间为: $t = t_1 + t_2 = 2 \text{ s}$.

【方法技巧】 本题是已知受力情况求运动情况, 关键是弄清运动图景并正确求出加速度. 从上述分析可以看出, 皮带传送物体时所受滑动摩擦力可能发生突变, 不论是其大小的突变, 还是其方向的突变, 都发生在物体的速度与传送带速度相等的时刻. 而正确分析这个摩擦力是求得加速度的前提条件.

题型四 超重、失重现象的分析和应用

规律方法 超重、失重的实质是物体具有竖直方向的加速度时, 物体对其支持物的压力或对悬挂物的拉力的增加和减小. 运用超重、失重解题应具备两个条件: ①物体具有竖直方向的加速度; ②问题涉及物体对其支持物的压力或悬挂物的拉力.

【调研4】 (06年武汉模拟) 如图1-3-5所示, 滑轮的质量不计, 已知三个物体的质量关系是: $m_1 = m_2 + m_3$, 这时弹簧秤的读数为 T , 若把物体 m_2 从右边移到左边的物体 m_1 上, 弹簧秤的读数 T 将

A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 无法确定

解析 原来系统处于平衡状态, 所以弹簧秤读数为 $T = (m_1 + m_2 + m_3)g$. 当 m_2 从右边移到左边后, 左边的物体加速下降, 右边的物体以大小相同的加速度加速上升, 但由于 $m_1 + m_2 > m_3$, 故系统的重心加速下降, 系统处于失重状态, 因此 $T < (m_1 + m_2 + m_3)g$, 所以选项 B 正确.

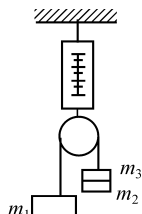


图 1-3-5

【互动研习2】 (1) 该题若要分析跨过滑轮的轻绳张力又该如何?

(2) 若将悬挂弹簧秤的细绳剪断, 则在物体和弹簧秤下落的过程中, 弹簧秤的读数为多大?

【方法技巧】 解这类问题的关键是先判断出系统的加速度方向, 以确定物体是处于超重还是失重状态, 再由超重、失重的特点判断力的关系.

题型五 解动力学问题的方法和策略

规律方法 处理有相互作用力的系统问题的关键是研究对象的选取, 其方法一般是采用隔离和整体策略, 并以尽可能避免或减少非待求量 (即中间未知量, 如非待求的力、非待求的中间状态或过程等) 的出现为原则; 有“最大”、“最小”或“刚好”隐含着临界问题时, 应将物理问题 (或过程) 推向极端 (极限思维), 从而使临界状态迅速呈现出来, 达到尽快求解的目的; 对具有周期性的外力问题, 用图象法来求解比用公式法要直观、简捷得多.

【调研5】 (高考改编题) 如图1-3-6所示, 平板 A 长 $L = 5 \text{ m}$, 质量 $M = 5 \text{ kg}$,

积极思考: 停止消极的想法, 重新考虑事物, 变消极为积极. 计划做一些有趣的事情.

温馨
提示



放在水平桌面上,板右端与桌边相齐.在 A 上距右端 $s = 3 \text{ m}$ 处放一物体 B (大小可忽略),其质量 $m = 2 \text{ kg}$. 已知 A, B 间动摩擦因数 $\mu_1 = 0.1$, A 与桌面间和 B 与桌面间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.2$,原来系统静止.现在在板的右端施一大小恒定的水平力 F 持续作用在物体 A 上直到将 A 从 B 下抽出才撤去,且使 B 最后停于桌的右边缘,求:

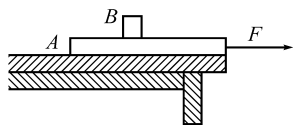


图 1-3-6

- (1) 物体 B 运动的时间是多少?
 (2) 力 F 的大小为多少?

解析 (1) 对于 B ,在未离开 A 时,其加速度为: $a_{B1} = \frac{\mu_1 mg}{m} = 1 \text{ m/s}^2$

设经过时间 t_1 后 B 离开 A 板,离开 A 后 B 的加速度为: $a_{B2} = -\frac{\mu_2 mg}{m} = -2 \text{ m/s}^2$

根据题意可作出 B 的速度图象如图 1-3-7 所示. 有

$$v_{B1} = a_{B1} t_1 \text{ 和 } \frac{1}{2} a_{B1} t_1^2 + \frac{v_{B1}^2}{-2a_{B2}} = s$$

代入数据解得 $t_1 = 2 \text{ s}$

而 $t_2 = \frac{v_{B1}}{-a_{B2}} = 1 \text{ s}$,故 B 运动的时间是: $t = t_1 + t_2 = 3 \text{ s}$.

(2) 设 A 的加速度为 a_A ,则据相对运动的位移关系得:

$$\frac{1}{2} a_A t_1^2 - \frac{1}{2} a_{B1} t_1^2 = L - s$$

解得: $a_A = 2 \text{ m/s}^2$

根据牛顿第二定律得: $F - \mu_1 mg - \mu_2 (m + M) g = Ma$

代入数据得: $F = 26 \text{ N}$.

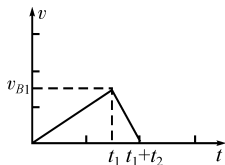


图 1-3-7

【误区警示】 此题有两个制约关系:一是平板 A 的加速度大小制约着物体 B 做匀加速位移的大小;二是物体 B 的总位移受桌面边缘的制约.因此在弄清平板和物体 B 的运动状态的前提下,设法找到平板和物体 B 的位移和 s 之间的制约关系是求解本题的关键.但很多考生只注意到了第一个制约关系,而忽视了第二个制约关系而功亏一篑.

【调研 6】 如图 1-3-8 所示,光滑球恰好放在木块的圆弧槽中,它的左边的接触点为 A ,槽的半径为 R ,且 OA 与水平线成 α 角,通过实验知道:当木块的加速度过大时,球可以从槽中滚出,圆球的质量为 m ,木块的质量为 M ,各种摩擦及绳和滑轮的质量不计,则木块向右加速度最小为多大时球才离开圆槽?

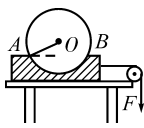


图 1-3-8

解析 当加速度 $a = 0$ 时,球受重力和支持力.支持力的作用点在最底端.

当加速度略大于零,球不能离开圆槽,球同样受重力和支持力,但支持力的方向斜向右上方,即支持力的作用点沿圆弧槽向 A 点移动.

当加速度逐渐增大,支持力的作用点移到 A 点时,球即将离开圆弧槽,此状态为临界状态,分析小球受力如图 1-3-9 所示

由牛顿第二定律: $mg \cot \alpha = ma_0$

可得 $a_0 = g \cot \alpha$

显然,当木块向右的加速度 a 至少为 $g \cot \alpha$ 时,球离开圆弧槽。

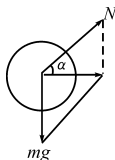


图 1-3-9

【方法技巧】 若题目中出现“恰好”等词语时,一般都有临界现象出现,都要求出临界条件.分析时,为了把这个临界条件暴露出来,一般得找出初态物理现象规律,再将某个物理量增大或减小(如本题中将 a 逐渐增大),从而将比较隐蔽的临界条件(如本题中支持力作用点为 A 点时)暴露出来。



强化闯关

1. (T1 强化)我国《道路交通安全法》中规定:各种小型车辆前排乘坐的人(包括司机)必须系好安全带,这是因为

- A. 系好安全带可以减小惯性
- B. 是否系好安全带对人和车的惯性没有影响
- C. 系好安全带可以防止因车的惯性而造成的伤害
- D. 系好安全带可以防止因人的惯性而造成的伤害

2. (T1、T2 强化)在闭幕的都灵冬奥会上,张丹和张昊一起以完美表演赢得了双人滑比赛的银牌.在滑冰表演刚开始时他们静止不动,随着优美的音乐响起后在相互猛推一下后分别向相反方向运动.假定两人的冰刀与冰面间的摩擦因数相同,已知张丹在冰上滑行的距离比张昊远,这是由于

- A. 在推的过程中,张丹推张昊的力小于张昊推张丹的力
- B. 在推的过程中,张丹推张昊的时间小于张昊推张丹的时间
- C. 在刚分开时,张丹的初速度大于张昊的初速度
- D. 在分开后,张丹的加速度的大小小于张昊的加速度的大小

3. (T4 强化)如图 1-3-10 所示,在一升降机中,物体 A 置于斜面上,当升降机处于静止状态时,物体 A 恰好静止不动,若升降机以加速度 g 竖直向下做匀加速运动时,以下关于物体受力的说法中正确的是

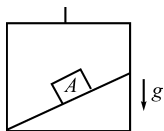


图 1-3-10

- A. 物体仍然相对斜面静止,物体所受的各个力均不变
- B. 因物体处于完全失重状态,所以物体不受任何力作用
- C. 因物体处于完全失重状态,所以物体所受重力变为零,其他力不变
- D. 物体处于完全失重状态,物体除受到的重力不变以外,不受其他力的作用

4. (T2 强化)如图 1-3-11 所示, A 、 B 两条直线是在 A 、 B 两地分别用竖直向上的力 F 拉质量分别为 m_A 和 m_B 的两个物体得出的加速度 a 与力 F 之间的关系图象,



分析图象可知

- A. 比较两地的重力加速度,有 $g_A > g_B$
 B. 比较两物体的质量,有 $m_A < m_B$
 C. 比较两地的重力加速度,有 $g_A = g_B$
 D. 比较两物体的质量,有 $m_A > m_B$

5. (T2、T3、T5 强化) 如图 1-3-12 所示, A、B 两滑环分别套在间距为 1 m 的光滑细杆上, A 和 B 的质量之比为 1:3, 用一自然长度为 1 m 的轻弹簧将两环相连, 在 A 环上作用一沿杆方向的、大小为 20 N 的拉力 F , 当两环都沿杆以相同的加速度 a 运动时, 弹簧与杆的夹角为 53° ($\cos 53^\circ = 0.6$). 求

- (1) 弹簧的劲度系数为多少?
 (2) 若突然撤去拉力 F , 在撤去的瞬间, A 的加速度为 a' , a' 与 a 大小之比.

6. (T2 强化) 如图 1-3-13 所示的装置可以测量汽车在水平路面上运动时的加速度. 该装置是在矩形箱子的前、后壁上各安装了一个压力传感器 a 和 b . 用两根相同的轻弹簧夹着一个质量 $m = 2.0 \text{ kg}$ 的滑块, 滑块可无摩擦滑动; 两弹簧的另一端分别压在 a 、 b 上, 其压力大小可直接从传感器的液晶显示屏上读出. 当弹簧作用在传感器上的力为压力时, 示数为正; 当弹簧作用在传感器上的力为拉力时, 示数为负. 现将装置沿汽车运动方向固定在汽车上. 汽车静止时, a 、 b 的示数均为 10 N (取 $g = 10 \text{ m/s}^2$).

- (1) 若传感器 b 的示数为 14 N, a 的示数应该是多少?
 (2) 当汽车以什么样的加速度运动时, 传感器 b 的示数为零?
 (3) 若传感器 b 的示数为 -5 N, 车的加速度大小和方向如何?

7. (T3 强化) 大雪会使城市的街道出现严重的堵车情况, 甚至发生交通事故. 究其原因, 主要是大雪覆盖路面后, 被车轮挤压, 部分融化为水, 在严寒的天气下, 又马上结成冰. 汽车在光滑的冰面上行驶, 刹车后难以停下, 据测定, 汽车橡胶轮胎与普通路面间的动摩擦因数是 0.7, 与冰面间的动摩擦因数为 0.1, 对于没有安装防抱死 (ABS) 装置的普通汽车, 在规定的速度急刹车后, 车轮立即停止运动, 汽车在普通的水平路面上滑行 1.4 m 才能停下, 那么汽车以同样的速度在结了冰的水平路面上行驶, 急刹车后滑行的距离为多少? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 当剪断线的瞬间, T_2 突然消失, 细线 l_1 的弹力也瞬间发生变化, 此时将重力沿细线 l_1 和垂直细线 l_1 方向分解得 $F_{\text{合}} = mg \sin \theta$, 所以加速度 $a = g \sin \theta$.

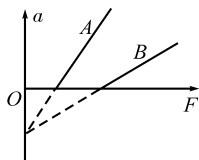


图 1-3-11

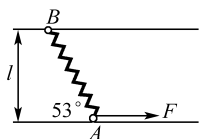


图 1-3-12

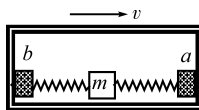


图 1-3-13

2. (1) 因为 m_3 加速上升, 所以 m_3 处于超重状态, 设其加速度大小为 a' , 则 $T' - m_3g = m_3a'$; 左边的物体加速下降, 所以 $(m_1 + m_2)$ 处于失重状态, 则 $(m_1 + m_2)g - T' = (m_1 + m_2)a'$. 联立以上两式得 $T' = 2(m_1 + m_2)m_3g / (m_1 + m_2 + m_3)$.

(2) 系统处于完全失重状态, 弹簧读数为 0.

强化闯关参考答案:

1. BD

2. C 根据牛顿第三定律可知, 作用力和反作用力是等大、反向、一直线的, 它们总是同时产生、同时消失、同样变化的, 所以推力相等. 由于冰刀与冰面的动摩擦因数相同, 根据牛顿第二定律可知加速度也相同 (均为 μg), 根据匀变速运动的规律可知位移大小反映初速度的大小, 所以在刚分开时, 张丹的初速度大于张昊的初速度.

3. D 当物体以加速度 g 向下做匀加速运动时, 物体处于完全失重状态, 其视重为零, 因而支持物对其的作用力亦为零; 另外处于完全失重状态的物体, 其重力依然存在.

4. BC 由题图看出, 当 $F=0$ 时, 物体的合外力即为重力, 故知图线与纵轴的交点就是 g 值; 当 $a=0$ 时, 有 $F=mg$, 所以图线与横轴的交点就是重力 mg .

5. (1) 先取 $A+B$ 和弹簧整体为研究对象, 弹簧弹力为内力, 杆对 A, B 支持力与加速度方向垂直, 在沿 F 方向应用牛顿第二定律 $F = (m_A + m_B)a$; 再取 B 为研究对象 $F_{\text{弹}} \cos 53^\circ = m_B a$, 联立求解得 $F_{\text{弹}} = 25 \text{ N}$, 由几何关系得, 弹簧的伸长量 $\Delta x = l(1/\sin 53^\circ - 1) = 0.25 \text{ m}$, 所以弹簧的劲度系数 $k = 100 \text{ N/m}$.

(2) 撤去 F 瞬间, 弹簧弹力不变, A 的加速度 $a' = F_{\text{弹}} \cos 53^\circ / m_A$, 故 $a' : a = 3 : 1$.

6. (1) 由题意知 $F_{a0} = F_{b0} = kx_0 = 10 \text{ N}$, $F_b = k(x_0 + \Delta x) = 14 \text{ N}$, 即 $\Delta F_b = k\Delta x = 4 \text{ N}$, 代入得 $F_a = k(x_0 - \Delta x) = 10 \text{ N} - 4 \text{ N} = 6 \text{ N}$.

(2) 传感器 b 的示数为零时, $\Delta F_b' = 10 \text{ N}$, 则 $F_a' = F_{a0} + \Delta F_b' = 10 \text{ N} + 10 \text{ N} = 20 \text{ N}$,

对 m 由牛顿第二定律得 $F_a' = ma$, 得加速度 $a = \frac{F_a'}{m} = \frac{20}{2.0} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$, 方向向左.

(3) 若当 $F_b' = -5 \text{ N}$ 时, $\Delta F_b'' = 15 \text{ N}$, 则 $F_a'' = F_{a0} + \Delta F_b'' = 10 \text{ N} + 15 \text{ N} = 25 \text{ N}$, m 受到的合力大小为 $F' = F_a'' + |F_b'| = 25 \text{ N} + 5 \text{ N} = 30 \text{ N}$, 此时 m 的加速度为 $a' = \frac{F'}{m} = \frac{30}{2.0} \text{ m/s}^2 = 15 \text{ m/s}^2$, 方向向左.

7. 由牛顿第二定律得 $-\mu mg = ma$, 解得 $a = -\mu g$, 因此 $a_1 = -\mu_1 g$, $a_2 = -\mu_2 g$; 由运动

学公式 $0 - v^2 = 2as$, 得 $s = -\frac{v^2}{2a}$, 因此 $\frac{s_2}{s_1} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = 7$, $s_2 = 7s_1 = 9.8 \text{ m}$.



重点4 动量守恒



要点解读

一、高考热点:

1. 动量、冲量的概念,动量定理的应用;
2. 动量守恒定律的内容及守恒条件;
3. 应用动量守恒定律分析、解决碰撞、反冲(含爆炸)等物体相互作用的问题.

二、考查方式与特点:

从近几年的高考对其的考查可以看出,高考考查的重点是动量定理和动量守恒定律的应用,尤其是动量与能量的综合问题更是压轴题的热点.本部分试题常以解答的形式出现,且命题大多与其他内容交叉综合(如与牛顿运动定律、功能关系、电场、磁场和原子物理等),又常与生产、生活、科技内容相结合(如碰撞、爆炸、反冲等),鉴于本部分的重要性,所以它仍将是今后高考的重点和热点,且考查的形式和特点不会有太大的改变.

三、应对策略:

针对以上特点,复习时建议注意加强对重要概念和规律的理解,如对动量、冲量、动量定理以及动量守恒定律的矢量性及意义的理解;注重提高分析综合能力和对实际问题的建模能力.在处理题目所描述的物理过程较为复杂的情况时,首先必须明确题目所描述的物理过程和图景,弄清物理现象发生的条件,并选择恰当的物理规律来求解,或用数学公式把物理过程、物理条件表达出来,并将题设的条件进行合理地抽象和简化.



典例调研

题型一 应用动量定理求动量、冲量和平均作用力

规律方法 动量定理给出了冲量(过程量)和动量(状态量)变化间的互求关系,且动量定理的表达式是矢量式,因此在计算时应先规定一个正方向;动量定理对应的是“合外力的冲量”等于动量的变化量,而不是“某个力的冲量”等于动量的变化量,这是在应用动量定理解题时经常出错的地方,要引起注意.

【调研1】(06年全国理综I)一位质量为 m 的运动员从下蹲状态向上起跳,经 Δt 时间,身体伸直并刚好离开地面,速度为 v . 在此过程中

- A. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$, 地面对他做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$

B. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$, 地面对他做的功为零

C. 地面对他的冲量为 mv , 地面对他做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$

D. 地面对他的冲量为 $mv - mg\Delta t$, 地面对他做的功为零

解析 在向上起跳的过程中, 设地面对运动员的冲量为 I_F , 并取竖直向上为正方向, 则由动量定理得: $I_F - mg\Delta t = mv - 0$

所以可得: $I_F = mv + mg\Delta t$

又因为运动员没有在地面对他的作用力的方向上通过位移, 所以地面对他做的功为零. 综合上述分析可知选项 B 正确.

【互动研习1】若运动员是在距地面 h 高处跳下, 当他着地时与地面接触时间为 Δt , 则在此过程中地面对他的冲量为多大?

【误点警示】计算冲量的关键是要注意明确求“哪一个力的冲量”, 因为不同力的冲量一般也不同, 上述求解过程中就充分说明了这一点. 另外, 还要注意公式 $I = Ft$ 只适用于求恒力的冲量, 对于变力的冲量, 高中阶段常利用动量定理来求. 同时要正确区分冲量和功的不同, 恒力在一段时间内可能不做功, 但一定有冲量.

【调研2】(06年南京第二次模拟)“蹦床”已成为奥运会的比赛项目. 质量为 m 的运动员从床垫正上方 h_1 高处自由落下, 落到垫上后被反弹的高度为 h_2 , 设运动员每次与床垫接触的时间为 t , 求在运动员与床垫接触的时间内运动员对床垫的平均作用力. (空气阻力不计, 重力加速度为 g)

某同学给出了如下解答: 设在时间 t 内, 床垫对运动员的平均作用力大小为 F , 运动员刚接触床垫时的速率为 v_1 , 刚离开床垫时的速率为 v_2 , 则由动量定理可知:

$$Ft = \Delta p \quad \text{①} \quad \Delta p = mv_2 - mv_1 \quad \text{②}$$

$$\text{由机械能守恒定律分别有: } \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_1, \text{ 即 } v_1 = \sqrt{2gh_1} \quad \text{③}$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = mgh_2, \text{ 即 } v_2 = \sqrt{2gh_2} \quad \text{④}$$

$$\text{由①②③④式联立可得 } F = \frac{m\sqrt{2gh_2} - m\sqrt{2gh_1}}{t} \quad \text{⑤}$$

该同学解答过程是否正确? 若不正确, 请指出该同学解答过程中所有的不妥之处, 并加以改正.

解析 此同学解答有如下四个错误:

(1) 原解法中②式中未注意动量的矢量性, 规定竖直向上方向为正, 正确的表达式为: $\Delta p = mv_2 + mv_1$; (2) ①式中冲量应为合外力的冲量, 即垫对运动员的作用力和重力的合力冲量, 正确的表达式为: $I_{\text{合}} = (F - mg)t = \Delta p = mv_2 + mv_1$, 解得: $F = mg + \frac{mv_2 + mv_1}{t} = mg + \frac{m\sqrt{2gh_2} + m\sqrt{2gh_1}}{t}$; (3) 上述解答中所求 F 为床垫对运动员的作用力, 而题要求运动员对床垫的作用力, 正确的表述为: 由牛顿第三定律可得, 运动员对

但运动如果太过激烈或时间超过1小时, 身体反而会制造一些荷尔蒙, 抑制免疫系统的活动.

床垫的作用力大小 $F' = F = mg + \frac{m\sqrt{2gh_2} + m\sqrt{2gh_1}}{t}$; (4) 未说明运动员对床垫作用力的方向, 应给出“运动员对床垫作用力的方向竖直向下”。

【方法技巧】 一般遇到涉及力、时间和速度变化的问题时, 运用动量定理解答往往比运用牛顿运动定律及运动学规律求解简便。尤其在碰撞、打击过程中的相互作用力, 一般是变力, 用牛顿定律很难解决, 用动量定理分析则方便得多, 这时求出的力应理解为作用时间 t 内的平均力 \bar{F} 。

题型二 动量守恒定律的条件性、矢量性和瞬时性问题

规律方法 应用动量守恒定律应首先理解其“守恒”的含义及条件, “守恒”是指系统在某一过程中动量大小、方向均一直不变, 而不仅仅是初、末两个时刻动量相同。“守恒”的实际条件常有以下几种情况: 系统不受外力或者所受外力之和为零; 系统受外力, 但外力远小于内力, 可以忽略不计, 动量近似守恒; 系统在某一个方向上所受的合外力为零, 则该方向上动量守恒; 全过程的某一阶段系统受的合外力为零, 则该阶段系统动量守恒。另外, 要注意其矢量性、瞬时性、相对性、同时性。

【调研 3】 如图 1-4-1 所示, 光滑水平面上两小车中间夹一压缩了的轻弹簧, 两手分别按住小车, 使它们静止, 对两车及弹簧组成的系统, 下列说法中正确的是



图 1-4-1

- A. 两手同时放开后, 系统总动量始终为零
 B. 先放开左手, 后放开右手后动量不守恒
 C. 先放开左手, 后放开右手, 总动量向左
 D. 无论何时放手, 只要两手放开后在弹簧恢复原长的过程中, 系统总动量都保持不变, 但系统的总动量不一定为零

解析 当两手同时放开时, 系统的合外力为零, 所以系统的动量守恒, 又因开始时总动量为零, 故系统总动量始终为零, 选项 A 正确; 先放开左手, 左边的物体就向左运动, 当再放开右手后, 系统所受合外力为零, 故系统的动量守恒, 且开始时总动量方向向左, 放开右手后总动量方向也向左, 故选项 B 错而 C、D 正确。综合上述分析可知选项 A、C、D 正确。

【方法技巧】 运用动量守恒解题, 牵涉到系统的选择问题, 在选择物体构成系统时, 除了物体间有相互作用之外, 还必须考虑“由于物体的相互作用而改变了物体的动量”的条件。如题中水平面和小车之间虽有相互作用力, 但水平面的动量并没有发生变化, 因此水平面不应纳入系统内, 两小车和弹簧由于相互作用而改变了各自的动量, 所以这三者构成了系统。分析系统是否动量守恒, 还应区分内力和外力。对于选定的系统来说, 外力影响系统的动量守恒, 而内力不影响。

题型三 碰撞问题中的动量守恒

规律方法 碰撞时由于作用时间极短,一般都满足内力远大于外力,所以可以认为碰撞系统的动量守恒.分析碰撞的可能问题时要注意碰撞遵循的三个原则:(1)动量守恒, $p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$; (2)动能不增, $E_{k1} + E_{k2} \geq E_{k1}' + E_{k2}'$; (3)情境合理,如不会发生二次碰撞,碰后同向运动时,后物速度必不大于前物的速度,即 $v_{后} \leq v_{前}$.

【调研4】 (06年上海调研)甲、乙两球在水平光滑轨道上向同方向运动,已知它们的动量分别是 $p_1 = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, $p_2 = 7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,甲从后面追上乙并发生碰撞,碰后乙球的动量变为 $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,则两球质量 m_1 与 m_2 间的关系可能是下面的

- A. $m_2 = m_1$ B. $m_2 = 2m_1$ C. $m_2 = 4m_1$ D. $m_2 = 6m_1$

解析 由动量守恒定律,很容易得到碰后小球甲的动量 $p_1' = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,但这丝毫不能反映出两球的质量关系,这就要从题中包含的其他关系去寻找.首先,“追碰”表明碰前小球甲的速度大于小球乙的速度,即 $v_1 > v_2$,由 $v = p/m$ 可得: $p_1/m_1 > p_2/m_2$,有 $m_2 > 7m_1/5$,排除了选项A的可能;按同样思路,碰后应有 $v_1' \leq v_2'$, $p_1'/m_1 \leq p_2'/m_2$,可知 $m_2 \leq 5m_1$,排除了选项D的可能;由动能不增加原则可知 $E_{k1} + E_{k2} \geq E_{k1}' + E_{k2}'$,由动能 E_k 与动量 p 的关系 $E_k = p^2/2m$,可得: $p_1^2/2m_1 + p_2^2/2m_2 \geq p_1'^2/2m_1 + p_2'^2/2m_2$,即有 $m_2 \geq 51m_1/21$,排除了选项B.综合以上结论可得: $51m_1/21 \leq m_2 \leq 5m_1$,所以只有选项C正确.

【误点警示】 不少学生因不能建立碰撞时正确的运动图景而错选D,要注意选项D这个结论合“理”,但却不合“情”(即物理情境).本题要充分运用碰撞模型遵守的三个原则来分析判断.另外,速度 v 、动量 p 和动能 E_k 三者之间的相互表达,也是求解本题的一个关键,所以必须清楚这三者间的关系.

题型四 反冲(爆炸)问题中的动量守恒

规律方法 爆炸与碰撞类似,物体间的相互作用力很大,且远大于系统所受的外力,所以动量守恒,爆炸过程中位移很小,可忽略不计,作用后从相互作用前的位置以新的动量开始运动;反冲是因系统内发生相互作用后各部分的末速度不再相同而分开.反冲、爆炸类问题中常有其他能向动能转化.

【调研5】 一个连同装备总质量 $M = 100 \text{ kg}$ 的宇航员,在距离飞船 $s = 45 \text{ m}$ 处与飞船处于相对静止状态,宇航员背着装有质量 $m_0 = 0.5 \text{ kg}$ 氧气的贮气筒,筒上有个可以使氧气以 $v = 50 \text{ m/s}$ 的速度喷出的喷嘴,宇航员必须向着返回飞船的相反方向放出氧气,才能回到飞船,同时又必须保留一部分氧气供途中呼吸用.宇航员的耗氧率为 $Q = 2.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$.不考虑喷出氧气对设备及宇航员总质量的影响,则:

- (1) 瞬时喷出多少氧气,宇航员才能安全返回飞船?
- (2) 为了使总耗氧量最低,应一次喷出多少氧气? 返回时间又是多少? (设飞船做匀速直线运动)

解析 (1) 设瞬间喷出氧气质量为 m ,宇航员刚好安全返回,由动量守恒得喷出

夏天最好的运动是游泳.游泳不仅锻炼人体的手、脚、腰、腹,而且惠及体内的脏腑,特别对血管有益,被誉为“血管体操”.

酷暑
贴士



氧气后宇航员相对飞船的速度为: $v_1 = \frac{m}{M}v$ ①

喷出氧气后宇航员相对飞船做匀速直线运动,安全返回的时间为: $t = s/v_1$ ②

再由题设条件得: $m_0 = Qt + m$ ③

联立①②③式解得: $m = 0.05 \text{ kg}$ 或 0.45 kg

故 $0.05 \text{ kg} \leq m \leq 0.45 \text{ kg}$.

(2) 为了使总耗氧量最低,设喷出 $m \text{ kg}$ 氧气,则耗氧量为: $\Delta m = Qt + m$ ④

另外因为: $mv = Mv_1$ 和 $t = \frac{s}{v_1}$, 所以得: $t = \frac{sM}{mv}$

将 t 代入④式得: $\Delta m = \frac{QsM}{mv} + m = \frac{2.25 \times 10^{-2}}{m} + m$

所以当 $m = \frac{2.25 \times 10^{-2}}{m}$ 时, Δm 有极小值, 则 $m = 0.15 \text{ kg}$, 返回时间为 $t = \frac{sM}{mv} = 600 \text{ s}$.

【方法技巧】 求解反冲(包括爆炸)问题的关键是明确题设条件所描述的物理情境. 另外, 要注意反冲运动是在内力作用下使一部分向某方向得到动量, 而另外一部分受到反方向冲量作用而得到动量, 在不受外力或受合外力为零时动量守恒, 有时是内力远大于外力情况下的动量守恒. 另外, 本题中由于喷出的氧气质量相对于装备总质量来说很小, 可忽略不计.

题型五 多次作用问题中的动量守恒

规律方法 物体间经多次反复作用后往往会达到一个稳定状态(收尾速度为零或匀速直线运动). 有些多次作用问题, 每次相互作用时系统所受合外力为零, 则每次相互作用时系统动量守恒. 所以解决这类问题的关键是研究对象和作用过程的选择, 使之能应用动量守恒定律来求解.

【调研6】 一个质量为 M 的雪橇静止在水平雪地上, 一条质量为 m 的爱斯基摩狗站在该雪橇上. 狗向雪橇的正后方跳下, 随后又追赶并向前跳上雪橇; 其后狗又反复地跳下、追赶并跳上雪橇, 狗与雪橇始终沿一条直线运动. 若狗跳离雪橇时雪橇的速度为 v , 则此时狗相对于地面的速度为 $v + u$ (其中 u 为狗相对于雪橇的速度, $v + u$ 为代数). 若以雪橇运动的方向为正方向, 则 v 为正值, u 为负值). 设狗总以速度 v_0 追赶和跳上雪橇, 雪橇与雪地间的摩擦忽略不计. 已知 v_0 的大小为 5 m/s , u 的大小为 4 m/s , $M = 30 \text{ kg}$, $m = 10 \text{ kg}$.

(1) 求狗第一次跳上雪橇后两者的共同速度的大小;

(2) 求雪橇最终速度的大小和狗最多能跳上雪橇的次数.

(供使用但不一定用到的对数值: $\lg 2 = 0.301$, $\lg 3 = 0.477$)

解析 (1) 设雪橇运动的方向为正方向, 狗第 1 次跳下雪橇后雪橇的速度为 v_1 , 根据动量守恒定律, 有: $Mv_1 + m(v_1 + u) = 0$



狗第1次跳上雪橇时,雪橇与狗的共同速度 v_1' 满足: $Mv_1 + mv_0 = (M+m)v_1'$

$$\text{可解得: } v_1' = \frac{-Mmu + (M+m)mv_0}{(M+m)^2}$$

将 $u = -4 \text{ m/s}$, $v_0 = 5 \text{ m/s}$, $M = 30 \text{ kg}$, $m = 10 \text{ kg}$ 数据代入得 $v_1' = 2 \text{ m/s}$.

(2) 设雪橇运动的方向为正方向,狗第 $(n-1)$ ($n \geq 1$) 次跳下雪橇后雪橇的速度为 v_{n-1} ,则狗第 $(n-1)$ 次跳上雪橇后的速度为 v_{n-1}' 满足: $Mv_{n-1} + mv_0 = (M+m)v_{n-1}'$

狗第 n 次跳下雪橇后,雪橇的速度为 v_n 满足: $Mv_n + m(v_n + u) = (M+m)v_{n-1}'$

$$\text{联立以上两式可得 } v_n = \frac{M}{M+m}v_{n-1} + \frac{m}{M+m}(v_0 - u)$$

由第(1)问可得 $v_1 = 1 \text{ m/s}$, 则 $v_2 = 3 \text{ m/s}$, $v_3 = 9/2 \text{ m/s}$, $v_4 = 45/8 \text{ m/s}$

因为 $v_3 < v_0 < v_4$, 故狗最多能跳上雪橇 3 次, 雪橇最终的速度大小为 $v_4 = 5.625 \text{ m/s}$.

【发散拓展】 “多次作用”问题是指系统内物体存在几次不同的相互作用过程。解答这类问题必须弄清每次相互作用过程的特点: 有哪几个物体参加? 是短暂作用过程还是持续作用过程? 各个过程的受力和初末状态怎样? 弄清上述问题, 就可以对不同的物理过程选择恰当的规律列式求解, 从而找到解题的切入点。



强化闯关

1. (T1 强化) 如图 1-4-2 所示, 在(甲)、(乙)两种情况中, 人用相同大小的恒定力拉绳子, 使人和船 A 均向右运动, 经过相同的时间 t , 图(甲)中船 A 没有到岸, 图(乙)中船 A 没有与船 B 相碰。则经过时间 t

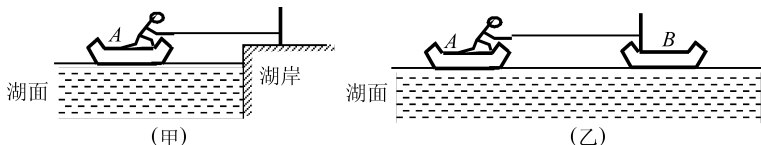


图 1-4-2

- 图(甲)中人对绳子拉力的冲量比图(乙)中人对绳子拉力的冲量小
- 图(甲)中人对绳子拉力的冲量比图(乙)中人对绳子拉力的冲量大
- 图(甲)中人对绳子拉力的冲量与图(乙)中人对绳子拉力的冲量一样大
- 以上三种情况都有可能

2. (T1 强化) 北京时间 2004 年 1 月 4 日, 美国的“勇气”号火星探测器在火星表面成功着陆。在“勇气”号离火星地面十余米高时与降落伞自动脱离, 被众多气囊包裹着的探测器竖直落到地面后第一次弹起达 16.2 m 高, 这样碰撞了 20 多分钟才静止在火星表面上。已知火星半径为地球半径的二分之一, 质量为地球质量的九分之

其奥妙在于红色可见光波最长, 可大量吸收日光中的紫外线, 保护皮肤不受伤害。

一,第一次落地时速度为 12.5 m/s ,探测器和气囊质量为 200 kg ,与地面碰撞时气囊和地面接触时间为 0.4 s ,求探测器与火星第一次碰撞时所受的平均冲力。(地球表面重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,结果保留两位有效数字)

3. (T2、T3 强化)在高速公路上发生一起交通事故,一辆质量为 1500 kg 向南行驶的长途客车迎面撞上了一质量为 3000 kg 向北行驶的卡车,碰后两辆车接在一起,并向南滑行了一小段距离停止.根据测速仪的测定,长途客车碰前以 20 m/s 的速度行驶,由此可判断卡车碰前的行驶速率

- A. 小于 10 m/s B. 大于 10 m/s , 小于 20 m/s
C. 大于 20 m/s , 小于 30 m/s D. 大于 30 m/s , 小于 40 m/s

4. (T2 强化)一辆小车正在沿光滑水平面匀速运动,突然下起了大雨,雨水竖直下落,使小车内积下了一定深度的水.雨停后,由于小车底部出现一个小孔,雨水渐渐从小孔中漏出.关于小车的运动速度,下列说法中正确的是

- A. 积水过程中小车的速度逐渐减小,漏水过程中小车的速度逐渐增大
B. 积水过程中小车的速度逐渐减小,漏水过程中小车的速度保持不变
C. 积水过程中小车的速度保持不变,漏水过程中小车的速度逐渐增大
D. 积水过程中和漏水过程中小车的速度都逐渐减小

5. (T4 强化)有一颗竖直向上发射的炮弹,炮弹的质量 $M = 6.0 \text{ kg}$ (内含炸药的质量可以忽略不计),射出的初速度 $v_0 = 60 \text{ m/s}$.当炮弹到达最高点时爆炸为沿水平方向运动的两片,其中一片质量 $m = 4.0 \text{ kg}$.现要求这一片不能落到以发射点为圆心、以 $R = 600 \text{ m}$ 为半径的圆周范围内,则刚爆炸完时两弹片的总动能至少多大?($g = 10 \text{ m/s}^2$,忽略空气阻力)

6. (T5 强化)如图 1-4-3 所示,在光滑的冰面上,人和冰车的总质量为 M , M 为球的质量 m 的 17 倍,人坐在冰车上,如果每一次人都以相同的对地速度 v 将球推出,且球每一次都和墙发生弹性正碰.试求:球被人推出多少次后,人就再也接不到球了?

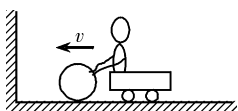


图 1-4-3

7. (T5 强化)如图 1-4-4 所示,一块足够长的木板,放在光滑水平面上,在木板上自左向右放有序号是 1、2、3、...、 n 的木块,所有木块的质量均为 m ,与木板间的动摩擦因数均为 μ ,木板的质量与所有木块的总质量相等.在 $t = 0$ 时刻木板静止,第 1、2、3、...、 n 号木块的初速度分别为 v_0 、 $2v_0$ 、 $3v_0$ 、...、 nv_0 ,方向都向右.最终所有木块与木板以共同速度匀速运动.试求:

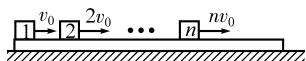


图 1-4-4

- (1) 所有木块与木板一起匀速运动的速度 v_n ;
(2) 从 $t = 0$ 到所有木块与木板共同匀速运动经历的时间 t ;
(3) 第 $(n-1)$ 号木块在整个运动过程中的最小速度 v_{n-1} .

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 当运动员刚要着地时速度为 $v_y = \sqrt{2gh}$, 方向竖直向下. 取竖直向上为正方向, 由动量定理得, $I_F - mg\Delta t = 0 - (-mv_y) = m\sqrt{2gh}$, 故 $I_F = m\sqrt{2gh} + mg\Delta t = mg\sqrt{2h/g} + mg\Delta t$.

强化闯关参考答案:

1. C 由冲量的定义 Ft 可知, 因力和时间相同, 所以冲量也一样大.
2. 设探测器第一次碰撞前、后的速度大小分别为 v_1 、 v_2 , 历时为 t , 由竖直上抛知 $v_2 = \sqrt{2g_{\text{火}}h}$, 选竖直向上为正, 由动量定理 $(F - mg_{\text{火}})t = mv_2 - (-mv_1)$, 又在地球表面时有 $\frac{GM_{\text{地}}m}{R_{\text{地}}^2} = mg_{\text{地}}$, 在火星表面时有: $\frac{GM_{\text{火}}m}{R_{\text{火}}^2} = mg_{\text{火}}$, 联立以上各式并代入数据可得 $F = 1.3 \times 10^4 \text{ N}$.
3. A 由动量守恒定律知碰撞前总动量向南, 所以客车的动量大于卡车的动量, 可得卡车碰前的行驶速率小于 10 m/s .
4. B 积水过程中小车的质量逐渐增大, 在水平方向上小车和落入小车中的水组成的系统动量守恒, 则有 $Mv_0 = (M + m)v$, 可知小车的速度 v 逐渐减小; 漏水过程中漏出的水由于惯性, 在水平方向上的速度和小车速度相同, 由 $(M + m)v = Mv' + mv$ 得 $v' = v$, 即车速不变.
5. 设炮弹上升到最高点的高度为 H , 根据匀变速直线运动规律, 有 $v_0^2 = 2gH$, 设质量为 m 的弹片刚爆炸后的速度为 v , 另一块的速度为 v' , 根据动量守恒定律, 有 $mv = (M - m)v'$, 设质量为 m 的弹片运动的时间为 t , 根据平抛运动的规律, 有 $H = \frac{1}{2}gt^2$, $R = vt$, 炮弹刚爆炸后, 两弹片的总动能 $E_k \geq \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(M - m)v'^2$, 解以上各式得 $E_k \geq \frac{1}{2} \frac{MmR^2g^2}{(M - m)v_0^2} = 6.0 \times 10^4 \text{ J}$, 则动能至少为 $6.4 \times 10^4 \text{ J}$.
6. 由球、冰车和人组成的系统在“推”这一过程中动量守恒. 设每次推后, 冰车的速度分别为 v_1 、 v_2 、 \dots 、 v_n , 在第 n 次推出后, 人就再也接不到球了. 在每次推的过程中系统动量守恒有: 第一次推出: $mv = Mv_1$
第二次推出: $Mv_1 + mv = Mv_2 - mv$
第三次推出: $Mv_2 + mv = Mv_3 - mv$
...
故第 n 次推出: $Mv_{n-1} + mv = Mv_n - mv$
若接不到球必然有 $v_n \geq v$, 另有 $M = 17m$
由以上各式可得: $v_n = \frac{2n-1}{17}v \geq v$



解得: $n \geq 9$, 故球被人推出 9 次后就再也接不到球了.

7. (1) 对系统, 由动量守恒得 $m(v_0 + 2v_0 + 3v_0 + \cdots + nv_0) = 2nmv_n$, 由上式解得

$$v_n = (n+1)v_0/4.$$

(2) 因为第 n 号木块始终做匀减速运动, 所以对第 n 号木块, 由动量定理得 $-\mu mgt = mv_n - mnv_0$, 解得 $t = (3n-1)v_0/4\mu g$.

(3) 第 $(n-1)$ 号木块与木板相对静止时, 它在整个运动过程中的速度最小, 设此时第 n 号木块的速度为 v

$$\text{对系统, 由动量守恒得 } m(v_0 + 2v_0 + 3v_0 + \cdots + nv_0) = (2n-1)mv_{n-1} + mv \quad \textcircled{1}$$

$$\text{对第 } n-1 \text{ 号木块, 由动量定理得 } -\mu mgt' = mv_{n-1} - m(n-1)v_0 \quad \textcircled{2}$$

$$\text{对第 } n \text{ 号木块, 由动量定理得 } -\mu mg t' = mv - mnv_0 \quad \textcircled{3}$$

由①②③式解得 $v_{n-1} = (n-1)(n+2)v_0/4n$.

重点 5 功和能



要点解读

一、高考热点:

1. 功、功率、动能、重力势能和弹性势能的概念, 功和能的关系;
2. 动能定理及其应用;
3. 机械能守恒定律及其应用;
4. 功能关系的理解及应用, 动量和能量的简单综合问题.

二、考查方式与特点:

本重点涉及的内容是动力学内容的延续和深化, 其中动能定理、机械能守恒定律、动量和能量的综合应用是高考考查的重点和热点之一, 且常常成为高考的压轴题. 但近年来在理综卷中的难度有所下降, 试题常与平抛运动、圆周运动、热学、电磁学、原子物理等知识相综合, 且有时试题的情境新颖、过程较为复杂, 分值一般在 10 分以上.

三、应对策略:

由于在理综卷中的难度有一定下降, 所以复习时要更加注重对有关基本概念的理解, 对联系实际、联系现代科技的问题要善于建立相关物理模型. 对动量和能量的综合问题应将复杂的物理过程分解成若干个子过程, 并分析每一个过程的始末运动状态量及物理过程中力、加速度、速度、能量和动量的变化, 培养灵活运用相关规律提高解决实际问题的能力.





典例调研

题型一 对有关功、能概念的分析 and 判断

规律方法 一般来说判断力是否做功及功的正负通常有如下方法:(1)根据力和位移方向的夹角判断,此法常用于质点做直线运动时;(2)根据力和瞬时速度方向的夹角判断,此法常用于质点做曲线运动时;(3)根据质点或系统能量是否变化,彼此是否有能量的转移或转化进行判断,若有能量的变化,则必定有力做功.对功率问题的分析一定要弄清是求“平均功率”还是“瞬时功率”,对汽车的两种加速问题分析时,采用的基本公式都是 $P = Fv$ 和 $F - f = ma$.

【调研1】(06年江苏物理卷)如图1-5-1所示,物体A置于物体B上,一轻质弹簧一端固定,另一端与B相连,在弹性限度范围内,A和B一起在光滑水平面上做往复运动(不计空气阻力),且保持相对静止.则下列说法正确的是

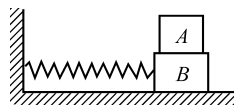


图 1-5-1

- A. A和B均做简谐运动
- B. 作用在A上的静摩擦力大小与弹簧的形变量成正比
- C. B对A的静摩擦力对A做功,而A对B的静摩擦力对B不做功
- D. B对A的静摩擦力始终对A做正功,而A对B的静摩擦力始终对B做负功

解析 由于A和B一起在光滑水平面上做往复运动(不计空气阻力),且保持相对静止,可将A、B看作一整体,这样即为一个弹簧振子做简谐运动,所以选项A正确;整体的回复力由弹力提供,而A的回复力由静摩擦力提供,则根据加速度相同有 $\frac{f}{m_A} = \frac{kx}{m_A + m_B}$,得 $f = \frac{km_A}{m_A + m_B}x$,可知作用在A上的静摩擦力大小与弹簧的形变量成正比,选项B也正确;当A、B向平衡位置运动时,B对A的静摩擦力(方向与运动方向一致)对A做正功,而A对B的静摩擦力(方向与运动方向相反)对B做负功,当A、B远离平衡位置时,B对A的静摩擦力(方向与运动方向相反)对A做负功,而A对B的静摩擦力(方向与运动方向一致)对B做正功.故选项C、D错误.

【误区警示】这类摩擦力做功问题易犯“先入为主”的定势错误,认为只要物体的运动不变,摩擦力的方向就不变,这样导致很多考生错选D.事实上,物体每次通过平衡位置摩擦力的方向都要改变,因为每次通过平衡位置,A相对于B的运动趋势方向都要改变.

【调研2】(原创题)质量 $m = 1 \text{ t}$ 的小汽车,以额定功率行驶在平直公路上的最大速度是 $v_{m1} = 12 \text{ m/s}$,当车行驶上每前进 20 m 升高 1 m 的山坡时最大速度是 $v_{m2} = 8 \text{ m/s}$.如果这两种情况中车所受到的摩擦力相等,求车沿原山坡下行时的最大速度 v_{m3} . (g 取 10 m/s^2)

解析 设山坡倾角为 α ,由题设条件得 $\sin \alpha = 0.05$,设汽车在平路上行驶和山

坡上行驶时受到的摩擦力均为 F_f , 由最大速度时满足的力学条件知

在平路上行驶有: $P = F_f v_{m1}$; 在山坡上行驶时: $P = (F_f + mg \sin \alpha) v_{m2}$

设汽车沿山坡下行过程中达最大速度时牵引力为 F' , 则需满足的力学条件为:

$$F' + mg \sin \alpha = F_f, \text{ 即 } \frac{P}{v_{m3}} + mg \sin \alpha = F_f$$

由以上各式代入数据可得汽车下坡时的最大速度为: $v_{m3} = 24 \text{ m/s}$.

【互动研习 1】 能否从题设条件中求得摩擦阻力和汽车发动机的功率? 若能则求其大小.

【知识深化】 对恒定功率的加速: 由公式 $P = Fv$ 和 $F - f = ma$ 知, 由于 P 恒定, 随着 v 的增大, F 必将减小, a 也必将减小, 汽车做加速度不断减小的加速运动, 直到 $F = f, a = 0$, 这时 v 达到最大值 $v_m = \frac{P}{f}$. 可见恒定功率的加速一定不是匀加速. 这种加速过程发动机做的功只能用 $W = Pt$ 计算, 不能用 $W = Fs$ 计算 (因为 F 为变力). 对恒定牵引力的加速: 由公式 $P = Fv$ 和 $F - f = ma$ 知, 由于 F 恒定, 所以 a 恒定, 汽车做匀加速运动, 随着 v 的增大, P 也将不断增大, 直到 P 达到额定功率 P_m , 功率不能再增大了. 这时匀加速运动结束, 其最大速度为 $v_m' = \frac{P_m}{F} < \frac{P_m}{f} = v_m$, 此后汽车要想继续加速就只能做恒定功率的变加速运动了. 可见恒定牵引力的加速时功率一定不恒定, 这种加速过程发动机做的功只能用 $W = F \cdot s$ 计算, 不能用 $W = P \cdot t$ 计算 (因为 P 为变功率).

题型二 动能定理及其应用

规律方法 动能定理是功能关系的一个具体反映, 即合外力做功的过程是体现动能转化的过程. 所以要注重研究对象的选取, 明确它的运动过程和状态, 确定物体在过程始末状态的动能 E_{k1} 和 E_{k2} ; 要注重分析研究对象的受力情况和各力做功情况. 若物体运动的过程中包含几个不同过程, 应用动能定理, 可以分段考虑, 也可以全过程为一整体来处理.

【调研 3】 (原创题) 如图 1-5-2 所示, 小球以大小为 v_0 的初速度由 A 端向右运动, 到 B 端时的速度减小为 v_B ; 若以同样大小的初速度由 B 端向左运动, 到 A 端时的速度减小为 v_A . 已知小球运动过程中始终未离开该粗糙轨道. 则比较 v_A 、 v_B 的大小, 结论是

- A. $v_A > v_B$ B. $v_A = v_B$
C. $v_A < v_B$ D. 无法确定

解析 小球向右通过凹槽 C 时的速率比向左通过凹槽 C 时的速率大, 由向心力方程 $N - mg = \frac{mv^2}{R}$ 可知, 向右对应的弹力 N 一定大, 滑动摩擦力也大, 则由动能定理

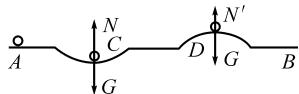


图 1-5-2

$\bar{f}s = \Delta E_k$ 可知, 小球在向右通过凹槽 C 时克服阻力做的功多; 又小球向右通过凸起 D 时的速率比向左通过凸起 D 时的速率小, 由向心力方程 $mg - N' = \frac{mv'^2}{R}$ 可知, 向右对应的弹力 N' 一定大, 滑动摩擦力也大, 则由动能定理 $f's = \Delta E_k'$ 可知, 小球在向右通过凸起 D 时克服阻力做的功多. 综合两个阶段可知, 小球向右运动全过程克服阻力做功 ($\bar{f}s + \bar{f}'s$) 比向左时多, 所以动能的损失也多, 即向右运动时末动能小, 故选项 A 正确.

【误点警示】 本题应引起注意的是: 凡是有机能损失的过程, 都应该分段处理. 如本题中小球通过凹槽 C 和通过凸起 D 的过程应分段处理, 如果不这样处理, 则很难作出正确判断.

题型三 机械能守恒定律的理解及应用

规律方法 应用机械能守恒定律的前提是正确理解守恒条件和“守恒”的含义.“只有重力做功”不等于“只受重力作用”, 在该过程中, 物体可以受其他力的作用, 只要这些力不做功, 或所做功的代数和为零, 就可以认为是“只有重力做功”. “守恒”的具体含义包含两层, 即“变”与“不变”, “变”是指系统内部的能量必须是一个动态过程, 系统内动能和势能之间必须发生相互转化, 或者系统内各物体的机械能发生相互转移; “不变”是指系统机械能的总量不变 (即 $E_1 = E_2$). 这样系统内能量的“变”与“不变”构成了机械能的“守恒”, 因此“守恒”是一个动态的过程.

【调研4】 (高考改编题) 如图 1-5-3 所示, 质量分别为 $2m$ 和 $3m$ 的两个小球固定在一根直角尺的两端 A 、 B , 直角尺的顶点 O 处有光滑的固定转动轴. AO 、 BO 的长分别为 $2L$ 和 L . 开始时直角尺的 AO 部分处于水平位置而 B 在 O 的正下方. 让该系统由静止开始自由转动, 求:

- (1) 当 A 到达最低点时, A 小球的速度大小 v ;
- (2) B 球能上升到最大高度的位置;
- (3) 开始转动后 B 球可能达到的最大速度的大小 v_m .

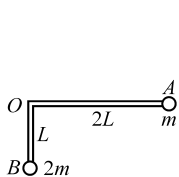
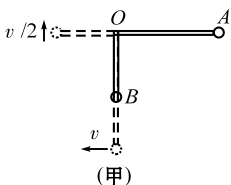
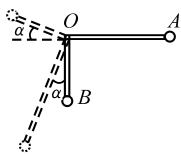


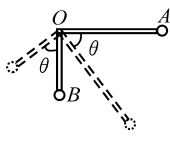
图 1-5-3



(甲)



(乙)



(丙)

图 1-5-4

解析 以直角尺和两小球组成的系统为对象, 由于转动过程不受摩擦和介质阻力, 所以该系统的机械能守恒.

(1) 过程中 A 的重力势能减少, A 、 B 的动能和 B 的重力势能增加, 因角速度相同, 故 A 的即时速度总是 B 的 2 倍, 如图 1-5-4(甲) 所示, 所以由机械能守恒定律得:



$$2mg \cdot 2L = 3mg \cdot L + \frac{1}{2} \cdot 2m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot 3m \left(\frac{v}{2}\right)^2, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{8gL}{11}}.$$

(2) B 球不可能到达 O 的正上方,它到达最大高度时速度一定为零,设该位置 OA 由竖直位置向左偏了 α 角,如图 1-5-4(乙)所示,由机械能守恒定律得:

$$2mg \cdot 2L \cos \alpha = 3mg \cdot L(1 + \sin \alpha), \text{此式可化简为: } 4 \cos \alpha - 3 \sin \alpha = 3$$

利用三角公式可解得 $\sin(53^\circ - \alpha) = \sin 37^\circ$, 即得 $\alpha = 16^\circ$.

(3) B 球速度最大时就是系统动能最大时,而系统动能的增加等于系统重力做的功 W_G , 设 OA 从开始转过 θ 角时 B 球速度最大,如图 1-5-4(丙)所示,由机械能守恒定律得:

$$\frac{1}{2} \cdot 2m \cdot (2v_m)^2 + \frac{1}{2} \cdot 3m \cdot v_m^2 = 2mg \cdot 2L \sin \theta - 3mg \cdot L(1 - \cos \theta)$$

化简并由三角函数取值得: $mgL(4 \sin \theta + 3 \cos \theta - 3) \leq 2mgL$, 解得: $v_m = \sqrt{\frac{AgL}{11}}$.

【互动研习 2】 若两个小球 A、B 固定在一个正三角形支架的两端,质量分别为 $2m$ 和 m ,如图 1-5-5 所示,放手后开始运动,在不计任何阻力的情况下,下列说法正确的是

- A. A 球到达最低点时速度为零
 B. A 球机械能减少量等于 B 球机械能增加量
 C. B 球向左摆动所能达到的最高位置应高于 A 球开始运动时的高度
 D. 当支架从左向右回摆时, A 球一定能回到起始高度

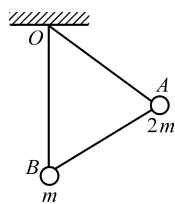


图 1-5-5

【方法技巧】 机械能守恒定律的表达形式常有: (1) $mgh + \frac{1}{2}mv^2 = mgh' + \frac{1}{2}mv'^2$, 即 $E_p + E_k = E_p' + E_k'$; (2) $\Delta E_p + \Delta E_k = 0$; $\Delta E_1 + \Delta E_2 = 0$; $-\Delta E_p = \Delta E_k$. 用(1)

时,需要规定重力势能的参考平面,而用(2)时则不必规定重力势能的参考平面,因为重力势能的改变量与参考平面的选取没有关系. 尤其是用 $-\Delta E_p = \Delta E_k$, 只要把增加的机械能和减少的机械能都写出来,方程自然就列出来了. 显然,本题采用 $-\Delta E_p = \Delta E_k$ 要简捷得多.

题型四 功能关系的理解和应用

规律方法 功能关系是指做功的过程是能量转化的过程,功是能量转化的量度. 应用功和能的关系时要牢牢把握:(1)物体动能的增量由外力做的总功来量度($W_{\text{外}} = \Delta E_k$),这就是动能定理;(2)物体重力势能的增量由重力做的功来量度($W_G = -\Delta E_p$),这就是势能定理;(3)当 $W_{\text{其他}} = 0$ 时,说明只有重力做功,这就是系统的机械能守恒;(4)一对互为作用力反作用力的摩擦力做的总功,用来量度该过程系统由于摩擦而减小的机械能,也就是系统增加的内能($f \cdot d = Q$,其中 d 为这两个物体间相对移动的路程).



【调研5】(06年长沙模拟)如图1-5-6所示,滑块A的质量 $m=0.01\text{ kg}$,与水平地面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$,用细线悬挂的小球质量均为 $m=0.01\text{ kg}$,在水平地面上沿 x 轴排列,A与第1只小球及相邻两小球间的距离均为 $s=2\text{ m}$.线长分别为 $L_1、L_2、L_3、\dots$ (图中只画出三只小球,且小球可视为质点),开始时,滑块以速度 $v_0=10\text{ m/s}$ 沿 x 轴正方向运动,设滑块与小球碰撞时不损失机械能,碰撞后小球均恰能在竖直平面内完成完整的圆周运动. g 取 10 m/s^2 ,求:

- (1) 滑块能与几个小球碰撞?
- (2) 求出碰撞中第 n 个小球悬线长 L_n 的表达式.

解析 (1) 因滑块与小球质量相等且碰撞中机械能守恒,所以滑块与小球相碰撞时会互换速度,小球在竖直平面内转动时,机械能守恒,设滑块滑行总

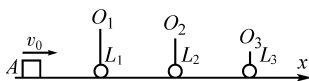


图 1-5-6

距离为 s_0 ,由动能定理得: $\mu mgs_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

解得: $s_0 = 25\text{ m}$

所以滑块能与小球碰撞的个数: $n = \frac{s_0}{s} = 12$ (个).

(2) 滑块与第 n 个球碰撞,设小球运动到最高点时速度为 v_n' ,对小球应用机械能守恒和圆周运动规律有: $\frac{1}{2}mv_n^2 = \frac{1}{2}mv_n'^2 + 2mgL_n$ 和 $mg = m\frac{v_n'^2}{L_n}$

对滑块由动能定理得: $-\mu mgn_s = \frac{1}{2}mv_n^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

联立以上三式可解得: $L_n = \frac{v_0^2 - 2\mu gsn}{5g} = \frac{50 - 4n}{25}$.

【误点警示】 滑块的速度逐渐减小直至最后停下,是因为在运动过程中要克服与水平地面间的摩擦力做功,将动能转化为内能的结果,明确这个物理过程的本质(即功能关系),就能选择相应的物理规律来求解.另外,能否挖掘出“滑块与小球质量相等”和“恰能在竖直平面内完成完整的圆周运动”这两个隐含条件也是解题的制约因素.



强化闯关

1. (T1 强化) 测定运动员体能的一种装置如图1-5-7所示,运动员质量为 m_1 ,绳拴在腰间沿水平方向跨过滑轮(不计滑轮质量及摩擦),下悬一质量为 m_2 的重物,人用力蹬传送带而人的重心不动,使传送带以速率 v 匀速向右运动.下面是人对传送带做功的四种说法,其中正确的是

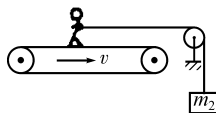


图 1-5-7

A. 人对传送带做功



- B. 人对传送带不做功
 C. 人对传送带做功的功率为 m_2gv
 D. 人对传送带做功的功率为 $(m_1 + m_2)gv$

2. (T2 强化) 美国的 NBA 篮球赛非常精彩,吸引了众多观众,经常有这样的场面:在临终场 0.1 s 的时候,运动员把球投出且准确命中,获得比赛的胜利.如果运动员投篮过程中对篮球做功为 W ,出手高度为 h_1 ,篮筐距地面高度为 h_2 ,球的质量为 m ,空气阻力不计,则篮球进筐时的动能为

- A. $W + mgh_1 - mgh_2$ B. $W + mgh_2 - mgh_1$
 C. $mgh_1 + mgh_2 - W$ D. $mgh_2 - mgh_1 - W$

3. (T2 强化) 在北戴河旅游景点之一的滑沙场有两个坡度不同的滑道 AB 和 AB' (均可看作斜面).甲、乙两名旅游者分别乘两个完全相同的滑沙橇从 A 点由静止开始分别沿 AB 和 AB' 滑下,最后都停在水平沙面 BC 上,如图 1-5-8 所示.

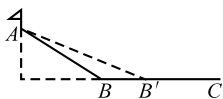


图 1-5-8

设滑沙橇和沙面间的动摩擦因数处处相同,斜面与水平面连接处均可认为是圆滑的,滑沙者保持一定姿势坐在滑沙橇上不动.则下列说法中正确的是

- A. 甲在 B 点的速率一定大于乙在 B' 点的速率
 B. 甲滑行的总路程一定大于乙滑行的总路程
 C. 甲全部滑行的水平位移一定大于乙全部滑行的水平位移
 D. 甲在 B 点的动能一定大于乙在 B' 点的动能

4. (T4 强化) 由两层不同的材料粘合在一起的矩形滑块,静止在光滑的水平面上,如图 1-5-9 所示.现用质量为 m 的子弹以速度 v 水平射击上层时子弹恰好不穿出,若射击下层时刚好嵌入,由上述两种情况比较

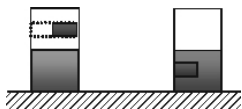


图 1-5-9

- A. 两次子弹对滑块做功一样多
 B. 子弹嵌入下层时对滑块做功多
 C. 子弹嵌入上层时系统产生的热量多
 D. 两次滑块受到的冲量一样大

5. (T1 强化) 一位驾驶员启动汽车后,从第 4 s 开始保持额定功率沿笔直的水平公路行驶,另一测量者用测距仪记录了它启动后 t 秒内行驶的距离 s ,如下表所示,试根据下表所提供的数据回答下列问题.

时间 t (s)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
距离 s (m)	10	32	63	103	151	207	270	339	413	491	571	650	730	810	891

- (1) 汽车是变速运动还是匀速运动? 简述判断的依据.
 (2) 若汽车行驶的最大速度 $v_0 = 40$ m/s,所受阻力 f 与车速 v 成正比,汽车的额定

功率为 P_0 , 请写出用最大速度 v_0 和额定功率 P_0 表示的阻力 f 和车速 v 的关系式。

(3) 若汽车的质量 $m = 1\ 500\ \text{kg}$, 估算汽车发动机的额定功率 P_0 。

6. (T4 强化) 10 只相同的轮子并排水平排列, 圆心分别为 $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{10}$, 已知 $O_1 O_{10} = 3.6\ \text{m}$, 水平转轴通过圆心, 轮子均绕轴以 $\frac{4}{\pi}\ \text{r/s}$ 的转速顺时针转动。现

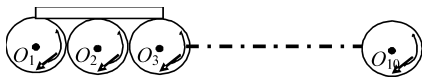


图 1-5-10

将一根长 $0.8\ \text{m}$ 、质量为 $2.0\ \text{kg}$ 的匀质木板平放在这些轮子的左端, 木板左端恰好与 O_1 竖直对齐 (如图 1-5-10 所示), 木板与轮缘间的动摩擦因数为 0.16 , 试求:

(1) 木板水平移动的总时间;

(2) 轮子在传送过程中所消耗的机械能。(不计轴与轮间的摩擦, g 取 $10\ \text{m/s}^2$)

7. (T3 强化) 如图 1-5-11 所示, A, B 两物体与一轻质弹簧相连, 静止在地面上, 有一小物体 C 从距 A 物体高 h 处由静止释放, 当下落至与 A 相碰后立即粘在一起向下运动, 以后不再分开, 当 A 与 C 运动到最高点时, 物体 B 对地面刚好无压力。设 A, B, C 三物体的质量均为 m , 弹簧的劲度系数为 k , 不计空气阻力且弹簧始终处于弹性限度内。若弹簧的弹性势能由弹簧劲度系数和形变量决定, 求 C 物体下落时的高度 h 。

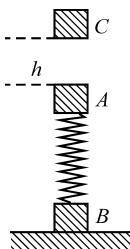


图 1-5-11

【参考答案】

互动研习答案提示:

- 由 $P = F_f v_{m1}$ 和 $P = (F_f + mgs \sin \alpha) v_{m2}$, 得 $F_f = \frac{v_{m2}}{v_{m1} - v_{m2}} mgs \sin \alpha = 1\ 000\ \text{N}$; 设汽车在水平路面上以最大速度运行时牵引力为 F , 则 $F = F_f = 1\ 000\ \text{N}$, 所以汽车发动机的功率为 $P = F v_{m1} = F_f v_{m1} = 1\ 000 \times 12\ \text{W} = 12\ \text{kW}$ 。
- BCD 因 A 处小球质量大、位置高, 放手后支架就会向左摆动。摆动过程中只有小球受的重力做功, 故系统的机械能守恒; A 球到达最低点时, 若设支架边长是 L , A 球下落的高度便是 $\frac{1}{2}L$, 有 $mg \cdot (\frac{1}{2}L)$ 的重力势能转化为支架的动能, 因而此时 A 球速度不为零; A 球到达最低点时有向左运动的速度, 还要继续左摆, B 球仍要继续上升, 因此 B 球能达到的最高位置比 A 球的最高位置要高。

强化闯关参考答案:

- AC 人用力向后蹬传送带, 且物体 m_2 静止, 所以绳子拉力与重力相等, 又传送带匀速运动, 则人与传送带之间的摩擦力与绳子拉力也相等, 所以人对传送带做功的功率为 $m_2 gv$; 人对传送带做正功, 但传送带对人不做功。
- A 利用动能定理可得 $W - mg(h_2 - h_1) = \Delta E_k$, 即得 $\Delta E_k = W + mgh_1 - mgh_2$ 。



3. AB 由动能定理得 $mgh - fs = \frac{1}{2}mv^2$, 其中在斜坡上时 $f = \mu mg \cos \theta$ 、在水平面上时 $f = \mu mg$, 由此可知选项 A、B 正确; 因两名旅游者的质量关系未知, 所以摩擦力大小不确定, 选项 C、D 不正确。
4. AD 因为子弹均穿不出, 所以最后一定与矩形滑块有共同速度, 根据系统动量守恒可知两种情况的共同速度相等, 又由动能定理可知滑块动能变化大小等于子弹对滑块做的功; 因两次子弹的动量变化相同, 所以由动量定理可得两次滑块受到的冲量一样大; 根据能量守恒知, 子弹嵌入上、下层对系统产生的热量一样多。
5. (1) 汽车先做变速直线运动后做匀速直线运动。依据是: 连续相等时间内的位移差前阶段不相等, 后阶段相等。

(2) 由 $P_0 = Fv$, 且匀速时有 $F = f = kv_0$, 所以 $P_0 = kv_0^2$, $k = P_0 / v_0^2$, 一般情况有 $f = kv$, 则 $f = P_0 v / v_0^2$ 。

(3) 由动能定理得 $W_F - W_f = \frac{1}{2}mv_0^2$, 且 $W_F = P_0 \Delta t$, $W_f = \bar{f} \Delta s = P_0 \bar{v} \Delta s / v_0^2 = P_0 \bar{v}^2 \Delta t / v_0^2$

所以 $P_0 \Delta t - P_0 \bar{v} \Delta s / v_0^2 = P_0 \Delta t - P_0 \bar{v}^2 \Delta t / v_0^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 即 $P_0 = \frac{mv_0^2}{2\Delta t} \times \frac{v_0^2}{v_0^2 - \bar{v}^2}$

由数据可知在 4 ~ 18 s 内功率保持不变, $\bar{v} = \Delta s / \Delta t = \frac{428}{14} \text{ m/s} = 30.6 \text{ m/s}$, 则 $P_0 = 208 \text{ kW}$

6. (1) 轮子转动的线速度为 $v = 2\pi nr = 2\pi \left(\frac{4}{\pi}\right) \times 0.2 \text{ m/s} = 1.6 \text{ m/s}$

板运动的加速度 $a = \mu g = 0.16 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1.6 \text{ m/s}^2$

所以板在轮子上做匀加速运动的时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = \frac{1.6 \text{ m/s}}{1.6 \text{ m/s}^2} = 1 \text{ s}$

板在做匀加速运动中所发生的位移 $s_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 1^2 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$

板在做匀速运动的全过程中其重心平动发生的位移为 $s_2 = 3.6 \text{ m} - 0.8 \text{ m} - 0.4 \text{ m} = 2.4 \text{ m}$

因此, 板运动的总时间为: $t = t_1 + \frac{s_2}{v} = 1 \text{ s} + \frac{2.4}{1.6} \text{ s} = 2.5 \text{ s}$ 。

(2) 由功能关系知: 轮子在传送木板的过程中所消耗的机械能一部分转化成了木板的动能, 另一部分因克服摩擦力做功转化成了内能, 即: $\Delta E = \frac{1}{2}mv^2 + fd$

而克服摩擦力做功 $W_f = fd = \mu mg \left[vt - \frac{(0+v)t}{2} \right] = \frac{1}{2}mv^2$

所以代入数据可得 $\Delta E = \frac{1}{2}mv^2 + fd = 2.0 \times 1.6^2 \text{ J} = 5.21 \text{ J}$ 。

7. 开始时 A 处于平衡状态, 有 $k\Delta x = mg$, 当 C 下落 h 高度时速度为 v, 则有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$



C 与 A 碰撞粘在一起时速度为 v' , 由动量守恒有: $mv = (m + m)v'$

当 A 与 C 运动到最高时, B 对地面无压力, 即: $k\Delta x' = mg$

可得: $\Delta x = \Delta x'$, 所以 A 、 C 运动到最高点时弹簧的弹性势能与位于初始位置时相等

由机械能守恒有 $\frac{1}{2}(m + m)v'^2 = 2mg(\Delta x + \Delta x')$, 解得 $h = \frac{8mg}{k}$.

重点6 曲线运动



要点解读

一、高考热点:

1. 匀速圆周运动问题的运动学和动力学分析;
2. 平抛运动的规律及处理方法;
3. 运用平行四边形定则处理运动的合成与分解问题;
4. 曲线运动的条件(包括平抛运动和匀速圆周运动的条件)及轨迹分析.

二、考查方式与特点:

本重点内容若单独考查, 则常以选择题的形式出现, 难度不大, 在高考中占 6 分左右. 但高考中更多地与牛顿定律、万有引力定律、机械能、电场、磁场等知识相结合, 并在新背景、新情境中进行综合考查, 如以天体(包括卫星、飞船)为背景、以游乐(或体育运动)和交通工具等为情境, 这类问题的难度较大.

三、应对策略:

针对以上特点, 在复习过程中要熟练掌握运动的合成与分解的方法、平抛运动的规律、圆周运动的处理方法、天体运动的处理方法等. 对于曲线运动应将其熟练地转化为直线运动进行求解, 对于圆周运动, 要搞清“最高点”临界情况的分析和计算, 此时经常用到极限分析法和数学分析法, 对联系实际的问题, 关键是能否从实际问题中分析、建立物理模型, 进而运用相应的规律解题.



典例调研

题型一 曲线运动的条件及轨迹分析

规律方法 曲线运动的条件是质点所受合外力的方向(或加速度方向)跟它的速度方向不在同一直线上. 一般情况下, 曲线运动的轨迹夹在合外力方向与速度方向之间, 且合外力指向曲线轨迹的凹侧. 因此处理变力作用下曲线运动轨迹问题的关键是画出一些关键位置的速度方向(即曲线的切线方向), 再结合合外力方向, 即可判断.



【调研 1】(高考改编题)如图 1-6-1 所示,物体在恒力 F 的作用下沿曲线从 A 运动到 B ,这时,突然使它所受的力反向,大小不变,即由 F 变为 $-F$,在此力作用下,物体以后的运动情况,下列说法正确的是

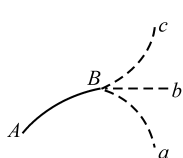


图 1-6-1

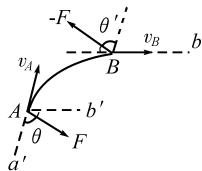


图 1-6-2

- A. 物体不可能沿曲线 Ba 运动
 B. 物体不可能沿直线 Bb 运动
 C. 物体不可能沿曲线 Bc 运动
 D. 物体不可能沿原曲线由 B 返回 A

解析 如图 1-6-2 所示,物体过 A 、 B 点时的速度方向分别是 v_A 、 v_B ,而 v_B 沿 Bb 方向,要判断此后的运动方向,必须找出 $-F$ 的方向范围,因此先要判断 F 的方向范围.由物体在恒力 F 的作用下运动轨迹沿 A 到 B 的曲线知, F 的方向范围在 θ 角以内(不包括 Ab' 和 Aa' 的方向),在 B 点 $-F$ 的方向范围必在 θ' 角以内,因此,只有沿 Bc 方向是可能的.所以选项 A、B、D 正确.

【方法技巧】 本题分析的关键是画出 A 、 B 这两个位置的瞬时速度方向,再结合受力情况判断.一般地,力的方向是指向轨迹弯曲的一侧的,因 AB 曲线向下弯曲,这说明力 F 沿某一方向并指向 AB 弯曲一侧;若换成 $-F$,其方向指向另一侧,故曲线要向上弯曲.

题型二 运动的合成与分解问题

规律方法 解运动的合成与分解问题的关键是对合运动和分运动的判断,而判断的依据常是确定物体实际的运动,因为一般情况下,物体的实际运动就是合运动.与力类似,若没有限制条件,一个实际运动可分解为无数对分运动,但在实际问题中常需按运动的实际“效果”或研究问题的方便进行分解.合运动和分运动具有等时性、独立性和等效性.

【调研 2】(高考改编题)在漂流探险中,探险者驾驶摩托艇想上岸休息.假设江岸是平直的,江水沿江向下游流去,水流速度为 v_1 ,摩托艇在静水中的航速为 v_2 ,原来地点 A 离岸边最近处 O 的距离为 d .如探险者想在最短时间内靠岸,则摩托艇登陆的地点离 O 点的距离为

- A. $\frac{dv_2}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$ B. 0 C. $\frac{dv_1}{v_2}$ D. $\frac{dv_2}{v_1}$

解析 根据运动的独立性和等时性可知,当船头垂直河岸航行,即摩托艇在静水中的航速 v_2 全部用来靠岸时,用时最短,最短时间 $t = \frac{d}{v_2}$,则登陆处距 O 点的距离为摩托艇在靠岸过程中随江水的下漂位移: $x = v_1 t = \frac{dv_1}{v_2}$. 所以正确答案应为 C.

【互动研习1】若由于岸边地形复杂,只允许摩托艇在 O 点登陆,则摩托艇在静水中的航速 v_2 应满足什么条件?此时探险者应如何驾驶摩托艇?且经多少时间在 O 点登陆?

【方法技巧】解答小船渡河问题的关键是要明确“船头的指向”(即船在静水中的速度方向)与“船的实际路径”(即船的合运动)所表示的具体含义.另外,在处理时最好先画出矢量合成与分解的示意图,以便将问题直观形象的展现出来,便于分析研究.还要注意船能否垂直渡河,这与船在静水中的速度与水流速度的大小有关系.

题型三 平抛运动的规律及分析

规律方法 处理平抛运动最基本的方法是将其分解为两个分运动,一个是水平方向的匀速直线运动,一个是竖直方向的自由落体运动,这样将一个复杂的曲线运动转换为两个简单的直线运动而解决.

【调研3】在水平地面上匀速行驶的拖拉机,前轮直径为 0.8 m ,后轮直径为 1.25 m ,两轮轴的水平距离为 2 m ,如图1-6-3所示,在行驶的过程中,从前轮边缘的最高点 A 处水平向前飞出一小块石子, 0.2 s 后从后轮边缘的最高点 B 处也水平向前飞出一小块石子,这两块石子先后落到地面上同一处(g 取 10 m/s^2).求拖拉机行驶速度的大小.

解析 因为石子参与了两种运动:一是与拖拉机一起的匀速直线运动、另一个是圆周运动(线速度即为与地面相切的速度,所以 A 、 B 线速度相等),因此石子抛出时对地的运动为两种运动的合运动,则这两块石子先后抛出的初速度大小相等,且均为拖拉机行驶速度的2倍.

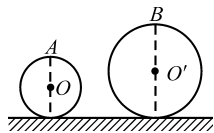


图 1-6-3

由题设知,从 A 处水平飞出的石子和 0.2 s 后从 B 处水平飞出的石子均做平抛运动,抛出的初速度大小相等,设两轮的直径分别为 D_A 、 D_B ,轮轴的水平距离为 d ,在 A 处飞出石子后 0.2 s 内拖拉机行驶位移为 Δx ,两石子平抛运动的水平位移分别为 x_A 、 x_B ,则画出运动情景如图1-6-4所示,根据平抛运动

的规律有: $x_A = 2v\sqrt{\frac{2D_A}{g}}$ 和 $x_B = 2v\sqrt{\frac{2D_B}{g}}$

由图1-6-4中几何关系得: $x_A + d = x_B + vt_0$

由以上各式并代入数据解得: $v = 5\text{ m/s}$.

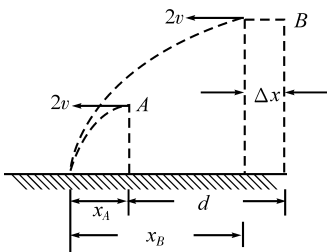


图 1-6-4

【方法技巧】求解本题时,作出两石子运动情况的示意图对帮助分析题意、建立各量之间的关系十分重要.另外,正确确定两石子的初速度也是必要的前提,很多考生因忽视了运动的合成,而错误地将拖拉机的行驶速度当作石子抛出的初速度.

【调研4】如图1-6-5所示,排球场总长为 18 m ,球网高度为 2 m ,运动员站在离网 3 m 的线上(图中虚线所示)正对网向上跳起将球水平击出(球在飞行过程中所



受空气阻力不计, g 取 10 m/s^2).

(1) 设击球点在 3 m 线的正上方高度为 2.5 m 处, 试问击球的速度在什么范围内才能使球既不触网也不越界?

(2) 若击球点在 3 m 线正上方的高度小于某个值, 那么无论水平击球的速度多大, 球不是触网就是越界, 试求这个高度.

解析 (1) 如图 1-6-6(甲) 所示, 排球擦网而过时, 设运动员击球的速度为 v_1 , 则由平抛运动

规律可得: $h_2 - h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$ 和 $s_1 = v_1t_1$

代入数据可解得: $v_1 = 3\sqrt{10} \text{ m/s}$

排球恰好落到底线时, 设运动员击球的速度为 v_2 , 则:

$$h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \text{ 和 } s_1 + s_2 = v_2t_2$$

代入数据可解得: $v_2 = 12\sqrt{2} \text{ m/s}$

所以欲使排球既不触网也不越界,

排球的速度范围应是: $3\sqrt{10} \text{ m/s} < v \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}$.

(2) 如图 1-6-6(乙) 所示, 当排球刚好触网又压底线时, 设运动员击球点的高度为 h_3 , 击球时的速度为 v_0 , 则球恰好触网时: $h_3 - h_1 = \frac{1}{2}gt_3^2$ 且 $s_1 = v_0t_3$

球恰好压底线时: $h_3 = \frac{1}{2}gt_4^2$ 且 $s_1 + s_2 = v_0t_4$

联立以上各式消去 v_0 并代入数据可解得: $h_3 = 2.13 \text{ m}$

即击球高度小于 2.13 m 时, 无论水平击球的速度多大, 球不是触网就是越界.

【方法技巧】 该题(1)中水平击球高度一定时, 击球的速度受网高和底线的制约; (2)中击球速度不限时, 水平击球高度受网高和底线的制约, 正确分析这两个制约条件是求解的关键. 而分析这两个制约条件的最好手段就是画出运动示意图.

题型四 圆周运动问题的分析

规律方法 圆周运动问题的分析关键是做好运动学和动力学特征的分析: 一方面分析其线速度、角速度等运动状态所需要的向心力; 另一方面分析其受力情况以确定由哪些力来提供向心力, 然后再依据牛顿第二定律建立方程. 对圆周运动中的特殊问题(如临界问题等), 关键要确定这种特殊问题的制约因素或条件, 因为制约因素或条件常是解题的切入点.

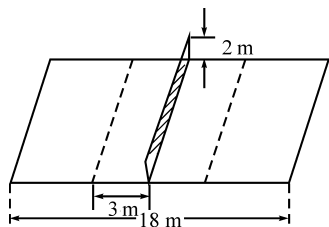


图 1-6-5

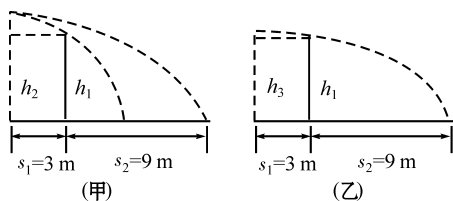


图 1-6-6

【调研5】(06年浙江联考)一级方程式汽车大赛中,一辆赛车总质量为 m ,一个路段的水平转弯半径为 R ,赛车转此弯时的速度为 v ,赛车形状都设计得使其上下方空气有一压力差——气动压力,从而增大其对地面的正压力.正压力与摩擦力的比值叫侧向附着系数,以 η 表示.要使上述赛车转弯时不侧滑,则需要多大的气动压力?

解析 设气动压力为 F ,则对汽车受力分析知汽车对地面的正压力 $F_N = mg + F$,因为 $\eta = F_N/F_f$,所以 $F_f = (mg + F)/\eta$

赛车转弯时不侧滑的条件是摩擦力足以提供向心力,所以根据牛顿第二定律可得: $F_f = mv^2/R$

$$\text{联立以上各式得 } F = \frac{\eta \cdot mv^2}{R} - mg.$$

【互动研习2】若赛道的倾角为 θ (内侧比外侧低),则赛车转弯时的向心力由哪些力来提供?

【方法技巧】解本题的关键是明确向心力来源,明确发生侧滑对应的临界状态.汽车在水平路面转弯时的向心力由静摩擦力提供,当最大静摩擦力不足以提供向心力时,赛车转弯时就要发生侧滑.

【调研6】(高考改编题)一内壁光滑的环形细圆管,位于竖直平面内,环的半径为 R (比圆管的半径大得多).在圆管中有两个直径与圆管内径相同的小球(可视为质点), A 球的质量为 m_1 , B 球的质量为 m_2 .它们沿环形圆管顺时针运动,经过最低点时的速度都为 v_0 .设 A 球运动到最低点时, B 球恰好运动到最高点,若要此时两球作用于圆管的合力为零,试求 m_1 、 m_2 、 R 与 v_0 应满足的关系式.

解析 如图1-6-7所示, A 球通过圆管最低点时,圆管对球的压力竖直向上,所以球对圆管的压力竖直向下.若要此时两球作用于圆管的合力为零, B 球对圆管的压力一定是竖直向上的,所以圆管对 B 球的压力一定是竖直向下的.

由机械能守恒定律, B 球通过圆管最高点时的速度 v 满足

$$\text{方程: } \frac{1}{2}m_2v^2 + m_2g \cdot 2R = \frac{1}{2}m_2v_0^2$$

根据圆周运动动力学规律有,对 A 球有:

$$N_1 - m_1g = m_1 \frac{v_0^2}{R}$$

$$\text{对 } B \text{ 球有: } N_2 + m_2g = m_2 \frac{v^2}{R}$$

又因 $N_1 = N_2$

解得 m_1 、 m_2 、 R 与 v_0 应满足的关系式为:

$$(m_1 - m_2) \frac{v_0^2}{R} + (m_1 + 5m_2)g = 0.$$

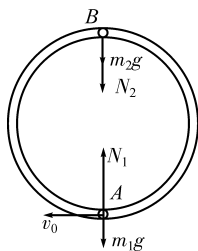


图1-6-7



【误区警示】 本题常会有以下错解: A 球在最低点时有 $N_1 = m_1 \frac{v_0^2}{R}$; B 球在最高

点时有 $N_2 = m_2 \frac{v_1^2}{R}$, 再结合 $\frac{1}{2} m_2 v_1^2 + m_2 g \cdot 2R = \frac{1}{2} m_2 v_0^2$ 和 $N_1 = N_2$, 得 $v_0 = \sqrt{\frac{4m_2 g R}{m_2 - m_1}}$.

形成上述错解的主要原因是忽视对运动状态分析和向心力的分析. 对比较复杂的圆周运动问题, 为能更好地分析物体的运动状态, 一般要能依照题意画出草图, 确定好研究对象, 再逐一分析, 将复杂问题转变为几个简单问题, 并找出其中的联系就能很好地解决问题.



强化闯关

1. (T1 强化) 一个物体以初速度 v_0 从 A 点开始在光滑水平面上运动. 已知有一个水平力作用在物体上, 物体运动轨迹如图 1-6-8 中实线所示, 图中 B 为轨迹上的一点, 虚线是过 A , B 两点并与轨迹相切的直线, 虚线和实线将水平面划分为 5 个区域. 关于施力物体的位置, 下面说法正确的是

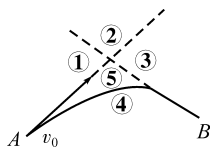


图 1-6-8

- 如果这个力是引力, 则施力物体一定在④区域
- 如果这个力是引力, 则施力物体一定在②区域
- 如果这个力是斥力, 则施力物体可能在②区域
- 如果这个力是斥力, 则施力物体可能在③区域

2. (T2 强化) 如图 1-6-9 所示, 甲、乙两船在河流中同时开始渡河, 河宽为 H , 河水流速为 u , 划船速度均为 v , 出发时两船相距 $\frac{2}{3}\sqrt{3}H$, 甲、乙船头均与岸边成 60° 角, 且乙船恰好能垂直到达对岸的 A 点, 则下列判断正确的是

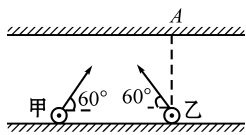


图 1-6-9

- 甲、乙两船到达对岸的时间相同
- 两船可能在未到对岸前相遇
- 乙船的运动轨迹是曲线
- 甲船也在 A 点靠岸

3. (T3 强化) 在交通事故中, 测定碰撞瞬间汽车的速度, 对于事故责任的认定具有重要的作用. 《中国汽车驾驶员》杂志曾给出一个计算碰撞瞬间车速度的公式: $v = \sqrt{4.9} \cdot \frac{\Delta L}{\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}}$, 式中 ΔL 是车上两物体被水

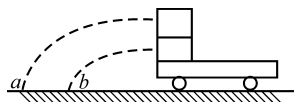


图 1-6-10

平抛出在现场路面落点间的距离, h_1 、 h_2 分别是散落物原来在车上离地的高度. 只要用米尺测量出事故现场的 ΔL 、 h_1 、 h_2 三个量, 根据上述公式就能够计算出碰撞瞬间车

辆的速度. 不计空气阻力, g 取 9.8 m/s^2 , 则如图 1-6-10 所示对两车相撞时, 其中一车上的两物体 a 、 b 的叙述正确的有

- A. a 、 b 落地时间相同
 B. a 、 b 落地时间差与车辆速度无关
 C. a 、 b 落地时间差与车辆速度成正比
 D. a 、 b 落地时间差与车辆速度乘积等于 ΔL

4. (T4 强化) 皮带传送机传送矿石的速度 v 大小恒定, 在轮缘 A 处矿石和皮带恰好分离, 如图 1-6-11 所示, 则通过 A 点的半径 OA 和竖直方向 OB 的夹角 θ 为

- A. $\arcsin \frac{v^2}{Rg}$ B. $\text{arccot} \frac{v^2}{Rg}$
 C. $\arctan \frac{v^2}{Rg}$ D. $\text{arccos} \frac{v^2}{Rg}$

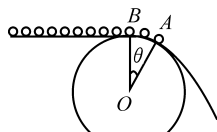


图 1-6-11

5. (T3 强化) 如图 1-6-12 所示, 水平地面上有 P 、 Q 两点, A 点和 B 点分别在 P 点和 Q 点的正上方, 距离地面的高度分别为 h_1 和 h_2 . 某时刻在 A 点以速度 v_1 水平抛出一个小球, 经时间 t 后又在 B 点以速度 v_2 水平抛出另一个球, 结果两球同时到达 P 、 Q 连线上的 O 点, 则有

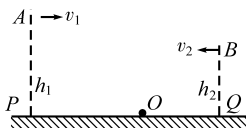


图 1-6-12

- A. $PO: OQ = v_1 h_1 : v_2 h_2$
 B. $PO: OQ = v_1 h_1^2 : v_2 h_2^2$
 C. $PO: OQ = v_1 \sqrt{h_1} : v_2 \sqrt{h_2}$
 D. $PO: OQ = h_1 : h_2$

6. (T4 强化) 如图 1-6-13 所示, 将 10 多个悬挂椅挂在圆形架的边缘上, 圆形架的半径 $R = 10 \text{ m}$, 圆形架的转轴与竖直方向的夹角 $\theta = 15^\circ$. 悬挂椅本身尺寸很小, 可以自由摆动, 已知当圆形架匀速转动时, 悬挂椅在最低点时, 与竖直方向的夹角为 $\beta = 30^\circ$. 求:

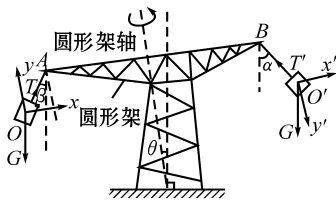


图 1-6-13

- (1) 圆形架转动时的角速度大小;
 (2) 悬挂椅摆到最高点时, 椅和竖直方向的夹角 α . (g 取 10 m/s^2)

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 要使摩托艇在 O 点登陆, 则应是合速度的方向指向 O 点 (即垂直河岸), 如图 1-6



-14 所示, 所以有 $\cos \theta = \frac{v_1}{v_2}$, 即船头应向上游并与河岸成

$\arccos \frac{v_1}{v_2}$ 角, 且应满足 $v_2 > v_1$, 否则不能在 O 点登陆; 渡河历时

为 $t = \frac{d}{v_2 \sin \theta}$.

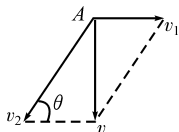


图 1-6-14

2. 由于向心力指向圆心, 所以由最大静摩擦力和地面对赛车的支持力在水平方向的分力来提供向心力.

强化闯关参考答案:

1. AC 曲线运动的实际轨迹是夹在初速 v_0 方向与力的方向之间的.
 2. AD 两船垂直渡河的速度均为 $v \sin 60^\circ$, 所以两船到达对岸的时间相同; 甲船沿河岸方向的速度为 $(v \cos 60^\circ + u)$, 又因为乙船恰好能垂直到达对岸的 A 点, 即有 $v \cos 60^\circ = u$, 所以甲船沿河岸方向的位移为 $s = (v \cos 60^\circ + u) \frac{H}{v \sin 60^\circ} = \frac{2}{3} \sqrt{3} H$, 即两船在刚到对岸时相遇, 这表明甲船也在 A 点靠岸.

3. BD 根据平抛运动规律可知落地时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 与车速无关; 由题给关系式可知, a 、 b 落地时间差与车辆速度乘积等于 ΔL .

4. D 矿石和皮带分离时两者的弹力为零, 将重力沿半径 OA 方向和垂直 OA 方向分解, 有 $mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$, 则 $\theta = \arccos \frac{v^2}{Rg}$.

5. C 对小球 A 有 $PO = v_1 t_1 = v_1 \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$, 对小球 B 有 $OQ = v_2 t_2 = v_2 \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$, 所以可解得 $PO:OQ = v_1 \sqrt{h_1}:v_2 \sqrt{h_2}$.

6. (1) 悬挂椅受到重力 G 和架子的拉力 T 作用, 悬挂椅摆到最低点时, 建立坐标系 xOy , x 轴平行于 AB , y 轴平行于圆形架的转轴. 因悬挂椅沿 x 轴所在的倾斜平面做圆周运动和沿 y 轴方向处于平衡状态, 得:

$$x \text{ 轴方向有: } T \cos (\theta + \beta) - mg \sin \theta = m \omega^2 R$$

$$y \text{ 轴方向有: } T \sin (\theta + \beta) = mg \cos \theta$$

$$\text{由两式可解得: } \omega = \sqrt{\frac{g \cos \theta \cot (\theta + \beta) - g \sin \theta}{R}} = 0.84 \text{ rad/s.}$$

- (2) 悬挂椅摆到最高点时, 椅和竖直方向的夹角为 α , 建立如题图所示的坐标 $x'O'y'$, x' 轴平行于 AB , y' 轴平行于圆形架的转轴, O' 点为挂椅的重心, 则同理可得:

$$x' \text{ 轴方向有: } mg \sin \theta + T' \sin (\alpha - \theta) = m \omega^2 R$$

$$y' \text{ 轴方向有: } mg \cos \theta = T' \cos (\alpha - \theta)$$

$$\text{由两式可解得: } \alpha = \theta + \arctan \left(\frac{\omega^2 R - g \sin \theta}{g \cos \theta} \right) = 39.8^\circ.$$

重点7 机械振动和机械波



要点解读

一、高考热点:

1. 简谐运动及其特征量(振幅、周期和频率等),受迫振动、共振现象的简单应用,简谐运动的振动图象及分析;
2. 弹簧振子、单摆的特点及其运动和能量分析;
3. 波的形成、传播特点,波长、频率和波速间的关系,波的叠加、干涉、衍射现象和多普勒效应分析;
4. 区分振动图象和波动图象,并能运用两种图象解决有关问题.

二、考查方式与特点:

本部分是高考的必考内容之一,尤其是以波的图象为载体来考查考生对波动这一质点“群体效应”与振动这一质点“个体运动”内在联系的理解.因而高考试题对本部分内容考查的特点是试题容量较大,一道考题往往要考查多个概念、规律,综合性较强.从近几年高考来看,本部分试题多以选择题的形式出现,且难度相对较低,分值在6分左右.

三、应对策略:

在复习时,应注意基本概念的记忆和理解,应注意结合图象来理解和分析简谐运动与波的特点和规律,并切实掌握两种图象的区别和联系.一般情况下,考生只要基础知识掌握扎实,得到这一部分试题的分数是不难的.



典例调研

题型一 有关简谐运动的两个特例分析

规律方法 简谐运动的两个特例是指弹簧振子和单摆.对弹簧振子关键是要弄清其回复力来源和运动过程中各物理量的变化规律,另外还要了解弹簧振子的周期随振子质量的增而增,随弹簧劲度系数的减而增;而单摆侧重于其周期公式的理解和分析,尤其在一些实际问题中摆长和重力加速度的确定.

【调研1】 (高考改编题)有一摆长为 L 的单摆,悬点正下方某处有一小钉,当摆球经过平衡位置向左摆动时,摆线的上部将被小钉挡住,使摆长发生变化.现使摆球做小幅度摆动,摆球从右边最高点 M 至左边最高点 N 运动过程的闪光照片如图1-7-1所示(悬点和小钉未被摄入). P 为摆动中的最低点,已知每相邻两次闪光的时间间隔相等,由此可知,小钉与悬点的距离为



A. $L/4$ B. $L/2$ C. $3L/4$

D. 无法确定

解析 设小钉与悬点的距离为 L_0 , 摆长为 L 时的周期为 T , 摆长为 $(L - L_0)$ 时的周期为 T_0 , 每相邻两次闪光的时间间隔为 t , 因为 M 、 N 为两侧最高点、 P 为摆动中的最低点, 所以由图 1-7-1 可得:

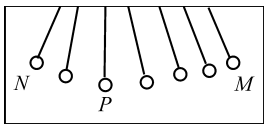


图 1-7-1

$$\text{从 } M \text{ 到 } P \text{ 的时间为: } 4t = \frac{1}{4}T = \frac{1}{4} \times 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\text{从 } P \text{ 到 } N \text{ 的时间为: } 2t = \frac{1}{4}T_0 = \frac{1}{4} \times 2\pi\sqrt{\frac{L-L_0}{g}}$$

由以上两式可得: $L_0 = \frac{3}{4}L$, 所以选项 C 正确.

【互动研习 1】 若没有小钉, M 为摆球的最高点, 则以下说法正确的是

- A. 位于 N 处时动能最大
- B. 位于 M 处时势能最大
- C. 在位置 M 的势能大于在位置 N 的动能
- D. 在位置 N 的机械能大于在位置 M 的机械能

【误点警示】 此题主要考查读图和分析推理能力, 是一道考查单摆周期公式的好题. 不少学生感到无从下手, 其原因是无法将题给“ M 、 N 为两侧最高点、 P 为摆动中的最低点”的条件和图象结合起来分析, 从而造成思路受阻; 也有一部分学生误将“小钉与悬点的距离”处理成“小钉与摆球的距离”而致错.

题型二 简谐运动的图象问题

规律方法 振动图象表示了振动物体的位移随时间变化的规律. 从图象中可以知道任何一个时刻质点的位移、振幅 A 、周期 T 和速度方向. 因此读懂图象是解决这类问题的关键.

【调研 2】 (06 年昆明二次质检) 劲度系数为 20 N/cm 的弹簧振子, 它的振动图象如图 1-7-2 所示, 在图中 A 点对应的时刻

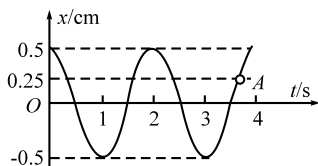


图 1-7-2

A. 振子所受的弹力大小为 0.5 N , 方向指向 x 轴的负方向

B. 振子的速度方向指向 x 轴的正方向

C. 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内振子做了 1.75 次全振动

D. 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内振子通过的路程为 0.35 cm , 位移为 0

解析 由题图可知 A 在 t 轴上方, 位移 $x = 0.25 \text{ cm}$, 所以弹力 $F = -kx = -5 \text{ N}$, 即弹力大小为 5 N , 方向指向 x 轴负方向, 选项 A 不正确; 过 A 点作图象的切线, 该切线与 x 轴的正方向的夹角小于 90° , 切线斜率为正值, 即振子的速度方向指向 x 轴的正方向, 故选项 B 正确; $t = 0$ 、 $t = 4 \text{ s}$ 时刻振子的位移都是最大, 且都在 t 轴的上方, 在

0~4 s 内完成两次全振动,选项 C 错误;由于 $t=0$ 时刻和 $t=4$ s 时刻振子都在最大位移处,所以在 0~4 s 内振子的位移为零,又由于振幅为 0.5 cm,在 0~4 s 内振子完成了 2 次全振动,所以在这段时间内振子通过的路程为 $2 \times 4 \times 0.5 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$,故选项 D 错误. 综上,应选 B.

【发散拓展】 对振动图象应注意以下两点:(1) 简谐运动的图象不是振动质点的轨迹,做简谐运动质点的轨迹是质点往复运动的那一段线段(如弹簧振子)或那一段圆弧(如单摆);(2) 简谐运动的周期性体现在振动图象上是曲线的重复性,简谐运动的图象随时间的增加将逐渐延伸,过去时刻的图形将永远不变,任一时刻图象上过该点切线的斜率数值代表该时刻振子的速度大小,正负表示速度的方向,正时沿 x 正向,负时沿 x 负向.

题型三 波的形成和传播

规律方法 波的形成和传播规律是各质点都做受迫振动,且前面的质点带动后面的,后面的质点重复前面质点的振动形式,离波源越远的质点振动越滞后. 起振方向、振动频率(周期)由波源来决定,同一种波的波速由介质决定,波速、周期(频率)和波长间的关系为 $v = \lambda/T = \lambda f$.

【调研 3】 (原创题) 如图 1-7-3 所示,一根柔软的弹性绳子右端固定,左端自由, A、B、C、D、... 为绳上等间隔的点,点间间隔为 50 cm,现用手拉着绳子的端点 A 使其上下振动,若 A 点开始向上,经 0.1 秒第一次达到最大位移, C 点恰好开始振动,则

(1) 绳子形成的向右传播的横波速度为多大?

(2) 从 A 开始振动,经多长时间 J 点第一次向下达到最大位移?

解析 (1) 由 A 点开始向上运动经 0.1 秒第一次达到最大位移,可知周期 $T=0.4$ s; 此时波传播到 C 点,可知该波的波长 $\lambda = 4 \times s_{AC} = 4 \text{ m}$. 所以波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4 \text{ m}}{0.4 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$.

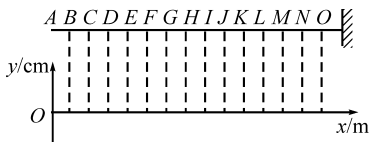


图 1-7-3

(2) 波由波源传到 J 需时间为: $t_1 = \frac{s_{AJ}}{v} =$

$$\frac{4.5}{10} \text{ s} = 0.45 \text{ s}$$

波刚传到 J 时, J 也应向上起振,从刚起振到负的最大位移用时 $t_2 = \frac{3}{4}T = 0.3 \text{ s}$

故从 A 开始振动至 J 第一次向下达到最大位移对应总时间 $t = t_1 + t_2 = 0.75 \text{ s}$.

【互动研习 2】 画出当 J 点第一次向下达到最大位移时的波形图.

【方法技巧】 波源起振一个周期,波形沿传播方向传播一个波长. 若波源一开始向上起振,则沿波传播方向上各质点起振时,均向上,反之亦然.



题型四 波的图象及其分析

规律方法 波的图象表示介质中所有质点在某个时刻的位移;所以能从图象上直接读出振幅、波长、任一质点在该时刻的位移.常用“图象平移法”或“质点带动法”判定波的传播方向和质点的振动方向;要运用“特殊点法”或“波形平移法”画出一段时间后的波形.

【调研4】 A、B 两列波在某时刻的波形如图 1-7-4 所示,经过 $t = T_A$ 时间(T_A 为 A 的周期),两波再次出现如图波形,则两波的波速之比 $v_A : v_B$ 可能为

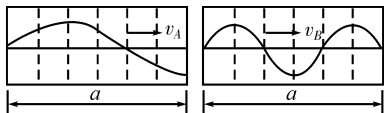


图 1-7-4

- A. 1:3 B. 1:2
C. 2:1 D. 3:1

解析 由图 1-7-4 可以得到 A、B 两列波的波长分别为: $\lambda_A = \frac{4}{3}a$, $\lambda_B = \frac{2}{3}a$

经过 $t = T_A$ 时间(T_A 为 A 的周期),两波再次出现如图波形,这表明 B 波所经历的时间应为周期的整数倍,即有: $t = T_A = nT_B$ (式中 $n = 1, 2, 3, \dots$)

所以两波的波速之比为: $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\lambda_A T_B}{\lambda_B T_A}$

联立以上各式可得: $\frac{v_A}{v_B} = \frac{2}{n}$ (式中 $n = 1, 2, 3, \dots$)

所以当 $n = 1$ 时, $v_A : v_B = 2 : 1$; 当 $n = 4$ 时, $v_A : v_B = 1 : 2$; 当 $n = 6$ 时, $v_A : v_B = 1 : 3$
即选项 A、B、C 正确.

【误点警示】 很多考生深感该题“条件不足”而陷于困境.试题将两列波长不同的波放在相同的空间里(宽均为 a)来研究,要求考生由此结合“经过时间 t 两波再次出现如图波形”来想象和推断两列波的波长和波速.只要考虑到波传播的周期性与波形的重复性,建立起波传播的正确图景,就不难作出正确的判断.

题型五 振动图象和波动图象的综合应用

规律方法 两种图象的综合应用关键要正确理解波的图象与振动图象的区别和联系:要深刻理解单个质点的振动与连续介质的传播关系,明确振动图象是单个质点随时间的“录像”,而波的图象是所有质点在某个时刻的“照片”;同时要明确两种图象中所反映信息的异同(尤其要注意横坐标的不同).

【调研5】 一列简谐横波沿 x 轴负方向传播,图 1-7-5 是 $t = 1$ s 时的波形图,图 1-7-6 是波中某振动质点位移随时间变化的振动图象(两图用同一时间起点),则图 1-7-6 可能是图 1-7-5 中哪个质

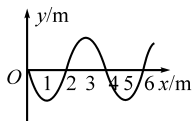


图 1-7-5

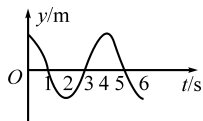


图 1-7-6

点的振动图象

A. $x=0$ m 处的质点 B. $x=1$ m 处的质点 C. $x=2$ m 处的质点 D. $x=3$ m 处的质点

解析 因为图 1-7-5 是 $t=1$ s 时刻的波形图,由图 1-7-6 的振动图象可以看出,该质点在 $t=1$ s 时刻正好位于平衡位置且向下运动.在图 1-7-5 的波形图中符合条件的质点可能是 $x=0$ m 处的质点或 $x=4$ m 处的质点.所以选项 A 正确.

【互动研习 3】若图 1-7-5 是波中某振动质点位移随时间变化的振动图象,而图 1-7-6 是 $t=1$ s 时的波形图,横坐标作相应变化,则结果又如何?

【误点警示】本题容易在以下两处出错:一是忽视对振动图象与波动图象的区别和联系,不能从振动图象中判断出该时刻质点的位置和运动方向;二是误将 $t=1$ s 理解为 $t=0$ s,不能将波形中“时刻”与振动图象的“时刻”对应起来.



强化闯关

1. (T1 强化) 将一个力电传感器接到计算机上,可以测量快速变化的力.用这种方法测得的某单摆摆动过程中悬线上拉力大小随时间变化的曲线如图 1-7-7 所示.则由此图象提供的信息作出下列判断,其中正确的是

- A. $t=0.2$ s 时刻摆球正经过最低点
 B. $t=1.1$ s 时摆球正处于最高点
 C. 摆球摆动过程中机械能时而增大时而减小
 D. 摆球摆动的周期约是 $T=0.6$ s

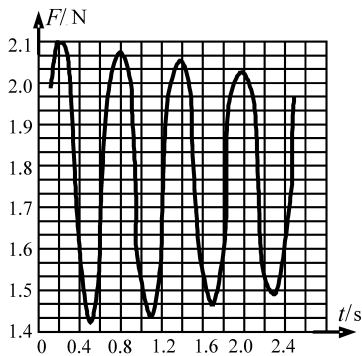
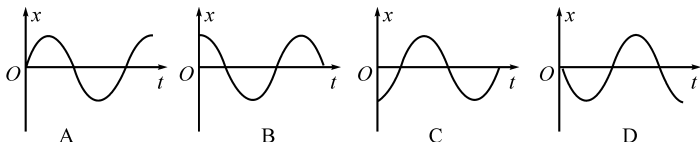


图 1-7-7

2. (T1 强化) 把一个筛子用四根弹簧支起来,筛子上装一个电动偏心轮,它每转一周给筛子一个驱动力,这就做成了一个共振筛.不开电动机让这个筛子自由振动时,完成 20 次全振动用 15 s,在某电压下,电动偏心轮的转速是 88 r/min.已知增大电动偏心轮的电压可以使其转速提高,而增加筛子的总质量可以增大筛子的固有周期.为使共振筛的振幅增大,以下做法正确的是

- A. 降低输入电压 B. 提高输入电压 C. 增加筛子质量 D. 减小筛子质量
3. (T2 强化) 摆长为 L 的单摆做简谐振动,若从某时刻开始计时(取作 $t=0$),当

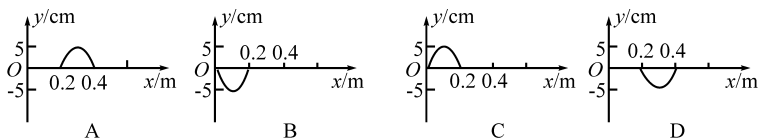
振动至 $t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ 时,摆球具有负向最大速度,则单摆的振动图象是图中的



水的比热是各物质中最大的: $C = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.



4. (T3、T4 强化) 某质点在坐标原点 O 处做简谐运动, 其振幅为 5 cm , 振动周期为 0.4 s , 振动在介质中沿 x 轴正向传播, 波速为 1 m/s . 若质点由平衡位置 O 开始向 $+y$ 方向振动, 经 0.2 s 时立即停止振动, 则振源停止振动后经 0.2 s 时的波形是



5. (T4 强化) 如图 1-7-8 所示, 一列沿 x 轴传播的横波, $t=0$ 时刻的图象用实线表示, 经 $\Delta t=0.2\text{ s}$ 时的图象用虚线表示, 则下述说法中正确的是

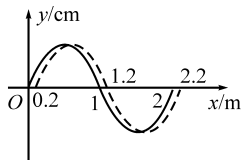


图 1-7-8

- 若波向右传播, 则最大周期是 1 s
- 若波向左传播, 则最小频率是 4.5 Hz
- 若波向左传播, 则最小波速是 9 m/s
- 若波速是 19 m/s , 则波向右传播

6. (T5 强化) 一列简谐波某时刻的波形如图 1-7-9(甲)所示, (乙)图表示该波传播的介质中某点此后一段时间内的振动图象, 则

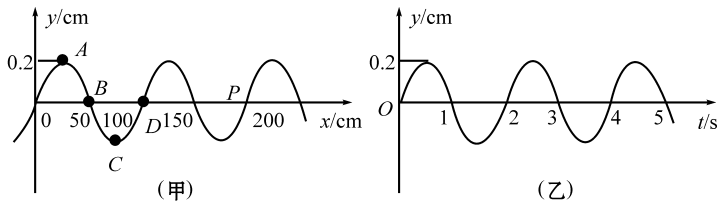


图 1-7-9

- 若波沿 x 轴正向传播, 图(乙)为 A 点振动图象
- 若波沿 x 轴正向传播, 图(乙)为 B 点振动图象
- 若波沿 x 轴负向传播, 图(乙)为 C 点振动图象
- 若波沿 x 轴负向传播, 图(乙)为 D 点振动图象

7. 如图 1-7-10 所示, 一波源在绳的左端发生半个波 1, 其频率为 f_1 , 振幅为 A_1 , 另一个波源在绳的右端发生半个波 2, 频率为 f_2 , 振幅为 A_2 , 图中 $AP=PB$, 由图可知

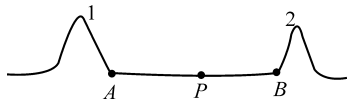


图 1-7-10

- 两列波同时到达 P 点
- 两列波相遇时, P 点的波峰可达 $(A_1 + A_2)$
- 两列波相遇后各自保持原来的波形独立传播
- 两列波相遇时绳上振幅可达 $(A_1 + A_2)$ 的质点只有一点

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. BC 若没有小钉,因 M 为摆球的最高点,根据机械能守恒可知 N 不是左侧的最高点,所以位于 M 处时势能最大,在位置 M 的势能大于在位置 N 的动能,在位置 N 的机械能等于在位置 M 的机械能.

2. 如 1-7-11 所示当 J 点第一次向下达到最大位移时,与其相距 $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$ 、 $3\lambda/4$ 和 λ 的 H 、 F 、 D 和 B 点位置分别在平衡位置、波峰、平衡位置、波谷.利用“特殊点”法即可画出此时的波形图.

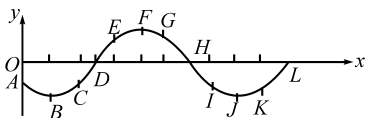


图 1-7-11

3. C

强化闯关参考答案:

1. AB 当摆球到达最高点时,悬线上的拉力最小,当摆球到达最低点时,悬线上的拉力最大;从题图看出摆球到达最低点时的拉力一次比一次小,说明速率一次比一次小,反映出振动过程摆球一定受到阻力作用,因此机械能应该一直减小;在一个周期内,摆球应该经过两次最高点,两次最低点,因此周期应该约是 $T = 1.2$ s.

2. AD 筛子的固有频率 $f_{\text{固}} = 4/3$ Hz,当时的驱动力频率 $f_{\text{驱}} = 88/60$ Hz,即 $f_{\text{固}} < f_{\text{驱}}$.为了达到振幅增大,应该减小这两个频率差,故应该增大固有频率或减小驱动力频率.

3. C 从 $t = 0$ 时经过 $t = \frac{3\pi}{2\sqrt{g/L}}$ 时间,这段时间为 $\frac{3}{4}T$,经过 $\frac{3}{4}T$ 摆球具有负向最大速度,说明摆球在平衡位置,在给出的四个图象中,经过 $\frac{3}{4}T$ 具有最大速度的有 B、C 两图,而具有负向最大速度的只有 C.

4. A 在 0.2 s 时间内,质点由平衡位置 O 开始向 $+y$ 方向振动并回到平衡位置,这个振动形式沿 x 轴正向传播了 0.4 s.

5. BC 若波向右传播,则最大周期是 $T = \frac{2}{0.2}\Delta t = 2$ s;若波向左传播,则最大周期是 $T' = \frac{2}{1.8}\Delta t = 2/9$ s,所以最小频率是 4.5 Hz;再由 $v = \lambda/T$ 可求波速.

6. BD 根据 $t = 0$ 时刻的位移和运动方向即可判断.

7. ACD 1、2 两列波在同一条绳上传播,波速相同,所以 A 、 B 的运动状态传播相同的距离历时相同,两列波应同时到达 P 点;两列波到达 P 点后,在彼此穿过期间, P 处质点的位移为两波独立引起的位移之和,由于两波频率不同,波长不同,相向传播时,两波峰不会同时到达 P 点,故在 P 处两波叠加的位移峰值不会达到 $(A_1 + A_2)$;两波峰可同时到达的一点应是图中现正处于波峰的两质点的平衡位置等距的一点;根据波的叠加原理,两列波相遇后各自保持原来的波形.





难点阐释

难点 1 牛顿运动定律的应用



难点点拨

一、高考热点:

1. 牛顿运动定律与匀变速直线运动规律、受力分析的综合应用;
2. 有相互作用系统中牛顿运动定律的应用;
3. 实际问题(如传送带、传感器等)中牛顿运动定律的应用.

二、考查方式与特点:

本难点内容单独命题的趋势在沉寂几年后又有所回升,题型从以选择题为主逐渐过渡到连续三年都有计算题出现.试题也趋向于用牛顿运动定律解决生活、科技和工农业生产等实际问题,以考查考生的推理能力、综合分析能力等.

三、应对策略:

针对以上考查方式和特点,复习本难点时建议注意把握以下几点:

1. 明确处理动力学问题的一般思路和步骤是:①领会问题的情境,在问题给出的信息中,提取有用信息,构建出正确的物理模型;②合理选择研究对象;③分析研究对象的受力情况和运动情况;④正确建立坐标系;⑤运用牛顿运动定律和运动学的规律列式求解.

2. 在分析以实际问题为背景的试题时,要能正确处理相关信息,去粗取精,建立恰当的物理模型,将实际问题转化成相应的物理问题.也要根据具体情况灵活运用隔离法和整体法,要善于捕捉隐含条件,要重视临界状态分析.



典例调研

题型一 恒力作用下的动力学问题

规律方法 这类问题关键是对物体的受力情况和运动情况的分析,并始终牢记一点:物体的受力特征和物体的运动情况是相对应的,匀速运动对应受力平衡,匀变速运动对应合外力恒定.对复杂的运动问题,前后过程之间的位移、速度、时间常存在着关联量.

【调研 1】 (06 年全国理综卷 II)一质量为 $m = 40 \text{ kg}$ 的小孩子站在电梯内的体

重计上. 电梯从 $t=0$ 时刻由静止开始上升, 在 0 到 6 s 内体重计示数 F 的变化如图 2-1-1 所示. 试问: 在这段时间内电梯上升的高度是多少? 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$.

解析 在 0 到 2 s 内, 体重计示数 F_1 大于重力 G , 则表明

电梯在匀加速上升, 此过程中加速度为: $a_1 = \frac{F_1 - G}{m} =$

$$\frac{440 - 400}{40} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$$

$$0 \text{ 到 } 2 \text{ s 内的位移为: } s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 2 \text{ m}$$

$$2 \text{ s 末的速度为: } v_1 = a_1 t_1 = 2 \text{ m/s}$$

在 2 s 到 5 s 内, 体重计示数 F_2 等于重力 G , 则表明电梯在匀速上升, 因此在 2 s 到 5 s 内的位移为: $s_2 = v_1 t_2 = 6 \text{ m}$

在 5 s 到 6 s 内, 体重计示数 F_3 小于重力 G , 则表明电梯在匀减速上升, 此过程中加速度为: $a_2 = \frac{F_3 - G}{m} = \frac{320 - 400}{40} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$

$$\text{因此在 } 5 \text{ s 到 } 6 \text{ s 内的位移为: } s_3 = v_1 t_3 + \frac{1}{2} a_2 t_3^2 = 1 \text{ m}$$

所以在这段时间内电梯上升的总高度是 $H = s_1 + s_2 + s_3 = 9 \text{ m}$.

【方法技巧】 本题中, 将乘电梯的实际情境抽象成熟悉的运动模型是解题关键, 这种抽象也是解所有实际问题的关键. 这里, 首先应细致分析各阶段小孩子的受力情况, 确定其运动状态, 从而建立起正确的运动图景. 另外, 也要找出各阶段的关联量, 如 2 s 末的速度既是第二阶段匀速的速度, 又是第三阶段的初速度.

题型二 有相互作用系统中牛顿运动定律的应用

规律方法 处理非平衡态下的有相互作用力的系统问题常用整体法和隔离法. 当需要研究物体间相互作用力时, 常把某个物体从系统中“隔离”出来进行研究; 当系统中各物体加速度相同时, 可以把系统中的所有物体看成一个整体进行研究.

【调研 2】 (高考改编题) 如图 2-1-2 所示, 在倾角为 α 的固定光滑斜面上, 有一用绳子拴着的长木板, 木板上站着一只猫. 已知木板的质量是猫质量的 2 倍, 当绳子突然断开时, 猫立即沿着板向上跑, 以保持其相对斜面的位置不变. 则此时木板沿斜面下滑的加速度为

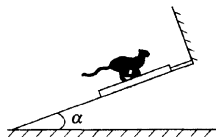


图 2-1-2

- A. $\frac{g}{2} \sin \alpha$
- B. $g \sin \alpha$
- C. $\frac{3}{2} g \sin \alpha$
- D. $2g \sin \alpha$

解析 设木板和猫的质量分别为 M 、 m , 木板和猫之间的摩擦力为 f , 绳子断开

最早发现共振现象是 1831 年英国曼彻斯特附近一个炮兵部队列队以整齐步伐通过一座桥时, 桥突然塌崩了而发现的.



后,因为猫相对斜面的位置不变,所以隔离猫,则有: $mgsin\alpha=f$

再隔离板,对板进行受力和应用牛顿定律有: $Mgsin\alpha+f'=Ma$

又因为 $f'=f$,所以由以上各式解得: $a=\frac{3}{2}gsin\alpha$

故选项 C 正确.

【互动研习 1】若绳子拴着的长木板悬挂在天花板上,如图 2-1-3 所示,则要使在绳子突然断开时保持猫位置不变,木板下落的加速度为多大?

【方法技巧】解决本题的关键是要能对“相对斜面的位置不变”在头脑中建立正确物理图景,同时要能灵活选取研究对象.题中猫对木板的作用力,使得“猫相对斜面的位置不变”,因两者的加速度不同,所以采用隔离法比较清晰明了.

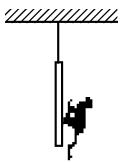


图 2-1-3

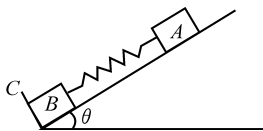


图 2-1-4

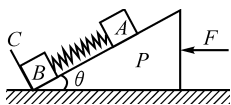


图 2-1-5

【调研 3】如图 2-1-4 所示,在倾角为 θ 的光滑斜面上有两个用轻质弹簧连接的物块 A、B. 它们的质量分别为 m_A 、 m_B , 弹簧的劲度系数为 k , C 为一固定挡板. 系统处于静止状态. 现开始用一恒力 F 沿斜面方向拉物块 A 使之向上运动, 求物块 B 刚要离开 C 时物块 A 的加速度 a 和从开始到此时物块 A 的位移 d . (重力加速度为 g)

解析 令 x_1 表示未加 F 时弹簧的压缩量, 由胡克定律和牛顿定律可知:

$$m_A g \sin \theta = kx_1$$

令 x_2 表示 B 刚要离开 C 时弹簧的伸长量, a 表示此时 A 的加速度, 由胡克定律和牛顿定律可知: $kx_2 = m_B g \sin \theta$

$$F - m_A g \sin \theta - kx_2 = m_A a$$

$$\text{由以上各式可得: } a = \frac{F - (m_A + m_B) g \sin \theta}{m_A}$$

$$\text{由题意可知: } d = x_1 + x_2$$

$$\text{由以上各式可得: } d = \frac{(m_A + m_B) g \sin \theta}{k}$$

【互动研习 2】若光滑斜面体 P、C 总质量为 M , A、B 质量均为 m , 系统静止于光滑水平面上. 现开始用一水平力 F 从零开始增大作用于斜面 P, 如图 2-1-5 所示. 求:

(1) 物块 B 刚要离开 C 时的力 F ;

(2) 从开始到此时物块 A 相对于斜面的位移 d (物块 A 一直没离开斜面, 重力加速度为 g).

【误点警示】 本题从知识上考查物块在恒力 F 作用下力与加速度的对应关系; 从能力上考查对知识的理解和综合应用能力, 以及挖掘隐含条件、建立正确物理图景的能力. 注意对“物块 B 刚要离开 C 时”这个临界条件的分析, 在计算物块 A 的位移 d 时, 也要注意弹簧的始末状态(初状态是压缩状态, 末状态是原长状态).

题型三 传送带上的动力学问题

规律方法 力是改变物体运动状态的原因, 同样传送带上的物体运动状态如何改变, 也取决于物体所受摩擦力的大小和方向.

【调研 4】 (06 年武汉联考) 如图 2-1-6 所示, 水平传送带 AB 长 $l=8.3$ m, 质量为 $M=1$ kg 的木块随传送带一起以 $v_1=2$ m/s 的速度向左匀速运动(传送带的传送速度恒定), 木块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.5$. 当木块运动至最左端 A 点时, 一颗质量为 $m=20$ g 的子弹以 $v_0=300$ m/s, 水平向右的速度正对木块射入并穿出, 穿出速度 $u=50$ m/s, 以后每隔 1 s 就有一颗子弹射向木块, 设子弹射穿木块的时间极短, 且每次射入点各不相同, g 取 10 m/s². 求:

(1) 在被第二颗子弹击中前, 木块向右运动离 A 点的最大距离?

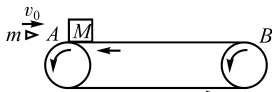


图 2-1-6

(2) 木块在传送带上最多能被多少颗子弹击中?

解析 (1) 第一颗子弹射入木块过程中由动量守恒

$$\text{得: } mv_0 - Mv_1 = mu + Mv_1'$$

$$\text{解得: } v_1' = 3 \text{ m/s}$$

$$\text{木块向右做减速运动的加速度为: } a = \frac{\mu Mg}{M} = \mu g = 5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{木块速度减小为零所用时间为: } t_1 = \frac{v_1'}{a}$$

$$\text{解得: } t_1 = 0.6 \text{ s} < 1 \text{ s}$$

所以木块在被第二颗子弹击中前向右运动离 A 点最远时, 速度为零, 移动距离为: $s_1 = \frac{v_1'^2}{2a}$, 解得: $s_1 = 0.9$ m.

(2) 在第二颗子弹射中木块前, 木块再向左做加速运动, 时间可能为:

$$t_2 = 1 \text{ s} - 0.6 \text{ s} = 0.4 \text{ s}$$

$$\text{速度增大为: } v_2 = at_2 = 2 \text{ m/s (恰与传送带同速)}$$

$$\text{向左移动的位移为: } s_2 = \frac{1}{2} at_2^2 = 0.4 \text{ m}$$

故两颗子弹射中木块的时间间隔内, 木块总位移 $s_0 = s_1 - s_2 = 0.5$ m, 方向向右

第 16 颗子弹击中前, 木块向右移动的位移为 $s = 15s_0 = 7.5$ m

第 16 颗子弹击中后, 木块将会再向右先移动 0.9 m, 总位移为 $0.9 \text{ m} + 7.5 \text{ m} = 8.4 \text{ m} > 8.3 \text{ m}$, 木块将从 B 端落下. 所以木块在传送带上最多能被 16 颗子弹击中.



【互动研习3】从第一颗子弹射中木块到最终木块离开传送带,求此过程中子弹、木块和传送带这一系统所产生的热能是多少? (g 取 10 m/s^2)

【方法技巧】由以上解析可以看出,不管传送带如何动,只要我们分析清楚物体所受摩擦力的大小、方向的变化情况,就不难分析物体的状态变化情况,再结合牛顿定律、匀变速规律等,解传送带的问题就容易了。

题型四 其他实际问题中牛顿定律的应用

规律方法 解决这类联系实际的动力学问题,关键是通过分析问题背景的分析,提炼出相关物理知识,并由此建立起正确的运动模型,再运用运动学规律求解。

【调研5】(06年北京西城区抽测)民用航空客机的机舱,除了有正常的舱门和舷梯连接,供旅客上下飞机,一般还设有紧急出口。发生意外情况的飞机在着陆后,打开紧急出口的舱门,会自动生成一个由气囊构成的斜面,机舱中的人可沿该斜面滑行到地面上来,如图 2-1-7 所示。某机舱离气囊底端的竖直高度 $AB=3.0 \text{ m}$,气囊构成的斜面长 $AC=5.0 \text{ m}$, CD 段为与斜面平滑连接的水平地面。一个质量 $m=60 \text{ kg}$ 的人从气囊上由静止开始滑下,人与气囊、地面间的动摩擦因数均为 $\mu=0.5$ 。不计空气阻力, $g=10 \text{ m/s}^2$ 。求:

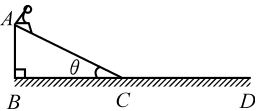


图 2-1-7

- (1) 人从斜面上滑下时的加速度大小;
- (2) 人滑到斜面底端时的速度大小;
- (3) 人离开 C 点后还要在地面上滑行多远才能停下?

解析 (1) 人从斜坡上滑下时的受力情况如图 2-1-8 所示,则由牛顿运动定律得人从斜面上滑下时的加速度为: $mg \sin \theta - \mu N = ma$

$$\text{其中 } N = mg \cos \theta$$

$$\text{代入数据解得: } a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 2 \text{ m/s}^2.$$

$$(2) \text{ 由匀变速运动规律可得滑到斜面底端时有: } v_c^2 = 2as$$

$$\text{解得: } v_c = 2\sqrt{5} \text{ m/s}.$$

$$(3) \text{ 在水平地面滑行时,人做匀减速运动,由牛顿运动定律知: } \mu mg = ma'$$

$$\text{由匀变速运动规律得: } 0 - v_c^2 = 2(-a')s'$$

$$\text{解得: } s' = 2.0 \text{ m}.$$



图 2-1-8

【方法技巧】从题目的获取中建立匀变速模型,并用牛顿定律求出加速度,对物体运动状态和受力情况的分析,是运用牛顿第二定律解题的首要环节;其次是要找出其他各要素之间的联系,如对象与对象之间、过程与过程之间;再次就是在分析的基础上综合出最终的解题结果。

【调研6】加速度计作为测定运动物体加速度的仪器,已被广泛应用。如图 2-1-9 所示为应变式加速度计的原理图。支架 AB 固定在待测系统上,滑块穿在 A 、 B 之间的水平光滑杆上,并用轻弹簧连接在 A 端,通过其下端的的活动臂可将滑块运动情况

转换成电信号从电压表输出. 已知电压表量程为 8 V , 滑块质量为 $m = 0.1\text{ kg}$, 弹簧劲度系数为 $k = 20\text{ N/m}$, 电源电动势为 $E = 10\text{ V}$, 内阻不计, 电阻 R 的总阻值 $R = 40\ \Omega$, 有效总长度为 $l = 8\text{ cm}$. 当待测系统静止时, 滑动触头 P 位于电阻 R 的中点, 取 $A \rightarrow B$ 方向为加速度正方向.

- (1) 确定该加速度计能测量的最大加速度;
- (2) 为保证电压表能正常使用, 图 2-1-9 电路中的电阻 R_0 至少应为多大?
- (3) 根据 R_0 的最小值, 写出待测系统沿 $A \rightarrow B$ 方向做变速运动时, 电压表输出电压 U 与加速度 a 的关系式.

解析 (1) 滑块由弹簧弹力产生加速度, 弹簧最大形变量为 $x = 4\text{ cm}$, 所以根据牛顿第二定律有: $F = kx = ma$

可得能测量的最大加速度为: $a = \frac{kx}{m} = \frac{20 \times 0.04}{0.1}\text{ m/s}^2 = 8\text{ m/s}^2$.

(2) 变阻器两端的最大电压应等于电压表量程, 即 $U = 8\text{ V}$, 所以分压电阻 R_0 的电压为 $U_0 = 2\text{ V}$, 根据串联电路的分压

原理可得: $\frac{U_0}{U} = \frac{R_0}{R}$, 代入数据解得: $R_0 = 10\ \Omega$.

(3) 设待测系统沿 $A \rightarrow B$ 方向做变速运动时滑块的位移为 x 时, 电压表读数的变化量为: $\Delta U = \frac{x}{l} \cdot \frac{R}{(R + R_0)} \cdot E$

又因为: $kx = ma$, 由以上两式可得: $\Delta U = 100 \frac{ma}{k} = \frac{1}{2}a$

因弹簧长度的变化量 x 的变化范围在变阻器中点两侧 4 cm 以内, 所以电压表在位移为 x 时的读数为: $U_V = \frac{1}{2}U - \Delta U = 4 - \frac{1}{2}a$

即电压表读数 U_V 与加速度 a 的关系式为: $U_V = 4 - \frac{1}{2}a$.

【发散拓展】 加速度计的工作原理是: 系统做变速运动 \rightarrow 滑块移动 \rightarrow 弹簧形变和变阻器滑片移动 \rightarrow 弹力使滑块产生加速度 (与系统加速度相同) 和电压表示数变化, 所以电压表示数变化总对应着滑块的加速度. 而弄清加速度计的工作原理是分析本题的基础. 另外, 明确电压表示数所对应的阻值是求解本题的关键, 因为这直接影响着电压表示数与加速度关系的推导.

加速度计是力电传感器的一种, 它主要是利用敏感元件和变阻器把力学信号 (如位移、速度、加速度等) 转化为电学信号 (电流、电压等) 的仪器. 另外常见的力电传感器还有: 压力传感器、位移传感器、角速度计、压强传感器等. 力电传感器广泛地应用于社会生产、现代科技中, 如安装在导弹、飞机、潜艇和宇宙飞船上的惯性导航系统及 ABS 防抱死制动系统等.

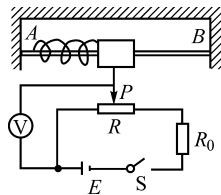


图 2-1-9





强化闯关

1. (T3 强化) 如图 2-1-10 所示, 一水平方向足够长的传送带以恒定的速度 v_1 沿顺时针方向转动, 传送带右端有一与传送带等高的光滑水平面, 一物体以恒定速率 v_2 沿直线向左滑向传送带后, 经过一段时间又返回光滑水平面, 速率为 v_2' . 则下列说法中正确的是

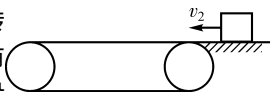


图 2-1-10

- A. 只有 $v_1 = v_2$ 时, 才有 $v_2' = v_2$ B. 若 $v_1 > v_2$, 则 $v_2' = v_2$
 C. 若 $v_1 < v_2$, 则 $v_2' = v_2$ D. 不管 v_2 多大, 总有 $v_2' = v_2$
2. (T2 强化) 如图 2-1-11 所示, 质量为 M 的框架放在水平地面上, 一轻弹簧下端固定一个质量为 m 的小球, 小球上下振动时, 框架始终没有跳起. 当框架对地面压力为零瞬间, 小球的加速度大小为

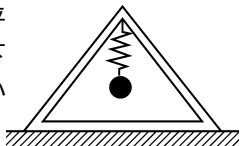


图 2-1-11

- A. g B. $\frac{M-m}{m}g$ C. 0 D. $\frac{M+m}{m}g$
3. (T1 强化) 设雨点下落过程中受到的空气阻力与雨点的横截面积 S 成正比, 与雨点下落的速度 v 的平方成正比, 即 $f = kSv^2$ (其中 k 为比例系数). 雨点接近地面时可近似看作做匀速直线运动, 重力加速度为 g , 若把雨点看作球形, 其半径为 r , 球的体积为 $\frac{4}{3}\pi r^3$, 设雨点的密度为 ρ , 求:

- (1) 每个雨点最终的运动速度 v_m ; (用 ρ, r, g, k 表示)
 (2) 雨点的速度达到 $\frac{v_m}{2}$ 时, 雨点的加速度 a .
4. (T4 强化) 在海滨游乐场里有一种滑沙的游乐活动. 如图 2-1-12 所示, 人坐在滑板上从斜坡的高处由静止开始滑下, 滑到斜坡底端 B 点后沿水平的滑道再滑行一段距离到 C 点停下来. 若某人和滑板的总质量 $m = 60.0 \text{ kg}$, 滑板与斜坡滑道和水平滑道间的动摩擦因数相同, 大小为 $\mu = 0.50$, 斜坡的倾角 $\theta = 37^\circ$. 斜坡与水平滑道间是平滑连接的, 整个运动过程中空气阻力忽略不计, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 . 试求:
- (1) 人从斜坡滑下的加速度为多大?
 (2) 若出于场地的限制, 水平滑道的最大距离为 $L = 20.0 \text{ m}$, 则人在斜坡上滑下的距离 AB 应不超过多少? ($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$)
5. 一宇宙空间探测器从某一星球的表面垂直升空, 假设探测器的质量恒为 1500 kg , 发动机的推力为恒力, 宇宙探测器升空到某一高度时, 发动机突然关闭, 如图 2-1-13 表示其速度随时间的变化规律.
- (1) 升高后 $8 \text{ s}, 24 \text{ s}, 44 \text{ s}$, 即在图象上 A, B, C 三点探测器的运动情况如何?

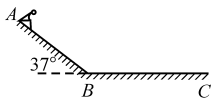


图 2-1-12

- (2) 求探测器在该行星表面达到的最大高度；
 (3) 计算该行星表面的重力加速度；
 (4) 假设行星表面没有空气，计算发动机的推动力；
 (5) 事实上尽管发动机推动力不变，但由于燃料的消耗，探测器质量是变化的。在原坐标图上再画一条图线(草图)说明在此情况下速度是如何随时间变化的。在草图上标出与前面 A、B、C 三点相应的位置。

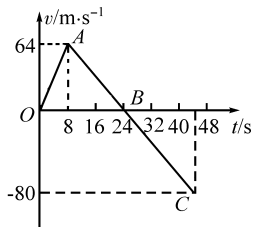


图 2-1-13

6. (T3 强化) 如图 2-1-14 所示，倾角 $\theta = 37^\circ$ 的传送带上，上、下端相距 $s = 7$ m。当传送带以 $v = 4$ m/s 的恒定速率逆时针转动时，将一个与传送带间动摩擦因数 $\mu = 0.25$ 的物块 P 轻放于 A 端，P 从 A 端运动到 B 端所需的时间是多少？若传送带顺时针转动，P 从 A 端运动到 B 端的时间又是多少？

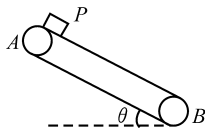


图 2-1-14

【参考答案】

互动研习答案提示：

1. 对猫有 $mg = f$ ，对板分析有 $Mg + f = Ma$ ，解得 $a = \frac{3}{2}g$ 。

2. (1) 当 B 刚要离开挡板时，由于 A、B 质量相等，它们的重力在斜面上的分力也相等，所以弹簧无形变。B 受力如图 2-1-15 所示，设此时三物块具有共同的加速度 a ，则有 $N_B \sin \theta = ma$ 和 $N_B \cos \theta = mg$ ，对 P、A、B 用整体法，根据牛顿第二定律得 $F = (2m + M)a$ ，联立解得 $F = (2m + M)g \tan \theta$ 。

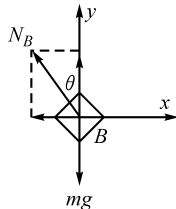


图 2-1-15

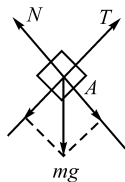


图 2-1-16

- (2) 可知从开始到此时物块 A 的位移 d 就是开始

时弹簧的形变量，开始时 A 的受力情况如图 2-1-16 所示，则 $T = mg \sin \theta$ ，弹簧受到的弹力 T' 与 T 大小相等方向相反。所以 $T' = T = kd = mg \sin \theta$ ，得 $d = \frac{mg \sin \theta}{k}$ 。

3. 第一颗子弹击穿木块过程中产生的热量为 $Q_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}Mv_1^2 - \frac{1}{2}mu^2 - \frac{1}{2}Mv_1'^2$ ，木块向右减速运动过程中相对传送带的位移为 $s' = v_1 t_1 + s_1$ ，产生的热量为 $Q_2 = \mu Mg s'$ ，木块向左加速运动过程中相对传送带的位移为 $s'' = v_1 t_2 - s_2$ ，产生的热量为 $Q_3 = \mu Mg s''$ ，设第 16 颗子弹射入后木块滑行时间为 t_3 ，有 $v_1' t_3 - \frac{1}{2}at_3^2 = 0.8$ m，解得 $t_3 = 0.4$ s, $t_3 = 0.8$ s 舍去，木块与传送带的相对位移为 $s = v_1 t_3 + 0.8$ m，产生的热量为 $Q_4 = \mu Mg s$ ，全过程中产生的热量为 $Q = 15(Q_1 + Q_2 + Q_3) + Q_4 + Q_4 = 14\ 155.5$ J。

强化闯关参考答案：

难点阐释



1. B 物块先受向右的摩擦力,故向左减速,减速至速度为零.又反向加速,若 $v_1 > v_2$,物块到水平面时速度 $v_2' = v_2$;若 $v_1 < v_2$ 时,物块可加速到 v_1 ,距光滑水平面还有一段距离,故以后以 v_1 做匀速运动,所以 $v_2' = v_1 \neq v_2$.
2. D 当框架对地面压力为零瞬间,弹簧的弹力大小为 $F = Mg$,所以此时小球受到竖直向下的弹簧的弹力和重力,故有 $F + mg = ma$,可得 $a = \frac{M+m}{m}g$.

3. (1) 当 $f = mg$ 时,雨点达到最终速度 v_m

$$\text{此时 } kSv_m^2 = mg, k\pi r^2 v_m^2 = \rho \frac{4}{3}\pi r^3 g, \text{得 } v_m = \sqrt{\frac{4\rho r g}{3k}}$$

$$(2) \text{由牛顿第二定律: } mg - f = ma, \text{即 } mg - kS\left(\frac{v_m}{2}\right)^2 = ma$$

$$\text{解得 } mg - \frac{kSv_m^2}{4} = ma, \text{即 } a = \frac{3}{4}g.$$

4. (1) 根据牛顿第二定律得 $mg\sin 37^\circ - \mu mg\cos 37^\circ = ma$,代入数据可得 $a = 2 \text{ m/s}^2$.

$$(2) \text{在坡上有 } 2as_{AB} = v_B^2, \text{在水平面上有 } 2a'L = v_B^2, \text{且 } a' = \mu g, \text{可得 } s_{AB} = 50 \text{ m.}$$

5. (1) 升空后探测器做初速度为零的匀加速直线运动,8 s 未发动机关闭,此时速度最大,此后做匀减速直线运动,24 s 末速度减为零,此时探测器离行星表面最高;再后探测器返回,做自由落体运动,44 s 未落地,速度为 80 m/s.

(2) 由(1)可知 24 s 未探测器距行星表面最高,据运动图象可得

$$h_m = \frac{1}{2} \times 24 \times 64 = 768 \text{ m.}$$

(3) 由 8 s ~ 44 s 计算图线的斜率可得该行星表面的重力加速度 $g = 4 \text{ m/s}^2$.

(4) 对 0 ~ 8 s 过程中运用牛顿第二定律可得如下方程:

$$F - mg = ma, \text{得 } a = \frac{64}{8} = 8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{故 } F = m(g + a) = 1500 \times (4 + 8) = 1.8 \times 10^4 \text{ N.}$$

(5) 由于燃料的消耗,探测器质量变小,故加速阶段的加速度 $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{F}{m} - g$ 不断增大.而当关闭发动机后,探测器的质量不再变化,仅受重力作用,加速度不变,其速度图线和与 A、B、C 三点相应的位置如图 2-1-17 及图中的 A'、B'、C' 所示.

6. 当传送带逆时转动时,P 下滑的加速度设为 a_1 ,则有 $mg\sin \theta - \mu mg\cos \theta = ma_1$,可得

$$a_1 = g\sin \theta - \mu g\cos \theta = 4 \text{ m/s}^2, \text{从 A 到 B 的时间 } t_1 = \sqrt{\frac{2s}{a_1}} = \sqrt{\frac{7}{2}} \text{ s}$$

当传送带顺时针转动时,设 P 初始下滑的加速度为 a_2 ,则有: $mg\sin \theta + \mu mg\cos \theta = ma_2$,可得 $a_2 = g\sin \theta + \mu g\cos \theta = 8 \text{ m/s}^2$,当 P 加速到 $v = 4 \text{ m/s}$ 时 P 对地发生的位

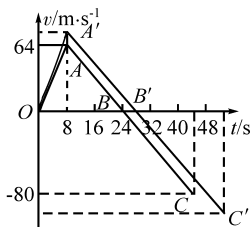


图 2-1-17

$$\text{移 } s_1 = \frac{v^2}{2a_2} = 1 \text{ m} < 7 \text{ m}$$

此后 P 继续加速下滑, 设加速度为 a_2' , 有 $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_2'$

所以 $a_2' = 4 \text{ m/s}^2$. 滑到 B 端时的速度 $v_1 = \sqrt{v^2 + 2a_2'(s-s_1)} = 8 \text{ m/s}$

前一段加速下滑时间 $t_1' = \frac{v}{a_2} = 0.5 \text{ s}$;

后一段加速下滑时间 $t_2' = \frac{v_1 - v}{a_2'} = 1 \text{ s}$

P 从 A 到 B 的总时间 $t = t_1 + t_2 = 1.5 \text{ s}$.

难点2 万有引力定律的应用

难点点拨

一、高考热点:

1. 万有引力定律的理解及简单应用;
2. 万有引力、向心力和重力之间的关系及应用;
3. 运行速度、发射速度和宇宙速度的理解及应用;
4. 综合运用万有引力定律、圆周运动有关规律和牛顿运动定律解决天体(包括卫星)的运动问题.

二、考查方式与特点:

从近几年的高考试题来看, 本部分一直是高考的重点和热点. 尤其是人造地球卫星问题、航天器等考查频率较高, 已连续多年都出现, 这类问题贴近科技前沿, 且蕴含丰富的物理知识, 以此为背景的高考命题立意高、情境新、综合性强, 对考生的理解能力、综合分析能力、信息提炼处理能力及空间想象能力提出了极高的要求, 因此它是新高考突出学科内及跨学科间综合创新能力考查的命题热点, 要引起足够重视. 题型多以选择题、计算题出现, 分值在 6 分及以上.

三、应对策略:

尽管本难点所研究的运动形式较为复杂, 但研究方法与前面仍然一致——力和运动的关系, 因此, 在复习时仍要注重对牛顿第二定律的理解和应用, 从速度、加速度的角度来切入. 由于试题具有较强的主观性和综合性, 与实际生活、新科技等密切联系, 因此在复习过程中应加强科技信息的收集, 多关注天体运行、卫星和航天器的发射和回收等方面的信息, 以拓宽知识面, 开阔视野. 同时, 也不可忽视综合题的训练.





典例调研

题型一 分析人造卫星运行的轨道参量

规律方法 解决此类问题的基本思路是先将天体运动看作质点的匀速圆周运动,它受到的万有引力提供其做匀速圆周运动的向心力;再利用牛顿第二定律结合圆周运动规律建立动力学方程 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$,以及在忽略行星自转时行星表面物体的重力近似等于物体所受行星的万有引力 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$.

【调研1】(改编题)如图2-2-1所示,A、B、C是在地球大气层外圆形轨道上运行的三颗人造地球卫星,下列说法中正确的是

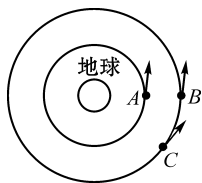


图2-2-1

- A. B、C的线速度相等,且大于A的线速度
 B. B、C的周期相等,且大于A的周期
 C. B、C的向心加速度相等,且大于A的向心加速度
 D. 若C的速率增大可追上同一轨道上的B

解析 由 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 可得卫星的线速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,由此可以判断出 $v_B = v_C < v_A$,因而选项A是错误的;由 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ 可得卫星运行周期为 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$,由此可以出 $T_B = T_C > T_A$,故选项B是正确的;卫星的向心加速度是万有引力作用于卫星上产生的,由 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$,可知 $a_B = a_C < a_A$,因而选项C是错误的;若使卫星C速率增大,则必然会导致卫星C偏离原轨道,它不可能追上卫星B,故D也是错误的.

综合上述分析,可知本题正确选项为B.

【互动研习1】若图2-2-1中A、B两行星相遇(即两行星相距最近),试求再经过多少时间两行星又相遇?(设A、B两行星的周期分别为 T_A 、 T_B)

【误点警示】 本题只需依据基本思路作为解题的切入点即可.另外,由于人造地球卫星在轨道上运行时,所需要的向心力是由万有引力提供的,但如果由于某种原因,使卫星的速度增大,则所需要的向心力也必然会增加,而万有引力在轨道不变的时候,是不可能增加的,这样卫星由于所需要的向心力大于外界所提供的向心力而将做离心运动.

题型二 同步卫星的运行问题

规律方法 同步卫星是一种特殊的人造卫星,其特点是与地面相对静止(即与地球自转同步,周期为 24 h),同步卫星定点在赤道正上方,离地高度、运行速率等均是惟一确定的.分析同步卫星的运行问题,关键是在一般卫星的规律基础上再结合其特点.

【调研 2】地球同步卫星到地心的距离 r 可由 $r^3 = \frac{a^2 b^2 c}{4\pi^2}$ 求出.已知式中 a 的单位是 m , b 的单位是 s , c 的单位是 m/s^2 , 则

- A. a 是地球半径, b 是地球自转的周期, c 是地球表面处的重力加速度
 B. a 是地球半径, b 是同步卫星绕地心运动的周期, c 是同步卫星的加速度
 C. a 是赤道周长, b 是地球自转周期, c 是同步卫星的加速度
 D. a 是地球半径, b 是同步卫星绕地心运动的周期, c 是地球表面处的重力加速度

解析 由万有引力提供同步卫星的向心力,则有: $\frac{GMm}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$

由此可得: $r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$ ①

式中 M 为地球质量, T 为同步卫星绕地心运动的周期,也是地球自转的周期.

在地球表面,地球对物体的万有引力近似等于物体的重力,故有: $\frac{GMm}{R^2} = mg$

可得 $GM = gR^2$ ②

式中 R 为地球半径, g 为地球表面的重力加速度.

联立①②式可得 $r^3 = \frac{gR^2 T^2}{4\pi^2}$

所以本题正确的选项是 A、D.

【方法技巧】 本题主要考查应用万有引力定律来分析同步卫星的有关问题.解题的关键是由万有引力定律导出卫星运转半径的表达式,再将其与题给表达式中各项对比,以明确式中各项的物理意义.另外,应注意在不同的表达式中, R 的意义可能不同,要区别对待;要注意思维的严密性和开放性,以免造成错解和漏解.

题型三 估算中心天体的质量及密度

规律方法 万有引力定律的一个重要应用,就是估算天体的质量、密度和分析天体运行问题,其思路是万有引力提供向心力,使运行天体绕中心天体做匀速圆周运动,若已知某天体到中心天体的距离为 r ,公转周期为 T ,则由万有引力提供天体公转的向心力得 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$,所以可得中心天体的质量 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$;再由 $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$,就可计算中心天体的密度.



【调研3】(06年北京理综卷)一飞船在某行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行.若认为行星是密度均匀的球体,要确定该行星的密度,只需要测量

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

解析 飞船在该行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行时,万有引力提供向心力,

$$\text{有: } G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r \quad \text{①}$$

因为是在行星表面附近飞行,所以有: $r = R_{\text{星}} \quad \text{②}$

$$\text{该星球的平均密度为: } \rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_{\text{星}}^3} \quad \text{③}$$

$$\text{联立①②③式解得 } \rho = \frac{3\pi}{GT^2}$$

即只需要测量飞船的运行周期就可确定该行星的密度.

【互动研习2】若飞船不是在行星表面附近沿圆轨道绕该行星飞行,则需要测量哪些量?

【方法技巧】一般情况下,选定一颗运行天体,测定它绕中心天体的轨道半径和周期,利用万有引力即可求出中心天体的质量,若再知道中心天体的半径又可求出其密度.但要注意上述方法不能测定环绕天体自身的质量和密度.

【调研4】已知万有引力常量 G ,地球半径 R ,月球和地球之间的距离 r ,同步卫星距地面的高度 h ,月球绕地球的运转周期 T_1 ,地球的自转周期 T_2 ,地球表面的重力加速度 g .某同学根据以上条件,提出一种估算地球质量 M 的方法:

$$\text{同步卫星绕地球做圆周运动,由 } G \frac{Mm}{h^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 h \text{ 得 } M = \frac{4\pi^2 h^3}{GT^2}$$

(1)请判断上面的结果是否正确,并说明理由.如不正确,请给出正确的解法和结果;

(2)请根据已知条件再提出两种估算地球质量的方法并解得结果.

解析 (1)上面结果是错误的,因为地球的半径 R 在计算过程中不能忽略

$$\text{正确的解法和结果是: } G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_2} \right)^2 (R+h)$$

$$\text{解得: } M = \frac{4\pi^2 (R+h)^3}{GT_2^2}$$

(2)方法一:月球绕地球做圆周运动,由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 r$

$$\text{解得: } M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT_1^2}$$

方法二:在地面重力近似等于万有引力,由 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$

$$\text{解得: } M = \frac{gR^2}{G}.$$

【误点警示】 该题中提供的错解正是很多同学平时容易忽视的问题. 因此在应用公式时, 必须弄清其中各物理量的具体含义; 同时也要能从不同角度去寻找解决问题的途径和方法.

题型四 行星表面重力加速度与轨道上重力加速度的问题

规律方法 行星表面重力加速度(忽略行星自转): 因 $G \frac{Mm}{R^2} = mg_0$, 所以得 $g_0 =$

$$\frac{GM}{R^2}. \text{ 在某一轨道上的重力加速度: 因 } \frac{GMm}{(R+h)^2} = mg_h, \text{ 所以 } g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}.$$

【调研5】 一卫星绕某行星做匀速圆周运动, 已知行星表面的重力加速度为 $g_{\text{行}}$, 行星的质量 M 与卫星的质量 m 之比 $M/m = 81$, 行星的半径 $R_{\text{行}}$ 与卫星的半径 $R_{\text{卫}}$ 之比 $R_{\text{行}}/R_{\text{卫}} = 3.6$, 行星与卫星之间的距离 r 与行星的半径 $R_{\text{行}}$ 之比 $r/R_{\text{行}} = 60$. 设卫星表面的重力加速度为 $g_{\text{卫}}$, 则在卫星表面有: $G \frac{Mm}{r^2} = mg_{\text{卫}}$

经过计算得出: 卫星表面的重力加速度为行星表面的重力加速度的三千六百分之一. 上述结果是否正确? 若正确, 列式证明; 若错误, 求出正确结果.

解析 所得的结果是错误的. 因为式中的 $g_{\text{卫}}$ 并不是卫星表面的重力加速度, 而是卫星绕行星匀速圆周运动的向心加速度

正确解法是: 卫星表面 $G \frac{m}{R_{\text{卫}}^2} = g_{\text{卫}}$ 行星表面 $G \frac{M}{R_{\text{行}}^2} = g_{\text{行}}$

由两式可得: $\left(\frac{R_{\text{行}}}{R_{\text{卫}}}\right)^2 \frac{m}{M} = \frac{g_{\text{卫}}}{g_{\text{行}}}$, 代入数据得: $g_{\text{卫}} = 0.16g_{\text{行}}$.

【方法技巧】 本题主要考查应用万有引力定律来计算重力加速度, 以及行星表面重力加速度与轨道上重力加速度的区别. 处理本类问题的关键仍是对基本规律和公式的理解, 尤其要注意公式中物理量的对应性.

题型五 宇宙速度、运行速度和发射速度问题

规律方法 运行速度指卫星在进入运行轨道后绕地球运行时的线速度. 当卫星“贴着”地面(即近地)飞行时, 运行速度等于第一宇宙速度, 当卫星的轨道半径大于地球半径时, 运行速度小于第一宇宙速度, 所以最大运行速度是 7.9 km/s . 发射速度是指卫星在地面附近离开发射装置的初速度, 要发射一颗人造地球卫星, 发射速度不能小于第一宇宙速度, 即最小发射速度是 7.9 km/s .

【调研6】 已知物体从地球上逃逸的速度(第二宇宙速度) $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, 其中 G 、 M 、 R 分别是引力常量、地球质量和半径. 已知 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, $c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$, 求下列问题:



(1) 逃逸速度大于真空中光速的天体叫黑洞, 设某黑洞的质量等于太阳的质量 $M = 1.98 \times 10^{30} \text{ kg}$, 求它的可能最大半径; (这个半径叫做 Schwarzschild 半径)

(2) 目前天文观测范围内, 物质的平均密度为 10^{-27} kg/m^3 , 如果认为我们的宇宙是这样一个均匀大球体: 其密度使得它的逃逸速度大于光在真空中的速度, 因此任何物体都不能脱离宇宙, 问宇宙半径至少多大?

解析 (1) 把地球上第二宇宙速度的公式应用到黑洞上, 则式中 M 、 R 为黑洞的质量和半径.

当逃逸速度等于光速时黑洞半径最大: $R_{\max} = \frac{2GM}{c^2} = 2.94 \times 10^3 \text{ m} = 2.94 \text{ km}$.

(2) 同理, 将地球上第二宇宙速度的公式应用到宇宙这个假想的“均匀球体”上, 则把宇宙视为普通天体, 则其质量: $M = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R'^3$

宇宙半径至少为: $R' = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2G \cdot \frac{4}{3} \pi R'^3 \rho}{c^2}$

由上式并代入数据得: $R' = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\rho}} = 4.24 \times 10^{10} \text{ 光年}$.

【方法技巧】 本题是有关宇宙速度的分析与应用问题, 这类信息题的关键是要认真阅读材料, 选出有用的信息, 用学过的知识或题中给出的新知识予以解决.

题型六 天体问题中的信息给予题

规律方法 以天体问题为背景的信息给予题一般由两部分组成: 信息给予部分和问题部分. 信息给予部分提供解题信息, 包括文字叙述、数据等, 内容是物理学研究的概念、定律、规律等, 问题部分是围绕信息给予部分来展开, 从信息给予部分获得有用信息, 并迁移到回答的问题中来.

【调研 7】 (06 年天津高考卷) 神奇的黑洞是近代引力理论所预言的一种特殊天体, 探寻黑洞的方案之一是观测双星系统的运动规律. 天文学家观测河外星系大麦哲伦云时, 发现了 LMCX-3 双星系统, 它由可见星 A 和不可见的暗星 B 构成. 两星视为质点, 不考虑其他天体的影响, A、B 围绕两者连线上的 O 点做匀速圆周运动, 它们之间的距离保持不变, 如图 2-2-2 所示. 引力常量为 G , 由观测能够得到可见星 A 的速率 v 和运行周期 T .

(1) 可见星 A 所受暗星 B 的引力 F_A 可等效为位于 O 点处质量为 m' 的星体 (视为质点) 对它的引力, 设 A 和 B 的质量分别为 m_1 、 m_2 , 试求 m' (用 m_1 、 m_2 表示);

(2) 求暗星 B 的质量 m_2 与可见星 A 的速率 v 、运行周期 T 、质量 m_1 之间的关系式;

(3) 恒星演化到末期, 如果其质量大于太阳质量 m_s 的 2 倍, 它将有可能成为黑洞. 若可见星 A 的速率 $v = 2.7 \times 10^5 \text{ m/s}$, 运行周期 $T = 4.7\pi \times 10^4 \text{ s}$, 质量 $m_1 = 6m_s$, 试

通过估算来判断暗星 B 有可能是黑洞吗? ($G=6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$, $m_s = 2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$)

解析 (1) 设 A 、 B 的圆轨道半径分别为 r_1 、 r_2 , 由题意知, A 、 B 做匀速圆周运动的角速度相同, 设其为 ω . 由牛顿运动定律得:

$$F_A = m_1 \omega^2 r_1, F_B = m_2 \omega^2 r_2 \text{ 和 } F_A = F_B$$

设 A 、 B 之间的距离为 r , 又 $r = r_1 + r_2$

$$\text{由上述各式得: } r = \frac{m_1 + m_2}{m_2} r_1 \quad \textcircled{1}$$

$$\text{由万有引力定律, 有: } F_A = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\text{将 } \textcircled{1} \text{ 代入得: } F_A = G \frac{m_1 m_2^3}{(m_1 + m_2)^2 r_1^2}$$

$$\text{令 } F_A = G \frac{m_1 m'}{r_1^2}, \text{ 比较可得: } m' = \frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2}. \quad \textcircled{2}$$

$$(2) \text{ 由牛顿第二定律, 有: } G \frac{m_1 m'}{r_1^2} = m_1 \frac{v^2}{r_1} \quad \textcircled{3}$$

$$\text{又可见星 } A \text{ 的轨道半径: } r_1 = \frac{vT}{2\pi} \quad \textcircled{4}$$

$$\text{由 } \textcircled{2} \textcircled{3} \textcircled{4} \text{ 式解得: } \frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{v^3 T}{2\pi G} \quad \textcircled{5}$$

$$(3) \text{ 将 } m_1 = 6m_s \text{ 代入 } \textcircled{5} \text{ 式, 得: } \frac{m_2^3}{(6m_s + m_2)^2} = \frac{v^3 T}{2\pi G}$$

$$\text{代入数据得: } \frac{m_2^3}{(6m_s + m_2)^2} = 3.5m_s \quad \textcircled{6}$$

$$m_2 = nm_s (n > 0), \text{ 将其代入 } \textcircled{6} \text{ 式得: } \frac{m_2^3}{(6m_s + m_2)^2} = \frac{n}{\left(\frac{6}{n} + 1\right)^2} m_s = 3.5m_s \quad \textcircled{7}$$

可见, $\frac{m_2^3}{(6m_s + m_2)^2}$ 的值随 n 的增大而增大, 试令 $n=2$, 得:

$$\frac{n}{\left(\frac{6}{n} + 1\right)^2} m_s = 0.125m_s < 3.5m_s \quad \textcircled{8}$$

若使 $\textcircled{7}$ 式成立, 则 n 必大于 2, 即暗星 B 的质量 m_2 必大于 $2m_s$, 由此得出结论: 暗星 B 有可能是黑洞.

【方法技巧】 分析本题的关键是打破长篇幅的“禁锢”, 先“粗读”, 再“精读”提炼出解决问题的相关信息, 从而形成清晰的物理图景, 并建立相应的物理模型; 若先看提问, 再带着问题有目的地阅读, 更会事半功倍.

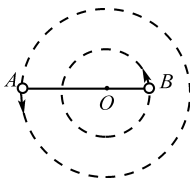


图 2-2-2





强化闯关

1. (T1 强化) 如图 2-2-3 所示, 在同一轨道平面上的几个人造地球卫星 A、B、C 绕地球做匀速圆周运动, 某一时刻恰好在同一直线上, 下列说法中正确的是

- A. 根据 $v = \sqrt{gr}$ 可知, 绕行速度满足 $v_A > v_B > v_C$
 B. 运转角速度满足 $\omega_A > \omega_B > \omega_C$
 C. 向心加速度满足 $a_A < a_B < a_C$
 D. 运动一周后, A 最先回到图示位置

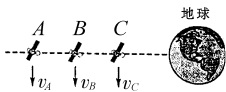


图 2-2-3

2. (T5 强化) 我国将要发射一颗绕月运行的探月卫星“嫦娥”1

号. 设该卫星的轨道是圆形的, 且贴近月球表面. 已知月球的质量约为地球质量的 $1/81$, 月球的半径约为地球半径的 $1/4$, 地球上的第一宇宙速度约为 7.9 km/s , 则该探月卫星绕月运行的速率约为

- A. 0.4 km/s B. 1.8 km/s C. 11 km/s D. 36 km/s

3. (T4 强化) 1990 年 5 月, 紫金山天文台将他们发现的第 2752 号小行星命名为吴健雄星, 该小行星的半径为 16 km . 若将此小行星和地球均看成质量分布均匀的球体, 小行星密度与地球相同. 已知地球半径 $R = 6400 \text{ km}$, 地球表面重力加速度为 g , 则这个小行星表面的重力加速度为

- A. $400g$ B. $\frac{1}{400}g$ C. $20g$ D. $\frac{1}{20}$

4. (T1 强化) 2004 年 6 月 8 日金灿灿的太阳上冒出粒“黑痣”, 沉默了 122 年的天象奇观“金星凌日”准时开演了, 所谓“金星凌日”是指当金星运动到地球与太阳之间, 三者成一条直线时, 金星挡住了太阳射向地球的光线, 人们就会看到一个小黑点慢慢从太阳表面移过. 表面上, 虽然金星被称为地球的“孪生姐妹”, 金星的半径是地球半径的 0.95 倍, 金星的质量是地球质量的 0.82 倍, 但金星与地球有许多不同之处, 如金星自转周期略大于公转周期, 在金星上可谓“度日如年”. 下面是金星、地球、火星的有关情况比较.

星球	金星	地球	火星
公转半径	$1.0 \times 10^8 \text{ km}$	$1.5 \times 10^8 \text{ km}$	$2.25 \times 10^8 \text{ km}$
公转周期	225 日	365.26 日	687 日
自转周期	243 日	23 时 56 分	24 时 37 分
表面温度	$480 \text{ }^\circ\text{C}$	$15 \text{ }^\circ\text{C}$	$-100 \text{ }^\circ\text{C} \sim -10 \text{ }^\circ\text{C}$
大气主要成分	约 95% 的 CO_2	78% 的 N_2 , 21% 的 O_2	约 95% 的 CO_2

根据以上信息, 关于地球及地球的两个邻居金星和火星(行星的运动可看作做匀速

圆周运动),下列判断正确的是

- A. 金星运行的线速度最小,火星运行的线速度最大
 B. 金星公转的向心加速度大于地球公转的向心加速度
 C. 金星的公转周期最小,火星的公转周期最大
 D. 金星的主要大气成分是由 CO_2 组成,所以可以判断气压一定很大
5. (T2 强化)地球赤道上有一物体随地球的自转而做圆周运动,所受的向心力为 F_1 ,向心加速度为 a_1 ,线速度为 v_1 ,角速度为 ω_1 ;绕地球表面附近做圆周运动的人造卫星受的向心力为 F_2 ,向心加速度为 a_2 ,线速度为 v_2 ,角速度为 ω_2 ;地球同步卫星所受的向心力为 F_3 ,向心加速度为 a_3 ,线速度为 v_3 ,角速度为 ω_3 ;地球表面重力加速度为 g ,第一宇宙速度为 v ,假设三者质量相等. 则
- A. $F_1 = F_2 > F_3$ B. $a_1 = a_2 = g > a_3$ C. $v_1 = v_2 > v_3$ D. $\omega_1 = \omega_3 < \omega_2$
6. (T3 强化)2005 年 10 月 12 日 9 时整,我国自行研制的“神舟”六号载人飞船顺利升空,此后,飞船按照预定轨道飞行 115 小时 32 分,环绕地球 73 圈后于 17 日 4 时 33 分在内蒙古主着陆场成功着陆,返回舱完好无损,宇航员费俊龙、聂海胜自主出舱,“神舟”六号载人航天飞行取得圆满成功.若“神舟”六号绕地球运行可近似认为是匀速圆周运动,飞船距地面高度约为 340 km,已知万有引力常量为 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$,地球半径约为 6 400 km,且地球可视为均匀球体,则试根据以上条件估算地球的密度.(结果保留 1 位有效数字)
7. (T6 强化)经过用天文望远镜长期观测,人们已经在宇宙中发现了许多双星系统,通过对它们的研究,使我们对宇宙中物质的存在形式和分布情况有了较深刻的认识,双星系统由两个星体构成,其中每个星体的线度都远小于两星体之间的距离.一般双星系统距离其他星体很远,可以当作孤立系统来处理.现根据对某一双星系统的光度学测量确定:该双星系统中每个星体的质量都是 m ,两者相距 L ,它们正围绕两者连线的中点做圆周运动.
- (1) 试计算该双星系统的运行周期 $T_{\text{计算}}$;
- (2) 若实验上观测到的运行周期为 $T_{\text{观测}}$,且 $T_{\text{观测}} : T_{\text{计算}} = 1 : \sqrt{N} (N > 1)$,为了解释 $T_{\text{观测}}$ 与 $T_{\text{计算}}$ 的不同,目前有一种流行的理论认为,在宇宙中可能存在一种望远镜观测不到的暗物质.作为一种简化模型,我们假定在以这两个星体连线为直径的球体内均匀分布着这种暗物质.若不考虑其他暗物质的影响,请根据这一模型和上述观测结果确定该星系间这种暗物质的密度.

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 两行星再次相遇的实质是:两者转过的角度相差 2π ,设 A, B 经过 Δt 后再次相遇,

$$\omega_1 \Delta t - \omega_2 \Delta t = 2\pi, \text{ 且 } \omega_1 = \frac{2\pi}{T_A}, \omega_2 = \frac{2\pi}{T_B} \text{ 代入上式可得: } \Delta t = \frac{T_A T_B}{T_B - T_A}.$$



2. 还需测量该行星的半径和飞船的高度.

强化闯关参考答案:

1. C 由圆周运动规律结合牛顿第二定律得线速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 、角速度 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 和

运行周期为 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$, 可知 $v_C > v_B > v_A$ 、 $\omega_C > \omega_B > \omega_A$, C 周期最小, 故运动一周

后, C 最先回到图示位置; 由 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$ 可知 $a_A < a_B < a_C$.

2. B 由 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ 得第一宇宙速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, 将月球、地球的质量和半径代入

上式可得“嫦娥”1号的运行速率约为 $\frac{2}{9}v_{\text{地}} = \frac{2}{9} \times 7.9 \text{ km/s} = 1.8 \text{ km/s}$.

3. B 假设地球质量为 M_1 , 半径为 R_1 , 密度为 ρ_1 , 一紧贴地面的物体 m 所受万有引力

等于重力, 则有 $\frac{GM_1 m}{R_1^2} = mg$, 又因为 $\rho_1 = \frac{M_1}{\frac{4}{3}\pi R_1^3}$, 联立两式得 $g = \frac{4\pi G R_1 \rho_1}{3}$, 假设小行

星质量为 M_2 , 半径为 R_2 , 密度为 ρ_2 , 重力加速度为 g' , 同理得: $g' = \frac{4\pi G R_2 \rho_2}{3}$, 因为

$\rho_1 = \rho_2$, 所以 $R_1/R_2 = g/g'$, 由以上可得 $g' = \frac{1}{400}g$.

4. BC 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$, 得 $a \propto \frac{1}{r^2}$ 、 $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ 、 $T \propto r^{\frac{3}{2}}$, 所以 B、C 正确. 金

星表面温度高, 最主要原因是因含 CO_2 多, 由于温室效应造成的(火星表面的 CO_2 大多为固态). 金星的主要大气成分是由 CO_2 组成, 不能判断气压一定很大, 因为无根据. 实际上, 金星的气压不足地球大气压的百分之一.

5. D 赤道上的物体随地球自转的向心力为物体所受万有引力与地面支持力的合力, 近地卫星的向心力等于万有引力, 同步卫星的向心力等于同步卫星所在处的万有引力, 故有 $F_1 < F_2$, $F_2 > F_3$; 加速度 $a_1 < a_2$, $a_2 = g$, $a_3 < a_2$; 线速度 $v_1 = \omega_1 R$, $v_3 = \omega_1 (R+h)$, 因此 $v_1 < v_3$, 而 $v_2 > v_3$, 角速度 $\omega_1 = \omega_3 < \omega_2$.

6. 设地球半径为 R , 地球质量为 M , 地球密度为 ρ ; 飞船距地面高度为 h , 运行周期为

T , 飞船质量为 m , 则据题意得飞船运行周期为 $T = \frac{t}{n}$, 飞船沿轨道运行时由万有引力提供向心力可得 $G \frac{mM}{(R+h)^2} = \frac{4\pi^2 m(R+h)}{T^2}$, 又因: $M = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$, 所以由

以上三式可得 $\rho = \frac{3\pi(R+h)^3}{GT^2 R^3} \text{ kg/m}^3 = \frac{3\pi n^2 (R+h)^3}{Gt^2 R^3} \text{ kg/m}^3$.

7. (1) 如图 2-2-5 所示. 双星均绕它们连线的中点做圆周运动, 设运动的速率为 v ,



则由万有引力提供向心力得

$$m \frac{v^2}{L/2} = \frac{Gm^2}{L^2}, \text{解得速率为 } v = \sqrt{\frac{Gm}{2L}}$$

所以双星系统的运行周期为 $T_{\text{计算}} = \frac{2\pi \cdot \frac{L}{2}}{v} = \pi L \sqrt{\frac{2L}{Gm}}$.

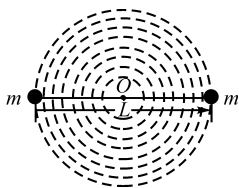


图 2-2-5

(2) 根据观测结果, 星体的运行周期 $T_{\text{观测}} = \frac{1}{\sqrt{N}} T_{\text{计算}} < T_{\text{计算}}$

这种差异是由双星内均匀分布的暗物质引起的, 均匀分布在球体内的暗物质对双星系统的作用与一质量等于球内暗物质的总质量 m' , 位于中点 O 处的质点的作用相同. 考虑暗物质作用后双星的速度即为观察到的速度 $v_{\text{观测}}$, 则有

$$m \frac{v_{\text{观测}}^2}{\frac{L}{2}} = \frac{Gm^2}{L^2} + G \frac{mm'}{\left(\frac{L}{2}\right)^2}, \text{解得 } v_{\text{观测}} = \sqrt{\frac{G(m+4m')}{2L}}$$

因为在周长一定时, 周期和速度成反比

由此得 $\frac{1}{v_{\text{观测}}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \frac{1}{v}$, 由以上各式得 $m' = \frac{N-1}{4}m$

设所求暗物质的密度为 ρ , 则有: $\frac{4}{3}\pi\left(\frac{L}{2}\right)^3\rho = \frac{N-1}{4}m$, 故可知 $\rho = \frac{3(N-1)m}{2\pi L^3}$.

难点3 力学守恒定律的应用

难点点拨

一、高考热点:

1. 动量守恒定律、机械能守恒定律和能量守恒定律的理解及综合应用;
2. 运用动量、能量观点解题的基本思路和策略;
3. 综合运用守恒定律解决“传接”、“碰撞”等实际问题.

二、考查方式与特点:

本专题涉及的动量守恒定律、机械能守恒定律、能量守恒定律比牛顿运动定律的适用范围更广泛, 是自然界中普遍适用的基本规律, 因此是高中物理的重点, 也是高考考查的重点之一. 高考中年年有, 且常常成为高考的压轴题, 试题常与平抛运动、圆周运动、热学、电磁学、原子物理等知识相结合, 且情境、过程较复杂(如碰撞、打击、弹簧形变等). 但近年来理综中涉及动量和能量的试题的难度有所下降, 且分值比重较大.



三、应对策略:

涉及守恒问题的试题大多具有很强的综合性,所以关键在于弄清题述情境和过程,正确分析相互作用的物体在作用过程中的受力情况、运动倾向及做功情况,从而将一个较为复杂的物理过程分割成几个简单熟悉的子过程,再选择相应的守恒规律求解。



典例调研

题型一 应用守恒定律求解“传接”问题

规律方法 传出物体的过程是两个物体以共同的初速度运动,由于相互作用而分开各自以不同的速度运动;接住物体的过程则是两个速度不同的物体,经过相互作用,最后达到共同速度.由于这种相互作用是系统内力,所以在“传接”物体时,系统的动量守恒。

【调研1】 (改编题)甲、乙两小孩各乘一辆小车在光滑水平面上匀速相向行驶,速度均为 6 m/s . 甲车上有质量为 $m = 1 \text{ kg}$ 的小球若干个,甲和他的车及所带小球的总质量为 $M_1 = 50 \text{ kg}$,乙和他的车的总质量为 $M_2 = 30 \text{ kg}$. 现为避免相撞,甲不断地将小球以相对地面 16.5 m/s 的水平速度抛向乙,且被乙接住. 假设某一次甲将小球抛出且被乙接住后刚好可保证两车不致相撞,试求此时:

- (1) 两车的速度各为多少?
- (2) 甲总共抛出了多少个小球?

解析 甲、乙两小孩在传小球的时候是“一分为二”的过程,而接球的过程是“合二为一”的过程. 若分别选择甲、乙两小孩、两车及小球为系统,则在“传”“接”时系统的动量守恒。

(1) 甲、乙两小孩、两车及小球组成的系统总动量沿甲车的运动方向,甲不断抛球、乙接球后,当甲和小车与乙和小车具有共同速度时,可保证刚好不撞. 设共同速度为 v ,则以甲、乙两小孩、两车及所带小球为研究对象,由动量守恒可得:

$$M_1 v_1 - M_2 v_1 = (M_1 + M_2) v$$

$$\text{所以可解得: } v = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} v_1 = \frac{20}{80} \times 6 \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}.$$

(2) 这一过程中乙小孩的动量变化为: $\Delta p = 30 \times 6 - 30 \times (-1.5) = 225 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
 每一个小球被乙接收后,到最终的动量变化为: $\Delta p_1 = 16.5 \times 1 - 1.5 \times 1 = 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$$\text{故小球个数为: } N = \frac{\Delta p}{\Delta p_1} = \frac{225}{15} = 15 (\text{个}).$$

【方法技巧】 本题主要考查动量守恒定律的应用,注重对物理情境想象能力的考查,尤其是对研究对象和守恒过程的选取.若将“抛球”和“接球”两个过程分开来考虑,则解题过程就会相当繁琐.另外还应明确“刚好保证两车不致相撞”的临界条件是两车具有共同速度.

题型二 应用守恒定律求解“碰撞”问题

规律方法 碰撞问题常遵循动量守恒定律、能量守恒定律,弹性碰撞应同时遵循动量守恒和机械能守恒.解决这类问题的关键是能抽象出物理图景,弄清研究过程,并按不同过程正确建立模型,再选取相应的物理规律.

【调研2】 如图2-3-1所示是目前建筑工地上广泛采用的大型蒸汽打桩机示意图.铁塔高40 m,锤的质量 $m_1 = 10\text{ t}$.现将长达30 m的钢筋混凝土桩打入地层.已知桩的质量 $m_2 = 25\text{ t}$,其横截面为 $a^2 = 0.25\text{ m}^2$ 的正方形. ($g = 10\text{ m/s}^2$)

(1)若桩在土中单位表面积所受的泥土阻力为 $k = 2.5 \times 10^4\text{ N/m}^2$,则桩依靠自身重力能下沉多深?

(2)若桩在土中受恒定的阻力 $f = 3.94 \times 10^5\text{ N}$,让重锤自离桩顶1.25 m处自由下落击桩,锤在击桩后,反弹5 cm,设锤击桩的时间极短,则桩被这一锤打下多深?

解析 (1)由题意可知,若桩在进入土中距离为 d_1 的过程

中所受的平均阻力为: $\bar{F} = (a^2 + \frac{ad_1}{2} \times 4)k$

由功能关系得: $\bar{F}d_1 = m_2gd_1$

故有: $(a^2 + \frac{ad_1}{2} \times 4)k = m_2g$

代入数据得: $d_1 = 9.75\text{ m}$,即依靠自身重力桩可下沉9.75 m.

(2)设击打桩之前锤的速率为 v_1 ,击桩后锤的速率为 v_2 ,桩的速率为 v_3 ,则由机械能守恒知:

$$2gh_1 = v_1^2, \text{ 则 } v_1 = \sqrt{2gh_1} = 5\text{ m/s}$$

$$2gh_2 = v_2^2, \text{ 则 } v_2 = \sqrt{2gh_2} = 1\text{ m/s}$$

重锤击打桩的时间极短,作用力极大,可认为该过程动量守恒,则有:

$$m_1v_1 = m_2v_3 - m_1v_2$$

代入数据得: $v_3 = 2.4\text{ m/s}$

$$\text{再由动能定理对桩的下沉过程有: } m_2gd_2 - fd_2 = 0 - \frac{1}{2}m_2v_3^2$$

解得: $d_2 = 0.5\text{ m}$,即桩将被重锤击打而下沉0.5 m.

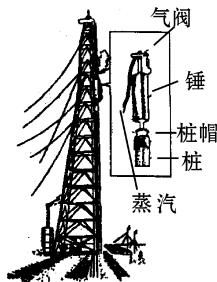


图2-3-1



【误点警示】 本题主要考查运用动量守恒定律、机械能守恒定律、动能定理和能量守恒定律等力学规律来解决实际的碰撞问题. 对本题中锤击桩问题, 有些考生不能由题意结合生活实际来想象物理情境, 更不能用碰撞模型来分析求解, 暴露出缺乏分析解决实际问题的能力, 但这正是目前高考考查的重点.

【调研 3】 (06 年高考江苏卷) 如图 2-3-2 所示, 质量均为 m 的 A 、 B 两个弹性小球, 用长为 $2l$ 的不可伸长的轻绳连接. 现将 A 、 B 两球置于距地面高 H 处 (H 足够大), 间距为 l . 当 A 球自由下落的同时, B 球以速度 v_0 指向 A 球水平抛出. 求:

(1) 两球从开始运动到相碰, A 球下落的高度;

(2) A 、 B 两球碰撞 (碰撞时无机械能损失) 后, 各自速度的水平分量;

(3) 轻绳拉直过程中, B 球受到绳子拉力的冲量大小.

解析 (1) 设 A 球下落的高度为 h 时两球相碰, 则有:

$$l = v_0 t \text{ 和 } h = \frac{1}{2} g t^2, \text{ 联立两式解得: } h = \frac{g l^2}{2 v_0^2}.$$

(2) A 、 B 两球碰撞时, 由水平方向动量守恒得: $m v_0 = m v'_{Ax} + m v'_{Bx}$.
由碰撞前后机械能守恒定律得:

$$\frac{1}{2} m (v_0^2 + v_{By}^2) + \frac{1}{2} m v_{Ay}^2 = \frac{1}{2} m (v'_{Ax}{}^2 + v'_{Ay}{}^2) + \frac{1}{2} m (v_{Bx}{}^2 + v'_{By}{}^2)$$

式中 $v'_{Ay} = v_{Ay}$ 、 $v'_{By} = v_{By}$

联立以上两式解得: $v'_{Ax} = v_0$ 、 $v'_{Bx} = 0$.

(3) 由水平方向动量守恒得: $m v_0 = 2 m v_x$

所以在轻绳拉直过程中, B 球受到绳子拉力的冲量大小为: $I = m v_x = m \frac{v_0}{2}$.

【方法技巧】 对于大部分考生来讲, 掌握一定的物理模型并不困难, 困难在于题目变化, 新的题目中的模型如何能够转换成为我们熟悉的、规范的物理模型, 进而用比较熟悉的物理规律去求解, 此题就是由两个小球在“水平面上相碰”迁延至“空中相碰”, 找出两者之间的共同点与区别, 就能找到解决问题的突破口.

题型三 应用守恒定律求解“弹簧连接体”问题

规律方法 因弹簧 (尤其是软质弹簧) 其形变发生改变需要一段时间, 在瞬间内形变量可以认为不变, 因此, 在与弹簧一端连接的物体发生碰撞时, 弹簧另一端连接的物体在瞬间不参与碰撞. 在弹性势能变化时, 弹簧连接系统的机械能常常守恒.

【调研 4】 如图 2-3-3 所示, 在光滑轨道上小车 A 、 B 用轻弹簧连接, 将弹簧压缩后用细绳系在 A 、 B 上, 然后使 A 、 B 以速度 v_0 沿轨道向右运动, 运动中细绳突然断开, 当弹簧第一次恢复到自然长度时, A 的速度刚好为 0, 已知 A 、 B 的质量分别为 m_A 、 m_B , 且 $m_A < m_B$, 求:

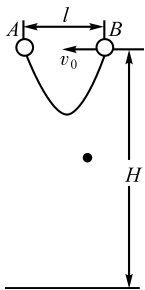


图 2-3-2

(1) 被压缩的弹簧具有的弹性势能 E_p ;

(2) 试定量分析讨论在以后的运动过程中小车 B 有无速度为 0 的时刻?

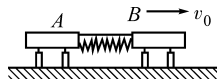


图 2-3-3

解析 (1) 设弹簧第一次恢复自然长度时 B 的速度为 v_B

以 A 、 B 及弹簧为系统动量守恒: $(m_A + m_B)v_0 = m_B v_B$ ①

机械能守恒: $\frac{1}{2}(m_A + m_B)v_0^2 + E_p = \frac{1}{2}m_B v_B^2$ ②

由①②解出 $E_p = \frac{m_A(m_A + m_B)}{2m_B}v_0^2$ ③

(2) 设以后运动过程中 B 的速度为 0 时 A 的速度为 v_A , 此时弹簧的弹性势能为 E_p' , 系统动量守恒: $(m_A + m_B)v_0 = m_A v_A$ ④

机械能守恒: $\frac{1}{2}(m_A + m_B)v_0^2 + E_p = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + E_p'$ ⑤

由④⑤解出 $E_p' = \frac{(m_A + m_B)^2}{2m_B}v_0^2 - \frac{(m_A + m_B)^2}{2m_A}v_0^2$

因为 $m_A < m_B$ 所以 $E_p' < 0$

弹性势能小于 0 是不可能的所以 B 的速度没有等于 0 的时刻。

【方法技巧】 以轻质弹簧为载体, 设置较为复杂的物理情景, 考查力和运动关系、功与能的关系和动量守恒定律的应用等是高考命题的热点, 此类命题几乎每年高考卷面均有体现。应引起足够重视。在求弹力的功或弹性势能的改变时, 一般从能量的转化与守恒的角度来求解。

【调研 5】 (1) 如图 2-3-4 所示, 在光滑水平长直轨道上, 放着一个静止的弹簧振子, 它由一轻弹簧两端各连接一个小球构成, 两小球质量相等。现突然给左端小球一个向右的速度 u_0 , 求弹簧第一次恢复到自然长度时, 每个小球的速度。

(2) 如图 2-3-5 所示, 将 N 个这样的振子放在该轨道上。最左边的振子 1 被压缩至弹簧为某一长度后锁定, 静止在适当位置上, 这时它的弹性势能为 E_0 。其余各振子间都有一定的距离。现解除对振子 1 的锁定, 任其自由运动, 当它第一次恢复到自然长度时, 刚好与振子 2 碰撞, 此后, 继续发生一系列碰撞, 每个振子被碰后刚好都是在弹簧第一次恢复到自然长度时与下一个振子相碰。求所有可能的碰撞都发生后, 单个振子弹性势能的最大值。已知本题中两球发生碰撞时, 速度交换, 即一球碰后的速度等于另一球碰前的速度。

解析 (1) 设每个小球质量均为 m , 以 u_1 、 u_2 分别表示弹簧恢复到自然长度时左、右两端小球的速度。由动量守恒和能量守恒定律有:

$$mu_1 + mu_2 = mu_0 \text{ (以向右为速度正方向)} \text{ 和 } \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 = \frac{1}{2}mu_0^2$$

解得: $u_1 = u_0, u_2 = 0$ 或 $u_1 = 0, u_2 = u_0$

由于振子从初始状态到弹簧恢复到自然长度的过程中, 弹簧一直是压缩状态, 弹

任何人要达到自己的目的, 爱也要, 追求也要, 目标必须明确。

名言
警句



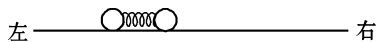


图 2-3-4

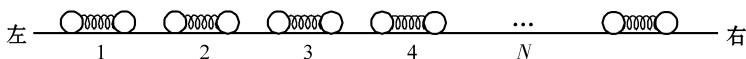


图 2-3-5

力使左端小球持续减速,使右端小球持续加速,因此应该取解: $u_1 = 0, u_2 = u_0$.

(2) 以 v_1, v'_1 分别表示振子 1 解除锁定后弹簧恢复到自然长度时左、右两小球的速度,规定向右为速度的正方向,由动量守恒和能量守恒定律得:

$$mv_1 + mv'_1 = 0 \text{ 和 } \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv'^2_1 = E_0$$

$$\text{解得: } v_1 = \sqrt{\frac{E_0}{m}}, v'_1 = -\sqrt{\frac{E_0}{m}} \text{ 或 } v_1 = -\sqrt{\frac{E_0}{m}}, v'_1 = \sqrt{\frac{E_0}{m}}.$$

在这一过程中,弹簧一直是压缩状态,弹力使左端小球向左加速,右端小球向右加速,故应取解: $v_1 = -\sqrt{\frac{E_0}{m}}, v'_1 = \sqrt{\frac{E_0}{m}}$. 振子 1 与振子 2 碰撞后,由于交换速度,振子 1 右端小球速度变为 0,左端小球速度仍为 v_1 ,此后两小球都向左运动;而振子 2 的运动情况与第(1)问中情形相同,并将此运动形式一直传递到第 N 个振子. 当所有可能的碰撞都发生后,只有振子 1 和振子 N 运动,且两振子的能量均为 $E = \frac{1}{2}mv_1^2$.

研究振子 1,当两小球向左运动的速度相同时,弹簧的弹性势能最大,设此速度为 v_{10} ,根据动量守恒定律: $2mv_{10} = mv_1$

$$\text{用 } E_1 \text{ 表示最大弹性势能,由机械能守恒得: } \frac{1}{2}mv_{10}^2 + \frac{1}{2}mv_{10}^2 + E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\text{由以上各式解得: } E_1 = \frac{1}{4}E_0.$$

【方法技巧】 对两个物体与弹簧组成的孤立系统在相互作用过程中的动量守恒问题,由于弹簧的形变只引起弹性势能与动能的相互转化,因而系统的总动能将发生变化,但系统的机械能守恒. 在相互作用过程中,弹簧伸长或压缩到最大程度时系统内各物体具有相同速度,此时弹性势能最大、系统动能最小. 若系统内每个物体除弹簧的弹力外所受的合力为零(如光滑水平面的连接体问题),当弹簧为自然长度时,系统内将出现某个物体具有最大速度. 另外,当所有可能的碰撞都发生后,一个振子中的两球速度取得极值的时刻有周期性和同时性.

题型四 应用守恒定律求解“滑块-滑板(或小车)”问题

规律方法 “滑块-滑板(或小车)”问题的实质是一个相互作用系统,由于这一系统通常在光滑水平面上运动,所以系统遵循动量守恒定律.若滑块与滑板(或小车)间有相互作用的摩擦力,则系统机械能的一部分要转化为内能,但系统能量守恒;若滑块与滑板(或小车)间没有摩擦力,而是弹性碰撞来传递能量,则系统机械能守恒.

【调研 6】(06 年东北三校联考)如图 2-3-6 所示,长木板 A 右边固定着一个挡板,包括挡板在内的总质量为 $1.5M$,静止在光滑的水平地面上.小木块 B 的质量为 M ,从 A 的左端开始以初速度 v_0 在 A 上滑动,滑到右端与挡板发生碰撞,已知碰撞过程时间极短,碰后木块 B 恰好滑到 A 的左端就停止滑动.已知 B 与 A 间的动摩擦因数为 μ ,B 在 A 板上单程滑行长度为 l .求:

(1)若 $\mu l = \frac{3v_0^2}{160g}$,在 B 与挡板碰撞后的运动过程中,摩擦力对木板 A 做正功还是负功? 做多少功?

(2)讨论 A 和 B 在整个运动过程中,是否有可能在某一段时间里运动方向是向左的.如果不可能,说明理由;如果可能,求出发生这种情况的条件.

解析 (1)B 与 A 碰撞后,B 相对于 A 向左运动,A 所受摩擦力方向向左,A 的运动方向向右,故摩擦力做负功.设 B 与 A 碰撞后的瞬间 A 的速度为 v_1 ,B 的速度为 v_2 ,A、B 相对静止后的共同速度为 v ,整个过程中 A、B 组成的系统动量守恒,有:

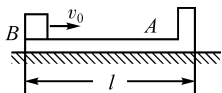


图 2-3-6

$$Mv_0 = (M + 1.5M)v$$

碰撞后直至相对静止的过程中,系统动量守恒,机械能的减少量等于系统克服摩擦力做的功(即能量守恒),则有: $Mv_2 + 1.5Mv_1 = 2.5Mv$ ①

$$\frac{1}{2} \times 1.5Mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2} \times 2.5Mv^2 = M\mu gl \quad ②$$

由①②并结合 $\mu g = \frac{3v_0^2}{160g}$ 得: $v_1 = \frac{1}{2}v_0$ (另一解 $v_1 = \frac{3}{10}v_0$ 因小于 v 而舍去)

这段过程中,A 克服摩擦力做功: $W = \frac{1}{2} \times 1.5Mv_1^2 - \frac{1}{2} \times 1.5Mv^2 = \frac{27}{400}Mv_0^2$.

(2)A 在运动过程中不可能向左运动,因为在 B 未与 A 碰撞之前,A 受到的摩擦力方向向右,做加速运动,碰撞之后 A 受到的摩擦力方向向左,做减速运动,直到最后,速度仍向右,因此不可能向左运动. B 在碰撞之后,有可能向左运动,即 $v_2 < 0$,先计算当 $v_2 = 0$ 时满足的条件

由①式得: $v_1 = \frac{2v_0}{3} - \frac{2v_2}{3}$

当 $v_2 = 0$ 时, $v_1 = \frac{2v_0}{3}$,代入②式可得: $\frac{1}{2} \times 1.5M \frac{4v_0^2}{9} - \frac{1}{2} \times 2.5M \frac{4v_0^2}{25} = M\mu gl$

难点
阐释

后悔是一种耗费精神的情绪.后悔是比损失更大的损失,比错误更大的错误.所以不要后悔.

名言
警句



$$\text{解得: } \mu gl = \frac{2v_0^2}{15}$$

B 在某段时间内向左运动的条件之一是 $\mu l > \frac{2v_0^2}{15g}$

另一方面, 整个过程中损失的机械能一定大于或等于系统克服摩擦力做的功, 即

$$\frac{1}{2}Mv_0^2 - \frac{1}{2} \times 2.5M \left(\frac{2v_0}{5} \right)^2 \geq 2M\mu gl$$

$$\text{解出另一个条件是: } \mu l \leq \frac{3v_0^2}{20g}$$

最后得出 B 在某段时间内向左运动的条件是: $\frac{2v_0^2}{15g} < \mu l \leq \frac{3v_0^2}{20g}$.

【发散拓展】 本题主要考查运用动量守恒定律、能量守恒定律和动能定理等力学规律来解决“滑块-滑板”问题. 要求考生能灵活选取研究对象和研究过程, 针对不同对象和过程选取相应的物理规律. 从此题的解答来看, 利用动量和能量观点解题时要注意以下几点: (1) 认真审题明确题目所述的物理情景, 确定研究对象; (2) 分析对象受力及运动状态和运动状态变化的过程; (3) 根据运动状态变化的规律确定过程中始末状态的动量(动能)、分析并求出过程中的冲量(功), 若判断过程中动量或机械能守恒, 根据题意选择合理的始末状态, 列出守恒关系式, 一般这两个守恒定律多用于求某状态的速度; (4) 根据选择的定律列式, 有时还需要挖掘题目的其他条件(如潜在条件、临界条件、几何关系等)列补充方程; (5) 代入数据(统一单位)计算结果.



强化闯关

- (T1 强化) 两辆质量相同的小车 A 和 B , 置于光滑水平面上, 一人站在 A 车上, 两车均静止. 若这个人从 A 车跳到 B 车上, 接着又跳回 A 车, 仍与 A 车保持相对静止, 则此时 A 车的速率
 - 等于零
 - 小于 B 车的速率
 - 大于 B 车的速率
 - 等于 B 车的速率
- (T2、T3 强化) 如图 2-3-7 所示, 位于光滑水平桌面上的小滑块 P 和 Q 都可视为质点, 质量相等. Q 与轻质弹簧相连. 设 Q 静止, P 以某一初速度向 Q 运动并与弹簧发生碰撞. 在整个碰撞过程中, 弹簧具有的最大弹性势能等于
 - P 的初动能
 - P 的初动能的 $1/2$
 - P 的初动能的 $1/3$
 - P 的初动能的 $1/4$
- (T4 强化) 如图 2-3-8 所示, 质量分别为 $m_A = 0.5 \text{ kg}$, $m_B = 0.4 \text{ kg}$ 的长木板紧挨



图 2-3-7

在一起静止在光滑的水平面上,质量为 $m_C = 0.1 \text{ kg}$ 的木块 C 以初速 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 滑上 A 板左端,最后 C 木块和 B 板相对静止时的共同速度 $v_{CB} = 1.5 \text{ m/s}$ 。则 A 板最后的速度 v_A 和 C 木块刚离开 A 板时的速度 v_C 为

- A. $1.5 \text{ m/s}, 5 \text{ m/s}$ B. $0.5 \text{ m/s}, 5.5 \text{ m/s}$ C. $1.0 \text{ m/s}, 5.5 \text{ m/s}$ D. $0.5 \text{ m/s}, 5 \text{ m/s}$

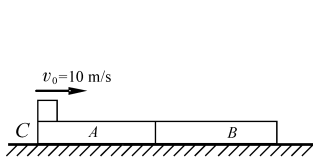


图 2-3-8

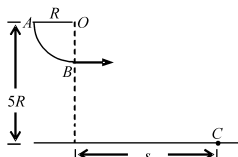


图 2-3-9

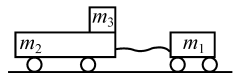


图 2-3-10

4. (T1 强化) 如图 2-3-9 所示,一对杂技演员(都视为质点)乘秋千从 A 点(秋千绳处于水平位置)由静止出发绕 O 点下摆,当摆到最低点 B 时,女演员在极短时间内将男演员沿水平方向推出,然后自己刚好能回到 A 处。求男演员落地点 C 与 O 点的水平距离 s 。已知男演员质量 m_1 和女演员质量 m_2 之比 $m_1 : m_2 = 2$,秋千的质量不计,秋千的摆长为 R , C 点比 O 点低 $5R$ 。

5. (T2, T4 强化) 如图 2-3-10 所示,在光滑水平面上有一质量为 $m_1 = 20 \text{ kg}$ 的小车,通过一根不可伸长的轻绳与另一质量为 $m_2 = 25 \text{ kg}$ 的拖车相连接,拖车的平板上放一质量为 $m_3 = 15 \text{ kg}$ 的物体,物体与平板间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$,开始时拖车静止,绳没有拉紧,当小车以 $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 的速度前进后,带动拖车运动,且物体不会滑下拖车,求:

- (1) m_1, m_2, m_3 最终的运动速度;
(2) 物体在拖车平板上滑动的距离。

6. (T4 强化) 如图 2-3-11 所示,在光滑的水平面上有一辆长平板车,它的中央放一个质量为 m 的小物块,物块跟车表面的动摩擦因数为 μ ,平板车的质量 $M = 2m$,车与物块一起向右以初速度 v_0 匀速运动,车跟右侧的墙壁相碰。设车跟墙壁碰撞的时间很短,碰撞时没有机械能损失,重力加速度为 g 。求:

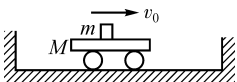


图 2-3-11

- (1) 平板车的长度至少是多大时,小物块才不会从车上掉落下来?
(2) 若在车的左侧还有一面墙壁,左右墙壁相距足够远,使得车跟墙壁相碰前,车与小物块总是相对静止的,车在左右墙壁间来回碰撞,碰撞 n 次后,物块跟车一起运动的速度大小是多少?
(3) 小物块在车表面相对于车滑动的总路程是多少?



【参考答案】

强化闯关参考答案:

1. B 设人的质量为 m_0 , 车的质量为 m . 取 A、B 两车和人这一系统为研究对象, 人在两车间往返跳跃的过程中, 整个系统水平方向不受外力作用, 动量守恒. 取开始时人站在 A 车上和后来又相对 A 车静止时这两个时刻考察系统的动量, 则 $0 = (m_0 + m)v_A + mv_B$, 得 A、B 两车速率之比为 $v_A : v_B = m : (m_0 + m)$, 可见, 两车反向运动, A 车的速率小于 B 车的速率. 故选项 B 正确.

2. B 当两者速度相等时, 弹簧压缩到最短, 此时弹簧具有最大弹性势能, 在整个碰撞过程中, 系统动量和机械能守恒, 则有 $mv_0 = 2mv$, $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times (2m)v^2 + E_p$, 解得

$$E_p = \frac{1}{2}E_{k0}.$$

3. B 以 A、B、C 为系统, 向右为正方向. 从开始时刻到 C 木块刚离开 A 板, 有 $m_C v_0 = (m_A + m_B)v_A + m_C v_C$; 从开始时刻到 C 木块与 B 板相对静止, $m_C v_0 = m_A v_A + (m_B + m_C)v_{CB}$, 联立两个方程即可求得.

4. 设分离前男女演员在秋千最低点 B 的速度为 v_0 , 由机械能守恒定律 $(m_1 + m_2)gR = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_0^2$, 设刚分离时男演员速度的大小为 v_1 , 方向与 v_0 相同; 女演员速度的

大小为 v_2 , 方向与 v_0 相反, 据动量守恒, 有 $(m_1 + m_2)v_0 = m_1 v_1 - m_2 v_2$

分离后, 男演员做平抛运动, 设男演员从被推出到落在 C 点所需的时间为 t , 根据

题给条件, 由运动学规律 $4R = \frac{1}{2}gt^2$, $s = v_1 t$

根据题给条件, 女演员刚好回到 A 点, 由机械能守恒定律, 有 $m_2 gR = \frac{1}{2}m_2 v_2^2$

已知 $m_1 : m_2 = 2$, 由以上各式可得 $s = 8R$.

5. 在绳子张紧时, m_1 、 m_2 达到相同的速度, 该过程 m_1 、 m_2 动量守恒. 然后再带动 m_3 一起运动, 直到三者具有相同的速度, 但在绳子张紧时, 系统的动能有损失. 要求出物体在拖车平板上滑动的距离, 则可以对第二个过程由功能关系列式求解.

(1) 设绳子张紧时 m_1 、 m_2 能达到的共同速度为 v_1 , 由动量守恒有:

$$m_1 v_0 = (m_1 + m_2)v_1$$

当 m_2 带动 m_3 一起滑动时, 设 m_1 、 m_2 、 m_3 最终的运动速度为 v_2 , 对 m_1 、 m_2 、 m_3 应用动量守恒有:

$$(m_1 + m_2)v_1 = (m_1 + m_2 + m_3)v_2, \text{ 所以: } v_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3}v_0 = 1 \text{ m/s.}$$

(2) 设物体在拖车平板上滑动的距离为 L , 则由功能原理有:

$$\mu m_3 g L = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_1^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2 + m_3)v_2^2$$

所以: $L = 0.33 \text{ m}$.

6. (1) 平板车跟右侧墙壁相碰后速度大小不变方向相反, 车与物块有相对运动, 车与物块之间的滑动摩擦力为 $f = \mu mg$, 设物块与车共同速度为 v_1 , 对车与物块组成的系统, 根据动量守恒定律有: $(M - m)v_0 = (M + m)v_1$

设平板车的长至少为 L , 根据能量守恒则有: $\frac{1}{2}(M + m)v_0^2 - \frac{1}{2}(M + m)v_1^2 = \frac{1}{2}fL$

由以上各式解得 $L = \frac{8v_0^2}{3\mu g}$.

(2) 由第(1)问可解得 $v_1 = v_0/3$, 即平板车和物块一起以速度 v_1 向左运动并与墙壁碰撞, 同理可得 $v_2 = \frac{1}{3}v_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 v_0$

依此类推可知, 经过 n 次碰撞后, 一起运动的速度大小是 $v_n = \left(\frac{1}{3}\right)^n v_0$.

(3) 经过足够多次的碰撞后, 由于不断有摩擦力做功, 最终物块和平板车的速度都变为 0, 则在这个过程中, 平板车和物块的动能都克服摩擦力做功转化成内能, 因此有: $\mu mgs = (M + m)v_0^2/2$

则物块相对于车滑动的总路程是 $s = \frac{3v_0^2}{2\mu g}$.





视野开拓

视点1 “子弹击木块”模型及其拓展应用



视点导读

一、高考热点:

1. “子弹击木块”模型的特征及其遵循规律;
2. 分析“子弹击木块”模型的常用方法;模型的拓展应用.

二、考查方式与特点:

“子弹击木块”模型一般要涉及到运动学、牛顿定律、动量定理、动量守恒、动能定理及能量守恒等重要力学规律,因此这个模型的综合性强、能力要求高,是高中物理中最常见、最重要的模型之一,也是高考中的热点模型.在实际考查中通常将其情境迁移,或对初始条件与附加条件做某些演变、拓展,便可构成许多问题情境各异的试题.

三、应对策略:

“子弹击木块”模型是考查力学规律的重要载体,在复习时要深刻理解该模型的特征,尤其是其物理过程和物理情境,在此基础上总结出模型所遵循的规律和分析方法,并能进行拓展性的应用.



典例调研

题型一 子弹射入木块型

规律方法 这类问题的实质与完全非弹性碰撞相同.从运动情况看,子弹在木块内受到恒定的阻力而做匀减速运动,木块受到子弹的恒力作用而做匀加速运动,到二者速度相等时,水平方向的相互作用力为零,木块速度最大,此后二者一起做匀变速运动;从规律上看,子弹、木块作为一个系统,因水平方向系统只受内力而不受外力作用,其动量守恒,所以系统有以下特点:(1)子弹射入木块的瞬间,系统合外力为零,因此动量守恒;(2)系统初动量不为零(一般为一静一动),末动量也不为零;(3)两者发生的相对位移等于子弹射入深度 d .解这类问题的关键是正确分析每一个物体的运动过程及受力情况,画出运动情境示意图,把各种数量关系和速度符号标在图上.



【调研 1】(改编题) 设质量为 m 的子弹以初速度 v_0 射向静止在光滑水平面上的质量为 M 的木块, 并留在木块中不再射出, 子弹钻入木块的深度为 d 。求木块对子弹的平均阻力的大小和该过程中木块前进的距离。

解析 子弹和木块最后共同运动, 相当于完全非弹性碰撞。所以从动量的角度看, 子弹射入木块过程中系统动量守恒: $mv_0 = (M+m)v$

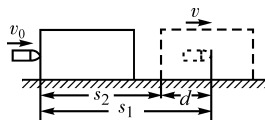


图 3-1-1

从能量的角度看, 该过程系统损失的动能全部转化为系统的内能。设平均阻力大小为 f , 设子弹、木块的位移大小分别为 s_1 、 s_2 , 如图 3-1-1 所示, 显然有 $s_1 - s_2 = d$

$$\text{对子弹用动能定理: } f \cdot s_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{对木块用动能定理: } f \cdot s_2 = \frac{1}{2}Mv^2$$

$$\text{由以上两式可解得: } f \cdot d = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{Mm}{2(M+m)}v_0^2$$

$$\text{所以可解得平均阻力的大小: } f = \frac{Mmv_0^2}{2(M+m)d}$$

$$\text{木块前进的距离: } s_2 = \frac{m}{M+m}d.$$

【互动研习 1】 子弹射入木块的过程中产生的热量是多大?

【知识深化】 一般情况下木块的质量远大于子弹的质量, 即有 $M \gg m$, 则从 $s_2 =$

$\frac{m}{M+m}d$ 可知 $s_2 \ll d$, 这说明在子弹射入木块过程中, 木块的位移很小, 可以忽略不计。

另外, 由于相互作用力做功, 故系统或每个物体动能均发生变化: 力对“子弹”做的功来量度“子弹”动能的变化; 力对“木块”做的功来量度“木块”动能的变化。而一对恒力做的总功来量度系统动能的变化, 并且这一对恒力做的功的大小可用一个恒力的大小与两物体相对位移大小的乘积来计算。

【调研 2】(06 年全国大联考 II) 如图 3-1-2 所示, 质量 $M=0.40 \text{ kg}$ 的靶盒 A 位于光滑水平导轨上, 开始时静止在 O 点, 在 O 点右侧有范围很广的“相互作用区域”, 如图中的虚线区域。当靶盒 A 进入相互作用区域时便有向左的水平恒力 $F=20 \text{ N}$ 作用。在 P 处有一固定的发射器 B, 它可根据需要瞄准靶盒每次发射一颗水平速度 $v_0=50 \text{ m/s}$ 、质量 $m=0.10 \text{ kg}$ 的子弹, 当子弹打入靶盒 A 后, 便留在盒内, 碰撞时间极短。若每当靶盒 A 停在或到达 O 点时, 就有一颗子弹进入靶盒 A 内, 求:

- (1) 当第一颗子弹进入靶盒 A 后, 靶盒 A 离开 O 点的最大距离;
- (2) 当第三颗子弹进入靶盒 A 后, 靶盒 A 从离开 O 点到又回到 O 点所经历的时间。

解析 (1) 设第一颗子弹进入靶盒 A 后, 子弹与靶盒的共同速度为 v_1 , 根据子弹



进入靶盒过程中系统动量守恒,有: $mv_0 = (m + M)v_1$

设 A 离开 O 点的最大距离为 s_1 , 由动能定理得:

$$-Fs_1 = 0 - \frac{1}{2}(m + M)v_1^2$$

联立以上两式可解得: $s_1 = 1.25 \text{ m}$.

(2) 根据题意, A 在恒力 F 的作用下返回 O 点时第二颗

子弹正好打入, 由于 A 的动量与第二颗子弹动量大小相同, 方向相反, 故第二颗子弹打入后, A 将静止在 O 点. 设第三颗子弹打入 A 后, 它们的共同速度为 v_3 , 由系统动量守恒得: $mv_0 = (3m + M)v_3$

设 A 从离开 O 点到又回到 O 点所经历的时间为 t , 取碰后 A 运动的方向为正方向, 由动量定理可得: $-F \frac{t}{2} = 0 - (3m + M)v_3$

由以上两式解得: $t = 0.5 \text{ s}$.

【互动研习 2】 当第 100 颗子弹进入靶盒时, 靶盒已经在相互作用区中运动的总时间.

【方法技巧】 由于子弹射入靶盒过程中, 靶盒的位移很小, 可以忽略不计, 所以这就为分阶段处理问题提供了依据. 本题中子弹射入靶盒的瞬间, 系统满足动量守恒; 当子弹与靶盒一起进入“相互作用区”后, 由于受水平恒力 F 作用, 系统做匀变速运动, 所以选择根据动能定理和动量定理求解比较方便.

题型二 子弹射穿木块型

规律方法 这类问题的特点是子弹有初动量, 木块有或无初动量, 击穿时间很短, 击穿后二者分别以某一速度运动. 若选子弹和木块为一个系统, 在子弹射穿木块的瞬间, 系统水平方向动量守恒. 从运动学规律来看, “子弹”穿过“木块”可看作两个做匀速直线运动的物体间的追及问题, 或者说是一个相对运动问题.

【调研 3】 (原创题) 质量 $M = 10 \text{ kg}$ 的木块固定在光滑的水平面上, 有一质量 $m = 0.1 \text{ kg}$ 的子弹以 $v_0 = 300 \text{ m/s}$ 的水平速度射向木块, 射出后子弹的速度变为 $v = 100 \text{ m/s}$. 若木块可以在光滑的水平面上自由滑动, 那么当子弹仍以初速度 v_0 水平射入木块且木块的厚度和木块给子弹的阻力与前一情况一样, 则:

- (1) 子弹能否射穿木块?
- (2) 若木块的质量为 0.5 kg , 子弹和木块的最终速度各为多少?
- (3) 为了使子弹与木块一起运动, 木块的质量不能超过多少?

解析 (1) 设木块厚度为 d , 若子弹恰好能射穿木块, 则子弹穿出木块时和木块具有相同的速度, 把此时的速度记为 v , 据动量守恒有: $mv_0 = (m + M)v$ ①

$$\text{对系统应用动能定理得: } f \cdot d = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M + m)v^2 \quad \text{②}$$

$$\text{由①和②两式可得: } \frac{1}{2}mv_0^2 = \left(1 + \frac{m}{M}\right)f \cdot d \quad \text{③}$$

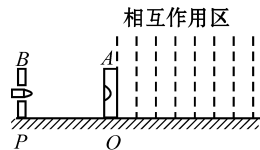


图 3-1-2

据上式可知 $E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$ 就是子弹恰好射穿木块所必须具有的初动能,也就是说,

子弹要射穿木块其初动能 E_0 必须大于 $(1 + \frac{m}{M})f \cdot d$

木块固定时对子弹应用动能定理: $-f \cdot d = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

代入数据得: $f \cdot d = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 300^2 - \frac{1}{2} \times 0.1 \times 100^2 = 4\ 000\text{ J}$

根据③式可知,子弹恰能射穿木块所必须具有的初动能为:

$$E_0 = \left(1 + \frac{m}{M}\right)f \cdot d = \left(1 + \frac{0.1}{10}\right) \times 4\ 000\text{ J} = 4\ 040\text{ J}$$

而子弹具有的初动能为: $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 300^2 = 4\ 500\text{ J} > 4\ 040\text{ J}$

所以子弹能射穿木块.

(2) 当 $M = 0.5\text{ kg}$ 时,子弹要射穿木块必须具有初动能为:

$$E_0 = \left(1 + \frac{m}{M}\right)f \cdot d = \left(1 + \frac{0.1}{0.5}\right) \times 4\ 000\text{ J} = 4\ 800\text{ J}$$

因为 $4\ 800\text{ J} > 4\ 500\text{ J}$,所以当 $M = 0.5\text{ kg}$ 时,子弹不能射穿木块.子弹和木块的最终速度相同,设最终速度为 v' ,由系统的动量守恒得: $mv_0 = (m + M)v'$

代入数据解得: $v' = 50\text{ m/s}$.

(3) 要使子弹和木块一起运动,就要求子弹不能射穿或刚射穿,即两者具有共同速度,所以子弹具有初动能应满足: $\frac{1}{2}mv_0^2 \leq \left(1 + \frac{m}{M}\right)f \cdot d$

$$\text{即 } M \leq \frac{fdm}{(mv_0^2/2) - fd}, \text{ 代入数据解得: } M \leq \frac{4\ 000 \times 0.1}{4\ 500 - 4\ 000} = 0.8\text{ kg}.$$

【误点警示】 从 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \left(1 + \frac{m}{M}\right)f \cdot d$ 可以看出:子弹恰能射穿木块所必须具有的初动能与子弹受到的平均阻力 f 、木块的厚度 d (或者说 $f \cdot d$) 有关,还跟两者质量的比值有关,所以当木块的质量 M 改变时,子弹能否射穿木块应重新作出判断.

题型三 子弹击木块模型与曲线运动的综合

规律方法 这类问题的特点是子弹射入木块后二者以同一速度做曲线运动(如圆周运动、平抛运动等).若选子弹和木块为一个系统,在子弹射入木块的瞬间,系统水平方向动量守恒;在做曲线运动的过程中,系统机械能守恒.

【调研 4】 (改编题) 一根不可伸长的、长为 l 的细绳一端固定在 O 点,另一端连接一个质量为 M 的沙摆,沙摆静止.如图 3-1-3 所示,一个质量为 m 的子弹以初速度 v_0 沿水平方向射入沙摆而未穿出,若子弹射入时间忽略不计,求沙摆上摆的最大高度.

解析 由于沙摆上摆所能达到的最大摆角可能在 90° 以内,也可能超过 90° ,甚



至可以在竖直平面内做完整的圆周运动,所以应分情况讨论

子弹射入沙摆过程中,子弹、沙摆组成的系统动量守恒,有:

$$mv_0 = (m + M)v_1$$

得到子弹、沙摆的共同速度为: $v_1 = \frac{m}{m + M}v_0$

1. 若 $v_1 \leq \sqrt{2gl}$, 沙摆的最大摆角不超过 90° , 由机械能守恒定律知:

$$\frac{1}{2}(m + M)v_1^2 = (m + M)gh$$

所以沙摆上摆的最大高度: $h = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{m^2}{2(m + M)^2g}v_0^2$ ①

2. 若 $v_1 \geq \sqrt{5gl}$, 沙摆可以在竖直平面内做完整的圆周运动(在最高点速度不小于 \sqrt{gl}), 沙摆上摆的最大高度为: $h = 2l$ ②

3. 若 $\sqrt{2gl} < v_1 < \sqrt{5gl}$, 沙摆的最大摆角超过了 90° , 但又不能在竖直平面内做完整的圆周运动. 实际上当沙摆摆动到某一位置时, 绳子会松弛. 设此时沙摆的速度为 v_2 , 如图 3-1-4 所示, 因此由机械能守恒得:

$$\frac{1}{2}(m + M)v_1^2 = (m + M)gl(1 + \sin \theta) + \frac{1}{2}(m + M)v_2^2$$

由重力的径向分力提供向心力得:

$$(m + M)g \sin \theta = (m + M)\frac{v_2^2}{l}$$

以后沙摆将以 v_2 为初速度做斜上抛运动, 其竖直向上的分速度 $v_y = v_2 \cos \theta$, 所以沙摆还能上升的高度为: $h = \frac{v_y^2}{2g}$

因此沙摆一共能上升的高度为: $H = l(1 + \sin \theta) + h$

由以上各式解得: $H = l + \frac{(v_1^2 - 2gl)}{6g} \left[3 - \frac{(v_1^2 - 2gl)^2}{9g^2 l^2} \right]$ (式中 $v_1 = \frac{m}{m + M}v_0$) ③

综合以上①②③三式, 才是沙摆上摆的最大高度.

【误点警示】 本题常会因忽略沙摆上摆可能的物理情境而简单地只考虑第一种情形, 使解答失去完备性而导致错误.

题型四 子弹击木块模型的图象问题

规律方法 用图象描述“子弹打木块”类问题的运动特征及相互关系时, 可以用 $v-t$ 图象将系统方面的特征同时展现, $v-t$ 图象的纵坐标给出各时刻两者的速度, 图象的斜率反映了两者的加速度, 两图象间的面积则对应了两者间的相对位移.

【调研 5】 (改编题) 一颗子弹击中静止在光滑水平面上的木块, 子弹与木块的速度图象如图 3-1-5 所示. 若子弹射击木块时的初速度增大, 则下列说法中正确的

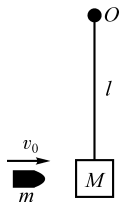


图 3-1-3

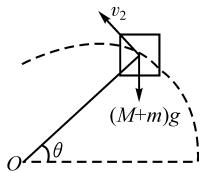


图 3-1-4

是(设子弹所受阻力大小不变)

- A. 木块获得的动能增加
- B. 木块获得的动能减小
- C. 子弹穿过木块的时间变长
- D. 子弹穿过木块的时间变短

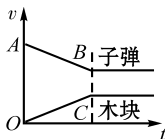


图 3-1-5

解析 由题给的速度图象可知,四边形 $ABCO$ 的面积等于被击木块的厚度,如图 3-1-6 所示, t_1 表示子弹穿过木块的时间, A 点纵坐标表示子弹的初速度.

当子弹初速度增大时,子弹在穿过木块过程中,子弹和木块的加速度与第一次穿过时的相同,作出子弹第二次穿过木块时子弹与木块的速度图线,如图 3-1-6 中虚线所示.由于木块的厚度一定,故须使四边形 $A'B'C'O$ 的面积与四边形 $ABCO$ 的面积相等.图中的 v_1 、 v_2 分别表示子弹第一、二次穿过木块后木块的速度, t_1 、 t_2 分别表示穿过木块所用的时间,由图显然可知: $v_1 > v_2$, $t_1 > t_2$,所以选项 B、D 正确.

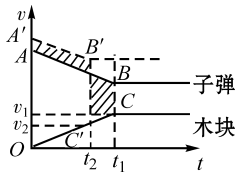


图 3-1-6

【方法技巧】 本题关键是画出初速改变后的子弹、木块的 $v-t$ 图象,再根据 $v-t$ 图象的斜率、截距、图线与 t 轴间的面积所对应的物理意义,就不难判断物体的运动情况,结合几何知识分析讨论,得出两者的速度、位移关系,也能清晰地看出,当子弹射击木块的初速度增大时各物理量变化的关系.



视点集训

1. (T1 强化) 一木块静止在光滑水平面上,被水平方向飞来的子弹击中,子弹进入木块的深度为 2 cm,木块相对于桌面移动了 1 cm,设木块对子弹的阻力恒定,则产生的热量和子弹损失的动能之比是
A. 1:1 B. 2:3 C. 1:2 D. 1:3
2. (T2 强化) 一颗子弹穿过固定的三块同样材料,同样厚度的木块后速度恰好减小为零,设子弹在木块中所受阻力与速度无关,则子弹穿过这三块木块的时间之比 $t_1:t_2:t_3$ 为
A. 1:2:3 B. 1:3:5
C. $(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1):1$ D. $1:\sqrt{3}:\sqrt{5}$
3. (T4 强化) 一个木块静止在光滑水平面上,一颗沿水平方向飞来的子弹射入木块,子弹与木块的速度图象如图 3-1-7 所示,其中 AB 段为子弹的速度图象, BO 段为木块的速度图象, BC 段为子弹与木块一起运动时的速度图象,则子弹射入木块的过程中,子弹损失的动能 E_1 、木块获得的动能 E_2 、转化为内能的机械能 E_3 之比 $E_1:E_2:E_3 =$ _____.

视野开拓

天才就是最强有力的牛,他们一刻不停地一天工作十八小时.

——勒南

名言警句



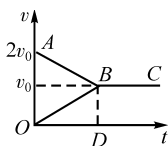


图 3-1-7

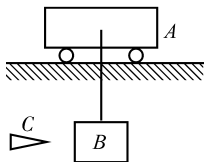


图 3-1-8

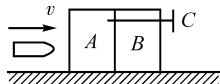


图 3-1-9

4. (T3 强化) 如图 3-1-8 所示, 小车 A 的质量为 3 kg, 原来静止于光滑的水平轨道上, 小车的前侧有一钉子, 用长为 1 m 的细线 (不可伸长) 悬挂一个质量为 2 kg 的物体 B, 现有一颗质量为 10 g 的子弹 C, 以 600 m/s 的水平速度 v_0 射穿 B 后, 速度变为 $v_1 = 100$ m/s, 试求物体 B 向右摆动的最大高度.
5. (T4 强化) 如图 3-1-9 所示, 一水平飞行的子弹恰能穿过用轻质销钉固定、并置于光滑水平面上的 A、B 两木块, 且木块 B 获得的动能为 E_{k1} . 若拔去销钉 C, 仍让这颗子弹水平射入 A、B 两木块, 木块 B 获得的动能为 E_{k2} , 则
- A. 子弹不能穿过木块 B, 且 $E_{k1} > E_{k2}$
 B. 子弹不能穿过木块 B, 且 $E_{k1} < E_{k2}$
 C. 子弹仍能穿过木块 B, 且 $E_{k1} > E_{k2}$
 D. 子弹仍能穿过木块 B, 且 $E_{k1} < E_{k2}$

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 根据能量守恒可知, 产生的热量应等于系统动能的损失, 即 $Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{Mm}{2(M+m)}v_0^2$.
2. 从第(2)问的计算可以看出, 第 1、3、5、...、 $(2n+1)$ 颗子弹打入 A 后, A 运动时间均为 $t = 0.5$ s, 故总时间为 $t_{\text{总}} = 50t = 25$ s.

强化闯关参考答案:

1. B 由“子弹射入木块模型”的结论得, 子弹损失的动能等于子弹克服阻力所做的功, 子弹的位移为打入的深度 d 与木块移动的距离 L 之和, 有: $\Delta E_k = F_f(d+L)$. 产生的热量等于系统克服阻力所做的功, 即 $Q = F_f d$. 所以, $Q/\Delta E_k = d/(d+L) = 2/3$.
2. C 设木块厚度为 L , 子弹依次穿过三块木块所用时间为 t_1 、 t_2 、 t_3 , 且穿过三块木块后速度为零, 由竖直上抛运动规律可知, 物体匀减速通过各段路程所用的时间和以同样加速度由静止开始逆向匀加速通过各段所用时间相等, 则由匀加速运动规律得 $L = \frac{1}{2}at_1^2$, $2L = \frac{1}{2}a(t_3+t_2)^2$, $3L = \frac{1}{2}a(t_3+t_2+t_1)^2$, 联立以上三式可得 $t_1:t_2:t_3 = (\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1):1$.
3. 如题图, 过 B 点向横轴垂线, 垂足为 D, 则四边形 AODB 的面积表示子弹射入木

块过程中子弹的位移大小为 $s = \frac{t_0(v_0 + 2v_0)}{2} = \frac{3}{2}v_0t_0$, $\triangle OBD$ 的面积表示木块的位

移大小 $s' = \frac{1}{2}v_0t_0$, $\triangle ABO$ 的面积表示子弹相对木块的位移大小 $\Delta s = \frac{1}{2} \times 2v_0t_0 = v_0t_0$, 以上 t_0 表示 D 点的横坐标. 用 f 表示子弹射入木块过程中子弹所受的阻力, 根据动能定理得 $E_1 : E_2 : E_3 = fs : fs' : f\Delta s = 3 : 1 : 2$.

4. 在子弹打击物体 B 的过程中, 子弹与物体 B 组成的系统动量守恒. 设子弹打击物体 B 后 B 的速度为 v_2 , 由动量守恒定律得 $m'v_0 = mv_2 + m'v_1$; 物体 B 在向右运动的过程中, 通过绳子拉着小车 A 向右加速运动, 物体 B 相对小车向上做圆周运动, 且速度不断减小. 当 B 运动到最高点时, A 、 B 的速度相同. 设 A 、 B 的共同速度为 v , 物体 B 上升的最大高度为 h , 由水平方向动量守恒和系统机械能守恒得 $mv_2 = (m + M)v$ 和 $\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + mgh$, 代入数据解得 $h = 0.19 \text{ m}$.

5. B 拔去销钉前, 子弹刚好穿过木块, 子弹、木块运动的 $v-t$ 图如图 3-1-10 所示, 三角形 OCv_0 的面积即为 A 、 B 木块总长度. 拔去销钉后, 木块 A 、 B 先一起向右加速, 设经过时间 t_2 后子弹进入木块 B , 子弹进入木块 B 后, 木块 B 的加速度比拔去销钉前的加速度大, 故木块 B 的运动图象如图中 OA 、 AB 所示. 从图中不难看出: 拔去销钉后, 子弹与木块 B 能达到共同速度 v_{B2} , 相对 A 和 B 的总路程为四边形 $OABv_0$ 的面积, 由于 $v_{B2} > v_{B1}$, 四边形 $OABv_0$ 的面积小于三角形 OCv_0 的面积, 故子弹不能穿过 B 木块, 且 $E_{k1} < E_{k2}$.

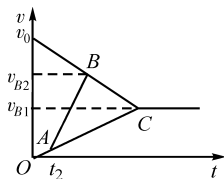


图 3-1-10

视点 2 力学知识在实际中的应用问题

视点导读

一、高考热点:

1. 力学知识在体育运动方面的应用;
2. 力学知识在交通安全方面的应用;
3. 力学知识在科技实验方面的应用.

二、考查方式与特点:

近几年高考试题非常注重对能力的考查, 尤其是突出对考生应用能力及创新能力的考查, 作为中学物理主干知识的力学, 它在日常生活、生产实际和现代科技中的应用必定是命题的重要素材. 由上述题材形成的实际问题, 立意新、情境活, 因此这类



试题频繁出现于各试卷中。在高考中,这类试题通常根据其所涉及的力学规律的多少和情境的复杂程度,以选择题或综合题的形式出现。

三、应对策略:

解这类问题关键在于要将实际问题转化为物理问题,即为实际问题寻找合适的物理模型,这往往是解题的关键,也是这类问题的难度所在。为实现这一转化,应重视以下两点,一是要熟悉典型的物理模型;二是要认清实际问题的受力和运动特征。



典例调研

题型一 力学知识在体育运动方面的应用

规律方法 联系体育运动的实际问题,要分析实际运动员的空间、时间特征。力学问题总与时间和空间有关,这类问题也不例外,从空间上,要关注场景的细节,正确把握力的特征;从时间上,要分析实际现象如何一步一步演变,把这个演变的过程和典型的物理过程相对照,寻求转化。

【调研 1】 (06年北京理综卷)如图 3-2-1 所示是简化后的跳台滑雪的雪道示意图,整个雪道由倾斜的助滑雪道 AB 和着陆雪道 DE,以及水平的起跳平台 CD 组成,AB 与 CD 圆滑连接。运动员从助滑雪道 AB 上由静止开始,在重力作用下,滑到 D 点水平飞出,不计飞行中的空气阻力,经 2 s 在水平方向飞行了 60 m,落在着陆雪道 DE 上,已知从 B 点到 D 点运动员的速度大小不变($g = 10 \text{ m/s}^2$)。求

- (1) 运动员在 AB 段下滑到 B 点的速度大小;
- (2) 若不计阻力,运动员在 AB 段下滑过程中下降的高度;
- (3) 若考虑阻力,且运动员在 AB 段下滑过程中下降的高度 $H = 50 \text{ m}$,运动员在 AB 段下滑过程中克服阻力做功多少?(设运动员的质量为 $m = 60 \text{ kg}$)

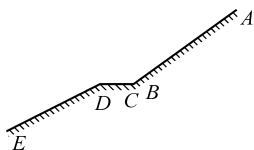


图 3-2-1

解析 (1) 由于运动员从 D 点飞出时的速度水平,且飞行中的空气阻力不计,所以从 D 点飞出运动员做平抛运动,则有: $v = \frac{s_x}{t} = \frac{60}{2} = 30 \text{ m/s}$

依题意,B 点到 D 点运动员的速度大小不变,故下滑到 B 点时速度大小是 30 m/s。

(2) 若不计阻力,则在下滑过程中机械能守恒,有: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

所以下降的高度为: $h = \frac{v^2}{2g} = 45 \text{ m}$ 。

(3) 根据能量关系,有: $mgH - W_f = \frac{1}{2}mv^2$

代入数据解得运动员克服阻力做功为: $W_f = mgH - \frac{1}{2}mv^2 = 3\,000 \text{ J}$ 。



【方法技巧】 该题所描述情境的物理特征是:运动员沿助滑雪道 AB 在重力的作用下匀加速下滑(有恒定阻力时仍是匀加速);由 B 点通过起跳平台 CD 使速度方向变为水平;离开起跳平台后做平抛运动,最后落在着陆雪道 DE 上.以上分析表明,弄清运动员的受力特征和运动状态是关键.

题型二 力学知识在交通安全方面的应用

规律方法 从最基本的概念、规律和方法出发考虑这类问题,必要时画示意图,而且要选好角度,这可以大大降低思考的难度,尤其对于涉及对象较多或空间想象能力要求较高的题目.

【调研 2】 (06 年上海高考题)要求摩托车由静止开始在尽量短的时间内走完一段直道,然后驶入一段半圆形的弯道,但在弯道上行驶时车速不能太快,以免因离心作用而偏出车道.求摩托车在直道上行驶所用的最短时间,有关数据见表格.

起动加速度 a_1	4 m/s^2
制动加速度 a_2	8 m/s^2
直道最大速度 v_1	40 m/s
弯道最大速度 v_2	20 m/s
直道长度 s	218 m

某同学是这样解的:要使摩托车所用时间最短,应先由静止加速到最大速度 $v_1 =$

40 m/s ,然后再减速到 $v_2 = 20 \text{ m/s}$, $t_1 = v_1/a_1 = \dots$; $t_2 = (v_1 - v_2)/a_2 = \dots$; $t = t_1 + t_2$

你认为这位同学的解法是否合理?若合理,请完成计算;若不合理,请说明理由,并用你自己的方法算出正确结果.

解析 不合理,因为按这位同学的解法可得: $t_1 = 10 \text{ s}$ 、 $t_2 = 2.5 \text{ s}$,总位移: $s_0 = 275 \text{ m} > s$,故不合理.

由上可知摩托车不能达到最大速度 v_2 ,设满足条件的最大速度为 v ,则:

$$\frac{v^2}{2a_1} + \frac{v^2 - v_2^2}{2a_2} = s, \text{解得: } v = 36 \text{ m/s}$$

$$\text{又 } t_1 = v/a_1 = 9 \text{ s}, t_2 = (v - v_2)/a_2 = 2 \text{ s}$$

$$\text{因此所用的最短时间为: } t = t_1 + t_2 = 11 \text{ s.}$$

【互动研习 1】 若摩托车和驾驶员的总质量为 200 kg ,弯道半径 $R = 100 \text{ m}$,为避免因离心作用而偏出车道,则车道对摩托车的摩擦力为多大?

【误点警示】 这位同学的错解在于没有充分考虑直道上行驶所用时间最短的制约条件,想当然地代入最大速度.

【调研 3】 (改编题)在某市区内,一辆小汽车在平直公路上以速度 v_A 向东匀速行驶,一位观光游客正由南向北从斑马线上横过马路,汽车司机发现前方有危险(游客正在 D 处向北走),经 0.7 s 作出反应,从 A 点开始紧急刹车,但仍将正步行至 B 处的游客撞伤,

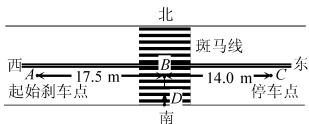


图 3-2-2



该汽车最终在 C 处停下,如图 3-2-2 所示.为了判断汽车司机是否超速行驶,需测出肇事汽车速度 v_A ,警方派一车胎磨损情况与肇事车相当的警车以法定最高速度 $v_m = 14.0 \text{ m/s}$ 行驶在同一马路的同一地段,在肇事汽车的出事点 B 急刹车,恰好也在 C 点停下来.在事故现场测得 $\overline{AB} = 17.5 \text{ m}$ 、 $\overline{BC} = 14.0 \text{ m}$ 、 $\overline{BD} = 2.6 \text{ m}$.求:

- (1) 该肇事汽车的初速度 v_A 是多大?
- (2) 游客横过马路的速度是多大?

解析 (1) 警车和肇事汽车刹车后均做匀减速运动,其加速度大小 $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$,

与车子的质量无关,可将警车和肇事汽车做匀减速运动的加速度 a 的大小视作相等

对警车,有: $v_m^2 = 2as$

对肇事汽车,有: $v_A^2 = 2as'$

则 $v_m^2/v_A^2 = s/s'$,即 $v_m^2/v_A^2 = s/(\overline{AB} + \overline{BC}) = 14.0/(17.5 + 14.0)$

解得: $v_A = \sqrt{\frac{17.5 + 14.0}{14.0}} v_m = 21.0 \text{ m/s}$.

(2) 对肇事汽车,由 $v_0^2 = 2as \propto s$ 得: $v_A^2/v_B^2 = (\overline{AB} + \overline{BC})/\overline{BC} = (17.5 + 14.0)/14.0$

故肇事汽车在出事点 B 的速度为: $v_B = \sqrt{\frac{14.0}{17.5 + 14.0}} v_A = 14.0 \text{ m/s}$

肇事汽车从刹车点到出事点的时间为: $t_1 = 2\overline{AB}/(v_A + v_B) = 1 \text{ s}$

又司机的反应时间 $t_0 = 0.7 \text{ s}$,故游客横过马路的速度为: $v' = \frac{\overline{BD}}{t_0 + t_1} =$

$\frac{2.6}{0.7 + 1} \text{ m/s} \approx 1.53 \text{ m/s}$.

【互动研习 2】 要避免与游客相撞,肇事汽车应在距 B 多远发现危险并刹车?

【误点警示】 本题把肇事汽车和警车作对比,因为由牛顿第二定律知:它们刹车时的加速度大小相等,再结合运动学公式,第一问顺利地求解.求解第二问时,游客横过马路的时间应为从司机看到游客时算起,到发生事故时止的这段时间,而不是肇事汽车在图中 AB 段行驶的时间,这也是最容易出错的地方,千万小心.

题型三 力学知识在科技实验方面的应用

规律方法 这类问题必要时应提出疑问,并探求结果的意义.面对题目给出的实际现象,应能抓住现象的本质特征,分析原因、原因的原因……,抓住了这串因果链,实际上就是找到了解题思路,向物理问题的转化也就自然实现了.

【调研 4】 (06 年南昌高三调研) 某科研火箭从一无大气层的行星的一个极直直向上发射,由火箭传来的无线电信息表明:从火箭发射时的一段时间 t 内(火箭喷气过程),火箭上所有物体对支持物的压力或对其悬挂装置的拉力是火箭发射前的 1.8 倍,除此之外,在落回行星表面前的所有时间内,火箭里的物体处于失重状态,问从火箭发射到落回行星表面经过多少时间?(行星引力大小随距行星表面高度的变



化可忽略不计)

解析 设行星表面的重力加速度为 g' , 则时间 t 内火箭以恒定加速度 $a = 0.8g'$ 做匀加速运动, 上升的高度和达到的速度分别为

$$h = \frac{1}{2}at^2 = 0.4g't^2, v_0 = 0.8g't$$

以后火箭做初速度为 v_0 的竖直上抛运动, 落到行星上的时间为 t'

$$-h = v_0t' - \frac{1}{2}g't'^2, \text{得 } t' = 2t$$

故火箭发射到落回行星的表面所需要的总时间 $t_{\text{总}} = t' + t = 3t$.

【技巧点拨】火箭的运行分为匀加速上升和竖直上抛运动, 匀加速上升阶段, 因为物体处于超重状态, 应用牛顿第二定律可以求出加速度, 并运用运动学的相关知识求出加速上升的距离. 在竖直上抛到落到地面的整个过程是匀减速运动, 应用了统一的公式 $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$.



视点集训

- (T1 强化) 在平坦的垒球运动场上, 击球手挥动球棒将垒球水平击出, 垒球飞行一段时间后落地. 若不计空气阻力, 则
 - 垒球落地时瞬时速度的大小仅由初速度决定
 - 垒球落地时瞬时速度的方向仅由击球点离地面的高度决定
 - 垒球在空中运动的水平位移仅由初速度决定
 - 垒球在空中运动的时间仅由击球点离地面的高度决定
- (T3 强化) 宇航员在月球上做自由落体实验, 将某物体由距月球表面高 h 处释放, 经时间 t 后落到月球表面 (设月球半径为 R). 据上述信息推断, 飞船在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动所必须具有的速率为
 - $\frac{2\sqrt{Rh}}{t}$
 - $\frac{\sqrt{2Rh}}{t}$
 - $\frac{\sqrt{Rh}}{t}$
 - $\frac{\sqrt{Rh}}{2t}$

- (T1 强化) 跳台滑雪是勇敢者的运动, 它是利用山势特别建造的跳台进行的, 运动员穿着专用滑雪板, 不带雪杖在助滑路上取得高速后起跳, 在空中飞行一段距离后着陆. 这项运动极为壮观, 设一位运动员由 a 点沿水平方向跃起, 到 b 点着陆, 如图 3-2-4 所示, 测得 ab 间距离 $l = 40 \text{ m}$, 山坡倾角 $\theta = 30^\circ$, 试计算运动员起跳的速度和他在空中飞行的时间. (不计空气阻力, g 取

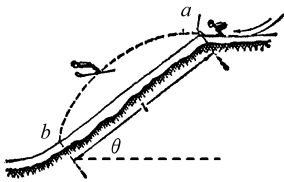


图 3-2-4



10 m/s^2)

4. (T2 强化) 下雪天, 卡车在平直的高速公路上匀速行驶. 司机突然发现前方停着一辆故障车, 他将刹车踩到底, 车轮被抱死, 但卡车仍向前滑行, 并撞上故障车, 且推着它共同滑行了一段距离 l 后停下. 事故发生后, 经测量, 卡车刹车时与故障车距离为 L , 撞车后共同滑行的距离 $l = \frac{8}{25}L$. 假定两车轮胎与雪地之间的动摩擦因数相同. 已知卡车质量 M 为故障车质量 m 的 4 倍.

(1) 设卡车与故障车相撞前的速度为 v_1 , 两车相撞后的速度变为 v_2 , 求 v_1/v_2 ;

(2) 卡车司机至少在距故障车多远处采取同样的紧急刹车措施, 事故才能免于发生?

5. (T3 强化) 美国密执安大学五名学习航空航天工程的大学生搭乘 NASA 的飞艇参加了“微重力学生飞行机会计划”, 飞行员将飞艇开到 $6\,000 \text{ m}$ 的高空后, 让其由静止下落, 以模拟一种微重力的环境, 下落过程中飞艇所受空气阻力为其重力的 0.04 倍, 这样, 可以获得持续 25 s 之久的失重状态, 大学生们就可以进行微重力影响的实验, 后接着飞艇又做匀减速运动, 若飞艇离地面的高度不得低于 500 m . 重力加速度 g 恒取 10 m/s^2 , 试计算:

(1) 飞艇在 25 s 内所下落的高度;

(2) 在飞艇后来的减速过程中, 大学生对座位的压力是重力的多少倍?

6. (T2 强化) 据有关信息表明, 超速是造成重大交通事故的主要原因之一, 所以浙江省在 2006 年 6 月 1 日起实行的《道路交通安全法》中明确规定: “在高速公路上, 大客车、大货车的行驶速度不得超过 90 km/h , 小轿车的行驶速度不得超过 110 km/h ”.

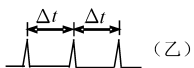


图 3-2-5

这项条例的实现依赖于对车速及时、准确的测定, 现假定用超声波测速仪测量车速, 测量原理是: 超声波测速仪每隔一相等

时间 Δt_0 , 发出一超声脉冲信号 (如图 3-2-5(甲)所示), 每隔一段时间 Δt 接收到一经汽车反射回的该超声脉冲信号, 若汽车匀速行驶, 则间隔时间 Δt 相同 (如图 3-2-5(乙)所示), 根据发出和接收到的信号间的时间间隔和声速, 测出被测汽车的速度. 现有一发动机额定功率为 100 kW 的小轿车正以 108 km/h 的速度正对测速仪运行, 若该车运行时所受阻力为 $2\,500 \text{ N}$, 测速仪发出超声波信号的时间间隔 $\Delta t_0 = 0.1 \text{ s}$, 空气中的声速为 $v_{\text{声}} = 340 \text{ m/s}$, 求:

(1) 该车运行时所能达到的最大速度;

(2) 该车以 108 km/h 的速度行驶时的实际功率;

(3) 此时运行情境如图 3-2-6 所示, 则 Δt _____ Δt_0

(填 >、=、< 号), 并推导出 Δt 的表达式.



图 3-2-6

【参考答案】

互动研习答案提示：

1. 由圆周运动动力学得 $f = m \frac{v_2^2}{R} = 800 \text{ N}$.
2. 在反应时间内的位移为 $s_1 = v_A t_0 = 21.0 \times 0.7 \text{ m} = 14.7 \text{ m}$, 紧急刹车后的位移为 $s_2 = \overline{AB} + \overline{BC} = 31.5 \text{ m}$, 所以肇事汽车应在距 B 的距离 $s = s_1 + s_2 = 46.2 \text{ m}$ 处发现危险并刹车.

强化闯关参考答案：

1. D 垒球被水平击出后, 做平抛运动, 所以时间仅由击球点离地面的高度决定, 水平位移由初速度和击球点高度共同决定.
2. B 设月球表面的重力加速度为 g , 则有 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 设飞船在月球表面附近绕月球做匀速圆周运动所必须具有的速率为 v , 则有 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, 且 $mg = G \frac{Mm}{R^2}$, 联立各式解得 $v = \frac{\sqrt{2Rh}}{t}$.
3. 运动员起跳后可当作平抛运动来处理, 则有 $h = l \sin 30^\circ = \frac{1}{2} g t^2$, $x = l \cos 30^\circ = v_0 t$, 代入数据即可解得起跳速度 $v = 17.3 \text{ m/s}$, 飞行时间 $t = 2 \text{ s}$.
4. (1) 由碰撞过程动量守恒知, $Mv_1 = (M + m)v_2$, 结合 $M = 4m$ 解得 $v_1/v_2 = 5/4$.
 (2) 设卡车刹车前速度为 v_0 , 轮胎与雪地之间的动摩擦因数为 μ , 两车相撞前卡车的动能变化为 $\frac{1}{2} Mv_0^2 - \frac{1}{2} Mv_1^2 = \mu MgL$, 得 $v_0^2 - v_1^2 = 2\mu gL$; 碰撞后两车共同向前滑动, 动能变化为 $\frac{1}{2} (M + m)v_2^2 - 0 = \mu (M + m)gl$, 得 $v_2^2 = 2\mu gl$; 又因 $l = \frac{8}{25}L$, 得 $v_0^2 = 3\mu gL$. 如果卡车滑到故障车前就停止, 由 $\frac{1}{2} Mv_0^2 - 0 = \mu MgL'$, 故 $L' = \frac{3}{2}L$. 这意味着卡车司机在距故障车至少 $\frac{3}{2}L$ 处紧急刹车, 事故才能免于发生.
5. (1) 设飞艇在 25 s 内下落的加速度为 a_1 , 根据牛顿第二定律可得 $mg - F_1 = ma_1$, 解得 $a_1 = \frac{mg - F_1}{m} = \frac{10m - 0.04 \times 10m}{m} = 9.6 \text{ m/s}^2$, 所以飞艇在 25 s 内下落的高度 $h_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{1}{2} \times 9.6 \times 25^2 = 3\,000 \text{ m}$.
 (2) 25 s 后, 飞艇将做减速运动, 减速时飞艇的速度 $v = a_1 t = 9.6 \times 25 = 240 \text{ m/s}$ 减速运动下落的最大高度 $h_2 = 6\,000 - 3\,000 - 500 = 2\,500 \text{ m}$



减速运动时飞艇的加速度大小至少为 $a_2 = \frac{v^2}{2h_2} = \frac{240^2}{2 \times 2500} = 11.52 \text{ m/s}^2$

所以飞艇对大学生的支持力 $F_N = m(g + a_2) = 2.152mg$

由牛顿第三定律可知 $F_N' = -F_N$, 即大学生对座位的压力是其重力的 2.152 倍.

6. (1) 当该车的加速度为零 (即 $F = f$) 时, 运行速度达到最大值 v_m , 所以有 $v_m = \frac{P}{f} =$

$$\frac{10^5}{2500} \text{ m/s} = 40 \text{ m/s}, \text{ 即 } v_m = 144 \text{ km/h}.$$

(2) 当小轿车以 108 km/h 的速度正对测速仪运行时的功率为 $P = fv = 2500 \times \frac{108}{3.6} \text{ W} = 75 \text{ kW}.$

(3) 依题意画出此过程超声脉冲信号的 $s-t$ 图象, 如图 3-2-7 所示. A 、 B 两点分别表示为超声波与车相遇的时刻, O 、 O' 分别表示发射第一、二列超声波的时刻. 设 OA 、 $O'B$ 段时间分别为 t_1 、 t_2 , AB 时间内车行驶位移为 s , 超声波和车的速度分别为 v_1 和 v_2 . 则对超声波有: $v_1(t_1 - t_2) = s$, 对车有 $v_2(t_1 + \Delta t_1 + t_2) = v_2[t_1 + (\Delta t_0 - 2t_1) + t_2] = s$, 即 $v_2[\Delta t_0 - (t_1 - t_2)] = s$, 由上两式可得 $t_1 - t_2 =$

$$\frac{v_2}{v_1 + v_2} \Delta t_0, \text{ 所以 } \Delta t = \Delta t_1 + 2t_2 = \Delta t_0 - 2t_1 + 2t_2 = \Delta t_0 - 2$$

$$(t_1 - t_2) = \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} \Delta t_0, \text{ 即得 } \Delta t < \Delta t_0.$$

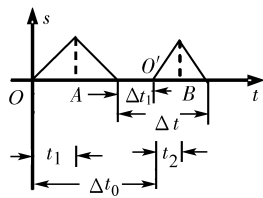


图 3-2-7

视点 3 图象问题的分析和应用

视点导读

一、高考热点:

1. 看懂试题中的示意图, 从图中提取所需的信息;
2. 力学中的 $v-t$ 图象、 $s-t$ 图象、 $F-a$ 图象、 $F-v$ 图象、振动图象、波动图象的意义及应用.

二、考查方式与特点:

近几年高考试题对考生“识图”、“用图”能力的考查越来越突出, 大多数试题配有示意图和图象. 因为物理图象能形象地表述物理规律, 直观地描述物理过程, 鲜明地表示物理量之间的相互关系及变化趋势, 所以有关图象及其运用为背景的命题, 成

为近年来高考考查的热点. 因此看懂图并能提取所需的信息, 是一个非常重要的能力. 一般高考的 12 个题中有一半的题配有图或要用图来分析.

三、应对策略:

针对图象在高考中的独特地位, 要求考生能做到三会: (1) 会识图: 认识图象, 理解图象的物理意义; (2) 会做图: 依据物理现象、物理过程、物理规律作出图象, 且能对图象变形或转换; (3) 会用图: 能用图象分析实验, 用图象描述复杂的物理过程, 用图象法来解决物理问题.



题型一 示意图的分析

规律方法 试题所配备的示意图与文字配合, 常反映物体间或物体各部分间的空间关系, 反映研究对象所处的物理情境, 反映研究对象的运动状态等. 因此要能从示意图中挖掘出隐含条件.

【调研 1】(改编题) 两木块自左向右运动, 现用高速摄影机在同一底片上多次曝光, 记录下每次曝光时木块的位置, 如图 3-3-1 所示, 连续两次曝光的时间间隔是相等的, 则由图可知

- A. 在时刻 t_2 以及时刻 t_3 两木块速度相同
- B. 在时刻 t_3 两木块速度相同
- C. 在时刻 t_3 和时刻 t_4 之间某瞬时两木块速度相同
- D. 在时刻 t_4 和时刻 t_5 之间某瞬时两木块速度相同

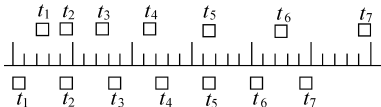


图 3-3-1

解析 设连续两次曝光的时间间隔为 t , 记录木块位置的直尺最小刻度间隔长为 l , 由题图可以看出下面木块间隔均为 $4l$, 木块做匀速直线运动, 速度 $v = \frac{4l}{t}$. 上面木块相邻的时间间隔内木块的间隔分别为 $2l, 3l, 4l, 5l, 6l, 7l$, 相邻相等时间间隔 t 内的位移之差为 $\Delta l = l = \text{恒量}$, 所以上面木块做匀变速直线运动, 它在某段时间的平均速度

等于中间时刻的瞬时速度得 t_2, t_3, t_4, t_5 时刻的瞬时速度分别为: $v_2 = \frac{2l+3l}{2t} = \frac{5l}{2t}, v_3 =$

$$\frac{3l+4l}{2t} = \frac{7l}{2t}, v_4 = \frac{4l+5l}{2t} = \frac{9l}{2t} \text{ 和 } v_5 = \frac{5l+6l}{2t} = \frac{11l}{2t}$$

可见速度 $v = \frac{4l}{t}$ 介于 v_3, v_4 之间, 选项 C 正确.

【互动研习 1】若连续两次曝光的时间间隔为 t , 则上面木块的加速度为多大?

视野开拓



【误点警示】 本题的示意图几乎隐了解题所需的所有信息,若考生无法从附图信息中获取两木块的运动状态,就无法求出两木块对应各时刻的速度,也就不能对此题作出正确的判断。

题型二 物理图象的分析

规律方法 在定性分析物理图象时,要明确图象中的横轴与纵轴所代表的物理量;要区分图象中相关物理量正负值的物理意义;要注意分析各段不同函数形式的图象所表征的物理过程;要弄清图象物理意义,借助有关的物理概念、公式、定理和定律作出分析判断。而对物理图象定量计算时,要搞清楚图象所揭示的物理规律或物理量间的函数关系;要善于挖掘图象中的隐含条件;明确有关图象所包围的面积、图象在某位置的斜率(或其绝对值)、图象在纵轴和横轴上的截距所表示的物理意义;根据图象所描绘的物理过程,运用相应的物理规律计算求解。

【调研 2】 (06 年高考广东卷) a 、 b 两物体从同一位置沿同一直线运动,它们的速度图象如图 3-3-2 所示,下列说法正确的是

- A. a 、 b 加速时,物体 a 的加速度大于物体 b 的加速度
 B. 20 s 时, a 、 b 两物体相距最远
 C. 60 s 时,物体 a 在物体 b 的前方
 D. 40 s 时, a 、 b 两物体速度相等,相距 200 m

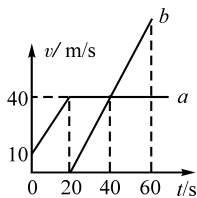


图 3-3-2

解析 在 $v-t$ 图象中,图象的斜率表示加速度,所以 a 、 b 加

速时,物体 a 的加速度为 $a_a = \frac{40-10}{20} = \frac{3}{2} \text{ m/s}^2$, b 的加速度为 $a_b = \frac{40-0}{20} = 2 \text{ m/s}^2$,所以 a 的加速度小于 b 的加速度,选项 A 错误;图象和时间轴所围的面积表示位移,当 $t = 40 \text{ s}$ 时,两物体的速度相等,此时两物体间距最大为 $s = 900 \text{ m}$,故选项 B、D 错误;当 $t = 60 \text{ s}$ 时, a 的位移大于 b 的位移. 据此得出正确的答案为 C.

【误点警示】 有些考生错误地认为图象相交时表示两物体相遇,从而得出错误的答案. 其原因是没有理解 $v-t$ 图象的物理意义,将其与位移图象混淆了。

【调研 3】 (改编题) 质点所受的力 F 随时间变化的规律如图 3-3-3 所示,力的方向始终在一条直线上. 已知 $t = 0$ 时质点的速度为零. 在图 3-3-3 所示的 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 各时刻中,哪一时刻质点的动能最大

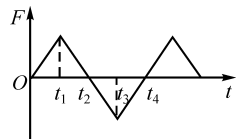


图 3-3-3

- A. t_1 B. t_2 C. t_3 D. t_4

解析 从力与加速度和速度关系的角度分析看,在该题 $F-t$ 图象中,从 $0 \sim t_2$ 过程, F 的大小虽然有变化,但方向与 v 的方向始终一致,即 a 与 v 的方向也始终一致,因此在该过程中 v 一直在增大,并在 t_2 时刻达到最大,故动能也最大。

从动能与动量的角度分析看,在该题的 $F-t$ 图中,斜线与横轴所包围的面积为冲量 $I = F \cdot t$,再由动量定理可知物体所受合外力的冲量等于动量的变化. 由图可知

在 t_2 时刻动量最大,由动量和动能关系式 ($2mE_k = p^2$) 可知,在 t_2 时刻动能也达到最大.

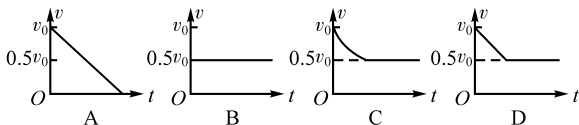
从上述两种不同角度来分析,都可得出正确选项应是 B.

【方法技巧】 该题可从不同角度去认识理解,可以从力与加速度和速度关系的角度去认识,也可以从动量与动能关系的角度去认识.由以上分析可看出从力与加速度和速度关系入手更为直接.

题型三 物理图象的选择

规律方法 求解物理图象的选择(可称之为“选图题”)类问题可用“排除法”,即排除与题目要求相违背的图象,留下正确图象;也可用“对照法”,即按照题目要求画出正确草图,再与选项对照.解决此类问题的关键就是把握图象特点、分析相关物理量的函数关系或物理过程的变化规律.

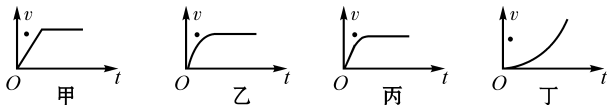
【调研 4】 (06 年杭州模拟)汽车在平直公路上以速度 v_0 匀速行驶,发动机功率为 P .快进入闹市区时,司机减小了油门,使汽车的功率立即减小一半并保持该功率继续行驶.下面四个图象中,哪个图象正确表示了从司机减小油门开始,汽车的速度与时间的关系



解析 由题意可知,快进入闹市区时,司机减小了油门,使汽车的功率立即减小一半并保持该功率继续行驶,但速度不能突变,应由 v_0 开始逐渐减小,故可排除选项 B;减小油门后功率立即减小一半并保持该功率继续行驶,由 $P/2 = Fv$ 可知,此时牵引力也立即减为原来的一半,在速度减小时牵引力逐渐增大,但小于阻力 f ,故加速度 $a = \frac{F-f}{m}$ 逐渐减小(方向与速度方向相反),最后当牵引力重新等于阻力 f 时,速度趋向恒定,为 $v = \frac{1}{2}v_0$,所以可排除选项 A、D,即正确答案应为 C.

【互动研习 2】 若汽车以下列两种方式起动,且沿直线运动(设阻力不变).方式①汽车以不变的额定功率起动;方式②汽车的起动功率先随速度均匀增加,后保持额定功率不变.下图中给出的四个图象中,能够正确反映汽车的速度 v 随时间变化的是

- A. 甲对应方式①,乙对应方式② B. 乙对应方式①,丙对应方式②
C. 甲对应方式①,丙对应方式② D. 丙对应方式①,丁对应方式②



视野开拓



【方法技巧】 对此类题,首先分析运动情况,确定运动物体的开始和结束状态,其次判断运动的性质、速度的变化及方向、加速度的大小和方向,从而确定其运动图象.

题型四 物理图象的描绘

规律方法 求解物理图象的描绘(可称之为“作图题”)问题的方法是,首先和解答常规题一样,仔细分析物理现象,弄清物理过程,求解有关物理量或分析其与相关物理量间的变化关系,然后正确无误地作出图象.在描绘图象时,要注意物理量的单位,坐标轴标度的适当选择及函数图象的特征等.

【调研5】 (原创题)如图3-3-4所示,一根轻弹簧上端固定在 O 点,下端拴一钢球 P ,球处于静止状态.现对球施加一个方向向右的外力 F ,使球缓慢偏移,在移动中的每一个时刻,都可以认为钢球处于平衡状态.若外力 F 方向始终水平,移动中弹簧与竖直方向的夹角 $\theta < 90^\circ$ 且弹簧的伸长量不超过弹性限度,试着大致画出弹簧的伸长量 x 与 $\cos \theta$ 的函数关系图象.

解析 设弹簧的劲度系数为 k ,当弹簧与竖直方向的夹角为 θ 时,则根据物体的平衡条件得: $kx = mg/\cos \theta$

由上式可得: $x \cos \theta = mg/k = \text{常量}$,即 x 与 $\cos \theta$ 成反比例函数,因此图象应是双曲线在第一象限中的一支,如图3-3-5所示.

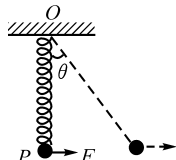


图3-3-4

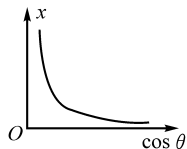


图3-3-5

【方法技巧】 要画出这类物理量之间的关系图象,关键要先推导出相关物理量的关系式,即类似数学中的函数关系.然后再适当地注意其制约条件.

题型五 物理图象的应用

规律方法 在利用图象法求解物理问题(可称之为“图象法”)时,要根据题意把抽象的物理过程用图象表示出来,将物理间的代数关系转化为几何关系、运用图象直观、简明的特点,分析解决物理问题.

【调研6】 如图3-3-6所示,声源 S 和观察者 A 都沿 x 轴正方向运动,相对于地面的速率分别为 v_S 和 v_A .空气中声音传播的速率为 v_P .设 $v_S < v_P, v_A < v_P$,空气相对于地面没有流动.

(1)若声源相继发出两个声信号的时间间隔为 Δt .请根据发出的这两个声信号从声源传播到观察者的过程,确定观察者接收到这两个声信号的时间间隔 $\Delta t'$;

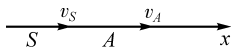


图3-3-6

(2)请利用(1)的结果,推导此情形下观察者接收到的声波频率与声源发出的声波频率间的关系.

解析 如图3-3-7所示,在 $s-t$ 图象中, t_1, t_2 为声源 S 发出两个信号的时刻, t'_1, t'_2 为观察者 A 接收到两个信号的时刻,直线 Oc 为声源 S 的 $s-t$ 图象,直线 Ob 和

ce 分别是声源相继发出的两个信号的 $s-t$ 图象, b, c, e 为图象的交点, 直线 abe 为观察者 A 的 $s-t$ 图象. 而在 $s-t$ 图象中直线的斜率大小 ($k = \tan \theta$) 即表示速率, 交点 b 和 e 即为观察者接收到信号时刻的情况, Oa 为 t_1 时刻两者间的距离

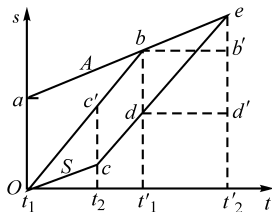


图 3-3-7

作 t_2 时刻线交 Ob 于 c' 点, 作 t'_1 时刻线交 ce 于 d 点, 作 t'_2 时刻线经 e 点, 分别过 b, d 点作 t'_2 时刻线的垂线, 垂足为 b', d' .

由图知: $cc' = (t_2 - t_1)v_p - (t_2 - t_1)v_s$, $db = d'b' = (t'_2 - t'_1)v_p - (t'_2 - t'_1)v_A$
 又可证知 $cc'bd$ 为平行四边形, $cc' = db$

将 $t_2 - t_1 = \Delta t$, $t'_2 - t'_1 = \Delta t'$ 代入, 由以上的二式联立解得: $\Delta t' = \frac{v_p - v_s}{v_p - v_A} \Delta t$.

(2) 设声源发出声波的振动周期为 T , 这样, 由以上结论, 观察者接收到的声波振动的周期 T' 为: $T' = \frac{v_p - v_s}{v_p - v_A} \cdot T$

由此可得, 观察者接收到的声波频率与声源发出声波频率间的关系为: $f' = \frac{v_p - v_A}{v_p - v_s} \cdot f$.

【方法技巧】 该题的物理过程比较复杂, 从实际情况来看, 很多考生在理解和叙述上都有较大的难度, 若能利用 $s-t$ 图象来分析求解则会更直观、简便.

视点集训

1. (T2 强化) 伽利略通过研究自由落体和物块沿光滑斜面的运动, 首次发现了匀加速运动规律. 伽利略假设物块沿斜面运动与物块自由下落遵从同样的法则, 他在斜面上用刻度表示物块滑下的路程, 并测出物块通过相应路程的时间, 然后用图象表示整个运动过程, 如图 3-3-8 所示. 图中 OA 表示测得的时间, 矩形 $OAED$ 的面积表示该时间内物块经过的路程, 则图中 OD 的长度表示 _____, P 为 DE 的中点, 连接 OP 且延长交 AE 的延长线于 B , 则 AB 的长度表示 _____.

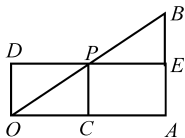


图 3-3-8

2. (T1 强化) 如图 3-3-9 所示, 在同一竖直面内, 小球 a, b 从高度不同的两点, 分别以初速度 v_a 和 v_b 沿水平方向抛出, 经过时间 t_a 和 t_b 后落到与两抛出点水平距离相等的 P 点. 若不计空气阻力, 下列关系式正确的是
- A. $t_a > t_b$, $v_a < v_b$ B. $t_a > t_b$, $v_a > v_b$
 C. $t_a < t_b$, $v_a < v_b$ D. $t_a > t_b$, $v_a > v_b$



3. (T3 强化) 物体 A 的质量为 1 kg , 置于水平地面上, A 与地面的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 从 $t = 0$ 开始 A 以一定初速度 v_0 向右滑行, 同时受到一个水平向左的恒力 $F = 1 \text{ N}$ 的作用, 则能反映物体受到的摩擦力 f 随时间变化的图象是 (取向右为正方向, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

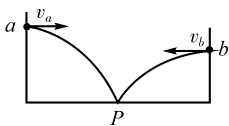
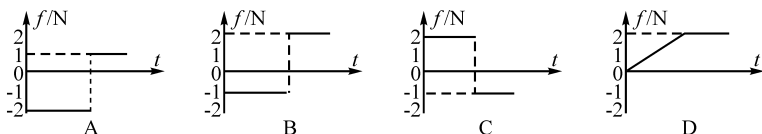
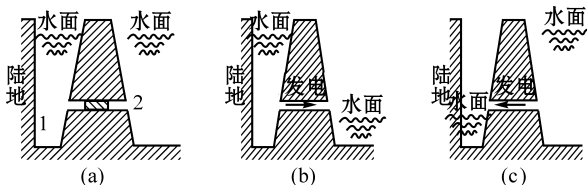


图 3-3-9

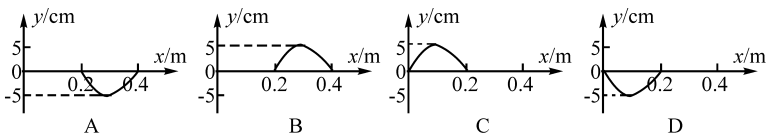


4. (T1 强化) 潮汐能是一种很有潜力的待开发的新能源. 下图是双向潮汐发电站示意图. 涨潮时, 水经通道进入海湾, 待内外水位高度相同, 堵住通道, 如图 (a). 潮落至最低时放水发电如图 (b). 待内外水面高度相同, 再堵住通道, 直到下次涨潮至最高点, 再放水发电如图 (c). 设海湾面积为 S (随高度增加面积的变化可忽略), 涨潮与落潮水位差为 h , 海水密度为 ρ , 则一次涨、落潮可以发电的海水势能约为



- A. ρSh^2 B. $\rho Sh^2/2$ C. $\rho Sh^2 g$ D. $\rho Sh^2 g/2$

5. (T3 强化) 一质点以坐标原点 O 为中心位置在 y 轴上振动, 其振幅为 0.05 m , 周期为 0.4 s . 振动在介质中产生的简谐波沿 x 轴正方向传播, 其速度为 1.0 m/s . 计时开始时该质点在坐标原点 O , 速度方向为 y 轴正方向. 0.2 s 后此质点立即停止振动, 则再经过 0.2 s 后的波形是下面 4 个图象中的



6. (T2 强化) 一个质量为 4 kg 的物体静止在足够大的水平地面上, 物体与地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.1$. 从 $t = 0$ 开始, 物体受到一个大小和方向呈周期性变化的水平力 F 的作用, 力 F 随时间的变化规律如图 3-3-10 所示. 求 83 秒内物体的位移大小和力 F 对物体所做的功. g 取 10 m/s^2 .

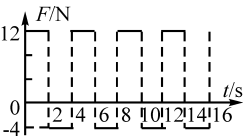


图 3-3-10

7. (T5 强化) 细绳的一端在外力作用下从 $t = 0$ 时刻开始做简谐运动, 激发出一列简谐横

波.在细绳上选取 15 个点,图 3-3-11(a)为 $t=0$ 时刻各点所处的位置,图 3-3-11(b)为 $t=T/4$ 时刻的波形图(T 为波的周期).在图 3-3-11(c)中画出 $t=3T/4$ 时刻的波形图.

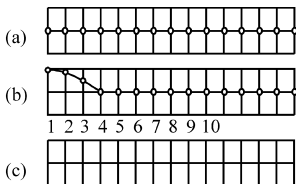


图 3-3-11

8. (T 4 强化)以初速度 $v_A = 40 \text{ m/s}$ 竖直上抛一个小球 A,经时间 Δt 后又以初速度 $v_B = 20 \text{ m/s}$ 竖直上抛另一个小球 B.为了使两球在空中相遇(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$),试分析 Δt 应满足什么条件?

【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 由匀变速规律可知 $a = \frac{\Delta s}{t^2} = \frac{l}{t^2}$.
2. B 汽车以不变的额定功率起动,则汽车做变加速运动,最后匀速运动;汽车的起动功率先随速度均匀增加,后保持额定功率不变,则汽车先做匀加速运动,后做变加速运动,最后匀速运动.

强化闯关参考答案:

1. 匀变速直线运动的 $v-t$ 图象所围面积表示位移,中位线表示平均速度;最高点的纵坐标表示末速度.
2. A 由示意图可知, a 球下落高度比 b 大,故下落时间应有 $t_a > t_b$,又因与抛出点水平距离相等,故由 $s = v_0 t$ 可知 $v_a < v_b$.
3. A 前一段时间内,物体做减速运动,摩擦力方向与速度方向相反,大小为 $f = \mu mg = 2 \text{ N}$,静止后由平衡条件可知 $f = -F = 1 \text{ N}$.
4. C 水的重力势能 $mgh/2$ 转化为电能,每次涨、落潮共发电两次.
5. B 经 0.2 s 后此质点立即停止运动,再经过 0.2 s 后波形共传播了 0.4 s ,所以此时波形传播到 0.4 m 处;又因计时开始时该质点在坐标原点 O 且速度方向为 y 轴正方向,所以选项 B 正确.
6. 当物体在前半周期时由牛顿第二定律得 $F_1 - \mu mg = ma_1$,加速度大小 $a_1 = (F_1 - \mu mg)/m = (12 - 0.1 \times 4 \times 10)/4 = 2 \text{ m/s}^2$;当物体在后半周期时由牛顿第二定律得 $F_2 + \mu mg = ma_2$,加速度大小 $a_2 = (F_2 + \mu mg)/m = (4 + 0.1 \times 4 \times 10)/4 = 2 \text{ m/s}^2$.前半周期和后半周期位移相等,均为 $x_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 = 4 \text{ m}$,一个周期的位移为 8 m ,最后 1 s 的位移为 3 m , 83 s 内物体的位移大小为 $x = 20 \times 8 + 4 + 3 = 167 \text{ m}$.一个周期内 F 做的功为 $W_1 = (F_1 - F_2)x_1 = (12 - 4) \times 4 = 32 \text{ J}$, 83 s 力 F 对物体所做的功 $W = 20 \times 32 + 12 \times 4 - 4 \times 3 = 676 \text{ J}$.

一个人从另一个人的谗言中所得来的光明,比从自己的理解力、判断力中所得来的光明更为干净纯粹。

——培根

名言
警句



7. 设每两个相邻点之间的距离为 s , 则由图 (b) 可知该简谐横波的波长为 $\lambda = 12s$, 所以当 $t = 3T/4$ 时刻波传播到 10 号点, 此时 1 号点在最低点、4 号点在平衡位置和 7 号点在最高点, 运用“特殊点法”可作出波形图如 3-3-14 所示.

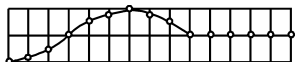


图 3-3-14

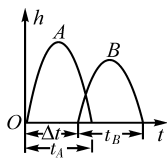


图 3-3-15

8. 两球在空中运动的时间分别为: $t_A = \frac{2v_A}{g} = 8 \text{ s}$, $t_B = \frac{2v_B}{g} = 4 \text{ s}$, 定性画出 $h-t$ 图象如图 3-3-15 所示, 由图知: 两球在空中相遇, 即 $h-t$ 图象交点的纵坐标不为 0, 其条件为: $t_A > \Delta t > t_A - t_B$, 即 $8 \text{ s} > \Delta t > 4 \text{ s}$.



原创题探讨

原创调研

【调研1】如图4-1-1所示, ad 、 bd 、 cd 是在竖直平面内三根固定的光滑细杆, a 、 b 、 c 、 d 位于同一圆周上, a 点为圆周的最高点, d 点为最低点. 每根杆上都套着一个小滑环(图中未画出), 三滑环分别从 a 、 b 、 c 处释放(初速为0), 用 t_1 、 t_2 、 t_3 依次表示各环到达 d 所用的时间, 则

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

解析 设某一细杆与水平面的夹角为 θ , 环受力如图4-1-2所示. 正交分解后可得环所受的合外力为: $F = mg \sin \theta$

由牛顿第二定律得滑环沿细杆下滑的加速度: $a = g \sin \theta$ ①

设圆的半径为 R , 由图4-1-2中几何关系可得该细杆的长度为: $L = 2R \sin \theta$ ②

小滑环沿该细杆由静止释放匀加速下滑, 根据运动学公式有:

$$L = \frac{1}{2} a t^2 \quad ③$$

由以上各式解得: $t = 2 \sqrt{\frac{R}{g}}$

上式表明: 小滑环沿细杆下滑所需时间与细杆的倾斜程度无关, 仅由半径 R 决定, 所以选项 D 正确.

【变式拓展1】若小滑环以大小为 v_0 的初速度分别从 a 、 b 、 c 处沿各细杆下滑, 其他条件不变. 则三滑环到达 d 所用时间的关系又如何?

解析 小滑环以大小为 v_0 的初速沿各细杆匀加速下滑, 则有: $L = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

结合上面①②两式可得: $2R \sin \theta = v_0 t + \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$

解上式可得: $t = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 4gR \sin^2 \theta}}{g \sin \theta}$, $t = \frac{-v_0 - \sqrt{v_0^2 + 4gR \sin^2 \theta}}{g \sin \theta}$ (舍去)

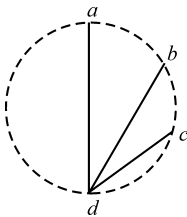


图4-1-1

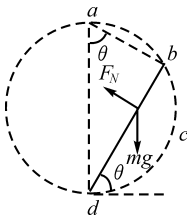


图4-1-2



上述结果表明:初速不为零的小滑环沿光滑细杆下滑时,所需时间与细杆的倾斜程度有关,且细杆倾角 θ 越大,所需时间 t 越大,所以有 $t_1 > t_2 > t_3$.

【变式拓展2】若细杆不光滑,且小滑环与各细杆间的动摩擦因数相同,均为 μ ,其他条件不变.则三滑环到达 d 所用的时间关系又如何?

解析 若细杆不光滑,则小滑环沿细杆下滑时,除受重力、弹力作用外,还受到平行于细杆向上的滑动摩擦力作用(如图4-1-3所示),由牛顿第二定律可得小滑环的加速度为: $a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$

$$\text{结合上面②③两式得: } 2R\sin\theta = \frac{1}{2}g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t^2$$

$$\text{所以 } t = 2\sqrt{\frac{R\sin\theta}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}} = 2\sqrt{\frac{R}{g(1 - \mu\cot\theta)}}$$

此式表明:初速为零的小滑环沿不光滑的细杆下滑时,所需时间与细杆的倾斜程度有关,且细杆倾角 θ 越大其所需时间 t 越小.所以有 $t_1 < t_2 < t_3$.

【变式拓展3】如图4-1-4所示,三个圆内切于 d 点(d 点为圆周最低点),切点和三圆心在同一条竖直线 dd' 上, ad 、 bd 、 cd 是在竖直平面内三根固定的光滑细杆, a 、 b 、 c 分别位于三个圆周上,且处于同一水平线上.三滑环分别从 a 、 b 、 c 处释放(初速为0),用 t_1 、 t_2 、 t_3 依次表示各环到达 d 所用的时间,则三滑环到达 d 所用的时间关系又如何?

解析 设竖直线 dp 长为 h ,某一细杆与水平面的夹角为 θ ,则杆长为: $L = \frac{h}{\sin\theta}$

$$\text{小滑环沿各细杆由静止匀加速下滑有: } a = g\sin\theta \text{ 和 } L = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{由以上三式可得: } t = \frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

上述结果表明:小滑环沿相同高度的光滑细杆下滑到同一点时,所需时间与细杆的倾斜程度有关,且细杆倾角 θ 越大其所需时间 t 越小.所以有 $t_1 < t_2 < t_3$.

【变式拓展4】空间一点与 d 间置一光滑细杆,小滑环从该点释放(初速为0),则滑环沿细杆滑到 d 所需时间相等的点所构成的几何图形为

- A. 直线 B. 平面 C. 圆锥面 D. 球面

解析 由上面分析可知,在空间滑到 d 所需时间相等的这些点,所构成的几何图

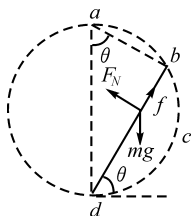


图4-1-3

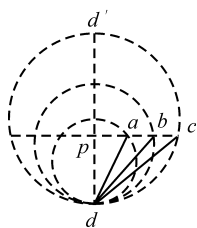


图4-1-4

形应是一个球面,我们不妨把它叫做“等时球面”.所以选项 D 正确.

【变式拓展 5】如图 4-1-5 所示,有一倾角未知的斜面在离底端 B 点 10 米的斜面上的 A 点竖立放着高 10 米的细杆 OA,OB 为一光滑的细钢绳.一圆环自静止无摩擦沿 OB 滑下,不计空气阻力,求其由 O 滑至 B 所需时间.(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

解析 以 A 点为圆心,以 OA 长为半径画圆,延长 OA 与圆相交于 D 点,如图 4-1-6 所示.可知 OD 为圆的直径.根据上面“等时球面”的结论不难得出:圆环从 O 滑至 B 所用时间与圆环从 O 落到 D 的时间相等,而圆环从 O

到 D 是自由落体运动,则有: $\overline{OD} = \frac{1}{2}gt^2$

代入数据解得: $t = 2 \text{ s}$

所以圆环从 O 滑到 B 的时间也是 2 s.

【变式拓展 6】如图 4-1-7 所示,AB 是一倾角为 θ 的斜面,在 P 与斜面 AB 之间放置一光滑细杆,使一圆环从 P 处以最短的时间到达斜面上,则细杆与竖直方向的夹角 α 应为多少?

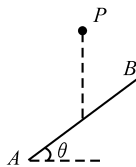


图 4-1-7

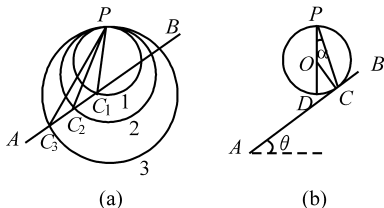


图 4-1-8

解析 依题意可将细杆看成光滑斜面.为了比较沿不同倾角放置的细杆的运动时间,可过 P 点分别向斜面 AB 作光滑斜面 PC_1, PC_2, PC_3, \dots ,再过 P 点作这些斜面的一组“等时圆”,如图 4-1-8(a) 所示,图中的“等时圆”1、2、3 的直径满足 $d_1 < d_2 < d_3$,故运动时间 $t_1 < t_2 < t_3$ (由调研 1 中的结论 $t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$ 可知),可见要下滑时间

最短,则要求“等时圆”的直径最小,临界情况是“等时圆”与斜面 AB 相切,如图 4-1-8(b) 所示.由图 4-1-8(b) 中的几何关系得: $\angle DOC = \theta, \alpha = \angle DPC = \frac{\theta}{2}$

即从 P 点沿与竖直方向成 $\alpha = \frac{\theta}{2}$ 夹角的细杆 PC 下滑时时间最短.

【调研 2】如图 4-1-9 所示,一质量为 M 的长木板,静止在光滑水平面上,一



质量为 m 的木块以水平速度 v_0 滑上长木板. 由于木块和长木板间有摩擦力, 使得木块在长木板上滑动一段距离后就跟长木板一起以相同速度运动. 试求摩擦力对两物体做功的代数和.

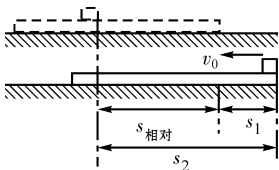


图 4-1-9

解析 设木块与长木板的共同速度为 v , 以木块和木板为研究对象, 由动量守恒定律可得: $v = \frac{mv_0}{m+M}$ ①

摩擦力对长木板做正功, 对木块做负功, 由动能定理得:

$$W_1 = fs_1 = \frac{1}{2}Mv^2 \quad ②$$

$$W_2 = -fs_2 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad ③$$

由①②③可知摩擦力对两物体做功的代数和为:

$$W_1 + W_2 = -f(s_2 - s_1) = -fs_{\text{相对}} = -\frac{M}{(m+M)} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2$$

上式即表明: 一对滑动摩擦力做功的代数和必不为零, 且等于滑动摩擦力的大小与两物体间的相对位移的乘积.

【变式拓展 1】 若将原题中的设问改为: 求木块在长木板上滑动过程中系统机械能的损失. (其他条件不变)

解析 设木块与长木板间的摩擦系数为 μ , 则木块在长木板上滑动过程中, 在摩擦力作用下, 长木板做匀加速运动, 木块做匀减速运动直至取得共同速度 v 为止

$$\text{以木块和长木板为研究对象, 由动量守恒定律可得: } v = \frac{mv_0}{m+M}$$

$$\text{在这一过程中, 长木板的位移为: } s_1 = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2 \frac{\mu mg}{M}} = \frac{mMv_0^2}{2\mu(m+M)^2 g}$$

$$\text{木块的位移为: } s_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_2} = \frac{v^2 - v_0^2}{2(-\mu g)} = \frac{(M^2 + 2mM)v_0^2}{2\mu(m+M)^2 g}$$

$$\text{摩擦力对长木板做正功: } W_1 = fs_1 = \mu mg \cdot \frac{mMv_0^2}{2\mu(m+M)^2 g} = \frac{mM}{(m+M)^2} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{对木块做负功得: } W_2 = -fs_2 = -\mu mg \cdot \frac{(M^2 + 2mM)v_0^2}{2\mu(m+M)^2 g} = -\frac{M^2 + 2mM}{(m+M)^2} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2$$

则摩擦力对两物体做功的代数和为:

$$W_1 + W_2 = -f(s_2 - s_1) = -fs_{\text{相对}} = -\frac{M}{(m+M)} \cdot \frac{1}{2}mv_0^2 \quad ①$$

$$\text{整个过程中长木板动能的增量为: } \Delta E_{k1} = \frac{1}{2} Mv^2 = \frac{mM}{(m+M)^2} \cdot \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\text{木块动能的增量为: } \Delta E_{k2} = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = -\frac{M^2 + 2mM}{(m+M)^2} \cdot \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\text{系统动能的总增量为: } \Delta E_k = \Delta E_{k1} + \Delta E_{k2} = -\frac{M}{(m+M)} \cdot \frac{1}{2} mv_0^2 \quad \textcircled{2}$$

上述①②表明:系统机械能的减少刚好与一对摩擦力做功的代数和的绝对值相同。

【变式拓展2】如图4-1-10所示,质量为 $M=3\text{ kg}$ 的木板静止在光滑水平面上,板的右端放一质量为 $m=1\text{ kg}$ 的小木块,现给木块一个水平向左的速度 $v_0=4\text{ m/s}$,木块在木板上滑行,与固定在木板左端的水平轻弹簧相碰后又返回,且恰好停在木板右端,求整个过程中,系统机械能转化为内能的多少?

解析 在木块运动的整个过程中,系统的动量守恒,因此弹簧压缩到最短时和木块最终停在木板右端时系统的共同速度(木块与木板的速度)相同,由动量守恒定律得: $mv_0 = (m + M)v_1 = (m + M)v_2$

$$\text{代入数据得: } v_1 = v_2 = 1\text{ m/s}$$

从开始滑动到弹簧压缩到最短的过程中,如图4-1-11(a)所示,摩擦力对木块做负功:

$$W_1 = -fs_1$$

$$\text{摩擦力对木板做正功: } W_2 = fs_2$$

从弹簧压缩到最短到木块最终停在木板右端的过程中,如图4-1-11(b)所示,摩擦力对木块做正功: $W_1' = fs_1'$

$$\text{摩擦力对木板做负功: } W_2' = -fs_2'$$

故整个过程中,摩擦力做功的代数和为(弹簧弹力做功代数和为零):

$$W_f = W_1 + W_2 + W_1' + W_2' = -f(s_1 - s_2) - f(s_2' - s_1') = -f(2L) \quad (\text{式中 } 2L \text{ 就是木块在木板上滑过的路程})$$

$$\text{根据动能定理有: } W_f = \frac{1}{2}(m+M)v_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -6\text{ J}$$

由功能关系可知,对于与外界无能量交换的孤立系统而言,系统克服摩擦力做功将这6 J的动能转化为了系统的内能,即 $Q = f(2L) = f \cdot s_{\text{相对}} = 6\text{ J}$ 。这表明滑动摩擦产生的热等于滑动摩擦力的大小与两物体间相对路程的乘积。

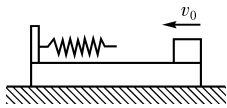


图4-1-10

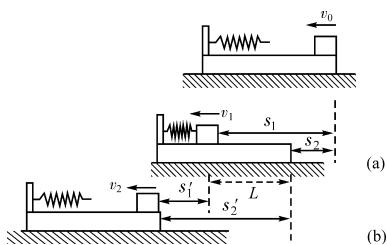


图4-1-11



【结论】综合上述拓展,可以得出以下结论:一对滑动摩擦力做功的代数和必不为零,且等于滑动摩擦力的大小与两物体间相对位移的乘积,即有 $W_f + W_{f'} = -f \cdot s_{\text{相对}}$;对于与外界无能量交换的孤立系统而言,滑动摩擦产生的热等于滑动摩擦力的大小与两物体间相对路程的乘积,即有 $Q = f \cdot s_{\text{相对}}$;系统机械能的损失等于滑动摩擦力的大小与两物体间的相对位移的乘积,即有 $\Delta E = f \cdot s_{\text{相对}}$.

【调研3】如图4-1-12所示,水平传送带水平段长 $L = 6 \text{ m}$,距地面高 $H = 5 \text{ m}$,两皮带轮半径均为 $r = 0.1 \text{ m}$.与传送带等高的光滑水平平台上有一个小物块以 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 的初速度滑上传送带,物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$.设皮带轮匀速转动时皮带的速度为 v' ,物块离开皮带后平抛运动的水平位移为 s ,以不同的速度 v' 值重复上述过程,得到一组对应的 v' 、 s 值.由于皮带轮的转动方向不同,皮带上部运行方向也不相同.取皮带上部向右运行时 $v' > 0$,向左运行时 $v' < 0$,在图4-1-13给定的坐标系中正确画出 $s-v'$ 的关系图象.

解析 由于皮带的速度未知,所以分情况讨论如下:

1. 当 $v' < 0$,即传送带逆时针转动时,物块向右做初速度为 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 的匀减速直线运动,设到达皮带右端时的速度设为 v ,则对物块由开始运动至到达皮带右端的过程,由动能定理得:

$$-\mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

代入数据解得: $v = 1 \text{ m/s}$

离开皮带后物块以 $v = 1 \text{ m/s}$ 的速度做平抛运动,设运动的时间为 t ,由平抛运动

的知识有: $s = vt$ 、 $H = \frac{1}{2}gt^2$

由以上两式解得: $s = 1 \text{ m}$

在 $v' < 0$ 的条件下,滑动摩擦力与速度 v' 大小无关,故不论 v' 多大,物块平抛后的水平位移 s 均为 1 m .

2. 当 $v' > 0$,即传送带顺时针运转时,分如下几种情况讨论:

(1) 若 $0 \leq v' \leq 1 \text{ m/s}$,设物块达到速度 v' 时位移为 x ,对物块由开始运动到速度达到 v' 的过程,由动能定理有: $-\mu mgx = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{代入数据解得: } x = \frac{v_0^2 - v'^2}{2\mu g} = \frac{5^2 - v'^2}{2 \times 0.2 \times 10} \geq 6 \text{ m}$$

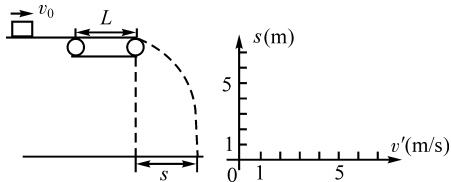


图 4-1-12

图 4-1-13

故物块在传送带上一向右做匀减速直线运动,直到离开传送带.设物块离开传送带时的速度为 v ,则对物块在皮带上的整个运动过程,由动能定理得: $-\mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得: $v = 1 \text{ m/s}$

物块以 $v = 1 \text{ m/s}$ 的速度做平抛运动,由 1 中的解答可得水平位移为 $s = 1 \text{ m}$.

(2) 若 $1 \text{ m/s} < v' < 5 \text{ m/s}$,物块先在传送带上向右做匀减速直线运动,设其位移为 x_1 ,对这一运动过程,由动能定理有: $-\mu mgx_1 = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得: } x_1 = \frac{v_0^2 - v'^2}{2\mu g} = \frac{5^2 - v'^2}{2 \times 0.2 \times 10} < 6 \text{ m}$$

这说明物块还没有达到传送带的右端就随传送带一起做匀速直线运动了,故物块以 v' 做平抛运动.由平抛运动规律 $s = v't$ 可知,水平位移与速度成正比,即 $s \propto v'$.

(3) 若 $v' = 5 \text{ m/s}$,则物块在传送带上一向右做匀速直线运动,它离开传送带时的速度仍为 v' ,则水平位移 $s \propto v'$ 仍成立.

(4) 若 $5 \text{ m/s} < v' < 7 \text{ m/s}$,物块在传送带上向右做匀加速直线运动,设其位移为 x_2 ,对这一过程,由动能定理得: $\mu mgx_2 = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得: } x_2 = \frac{v'^2 - v_0^2}{2\mu g} = \frac{v'^2 - 5^2}{2 \times 0.2 \times 10} < 6 \text{ m}$$

这说明物块还没有达到传送带的右端便随传送带一起做匀速直线运动,物块离开传送带时的速度仍为 v' ,则水平位移 $s \propto v'$ 仍成立.

(5) 若 $v' \geq 7 \text{ m/s}$,物块在传送带上一向右做匀加速直线运动,设它离开传送带右端时的速度为 v ,由动能定理得:

$$\mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, \text{解得: } v = \sqrt{v_0^2 + 2\mu gL} = 7 \text{ m/s}$$

由此可知,无论传送带速度增加多少,物块离开传送带时的速度恒为 7 m/s ,则物块平抛后的水平位移均为 $s = vt = 7 \text{ m}$

综合上述讨论可知:当 $v' < 0$ 或 $0 \leq v' \leq 1 \text{ m/s}$ 时,物块离开传送带时的速度恒为 1 m/s ,水平位移 $s = 1 \text{ m}$;当 $1 \text{ m/s} < v' < 7 \text{ m/s}$ 时,物块离开传送带时的速度恒为 v' ,此时水平位移与速度成正比,即 $s \propto v'$;当 $v' \geq 7 \text{ m/s}$ 时,物块离开传送带时的速度恒为 7 m/s ,水平位移 $s = vt = 7 \text{ m}$,这些关系在 $s-v'$ 图象上可表示为如图 4-1-14.

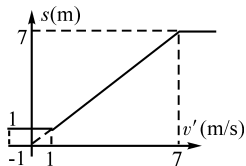


图 4-1-14



原创精选

1. 1998 年 1 月发射的“月球勘探者号”空间探测器,运用最新科技手段对月球进行近距离勘探,在月球重力分布、磁场分布及元素测定等方面取得了最新成果.探测器在一些环形山中发现了质量密集区,当飞越这些质量密集区时,通过地面的大口口径射电望远镜观察,“月球勘探者号”的轨道参数发生了微小的变化,这些变化是
- A. 半径变小 B. 半径变大 C. 速率变小 D. 速率变大
2. 在平直公路上行驶的汽车中,某人从车窗相对于车静止释放一个小球,不计空气阻力,用固定在路边的照相机对汽车进行闪光照相,照相机闪了两次光,得到清晰的两张照片.对照片进行分析,知道了如下信息:①两次闪光的时间间隔为 0.5 s;②第一次闪光时,小球刚被释放;第二次闪光时,小球刚落地;③两次闪光的时间间隔内,汽车前进了 5 m;④两次闪光的时间间隔内,小球在水平方向上移动的距离是 5 m.由此可以确定的是
- A. 小球释放点离地面的高度 B. 第一次闪光时汽车的速度
C. 汽车做匀速直线运动 D. 两次闪光的时间间隔内,汽车的平均速度

3. 振源以原点 O 为平衡位置,沿 y 轴方向做简谐运动,它激发的简谐波在 x 轴上沿正负两个方向传播,在某一时刻沿 x 轴正向传播的波形如图 4-1-15 所示.图中所示的各个质点中,振动情况始终与原点的左方的质点 P 的振动情况相同的是

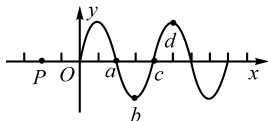


图 4-1-15

- A. a 点 B. b 点 C. c 点 D. d 点
4. 在水平桌面 M 上放置一块正方形薄木板 $abcd$,在木板的正中点放置一个质量为 m 的木块,如图 4-1-16 所示.先以木板的 ad 边为轴,将木板向上缓慢转动,使木板的 ab 边与桌面的夹角为 θ ;再接着以木板的 ab 边为轴,将木板向上缓慢转动,使木板的 ad 边与桌面的夹角也为 θ (ab 边与桌面的夹角 θ 不变).在转动过程中木块在木板上没有滑动.则转动以后木块受到的摩擦力的大小为

- A. $2\sqrt{2}mgsin\theta$ B. $\sqrt{2}mgsin\theta$ C. $2mgsin\theta$ D. $mgsin\sqrt{2}\theta$

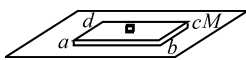
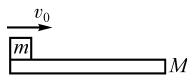
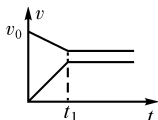


图 4-1-16



(甲)



(乙)

图 4-1-17



5. 如图 4-1-17(甲)所示,质量为 M 的木板静止在光滑水平面上. 一个质量为 m 的小滑块以初速度 v_0 从木板的左端向右滑上木板. 滑块和木板的水平速度随时间变化的图象如图 4-1-17(乙)所示. 某同学根据图象作出如下一些判断,则以下判断正确的是
- A. 滑块与木板间始终存在相对运动
 B. 滑块始终未离开木板
 C. 滑块的质量大于木板的质量
 D. 在 t_1 时刻滑块从木板上滑出
6. 已知地球半径为 R , 一只静止在赤道上空的热气球(不计气球离地高度)绕地心运动的角速度为 ω_0 , 在距地面 h 高处圆形轨道上有一颗人造地球卫星, 设地球质量为 M , 热气球的质量为 m , 人造地球卫星的质量为 m_1 , 根据上述条件, 有一位同学列出了以下两个式子:

$$\text{对热气球有: } G \frac{mM}{R^2} = m\omega_0^2 R \quad \text{对人造卫星有: } G \frac{m_1 M}{(R+h)^2} = m_1 \omega^2 (R+h)$$

进而求出人造地球卫星绕地球运行的角速度 ω . 你认为该同学的解法是否正确? 若认为正确, 请求出结果. 若认为错误, 请补充一个条件后, 再求出 ω .

【参考答案】

1. AD 当探测器飞越这些质量密集区时, 万有引力变大.
2. ABD 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 及两次闪光的时间间隔为 0.5 s 可求得小球释放点离地面的高度; 第一次闪光时汽车的速度即为小球的初速度, 由水平位移和运动时间即可求得; 仅有汽车前进距离与小球的水平位移(即平抛位移)相等的条件, 不能判断汽车的运行规律; 由汽车的位移和运动时间, 可求得平均速度.
3. A 因波在 x 轴上沿正负两个方向传播, 所以由对称性可知, a 点的振动情况与质点 P 完全相同.
4. B 转动以后木块受到的摩擦力有两个效果, 即分别与两次转动后的下滑的力 $mg\sin\theta$ 平衡, 所以合成后为 $\sqrt{2}mg\sin\theta$.
5. ACD 由图 4-1-17(乙)可知小滑块以初速度 v_0 开始匀减速, 木板从静止开始匀加速, 在 t_1 时刻滑块从木板上滑出, 此后两者均做匀速直线运动. 由 t_1 前两图象的斜率可判断滑块质量大于木板的质量.
6. 第一个等式(对热气球)不正确
 因为热气球不同于人造卫星, 热气球静止在空中是因为浮力与重力平衡, 它绕地心



运动的角速度应等于地球自转的角速度

①若补充地球表面的重力加速度 g , 可以认为热气球受到的万有引力近似等于其

重力, 则有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$

与第二个等式联立可得: $\omega = \frac{R}{R+h} \sqrt{\frac{g}{R+h}}$

②若利用同步卫星的离地高度 H 有: $G \frac{Mm'}{(R+H)^2} = m' \omega_0^2 (R+H)$

与第二个等式联立可得: $\omega = \omega_0 \left(\frac{R+H}{R+h} \right)^{\frac{3}{2}}$

③若利用第一宇宙速度 v_1 , 有 $G \frac{Mm'}{R^2} = m' \frac{v_1^2}{R}$

与第二个等式联立可得: $\omega = v_1 \sqrt{\frac{R}{(R+h)^3}}$

此外若利用近地卫星运行的角速度也可求出 ω 来.



高考大预测

命题导语

本卷依据 2006 年高考物理的《考试大纲》和最新信息,在研究了 2006 年高考试卷的基础上,结合江苏、广东等省单科卷编写而成。试题紧扣高考考纲,体现最新高考动态,题目新颖,难度适中,其命题特点如下:

1. 试题新颖,坚持原创,体现物理学科发展前沿,力争充分体现新课程的思想 and 理念。以能力测试为主,以现实问题为命题背景,突出考查学生联系社会生产、生活和现实科技发展的能力,涉及面比较广。整张试卷的试题背景材料整合新颖,使人感觉到强烈的时代气息。如第 3、4、6、13 题等。

2. 注重物理学科的主干知识,试题的形式与结构符合《考试大纲》的规定,难易程度设计合理,没有过难或过易的试题,没有偏题、怪题。试题突出了对各主干学科基础知识和基本技能的考查,十分注重考查对主干知识的理解和运用。如:12、15、16、17、18 题等。

3. 试题形式多样,考查考生提取信息、分析信息的能力,如 1、2、4、7、11 题等。

4. 本卷涵盖面广,知识点覆盖全面,主次分明,重点突出,适于作考前训练。

本试卷分为第 I 卷(选择题)和第 II 卷(非选择题)两部分,满分 150 分,测试时间 120 分钟。

第 I 卷(选择题 共 40 分)

一、本题共 10 小题,每小题 4 分,共 40 分。在每小题给出的四个选项中,有的小题只有一个选项正确,有的小题有多个选项正确。全部选对的得满分,选不全的得一半分数,有选错或不答的得 0 分。

1. 如图 5-1-1 所示,四根相同的轻质弹簧连着相同的物体,在外力作用下做不同的运动:(1)在光滑水平面上做加速度大小为 g 的匀加速直线运动;(2)在光滑斜面上做向上的匀速直线运动;(3)做竖直向下的匀速直线运动;(4)做竖直向上的加速度大小为 g 的匀加速直线运动,设四根弹簧伸长量分别为 Δl_1 、 Δl_2 、 Δl_3 、 Δl_4 ,不计空气阻力, g 为重力加速度,则

- A. $\Delta l_1 > \Delta l_2$ B. $\Delta l_3 < \Delta l_4$ C. $\Delta l_1 < \Delta l_4$ D. $\Delta l_2 > \Delta l_3$



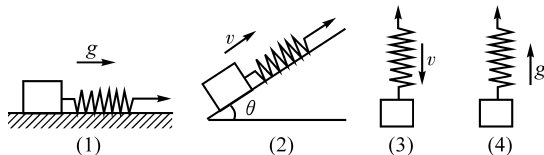


图 5-1-1

2. 如图 5-1-2 所示, 设有一分子位于图中的坐标原点 O 处不动, 另一分子可位于 x 轴上不同位置, 图中纵坐标表示这两个分子间力的大小, 两条曲线分别表示斥力和引力的大小随两分子间距离变化的关系, e 为两曲线的交点, 则

- A. ab 表示引力, cd 表示斥力, e 点的横坐标可能为 10^{-15} m
 B. ab 表示斥力, cd 表示引力, e 点的横坐标可能为 10^{-10} m
 C. ab 表示引力, cd 表示斥力, e 点的横坐标可能为 10^{-10} m
 D. ab 表示斥力, cd 表示引力, e 点的横坐标可能为 10^{-15} m

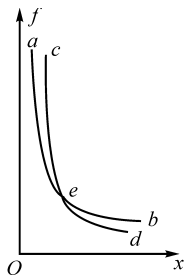


图 5-1-2

3. 太阳的能量来源是轻核的聚变, 太阳中存在的主要元素是氢, 核聚变反应可以看作是 4 个氢核结合成 1 个氦核同时放出 2 个正电子, 由下表中

数据可计算出该核聚变反应过程中释放的能量为 (取 $1 \text{ u} = \frac{1}{6} \times 10^{-26} \text{ kg}$)

粒子名称	质子 p	α 粒子	电子 e	中子 n
质量/u	1.007 3	4.001 5	0.000 55	1.008 7

- A. $4.4 \times 10^{-29} \text{ J}$ B. $4.0 \times 10^{-12} \text{ J}$ C. $2.7 \times 10^{-12} \text{ J}$ D. $4.4 \times 10^{-23} \text{ J}$
4. 中国科学院院士、科学院高能物理研究所洗鼎昌教授在“2005 世界物理年科普系列报告会”中讲了一个非常有趣的实验: 在双缝干涉实验中, 在光屏处放上照相底片, 若减弱光的强度, 使光子只能一个一个地通过狭缝. 实验表明, 如果曝光时间不太长, 底片上只能出现一些不规则的点; 如果曝光时间足够长, 底片上就会出现规则的干涉条纹, 对这个实验结果下列认识正确的是

- A. 曝光时间不长时, 光的能量小, 底片上的条纹看不清楚, 故出现不规则的点
 B. 单个光子的运动没有确定的轨道
 C. 干涉条纹中明亮的部分是光子到达机会比较多的地方
 D. 只有大量光子的行为才表现出波动性

5. 如图 5-1-3 所示, 虚线 OO' 的左边存在着方向垂直纸面向里的匀强磁场, 右边没有磁场, 单匝矩形线圈 $abcd$ 的对称轴恰与磁场右边界重合, 线圈平面与磁场垂直. 线圈沿

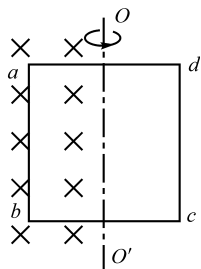
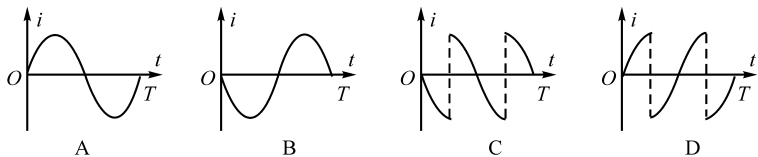


图 5-1-3

图示方向绕 OO' 轴匀速转动(即 ab 边先向纸外、 cd 边先向纸内转动),规定沿 $abcd$ 方向为感应电流的正方向,若从图示位置开始计时,下列四个图象中能正确表示线圈内感应电流 i 随时间 t 变化规律的是



6. 某学校操场上有如图 5-1-4 所示的运动器械:两根长金属链条将一根金属棒 ab 悬挂在固定的金属架上. 静止时 ab 水平且沿东西方向. 已知当地的地磁场方向自南向北斜向下跟竖直方向成 45° , 现让 ab 随链条荡起来, 最大偏角 45° , 则下列说法正确的是

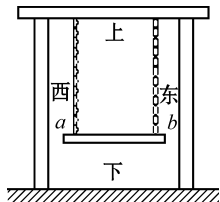


图 5-1-4

- A. 当 ab 棒自南向北经过最低点时, ab 中感应电流的方向是自东向西
 B. 当链条与竖直方向成 45° 角时, 回路中感应电流最大
 C. 当 ab 棒自南向北经过最低点时, 安培力的方向与水平向南的方向成 45° 斜向下
 D. 在 ab 棒运动过程中, 不断有磁场能转化为电能
7. 如图 5-1-5 所示, 一根水平管道 a 两端与大气相通, 在管道上竖直插有一根上端开口的“L”形弯管 b , 当 a 管内的液体以速度 v 匀速流动时, b 管内液面的高度为 h , 假设液体与管道之间不存在摩擦力, 则 v 和 h 的关系是

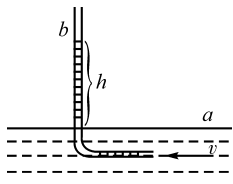


图 5-1-5

- A. $v = \sqrt{2gh}$ B. $v = \sqrt{gh}$ C. $v = \frac{1}{2} \sqrt{2gh}$ D. $v = 2 \sqrt{gh}$
8. 一根水平的弹性绳上, 一上一下两个形状相同的正弦半波相向传播, 某个时刻恰好完全重合, 如图 5-1-6 所示. a 、 b 、 c 是细绳上的三个质点, 且 b 是此时刻波形正中心, 则

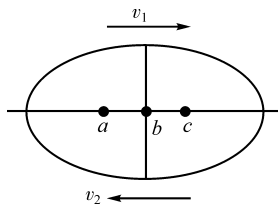


图 5-1-6

- A. a 、 b 、 c 三个质点此刻均在它们各自的平衡位置且振动加速度为零
 B. a 质点此刻的速度方向应是向下
 C. b 质点此刻应具有最大的振动加速度
 D. c 质点此刻的速度方向应是向上偏右
9. 如图 5-1-7(a) 所示, 两平行金属板 P 、 Q 竖直放置, 两板间加上如图 5-1-7(b) 所示的电压. $t=0$ 时, Q 板比 P 板电势高 5 V , 此时在



两板的正中央 M 点有一个电子,速度为零,电子在电场力作用下运动,使得电子的位置和速度随时间变化.假设电子始终未与两板相碰.在 $0 < t < 8 \times 10^{-10}$ s 的时间内,这个电子处于 M 点的右侧,速度方向向左且大小逐渐减小的时间是

- A. $0 < t < 2 \times 10^{-10}$ s
 B. 2×10^{-10} s $< t < 4 \times 10^{-10}$ s
 C. 4×10^{-10} s $< t < 6 \times 10^{-10}$ s
 D. 6×10^{-10} s $< t < 8 \times 10^{-10}$ s

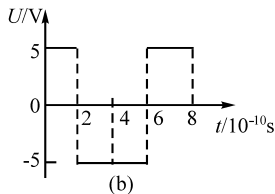
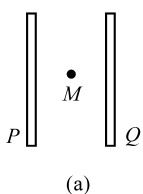


图 5-1-7

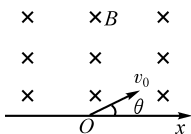


图 5-1-8

10. 如图 5-1-8 所示, x 轴上方有垂直纸面向里的匀强磁场 B , 现有两个质量相同、电荷量也相同的带正、负电的离子(不计重力), 以相同速度 v_0 从 O 点射入磁场中, 射入方向与 x 轴均为 θ 角. 则正、负离子在磁场中
- A. 运动时间相同
 B. 运动轨道半径相同
 C. 重新回到 x 轴时速度大小和方向均相同
 D. 重新回到 x 轴时距 O 点的距离相同

第 II 卷(非选择题 共 110 分)

二、本题共 2 小题, 共 20 分, 把答案填在题中的横线上或按题目要求作图.

11. (6 分) “验证动量守恒定律”的实验装置原来的教科书采用图 5-1-9(甲)所示的方法, 经过编者修改后, 现行的教科书采用图 5-1-9(乙)所示的方法. 两个实验装置的区别在于 ① 悬挂重垂线的位置不同; ② 图(甲)中设计有一个支柱(通过调整, 可使两球的球心在同一水平线上; 上面的小球被碰离开后, 支柱立即倒下), 图(乙)中没有支柱. 对于图(甲)入射小球和被碰小球做平抛运动的抛出点分别在通过 O 、 O' 点的竖直线上, 重垂线只确定了 O 点的位置. 比较这两个实验装置, 下列说法正确的是

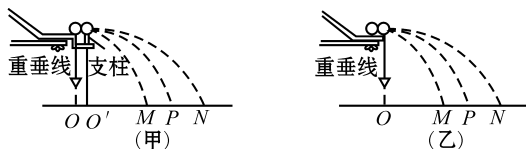


图 5-1-9

- A. 采用图(甲)的实验装置时,需要测出两小球的直径
 B. 采用图(乙)的实验装置时,需要测出两小球的直径
 C. 为了减小误差,采用图(甲)的实验装置时,应使斜槽末端水平部分光滑
 D. 为了减小误差,采用图(乙)的实验装置时,应使斜槽末端水平部分光滑
12. (14分)如图5-1-10所示,虚线方框内是由电阻、电源组成的线性网络电路,为了研究它的输出特性,将电流表、电压表、滑动变阻器按图示的方式连接在它的输出端A、B之间.电键S闭合后,实验中记录的6组电流表示数*I*、电压表示数*U*如下表所示.

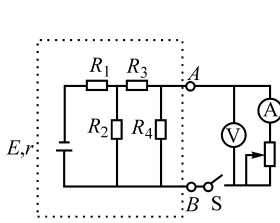


图5-1-10

<i>I</i> (A)	<i>U</i> (V)
0.06	2.54
0.10	2.50
0.20	2.39
0.30	2.38
0.40	2.20
0.50	2.10

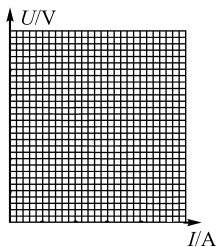


图5-1-11

- (1) 试根据这些数据在图5-1-11所示的坐标纸上画出*U—I*图象.
 (2) 若将虚方框内的电路等效成电动势为*E*、内电阻为*r*的电源,从图象上求出电源的电动势*E* = _____ V,内电阻*r* = _____ Ω.
 (3) 若电流表内阻为0,当滑动变阻器的滑片移至最上端时,电流表示数是 _____ A.
 (4) 变阻器滑片移动过程中,滑动变阻器的最大功率是 _____ W.
- 三、本题共6小题,共90分.解答应写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤,只写出最后答案的不能得分.有数值计算的题,答案中必须明确写出数值和单位.
13. (10分)一次扑灭森林火灾的行动中,一架专用直升机载有足量的水悬停在火场上空320 m高处,机身可绕旋翼轴原地旋转,机身下出水管可以从水平方向到竖直向下方向旋转90°,水流喷出的速度为30 m/s,不计空气阻力,取*g* = 10 m/s².请估算能扑灭地面上火灾的面积.
14. (10分)经天文学家观察,太阳在银河系中心(银心)的圆形轨道上运行,半径约为3万光年(约2.8 × 10²⁰ m),运行一周的时间约为2亿年(约6.3 × 10¹⁵ s).太阳做圆周运动的向心力是来自位于它轨道内侧的大量星体的引力,可以把这些星球的全部质量看作集中在银河中心来处理问题.(*G* = 6.67 × 10⁻¹¹ N · m²/kg²)
- (1) 从给出的数据来计算太阳轨迹内侧这些星体的总质量;



(2) 求出太阳在圆周运动轨道上的加速度.

15. (14分) 如图 5-1-12 所示, 一个被 x 轴与曲线 $y = 0.2 \sin \frac{10\pi x}{3}$ 所包围的空间存在着匀强磁场, 磁场方向垂直纸面向里, 磁感应强度 $B = 0.2 \text{ T}$. 正方形金属线框的边长是 0.40 m , 电阻是 0.1Ω , 它的一条边与 x 轴重合. 在拉力 F 的作用下, 线框以 10.0 m/s 的速度水平向右匀速运动. 试求:

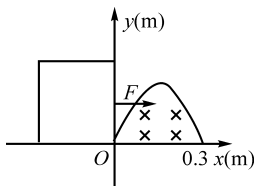


图 5-1-12

- (1) 拉力 F 的最大功率是多少?
 - (2) 拉力 F 要做多少功才能把线框拉过磁场区?
16. (14分) 如图 5-1-13 所示, $MNPQ$ 是一块截面为正方形的玻璃砖, 正方形的边长为 30 cm . 有一束很强的细光束 AB 射到玻璃砖的 MQ 面上, 入射点为 B , 该光束从 B 点进入玻璃砖后再经 QP 面反射沿 DC 方向射出. 其中 B 为 MQ 的中点, $\angle ABM = 30^\circ$, $PD = 7.5 \text{ cm}$, $\angle CDN = 30^\circ$. 试在原图上准确画出该光束在玻璃砖内的光路图, 并求出该玻璃砖的折射率.

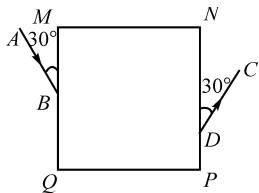


图 5-1-13

17. (20分) 如图 5-1-14 所示, L_1 和 L_2 为相距 5 cm 的两平行虚线, L_1 上方和 L_2 下方都有垂直纸面向里的磁感应强度为 0.20 T 的匀强磁场, A 、 B 两点都在 L_2 上, 质子从 A 点以 $5.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 的速度与 L_2 成 30° 角斜向上射出, 经过偏转正好打在 B 点, 经过 B 点时速度方向也斜向上, 不计重力, 求:

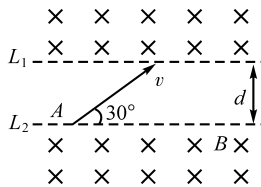


图 5-1-14

- (1) 质子在磁场中做圆周运动的半径;
 - (2) A 、 B 的最短距离;
 - (3) 质子由 A 运动到 B 的最短时间. (质子的质量 $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 电荷量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 结果保留两位有效数字)
18. (22分) 如图 5-1-15 所示, 一轻弹簧竖直放置在地面上, 轻弹簧下端与地面固定, 上端连接一质量为 M 的水平钢板, 处于静止状态. 现有一质量为 m 的小球从距钢板 $h = 5 \text{ m}$ 的高处自由下落并与钢板发生碰撞, 碰撞时间极短且无机械能损失. 已知 $M = 3m$, 不计空气阻力, $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- (1) 求小球与钢板第一次碰撞后瞬间, 小球的速度 v_1 和钢板的速度 v_2 ;
 - (2) 如果钢板做简谐运动的周期为 2.0 s , 以小球自由下落的瞬间为计时起点, 以

向下方向为正方向,在图 5-1-16 中画出小球的速度 v 随时间 t 变化的 $v-t$ 图线.要求至少画出小球与钢板发生四次碰撞之前的图线.(不要求写出计算过程)

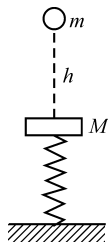


图 5-1-15

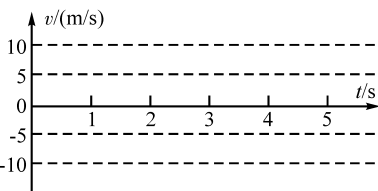


图 5-1-16

【参考答案】

1. ABC 对(1)弹簧有 $k\Delta l_1 = mg$,得 $\Delta l_1 = \frac{mg}{k}$;对(2)弹簧有 $k\Delta l_2 = mgsin \theta$,得 $\Delta l_2 = \frac{mgsin \theta}{k}$;对(3)弹簧有 $k\Delta l_3 = mg$,得 $\Delta l_3 = \frac{mg}{k}$;对(4)弹簧有 $k\Delta l_4 - mg = mg$,得 $\Delta l_4 = \frac{2mg}{k}$.
2. C 由分子间相互作用规律可知, e 点是两分子间的平衡位置,所以其横坐标可能为 10^{-10} m;在 Oe 段 $F_{ce} > F_{ae}$,在大于平衡位置后 $F_{eb} > F_{ed}$,所以 ab 表示引力, cd 表示斥力.
3. B 核反应过程中的质量亏损 $\Delta m = 4m_p - m_\alpha - 2m_e = 0.0266 \text{ u} = 4.43 \times 10^{-29} \text{ kg}$,释放的能量 $\Delta E = \Delta mc^2 = 4.0 \times 10^{-12} \text{ J}$.
4. BCD 少数光子表现出粒子性,大量光子表现出波动性,光是一种概率波.
5. B 开始转动时,由楞次定律可知,电流方向为 $adcb$,即为负,因此 A、D 均错,转动 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 时,电流仍为负,因此 B 正确.
6. AC 由于磁场斜向下跟竖直方向成 45° 角,在最低点棒的速度水平向北,由右手定则知,棒中电流自东向西,受安培力跟磁场和电流都垂直,而斜向下,所以 A、C 正确;链条跟竖直方向成 45° 角时在最高点,速度为 0,无感应电流,B 错;磁场能不参与转化,所以 D 错.
7. A 由功能关系可得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $v = \sqrt{2gh}$.
8. AB 由于该时刻恰好完全重合,则细绳上所有质点的位移均为零,所以加速也均为零;由波传播的方向可知, a 质点此刻的速度方向应是向下, c 质点此刻的速度方向应是向上.
9. D $0 \sim 2 \times 10^{-10} \text{ s}$ 时间内电子应向 Q 板运动, $2 \times 10^{-10} \text{ s} \sim 4 \times 10^{-10} \text{ s}$ 时间内电子向右减速; $4 \times 10^{-10} \sim 6 \times 10^{-10} \text{ s}$ 时间内电子向左加速, $6 \times 10^{-10} \sim 8 \times 10^{-10} \text{ s}$ 时间



内电子向左减速.

10. BCD 运动轨道半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 应相等,用左手定则判断出正、

负离子的受力方向,再作出它们的运动轨迹如图 5-1-17 所示,由图可知,两者的轨迹(残缺圆)刚好“互补”.

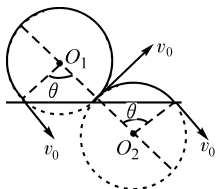


图 5-1-17

11. AD 题(甲)图中两小球的平抛运动的起点不同,而(乙)图中起点均是斜槽末端,所以采用图(甲)的实验装置时,应测出小球直径;(乙)图中,入射小球碰撞后还需在斜槽末端上运动一段位移(即小球直径)后才做平抛,所以为了减小误差,采用图(乙)的实验装置时,应使斜槽末端水平部分光滑.

12. (1)如图 5-1-18 所示 (3分)

(2) 2.5 ~ 2.7 V 之间均对; 0.9 ~ 1.1 Ω 之间均对 (4分)

(3) 2.5 ~ 2.7 A 之间均对 (3分)

(4) 1.55 ~ 1.75 W 之间均对 (4分)

粗差点 2.38 要去掉,连接成直线,单位合理,图形布满坐标纸.由路端电压的表达式 $U = E - Ir$,并结合表中数据列方程组求解可得:电源电动势 E 在 2.5 ~ 2.7 V 之间,内电阻 r 在 0.9 ~ 1.1 Ω 之间.

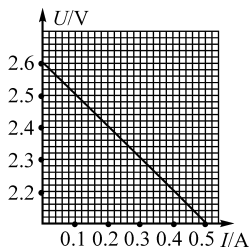


图 5-1-18

13. 已知 $h = 320$ m, $v_0 = 30$ m/s,当水流沿水平方向射出时,在水平地面上落点最远,

由平抛规律得,竖直方向上有 $h = \frac{gt^2}{2}$ 、水平方向上有 $x = v_0 t$,解得 $x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} =$

240 m,由于水管可在竖直方向和水平方向旋转,所以灭火面积是半径为 x 的圆面积 $S = \pi x^2 = 3.14 \times 240^2 \text{ m}^2 = 1.81 \times 10^5 \text{ m}^2$.

14. (1) 设太阳绕着银河系中心运行的轨道半径为 r ,周期为 T ,太阳轨迹内侧这些星体的总质量为 M

由万有引力定律可得: $F = G \frac{mM}{r^2}$ ①

由圆周运动公式可得: $F = m\omega^2 R$ ② $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ③

由①②③可得: $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

代入数据解得: $M = 3.3 \times 10^{41}$ kg.

(2) 由圆周运动公式可得: $a = \omega^2 r$ ④

由③④代入数据可得 $a = 2.8 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$.

15. (1) 由 $P = Fv$ 可知, 当拉力 F 最大时有最大功率, 当线框的一条竖直边运动到 0.15 m 处时, 线框中感应电动势最大, 则有 $E_m = Blv, I_m = E_m/R, F_m = BIl$, 联立以上各式可得 $P_m = F_m v = B^2 L^2 v^2 / R = 1.6 \text{ W}$.

(2) 在线框拉过磁场区域时, 其有效长度是按正弦规律变化的, 所以线框中的电流也是按正弦规律变化的(其中有一段时间没有电流), 所以电动势的有效值为 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$, 产生电流的时间为 $t = (0.3 \times 2) / 10 = 0.06 \text{ s}$, 所以拉力做功为 $W = \frac{E^2}{R} t = 0.048 \text{ J}$.

16. 找出 B 点关于界面 QP 的对称点 E , 连接 ED 交 QP 于 F 点, 则 F 点即为 QP 面上的入射点, 所以, 其光路图如图 5-1-19 所示.

由几何关系得: $\overline{DE} = \sqrt{30^2 + (15 + 7.5)^2} \text{ cm} = 37.5 \text{ cm}$

$$\sin r = \frac{\overline{DP} + \overline{QE}}{\overline{DE}} = 0.6$$

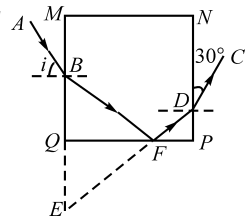


图 5-1-19

由折射定律得 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = 1.44$.

17. (1) 质子在磁场中只受洛伦兹力作用而做圆周运动, 设

半径为 r , 根据牛顿第二定律 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 得 $r = \frac{mv}{qB} = 2.7 \times 10^{-2} \text{ m}$.

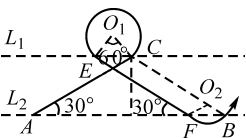


图 5-1-20

(2) 当 A, B 距离最短时, 质子的运动轨迹如图 5-1-20 所示(实线部分). 质子各段的运动情况是 $A \rightarrow C$ 匀速直

线运动, $C \rightarrow E$ 匀速圆周运动, 由几何知识知其轨迹为 $\frac{5}{6}$ 圆周, $E \rightarrow F$ 匀速直线运

动, $F \rightarrow B$ 匀速圆周运动, 轨迹为 $\frac{1}{6}$ 圆周, 因此 A, B 之间的最短距离为: $\overline{AB} =$

$$2d \cot 30^\circ = 2\sqrt{3}d = 17 \text{ cm}.$$

(3) 由(2)中分析知: $t_{AC} = \frac{\overline{AC}}{v} = \frac{2d}{v}, t_{CE} = \frac{5}{6}T = \frac{5\pi m}{3qB}, t_{EF} = \frac{\overline{EF}}{v} = \frac{2d}{v}, t_{FB} = \frac{1}{6}T =$

$\frac{\pi m}{3qB}$, 所以质子由 A 到 B 的最短时间为: $t = t_{AC} + t_{CE} + t_{EF} + t_{FB} = \frac{4d}{v} + \frac{2\pi m}{qB} = 7.3 \times 10^{-7} \text{ s}$.

18. (1) 设小球刚落到钢板时速度为 v_0 , 则小球下落过程中, 机械能守恒, 有: $mgh =$



$$\frac{1}{2}mv_0^2$$

碰撞过程中,动量守恒,有: $mv_0 = mv_1 + Mv_2$

碰撞过程中,无机械能损失 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$

由以上三式,可得: $v_0 = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s}$ 、 $v_1 = -\frac{1}{2}v_0$

$= -5 \text{ m/s}$ 、 $v_2 = \frac{1}{2}v_0 = 5 \text{ m/s}$ (另一组解已舍去)

即小球与钢板第一次碰撞后,小球的速度 v_1 为 5 m/s ,方向向上;钢板的速度 v_2 为 5 m/s 方向向下.

(2)如图 5-1-21 所示(小球与钢板第二次碰撞后,小球的速度为 10 m/s ,方向向上;钢板的速度为零)

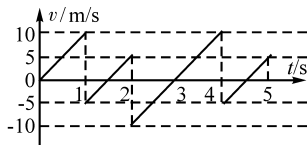


图 5-1-21