CONTENTS

目录

第一章　描述运动的基本概念

1　参考系　时间　质点 …… 1

2　位置　位移 …… 6

3　位置变化的快慢与方向——速度 …… 11

4　实验:用打点计时器测量小车的速度 …… 18

5　速度变化的快慢与方向——加速度 …… 22

单元活动构建 …… 29

章末质量评估(一) …… 34

第二章　匀变速直线运动的规律

1　匀变速直线运动的研究 …… 38

2　匀变速直线运动速度与时间的关系 …… 43

3　匀变速直线运动位移与时间的关系 …… 48

4　匀变速直线运动规律的应用 …… 54

5　自由落体运动 …… 59

单元活动构建 …… 66

章末质量评估(二) …… 70

第三章　相互作用

1　力　重力…… 74

2　弹　力…… 78

3　摩擦力…… 85

4　力的合成…… 91

5　力的分解…… 99

6　共点力作用下物体的平衡 …… 106

单元活动构建…… 114

章末质量评估(三)…… 118

第四章　牛顿运动定律

1　牛顿第一定律 …… 122

2　探究加速度与力、质量的关系…… 127

3　牛顿第二定律 …… 133

4　力学单位制 …… 139

5　牛顿第三定律 …… 144

6　牛顿运动定律的应用 …… 149

7　超重与失重 …… 157

单元活动构建…… 164

章末质量评估(四)…… 170

综合质量评估(一)…… 175

综合质量评估(二)…… 180

第一章　描述运动的基本概念

1　参考系　时间　质点

学习任务目标

1.形成初步的参考系、时刻和时间间隔、质点的概念，能利用它们解释一些自然现象，解决生活中的一些实际问题。（物理观念）

2.体会构建物理模型的思维方式，认识物理模型在探索自然规律中的作用。（科学思维）

问题式预习

知识点一　参考系

1.运动与静止的关系

世界上的一切物体都在运动着，没有绝对静止的物体。

2.参考系

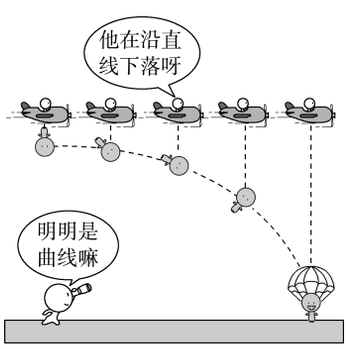
研究物体的运动时，总要选取某一个物体作为参照，这个作为参照的物体叫作参照物，它以及与它保持相对静止的物体组成一个系统，叫作参考系。

3.参考系的选择

参考系的选择原则上是任意的，只是选择不同的参考系，物体的运动情况可能会有所不同。凡没有特别说明的，都默认是以地面为参考系。

［科学思维］

如图所示，在描述跳伞运动员的运动时，若以地面上的人（或地面）为参考系，他是做曲线运动的；若以飞机（或飞机上的驾驶员）为参考系，他是做直线运动的。



［判一判］

(1)参考系只能选择静止的物体。（　×　）

(2)自然界中没有绝对静止的物体。（　√　）

(3)一个物体的运动情况与选择的参考系无关。（　×　）

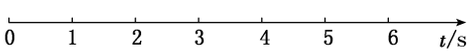
知识点二　时间和时刻

1.时刻：在时间轴上用点表示。

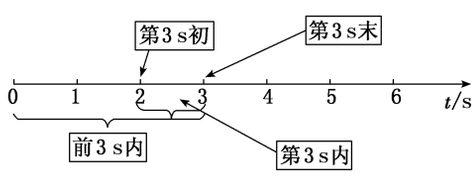
2.时间间隔：在时间轴上，用一段长度表示。

［科学思维］

如图所示，在时间轴上标出“第3 s初”“第3 s末”“第3 s内”“前3 s内”。哪些表示时刻？哪些表示时间间隔？



提示：“第3 s初”“第3 s末”“第3 s内”“前3 s内”表示如图所示：



“第3 s初”“第3 s末”表示时刻，“第3 s内”“前3 s内”表示时间间隔。

［判一判］

(1)时刻就是一瞬间，即一段很短的时间。（　×　）

(2)第2 s末和第3 s初指的是同一时刻。（　√　）

(3)第2 s内和前2 s内指的是同一段时间。（　×　）

知识点三　质点

1.机械运动：物体的空间位置随时间变化的过程。

2.平动和转动：运动的物体各部分运动情况都相同，这类运动称为平动；运动的物体，除转动轴上各点外，其他各点都绕同一转动轴线做半径大小不同的圆周运动，这类运动称为转动。

3.质点：在满足一定条件时，我们把物体简化、抽象为一个具有质量的点，称为质点。

4.物体可看成质点的条件：物体的大小和形状对所研究的问题没有影响，可以忽略。

5.理想化物理模型：保留主要因素、忽略次要因素，从实际物体中抽象出来的、被理想化了的研究对象称为理想模型。质点就是一种理想化模型。

［判一判］

(1)质点是一种对实际物体的科学抽象，是一种理想化的物理模型。（ √ ）

(2)只要物体很小，就可把物体看成质点。（ × ）

［做一做］

下列比赛项目中，裁判评判运动员的成绩时，可以把运动员看成质点的是（ ）

A. 马拉松　　B. 跳水

C. 击剑　　D. 体操

A　**解析**：在马拉松比赛中，由于路程较长，运动员的大小、形状可以忽略，故可以看成质点，A 正确；跳水时，裁判员要关注运动员的动作，运动员的大小、形状不能忽略，故不能看成质点，B 错误；击剑时要注意运动员的肢体动作，运动员的大小、形状不能忽略，故不能看成质点，C 错误；体操比赛中，主要根据运动员的肢体动作评分，运动员的大小、形状不能忽略，故不能看成质点，D 错误。

任务型课堂

任务一　参考系的理解及应用

1. 如图所示的是体育摄影中“追拍法”的成功之作，摄影师眼中清晰的滑板运动员是静止的，而模糊的背景是运动的，摄影师用自己的方式表达了运动的美。摄影师选择的参考系是（ ）



A. 大地　　B. 太阳

C. 滑板运动员　　D. 步行的人

C　**解析**：由于在摄影师眼中滑板运动员是静止的，故滑板运动员和摄影师相对静止，以滑板运动员作为参考系，摄影师是静止的，所以滑板运动员的图像是清晰的，但由于背景相对于滑板运动员是运动的，所以背景相对于摄影师也是运动的，从而拍摄出的背景是模糊的。故在“追拍法”中摄影师选择的参考系是滑板运动员，C 正确。

2. 李白在《望天门山》一诗中写道：“两岸青山相对出，孤帆一片日边来。”诗文中的“青山相对出”选择的参考系是（ ）

A. 青山　B. 孤帆　C. 河岸　D. 太阳

B　**解析**：以“青山”为参考系时，“两岸青山”是静止的，故 A 错误；以“孤帆”为参考系，“青山”和“孤帆”之间的相对位置发生了变化，“青山”是运动的，故 B 正确；以“河岸”为参考系，“青山”与“河岸”之间的相对位置没有发生变化，“青山”是静止的，故 C 错误；在判断物体的运动情况时，一般是以“地面”为参考系，以太阳为参考系时地球是围绕太阳转动的，而青山相对于地球是静止的，因此，青山围绕太阳转动，与题目语境不符，故 D 错误。

3. (2023 · 浙江 1 月选考)“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后，在轨运行时如图所示，则（ ）



A. 选地球为参考系，“天和”核心舱是静止的

B. 选地球为参考系，“神舟十五号”飞船是静止的

C. 选“天和”核心舱为参考系，“神舟十五号”飞船是静止的

D. 选“神舟十五号”飞船为参考系，“天和”核心舱是运动的

C　**解析**：“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后，在轨绕地球做圆周运动，选地球为参考系，二者都是运动的，A、B 错误；“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后，二者相对静止，C 正确，D 错误。

任务总结

参考系的四个特性

标准性	某物体被选作参考系后，就认为该物体是静止的，其他物体的运动情况就以该物体为参考标准进行分析
任意性	参考系的选取是任意的，任何物体都可以选作参考系
相对性	对于同一个物体，选择不同的参考系，观察结果可能会有所不同
统一性	比较不同物体的运动应选择同一个参考系

任务二　时刻和时间的区别与联系

［探究活动］

2025 年 11 月 25 日 12 时 11 分，搭载“神舟二十二号”载人飞船的“长征二号 F 遥二十二”运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射，约 10 分钟后，“神舟二十二号”载人飞船与火箭成功分离，进入预定轨道，发射取得圆满成功。此次任务在轨驻留约 6 个月，返回舱于 2026 年 5 月 29 日 20 时 11 分在东风着陆场成功着陆。

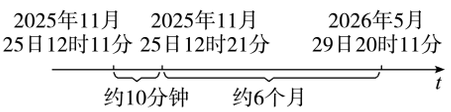
(1)上述材料中有关时间的数据，哪些表示时刻？哪些表示时间？

(2)在表示时间的数轴上,大致画出描述“神舟二十号”的时间数据。

提示:(1)时刻:2025 年 4 月 24 日 17 时 17 分、2025 年 10 月。

时间:10 分钟、6 个月。

(2)如图所示。



[评价活动]

1.以下各种关于时间和时刻的说法正确的是 (　　)

A. 列车员说“火车 8 点 42 分到站”,指的是时间

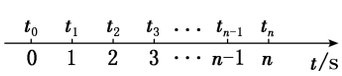
B. “前 3 秒”“最后 3 秒”“第 3 秒”指的都是时间

C. “第 1 秒末”“最后 1 秒”指的都是时刻

D. 轮船船务员说“本班轮船离港时间为 17 点 25 分”指的是时间

B　**解析**:“火车 8 点 42 分到站”指的是一个时间点,是时刻,故 A 错误;“前 3 秒”“最后 3 秒”“第 3 秒”指的是时间的长度,都是时间间隔,故 B 正确;“第 1 秒末”指的是时刻,“最后 1 秒”指的是时间,故 C 错误;17 点 25 分指的是一个时间点,是时刻,故 D 错误。

2.如图所示为时间轴,下列关于时刻和时间的说法正确的是 (　　)



A. t_2 表示时刻,称为第 2 s 末或第 3 s 初,也可以称为 2 s 内

B. t_2～t_3 表示时间,称为前 3 s 内

C. t_0～t_2 表示时间,称为最初 2 s 内或前2 s 内

D. t_{n-1} 表示时刻,称为第(n－1) s

C　**解析**:时刻在时间轴上对应的是点,而时间表示两个时刻之间的间隔,在时间轴上对应的是线段。t_2 表示时刻,称为第 2 s 末或第 3 s 初,而 2 s 内指的是间隔为 2 s 的一段时间,选项 A 错误;t_2～t_3 表示时间,指的是 2～3 s 这 1 s,称为第 3 s 内,选项 B 错误;t_0～t_2 表示时间,指的是 0～2 s 这 2 s,称为最初 2 s 内或前 2 s 内,选项 C 正确;t_{n-1} 表示时刻,称为第(n－1) s 末或第 n s 初,选项 D 错误。

3.下列说法正确的是 (　　)

A. 时刻表示较短时间,时间表示较长时间

B. 作息时间表上的数字表示时间

C. 第 n s 内就是(n－1) s 末到 n s 末这一秒时间(n 为任意正整数)

D. 1 min 内有 60 个时刻

C　**解析**:时刻表示某个瞬间,没有长短之分,时间表示两个时刻的间隔,选项 A 错误;作息时间表上的数字表示的是时刻,选项 B 错误;第 n s 是指第 n 个 1 s 的时间,其大小等于 1 s,确切含义是指(n－1) s 末到 n s 末这一秒时间,选项 C 正确;1 min 内有无穷多个时刻,选项 D 错误。

任务总结

时间间隔与时刻的比较

项目		时间间隔	时刻
区别	物理意义	两时刻间的间隔	某一瞬间
	时间轴上的表示方法	时间轴上的一段线段表示一段时间	时间轴上的点表示一个时刻
	表述方法	“3 s 内”“前 3 s 内”“后 3 s 内”“第 1 s 内”“第 1 s 到第 3 s”等均指时间间隔	“3 s 末”“第 3 s 末”“第 4 s 初”“八点半”等均指时刻
联系		两个时刻的间隔即为时间间隔,即 $\Delta t = t_2 - t_1$	

任务三　对质点的理解

[探究活动]

(1)在研究列车由北京开往广州所用的时间时,能否把列车看成一个质点?如果研究列车通过一座隧道的时间,能否把列车看成一个质点?



(2)教练在研究马拉松比赛中的运动员的摆臂和步幅对速度的影响时,能否把运动员看成一个“点”?

(3)在什么条件下我们才能将物体看作质点呢?

提示:(1)在研究列车由北京开往广州所用的时间时,可以忽略列车的长度及大小,能把列车看成一个质点;如果研究列车通过一座隧道所用时间时,列车的长度不能忽略,列车不能看成质点。

(2)不能。

(3)同一个物体在研究有些问题时可看作质点,在研究另外一些问题时不能看作质点。一个物体能否看作质点取决于物体的大小、形状在所研究的问题中是否可以忽略。

[评价活动]

1.(2025·浙江 1 月选考)我国水下载缆机器人(如图所示)具有“搜寻-挖沟-敷埋”一体化作业能力,下列行为可将机器人看成质点的是 (　　)



A. 操控机器人进行挖沟作业
B. 监测机器人搜寻时的转弯姿态
C. 定位机器人在敷埋线路上的位置
D. 测试机器人敷埋作业时的机械臂动作

C　**解析**：操控机器人进行挖沟作业、监测机器人搜寻时的转弯姿态、测试机器人敷埋作业时的机械臂动作均不能忽略机器人的大小和形状，需要关注机器人本身的变化情况，因此不可以看作质点，故A、B、D错误；定位机器人在敷埋线路上的位置时可以忽略机器人的大小和形状，可以视为质点，故C正确。

2. 我国空间站在太空中进行“太空泊车”时，将“问天”实验舱从节点舱的前向对接口缓慢转位至相差90°的侧向对接口，并再次对接锁紧。“问天”实验舱的照片如图所示，下列情况中空间站可以视为质点的是（　　）



A. 航天员在舱内做实验时
B. 估算空间站绕地球一周所用的时间时
C. 空间站规避太空垃圾时
D. 空间站进行“太空泊车”时

B　**解析**：估算空间站绕地球一周所用的时间时，可不考虑空间站的形状和大小，因此可将其看作质点。

3. 2023年9月23日至2023年10月8日，第19届亚运会在杭州举办。下列情况中可将研究对象视为质点的是（　　）

A. 分析乒乓球比赛中运动员如何发出旋转球时的乒乓球
B. 分析110米栏比赛做跨栏动作时的运动员
C. 研究跳水运动员空中腾飞翻转的优美姿态时的运动员
D. 研究足球运动员踢出的香蕉球在空中运动的轨迹时的足球

D　**解析**：沿弧线旋转的乒乓球在转动，其各点的运动情况不同，所以不能视为质点，故A错误；分析110米栏比赛做跨栏动作时的运动员，运动员的肢体动作不能忽略，所以运动员不能视为质点，故B错误；观察跳水运动员空中腾飞翻转的优美姿态时，运动员的肢体动作不能忽略，故C错误；足球运动员踢出的香蕉球在空中沿曲线飞行，足球的大小尺寸和旋转情况，相对于长长的弧线可忽略不计，可以视为质点，故D正确。

任务总结

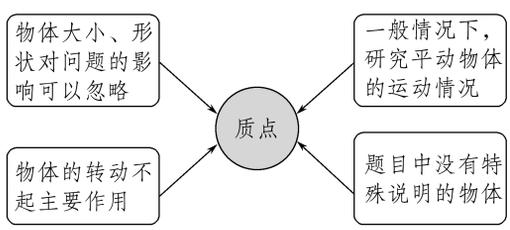
1.对质点的理解

(1)质点是用来代替物体的有质量的点，只占有位置而不占有空间，具有被代替物体的全部质量。

(2)质点是一种“理想化模型”，它是对实际物体的一种科学抽象，实际上并不存在。

(3)一个物体能否看作质点，由物体实际体积的大小和形状是否影响所研究的问题决定。

2. 可将物体看成质点的几种情况

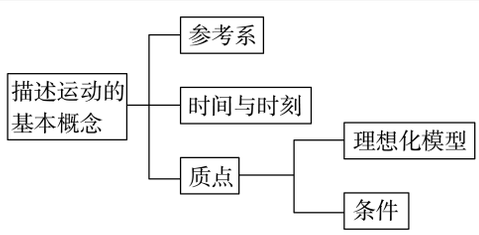


3.物理学研究方法——建立理想化物理模型

(1)理想化模型是为了使研究的问题得以简化或方便研究而进行的一种科学抽象，实际上并不存在。

(2)在理想化模型的抽象过程中，应以研究目的为出发点，突出问题的主要因素，忽略次要因素，从而建立理想化物理模型。

▶提质归纳



课后素养评价(一)

基础性·能力运用

知识点1　参考系

1. 中国是掌握空中加油技术的少数国家之一。如图所示是我国自行研制的战斗机在空中加油的情景。以下列的哪个物体为参考系，可以认为加油机是运动的？（　　）



A. 战斗机
B. 地面上的房屋
C. 加油机中的飞行员

D. 战斗机里的飞行员

B　**解析**：加油机相对于战斗机位置不变，以战斗机为参考系，加油机是静止的，故A错误；加油机相对于地面上的房屋位置不断变化，以地面上的房屋为参考系，加油机是运动的，故B正确；加油机相对于加油机中的飞行员位置不变，以加油机中的飞行员为参考系，加油机是静止的，故C错误；加油机相对于战斗机里的飞行员位置不变，以战斗机里的飞行员为参考系，加油机是静止的，故D错误。

2. 小刚同学在一次蹦极运动后说："在下落时，我感觉大地扑面而来。"这里的"扑面而来"所选的参考系是（　C　）

A. 远处的山　　B. 大地

C. 小刚自己　　D. 太阳

知识点2　时间

3.（多选）下列关于时间间隔和时刻的说法正确的是（　BC　）

A. 时间间隔是较长的一段时间，时刻是较短的一段时间

B. 第2 s内和前2 s内不是相等的两段时间间隔

C. 北京时间12点整是指时刻

D. 时光不能倒流，因为时间是矢量

4. 以下数据中，记录时刻的是（　　）

A. 航班晚点20分钟

B. 午睡从12点25分开始

C. 某同学的反应时间约为0.2秒

D. 火车离站已有3分钟

B　**解析**：航班晚点20分钟，其中20分钟指时间间隔，故A错误；午睡从12点25分开始，其中12点25分指时刻，故B正确；某同学的反应时间约为0.2秒，其中0.2秒指的是时间间隔，故C错误；火车离站已有3分钟，其中3分钟指的是时间间隔，故D错误。

知识点3　质点

5. 下列关于质点的说法正确的是（　　）

A. 质点是一个理想化模型，实际上并不存在，所以引入这个概念没有多大意义

B. 体积很小的物体都可以看成质点，而体积较大的物体一定不能看成质点

C. 只要物体的运动不是很快，就可以把物体看成质点

D. 物体的大小和形状对所研究问题的影响可以忽略时，可以将物体看成质点

D　**解析**：质点是理想化模型，实际上不存在，但在研究问题时可以把体积很庞大的物体看成一个点，这有利于问题的研究，故A错误；物体能否看成质点主要是看物体的大小和形状对所研究问题的影响是否可以忽略，与物体的体积大小及运动快慢没有关系，故B、C错误，D正确。

6.（多选）下列关于质点的说法正确的是（　　）

A. 研究踢出去的足球的运动轨迹时，可以把足球看成质点

B. 研究乒乓球运动员如何打出漂亮的弧圈球时，可以把乒乓球看成质点

C. 研究校运动会上小明同学优美而标准的跳高动作时，不能把他看成质点

D. 研究"复兴号"列车从北京南站开往上海虹桥站的运动时，可以把列车看成质点

ACD　**解析**：研究踢出去的足球的运动轨迹时，可以不考虑足球的形状和大小，选项A正确；如果将乒乓球看成质点，就无法研究弧圈球的技术问题了，选项B错误；研究跳高动作时，不可将小明同学看成质点，选项C正确；"复兴号"列车的长度与北京到上海的距离相比小得多，可以将列车看成质点，选项D正确。

综合性·创新提升

7. 质点是一个理想化模型，下列说法正确的是（　B　）

A. 研究运动员110 m栏比赛的跨栏技术时，其身体可看作质点

B. 研究月球绕地球的运动轨迹时，月球可看作质点

C. 研究火车通过隧道所需的时间时，火车可看作质点

D. 研究"嫦娥六号"在轨道上的飞行姿态时，"嫦娥六号"可看作质点

8. 如图所示的上海磁浮列车是世界上第一列投入商业化运营的磁悬浮列车。据报道，一次试车时全程行驶了约7 min 30 s，其线路总长30 km。下列说法正确的是（　A　）



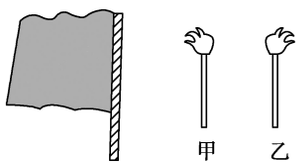
A. "7 min 30 s"指的是时间间隔

B. "30 km"指的是位移

C. 在任何情况下该列车均可被看成质点

D. 该列车通过某一段路程，位移的大小不可能等于路程

9. 在奥运会火炬传递过程中，观察到旗帜和甲、乙两火炬手所传递的圣火火焰如图所示。关于甲、乙两火炬手相对于静止旗杆的运动情况，下列说法正确的是（旗杆和甲、乙火炬手在同一地点）（　　）



A. 甲、乙两火炬手一定向左运动
B. 甲、乙两火炬手一定向右运动
C. 甲火炬手可能运动，乙火炬手向右运动
D. 甲火炬手可能静止，乙火炬手向左运动

D　**解析**：旗帜向左飘，说明有向左吹的风，由甲的火焰向左偏，无法确定甲的运动状态，由于乙的火焰向右偏，所以乙一定向左运动，且速度大于风速。

10. 现有 A、B 两辆汽车在一条东西方向的平直公路上向东行驶，若以地面为参考系，A 车速度为 6 m/s，B 车速度为 10 m/s。试分析并回答下列问题：

(1)若以 A 车为参考系，B 车的速度多大？方向如何？

(2)若以 B 车为参考系，A 车的速度多大？方向如何？

(3)若以 A 车或 B 车为参考系，地面的运动情况如何？

解析：(1)若以 A 车为参考系，则 B 车的速度大小为

10 m/s−6 m/s=4 m/s，方向向东。

(2)若以 B 车为参考系，则 A 车的速度大小为

6 m/s−10 m/s=−4 m/s，负号代表 A 车方向与 B 车相反，方向向西。

(3)若以 A 车为参考系，则地面向西运动，速度大小为6 m/s；

若以 B 车为参考系，则地面向西运动，速度大小为 10 m/s。

答案：(1)4 m/s　向东　(2)4 m/s　向西

(3)以 A 车为参考系：6 m/s，向西　以 B 车为参考系：10 m/s，向西

2　位置　位移

学习任务目标

1. 理解位置和位移的概念。（物理观念）

2. 能结合位移-时间图像解答简单的实际问题。（科学思维）

问题式预习

知识点一　坐标系及位移

1. 坐标系建立的目的

准确地描述质点的位置。

2. 坐标系的分类

(1)直线坐标系(一维坐标系)适用于研究物体沿一条直线的运动。

(2)平面直角坐标系(二维直角坐标系)适用于描述物体在一个平面上的运动。

(3)空间三维坐标系(三维直角坐标系)适用于描述除了经纬度以外，还需要高度的数值的位置，例如空中飞机的位置。

3. 路程：物体运动轨迹的长度。

4. 位移

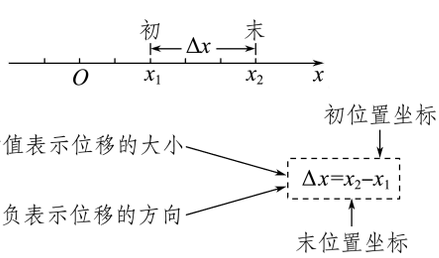
(1)物理意义：描述物体的位置变化。

(2)大小：从初位置指向末位置的有向线段的长度。

(3)方向：由初位置指向末位置。

[科学思维]

研究直线运动时，在物体运动的直线上建立 x 轴，如图所示。



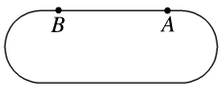
[判一判]

(1)位移取决于运动的初、末位置，路程取决于实际运动的轨迹。（ √ ）

(2)直线运动中，建立了直线坐标系，任意时刻的位置都可由位置坐标表示。（ √ ）

[做一做]

下图是某学校田径运动场 400 m 标准跑道的示意图。100 m 赛跑的起点在 A 点，终点在 B 点，400 m 赛跑的起点和终点都在 A 点。在校运动会中，甲、乙两位同学分别参加了 100 m 和 400 m 项目的比赛，关于甲、乙两位同学运动的位移大小和路程的说法正确的是（　　）



A. 甲、乙两位同学的位移大小相等

B. 甲、乙两位同学的路程相等

C. 甲的位移较大

D. 甲的路程较大

C　**解析**：位移是指从初位置指向末位置的有向线段，位移有大小也有方向。由题意可知，400 m 的比赛中，起点和终点相同，所以在 400 m 的比赛中位移的大小为零，而在100 m 的比赛中，做的是直线运动，位移的大小就是100 m，所以甲的位移大小为100 m，乙的位移为零，所以甲的位移大；路程是指物体所经过的路径的长度，所以在100 m 和 400 m 的比赛中，路程较大的是 400 m，故乙的路程大，故A、B、D 错误，C 正确。

知识点二　位移-时间图像及矢量和标量的理解

1. 位移-时间图像的建立：在直角坐标系中选时刻 t 为横轴，选位置 x 为纵轴，把物体运动的起始位置和起始时刻分别作为纵轴和横轴的原点 O，各点的位置坐标 x 就等于它们相对于起始位置的位移 Δx，因此这样的 x-t 图像我们称为位移-时间图像。

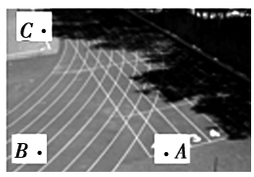
2. 标量：只有大小没有方向的物理量，如质量、时间、温度等，且加减遵循“算术法则”。

3. 矢量：既有大小又有方向的物理量，如力、速度等。

4. 物体在沿一条直线向同一方向运动时，位移的大小与路程数值相等，但不能说路程等于位移，因为位移有方向。

［科学思维］

如图所示，一位同学从操场 A 点出发，向西走了30 m，到达 B 点，然后又向北走了40 m，到达 C 点。在从 A 点到 C 点的过程中，该同学的位移大小是 A 点到 B 点和 B 点到 C 点两位移的代数和吗？如何计算？



提示：不是。位移的大小等于初末位置之间的距离，所以总位移大小为 $\sqrt{40^2+30^2}$ m＝50 m。

［判一判］

(1)位移是矢量，有方向；而路程是标量，没有方向。（ √ ）

(2)位移-时间图像表示物体运动的轨迹。（ × ）

(3)由 x-t 图像可以确定物体在某时刻的位置。（ √ ）

［做一做］

关于矢量和标量，下列说法不正确的是（　　）

A. 矢量是既有大小又有方向的物理量

B. 标量只有大小没有方向

C. −10 m 的位移比 5 m 的位移小

D. −10 ℃的温度比 5 ℃的温度低

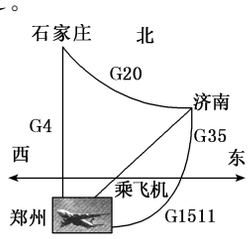
C　**解析**：由矢量和标量的定义可知，A、B 正确；−10 m 的位移比 5 m 的位移大，负号不表示大小，仅表示方向与规定的正方向相反，C 错误；温度是标量，负号表示该温度比 0 ℃低，正号表示该温度比 0 ℃高，故−10 ℃的温度比 5 ℃的温度低，D 正确。

任务型课堂

任务一　对位移的理解及用坐标系表示位移

［探究活动］

如图所示，从济南到郑州可以乘飞机，也可以开车走高速或国道。



(1)不同方案的位移和路程相同吗？

(2)位移和路程有什么区别？

(3)什么情况下，同一方案的位移和路程相同？

提示：(1)位移相同，路程不同。

(2)路程是运动轨迹的长度，只有大小，没有方向，是标量。位移是起点到终点的有向线段，既有大小，又有方向，是矢量。

(3)任何情况下位移和路程都不同，因为位移是矢量而路程是标量。在单向直线运动中，位移的大小与路程相等。

［评价活动］

1. 关于位移和路程，下列说法正确的是（　　）

A. 物体沿直线运动，通过的路程等于位移的大小

B. 两物体通过的路程不等，位移可能相同

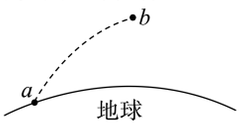
C. 物体通过一段路程，其位移一定不为零

D. 物体沿直线向某一方向运动，通过的路程就是位移

B　**解析**：物体沿直线做单向运动时，通过的路程等于位移的大小，故 A 错误；两物体通过的路程不等，位移可能相同，故 B 正确；物体通过一段路程，其位移有可能等于零，如沿圆周运动一周，故 C 错误；物体沿直线向某一方向运动，通过的路程在大小上等

于位移，但路程不是位移，故D错误。

2. 神舟二十三号飞船于2026年5月24日23时08分，从戈壁里拔地而起。假设运载火箭从发射场的a点成功发射升空，飞行10 min后，在离地面高度约为200 km的b处船箭分离，运动轨迹如图中的虚线所示。下列说法正确的是（　　）



A. 研究火箭从a到b的运动轨迹时，可以把火箭视为质点

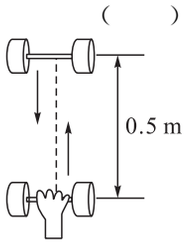
B. “10 min”指的是时刻

C. 火箭上升过程中的位移大小约为200 km

D. 火箭上升过程中的路程约为200 km

A　**解析**：研究火箭从a到b的运动轨迹时，可以忽略火箭的大小和形状，把火箭视为质点，选项A正确；“10 min”是火箭上升的时间间隔，选项B错误；火箭上升过程中的位移为a点到b的有向线段，大小大于200 km，选项C错误；火箭上升过程中的路程为虚线轨迹的长度，大于200 km，选项D错误。

3. (2026·河北卷)某同学健身时，哑铃被举高0.5 m后再回到原位置，如图所示。如此重复10次，哑铃的位移大小为（　　）



A.0

B.5 m

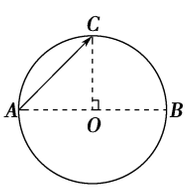
C.10 m

D.11 m

A　**解析**：位移只与初末位置有关，哑铃重复运动10次后回到原位置，初末位置重合，位移大小为零，故选A。

4. 一质点绕半径为R的圆圈运动了一周，则其位移大小为_____，路程是_____；若该质点运动了$1\frac{3}{4}$周，则其位移大小为_____，路程是_____，此运动过程中最大位移是_____，最大路程是_____。

解析：质点绕半径为R的圆圈运动一周，位置没有变化，位移为零，走过的路程是$2\pi R$；若质点运动$1\frac{3}{4}$周，设从A点开始逆时针运动，则末位置为C点，如图所示，其位移为由A点指向C点的有向线段，大小为$\sqrt{2}R$，路程即轨迹的总长，为$1\frac{3}{4}$个圆周长，即$\frac{7}{2}\pi R$；质点运动到B点时位移最大，最大位移是$2R$，质点运动结束时路程最大，最大路程即为$\frac{7}{2}\pi R$。



答案：0　$2\pi R$　$\sqrt{2}R$　$\frac{7}{2}\pi R$　$2R$　$\frac{7}{2}\pi R$

任务总结

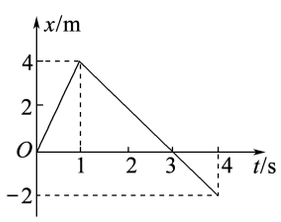
位移和路程的区别和联系

项目		位移	路程
区别	物理意义	描述物体的位置变化，是由初位置指向末位置的有向线段	描述物体运动轨迹的长度
	标矢性	矢量	标量
	相关因素	由物体的初、末位置决定，与物体的运动路径无关	既与物体的初、末位置有关，也与物体运动路径有关
联系		(1)都是过程量； (2)位移的大小不大于相应的路程，只有物体做单向直线运动时，位移的大小才等于路程	

任务二　位移-时间图像的理解和应用

[探究活动]

某一做直线运动的物体的x-t图像如图所示。



(1)求物体距出发点的最远距离；

(2)求前4 s内物体的位移；

(3)求前4 s内物体通过的路程。

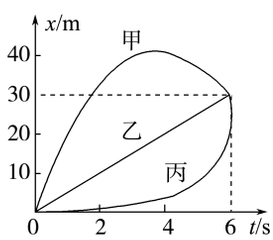
提示：(1)物体距出发点的最远距离$x_m=4$ m。

(2)前4 s内物体的位移$\Delta x=x_2-x_1=-2\ \text{m}-0=-2\ \text{m}$。

(3)前4 s内物体通过的路程$s=s_1+s_2+s_3=4\ \text{m}+4\ \text{m}+2\ \text{m}=10\ \text{m}$。

[评价活动]

1. 甲、乙、丙三个物体同时从同地出发，6 s末同时到达同一目的地，它们运动的位移-时间图像如图所示，则关于三者的路程s和位移大小x关系正确的是（　　）

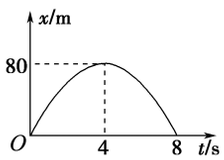


A. $s_{甲}>s_{丙}=s_{乙}$　　B. $s_{甲}>s_{丙}>s_{乙}$

C. $x_{甲}>x_{丙}>x_{乙}$　　D. $x_{甲}=x_{丙}>x_{乙}$

A　**解析**：由题图可知，三者都做直线运动，由于甲、乙、丙的初位置和末位置相同，故位移相同，即 $x_{甲}=x_{丙}=x_{乙}$；由于甲物体有反向运动过程，乙、丙两物体均只有单向运动，故乙、丙两物体的路程等于位移大小，甲物体的路程要大于位移大小，故选 A。

2.（多选）某物体的位移-时间图像如图中抛物线所示，则下列叙述正确的是　　（　　）



A. 物体运动的轨迹是抛物线

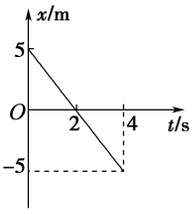
B. 物体运动的时间为 8 s

C. 物体运动所能达到的最大位移为 80 m

D. 物体做往返运动

BCD　**解析**：x-t 图像描述的是做直线运动的物体位移随时间的变化关系，虽然图像是抛物线，但运动轨迹是直线，A 错误；从图像可以看出，图像描述的是物体在 0～8 s 的位移随时间的变化情况，所以运动时间为 8 s，最大位移为 80 m，B、C 正确；物体先远离出发点，后回到出发点，故物体做往返运动，D 正确。

3.一质点的 x-t 图像如图所示，求它在前 2 s 内和前 4 s 内的位移。



解析：前 2 s 内的位移

$\Delta x=x_2-x_1=0-5\ \text{m}=-5\ \text{m}$，

前4 s 内的位移

$\Delta x'=x_3-x_1=-5\ \text{m}-5\ \text{m}=-10\ \text{m}$。

答案：−5 m　−10 m

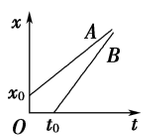
任务总结

x-t 图像的几点注意

(1)x-t 图像表示的是物体的位置随时间变化的规律，而不是物体运动的轨迹。

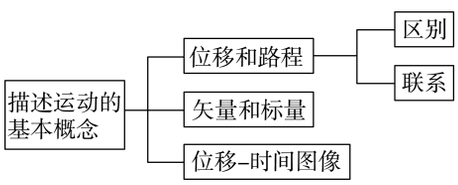
(2)x-t 图像只能用来描述物体的直线运动，原因是 x-t 图像中 x 的方向只有正、负两个方向。

(3)若 x-t 图线不过原点，表示物体不是从坐标原点或不是从计时起点开始运动的，如图所示。



(4)在 x-t 图像中，有两条图线相交，表示两个物体在某一时刻相遇。

提质归纳

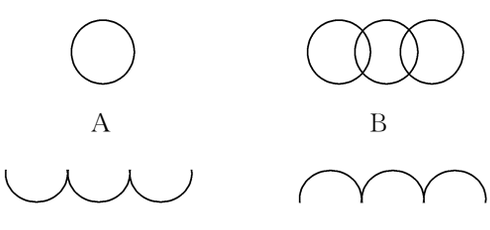


课后素养评价（二）

基础性·能力运用

知识点 1　位置　位移

1.一只蜜蜂和一辆汽车在平直公路上以同样的速度并列运动。如果这只蜜蜂的眼睛紧盯着车轮边缘上某一点，那么它看到的这一点的运动轨迹应是下图中的　　（　　）



A　**解析**：因蜜蜂相对于汽车是静止的，故它所看到的汽车车轮边缘上某一点的运动轨迹是题图 A 所示的圆，故 A 选项正确。

2.400 m 赛跑是一种常见的田径短跑项目，通常它是短跑中距离最长的项目。在标准的室外跑道上，400 m 正好是绕跑道最内侧一周的长度。运动员从各自的起跑线出发，并在全程中分道赛跑。在学校召开的运动会中，小李同学和小张同学在标准的室外跑道上参加同一组 400 m 赛跑，则　　（　　）

A. 小李同学和小张同学在比赛中的位移都是 400 m

B. 小李同学和小张同学在比赛中的位移都是 0

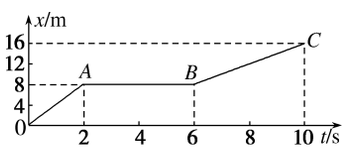
C. 小李同学和小张同学，谁在外侧跑道，谁的路程大

D. 小李同学和小张同学不管谁在外侧跑道，比赛中所需跑过的路程都是相同的

D　**解析**：400 m 是路程(跑过的轨迹长度)，不是位移(起点到终点的直线距离)，两者不能混淆，A 错误；只有最内侧跑道跑一圈回到原点，位移才为 0；外侧跑道的起跑线和终点线不在同一位置，位移不为 0，B 错误；400 m 赛跑中，外侧跑道起跑线向前错开，就是为了保证每个人跑的路程都是 400 m，路程一样大，C 错误；400 m 赛跑的规定就是每人跑 400 m 的路程，与跑道内外侧无关，D 正确。

知识点 2　位移-时间图像

3.(多选)如图所示是某物体在 0～10 s 的 x-t 图像，下列说法正确的是　(　　)



A. 物体在第 1 s 内的位移为 4 m

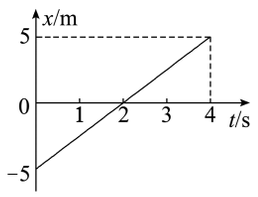
B. 物体在第 5 s 内的位移为 8 m

C. 物体在前 5 s 内的位移为 8 m

D. 物体在后 5 s 内的位移为 16 m

AC　**解析**：由题中图像可知，物体在 0～2 s 位移从 0 均匀增加到 8 m，即每秒钟发生的位移是 4 m，A 正确；物体在第 5 s 内是静止的，位移为零，B 错误；物体在前 5 s 内的位移即为前 2 s 内的位移，等于 8 m，C 正确；物体在后 5 s 内的位移为 6～10 s 的位移，等于 8 m，D 错误。

4.一物体做直线运动，其位移-时间图像如图所示，设向右为正方向，则在前 4 s 内　(　　)



A. 物体始终向右运动

B. 物体先向左运动，2 s 后开始向右运动

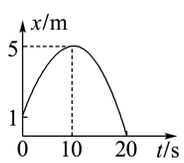
C. 在 $t=2$ s 时，物体距出发点最远

D. 前 2 s 物体位于出发点的左方，后 2 s 位于出发点的右方

A　**解析**：由题图可知，物体始终向右运动，故 A 正确，B 错误；在 $t=2$ s 时，物体距离出发点 5 m，不是最远，故 C 错误；由题图可知，出发点在 $x=-5$ m 处，物体运动后始终在出发点的右方，故 D 错误。

综合性·创新提升

5.(多选)某一质点沿直线运动时其位置坐标 x 随时间 t 变化的图像如图所示，则　(　　)



A. $t=10$ s 时，质点所处的位置坐标为 5 m

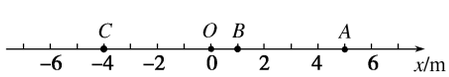
B. 在 0～10 s，质点的位移为 5 m

C. 在 0～20 s，质点的位移为 9 m

D. 在第 5 s 末和第 15 s 末，质点的运动方向相反

AD　**解析**：题图反映的是质点位置随时间的变化关系，$t=10$ s 时质点处在 $x=5$ m 的位置，A 正确；在 0～10 s，质点的初位置坐标为 1 m，末位置坐标为5 m，位移为4 m，B 错误；在 0～20 s，质点的位移为 $\Delta x=x_2-x_1=0-1\ \text{m}=-1\ \text{m}$，C 错误；在第 5 s 末质点沿正方向运动，第 15 s 末质点沿负方向运动，D 正确。

6.(多选)物体做直线运动时可以用坐标轴上的坐标表示物体的位置，用坐标的变化量表示物体的位移。如图所示，一个物体从 A 运动到 C，它的位移 $\Delta x_1=-4\ \text{m}-5\ \text{m}=-9\ \text{m}$；从 C 运动到 B，它的位移 $\Delta x_2=1\ \text{m}-(-4\ \text{m})=5\ \text{m}$。下列说法正确的是　(　　)



A. C 到 B 的位移大于 A 到 C 的位移，因为正数大于负数

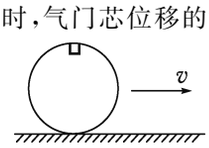
B. A 到 C 的位移大于 C 到 B 的位移，因为符号表示位移的方向，不表示大小

C. 因为位移是矢量，所以这两个矢量的大小无法比较

D. 物体由 A 到 B 的合位移 $\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2$

BD　**解析**：位移是矢量，正负号表示方向，比较位移的大小时，只需比较数值，选项 A、C 错误，B 正确；因 $\Delta x_1=x_C-x_A$，$\Delta x_2=x_B-x_C$，所以物体由 A 到 B 的合位移 $\Delta x=x_B-x_A=\Delta x_1+\Delta x_2$，选项 D 正确。

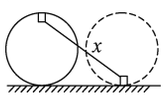
7.如图所示，自行车的车轮半径为 R，车轮沿直线无滑动地滚动，当气门芯由轮子的正上方第一次运动到轮子的正下方时，气门芯位移的大小为　(　　)



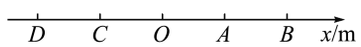
A. πR　　B. $2R$

C. $2\pi R$　　D. $R\sqrt{4+\pi^2}$

D　**解析**：当气门芯由轮子的正上方第一次运动到轮子的正下方时，轮子向前运动半个周长，气门芯的初位置与末位置如图所示，由几何知识得，气门芯的位移大小 $x=\sqrt{(2R)^2+(\pi R)^2}=R\sqrt{4+\pi^2}$。



8.（多选）一质点沿一条直线做往复运动，如图所示，$OA=AB=OC=CD=1$ m，O 点为原点。质点由 A 点出发沿 x 轴正方向运动至 B 点后返回，并沿 x 轴负方向运动。下列说法正确的是　　（　　）



A. 质点从 A 到 B 再到 C 的位移为 2 m，路程为 4 m

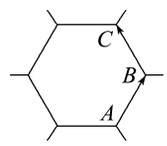
B. 质点从 B 到 D 的位移为 -4 m，路程为 4 m

C. 当质点到达 D 点时，其位置可用 D 点的坐标 -2 m 表示

D. 当质点到达 D 点时，相对于 A 点的位移为 -3 m

BCD　**解析**：位移是矢量，质点从 A 到 B 再到 C 的总位移为 -2 m，路程为 4 m，选项 A 错误；质点从 B 到 D 的位移为 -2 m -2 m $=-4$ m，路程为 4 m，选项 B 正确；质点到达 D 点时，其位置可用 D 点的坐标表示，此时质点相对于 A 点的位移为 -2 m -1 m $=-3$ m，选项 C、D 正确。

9.科研人员研发出一种纳米（nm）探针，这种新型纳米探针由光致发光纳米晶体和吖啶衍生物分子组成，可以精准地向病变组织递送药物，有效治疗心血管疾病、癌症等。若纳米探针沿着边长为 200 nm 的正六边形晶格从 A 到 B 再到 C（如图所示），则它通过的路程和位移大小分别为　　（　　）



A. 400 nm、$200\sqrt{3}$ nm

B. $200\sqrt{3}$ nm、400 nm

C. 400 nm、200 nm

D. 200 nm、$100\sqrt{3}$ nm

A　**解析**：根据路程的定义可知，从 A 到 B 再到 C 的路程为 $s=AB+BC=200$ nm $+200$ nm $=400$ nm，根据位移的定义并结合几何关系可知，从 A 到 B 再到 C 的位移大小为 $x=AC=2AB\sin 60°=200\sqrt{3}$ nm，B、C、D 错误，A 正确。

3　位置变化的快慢与方向——速度

学习任务目标

1.能区分平均速度、瞬时速度与速率，知道速度-时间图像的意义。（物理观念）
2.体会平均速度概念的等效思想方法和瞬时速度概念的极限思想方法。（科学思维）
3.了解打点计时器的原理，并会安装和使用；了解测速度的原理和方法。（科学探究）

问题式预习

知识点一　对平均速度和瞬时速度的理解

1.平均速度

（1）定义：物体的位移 Δx 与发生这段位移所用时间 Δt 的比叫作这段时间内的平均速度。

（2）公式：$\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$。

（3）单位：m/s 或 km/h（1 m/s $=3.6$ km/h）。

（4）矢量性：平均速度既有大小又有方向，是矢量，其方向与该段时间 Δt 内位移的方向相同。

2.瞬时速度

（1）定义：物体在某时刻或经过某位置的速度称为瞬时速度。

（2）物理意义：描述物体运动的快慢和方向。

3.速率：瞬时速度的大小称为速率。

4.平均速率：路程与时间之比叫平均速率。

［科学思维］

比值定义法是物理学定义物理量常用的方法，在今后物理学习中还会遇到更多的比值定义法。此类问

题要注意不能用“纯数学角度”分析，不能说“v 与 Δx 成正比，与 Δt 成反比”等。

［做一做］

1. 一个做直线运动的物体，在 $t=5$ s 内速度从 $v_0=12$ m/s增大到 $v=18$ m/s，通过的位移是 $x=70$ m，则这个物体在这 5 s 内的平均速度是 （　　）

A. 12 m/s　　B. 14 m/s

C. 15 m/s　　D. 18 m/s

B　**解析**：平均速度 $\overline{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{70\ \text{m}}{5\ \text{s}}=14\ \text{m/s}$，故选项 B 正确。

2. 2026 年第 10 号热带风暴“美莎克”的中心于 7 月 3 日18 时 20 分许在海南省陵水县沿海登陆，登陆时中心附近最大风速为23 m/s，“美莎克”进入北部湾后，每小时移速为 10～15 千米。上文中的两个速度分别是指 （　　）

A. 平均速度，瞬时速度

B. 瞬时速度，平均速度

C. 平均速度，平均速度

D. 瞬时速度，瞬时速度

B　**解析**：由题意知，风速 23 m/s 指的是瞬时速度，移速每小时 10～15 千米指的是平均速度，故 B 正确。

知识点二　速度的测量及速度-时间图像

1. 测量速度的原理

(1)测量平均速度

根据 $\overline{v}=$_____，只需测出任意两点间的位移_____和所用的时间_____，就可以算出平均速度。

(2)测量瞬时速度

如果 Δt 足够小，可以用某两点间的_____粗略代表该两点间某点的_____，若这两点离所研究的那一点越接近，算出的_____越接近那点的_____。

答案：(1)$\frac{\Delta x}{\Delta t}$　Δx　Δt

(2)平均速度　瞬时速度　平均速度　瞬时速度

2. 用打点计时器测速度

(1)打点计时器是一种每隔相同的较短时间通过_____记录一次做直线运动的物体_____的仪器。实验室使用的打点计时器的打点频率为_____Hz。

(2)中学实验室有两种打点计时器：_____和_____。

(3)测量出某两个点迹间的距离 Δx，除以相应的时间间隔 Δt，即可得到这段时间内的平均速度，如果这段时间很短，所得的结果也可认为是瞬时速度。

答案：(1)打点　位置　50

(2)电磁打点计时器　电火花打点计时器

3. 用光电门测速度

遮光板宽度_____与相应的时间间隔_____的比可以认为是小车经过光电门时的瞬时速度。

答案：Δx　Δt

4. 速度-时间图像

(1)定义

以速度为____轴、时间为____轴，建立一个平面直角坐标系，在该坐标系中画出物体的速度 v 随时间 t 变化的图像。

(2)绘制 v-t 图像

把测量所得的速度及相应时间的数值标注在坐标系中，再把各数据点连接成一条_____的曲线，即速度-时间图像。

答案：(1)纵　横　(2)光滑

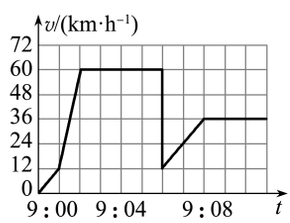
［科学探究］

(1)等效思想：将短时间或短位移内的变速运动等效为匀速运动，引入平均速度。

(2)极限思想：时间间隔趋近于零时的平均速度就是该时刻的瞬时速度。

［做一做］

(多选)小军的爸爸携全家驾车去外地游玩，途中，路边蹿出一只小猫，他紧急刹车才没撞到它。如图所示为紧急刹车前后汽车行驶的速度-时间图像。根据图像，下列说法正确的是 （　　）



A. 紧急刹车发生在 9:06

B. 在 9:02～9:06 时间段他驾车匀速前进

C. 在 9:00～9:11 时间段他驾车的最大速度为60 km/h

D. 在 9:00～9:11 时间段他驾车的平均速度为60 km/h

ABC　**解析**：由题图可知，速度急剧减小的时间是 9:06，即紧急刹车发生在 9:06，A 正确；在 9:02～9:06 时间段汽车的速度是 60 km/h，即汽车在这段时间做匀速运动，B 正确；由题图可知，在 9:00～9:11 时间段他驾车的最大速度为 60 km/h，最小速度为零，平均速度一定小于 60 km/h，C 正确，D 错误。

任务型课堂

任务一　对平均速度和瞬时速度的理解

［探究活动］

对下面两种情况下物体运动的快慢进行探究。

(1)在 1 h 时间内中国的“复兴号”列车沿平直铁路行驶了 350 km，小轿车沿平直公路行驶了100 km，“复兴号”列车和小轿车谁行驶得更快？你是怎样判断的？

(2)一只猎豹跑 100 m 仅需 6.13 s；有一种雨燕是长距离飞行最快的鸟类，3 h 可以飞行 500 km。猎豹和雨燕哪一个运动得更快？你是怎样判断的？

提示：(1)“复兴号”列车行驶得更快。因为经过的时间相同，所以“复兴号”列车运动的位移大。

(2)雨燕运动得更快。二者的位移和时间均不相同，需要先换算单位，取其中一个相同的物理量才能进行比较，一般可比较相同单位时间内通过的位移大小，即通过位移和时间之比来确定。

［评价活动］

1.(2025·四川卷)2025 年 4 月 30 日，神舟十九号载人飞船成功返回。某同学在观看直播时注意到，返回舱从高度 3 090 m 下降到高度 2 010 m，用时约 130 s。这段时间内，返回舱在竖直方向上的平均速度大小约为　(　　)

A. 8.3 m/s　　B. 15.5 m/s

C. 23.8 m/s　　D. 39.2 m/s

A　**解析**：返回舱在竖直方向上的位移 $x=3\ 090\ \text{m}-2\ 010\ \text{m}=1\ 080\ \text{m}$，所用的时间 $t=130\ \text{s}$，则返回舱在这段时间内的平均速度：$v=\frac{x}{t}=\frac{1\ 080\ \text{m}}{130\ \text{s}}\approx 8.3\ \text{m/s}$，故 B、C、D 错误，A 正确。

2.(多选)关于瞬时速度和平均速度，下列说法正确的是　(　　)

A. 一般提到平均速度时，必须说清是哪段时间(或哪段位移)内的平均速度

B. 对于匀速直线运动，其平均速度跟哪段时间(或哪段位移)无关

C. 瞬时速度和平均速度都可以精确描述物体运动的快慢

D. 瞬时速度是某时刻的速度，所以只有瞬时速度才可以精确描述变速运动

ABD　**解析**：一般提到平均速度时，必须说清是哪段时间(或哪段位移)内的平均速度，选项 A 正确；对于匀速直线运动，其平均速度跟哪段时间(或哪段位移)无关，选项 B 正确；平均速度是指物体运动过程的平均快慢程度，瞬时速度是指物体在某一时刻或某一位置的快慢程度，所以只有瞬时速度才可以精确描述变速运动，选项 C 错误，D 正确。

3.(多选)甲、乙两质点在同一直线上做匀速运动，设向右为正，甲质点的速度为 +2 m/s，乙质点的速度为 −4 m/s，则以下说法正确的是　(　　)

A. 乙质点的速度大于甲质点的速度

B. 因为 $+2>-4$，所以甲质点的速度大于乙质点的速度

C. 这里的正、负号的物理意义是表示质点运动的方向

D. 若甲、乙两质点同时由同一地点出发，则 10 s 后甲、乙两质点相距 60 m

ACD　**解析**：速度是矢量，矢量的正、负只表示方向，不表示大小，所以乙质点的速度大于甲质点的速度，A、C 正确，B 错误；因甲、乙两质点同时由同一地点反向出发，所以两者 10 s 末相距 $L=2\times 10\ \text{m}+4\times 10\ \text{m}=60\ \text{m}$，D 正确。

4.一辆汽车从甲地沿平直的公路以 $v_1=36\ \text{km/h}$ 的速度经过 2 h 到达乙地，休息了4 h 后，又沿原路返回，以 $v_2=54\ \text{km/h}$ 的速度运动了 3 h 越过甲地到达丙地。求全程的平均速度和平均速率。

解析：汽车全程的位移大小为 $\Delta x=v_2t_2-v_1t_1=54\times 3\ \text{km}-36\times 2\ \text{km}=90\ \text{km}$，全程所用时间为 $\Delta t=2\ \text{h}+4\ \text{h}+3\ \text{h}=9\ \text{h}$，故平均速度大小 $\overline{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{90\ \text{km}}{9\ \text{h}}=10\ \text{km/h}$，方向是由甲地指向丙地；汽车全程的路程为 $s=v_2t_2+v_1t_1=54\ \text{km/h}\times 3\ \text{h}+36\ \text{km/h}\times 2\ \text{h}=234\ \text{km}$，所以平均速率为 $\overline{v}'=\frac{s}{\Delta t}=\frac{234\ \text{km}}{9\ \text{h}}=26\ \text{km/h}$。

答案：10 km/h，方向由甲地指向丙地　26 km/h

任务总结

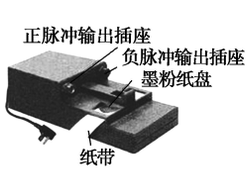
几个物理量的区别

物理量		区别	
速度和速率	速度	物体的位移与发生这段位移所用时间的比值	矢量
	速率	瞬时速度的大小叫速率	标量

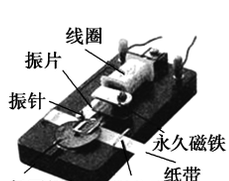
物理量	区别			
平均速度和瞬时速度	平均速度	$\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，与一段时间或一段位移相对应	方向与这段时间内的位移方向相同	只能粗略地描述运动的快慢
	瞬时速度	质点在某一时刻或经过某一位置的速度，与时刻或位置相对应	方向即那一时刻质点运动的方向	能精确地描述运动的快慢
平均速度的大小和平均速率	平均速度的大小	平均速度=$\frac{位移}{时间}$		因为位移大小与路程一般不相等，故平均速度的大小一般不等于平均速率
	平均速率	平均速率=$\frac{路程}{时间}$		

任务二 速度的测量

［探究活动］



甲



乙

(1)图甲、图乙所示仪器的名称分别是什么？

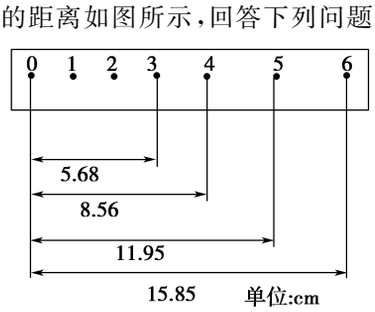
(2)两者的打点周期是否相同？

提示：(1)图甲为电火花打点计时器，图乙为电磁打点计时器。

(2)周期相同，均为 0.02 s。

［评价活动］

1.某同学在“用打点计时器测速度”的实验中，用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出 0,1,2,3,4,5,6 共七个计数点，每两个相邻的计数点之间还有四个计时点没标出，其部分相邻点间的距离如图所示，回答下列问题。



(1)关于打点计时器的时间间隔，下列是四位同学各自发表的看法，其中正确的是_____。

A. 电源电压越高，每打两个点的时间间隔就越短

B. 纸带速度越大，每打两个点的时间间隔就越短

C. 打点计时器连续打两个点的时间间隔由交流电的频率决定

D. 如果将交流电改为直流电，打点计时器连续打两个点的时间间隔保持不变

(2)接通打点计时器电源和让纸带开始运动，这两个操作之间的时间顺序关系是_____。

A. 先接通电源，再让纸带运动

B. 先让纸带运动，再接通电源

C. 让纸带运动的同时接通电源

D. 先让纸带运动或先接通电源都可以

(3)打下点 4 时小车的瞬时速度为____m/s(结果保留 2 位有效数字)。

解析：(1)打点计时器连续打两个点的时间间隔由交流电的频率决定，与电源电压、纸带速度无关，故 A、B 错误，C 正确；如果将交流电改为直流电，打点计时器将无法工作，故 D 错误。

(2)使用打点计时器时，应先接通电源让打点计时器工作，再让纸带运动，使打点计时器从运动开始时就在纸带上打出点迹，故 A 项正确。

(3)打下点 4 时小车的瞬时速度为

$$v_4=\frac{x_{35}}{t_{35}}=\frac{(11.95-5.68)\times10^{-2}\ \mathrm{m}}{2\times0.10\ \mathrm{s}}\approx0.31\ \mathrm{m/s}。$$

答案：(1)C　(2)A　(3)0.31

2.如图所示，气垫导轨上的滑块经过光电门时，滑块上的遮光条将光遮住，电子计时器可自动记录遮光时间 Δt。测得遮光条的宽度为 Δx，用$\frac{\Delta x}{\Delta t}$近似代表滑块通过光电门时的瞬时速度。为使$\frac{\Delta x}{\Delta t}$更接近瞬时速度，正确的措施是　　(　　)

A. 换用宽度更窄的遮光条

B. 提高测量遮光条宽度的精确度

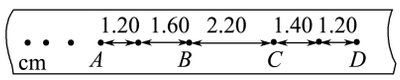
C. 使滑块的释放点更靠近光电门

D. 增大气垫导轨与水平面的夹角

A　**解析**：瞬时速度表示运动物体在某一时刻(或经过某一位置)的速度，当 $\Delta t\to0$ 时，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$可看成物体的瞬时速度。$\Delta x$ 越小，Δt 也就越小，A 项正确；提高测量遮光条宽度的精确度，不能减小 Δt，B 项错误；使滑块的释放点更靠近光电门，会使 Δt 增大，增大气垫导轨与水平面的夹角，并不一定能使$\frac{\Delta x}{\Delta t}$更接近瞬时速度，C、D 项错误。

3.一打点计时器所用电源频率为 50 Hz，如图所示，纸带上的 A 点先通过计时器，A、B 间历时_____s，

位移为_____m，这段时间内纸带运动的平均速度是_____m/s，*AD* 段内的平均速度为_____m/s。



解析：由电源的频率为 50 Hz，知打点计时器打点的时间间隔是 0.02 s，则 *A*、*B* 间用时 $t_{AB}=2T=0.04$ s，位移 $x_{AB}=(1.20+1.60)\times10^{-2}$ m$=0.028$ m。

AB 段内的平均速度 $\overline{v}_{AB}=\dfrac{x_{AB}}{t_{AB}}=\dfrac{0.028\text{ m}}{0.04\text{ s}}=0.70$ m/s，*AD* 段内的平均速度 $\overline{v}_{AD}=\dfrac{x_{AD}}{t_{AD}}=\dfrac{(1.20+1.60+2.20+1.40+1.20)\times10^{-2}\text{ m}}{5\times0.02\text{ s}}=0.76$ m/s。

答案：0.04　0.028　0.70　0.76

任务总结

1.位移和时间的测量实验操作

(1)把打点计时器固定在桌面上。

(2)安装纸带。

(3)把打点计时器的两个接线柱接到交流电源上(电源频率为 50 Hz，电磁打点计时器接 6 V 低压交流电源，电火花计时器接 220 V 交流电源)。

(4)启动电源，用手水平拉动纸带，纸带上就打出一行小点，随后立即关闭电源。

2.速度的测量

(1)确定时间：确定时间时要注意相邻计数点间的计时点个数及打点周期。

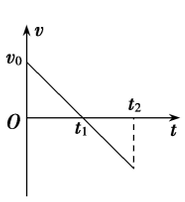
(2)确定位移：确定位移时注意起始点和终止点。

(3)计算瞬时速度都是用一段时间内的平均速度来代替瞬时速度。

任务三　速度-时间图像

[探究活动]

一位小朋友在玩蹦床，如图所示是小朋友某次从蹦床跳起后的 *v*-*t* 图像，已知 $t_1-0=t_2-t_1$。探究下列问题：



(1)小朋友跳起时的速度为多大？

(2)你能从图中知道小朋友在哪段时间内是上升的，哪段时间内是下降的吗？

(3)从图中你能否看出，作图时选取的是上升过程还是下降过程的速度方向为正方向？

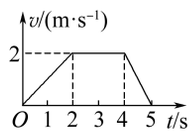
提示：(1)纵轴的截距即为起跳时的速度，故起跳时速度大小为 v_0。

(2)0～t_1，小朋友做速度减小的直线运动，是上升过程；t_1～t_2，速度反向且逐渐增大，是下降过程。

(3)开始为上升过程，速度越来越小，到最高点时速度为零，所以题图中是以上升过程的速度方向为正方向。

[评价活动]

1.(多选)某物体做直线运动，其 *v*-*t* 图像如图所示。下列说法正确的是　(　　)



A. 0～2 s 汽车的速度方向沿正方向，且速度逐渐增大

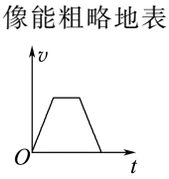
B. 2～4 s 的位移为 4 m

C. 第 1 s 末与第 3 s 末的速度方向不同

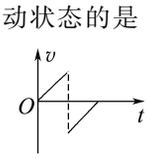
D. 5 s 时物体又回到了初始位置

AB　**解析**：0～2 s 汽车的速度为正，说明方向沿正方向，由题图知速度逐渐增大，A 正确；2～4 s 汽车做匀速运动，位移 $x=vt=4$ m，B 正确；全过程的速度都为正值，说明速度的方向一直沿正方向，C 错误；5 s 时物体的速度为零，在此之前物体一直沿同一个方向运动，故全过程的位移一定不为零，D 错误。

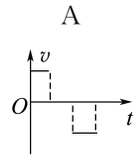
2.某同学以一定的速度去同学家送一本书，停留一会儿后，又以相同的速率沿原路返回家。则下列选项所示图像能粗略地表示他的运动状态的是　(　　)



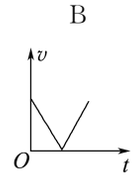
A



B



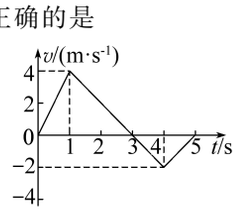
C



D

C　**解析**：因该同学运动时的速率不变，故 A、B、D 错误；又由于去的过程中和返回的过程中速度方向不同，故 C 正确。

3.(多选)某一做直线运动的物体，其 *v*-*t* 图像如图所示。下列判断正确的是　(　　)



A. 物体在 1 s 末改变运动方向
B. 物体在前 3 s 内运动方向不变
C. 物体在 3 s 末运动方向改变
D. 物体在 2 s 时的速度大小为 2 m/s

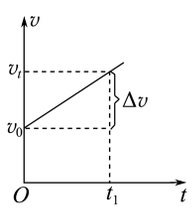
BCD **解析**：前 3 s 内物体的速度方向均为正，运动方向没有改变，A 错误，B 正确；由题图可知物体在 3 s 末前速度为正，3 s 末后速度为负，则说明物体在 3 s 末改变了运动方向，C 正确；从题图中可以看出，物体在 2 s 时的速度大小为 2 m/s，D 正确。

任务总结

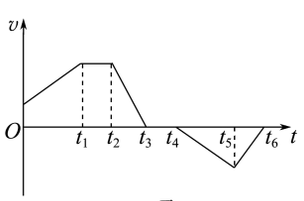
1.由 v-t 图像得到的信息

(1)物体在某时刻的速度或物体的某一速度所对应的时刻。

(2)可求出物体在某段时间内速度的变化量或物体发生某一速度变化所经历的时间。



甲



乙

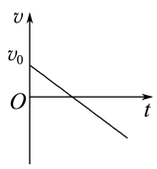
(3)可根据速度的正、负判断运动方向。

2.几点注意

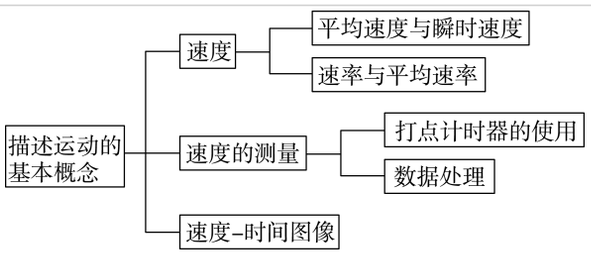
(1)v-t 图像非常直观地反映了速度随时间变化的情况，但它不是物体运动的轨迹。

(2)v-t 图像和 x-t 图像一样，也只能用来描述物体的直线运动。

(3)图像(如图所示)与 t 轴相交，说明速度减小到 0 后又反向增大，即交点对应的时刻为速度方向变化的时刻。



提质归纳



课后素养评价(三)

基础性·能力运用

知识点 1　平均速度和瞬时速度

1.关于瞬时速度、平均速度，以下说法正确的是 (　　)

A. 瞬时速度可以看成时间趋于无穷短时的平均速度
B. 做变速运动的物体在某段时间内的平均速度，一定和物体在这段时间内各个时刻瞬时速度的平均值大小相等
C. 物体做变速直线运动，平均速度的大小就是平均速率
D. 物体做变速运动时，平均速度是指物体通过的路程与所用时间的比值

A **解析**：当时间非常短时，物体的运动可以看成在这段很短时间内的匀速运动，平均速度等于瞬时速度，A 正确。平均速度是位移跟发生这段位移所用时间的比值，而不是各时刻瞬时速度的平均值，B 错误。平均速度的大小不是平均速率，平均速度是位移与时间的比值，而平均速率是路程与时间的比值，故 C、D 错误。

知识点 2　速度的测量

2.如图所示为高速摄像机拍摄到的子弹穿透苹果瞬间的照片。该照片经放大后分析出，在曝光时间内，5 cm 长的子弹影像前后错开的距离约为子弹长度的 1%～2%。已知子弹飞行速度约为 500 m/s，由此可估算出这张照片的曝光时间最接近 (　　)

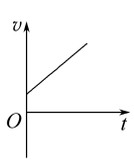


A. 10^{-3} s　　B. 10^{-6} s
C. 10^{-9} s　　D. 10^{-12} s

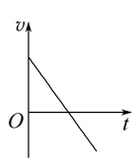
B **解析**：苹果的直径一般约为 10 cm，则曝光时间内子弹移动的距离为 $s=5\ \text{cm}\times1\%=0.05\ \text{cm}=5\times10^{-4}$ m，曝光时间 $t=\dfrac{s}{v}=\dfrac{5\times10^{-4}\ \text{m}}{500\ \text{m/s}}=10^{-6}$ s。

知识点 3　速度-时间图像

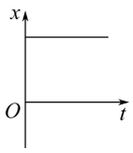
3.如图所示图像中，能表示质点做匀速直线运动的是 (　　)



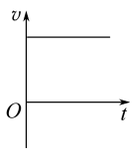
A



B



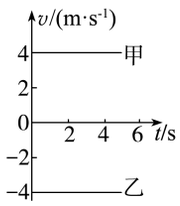
C



D

D　**解析**：由题图可以看出A项中v随t而增大，B项中v随t减小后又反向增大，均做变速运动，C项的图像表示物体静止不动，D项的图像表示物体的速度不随时间变化。

4.（多选）如图所示为甲、乙两质点的v-t图像。对于甲、乙两质点的运动，下列说法正确的是　（　　）



A. 质点甲沿所选定的正方向运动，质点乙与甲的运动方向相反

B. 质点甲和乙的速度并不相同

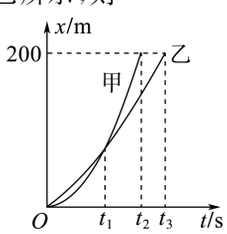
C. 在相同的时间内，质点甲、乙的位移相同

D. 不管质点甲、乙是否从同一地点开始运动，它们之间的距离一定越来越大

AB　**解析**：由v-t图像知，甲、乙两质点以大小相等、方向相反的速度做匀速直线运动，A、B正确；在相同的时间内，甲、乙两质点的位移等大、反向，C错误；由于甲、乙两质点的出发点无法确定，故甲、乙两质点的距离不一定越来越大，D错误。

综合性·创新提升

5.2026年6月18日至19日，2026中华龙舟大赛巴中恩阳站开赛。假设在200 m直道赛中，甲、乙两相同龙舟从同一起点线同时出发划向终点的x-t图像如图中曲线甲、乙所示，则　（　　）



A. t_1时刻，乙追上甲

B. t_1时刻，甲和乙船头并齐

C. t_1时刻，甲的速度小于乙

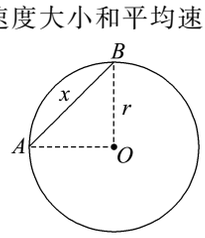
D. 全程乙的平均速度比甲大

B　**解析**：由题图可知，t_1时刻甲、乙图线相交，坐标相同，在t_1之前任意时刻，甲的纵坐标值小于乙，故在t_1时甲追上乙，甲和乙船头并齐，故A错误，B正确；由x-t图像中，图像的切线斜率表示速度大小可知，在t_1时刻，甲的切线斜率大，速率大，故C错误；甲比乙先到达终点，用时短，平均速度比乙大，故D错误。

6.如图所示，一质点沿半径为$r=20$ cm的圆周自A点出发，逆时针运动2 s，运动$\frac{3}{4}$圆周到达B点。求：

(1)质点的位移大小和路程；

(2)质点的平均速度大小和平均速率。



解析：(1)位移大小$x=\sqrt{2}r\approx28.3$ cm，

路程$s=\frac{3}{4}\times2\pi r=94.2$ cm。

(2)平均速度大小$\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{28.3\text{ cm}}{2\text{ s}}\approx14.2$ cm/s，

平均速率$\overline{v'}=\frac{s}{t}=\frac{94.2\text{ m/s}}{2\text{ s}}=47.1$ cm/s。

答案：(1)28.3 cm　94.2 cm

(2)14.2 cm/s　47.1 cm/s

7.假设在军事演习中，一艘驱逐舰以60 km/h的速度追赶在它前方120 km处正向同方向匀速航行的护卫舰，驱逐舰总共追赶了360 km才追上，则护卫舰的航速为多大？

解析：根据追赶过程中驱逐舰的位移和速度，可求得追赶过程所用的时间$t=\frac{x_1}{v_1}=\frac{360\text{ km}}{60\text{ km/h}}=6.0$ h，

追赶过程中护卫舰的位移

$x_2=x_1-120\text{ km}=240\text{ km}$，

所以护卫舰的速度$v=\frac{x_2}{t}=40$ km/h。

答案：40 km/h

4 实验：用打点计时器测量小车的速度

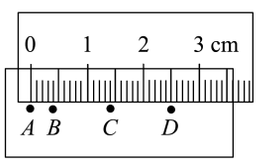
学习任务目标

1.掌握使用打点计时器测量物体运动速度的方法。（科学思维）
2.能根据实验数据作出物体的速度-时间图像，并能根据图像分析物体的运动。（科学探究）

问题式预习

「实验思路」

打点计时器所用电源的频率为 50 Hz，某次实验中得到一条纸带，用毫米刻度尺测出各点间的距离如图所示，则 $AC=$14.0mm，$AD=$25.0mm。那么由此可以算出纸带在 AC 间的平均速度为 0.35m/s，纸带在 AD 间的平均速度为 0.42 m/s；B 点的瞬时速度更接近于 0.35m/s。（结果均保留 2 位小数）



「原理启示」

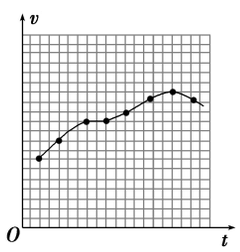
1.实验的基本思想——等效思想与极限思想
将变速运动等效为匀速运动，用平均速度描述物体运动的快慢，即为等效思想；当时间间隔趋于零时的平均速度视为瞬时速度，即为极限思想。

2.实验原理

(1)根据纸带计算平均速度：根据 $v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ 可求出任意两点间的平均速度，Δx 是纸带上两点间的距离，利用刻度尺测量，Δt 是这两点间的时间间隔。

(2)粗略计算瞬时速度：纸带上某点的瞬时速度可以粗略地由包含该点在内的相距较近的两点间的平均速度来表示。

(3)v-t 图像：用横轴表示时间 t，纵轴表示速度 v，建立直角坐标系。根据测量的数据在坐标系中描点，然后用平滑的曲线把这些点连接起来，即得到如图所示的 v-t 图像。



(4)图像的意义：v-t 图像直观地反映了速度随时间变化的情况，注意它不是物体运动的轨迹。

「实验器材」

小车、附有滑轮的长木板、电磁打点计时器（或电火花打点计时器）、学生电源（电火花打点计时器使用 220 V 交流电源）、刻度尺、纸带、导线、坐标纸等。

任务型课堂

「原型实验」

1.（多选）在“用打点计时器测速度”的实验中，若打点周期为 0.02 s，下列说法正确的是 （ ）
A. 先启动电源，后拉动纸带
B. 先拉动纸带，后启动电源
C. 电火花打点计时器使用 6 V 以下的交变电源
D. 连续 n 个计时点间的时间间隔为 $(n-1)\times 0.02$ s

AD **解析**：使用打点计时器打点时，应先启动电源，待打点计时器打点稳定后，再拉动纸带，A 正确，B 错误；电火花打点计时器使用 220 V 的交流电源，C 错误；每相邻的两个计时点间的时间间隔为 0.02 s，连续 n 个计时点间有 $(n-1)$ 个时间间隔，即为 $(n-1)\times 0.02$ s，D 正确。

2.(1)打点计时器接_____（选填“交流”或“直流”）电源，当频率是 50 Hz 时，打点计时器每隔_____s 打一个点。

(2)（多选）根据电磁打点计时器打出的纸带，我们可以从纸带上直接得到的物理量是_____。

A. 时间间隔　　B. 位移

C. 平均速度　　D. 瞬时速度

(3)关于打点计时器的使用说法正确的是_____。

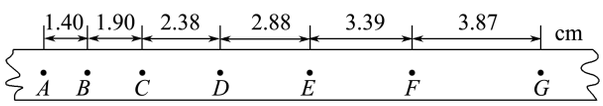
A. 电磁打点计时器使用的是 10 V 以下的直流电源

B. 在测量物体速度的实验中，先让物体运动，后接通打点计时器的电源

C. 使用的电源频率越高，打点的时间间隔就越小

D. 纸带上打的点越密，说明物体运动得越快

(4)在“练习使用打点计时器”的实验中，某同学选出了一条清晰的纸带。如图所示是用小车拖动并用打点计时器打出的一条纸带，A、B、C、D、E、F、G 为我们在纸带上所选的计数点，相邻计数点间的时间间隔为0.1 s。试求 BD、DF 两个过程的平均速度 $v_{BD}=$_____ m/s；$v_{DF}=$_____ m/s。(结果均保留 2 位有效数字)



解析：(1)打点计时器所用电源为交流电源，频率为 50 Hz，周期为 0.02 s，打点计时器每隔 0.02 s 打一个点。

(2)电磁打点计时器在随物体一起运动的纸带上每隔0.02 s 打下一个点，点的间隔就反映了物体的位置变化情况，所以可以从纸带上直接得到位移，通过数点的多少可以得到运动的时间间隔。平均速度和瞬时速度都不能直接得到。故选 AB。

(3)电磁打点计时器使用的是低压交流电源，A 错误；在测量物体速度的实验中，先接通打点计时器的电源，打点稳定后，再让物体运动，B 错误；使用的电源频率越高，周期越小，打点的时间间隔就越小，C 正确；纸带上打的点越密，说明相同时间内物体的位移越小，物体运动得越慢，D 错误。

(4)BD 段的平均速度为

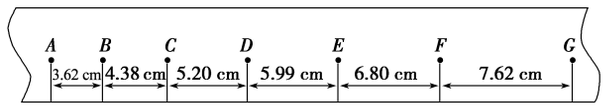
$$\overline{v}_{BD}=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{(1.90+2.38)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}\approx0.21\ \text{m/s},$$

DF 段的平均速度为

$$\overline{v}_{DF}=\frac{x_{DF}}{2T}=\frac{(2.88+3.39)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}\approx0.31\ \text{m/s}。$$

答案：(1)交流　0.02　(2)AB　(3)C　(4)0.21　0.31

3. 某同学在“用打点计时器测速度”的实验中，电源频率为 50 Hz，用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点。相邻计数点间的距离如图所示，每两个相邻的计数点之间的时间间隔为 0.1 s。(结果均保留 3 位有效数字)



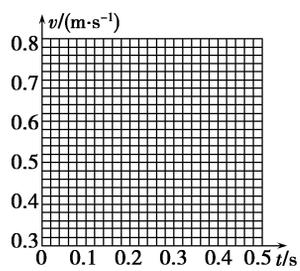
(1)在实验中，使用打点计时器时应先_____再_____。(均选填“释放纸带”或“接通电源”)

(2)每两个计数点间还有_____个点没有标出。

(3)试根据纸带上各个计数点间的距离，每隔 0.1 s 测一次速度，计算出打下 B、C、D 三个点时小车的瞬时速度，并将各个速度值填入下表。

速度	v_B	v_C	v_D	v_E	v_F
数值 /(m·s^{-1})				0.640	0.721

(4)以点 A 为计时起点，将 B、C、D、E、F 各个时刻的瞬时速度标在如图所示的直角坐标系中，并画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线。



解析：(1)在实验中，使用打点计时器时应先接通电源，再释放纸带。

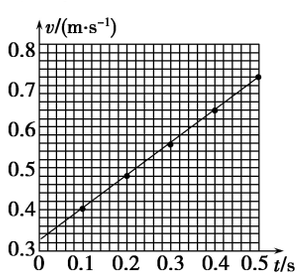
(2)每两个计数点间还有 $n=\frac{\Delta t}{\Delta T}-1=\frac{0.1\ \text{s}}{0.02\ \text{s}}-1=4$(个)点没有标出。

(3)根据题中数据得 $v_B=\frac{(3.62+4.38)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}=0.400\ \text{m/s}$，

$v_C=\frac{(4.38+5.20)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}=0.479\ \text{m/s}$，

$v_D=\frac{(5.20+5.99)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}\approx0.560\ \text{m/s}。$

(4)图线如图所示：

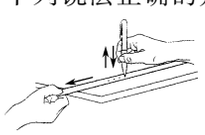


答案：(1)接通电源　释放纸带　(2)4　(3)0.400　0.479　0.560　(4)见解析图

［特别提醒］
(1)打点前，应使物体停在靠近打点计时器的位置。
(2)打点时，应先接通电源，待打点计时器打点稳定后，再拉动纸带。
(3)打点计时器不能连续工作太长时间，打完点之后应立即关闭电源。

「创新实验」

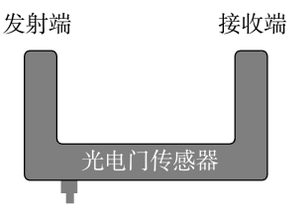
4.如图所示一位同学左手拿一块表，右手拿一支彩色画笔；另一位同学拉动一条宽约 1 cm 的长纸带，使纸带在笔下沿着直线向前移动。每隔 1 s 第一位同学用画笔在纸带上点一个点，通过这样来模拟打点计时器的工作。下列说法正确的是 (　　)



A. 纸带的速度越快，相同距离内打的点会越多
B. 拉动纸带的速度不恒定，相邻两点间的时间间隔也会不稳定
C. 若每隔 1 s 打一个点变为每隔 0.5 s 打一个点，同时增大速度，纸带上两点间的距离会变大
D. 若每隔 1 s 打一个点变为每隔 0.5 s 打一个点，同样的速度，纸带上两点间的距离会变小

D　**解析**：纸带的速度越快，相同时间内运动的位移越大，可知相同距离内打的点越少，A 错误；相邻两点间的时间间隔是一定的，与拉动纸带的速度无关，B 错误；若每隔 1 s 打一个点变为每隔 0.5 s 打一个点，同时增大速度，即相邻两点间的时间间隔变小，两点间距离不一定变大，但如果仍是同样的速度，时间间隔变小，则相邻两点间的距离会变小，C 错误，D 正确。

5.光电门传感器是测定瞬时速度的仪器，如图所示。它的原理是发射端向接收端发出一束很细的红外线，当固定在运动物体上的一个已知宽度的挡光板通过时，它可以通过数据采集器记下挡光板的挡光时间，再用挡光板的宽度与挡光时间求得运动物体的瞬时速度。



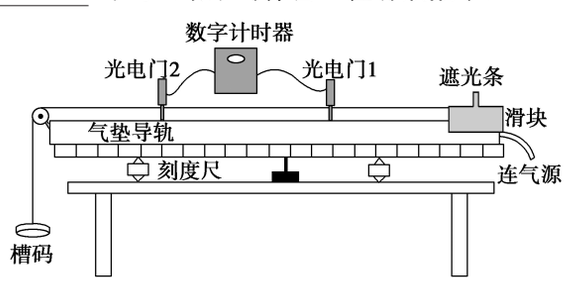
(1)用光电门测量做变速运动的物体的瞬时速度，在所要测量的物体速度较小时，为了减小误差，应选择宽度比较_____(选填“宽”或“窄”)的挡光板。
(2)实验中选用的挡光板宽度是 5 mm，测得挡光板通过光电门的时间是 0.5×10^{-3} s，则物体通过光电门时的速度大小 $v=$_____m/s。

解析：(1)由 $\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$，可知当 $\Delta t\to0$ 时，可认为 Δt 时间内物体的平均速度 $\overline{v}$ 等于瞬时速度 v，Δx 越小，则 $\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ 越接近瞬时速度的实际值，又因为所要测量的物体的速度较小，所以测量中选择宽度比较窄的挡光板。

(2)物体经光电门时的速度大小为 $\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}=\dfrac{5\times10^{-3}}{0.5\times10^{-3}}$ m/s=10 m/s。

答案：(1)窄　(2)10

6.用气垫导轨和数字计时器能更精确地测量物体的瞬时速度。如图所示，滑块在牵引力作用下先后通过两个光电门，配套的数字计时器记录了遮光条通过第一个光电门的时间为 $\Delta t_1=0.29$ s，通过第二个光电门的时间为 $\Delta t_2=0.11$ s。已知遮光条的宽度为3.0 cm，则滑块通过第一个光电门的速度为_____m/s，通过第二个光电门的速度为_____m/s。(结果均保留 2 位有效数字)



解析：由于滑块经过光电门时遮光条的挡光时间较短，所以滑块经过光电门的速度可用遮光条挡光时间内的平均速度表示。经过第一个光电门的速度 $v_1=\overline{v}_1=\dfrac{d}{\Delta t_1}=\dfrac{3.0\times10^{-2}\text{ m}}{0.29\text{ s}}\approx0.10$ m/s，经过第二个光电门的速度 $v_2=\overline{v}_2=\dfrac{d}{\Delta t_2}=\dfrac{3.0\times10^{-2}\text{ m}}{0.11\text{ s}}\approx0.27$ m/s。

答案：0.10　0.27

课后素养评价(四)

基础性·能力运用

1.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,某同学操作过程中有以下实验步骤:

A. 拉住纸带,将小车移至靠近打点计时器处,先放开纸带,再接通电源;

B. 将打点计时器固定在长木板上,并连接好电路;

C. 把一条细绳拴在小车上,细绳跨过定滑轮,下边吊着适当质量的槽码,放手后看小车能否在长木板上做平稳的加速运动;

D. 取下纸带;

E. 把一端附有定滑轮的长木板平放在实验桌上,并使附有定滑轮的一端伸出桌面;

F. 将纸带固定在小车尾部,并穿过打点计时器;

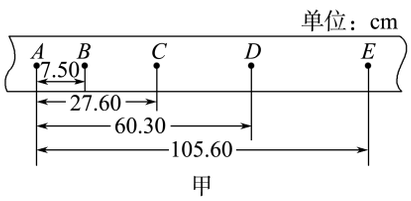
G. 换上新纸带,重复操作两次。

(1)其中有错误的步骤是_____;应改为_____。

(2)将改正后的步骤按合理的顺序写在横线上:_____。

答案:(1)AD　A:应先接通电源,再放开纸带;D:取下纸带前应先关闭电源　(2)EBFCADG

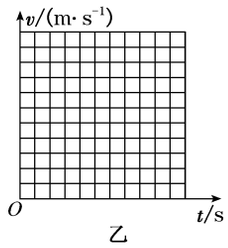
2.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,如图甲所示为一次记录小车运动情况的纸带,图中A、B、C、D、E为相邻的计数点(A点为第一个点),相邻计数点间的时间间隔$T=0.1$ s。



甲

(1)根据_____计算各点的瞬时速度,则$v_D=$_____m/s,$v_C=$____m/s,$v_B=$_____m/s。

(2)在如图乙所示的坐标系中画出小车的v-t图线。



乙

(3)将图线延长并与纵轴相交,交点的物理意义是_____。

解析:(1)若时间较短,那么这段较短时间内的平均速度可以代替中间时刻的瞬时速度。

D点的瞬时速度

$$v_D=\frac{s_{CE}}{2T}=\frac{(105.60-27.60)\times10^{-2}\text{m}}{2\times0.1\text{ s}}=3.90\text{ m/s},$$

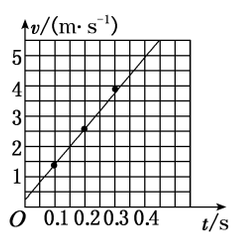
C点的瞬时速度

$$v_C=\frac{s_{BD}}{2T}=\frac{(60.30-7.50)\times10^{-2}\text{m}}{2\times0.1\text{ s}}=2.64\text{ m/s},$$

B点的瞬时速度

$$v_B=\frac{s_{AC}}{2T}=\frac{27.60\times10^{-2}\text{ m}}{2\times0.1\text{ s}}=1.38\text{ m/s}。$$

(2)由上述数据描点,画出小车的v-t图线如图所示:



(3)将图线延长后,与纵轴的交点表示初始时刻小车经过A点的速度大小。

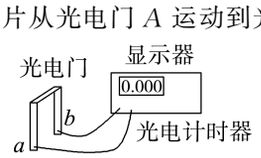
答案:(1)某段较短时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度　3.90　2.64　1.38

(2)见解析图

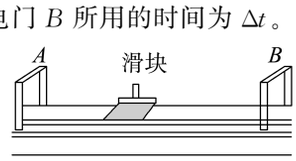
(3)表示小车经过A点的速度大小

综合性·创新提升

3.光电计时器是物理学中常用的一种研究物体运动情况的计时仪器,其结构如图甲所示。a、b分别为光电门的激光发射和接收装置,当有物体从a、b间通过时,光电计时器就可以显示出物体的挡光时间,这样就可以将物体通过光电门的平均速度视为其通过光电门的瞬时速度。如图乙所示,气垫导轨上安装有A、B两个光电门,导轨上放有一滑块,滑块上装有宽度为d的遮光片。现使滑块从某一位置开始以恒定的加速度滑动,并依次通过光电门A、B,光电计时器记录的时间分别为t_1、t_2,并测得遮光片从光电门A运动到光电门B所用的时间为Δt。



甲



乙

(1)在实验中,为了更准确地测得滑块通过光电门

的瞬时速度，应选用较_____（选填“宽”或“窄”）的遮光片。

(2)由题可知，遮光片通过光电门 A 时的瞬时速度表达式 $v_1=$_____，通过光电门 B 时的瞬时速度表达式 $v_2=$_____。

解析：测量方法是用极短时间内的平均速度代替瞬时速度，所以遮光片应选择较窄的，则通过光电门 A 时的瞬时速度 $v_1=\frac{d}{t_1}$，通过光电门 B 时的瞬时速度 $v_2=\frac{d}{t_2}$。

答案：(1)窄　(2)$\frac{d}{t_1}$　$\frac{d}{t_2}$

4. 在做“探究小车瞬时速度”的实验中：

(1)下列仪器需要用到的有_____。



电火花打点计时器　A



刻度尺　B



秒表　C



天平　D

(2)某同学进行了以下实验操作步骤，其中有误的步骤是_____。

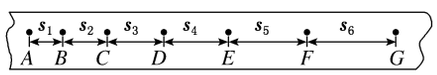
A. 将电火花打点计时器固定在长木板的一端，并接在 220 V 交流电源上

B. 将纸带固定在小车尾部，并穿过打点计时器

C. 把一条细绳拴在小车上，细绳跨过定滑轮，下面吊着适当重的槽码

D. 将小车移到靠近打点计时器的一端后，放开小车，再接通电源

(3)在实验中得到一条如图所示的纸带，已知电源频率为 50 Hz，相邻计数点间的时间间隔为 0.1 s，测量出 $s_5=4.44$ cm，$s_6=4.78$ cm，则打下“F”点时小车的瞬时速度 $v=$_____ m/s。（结果保留 2 位有效数字）



(4)若实验时电源频率大于 50 Hz，则打下“F”点时小车的实际速度_____（选填“大于”“小于”或“等于”）测量速度。

解析：(1)在做“探究小车瞬时速度”的实验中，依据实验原理，通过打点计时器在纸带上打点，借助刻度尺来测量长度，从而计算出点迹速度，故选项 A、B 正确，选项 C、D 错误。

(2)将电火花打点计时器固定在长木板的一端，并接在 220 V 交流电源上，A 正确；将纸带固定在小车尾部，并穿过打点计时器，B 正确；把一条细绳拴在小车上，细绳跨过定滑轮，下面吊着适当重的槽码，C 正确；将小车移到靠近打点计时器的一端后，应先接通电源，后放开小车，D 错误。

(3)打下纸带上“F”点时小车的瞬时速度大小为 $v=\frac{s_5+s_6}{2T}=\frac{(4.44+4.78)\times10^{-2}\text{m}}{2\times0.1\text{s}}=0.46$ m/s。

(4)若实验时电源频率大于 50 Hz，则相邻计数点间的时间间隔 $T<0.1$ s，由 F 点的瞬时速度表达式 $v=\frac{s_5+s_6}{2T}$ 可知，其实际速度大于测量速度。

答案：(1)AB　(2)D　(3)0.46　(4)大于

5　速度变化的快慢与方向——加速度

学习任务目标

1. 理解加速度的概念，由加速度与速度的方向关系，判断物体的运动情况。（物理观念）

2. 会应用 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 计算有关问题，能区分 v、Δv 和 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$。（科学思维）

3. 掌握运用 v-t 图像计算加速度大小的方法，并分析其变化情况。（科学思维）

问题式预习

知识点一　对加速度的理解与计算

1. 加速度

(1)物理意义：描述物体速度变化快慢和方向的物理量。

(2)定义：速度的改变量 Δv 与发生这一改变所用时间 Δt 的比值。

(3)定义式：$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$。

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

2.加速度的方向

(1)加速度的方向

加速度是矢量(选填"矢量"或"标量"),加速度的方向与速度变化量 Δv 的方向相同。

(2)加速度方向与速度方向的关系

在直线运动中,如果速度增加,则加速度方向与初速度方向相同;如果速度减小,则加速度方向与初速度方向相反。

[科学思维]

在直线运动中如果加速度为负,则物体的速度一定减小。这种说法对吗?

提示:说法不对。在分析问题时,正方向的规定是任意的,加速度为负,只能说明其方向与我们规定的正方向相反,但不一定与速度的方向相反,物体的速度也不一定减小。

[做一做]

(多选)下列说法中的"快",指加速度较大的是　　(　　)

A. 小轿车比大卡车启动得快

B. 客机能在两万米的高空中飞得很快

C. 乘汽车从烟台到济南,如果走高速公路能很快到达

D. 汽车在紧急刹车的情况下,能够很快地停下来

AD　**解析**:小轿车比大卡车启动得快,说明相同时间内,小轿车的速度变化大,加速度大,A 正确;汽车在紧急刹车时很快停下来,说明其刹车加速度大,D 正确;客机在高空中飞得"快"和汽车走高速公路很"快"到达的"快"均是指速度大,B、C 错误。

知识点二　加速度的测量及速度-时间图像

1.加速度的测量

(1)用打点计时器测加速度

由于打点计时器可以通过平均速度来代替某些点的瞬时速度,如果求得了两个不同时刻 t_1 和 t_2 的瞬时速度 v_1 和 v_2,可由公式 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$ 得到加速度。

(2)用光电门测加速度

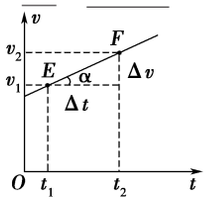
分别测量出小车通过两光电门时的瞬时速度 v_1 和 v_2 以及在两个光电门间的运动时间 ΔT,可由公式 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{v_2-v_1}{\Delta T}$ 求得加速度。

2.速度-时间图像与加速度

(1)通过速度-时间(v-t)图像不但能够了解物体运动的速度随时间变化的规律,还能够知道物体的加速度。

(2)由 v-t 图像求加速度

在 v-t 图像中,加速度的数值等于该图像的斜率,即加速度的数值 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$。



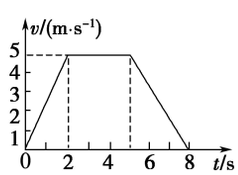
[科学思维]

1.加速度表达式 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ 中的速度均为瞬时速度。$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ 的正、负表示加速度的方向,$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ 的绝对值表示加速度的大小。

2.从 v-t 图像上可以直观地看到加速度的大小和方向。

[做一做]

(多选)如图所示是某物体的 v-t 图像,则下列说法正确的是　　(　　)



A. 前 2 s 和后 3 s 内物体的加速度大小均不变

B. 2～5 s 物体静止

C. 前 2 s 和后 3 s 内速度的变化量均为 5 m/s

D. 前 2 s 的加速度为 2.5 m/s^2,后 3 s 的加速度为 $-\dfrac{5}{3}$ m/s^2

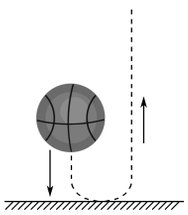
AD　**解析**:根据 v-t 图像中图线的斜率表示加速度可知,前 2 s 和后 3 s 内图线的斜率均不变,故前 2 s 和后 3 s 内物体的加速度大小均不变,A 正确;0～2 s 物体沿正方向做加速运动,前 2 s 速度的变化量为 5 m/s,加速度 $a_1=\dfrac{5\ m/s-0}{2\ s}=2.5\ m/s^2$,2～5 s 物体的速度保持 5 m/s 不变,物体做匀速直线运动,5～8 s 物体沿正方向做减速运动,速度的变化量为 −5 m/s,加速度 $a_2=\dfrac{0-5\ m/s}{3\ s}=-\dfrac{5}{3}\ m/s^2$,B、C 错误,D 正确。

任务型课堂

任务一 对加速度的理解及计算

［探究活动］

如图所示，篮球以 6 m/s 的速度竖直向下碰撞地面，然后以 4 m/s 的速度竖直向上反弹，碰地的时间为 0.2 s。



(1)有的同学这样计算篮球的加速度：$a=\frac{v_2-v_1}{t}=\frac{4\ \text{m/s}-6\ \text{m/s}}{0.2\ \text{s}}=-10\ \text{m/s}^2$。这种方法对吗？为什么？

(2)应该如何解答？

提示：(1)不对。他没有注意速度的方向。

(2)以竖直向下为正方向，$v_1=6\ \text{m/s}$，$v_2=-4\ \text{m/s}$，加速度为 $a=\frac{\Delta v}{t}=\frac{v_2-v_1}{t}=\frac{-4\ \text{m/s}-6\ \text{m/s}}{0.2\ \text{s}}=-50\ \text{m/s}^2$，负号表示加速度方向与正方向相反，即竖直向上。

［评价活动］

1.(2025·江苏卷)一新能源汽车在辅助驾驶系统测试时，感应到前方有障碍物后立刻制动，做匀减速直线运动，2 s 内速度由 12 m/s 减至 0。该过程中加速度的大小为 (　　)

A. $2\ \text{m/s}^2$　　B. $4\ \text{m/s}^2$

C. $6\ \text{m/s}^2$　　D. $8\ \text{m/s}^2$

C　**解析**：根据运动学公式 $v=v_0+at$，解得 $a=-6\ \text{m/s}^2$，加速度大小为 $6\ \text{m/s}^2$，故 A、B、D 错误，C 正确。

2. 关于加速度，下列说法正确的是 (　　)

A. $+3\ \text{m/s}^2$ 比 $-5\ \text{m/s}^2$ 大

B. 加速度越大，速度也越大

C. 加速度不断增大，速度可能不断减小

D. 加速度逐渐减小，速度可能保持不变

C　**解析**：加速度是矢量，正、负号表示方向，不表示大小，只比较大小时，应比较其模长，则 $|+3|\ \text{m/s}^2$ 比 $|-5|\ \text{m/s}^2$ 小，故 A 错误；加速度大，速度不一定大，没有必然联系，如火箭点火瞬间，加速度很大，速度为 0，故 B 错误；加速度不断增大，如果加速度和速度方向相反，速度不断减小，故 C 正确；加速度逐渐减小，但只要加速度不为 0，速度就一定发生变化，故 D 错误。

3. 足球以 8 m/s 的速度飞来，运动员把它以 12 m/s 的速度反向踢出，踢球时间为 0.2 s。设球飞来的方向为正方向，则足球在这段时间内的加速度是 (　　)

A. $-100\ \text{m/s}^2$　　B. $100\ \text{m/s}^2$

C. $20\ \text{m/s}^2$　　D. $-20\ \text{m/s}^2$

A　**解析**：由题意知 $v_1=8\ \text{m/s}$，$v_2=-12\ \text{m/s}$，根据加速度的定义式得 $a=\frac{v_2-v_1}{\Delta t}=\frac{-12\ \text{m/s}-8\ \text{m/s}}{0.2\ \text{s}}=-100\ \text{m/s}^2$，负号表示足球加速度方向与其初速度方向相反，选项 B、C、D 错误，A 正确。

4.(多选)一物体做匀变速直线运动，某时刻速度大小为 4 m/s，1 s 后速度的大小变为10 m/s，则在这 1 s 内该物体的 (　　)

A. 加速度的大小为 $6\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相同

B. 加速度的大小为 $6\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相反

C. 加速度的大小为 $14\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相同

D. 加速度的大小为 $14\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相反

AD　**解析**：若初、末速度方向相同，$a=\frac{v_t-v_0}{t}=\frac{10\ \text{m/s}-4\ \text{m/s}}{1\ \text{s}}=6\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相同，A 正确，B 错误；若初、末速度方向相反，$a=\frac{v_t-v_0}{t}=\frac{-10\ \text{m/s}-4\ \text{m/s}}{1\ \text{s}}=-14\ \text{m/s}^2$，方向与初速度的方向相反，C 错误，D 正确。

任务总结

1.速度、速度的变化量、加速度的比较

项目	速度 v	速度的变化量 Δv	加速度 a
表达式	$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta v=v_2-v_1$	$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$
方向	v 的方向与 Δt 内 Δx 的方向相同	Δv 的方向由初、末速度决定	a 的方向与 Δt 内 Δv 的方向相同
物理意义	表示物体运动的快慢和方向	表示物体速度变化的大小和方向	表示物体速度变化的快慢和方向
联系	速度 v、速度的变化量 Δv、加速度 a 三者大小没有必然关系(速度 $v=0$ 时，加速度 a 不一定等于零；加速度 $a=0$ 时，速度 v 不一定等于零)		

2.对加速度的理解

(1)公式 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{t}$ 是矢量式，速度、速度的变化量、加速度皆为矢量。应用该公式解题时要先规定好正方向，v_2、v_1 的方向与规定的正方向相同时取正值，相反时取负值。

(2)注意根据计算结果中加速度 a 的正、负来判断加速度的方向。

任务二　加速度对物体运动的影响

[探究活动]

城市大街上，车辆如梭，大部分车辆正常行驶，为了相互避让，有加速的，也有减速的。



(1)汽车做加速运动时，加速度与速度的方向有什么关系？减速时呢？

(2)汽车的加速度越大(或越小)，对汽车的速度变化有什么影响？

(3)若物体的加速度逐渐减小，速度一定减小吗？若物体的加速度逐渐增大，速度一定增大吗？

提示：(1)汽车加速运动时，加速度与速度方向相同，减速时二者的方向相反。

(2)汽车的加速度越大(或越小)，速度变化得越快(或越慢)。

(3)都不一定。若加速度 a 与初速度 v_0 同向，则物体做加速直线运动，这时若 a 逐渐减小，说明 v 增加得慢了；若加速度 a 与初速度 v_0 反向，则物体做减速直线运动，这时若 a 逐渐增大，说明 v 减小得快了。

[评价活动]

1.若汽车的加速度方向与速度方向一致，当加速度减小时，则　(　　)

A. 汽车的速度可能减小

B. 汽车的速度保持不变

C. 当加速度减小到零时，汽车的速度达到最小

D. 当加速度减小到零时，汽车的速度达到最大

D　**解析**：因为汽车的加速度方向与速度方向相同，故汽车速度增大，加速度即使减小，速度仍然增大，不过速度由增加得快变为增加得慢。当加速度减小到零时，速度达到最大，汽车做匀速直线运动，故A、B、C错误，D正确。

2.某物体在一直线上运动，用正、负号表示方向的不同，根据给出速度和加速度的正负，下列对运动情况判断正确的是　(　　)

A. $v_0<0$，$a<0$，物体的速度越来越大

B. $v_0>0$，$a<0$，物体的速度越来越大

C. $v_0<0$，$a>0$，物体的速度越来越大

D. 以上说法都有可能

A　**解析**：v_0 为负、a 为负时，速度和加速度的方向相同，所以物体做加速运动，速度越来越大，故A正确；当 v_0 为正、a 为负时，速度和加速度的方向相反，所以物体做减速运动，速度越来越小，故B错误；当 v_0 为负、a 为正时，速度和加速度的方向相反，所以物体做减速运动，速度越来越小，故C、D错误。

3.我国自主研发的全海深载人潜水器“奋斗者”号，已在马里亚纳海沟正式投入常规科考应用。前期海试中，“奋斗者”号实现多次万米载人深潜，最大坐底深度达到10 909 m。假设在某次海试中，潜水器在某时刻的速度为负值，加速度也是负值并不断减小直到为0，则此过程中　(　　)

A. 该潜水器的速度先增大后减小，直到加速度等于0为止

B. 该潜水器的速度一直在增大，直到加速度等于0为止

C. 该潜水器的位移先增大，后减小，直到加速度等于0为止

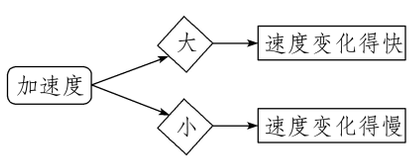
D. 该潜水器的位移一直在增大，直到加速度为0后位移不再变化

B　**解析**：由于加速度的方向始终与速度方向相同，则速度一直在增大，当加速度减小到0时，速度达到最大值，A错误，B正确；位移一直在增大，当加速度减小到0时，速度不再变化，但位移随时间继续增大，C、D错误。

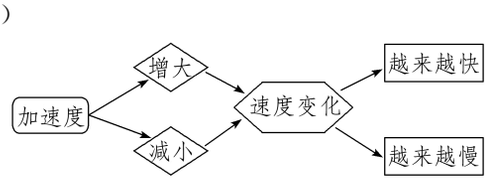
任务总结

1.加速度的大小决定了速度变化的快慢

(1)



(2)



2.加速度方向与速度方向的关系决定了速度大小的变化——加速或者减速

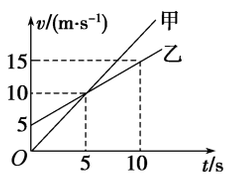
(1)加速度与速度同向时，物体做加速运动；

(2)加速度与速度反向时，物体做减速运动。

任务三　从 v-t 图像看加速度

[探究活动]

如图所示是甲、乙两个质点的 v-t 图像。



(1)根据图中数据求出它们的加速度的大小。

(2)试说明 v-t 图像中图线的“陡”和“缓”与加速度有什么关系。

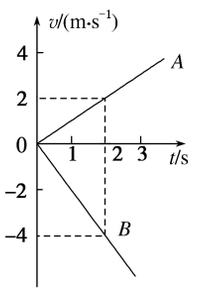
提示:(1)$a_{甲}=\frac{\Delta v_1}{\Delta t_1}=\frac{10\ \text{m/s}-0}{5\ \text{s}}=2\ \text{m/s}^2$,

$a_{乙}=\frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}=\frac{15\ \text{m/s}-5\ \text{m/s}}{10\ \text{s}}=1\ \text{m/s}^2$。

(2)由(1)知甲的加速度大于乙的加速度,由图像可以直观地看出,甲的图线比乙的图线“陡”,所以通过比较图线的“陡”“缓”就可以比较加速度的大小。在同一个 v-t 图像中,图线“陡”的加速度较大,图线“缓”的加速度较小。

[评价活动]

1.(多选)如图所示是 A、B 两物体做直线运动的 v-t 图像,则下列说法正确的是(　　)



A. 物体 A 做加速直线运动

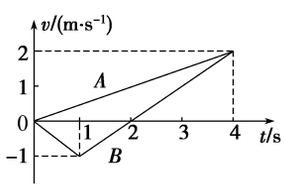
B. 物体 B 做减速直线运动

C. 物体 A 的加速度为正值,B 的加速度为负值,所以 A 的加速度大于 B 的加速度

D. 物体 B 的速度变化比 A 的速度变化快

AD　**解析**:由题中图像可知,两者都做加速运动,但两者的运动方向相反,$a_A=1\ \text{m/s}^2$,$a_B=-2\ \text{m/s}^2$,故 A 的加速度小于 B 的加速度,因而选项 A、D 正确。

2.(多选)两质点 A、B 从同一地点开始运动的速度-时间图像如图所示。下列说法正确的是　　(　　)



A. 质点 A 的加速度大小为 $0.5\ \text{m/s}^2$

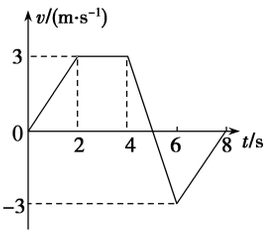
B. $t=1$ s 时,质点 B 的运动方向发生改变

C. $t=2$ s 时,质点 B 的加速度方向不变

D. 质点 B 的加速度大小始终为 $1\ \text{m/s}^2$

ACD　**解析**:质点 A 的加速度大小为 $a_A=\frac{2\ \text{m/s}-0}{4\ \text{s}}=0.5\ \text{m/s}^2$,选项 A 正确;$t=1$ s 时,质点 B 的运动方向没有改变,选项 B 错误;$t=2$ s 时,质点 B 的速度方向改变,但加速度方向不变,选项 C 正确;在 0～1 s,B 的加速度为 $a_B=\frac{-1\ \text{m/s}-0}{1\ \text{s}}=-1\ \text{m/s}^2$,在 1～4 s,$B$ 的加速度为 $a'_B=\frac{2\ \text{m/s}-(-1\ \text{m/s})}{4\ \text{s}-1\ \text{s}}=1\ \text{m/s}^2$,选项 D 正确。

3.一物体做直线运动,其 v-t 图像如图所示。从图中可以看出　　(　　)



A. 只有 0～2 s 加速度与速度方向相同

B. 5～6 s 物体的加速度为 $3\ \text{m/s}^2$

C. 4～6 s 物体的速度一直在减小

D. 0～2 s 加速度的方向与速度方向相同,5～6 s 也相同

D　**解析**:只要物体的速度在增大,加速度的方向与速度的方向就相同,由题图可知,D 正确,A 错误;5～6 s,$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{-3\ \text{m/s}-0}{1\ \text{s}}=-3\ \text{m/s}^2$,B 错误;由题图可知,4～6 s 速度先减小后反向增大,C 错误。

任务总结

1. v-t 图像中图线的斜率大小表示加速度大小,图线倾斜程度越大,加速度越大,反之,越小。

2. v-t 图像中图线斜率的正负表示加速度方向,图线向上倾斜,表示加速度方向与正方向相同;图线向下倾斜,表示加速度方向与正方向相反。

3. v-t 图像中图线在 t 轴上方,表示速度方向与正方向相同;图线在 t 轴下方,表示速度方向与正方向相反;图线与 t 轴的交点表示该时刻 $v=0$,但 $a\neq0$。

4. v-t 图像中两图线的交点表示该时刻两物体的瞬时速度 v 相同。

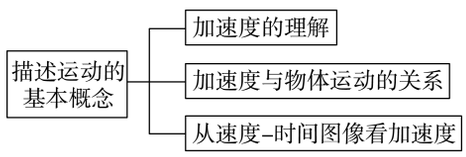
5.根据图线的形状判断物体的运动性质

(1)图线平行于 t 轴,物体做匀速直线运动,$a=0$,但 $v\neq0$。

(2)图线为倾斜直线,物体速度均匀变化。

(3)图线为曲线,物体速度变化不均匀。

提质归纳



课后素养评价(五)

基础性·能力运用

知识点 1　加速度的理解及计算

1.(多选)物体做减速运动,下列说法正确的是(　　)

A. 速度的变化量的方向取负值,其意义为速度的变化率减小

B. 速度的变化量的方向取负值,其意义为速度的变化量的方向与初速度的方向相反

C. 加速度的方向取负值,表示加速度在逐渐减小

D. 加速度的方向取负值,表示加速度的方向与初速度的方向相反

BD　**解析**:速度的变化量的方向取负值,其意义为速度大小在减小,A 错误;速度的变化量的方向取负值,其意义为速度的变化量的方向与初速度的方向相反,B 正确;加速度的方向取负值,表示加速度方向与初速度的方向相反,C 错误,D 正确。

2.(多选)下列说法正确的是(　　)

A. 加速度增大,速度一定增大

B. 速度变化量 Δv 越大,加速度就越大

C. 物体有加速度,速度可能减小

D. 物体速度很大,加速度可能为零

CD　**解析**:当加速度与速度同向时,加速度增大,物体的速度增大;若二者反向时,加速度增大,物体的速度减小,故 A 错误。由 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ 知,物体的速度变化量大,加速度不一定大,故 B 错误。物体有加速度,则速度一定变化,但速度可能增大,也可能减小,故 C 正确。物体速度很大,加速度可能为零,例如以较大速度匀速飞行的子弹,故 D 正确。

知识点 2　加速度对物体运动的影响

3.观察下列四幅图片,根据图片所示情景判断,下列对这四幅图的理解正确的是(　　)



坦克水平发射炮弹



轿车紧急刹车



高速行驶的磁悬浮列车



非洲猎豹跑 100 m 仅需6.13 s

A. 当炮弹发射但还没发生运动的瞬间,炮弹的加速度一定为零

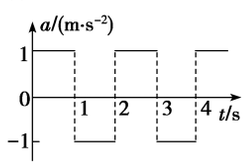
B. 轿车紧急刹车时,加速度方向可能与速度方向相同

C. 高速行驶的磁悬浮列车的加速度可能为零

D. 根据图中数据可求出猎豹在 100 m 内任一时刻的速度

C　**解析**:炮弹发射瞬间,尽管速度为零,但速度的变化率较大,即加速度不是零,选项 A 错误;轿车刹车做减速运动,a 与 v 反向,选项 B 错误;当磁悬浮列车匀速行驶时,$a=0$,选项 C 正确;根据猎豹跑 100 m 用时 6.13 s,可以求出猎豹运动的平均速度,但无法求出该过程中任一时刻的速度,选项 D 错误。

4.(多选)一物体由静止开始沿直线运动,其加速度随时间变化的图像如图所示。若从出发开始计时,则下列说法正确的是(　　)



A. 可求 0～1 s 和 1～2 s 的速度变化量

B. 0～1 s 速度增加

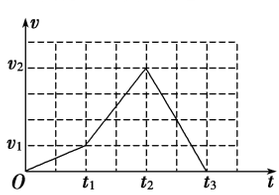
C. 物体的加速度不变

D. 1～2 s 速度减小

ABD　**解析**:根据 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ 可得 $\Delta v=a\Delta t$,而 0～1 s、1～2 s 的加速度已知,故可求 0～1 s、1～2 s 的速度变化量,故 A 正确;0～1 s 物体从静止开始做加速运动,速度增加,故 B 正确;物体运动的加速度方向变化,故加速度改变,故 C 错误;1～2 s 速度方向与加速度方向相反,物体速度减小,故 D 正确。

知识点 3　从 v-t 图像看加速度

5.(多选)某火箭由地面竖直向上发射时,其 v-t 图像如图所示。下列表述正确的是(　　)



A. 火箭在 t_3 时刻返回地面

B. 火箭在 t_1～t_2 加速度最大

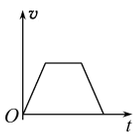
C. 0～t_3,火箭一直向上运动

D. 火箭运动过程中的最大加速度大小为 $\dfrac{v_2}{t_3-t_2}$

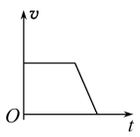
CD　**解析**:由题图可知,火箭的速度一直为正值,说明火箭一直在向上运动,故 A 错误,C 正确;由 v-t 图像的斜率表示火箭的加速度可知,在 t_2～t_3 时间

段加速度最大，最大加速度大小为$\frac{v_2}{t_3-t_2}$，故B错误，D正确。

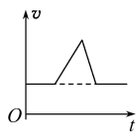
6.一部从1楼往15楼运行的电梯，在整个过程中取向上为正，其v-t图像应为（　　）



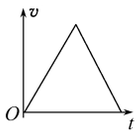
A



B



C



D

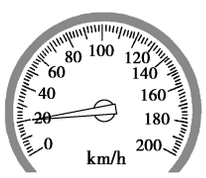
A　**解析**：一部从1楼往15楼走的电梯，其运动情况为先由静止向上加速，再匀速，最终减速到零，题图A符合题意。

综合性·创新提升

7.一辆汽车沿平直公路向东行驶，如图所示是该汽车的速度计。在汽车内乘客观察速度计指针的变化，开始时指针指在如图甲所示的位置，经过8 s后指针指在如图乙所示的位置，那么它的加速度约为（　　）



甲



乙

A. 11 m/s^2　　B. −5.0 m/s^2

C. 1.4 m/s^2　　D. −1.4 m/s^2

D　**解析**：由题图可知汽车的初速度$v_0=60$ km/h≈16.7 m/s，末速度$v=20$ km/h≈5.6 m/s。由加速度的定义式得$a=\frac{v-v_0}{t}=\frac{5.6\text{ m/s}-16.7\text{ m/s}}{8\text{ s}}\approx-1.4\text{ m/s}^2$。

8.在某市举办的青少年科技体育节中，多个项目涉及质点运动的速度与加速度的关系。下列关于比赛场景的说法正确的是（　　）

A. 无人机竞速赛中，某无人机沿直线匀速穿越障碍门，此过程中无人机的加速度为零，速度变化量不为零

B. 遥控赛车加速冲刺时，一辆赛车的速度从5 m/s增至15 m/s用时2 s，另一辆赛车的速度从10 m/s增至25 m/s用时3 s，前者速度的变化率更大，加速度更小

C. 模型火箭发射瞬间，火箭刚点火时速度为零，加速度也为零

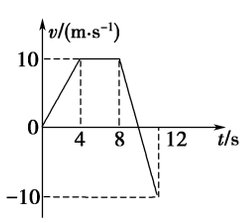
D. 轮滑选手在平直赛道上滑行，若加速度方向与速度方向相反，即使加速度逐渐变大，速度仍会不断变小

D　**解析**：无人机沿直线匀速穿越障碍门，速度恒定，加速度为0，速度变化量也为0，故A错误；根据$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$可得第一辆赛车的加速度$a_1=5\text{ m/s}^2$，第二辆赛车的加速度$a_2=5\text{ m/s}^2$，可知$a_1=a_2$，速度的变化率即为加速度，故两者的速度变化率相同，故B错误；模型火箭发射瞬间，初速度为0，但点火后推力产生的向上的加速度不为零，故C错误；速度是增大还是减小，取决于加速度与速度的方向关系，与加速度的大小是否变化无关，故轮滑选手在平直赛道上滑行，加速度方向与速度方向相反时，做减速运动，速度减小，故D正确。

9.如图所示是某质点运动的v-t图像。

(1)质点在图中各段中做什么性质的运动？

(2)在0～4 s、4～8 s、8～10 s、10～12 s质点的加速度各是多少？



解析：(1)质点在0～4 s做加速直线运动，在4～8 s做匀速直线运动，在8～10 s做减速直线运动，在10～12 s做反向的加速直线运动。

(2)由$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$得

0～4 s的加速度$a_1=\frac{10\text{ m/s}-0}{4\text{ s}-0}=2.5\text{ m/s}^2$，

4～8 s速度不变，加速度$a_2=0$，

8～10 s的加速度$a_3=\frac{0-10\text{ m/s}}{10\text{ s}-8\text{ s}}=-5\text{ m/s}^2$，

10～12 s的加速度$a_4=\frac{-10\text{ m/s}-0}{12\text{ s}-10\text{ s}}=-5\text{ m/s}^2$。

答案：(1)见解析　(2)2.5 m/s^2　0　−5 m/s^2　−5 m/s^2

单元活动构建

单元活动 1　描述运动的基本物理量——科学思想的初步建立

「单元任务」

任务内容	
任务一	质点、位移、路程
任务二	速度、加速度
任务三	v-t 图像和 x-t 图像

「任务引导」

在我们周围，到处可以看到物体在运动：汽车在公路上行驶，巨轮在海上航行，飞机在天空中飞行，空间站在绕地球运行等等。要想准确地描述这些物体的运动，我们需要建立一些概念，这需要科学的态度和思维。本章的重要任务就是应用科学思想建立一些概念。

理想化模型：质点有质量但没有体积和形状，是物理学中最重要的“理想化模型”之一。

质点客观上根本就不存在，是在物体原型的基础上，经过科学抽象而建立的。它突出了事物的主要特征，抓住了主要因素，忽略了次要因素；是在一定程度和范围内对客观存在的复杂物体的一种近似反映，更是一种理想反映。质点体现的物理思想——“抓住主要因素，忽略次要因素”，这是物理学研究的最基本的方法。

比值定义法：就是用两个基本的物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法。一般来说，比值定义法的基本特点是被定义的物理量往往是反映物质的最本质的属性，它不随定义所用的物理量的大小取舍而改变。比值法适用于物质属性或特征、物体运动特征的定义，比如描述物体运动状态特征的物理量的定义。我们本章学习的速度 v、加速度 a 等就是利用了比值定义法，以后还会学到很多利用比值定义法定义的物理量。

图像法：是我们高中物理中常用的思想方法之一，即运用图像来表达某种信息、分析规律、求解物理量的方法。物理图像是一种特殊且形象的数学语言和工具，它运用数和形的巧妙结合，恰当地表达某种现象的物理过程和规律，特别是图像为直线形式的，我们要尽可能地推导出其数学表达式，从而更深刻地认识图像。如本章学习的 v-t 图像、x-t 图像。

任务一　质点、位移、路程

活动 1　在“金星凌日”的精彩天象中，观察到太阳表面上有个小黑点缓慢走过，持续时间达六个半小时，这个小黑点便是金星，这种天文现象称为“金星凌日”。

(1)观测“金星凌日”时可以将太阳看成质点吗？

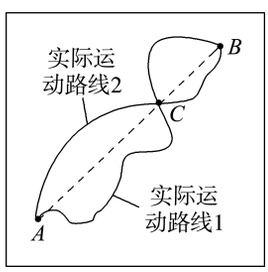


(2)金星绕太阳运动的半径为 R，以太阳为参考系，则金星绕太阳一周的位移和路程分别为多少？

提示：(1)观测“金星凌日”时，如果将太阳看成质点，无法描述小黑点在太阳表面运动的现象，所以不能将太阳看成质点。

(2)以太阳为参考系，金星绕太阳一周时，起点和终点重合，位移为零，路程为 $2\pi R$。

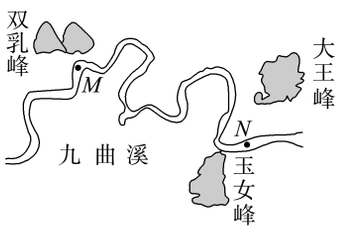
活动 2　如图所示，实线为从 A 地到 B 地的两条不同的实际运动路线，虚线为 A、B 两地的连线。位移和路程的决定因素分别是什么？图中两条实际路线的位移和路程相同吗？



提示：位移由物体的始、末位置决定；路程由实际的运动轨迹决定。题图中的两条实际路线位移相同，路程不同。

任务二 速度、加速度

活动1 一游客在武夷山九曲溪乘竹筏漂流，途经双乳峰附近的 M 点和玉女峰附近的 N 点，如图所示。已知该游客从 M 点漂流到 N 点的路程为 5.4 km，用时 1 h，M、N 间的直线距离为 1.8 km，则从 M 点漂流到 N 点的过程中：



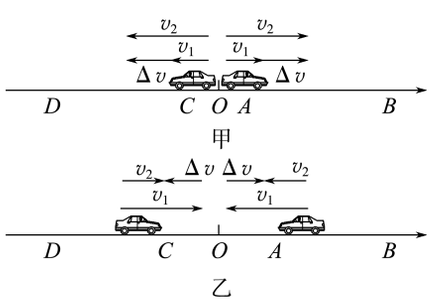
(1)该游客的位移大小为多少？平均速度大小为多少？

(2)该游客漂流时的平均速率为多少？

提示：(1)位移指的是从 M 点漂流到 N 点的有向线段，故位移大小为 1.8 km，平均速度大小为 $\overline{v}=\frac{x}{t}=1.8\ \text{km/h}$。

(2)从 M 点漂流到 N 点的路程为 5.4 km，用时 1 h，则平均速率为 $\overline{v}'=\frac{s}{t}=5.4\ \text{km/h}$。

活动2 图甲中两辆小车在做加速运动，图乙中两辆小车在做减速运动。



(1)各车加速度的方向与图中哪一物理量的方向一定相同？

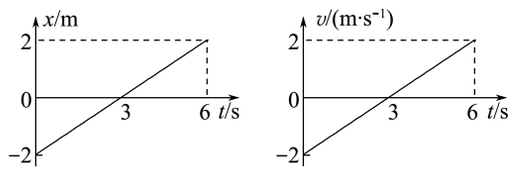
(2)由图甲和图乙分析，加速度方向与速度方向有什么关系？

提示：(1)加速度的方向与速度变化量 Δv 的方向一定相同。

(2)由题图甲可知，物体做加速直线运动时，加速度的方向与速度方向相同。由题图乙可知，物体做减速直线运动时，加速度的方向与速度方向相反。

任务三 v-t 图像和 x-t 图像

活动 物体甲的位移-时间图像和物体乙的速度-时间图像分别如图甲、乙所示。



(1)0～6 s，物体甲的速度发生变化了吗？其位移为多少？

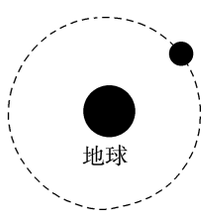
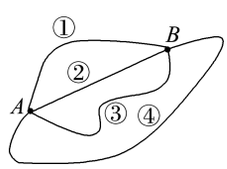
(2)0～6 s，物体乙的速度变化了吗？其加速度有多大？

提示：(1)0～6 s，物体甲的速度不变，为 $v=\frac{2}{3}\ \text{m/s}$；位移 $\Delta x=2\ \text{m}-(-2\ \text{m})=4\ \text{m}$。

(2)0～6 s，物体乙的速度变化了，变化量 $\Delta v=2\ \text{m/s}-(-2\ \text{m/s})=4\ \text{m/s}$；加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{2}{3}\ \text{m/s}^2$。

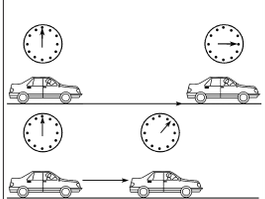
「知识链接」

1.质点、位移和路程

物理观念	情境	模型
质点	研究中国空间站绕地球运动的时间	
位移	研究物体沿不同路径运动的位置变化	
路程	研究物体沿不同路径运动的轨迹长度	

2.速度、加速度

(1)比值定义法和极限思想

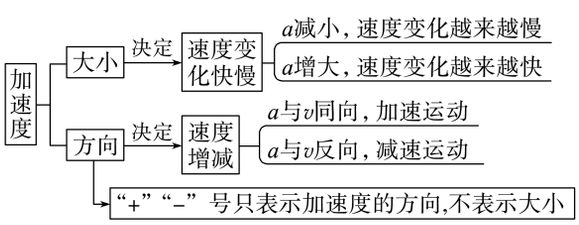
科学思想	情境	模型构建
比值定义法	 驱离入侵战机	可通过$\frac{\Delta x}{\Delta t}$比较两战机运动的快慢
	 速度都在增大，但增大的快慢不同	可通过$\frac{\Delta v}{\Delta t}$来比较物体速度变化的快慢
极限思想		$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$中的$\Delta t$非常小时，我们把$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$称作物体在某时刻的瞬时速度

(2)不同“速度”的比较

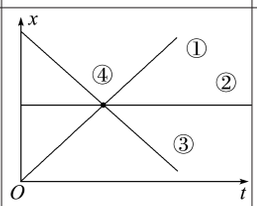
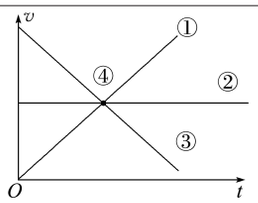
①平均速度和瞬时速度的区别与联系：平均速度是过程量，表示物体在某段位移或某段时间内的平均运动快慢程度；瞬时速度是状态量，表示物体在经过某一位置或某一时刻的运动快慢程度。瞬时速度是运动时间$\Delta t\to 0$时的平均速度(应用：用打点计时器或光电门测瞬时速度)。

②平均速度和平均速率的区别：平均速度表达式为$\overline{v}=\frac{x}{t}$，是描述物体在一段时间(或一段位移)内位置变化快慢及方向的物理量；平均速率表达式为$\overline{v}'=\frac{s}{t}$，是描述物体沿轨迹运动平均快慢的物理量。

(3)根据加速度判断速度变化的情况



3.v-t图像和x-t图像的比较

图像	x-t图像	v-t图像
图像实例		
图线含义	图线①表示质点做匀速直线运动(斜率表示速度v)	图线①表示质点做匀加速直线运动(斜率表示加速度a)
	图线②表示质点静止	图线②表示质点做匀速直线运动
	图线③表示质点向负方向做匀速直线运动	图线③表示质点做匀减速直线运动
	交点④表示此时三个质点相遇	交点④表示此时三个质点有相同的速度

「活动达标」

1.横跨杭州湾的嘉绍大桥全长10.137 km，设计速度为100 km/h。记录显示某辆汽车17:33进入嘉绍大桥，17:43离开大桥。下列说法正确的是(　　)

A. 该汽车经过嘉绍大桥的位移是10.137 km

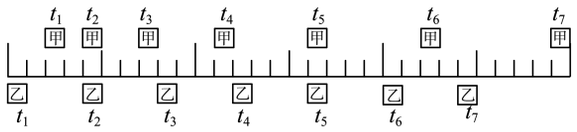
B. 设计速度100 km/h为平均速度

C. 研究该汽车通过嘉绍大桥的时间时，可以将该汽车视为质点

D. 该汽车通过嘉绍大桥的平均速度大小约为60.8 km/h

C　**解析**：10.137 km是汽车的路程，不是位移，由于不知道位移的大小，不能求得汽车通过嘉绍大桥的平均速度，故A、D错误；设计速度100 km/h指的是瞬时速率，不是平均速度，故B错误；研究该汽车通过嘉绍大桥的时间时，汽车的大小可以忽略不计，可以将该汽车视为质点，故C正确。

2.(多选)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，记录下木块每次曝光时的位置。如图所示，连续两次曝光的时间间隔是相等的，由图可知　　(　　)



A. 在时刻 t_2 以及时刻 t_5 时，两木块的速度相同

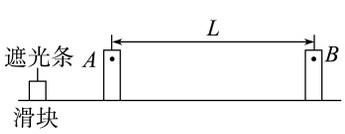
B. 在时刻 t_5 到 t_7 之间，甲木块的平均速度大于乙木块的平均速度

C. 在时刻 t_3 和时刻 t_4 之间，某瞬时两木块的速度相同

D. 在时刻 t_4 和时刻 t_5 之间，某瞬时两木块的速度相同

BC　**解析**：设底片上每小格宽度为 s，曝光时间间隔为 t。乙木块做匀速直线运动，速度 $v=\frac{4s}{t}$，甲木块做匀加速直线运动，t_2 时刻速度 $v_2=\frac{5s}{2t}<v$，故 A 错误；甲在 t_5 到 t_7 时间内的平均速度 $\overline{v}_{57}=\frac{x_{57}}{2t}=\frac{13s}{2t}>\frac{4s}{t}$，即在 t_5 到 t_7 之间，甲木块的平均速度大于乙木块的平均速度，故 B 正确；甲木块 t_2 时刻的速度 $v_2=\frac{5s}{2t}<v$，t_3 时刻的速度 $v_3=\frac{7s}{2t}<v$，t_4 时刻的速度 $v_4=\frac{9s}{2t}>v$，可见在 t_3 到 t_4 时间内必有某一时刻两木块的速度相等，故 C 正确，D 错误。

3. 如图所示，在气垫导轨上安装有两个光电门 A、B，其间距为 $L=30$ cm。为了测量滑块的加速度，在滑块上安装了一宽度为 $d=1$ cm 的遮光条，现让滑块以某一加速度通过光电门 A、B。现记录了遮光条通过两光电门 A、B 的时间分别为 0.010 s、0.005 s，滑块从光电门 A 到 B 的时间为 0.200 s。则下列说法正确的是　（　　）



A. 滑块经过 A 的速度为 1 cm/s

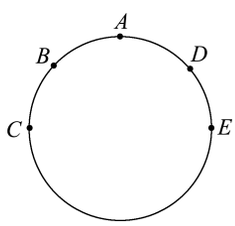
B. 滑块经过 B 的速度为 2 cm/s

C. 滑块的加速度为 5 m/s^2

D. 滑块在 A、B 间的平均速度为 3 m/s

C　**解析**：滑块经过 A 时的速度为 $v_A=\frac{0.01}{0.010}$ m/s $=1$ m/s，经过 B 时的速度为 $v_B=\frac{0.01}{0.005}$ m/s $=2$ m/s，选项 A、B 错误；滑块在 A、B 间的平均速度为 $\overline{v}=\frac{0.3}{0.200}$ m/s $=1.5$ m/s，选项 D 错误；由 $a=\frac{v_B-v_A}{t_{AB}}$ 得，滑块的加速度为 $a=5$ m/s^2，选项 C 正确。

4.（多选）两个人以不同的速率同时从圆形轨道的 A 点出发，分别沿 ABC 和 ADE 方向行走，经过一段时间后在 F 点相遇（图中未画出），从出发到相遇的过程中，描述两人运动情况的物理量相同的是　（　　）

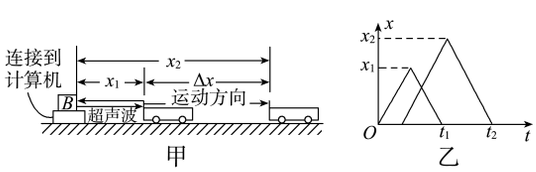


A. 位移　　B. 速度

C. 时间　　D. 平均速率

AC　**解析**：位移只与初、末位置有关，初末位置相同，则两人运动的位移相同，且相遇时所用时间相同，故 A、C 正确；两人做曲线运动，速度方向一直在变，可知速度不相同，故 B 错误；运动的路程未知，无法计算平均速率，故 D 错误。

5.（多选）如图甲所示是一种速度传感器的工作原理图。在这个系统中 B 为一个能发射超声波的固定小盒子，工作时小盒子 B 向被测物体发出短暂的超声波脉冲，脉冲被运动的被测物体反射后又被 B 盒接收。从 B 盒发射超声波开始计时，经时间 Δt_0 后再次发射超声波脉冲，图乙是连续两次发射的超声波的位移-时间图像，则下列说法正确的是　（　　）



A. 超声波的速度 $v=\frac{x_2}{t_2}$

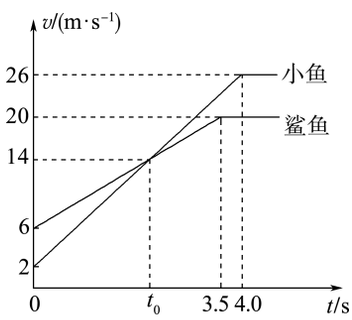
B. 超声波的速度 $v=\frac{2x_1}{t_1}$

C. 物体平均速度 $\overline{v}=\frac{2(x_2-x_1)}{t_2-t_1+\Delta t_0}$

D. 物体平均速度 $\overline{v}=\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1+\Delta t_0}$

BC　**解析**：由题图乙可知，超声波在$\frac{t_1}{2}$时间内通过的位移为x_1，则超声波的速度为$v_{声}=\frac{x_1}{\frac{t_1}{2}}=\frac{2x_1}{t_1}$，故A项错误，B项正确；被测物体通过的位移为$(x_2-x_1)$时，所用时间为$t=\frac{t_2-t_1+\Delta t_0}{2}=\frac{1}{2}(t_2-t_1+\Delta t_0)$，所以物体的平均速度$\overline{v}=\frac{x_2-x_1}{\frac{1}{2}(t_2-t_1+\Delta t_0)}=\frac{2(x_2-x_1)}{t_2-t_1+\Delta t_0}$，故C项正确，D项错误。

6. 假设一条鲨鱼发现正前方x_0处有一条小鱼，立即开始追捕，同时小鱼也发现了鲨鱼，立即朝正前方加速逃离。两条鱼的v-t图像如图所示，两者在同一直线上运动。下列说法正确的是　（　）



A. 小鱼加速阶段的加速度大小为5 m/s²

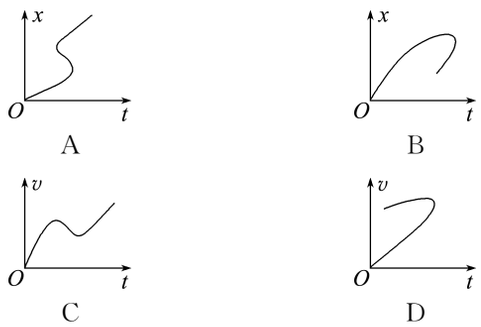
B. 鲨鱼加速阶段的加速度大小为5 m/s²

C. $t_0=2$ s时两条鱼速度相等

D. $t_0=2$ s时鲨鱼一定追上了小鱼

C　**解析**：由v-t图像的斜率表示加速度可知，小鱼加速阶段的加速度大小为$a_1=6$ m/s²，故A错误；由v-t图像可知，鲨鱼加速阶段的加速度大小为$a_2=4$ m/s²，故B错误；由图像可知，两直线相交时速度相等，对应的时刻$t_0=2$ s，即$t_0=2$ s时两条鱼的速度相等，故C正确；根据v-t图像与时间轴围成的面积代表位移可知，$t_0=2$ s时鲨鱼比小鱼多运动的距离为$\Delta x=4$ m，但由于Δx与x_0的关系不能确定，因此不能确定鲨鱼能否追上小鱼，故D错误。

7.（2024·新课标卷）一质点做直线运动，下列描述其位移x或速度v随时间t变化的图像中，可能正确的是　（　）



C　**解析**：物体做直线运动，位移与时间成函数关系，A、B选项中一个时间对应两个以上的位移，故不可能，故A、B错误；同理D选项中一个时间对应两个速度，只有C选项速度与时间成函数关系，故C正确，D错误。

8. 一质点以初速度v_0沿x轴正方向运动，已知加速度方向沿x轴正方向，在加速度a的值由零逐渐增大到某一值后再逐渐减小到零的过程中，该质点　（　）

A. 速度先增大后减小，直到加速度等于零为止

B. 速度一直在增大，直到加速度减小到零为止

C. 位移先增大后减小，直到加速度等于零为止

D. 位移一直在增大，直到加速度等于零为止

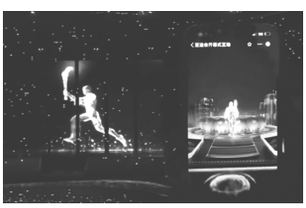
B　**解析**：加速度a的值由零逐渐增大到某一值后再逐渐减小到零的过程中，由于加速度的方向始终与速度方向相同，所以速度一直在增大，加速度减小到零时速度最大，故A错误，B正确；由于质点做方向不变的直线运动，所以位移一直在增大，加速度减小到零之后质点做匀速直线运动，位移继续增大，故C、D错误。

章末质量评估(一)　描述运动的基本概念

(时间:75 分钟　分值:100 分)

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 4 分,共 28 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是最符合题目要求的。

1. 2023 年 9 月 23 日,杭州第 19 届亚运会盛大开幕。开幕式上,不仅呈现了绚丽的烟花秀,还采用了数字化技术进行火炬点火。如图所示为数字火炬手正在跨越钱塘江奔向亚运会主场馆的情景。下列说法正确的是　(　B　)



A. 研究数字火炬手通过钱塘江的速度大小时,不可以把数字火炬手视为质点

B. 研究数字火炬手跑动的姿态时,不可以把数字火炬手视为质点

C. 研究数字火炬手跑动的姿态时,可以把数字火炬手视为质点

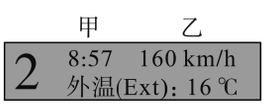
D. 由于数字火炬手很大,任何情形下都不能将其视为质点

2.(2026·山西卷)现代科技为物资运输提供了多种方式。某物流企业分别利用无人机和新能源货车从山上装货点 P 运输货物至山下仓库 Q,两种方式中一定相同的是　(　A　)

A. 位移　　B. 路程

C. 时间　　D. 平均速度

3.如图所示为某“和谐号”动车车厢内的实时显示屏的照片,图中甲、乙两处的数据分别表示了两个物理量。下列说法正确的是　(　　)



A. 甲处表示时间间隔,乙处表示平均速度

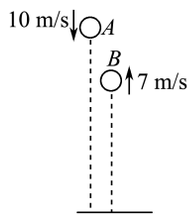
B. 甲处表示时间间隔,乙处表示瞬时速度

C. 甲处表示时刻,乙处表示平均速度

D. 甲处表示时刻,乙处表示瞬时速度

D　**解析**:甲处数据表示时刻,乙处数据表示此时的速度,即瞬时速度。

4.将弹性小球以 10 m/s 的速度从距地面2 m 处的 A 点竖直向下抛出,小球落地后竖直反弹经过距地面 1.5 m 高的 B 点时,向上的速度为 7 m/s。从 A 到 B,小球共用时 0.3 s,以竖直向下为正方向,则此过程中　(　　)



A. 小球发生的位移为 −0.5 m

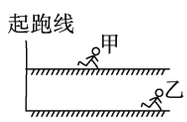
B. 小球速度变化量为 −3 m/s

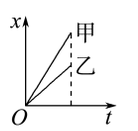
C. 小球的平均速度为 8.5 m/s

D. 小球的平均速率约为 11.67 m/s

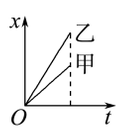
D　**解析**:以竖直向下为正方向,小球发生的位移 $x=2\ \text{m}-1.5\ \text{m}=0.5\ \text{m}$,故 A 错误;速度变化量 $\Delta v=-7\ \text{m/s}-10\ \text{m/s}=-17\ \text{m/s}$,负号表示速度变化量方向向上,故 B 错误;平均速度等于位移除以时间,即 $\overline{v}=\dfrac{0.5\ \text{m}}{0.3\ \text{s}}\approx 1.67\ \text{m/s}$,故 C 错误;小球的路程 $s=2\ \text{m}+1.5\ \text{m}=3.5\ \text{m}$,平均速率等于路程除以时间,即 $\overline{v}'=\dfrac{3.5}{0.3}\ \text{m/s}\approx 11.67\ \text{m/s}$,故 D 正确。

5.甲、乙两位同学进行百米赛跑。假如把他们的运动当作匀速直线运动来处理,他们同时从起跑线起跑,经过一段时间后他们的位置如图所示。在下图中分别作出在这段时间内两人运动的位移 x、速度 v 与时间 t 的关系图像,其中正确的是　(　　)

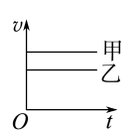




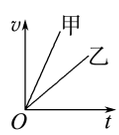
A



B



C

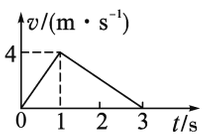


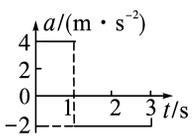
D

B　**解析**:甲、乙两位同学同时从起跑线起跑且均做匀速直线运动,故他们运动的 x-t 关系图像均是经

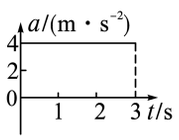
过原点的倾斜直线，斜率大小代表速度大小；而 v-t 关系图线是平行于横轴的直线，由题图可知，$v_乙 > v_甲$，故选项 B 正确。

6. 一质点做直线运动的速度-时间图像如图所示，则在下列给出的该质点前 3 s 内的加速度 a 随时间 t 变化的关系图像正确的是　　（ A ）

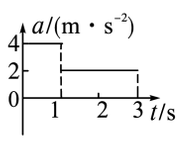




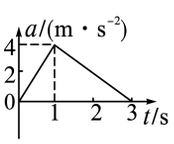
A



B



C



D

7. 在一次排球比赛中某运动员跳起将 20 m/s 速度水平飞来的排球迎面击出，击出后排球以 30 m/s 的速率水平返回，假设排球被击打过程中的平均加速度大小为 200 m/s²，则运动员对排球的击打时间为　　（ B ）

A. 0.05 s　　B. 0.25 s

C. 0.1 s　　D. 0.15 s

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. 日全食是日食的一种，是在地球上的部分地点，太阳光被月球全部遮住的天文现象。下列说法正确的是　　（　　）

A. 在观察日全食时可将月球看成质点

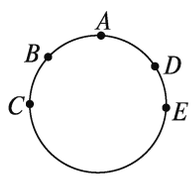
B. 在观察日全食时不能将月球看成质点

C. 月球围绕地球做圆周运动，这是以太阳为参考系来描述的

D. 月球围绕地球做圆周运动，这是以地球为参考系来描述的

BD　**解析：** 在观察日全食时，月球的大小和形状不能忽略，所以不能将月球看成质点。故 A 错误，B 正确；月球围绕地球做圆周运动，是指月球相对于地球做圆周运动，是以地球为参考系来描述的。故 C 错误，D 正确。

9. 两个人以相同的速率同时从圆形轨道的 A 点出发，分别沿 ABC 和 ADE 方向行走，经过一段时间后在 F 点相遇（图中未画出）。此时，描述两人运动情况的物理量相同的是　　（　　）

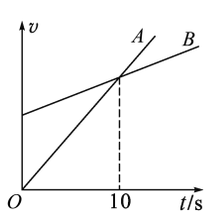


A. 瞬时速度　　B. 位移

C. 路程　　D. 平均速度

BCD　**解析：** 运动过程中两人的速度方向不同，瞬时速度不同，故 A 错误；起点、终点都相同，说明位移相同，故 B 正确；因两个人以相同的速率同时从圆形轨道的 A 点出发，在相同的时间内所走的路程相同，故 C 正确；位移相同，运动时间相同，所以平均速度相同，故 D 正确。

10. 如图所示的两条斜线，分别代表 A、B 两物体同时从同一地点出发，并向同一方向做直线运动时的速度-时间图像。下列说法正确的是　　（　　）



A. A 的初速度比 B 的初速度大

B. 在前 10 s 内，A 的位移比 B 的位移大

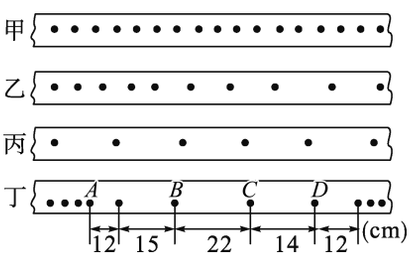
C. A 的加速度比 B 的加速度大

D. 10 s 末两物体的瞬时速度相等

CD　**解析：** 由题图可知 A 的初速度为零，B 的初速度大于零，故 A 错误；在前 10 s 内 B 的速度一直大于 A 的速度，所以 B 物体在前 10 s 内通过的位移大于 A 物体通过的位移，故 B 错误；速度-时间图像的斜率表示物体的加速度，由题图可知 A 的斜率大于 B 的斜率，故 A 的加速度大于 B 的加速度，故 C 正确；由题图可知在 10 s 末两物体的瞬时速度相同，故 D 正确。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13～15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

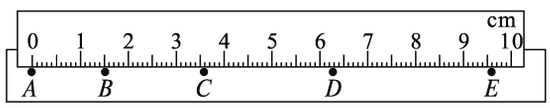
11.(8 分)如图所示的四条纸带是某同学练习使用打点计时器得到的纸带(纸带的左端先通过打点计时器)。从点痕的分布情况可以断定：纸带_____是匀速通过打点计时器的，纸带_____是越来越快的，纸带_____是开始越来越快、后来又越来越慢的。若所用电源的频率是 50 Hz，图中纸带丁，从 A 点到 B 点，历时_____s，位移大小为_____m，这段时间内纸带运动的平均速度大小是_____m/s，BC 段的平均速度大小是_____m/s，而 AD 段的平均速度大小是_____m/s。



解析：速度是单位时间内物体所通过的位移，纸带上每相邻两点间的时间间隔相等，因此物体匀速运动时，相邻两点间的距离相等，所以纸带甲、丙是匀速通过打点计时器的；纸带乙相邻两点间距离越来越大，则速度越来越大，因此纸带乙是越来越快的；纸带丁相邻两点间的距离先变大后变小，说明速度先变大后变小，因此纸带丁是开始越来越快、后来又越来越慢的。若所用电源的频率是 50 Hz，则相邻两点间的时间间隔为 0.02 s，题图中纸带丁，从 A 点通过计时器到 B 点通过计时器有两段时间间隔，所以时间为 0.04 s，位移大小为 0.27 m，这段时间内的平均速度大小 $\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$，代入数值得 $\overline{v}=6.75$ m/s。BC 段的位移大小为 22 cm，即 0.22 m，所用时间为 0.02 s，代入上式得平均速度为 11 m/s，而 AD 段的位移大小为 63 cm，即 0.63 m，所用时间为 0.08 s，代入上式得平均速度大小为 7.875 m/s。

答案：甲、丙　乙　丁　0.04　0.27　6.75　11　7.875

12.(8 分)某同学利用打点计时器测速度时，他在小车的后面连上纸带，利用纸带上打出的点计算小车各个时刻的速度。某次实验，小车做加速运动，打出的一条纸带如图所示。该同学已在这条纸带上取好了计数点，每两个计数点间还有 4 个点未画出。计数点的编号依次为 A、B、C、D、E，打点计时器打点的时间间隔为 0.02 s。他把一刻度尺放在纸带上，其零刻度线和计数点 A 对齐。



(1)根据该同学打出的纸带，我们可以判断小车与纸带的_____(选填“左”或“右”)端相连。

(2)用该刻度尺测量出计数点 A、B 之间的距离为_____cm。

(3)打 B 这个点时纸带的瞬时速度大小 $v_B=$_____m/s。

解析：(1)小车做加速运动，所以打出的点间的距离越来越大，由此可判定小车与打点密的一端即纸带的左端相连。

(2)由刻度尺读得 A、B 之间的距离为 1.50 cm。

(3)A、C 间的距离为 3.60 cm，则 $v_B=\overline{v}_{AC}=\dfrac{x_{AC}}{2T}=\dfrac{3.6\times10^{-2}}{0.2}$ m/s=0.18 m/s。

答案：(1)左　(2)1.50　(3)0.18

13.(12 分)一人骑自行车沿着一段坡路下行，用时 4 s。在第 1 s 内通过 1 m，在第 2 s 内通过 3 m，在第 3 s 内通过6 m，在第 4 s 内通过 9 m。求最初 2 s 内、最后 2 s 内以及全过程的平均速度大小。

解析：最初 2 s 内的位移

$x_1=1\text{ m}+3\text{ m}=4\text{ m}$，

由平均速度的定义得

$\overline{v}_1=\dfrac{x_1}{t_1}=\dfrac{4}{2}\text{ m/s}=2\text{ m/s}$，

最后 2 s 内的位移 $x_2=6\text{ m}+9\text{ m}=15\text{ m}$，

平均速度 $\overline{v}_2=\dfrac{x_2}{t_2}=\dfrac{15}{2}\text{ m/s}=7.5\text{ m/s}$，

全程的位移

$x=1\text{ m}+3\text{ m}+6\text{ m}+9\text{ m}=19\text{ m}$，

其平均速度 $\overline{v}=\dfrac{x}{t}=\dfrac{19}{4}\text{ m/s}=4.75\text{ m/s}$。

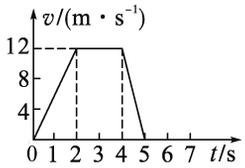
答案：2 m/s　7.5 m/s　4.75 m/s

14.(12 分)某矿井中的升降机由井底上升到井口的过

程中的运动图像如图所示。试根据图像回答下列问题：

(1)分析各段的运动情况；

(2)计算各段的加速度。



解析：(1)0～2 s，升降机做匀加速直线运动；2～4 s，升降机做匀速直线运动；4～5 s，升降机做匀减速直线运动。

(2)0～2 s：$a_1=\frac{\Delta v_3}{\Delta t_3}=\frac{12}{2}\ \mathrm{m/s^2}=6\ \mathrm{m/s^2}$，方向与速度方向相同，即向上；

2～4 s：$a_2=0$，

4～5 s：$a_3=\frac{\Delta v_3}{\Delta t_3}=\frac{0-12}{1}\ \mathrm{m/s^2}=-12\ \mathrm{m/s^2}$，方向向下。

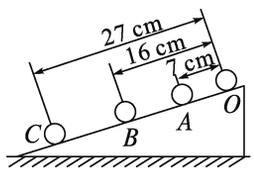
答案：(1)见解析　(2)0～2 s：大小为 6 m/s²，方向向上　2～4 s：0　4～5 s：大小为 12 m/s²，方向向下

15.(14 分)让小球从斜面的顶端滚下，如图所示是用频闪照相机拍摄的小球在斜面上的一段运动。已知闪频为 10 Hz，且 O 点是 0.4 s 时小球所处的位置。试根据此图估算：

(1)小球从 O 点到 B 点的平均速度大小；

(2)小球在 A 点和 B 点的瞬时速度大小；

(3)小球运动的加速度大小。



解析：依题意知，相邻两次闪光的时间间隔

$\Delta t=\frac{1}{f}=\frac{1}{10}\ \mathrm{s}=0.1\ \mathrm{s}$。

(1)$\bar{v}_{OB}=\frac{x_{OB}}{t_{OB}}=\frac{16\times10^{-2}}{2\times0.1}\ \mathrm{m/s}=0.8\ \mathrm{m/s}$。

(2)用 OB 段的平均速度表示小球在 A 点时的瞬时速度 $v_A=\bar{v}_{OB}=0.8\ \mathrm{m/s}$，

同理，小球在 B 点时的瞬时速度

$v_B=\bar{v}_{AC}=\frac{x_{AC}}{t_{AC}}=\frac{(27-7)\times10^{-2}}{2\times0.1}\ \mathrm{m/s}=1.0\ \mathrm{m/s}$。

(3)由加速度的定义得

小球的加速度 $a=\frac{v_B-v_A}{t_{AB}}=\frac{1.0-0.8}{0.1}\ \mathrm{m/s^2}=2.0\ \mathrm{m/s^2}$。

答案：(1)0.8 m/s　(2)0.8 m/s　1.0 m/s

(3)2.0 m/s²

第二章 匀变速直线运动的规律

1 匀变速直线运动的研究

学习任务目标

1.知道匀变速直线运动的定义，了解匀变速直线运动的分类。（物理观念）
2.学会使用打点计时器研究小车的运动情况，学会使用传感器研究小车的运动。（科学探究）

问题式预习

「实验思路」

请尝试从以下几个方面说明物体是做匀变速直线运动。

(1)定义法

提示：取任意两点，根据 $a=\frac{v_2-v_1}{\Delta t}$，如果多个加速度都相等，则物体做匀变速直线运动。

(2)图像法

提示：绘制速度-时间图像，如果图像在误差允许的范围内，可以看作一条倾斜的直线，则物体做匀变速直线运动。

(3)位移差法

如果在连续相邻的相等时间内，位移差是一个常数，则物体做匀变速直线运动。（该结论在后面的学习中证明）

「原理启示」

1.实验的基本思想——极限替代法

利用 $v_n=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$，即用以 n 点为中心的一小段时间间隔的平均速度替代 n 点的瞬时速度。

2.描点法画出小车的速度-时间图像

根据图像的斜率可以求出小车的加速度大小。

「实验器材」

电磁打点计时器、学生电源、复写纸、纸带、导线、一端带有定滑轮的长木板、小车、细绳、钩码、刻度尺、坐标纸。

任务型课堂

「原型实验」

1.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中：

(1)下列给出的器材中，请选出还需要的器材，有一部分已经选好了。

A. 电磁打点计时器
B. 天平
C. 低压交变电源
D. 低压直流电源
E. 细绳和纸带
F. 钩码和小车
G. 停表
H. 一端有定滑轮的长木板
I. 刻度尺

选出的器材有 AEFH，还需要_____。

(2)某同学按照以下步骤进行操作：

A. 换上纸带重新做三次实验，选择一条点迹清晰的纸带；
B. 将电磁打点计时器固定在长木板上没有定滑轮的一端，接上电源；
C. 把小车停在靠近电磁打点计时器的地方，先放开小车，再启动电磁打点计时器；
D. 断开电源，取下纸带；
E. 把一条细绳拴在小车前端，细绳跨过定滑轮并挂上钩码，把纸带固定在小车后端并让纸带穿过电磁打点计时器。

以上步骤有错误的是_____（填步骤前的字母），应更正为_____；步骤合理的顺序是_____（填步骤前的字母）。

解析：(1)在本实验中，不需要测量小车和钩码的质量，因此不需要天平，电磁打点计时器使用的是低压交变电源，因此不需要直流电源，同时电磁打点

计时器记录了小车的运动时间，因此不需要停表，测量点迹间的距离需要刻度尺，所以还需要的器材是C、I。

(2)题述步骤有错误的是C，应先启动电磁打点计时器，再放开小车。根据组装实验器材、进行实验、数据处理的顺序知，操作步骤合理的顺序为BECDA。

答案：(1)CI　(2)C　先启动电磁打点计时器，再放开小车　BECDA

［特别提醒］

1. 开始释放小车时，应使小车靠近电磁打点计时器。

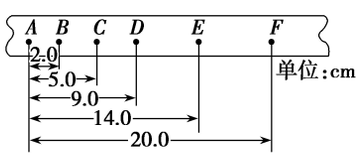
2. 先接通电源，等打点稳定后，再释放小车。

3. 打点完毕，立即断开电源。

4. 选取一条点迹清晰的纸带，适当舍弃点密集的部分；适当选取计数点(注意计数点与计时点的区别)，弄清楚相邻计数点间的时间间隔 T 等于多少。

5. 要防止钩码落地，避免小车跟滑轮相碰，在小车到达滑轮前及时用手按住。

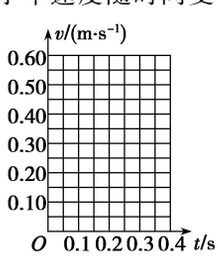
2. 在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，打点计时器使用的交变电源的频率为50 Hz，记录小车运动的一段纸带如图所示，在纸带上选取 A、B、C、D、E、F 六个计数点，相邻两计数点之间还有四个点未画出。



(1)由纸带提供的数据求出打下 C、E 两点时小车的速度，填入下表：

计数点序号	B	C	D	E
计数点对应的时刻 t/s	0	0.1	0.2	0.3
打下计数点时小车的速度 v/(m·s^{-1})	0.25		0.45	

(2)根据上表中的数据，在图中作出小车运动的 v-t 图像，分析可知小车速度随时间变化的规律为____。



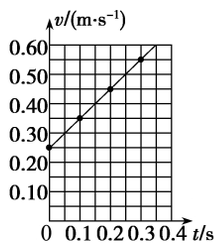
(3)根据作出的 v-t 图像可得小车运动的加速度为_____m/s^2。

解析：(1)用一段很短时间内的平均速度可替代中间时刻的瞬时速度，则

$$v_C=\frac{BD}{2T}=\frac{AD-AB}{2T}=\frac{(9.0-2.0)\ \text{cm}}{2\times0.1\ \text{s}}=0.35\ \text{m/s},$$

$$v_E=\frac{DF}{2T}=\frac{AF-AD}{2T}=\frac{(20.0-9.0)\ \text{cm}}{2\times0.1\ \text{s}}=0.55\ \text{m/s}。$$

(2)画出的 v-t 图像应为一条倾斜直线，如图所示。小车运动的 v-t 图像是一条倾斜的直线，说明小车的速度随时间均匀增大。

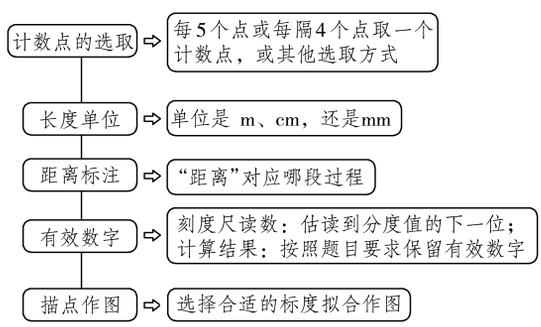


(3)由(2)中图像的斜率可求得加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=1.0\ \text{m/s}^2$。

答案：(1)0.35　0.55　(2)见解析图　小车的速度随时间均匀增大　(3)1.0

［特别提醒］

1. 图像法处理数据应抓住的几点



2. 图像法处理数据时的注意事项

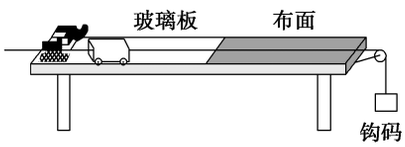
(1)作图时，要用平滑曲线将这些点连起来，要让尽可能多的点分布在线上，不在线上的点均匀分布在线的两侧，离线较远的点舍去，注意不可用折线连接。

(2)利用图像求加速度时，应选取直线上相距较远的两个点来求直线的斜率，即加速度。不能采用量出直线的倾斜角，然后求出其正切值的方法来计算加速度，因为该倾斜角还与坐标轴的标度有关。

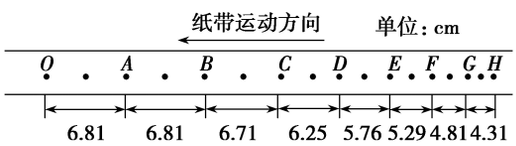
「创新实验」

3. 图甲为用打点计时器研究小车运动情况的装置。实验时由静止释放钩码，小车开始做匀加速直线运动，在小车进入布面前钩码已经落地了，小车在平

玻璃板上做匀速直线运动，后来在布面上做匀减速直线运动，所打出的纸带的一部分如图乙所示。纸带上相邻两点对应的时间间隔 $T=0.02$ s。试分析(结果均保留 3 位有效数字)：



甲



乙

(1)由图乙可知，小车在玻璃板上做匀速直线运动的速度大小为 $v=$ _____ m/s；打点计时器打下计数点 D 时小车的瞬时速度大小为 $v_D=$ _____ m/s。

(2)根据纸带数据可知，小车做匀减速直线运动时的加速度大小为 $a=$ _____ m/s^2。

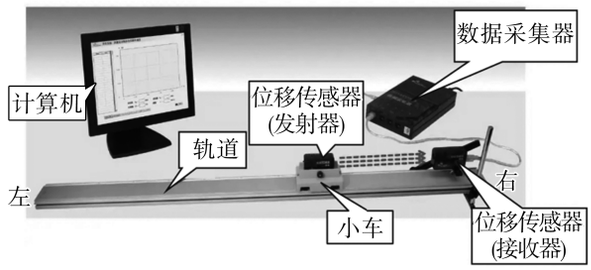
解析：(1)由题图乙可知小车在 OA 和 AB 段内做匀速直线运动时，所用的时间均为 0.04 s，那么小车在玻璃板上做匀速直线运动的速度大小为 $v=\frac{x_{OA}}{t}=\frac{6.81\times10^{-2}\ \text{m}}{0.04\ \text{s}}\approx1.70$ m/s；根据匀变速直线运动中，时间中点的速度等于该过程中的平均速度，得打点计时器打下计数点 D 时小车的瞬时速度大小为 $v_D=\frac{x_{CE}}{t_{CE}}=\frac{(6.25+5.76)\times10^{-2}\ \text{m}}{4\times0.02\ \text{s}}\approx1.50$ m/s。

(2)根据纸带上的数据知打下计数点 G 时小车的瞬时速度大小为 $v_G=\frac{(4.81+4.31)\times10^{-2}\ \text{m}}{4\times0.02\ \text{s}}=1.14$ m/s，则加速度为 $a=\frac{v_G-v_D}{6\times0.02\ \text{s}}=-3.00\ \text{m/s}^2$，负号表示小车做减速运动。

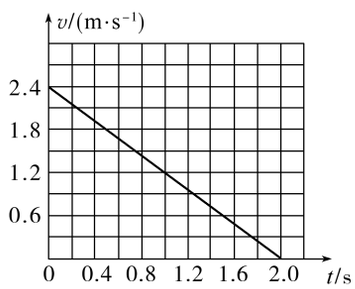
答案：(1)1.70　1.50　(2)3.00

4. 如图甲所示，是运用 DIS 实验的位移传感器测定小车运动规律的实验装置图。

(1)固定在小车上的发射器不断地向接收器发出短暂的超声波脉冲和红外线脉冲，从而测量物体运动的一些物理量。超声波脉冲比红外线脉冲____(选填“快”或“慢”)。



甲



乙

(2)图乙是通过传感器、数据采集器，再经过计算机所绘制的小车运动的速度-时间图像。由该图像可以求出小车加速度的大小为 $a=$ _____ m/s^2；小车的运动方向是_____(选填“向左”或“向右”)运动。

解析：(1)频率高于 20 000Hz 的声波叫超声波，红外线是人眼看不见的光，因此超声波脉冲“慢于”红外线脉冲。

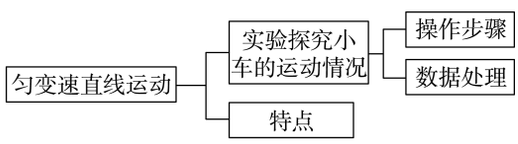
(2)由速度-时间图像的斜率的大小表示加速度的大小，斜率的正、负表示加速度的方向，则有 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0-2.4}{2.0}\ \text{m/s}^2=-1.2\ \text{m/s}^2$，可知加速度的大小为 1.2 m/s^2，负号表示加速度的方向与运动方向相反。小车加速度的方向与运动方向相反，小车做匀减速运动，可知小车“向右”运动。

答案：(1)慢　(2)1.2　向右

[**特别提醒**]

通过高速摄影机多次曝光记录小球每次曝光的位置，与打点计时器在纸带上打点记录运动物体位置的处理方法类似。

▶提质归纳



课后素养评价(六)

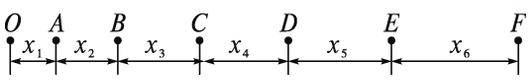
基础性·能力运用

1.(多选)在做“探究小车速度随时间变化的规律”实验时,根据打点计时器打出的纸带,我们可以不利用公式计算就能直接得到的物理量是　(　AD　)

A. 时间间隔　　B. 瞬时速度

C. 加速度　　D. 某段时间内的位移

2.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,使用电磁打点计时器(所用交流电的频率为 50 Hz)得到如图所示的纸带。图中的点为计数点,相邻两计数点间还有四个点未画出。下列表述正确的是　(　C　)



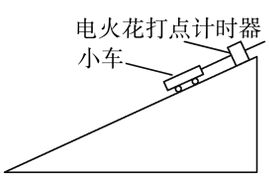
A. 实验时,应先放开纸带,再接通电源

B. 小车做的是匀速直线运动

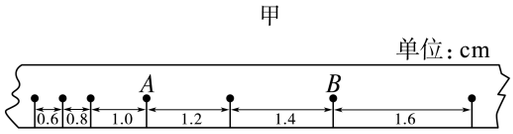
C. 由纸带可求出计数点 B 对应的速率

D. 相邻两个计数点间的时间间隔为 0.02 s

3.一电火花打点计时器固定在斜面上某处,一小车拖着穿过电火花打点计时器的纸带从斜面上滑下,如图甲所示。



甲



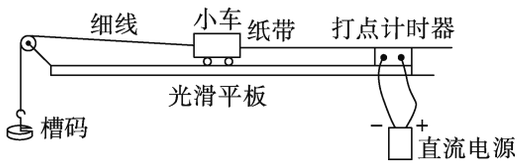
乙

(1)电火花打点计时器使用_____(选填“直流”或“交流”)电源,工作电压为_____V。

(2)实验中得到的一条纸带如图乙所示,打点计时器打 A 点时小车的速度 v_A = _____ m/s。

答案:(1)交流　220　(2)0.55

4.用电磁打点计时器、平板(光滑)、小车等器材做“探究小车速度随时间变化的规律”实验,如图所示是某同学即将释放小车前的实验装置图。该装置图中有 3 处明显错误,它们分别是:



(1)_____;

(2)_____;

(3)_____。

解析:电磁打点计时器是一种计时仪器,所用电源为交流电源,因此题图中接直流电源是错误的;细线和平板应平行,而题图中细线和平板不平行,故需要调整它们的位置;实验开始时,小车应靠近打点计时器,以保证在纸带上打出足够多的点,有利于数据的处理与分析,而题图中小车离打点计时器的距离太远,所以此处是错误的,应该进行调整。

答案:(1)细线与平板不平行

(2)打点计时器接的是直流电源

(3)小车离打点计时器的距离太远

综合性·创新提升

5.(多选)在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,下列方法有助于减小实验误差的是　(　　)

A. 选取计数点,把每打 5 个点的时间间隔作为一个时间单位

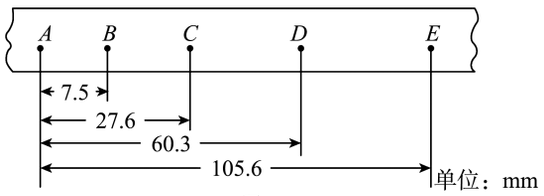
B. 使小车运动的加速度尽量小些

C. 舍去纸带上开始时密集的点,只利用点迹清晰、点间间隔适当的那一部分进行测量、计算

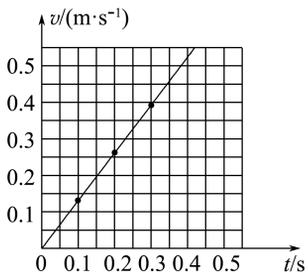
D. 适当增加挂在细绳下槽码的个数

ACD　**解析**:选取计数点可以使相邻点间的间隔增大,在用刻度尺测量这些点间的间隔时,在一次测量绝对误差基本相同的情况下,相对误差较小,A 正确;在实验中,如果小车运动的加速度过小,打出的点就很密,长度测量的相对误差较大,测量的精确度会降低,因此小车运动的加速度适当大一些较好,B 错误;为了减小长度测量的相对误差,舍去纸带上过于密集、甚至分辨不清的点是必要的,C 正确;若适当增加挂在细绳下槽码的个数,意味着适当增大小车运动的加速度,D 正确。

6.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,某同学用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况。在纸带上确定出 A、B、C、D、E 5 个计数点,测得计数点间的距离如图甲所示,每两个相邻的计数点之间还有四个点未画出,打点计时器的频率为 50 Hz。



甲



乙

(1)根据纸带上各个计数点间的距离可知，打下 B 点时小车的瞬时速度 $v_B=$ _____ m/s。(结果保留 3 位有效数字)

(2)选择合适的单位长度，在图乙所示的坐标系中作出了小车的 v-t 图线，根据图线求出小车的加速度大小 $a=$ _____ m/s²。(结果保留 3 位有效数字)

(3)如果当时电源中交流电的频率是 $f=51$ Hz，而做实验的同学并不知道，那么加速度的测量值与实际值相比 _____(选填“偏大”“偏小”或“不变”)。

解析：(1)根据匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度，则打下 B 点时小车的瞬时速度 $v_B=\dfrac{x_{AC}}{2T}=\dfrac{27.6\times10^{-3}}{0.2}$ m/s=0.138 m/s。

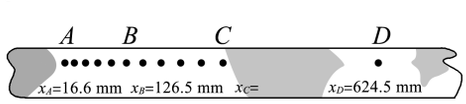
(2)根据图线可求出小车运动的加速度大小为

$a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{0.2}{0.15}$ m/s²=1.33 m/s²。

(3)如果交流电的频率是 $f=51$ Hz，而做实验的同学并不知道，则计算时所用的周期值偏大，因此加速度的测量值偏小。

答案：(1)0.138　(2)1.33　(3)偏小

7. 某同学用打点计时器测量做匀加速直线运动的物体的加速度，电源频率 $f=50$ Hz，在纸带上打出的点中，选出零点，每隔 4 个点取 1 个计数点，因保存不当，纸带被污染，如图所示，A、B、C、D 是依次排列的 4 个计数点，仅能读出其中 3 个计数点到零点的距离：$x_A=16.6$ mm、$x_B=126.5$ mm、$x_D=624.5$ mm。



若无法再做实验，可由以上信息推知：

(1)相邻两计数点的时间间隔为 _____ s。

(2)打 C 点时物体的速度大小为 _____ m/s(结果保留 2 位有效数字)。

(3)物体的加速度大小为 _____(用 x_A、x_B、x_D 和 f 表示)。

解析：(1)电源的频率为 50 Hz，可知每隔 0.02 s 打一个点，每隔 4 个点取 1 个计数点，可知相邻两计数点的时间间隔为 $T=0.1$ s。

(2)物体在 C 点的瞬时速度等于 BD 段的平均速度，则

$v_C=\dfrac{x_{BD}}{2T}\approx2.5$ m/s。

(3)根据匀加速直线运动公式有

$x_{CD}-x_{AB}=2aT^2$，$x_{BC}-x_{AB}=aT^2$，

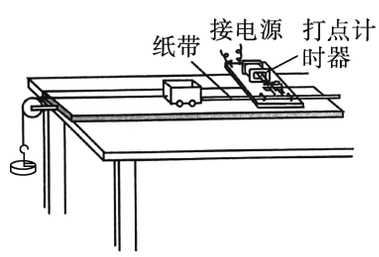
整理可以得到 $x_{BD}-2x_{AB}=3aT^2$，

由于 $x_{BD}=x_D-x_B$，$x_{AB}=x_B-x_A$，$T=\dfrac{5}{f}$，

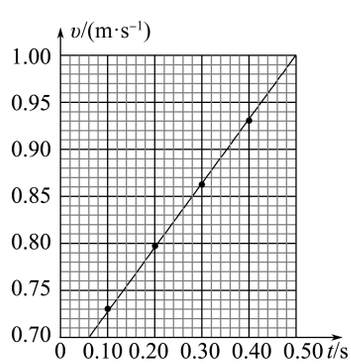
则 $a=\dfrac{x_D+2x_A-3x_B}{3T^2}=\dfrac{(x_D+2x_A-3x_B)f^2}{75}$。

答案：(1)0.1　(2)2.5　(3)$\dfrac{(x_D+2x_A-3x_B)f^2}{75}$

8. 某同学用如图甲所示的实验装置探究物体的速度与时间的关系。



甲



乙

(1)电磁打点计时器应接 _____(选填“低压直流”“低压交流”或“220 V 交流”)电源。

(2)实验时，使小车靠近打点计时器，先_____，再_____。(均选填“接通电源”或“放开小车”)

(3)若所接电源的频率是50 Hz，则每隔_____s打一个点。

(4)图乙是绘出的小车速度-时间关系图线，根据图线求出小车的加速度大小为 $a=$_____ m/s^2。(结果保留3位有效数字)

解析：(1)电磁打点计时器应接低压交流电源。

(2)实验时，使小车靠近打点计时器，先接通电源，再放开小车。

(3)若所接电源的频率是50 Hz，则每隔0.02 s打一个点。

(4)在 v-t 图像中图线的斜率表示加速度，即 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.30}{0.44}\approx0.682\ m/s^2$。

答案：(1)低压交流　(2)接通电源　放开小车　(3)0.02　(4)0.682

2　匀变速直线运动速度与时间的关系

学习任务目标

1.理解匀变速直线运动的 v-t 图像特点。(物理观念)

2.掌握匀变速直线运动的速度公式，并会用公式解决相关问题。(科学思维)

问题式预习

知识点　匀变速直线运动速度与时间的关系

1.匀变速直线运动的速度与时间的关系式

(1)速度公式：$v_t=v_0+at$。

(2)对公式的理解：做匀变速直线运动的物体，在 t 时刻的速度 v_t 等于物体在开始时刻的初速度 v_0 加上在整个过程中速度的变化量 at。

2.匀变速直线运动的 v-t 图像

(1)匀变速直线运动的 v-t 图像

公式 $v_t=v_0+at$ 表示了匀变速直线运动速度 v_t 是时间 t 的一次函数，对应的 v-t 图像是一条倾斜直线(或“斜线”)，图像的斜率就等于加速度 a。

(2)斜率的含义

①v-t 图像的斜率 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 表示加速度的大小和方向。

②一般情况下，我们取初速度方向为正方向。

a.如果 $a>0$，a 与 v_0 方向相同，物体做加速运动，v-t 图像向上倾斜。

b.如果 $a<0$，a 与 v_0 方向相反，物体做减速运动；当速度减为零后，速度变为负值，a 与 v 方向相同，物体做加速运动，v-t 图像向下倾斜。

c.如果 $a=0$，物体做匀速直线运动，v-t 图像是一条水平直线。

[科学思维]

描述匀变速直线运动有两种办法：公式法和图像法。图像中包含描述运动所需要的所有信息，图像特别直观，在部分题目中应用图像法进行解题非常简单。

[判一判]

(1)匀加速直线运动的速度方向一定是正方向。(×)

(2)匀加速直线运动的速度大小与时间成正比。(×)

(3)公式 $v_t=v_0+at$ 既适用于匀加速直线运动，也适用于匀减速直线运动。(√)

(4)匀变速直线运动的 v-t 图像、a-t 图像都是倾斜直线。(×)

[做一做]

一电动玩具车做匀加速直线运动，其加速度大小为 $2\ m/s^2$，那么它的速度从2 m/s增加到4 m/s所需要的时间为(　　)

A. 5 s　　B. 1 s

C. 2 s　　D. 4 s

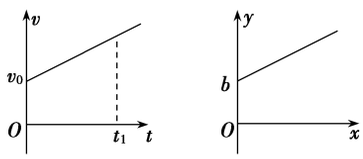
B　**解析**：根据加速度的定义式，可得所需要的时间为 $t=\frac{\Delta v}{a}=\frac{4\ m/s-2\ m/s}{2\ m/s^2}=1\ s$，故选项B正确，A、C、D错误。

任务型课堂

任务一 匀变速直线运动速度与时间的关系

[探究活动]

(1)观察图甲和图乙可知,匀变速直线运动的 v-t 图像与我们在数学里学过的一次函数图像类似。类比一次函数的表达式,写出速度与时间的关系式。



甲　　乙

(2)若物体做匀加速直线运动,加速度为 a,请利用加速度的定义式推导经过时间 t 时 v_t 的表达式。

提示:(1)根据一次函数的一般表达式 $y=kx+b$ 可知,匀变速直线运动的速度与时间的关系式为 $v_t=v_0+at$。

(2)由加速度的定义式 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{v_t-v_0}{t-0}=\dfrac{v_t-v_0}{t}$ 知,$v_t=v_0+at$。注意表达式只适用于匀变速直线运动。

[评价活动]

1.(多选)在运用公式 $v_t=v_0+at$ 时,关于各个物理量的符号,下列说法正确的是 (　　)

A. 必须规定正方向,式中的 v_t、v_0、a 才能取正、负号

B. 在任何情况下 $a>0$ 表示做匀加速运动,$a<0$ 表示做匀减速运动

C. 习惯上总是规定物体开始运动的方向为正方向,$a>0$ 表示做匀加速运动,$a<0$ 表示做匀减速运动

D. v_t 的方向总是与 v_0 的方向相同

AC　**解析**:应用公式 $v_t=v_0+at$ 解题时首先要规定正方向,规定了正方向后,v_t、v_0、a 等物理量就可以用带有正、负号的数值表示,选项 A 正确;物体是否做加速运动并非看 a 的正、负,而是要看速度与加速度的方向关系,因速度的方向是任意的,故 $a<0$ 的运动也可以是匀加速运动,选项 B 错误,C 正确;往复直线运动中,v_t 的方向并不总是与 v_0 的方向相同,选项 D 错误。

2. 若某滑雪运动员从雪坡上高速滑下,如图所示,他到达水平滑道时开始做初速度为 10 m/s、加速度为 4 m/s² 的匀减速直线运动,则运动员在水平滑道上运动 2 s 后的速度大小为 (　　)



A. 4 m/s　　B. 0

C. 2 m/s　　D. −2 m/s

C　**解析**:设运动员在水平滑道上滑行速度减为 0 所用的时间为 t,则根据匀变速运动速度与时间的关系可得 $0=v_0-at$,解得 $t=\dfrac{v_0}{a}=\dfrac{10}{4}\text{s}=2.5\text{ s}$,则可知运动员在水平滑道上运动 2 s 后的速度大小为 $v_2=v_0-at_2=(10-4\times2)\text{ m/s}=2\text{ m/s}$,故选 C。

3.一物体做匀变速直线运动,初速度为15 m/s,方向向东,第 5 s 末的速度为10 m/s,方向向西,则物体开始向西运动的时刻为 (　　)

A. 第 2 s 初　　B. 第 4 s 初

C. 第 9 s 初　　D. 第 15 s 末

B　**解析**:若规定末速度的方向为正方向,则 $v_0=-15\text{ m/s}$,$v_t=10\text{ m/s}$,根据 $v_t=v_0+at$,得 $a=5\text{ m/s}^2$。设经过时间 t_1,物体的速度减为零,根据 $0=v_0+at_1$,得 $t_1=3\text{ s}$,即第 4 s 初,选项 B 正确。

4.假设一列火车正常行驶的速度是 54 km/h,关闭发动机后,火车开始做匀减速直线运动,第 6 s 末的速度是 43.2 km/h。求:

(1)火车的加速度;

(2)火车在第 15 s 末的速度大小;

(3)火车在第 45 s 末的速度大小。

解析:(1)以火车运动的方向为正方向,则

$v_0=54\text{ km/h}=15\text{ m/s}$,$v_1=43.2\text{ km/h}=12\text{ m/s}$,

由加速度的定义可知

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{12\text{ m/s}-15\text{ m/s}}{6\text{ s}}=-0.5\text{ m/s}^2,$$

负号表示方向与火车运动方向相反。

(2)火车从开始减速到停止所用的时间

$$t=\frac{0-v_0}{a}=\frac{0-15\text{ m/s}}{-0.5\text{ m/s}^2}=30\text{ s}>15\text{ s},$$

火车在第 15 s 末的速度大小为

$v_2=v_0+at_2=7.5\text{ m/s}$。

(3)由(2)分析可知,火车从开始减速到停止所用的时间为 30 s,所以火车在第 45 s 末的速度为 0。

答案:(1)0.5 m/s²,方向与火车运动方向相反

(2)7.5 m/s　(3)0

5.一辆汽车以 45 km/h 的速度匀速行驶。

(1)若汽车以 0.6 m/s² 的加速度加速,则10 s 后速度能达到多少?

(2)若汽车刹车时以 0.6 m/s² 的加速度减速,则10 s 后速度能达到多少?

(3)若汽车刹车时以 3 m/s² 的加速度减速,则 10 s 后速度为多少?

解析:(1)初速度 $v_0=45\ \text{km/h}=12.5\ \text{m/s}$,

加速度 $a=0.6\ \text{m/s}^2$,

时间 $t=10\ \text{s}$,

10 s 后汽车的速度为

$v=v_0+at=12.5\ \text{m/s}+0.6\ \text{m/s}^2\times 10\ \text{s}=18.5\ \text{m/s}$。

(2)已知 $a_1=-0.6\ \text{m/s}^2$,汽车速度减为零所用的时间为 $t_1=\dfrac{0-v_0}{a_1}=\dfrac{0-12.5\ \text{m/s}}{-0.6\ \text{m/s}^2}\approx 20.83\ \text{s}>10\ \text{s}$,

所以 10 s 后汽车的速度为

$v'=v_0+a_1t=12.5\ \text{m/s}-0.6\ \text{m/s}\times 10\ \text{s}=6.5\ \text{m/s}$。

(3)已知 $a_2=-3\ \text{m/s}^2$,汽车速度减为零所用的时间

$t_2=\dfrac{0-v_0}{a_2}=\dfrac{0-12.5\ \text{m/s}}{-3\ \text{m/s}^2}\approx 4.17\ \text{s}<10\ \text{s}$,

所以 10 s 后汽车已经停止,则 10 s 后汽车速度为零。

答案:(1)18.5 m/s　(2)6.5 m/s　(3)0

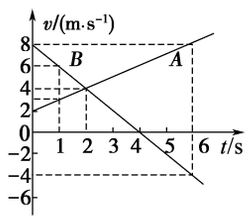
任务总结

1. 公式 $v_t=v_0+at$ 中的 v_t、v_0、a 均为矢量,应用公式解题时,应先选取正方向。一般取 v_0 的方向为正方向(若 $v_0=0$,则取开始运动的方向为正方向)。计算结果中的正、负,应根据正方向的选取加以说明。
2. 速度与时间的关系式 $v_t=v_0+at$ 只适用于匀变速直线运动,包括匀加速直线运动和匀减速直线运动。
3. 此公式中有四个物理量,"知三求一"。
4. 刹车运动中的速度求解问题,一定要注意确定其实际运动时间,即要先通过计算判断车停止的时间,而后再求某个时刻的速度。

任务二　匀变速直线运动的速度-时间图像

[探究活动]

如图所示,是 A、B 两物体做匀变速直线运动的速度-时间图像。



(1)A、B 两物体各做什么运动?其加速度是多少?

(2)两图线的交点有什么意义?

(3)1 s 末 A、B 两物体的速度各是多少?

(4)5 s 末 A、B 两物体的速度各是多少?

提示:(1)物体 A 沿规定的正方向做匀加速直线运动,加速度大小 $a_1=\dfrac{v_t-v_0}{t}=\dfrac{8\ \text{m/s}-2\ \text{m/s}}{6\ \text{s}}=1\ \text{m/s}^2$,加速度方向与规定的正方向相同;物体 B 前 4 s 沿规定的正方向做匀减速直线运动,4 s 后沿反方向做匀加速直线运动,其加速度 $a_2=\dfrac{v'_t-v'_0}{t'}=\dfrac{-4\ \text{m/s}-8\ \text{m/s}}{6\ \text{s}}=-2\ \text{m/s}^2$,负号表示加速度方向与规定的正方向相反。

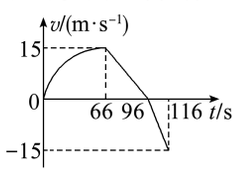
(2)两图线的交点表示二者在 $t=2\ \text{s}$ 时速度相同。

(3)1 s 末 $v_A=v_0+a_1t_1=2\ \text{m/s}+1\ \text{m/s}^2\times 1\ \text{s}=3\ \text{m/s}$,$v_B=v'_0+a_2t_1=8\ \text{m/s}-2\ \text{m/s}^2\times 1\ \text{s}=6\ \text{m/s}$,两物体的速度方向都与规定的正方向相同。

(4)5 s 末 $v'_A=v_0+a_1t_2=2\ \text{m/s}+1\ \text{m/s}^2\times 5\ \text{s}=7\ \text{m/s}$,$v'_B=v'_0+a_2t_2=8\ \text{m/s}-2\ \text{m/s}^2\times 5\ \text{s}=-2\ \text{m/s}$,物体 A 的速度方向与规定的正方向相同,物体 B 的速度方向与规定的正方向相反。

[评价活动]

1.(多选)假设几艘海盗快艇靠近海岸的过程中遭到驱逐,其中一艘海盗快艇在海面上的速度-时间图像如图所示,则下列说法正确的是　(　)



A. 海盗快艇行驶的最大速度为 15 m/s

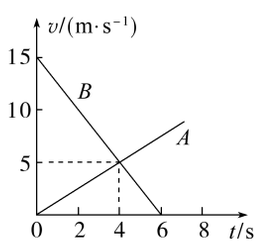
B. 海盗快艇在 66 s 末开始掉头逃离

C. 海盗快艇在 0～66 s 做的是加速度逐渐减小的加速运动

D. 海盗快艇在 96～116 s 做匀减速直线运动

AC　**解析**:从 v-t 图像上可知海盗快艇行驶的最大速度为 15 m/s,在 0～66 s v-t 图像的斜率逐渐减小,故加速度逐渐减小,但速度仍在增大,选项 A、C 正确;在 66 s 末海盗快艇的速度方向没变,速度大小减小,选项 B 错误;在 96～116 s 海盗快艇掉头做匀加速直线运动,选项 D 错误。

2. A、B 两物体在同一直线上做变速直线运动,它们的速度-时间图像如图所示,则　(　)



A. A、B 两物体的运动方向一定相同

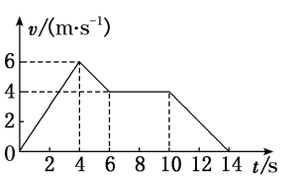
B. 在 0～4 s，A 物体比 B 物体运动得快

C. $t=4$ s 时，A、B 两物体的加速度相同

D. A 物体的加速度比 B 物体的加速度大

A　**解析**：A、B 两物体的运动图像都在 t 轴上方，速度为正，方向一定相同，故 A 正确；根据图像纵坐标对应的值可知，0～4 s，A 物体比 B 物体运动得慢，故 B 错误；图像的斜率代表加速度，可知 A 的加速度大小为 $a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=1.25\text{m/s}^2$，$B$ 的加速度大小为 $a_2=\left|\frac{\Delta v'}{\Delta t'}\right|=2.5\ \text{m/s}^2$，$A$ 物体的加速度大小比 B 物体的加速度小，故 C、D 错误。

3. 如图所示为某质点的 v-t 图像，下列说法正确的是（　　）



A. 在 0～6 s 内，质点做匀变速直线运动

B. 在 6～10 s 内，质点处于静止状态

C. 在 4 s 末，质点向相反方向运动

D. 在 $t=12$ s 末，质点的加速度为 $-1\ \text{m/s}^2$

D　**解析**：由 v-t 图像的斜率表示加速度可知，质点在 0～4 s 做加速度为 $1.5\ \text{m/s}^2$ 的匀加速直线运动，在 4～6 s 做加速度为 $-1\ \text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动，0～6 s 加速度发生变化，故不能说质点做匀变速直线运动；质点在 6～10 s 做匀速直线运动；质点在 10～14 s 做加速度为 $-1\ \text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动；在 0～14 s 图线始终在 t 轴上方，故质点的运动方向不变。综上所述选项 D 正确。

任务总结

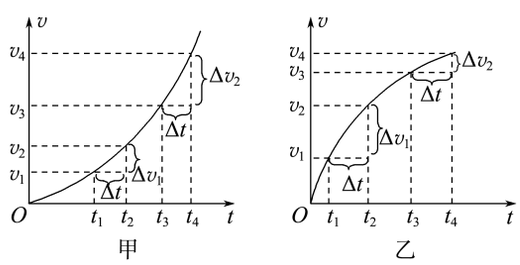
v-t 图像与物体的运动

(1)匀速直线运动的 v-t 图像是一条平行于时间轴的直线。

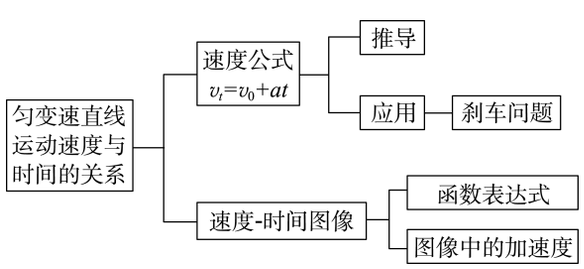
(2)匀变速直线运动中 $v_t=v_0+at$，v-t 图像是一条倾斜直线，斜率表示加速度 a，纵轴截距表示初速度 v_0。

(3)非匀变速直线运动的 v-t 图像是一条曲线，曲线上某点切线的斜率等于该时刻物体的加速度。

图甲中，在相等的时间 Δt 内，$\Delta v_2>\Delta v_1$，加速度增大；图乙中，在相等的时间 Δt 内，$\Delta v_2<\Delta v_1$，加速度减小。



提质归纳



课后素养评价(七)

基础性·能力运用

知识点 1　匀变速直线运动中速度与时间的关系

1.(多选)在公式 $v_t=v_0+at$ 中，涉及四个物理量，除时间 t 是标量外，其余三个 v_t、v_0、a 都是矢量。在直线运动中这三个矢量的方向都在同一条直线上，当取其中一个量的方向为正方向时，其他两个量的方向与其相同的取正值，与其相反的取负值。若取初速度方向为正方向，则下列说法正确的是（　　）

A. 匀加速直线运动中，加速度 a 取负值

B. 匀加速直线运动中，加速度 a 取正值

C. 匀减速直线运动中，加速度 a 取负值

D. 无论匀加速直线运动还是匀减速直线运动，加速度 a 均取正值

BC　**解析**：若取初速度方向为正方向，加速度为正值，表示初速度方向和加速度方向相同，物体加速，若物体的加速度为负值，物体减速，故 B、C 正确。

2.对于匀变速直线运动的速度与时间关系式 $v_t=v_0+at$，以下理解正确的是（　　）

A. v_0 是时间间隔 t 开始时的速度，v_t 是时间间隔 t

内的平均速度

B. v_t 一定大于 v_0

C. 在时间间隔 t 内，at 可以是速度的增加量，也可以是速度的减少量。以初速度方向为正方向时，在匀加速直线运动中 at 为正值，在匀减速直线运动中 at 为负值

D. a 与匀变速直线运动的 v-t 图像的图像倾斜程度无关

C　**解析**：v_0、v_t 都是瞬时速度，at 是速度的变化量，A 错误，C 正确；在匀加速直线运动中 $v_t > v_0$，在匀减速直线运动中 $v_t < v_0$，B 错误；在 v-t 图像中，图像的斜率表示加速度，D 错误。

3. 一辆沿直线匀加速行驶的汽车，经过路旁的两根电线杆共用 5 s，汽车的加速度为 2 m/s^2，它经过第二根电线杆时的速度是 15 m/s，则汽车经过第一根电线杆的速度为　（　）

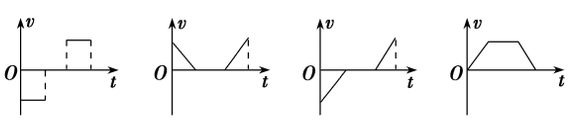
A. 2 m/s　　B. 10 m/s

C. 2.5 m/s　　D. 5 m/s

D　**解析**：汽车沿直线匀加速行驶，加速度为 2 m/s^2，经过第二根电线杆时的速度是 15 m/s，用时 5 s，根据速度与时间的关系式 $v = v_0 + at$ 得 $v_0 = v - at$ = (15 m/s − 2 m/s^2 × 5 s) = 5 m/s，D 正确。

知识点 2　匀变速直线运动的速度-时间图像

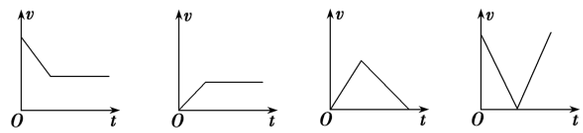
4. “和谐号”列车到达某站时匀减速进站，停靠一段时间后又匀加速（同方向）出站。在如图所示的四个 v-t 图像中，正确描述了“和谐号”列车运动情况的是　（　）



A　　B　　C　　D

B　**解析**：进站速度均匀减小，出站速度均匀增大，故 A、D 错误；进站、出站的运动方向相同，故 B 正确，C 错误。

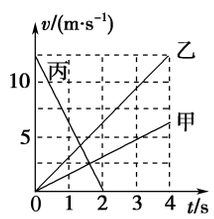
5. 一小球在斜面上从静止开始匀加速滚下，进入水平面后又做匀减速直线运动，直至停止。在如图所示的 v-t 图像中可以反映小球的整个运动过程的是（v 为小球运动的速率）　（　）



A　　B　　C　　D

C　**解析**：A、B 项中的最后阶段表示的是匀速运动，所以 A、B 错误；D 项中的最后阶段表示匀加速直线运动，所以 D 错误；C 表示的恰为题干中的小球的运动，所以 C 正确。

6.（多选）甲、乙、丙是三个在同一直线上运动的物体，它们的运动 v-t 图像如图所示。下列说法正确的是　（　）



A. 丙与甲的运动方向相反

B. 丙与乙的运动方向相同

C. 乙的加速度的大小大于甲的加速度的大小

D. 丙的加速度的大小小于乙的加速度的大小

BC　**解析**：甲、乙、丙三个物体的速度均为正值，运动方向相同，选项 A 错误，B 正确。根据速度-时间图像斜率的绝对值表示加速度的大小，乙的加速度的大小大于甲的加速度的大小，丙的加速度的大小大于乙的加速度的大小，选项 C 正确，D 错误。

综合性·创新提升

7.（多选）一个物体做变速直线运动，物体的加速度从某一值逐渐减小到零。在此过程中，关于该物体的运动情况，下列说法可能正确的是　（　）

A. 物体速度不断增大，加速度减小到零时，物体速度最大

B. 物体速度不断减小，加速度减小到零时，物体速度为零

C. 物体速度不断减小到零，然后物体反向做加速直线运动

D. 物体速度先不断增大，后逐渐减小

ABC　**解析**：物体做变速直线运动，当速度方向与加速度方向相同时，加速度逐渐减小，速度不断增大，当加速度减小到零时，速度达到最大，所以选项 A 正确；物体做变速直线运动，当速度方向与加速度方向相反时，速度不断减小，当加速度减小到零时，物体速度可能恰好为零，所以选项 B 正确；当物体的加速度方向与初速度方向相反时，加速度减小，速度减小，当速度减小到零，加速度不为零时，物体向相反方向做加速运动，所以选项 C 正确；加速度减小，但方向不变，结合 A 项分析，所以选项 D 错误。

8.（多选）给滑块一初速度 v_0，使它沿足够长的光滑斜面向上做匀减速运动，加速度大小为 a。当滑块速

度大小变为$\frac{v_0}{2}$时，所用时间可能是 （ ）

A. $\frac{v_0}{4a}$　　B. $\frac{v_0}{2a}$

C. $\frac{3v_0}{2a}$　　D. $\frac{3v_0}{a}$

BC　**解析**：以初速度方向为正方向，当末速度与初速度方向相同时，$\frac{v_0}{2}=v_0-at$，得 $t=\frac{v_0}{2a}$；当末速度与初速度方向相反时，$-\frac{v_0}{2}=v_0-at'$，得 $t'=\frac{3v_0}{2a}$，B、C 正确。

9.一辆汽车沿平直高速公路行驶，因前方施工而做匀减速直线运动。若减速过程前三分之二路程的平均速度 $v_1=20$ m/s，后三分之一路程的平均速度 $v_2=15$ m/s，那么汽车行驶到全程的三分之二位置处，瞬时速度大小是 （ ）

A. 19 m/s　　B. 18 m/s

C. 17 m/s　　D. 16 m/s

C　**解析**：设全程长 $3x$，利用平均速度公式，可知前后段所用时间之比为 $t_1:t_2=\frac{2x}{v_1}:\frac{x}{v_2}=3:2$，可假设时间分别为 $3t$ 和 $2t$，利用中间时刻的瞬时速度（$v_{\frac{t}{2}}$）等于平均速度，知 $1.5t$ 和 $4t$ 时刻的速度分别为 20 m/s 和 15 m/s，可得加速度 $a=\frac{15\text{ m/s}-20\text{ m/s}}{4t-1.5t}=-\frac{2}{t}$ m/s^2，则 $3t$ 时刻（汽车行驶到全程的三分之二位置处）的速度 $v=v_{1.5}+a\Delta t=17$ m/s，故选 C。

10.一滑雪运动员不借助雪杖，以加速度 a_1 由静止从山坡顶匀加速滑下，测得其 20 s 后的速度为 20 m/s，50 s 后到达坡底，又以加速度 a_2 沿水平面减速运动，经20 s 恰好停止运动。求：

(1)a_1 和 a_2 的大小；

(2)滑雪运动员到达坡底后再经过 6 s 的速度大小。

解析：(1)滑雪运动员下滑过程中的加速度大小

$a_1=\frac{v_1-v_0}{t_1}=\frac{20\text{ m/s}-0}{20\text{ s}}=1\text{ m/s}^2$，

到达坡底时的速度大小

$v_2=a_1t_2=1\text{ m/s}^2\times50\text{ s}=50\text{ m/s}$，

在水平面上的加速度

$a_2=\frac{v-v_2}{t_3}=\frac{0-50\text{ m/s}}{20\text{ s}}=-2.5\text{ m/s}^2$，

即 a_2 的大小为 2.5 m/s^2。

(2)滑雪运动员到达坡底后再经过 6 s 的速度大小为

$v_3=v_2+a_2t_4=50\text{ m/s}-2.5\times6\text{ m/s}=35\text{ m/s}$。

答案：(1)1 m/s^2　2.5 m/s^2　(2)35 m/s

3　匀变速直线运动位移与时间的关系

学习任务目标

1.理解匀变速直线运动的位移与时间的关系。（物理观念）

2.学会位移公式的推导方法，了解极限法的运用。（科学思维）

3.掌握 v-t 图像的特点，会根据 v-t 图像计算物体的位移。（科学思维）

问题式预习

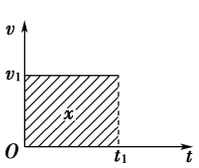
知识点　匀变速直线运动位移公式的理解及应用

1.匀速直线运动的位移

(1)位移公式：$x=vt$。

(2)v-t 图像特点

①平行于横轴的直线。



②位移 x 就对应着那段图像与两个坐标轴间所围成的矩形（即图中阴影区域）的“面积”。

2.匀变速直线运动的位移

(1)位移在 v-t 图像中的表示

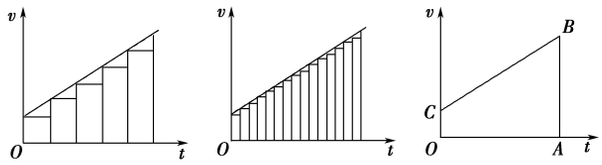
微元法推导 v-t 图像中的位移

①将时间 t 分成若干等份，每一小段时间都是 Δt，如图甲所示，每一小段位移＝每一小段起始时刻的速度×每一小段的时间＝对应小矩形的“面积”。所有这些小矩形合起来就是一个“阶梯形”的图形。

②如果将 v-t 图像中的时间间隔划分得更小些，如图乙所示，所得的阶梯图形与原来的阶梯图形相比较，可以更精确地表示出物体在整个过程的位移。

③极限情况下，即把时间分成无限多个小的间隔，如图丙所示，“台阶形”的折线就变成了一条直线，它与两个坐标轴所围成的图形的“面积”，就可以看作等于这个梯形的“面积”。梯形的“面积”在数值

上就等于在时间 t 内的位移值。



甲　　乙　　丙

(2)结论：做匀变速直线运动的物体的位移值对应着 v-t 图像中的图线与两个坐标轴所包围的“面积”。

(3)位移与时间的关系

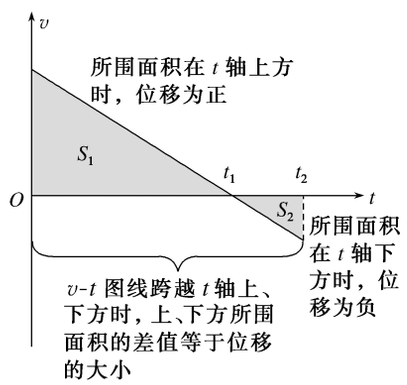
“面积”即位移：$x=\frac{1}{2}(v_0+v_t)t$

速度公式：$v_t=v_0+at$

$\Rightarrow$ $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$。

[科学思维]

在 v-t 图像中，图线与两个坐标轴所围面积表示物体的位移值，如图所示。



[判一判]

(1)匀变速直线运动的位移与时间的平方成正比。（ × ）

(2)位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 仅适用于匀加速直线运动。（ × ）

(3)初速度越大，时间越长，匀变速直线运动物体的位移一定越大。（ × ）

(4)匀变速直线运动的位移与初速度、加速度、时间三个因素有关。（ √ ）

[做一做]

1. 一物体由静止开始做匀变速直线运动，加速度为 2 m/s²，则 2 s 末速度和位移分别为（　　）

A. 4 m/s，4 m　　B. 2 m/s，4 m

C. 4 m/s，2 m　　D. 2 m/s，2 m

A　**解析：**物体初速度 $v_0=0$，$a=2\ \text{m/s}^2$，$t=2\ \text{s}$，则 $v_t=v_0+at=0+2\ \text{m/s}^2\times2\ \text{s}=4\ \text{m/s}$，$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2=0+\frac{1}{2}\times2\ \text{m/s}^2\times(2\ \text{s})^2=4\ \text{m}$，故 A 正确。

2. 某质点做直线运动的位移随时间变化的关系是 $x=4t+2t^2$，x 与 t 的单位分别为 m 和 s，则质点的初速度与加速度分别为（　　）

A. 4 m/s，2 m/s²　　B. 0，4 m/s²

C. 4 m/s，4 m/s²　　D. 4 m/s，0

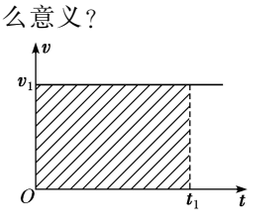
C　**解析：**对比 $x=4t+2t^2$ 和位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，可知其初速度 $v_0=4\ \text{m/s}$，$\frac{1}{2}a=2\ \text{m/s}^2$，则加速度 $a=4\ \text{m/s}^2$，故 C 正确。

任务型课堂

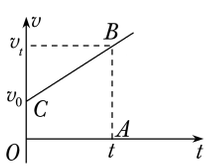
任务一　匀变速直线运动位移公式的理解及应用

[探究活动]

(1)如图所示为匀速直线运动的 v-t 图像，图像中的 v-t 图线与两个坐标轴所包围的矩形的（阴影部分）“面积”有什么意义？



(2)如图所示，某质点做匀变速直线运动，已知初速度为 v_0，在 t 时刻的速度为 v_t，加速度为 a，利用位移大小等于 v-t 图像中图线与两个坐标轴所围梯形的面积推导匀变速直线运动的位移与时间关系。



提示：(1)表示物体在 $0\sim t_1$ 的位移大小。

(2)根据 v-t 图像中梯形各线段所代表的物理含义以及梯形的面积公式，可得位移 $x=\frac{1}{2}(v_0+v_t)t$，又因为 $v_t=v_0+at$，联立可得 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$。

[评价活动]

1. 某物体做匀减速直线运动，初速度为10 m/s，加速度大小为 1 m/s²，则物体在停止运动前 1 s 内的平均速度为（　　）

A. 5.5 m/s　　B. 5 m/s

C. 1 m/s　　D. 0.5 m/s

D **解析**：对于末速度为零的匀减速直线运动可采用逆向思维法处理，速度公式和位移公式变为 $v=at$，$x=\frac{1}{2}at^2$。由题意知最后 1 s 内的位移 $x=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times1\ \text{m/s}^2\times1\ \text{s}=0.5\ \text{m}$，故物体停止运动前 1 s 内的平均速度 $\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{0.5\ \text{m}}{1\ \text{s}}=0.5\ \text{m/s}$，选项 D 正确。

2. 一辆汽车以 10 m/s 的速度匀速行驶，遇到紧急情况，突然以大小为 2 m/s² 的加速度匀减速刹车，则从刹车开始计时，汽车在 6 s 内的位移是 （　　）

A. 24 m　　B. 25 m

C. 60 m　　D. 96 m

B **解析**：汽车速度减为零所用的时间为 $t=\frac{0-10\ \text{m/s}}{2\ \text{m/s}^2}=5\ \text{s}$，汽车在 5 s 末就已经停止运动，所以汽车在 6 s 内的位移等于在 5 s 内的位移，故有 $x=10\ \text{m/s}\times5\ \text{s}+\frac{1}{2}\times(-2\ \text{m/s}^2)\times(5\ \text{s})^2=25\ \text{m}$，B 正确。

3. 一个物体由静止开始做匀加速直线运动，第 1 s 末的速度达到 4 m/s，物体在第 2 s 内的位移是 （　　）

A. 6 m　　B. 8 m

C. 4 m　　D. 1.6 m

A **解析**：根据速度公式 $v_1=at$，得 $a=\frac{v_1}{t}=\frac{4\ \text{m/s}}{1\ \text{s}}=4\ \text{m/s}^2$。第 1 s 末的速度等于第 2 s 初的速度，所以物体在第 2 s 内的位移 $s_2=v_1t+\frac{1}{2}at^2=4\ \text{m/s}\times1\ \text{s}+\frac{1}{2}\times4\ \text{m/s}^2\times(1\ \text{s})^2=6\ \text{m}$，故 A 正确。

4. 一辆汽车正在平直的公路上以 72 km/h 的速度行驶，司机看见红色信号灯便立即踩下制动器，此后，汽车开始做匀减速直线运动。设汽车减速过程的加速度大小为 5 m/s²，求：

(1)开始制动后，前 2 s 内汽车行驶的距离；

(2)开始制动后，前 5 s 内汽车行驶的距离。

解析：汽车的初速度 $v_0=72\ \text{km/h}=20\ \text{m/s}$，末速度 $v_t=0$，加速度 $a=-5\ \text{m/s}^2$，汽车运动的总时间 $t=\frac{v_t-v_0}{a}=\frac{0-20\ \text{m/s}}{-5\ \text{m/s}^2}=4\ \text{s}$。

(1)因为 $t_1=2\ \text{s}<t$，所以汽车在 2 s 末没有停止运动，故

$x_1=v_0t_1+\frac{1}{2}at_1^2=20\ \text{m/s}\times2\ \text{s}+\frac{1}{2}\times(-5\ \text{m/s}^2)\times(2\ \text{s})^2=30\ \text{m}$。

(2)因为 $t_2=5\ \text{s}>t$，所以汽车 5 s 时已停止运动，故

$x_2=v_0t+\frac{1}{2}at^2=20\ \text{m/s}\times4\ \text{s}+\frac{1}{2}\times(-5\ \text{m/s}^2)\times(4\ \text{s})^2=40\ \text{m}$。

答案：(1)30 m　(2)40 m

任务总结

1. 在 v-t 图像中，图线与两个坐标轴所围的面积大小对应物体的位移值，t 轴上方面积表示位移为正，t 轴下方面积表示位移为负。
2. 位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 只适用于匀变速直线运动。
3. 公式中的 x、v_0、a 都是矢量，应用时必须规定正方向，一般选 v_0 的方向为正方向。当物体做匀减速直线运动时，a 取负值，计算结果中，位移 x 的正负表示其方向。
4. 当 $v_0=0$ 时，$x=\frac{1}{2}at^2$，为由静止开始的匀加速直线运动的位移公式，此时位移 x 与 t^2 成正比。
5. 刹车中的位移求解问题，一定要注意确定其实际运动时间，即要先通过计算判断车停止的时间，而后再用合理的数据计算位移。

任务二　匀变速直线运动的平均速度

［探究活动］

一个物体做匀加速直线运动，初速度为 v_0，经过时间 t 速度变为 v_t。

(1)在这段时间内，物体的位移怎么求？平均速度怎么求？

(2)在这段时间内，物体经过中间时刻的瞬时速度为多大？

(3)比较(1)和(2)，你能得出什么结论？

提示：(1)位移 $x=\frac{v_0+v_t}{2}t$，平均速度 $\overline{v}=\frac{x}{t}$，得 $\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0+v_t}{2}$。

(2)根据 $v_t=v_0+at$，得 $v_{\frac{t}{2}}=v_0+a\frac{t}{2}$，又 $a=\frac{v_t-v_0}{t}$，两式联立得 $v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$。

(3)做匀加速直线运动的物体，在一段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度。

［评价活动］

1. 做匀变速直线运动的物体，第 3 s 内的位移是 20 m，第 9 s 内的位移是 50 m，其加速度为 （　　）

A. 3 m/s²　　B. 4 m/s²

C. 5 m/s²　　D. 6 m/s²

C **解析**：根据 $\overline{v}=\frac{x}{t}=v_{\frac{t}{2}}$，可得 $v_{2.5}=\overline{v}_3=\frac{x_3}{\Delta t}=$

20 m/s，$v_{8.5}=\overline{v}_9=\frac{x_9}{\Delta t}=50$ m/s，再根据加速度的定义式 $a=\frac{v_t-v_0}{t}$，得 $a=\frac{v_{8.5}-v_{2.5}}{t_{8.5}-t_{2.5}}=\frac{50\text{ m/s}-20\text{ m/s}}{8.5\text{ s}-2.5\text{ s}}=5\text{ m/s}^2$。

2.(2025·广西卷)某位同学观察火车进站，火车由初速度为 36 km/h 降速到停下，火车的运动可看作匀减速直线运动，火车降速运动过程，此同学的脉搏跳动了 70 下。已知该同学每分钟脉搏跳动 60 下，则火车共行驶距离约为　　(　　)

A. 216 m　　B. 350 m

C. 600 m　　D. 700 m

B　**解析**：初速度 $v_0=36\text{ km/h}=10\text{ m/s}$，末速度 $v=0$，同学脉搏每分钟跳 60 下，即每秒跳 1 下，脉搏跳 70 下的时间 $t=70$ s，匀减速直线运动的平均速度 $\overline{v}=\frac{v_0+v}{2}$，位移 $x=\overline{v}\cdot t$ 代入数据得 $\overline{v}=\frac{10+0}{2}\text{ m/s}=5\text{ m/s}$，$x=5\times70\text{ m}=350\text{ m}$。故 B 正确，A、C、D 错误。

3.无人机具备远程操控和自主飞行的能力，可用于多个领域。在某次无人机试飞测试中，一架无人机起飞前沿水平地面做匀加速直线运动，加速过程中连续经过两段均为 60 m 的测试距离，用时分别为 2 s 和 1 s，则该无人机的加速度大小是　　(　　)

A. 20 m/s²　　B. 25 m/s²

C. 30 m/s²　　D. 40 m/s²

A　**解析**：第一段中间时刻的瞬时速度 $v_1=\frac{x}{t_1}=\frac{60}{2}\text{ m/s}=30\text{ m/s}$，第二段中间时刻的瞬时速度 $v_2=\frac{x}{t_2}=\frac{60}{1}\text{ m/s}=60\text{ m/s}$，则加速度 $a=\frac{v_2-v_1}{\frac{1}{2}(t_1+t_2)}=\frac{60-30}{1.5}\text{ m/s}^2=20\text{ m/s}^2$，故选 A。

任务总结

应用推论 $\overline{v}=v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$ 的注意事项

(1)推论 $\overline{v}=v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$ 只适用于匀变速直线运动，且该等式为矢量式。

(2)该推论是求瞬时速度和位移的常用方法。

(3)当 $v_0=0$ 时，$v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_t}{2}$；当 $v_t=0$ 时，$v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0}{2}$。

任务三　初速度为零的匀加速直线运动的比例式的应用

[探究活动]

对初速度为零的匀变速直线运动，设 T 为时间单位，x 为位移单位。请根据“任务一”中速度和位移的基本公式推导下列比例关系并填空。

(1)1T 末、2T 末、3T 末、…、nT 末的瞬时速度之比

由 $v_t=at$，得 $v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:2:3:\cdots:n$。

(2)前 1T 内、前 2T 内、前 3T 内、…、前 nT 内的位移之比

由 $x=\frac{1}{2}at^2$，得 $x_1:x_2:x_3:\cdots:x_n=1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$。

(3)第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内、…、第 N 个 T 内位移之比

由 $x_\text{Ⅰ}=x_1$，$x_\text{Ⅱ}=x_2-x_1$、…，可得 $x_\text{Ⅰ}:x_\text{Ⅱ}:x_\text{Ⅲ}:\cdots:x_N=1:3:5:\cdots:(2N-1)$。

(4)通过前 1x、前 2x、前 3x、…、前 nx 所用时间之比

由 $x=\frac{1}{2}at^2$，知 $t=\sqrt{\frac{2x}{a}}$，可得 $t_1:t_2:t_3:\cdots:t_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$。

(5) 通过第 1 个 x、第 2 个 x、第 3 个 x……所用时间之比

由 $t_\text{Ⅰ}=t_1$、$t_\text{Ⅱ}=t_2-t_1$、…、$t_N=t_n-t_{n-1}$，可得 $t_\text{Ⅰ}:t_\text{Ⅱ}:t_\text{Ⅲ}:\cdots:t_N=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$。

[评价活动]

1.一个物体从静止开始做匀加速直线运动，它在第 1 s 内与第 2 s 内的位移之比为 $x_1:x_2$，在走完第 1 m 时与走完第 2 m 时的速度之比为 $v_1:v_2$。以下说法正确的是　　(　　)

A. $x_1:x_2=1:3$，$v_1:v_2=1:2$

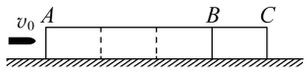
B. $x_1:x_2=1:3$，$v_1:v_2=1:\sqrt{2}$

C. $x_1:x_2=1:4$，$v_1:v_2=1:2$

D. $x_1:x_2=1:4$，$v_1:v_2=1:\sqrt{2}$

B　**解析**：由匀变速直线运动连续相等时间内的位移之比 $x_1:x_2:x_3:\cdots:x_n=1:3:5:\cdots:(2n-1)$，知 $x_1:x_2=1:3$。由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 知走完第 1 m 和前 2 m 的时间之比为 $t_1:t_2=1:\sqrt{2}$，又由 $v=at$，可得 $v_1:v_2=1:\sqrt{2}$，选项 B 正确。

2.(多选)如图所示，水平地面上固定有两块木板 AB、BC，紧挨在一起，木板 AB 的长度是 BC 的 3 倍，一颗子弹以初速度 v_0 从 A 端射入木板，并恰能从 C 端射出，用的时间为 t，子弹在木板中的运动可以看成是匀变速运动，则以下说法正确的是　　(　　)



A. 子弹到 B 点的速度为 $\frac{v_0}{4}$

B. 子弹到 B 点的速度为 $\frac{v_0}{2}$

C. 子弹从 A 到 B 的时间为 $\frac{t}{4}$

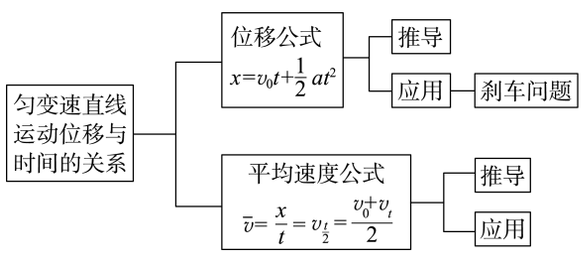
D. 子弹从 A 到 B 的时间为 $\frac{t}{2}$

BD **解析**：初速度为 0 的匀加速直线运动，相同时间的位移比为 1∶3，可以把子弹的运动反向看成初速度为 0 的匀加速直线运动，由于木板 AB 的长度是 BC 的 3 倍，故子弹经过 AB 和 BC 的时间相等，均为 $\frac{t}{2}$，故 C 错误，D 正确；初速度为 0 的匀加速直线运动，经过连续的相同时间间隔的速度比为 1∶2，由于子弹以初速度 v_0 从 A 端射入木板，可知子弹到 B 的速度为 $\frac{v_0}{2}$，A 错误，B 正确。

任务总结

1. 以上比例式只适用于初速度为零的匀加速直线运动。
2. “逆向思维”是把人们通常思考问题的思维反过来思考的思维方式，运用逆向思维分析和解决问题的方法叫作逆向思维法。
3. 对于末速度为零的匀减速直线运动，可把它看成逆向的初速度为零的匀加速直线运动，应用前面的比例关系可以快速解答此类问题。

提质归纳



课后素养评价（八）

基础性·能力运用

知识点 1　匀变速直线运动位移公式的理解及应用

1. 一物体的位移函数式是 $x=4t+2t^2+5$(m)，那么它的初速度和加速度大小分别是　（　）

A. 2 m/s，0.4 m/s^2

B. 4 m/s，2 m/s^2

C. 4 m/s，4 m/s^2

D. 4 m/s，1 m/s^2

C　**解析**：将位移函数式 $x=4t+2t^2+5$(m)和位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 进行类比可知物体的初速度 $v_0=4$ m/s，加速度为 4 m/s^2，故 A、B、D 错误，C 正确。

2. 一个做匀加速直线运动的物体，初速度 $v_0=2.0$ m/s，它在第 3 s 内通过的位移是 4.5 m，则它的加速度大小为　（　）

A. 0.5 m/s^2　　B. 1.0 m/s^2

C. 1.5 m/s^2　　D. 2.0 m/s^2

B　**解析**：第 2 s 末的速度 $v=v_0+at_2$，第 2 s 末的速度是第 3 s 的初速度，故第 3 s 内的位移 $x_3=(v_0+at_2)t+\frac{1}{2}at^2$，即 4.5 m$=$(2.0 m/s$+a\cdot$2 s)$\times$1 s$+\frac{1}{2}a\times$(1 s)^2，解得 $a=1.0$ m/s^2，故 B 正确。

3. 汽车以 20 m/s 的速度做匀速直线运动，刹车后的加速度大小为 5 m/s^2，那么开始刹车后 2 s 内与开始刹车后 6 s 内汽车通过的位移之比为　（　）

A. 1∶1　　B. 1∶3

C. 3∶4　　D. 4∶3

C　**解析**：汽车从刹车到静止用时 $t_{刹}=\frac{v_0}{a}=\frac{20\text{ m/s}}{5\text{ m/s}^2}$ s$=4$ s，故刹车后 2 s 内汽车的位移 $x_1=v_0t-\frac{1}{2}at^2=20$ m/s$\times$2 s$+\frac{1}{2}\times$(−5 m/s^2)$\times$(2 s)$^2=30$ m，刹车后 6 s 内汽车的位移 $x_2=v_0t_{刹}-\frac{1}{2}at_{刹}^2=$(20 m/s$\times$4 s$+\frac{1}{2}\times$(−5 m/s^2)$\times$(2 s)$^2=40$ m，故 $x_1:x_2=3:4$，故 A、B、D 错误，C 正确。

知识点 2　两个重要推论

4. (多选)物体从静止开始做匀加速直线运动，第 3 s 内通过的位移是 3 m，则　（　）

A. 前 3 s 的位移是 6 m

B. 3 s 末的速度是 3.6 m/s

C. 3 s 内的平均速度是 2 m/s

D. 第 5 s 内的平均速度是 5.4 m/s

BD　**解析**：由位移公式 $x=\frac{1}{2}at^2$ 知，第 3 s 内的位移为 $\frac{1}{2}a\times$(3 s)$^2-\frac{1}{2}a\times$(2 s)$^2=3$ m，解得加速度 $a=1.2$ m/s^2，所以前 3 s 的位移 $x=\frac{1}{2}\times1.2$ m/s$^2\times$

$(3\ s)^2=5.4\ m$，A 错误；第 3 s 末的速度 $v=at=1.2\ m/s^2\times3\ s=3.6\ m/s$，B 正确；3 s 内的平均速度 $\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{5.4\ m}{3\ s}=1.8\ m/s$，C 错误；第 5 s 内的平均速度等于第 4.5 s 末的瞬时速度，故 $v'=at'=1.2\ m/s\times4.5\ s=5.4\ m/s$，D 正确。

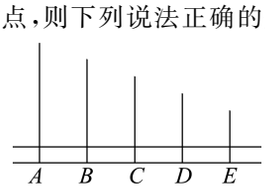
5. 一质点做匀加速直线运动，依次经过 O、A、B、C 四点，A、B 两点间的距离为10 m，B、C 两点间的距离为 14 m。已知物体通过 OA 段、AB 段、BC 段所用的时间相等，则 O、A 两点间的距离为　　(　　)

A. 8 m　　B. 6 m

C. 4 m　　D. 2 m

B　**解析**：OA 段、AB 段、BC 段所用时间相等，由 $\Delta x=x_2-x_1=x_3-x_2=aT^2$ 得 $x_{AB}-x_{OA}=x_{BC}-x_{AB}$，即10 m$-x_{OA}$=14 m−10 m 得 $x_{OA}=6$ m，选项 B 正确。

6.（多选）龙江大桥是保腾高速公路的重点工程，为双向四车道设计，缆索主缆长 1 950 m，宛如两条昂首云天、腾云驾雾的巨龙，很多游客途经此地都会驻足欣赏。如图所示，假设 A、B、C、D、E 为大桥上五根钢丝绳吊索，每两根吊索之间距离相等。若暑期某旅客驾驶汽车从吊索 A 处开始做匀减速直线运动，刚好在吊索 E 处的观景口停下，汽车通过吊索 D 时的瞬时速度为 v_D，通过 DE 段的时间为 t，把汽车看作质点，则下列说法正确的是　　(　　)



A. 汽车通过吊索 A 时的速度大小为 $2v_D$

B. 汽车减速的时间等于$(2-\sqrt{3})t$

C. 汽车通过吊索 C 时的瞬时速度大于通过 AE 段的平均速度

D. 汽车通过 AD 段的平均速度是通过 DE 段平均速度的 2 倍

AC　**解析**：根据匀变速直线运动规律，由逆向思维可得，汽车通过 DE、AD 段所用的时间之比为 1∶1，可得汽车减速的时间等于 $2t$，则有 $v_D=\frac{0+v_A}{2}$，解得 $v_A=2v_D$，故 A 正确，B 错误；汽车做匀减速直线运动，先经过吊索 C，所以通过吊索 C 的速度大于通过吊索 D 时的速度，根据 $v_D=\overline{v}=\frac{x}{t}$，即 AE 段的平均速度等于中间时刻的瞬时速度 v_D，所以汽车通过吊索 C 时的瞬时速度大于通过 AE 段的平均速度，故 C 正确；汽车通过 AD、DE 段的时间相等，根据 $\overline{v}=\frac{x}{t}$，可知，汽车通过 AD 段的平均速度是通过 DE 段平均速度的 3 倍，故 D 错误。

7.（多选）一物体从静止开始做匀加速直线运动，用 T 表示一个时间间隔，在第 3 个 T 时间内的位移为 3 m，在第 3 个 T 时间末的瞬时速度是 3 m/s，则　　(　　)

A. 物体的加速度为 1 m/s^2

B. 物体在第 1 个 T 时间末的瞬时速度是 1 m/s

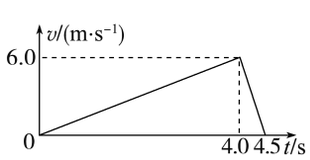
C. 时间间隔 $T=1$ s

D. 物体在第 1 个 T 时间内的位移为 0.6 m

BD　**解析**：物体从静止开始做匀加速直线运动，则 $x_1:x_3=1:5$，故 $x_1=\frac{x_3}{5}=\frac{3\ m}{5}=0.6$ m，选项 D 正确；由题意知，$\frac{1}{2}a(3T)^2-\frac{1}{2}a(2T)^2=3$ m，$a\cdot3T=3$ m/s，解得 $T=1.2$ s，$a=\frac{5}{6}\ m/s^2$，选项 A、C 错误；物体在第 1 个 T 时间末的瞬时速度 $v_1=aT=\frac{5}{6}\ m/s^2\times1.2\ s=1\ m/s$，选项 B 正确。

综合性·创新提升

8. 某航拍仪从地面由静止启动，在升力作用下匀加速竖直向上起飞，当上升到一定高度时，航拍仪失去动力。假设航拍仪在运动过程中沿竖直方向运动且机身保持稳定，其 v-t 图像如图所示。由此可以判断　　(　　)



A. $t=4.0$ s 时，航拍仪离地面最远

B. $t=4.5$ s 时，航拍仪回到地面

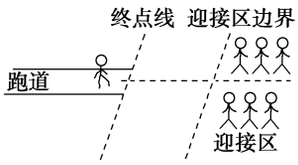
C. 航拍仪在运动过程中上升的最大高度为 12 m

D. 航拍仪在上升过程中加速度最大值为 12 m/s^2

D　**解析**：由题图可知前 4 s 内，航拍仪是在升力作用下匀加速竖直向上起飞的过程，最后 0.5 s 内是失去动力继续上升的过程，所以在 $t=4.5$ s 时，航拍仪离地面最远，故 A、B 错误；根据速度-时间图像中图线所围面积表示位移可求得航拍仪在运动过程中上升的最大高度为 $h=\frac{v}{2}t=\frac{6.0\times4.5}{2}\ m=13.5\ m$，故 C 错误；航拍仪在上升过程中前 4 s 的加速度为 $a_1=\frac{\Delta v_1}{t_1}=1.5\ m/s^2$，最后 0.5 s 内的加速度为 $a_2=\frac{\Delta v_2}{t_2}=-12\ m/s^2$，故加速度最大值为 12 m/s^2，故 D 正确。

9.（多选）某校体育课上正在进行 100 m 短跑测试。

一同学从起点由静止开始以2 m/s² 的加速度做匀加速运动，5 s 后改做匀速运动直至到达终点，接着以 4 m/s² 的加速度做匀减速运动，经 1.5 s 进入迎接区，如图所示。下列说法正确的是 （ ）



A. 该同学的成绩为 12.5 s
B. 该同学的成绩为 14.5 s
C. 终点线到迎接区边界的距离为 10.5 m
D. 终点线到迎接区边界的距离为 13.5 m

AC **解析**：该同学由静止开始到运动 5 s 时的速度为 $v=at_1=2\ \text{m/s}^2\times5\ \text{s}=10\ \text{m/s}$，此时的位移为 $x_1=\frac{v}{2}\cdot t=\frac{10\ \text{m/s}}{2}\times5\ \text{s}=25\ \text{m}$，则剩余位移所用时间 $t_2=\frac{100\ \text{m}-25\ \text{m}}{10\ \text{m/s}}=7.5\ \text{s}$，总时间为 $t=t_1+t_2=12.5\ \text{s}$，故 A 正确，B 错误；该同学从终点线到迎接区做匀减速运动，则有 $x_2=vt_3-\frac{1}{2}a_1t_3^2=10\ \text{m/s}\times1.5\ \text{s}-\frac{1}{2}\times(-4\ \text{m/s}^2)\times(1.5\ \text{s})^2=10.5\ \text{m}$，故 C 正确，D 错误。

10. 酒后驾车严重危害交通安全，其主要原因是饮酒后会使人的反应时间（从发现情况到实施操作制动的时间）变长，造成汽车制动距离（从发现情况到汽车停止的距离）变长。假定汽车以 20 m/s 的速度匀速行驶，刹车时汽车的加速度大小为 10 m/s²，正常人的反应时间为 0.5 s，饮酒人的反应时间为 1.5 s。试问：

(1)驾驶员正常的制动距离是多少？

(2)饮酒的驾驶员的制动距离比正常人多了多少？

解析：(1)在正常人的反应时间内汽车匀速运动的距离为

$x_1=v_0t_1=20\ \text{m/s}\times0.5\ \text{m}=10\ \text{m}$，

汽车减速的距离为 $x_2=\frac{v^2-v_0^2}{2a}$，

代入数据解得

$x_2=\frac{0^2-(20\ \text{m/s})^2}{2\times(-10\ \text{m/s}^2)}=20\ \text{m}$，

则驾驶员正常的制动距离 $x=x_1+x_2=30\ \text{m}$。

(2)饮酒的驾驶员的制动距离比正常人反应时间多 1 s，所以制动距离比正常时多 $\Delta x=v_0\Delta t=20\ \text{m/s}\times1\ \text{s}=20\ \text{m}$。

答案：(1)30 m (2)20 m

4 匀变速直线运动规律的应用

学习任务目标

1. 理解匀变速直线运动的位移与速度的关系。（物理观念）
2. 掌握匀变速直线运动的规律。（科学思维）
3. 灵活运用各种公式解决实际问题。（科学态度与责任）

问题式预习

知识点 速度与位移的关系的推导和应用

1. 位移与速度的关系

(1)公式：$v_t^2-v_0^2=\underline{2ax}$。若 $v_0=0$，则 $v_t^2=\underline{2ax}$。

(2)推导：速度公式 $v_t=v_0+at$

位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

由以上两式可得 $v_t^2-v_0^2=\underline{2ax}$。

2. 匀变速直线运动的推论

(1)中间位置的瞬时速度

公式：$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$。

(2)推导：在匀变速直线运动中，某段位移 x 的初、末速度分别是 v_0 和 v_t，加速度为 a，中间位置的速度为 $v_{\frac{x}{2}}$，则根据速度与位移关系式，对前一半位移有 $v_{\frac{x}{2}}^2-v_0^2=\underline{2a\cdot\frac{x}{2}}$，对后一半位移有 $v_t^2-v_{\frac{x}{2}}^2=2a\cdot\frac{x}{2}$，即 $v_{\frac{x}{2}}^2-v_0^2=v_t^2-v_{\frac{x}{2}}^2$，所以 $v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$。

[科学思维]

解答匀变速直线运动问题时公式的“巧选”

(1)如果题目中涉及运动时间，一般选用速度公式 $v_t=v_0+at$ 或位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$。

(2)如果题目中不涉及运动时间 t，一般选用公式 $v_t^2-v_0^2=2ax$。

[判一判]

(1)公式 $v_t^2-v_0^2=2ax$ 适用于所有的直线运动。

(　×　)

(2)公式 $v_t^2-v_0^2=2ax$ 中的四个物理量都是矢量，各量的正、负表示与规定的正方向相同或相反。

(　√　)

(3)因为 $v_t^2-v_0^2=2ax$，则 $v_t^2=v_0^2+2ax$，所以物体的末速度 v_t 一定大于初速度 v_0。　(　×　)

[做一做]

某高速列车在某段距离中做匀加速直线运动，速度由 5 m/s 增加到 10 m/s，列车运动的位移为 x。则当速度由 10 m/s 增加到 15 m/s，列车运动的位移是　(　　)



A. $\frac{5}{2}x$　　B. $\frac{5}{3}x$　　C. $2x$　　D. $3x$

B　**解析**：由公式 $v_t^2-v_0^2=2ax$，得 $\frac{x'}{x}=\frac{15^2-10^2}{10^2-5^2}=\frac{5}{3}$，所以选项 B 正确。

任务型课堂

任务一　速度与位移关系式 $v_t^2-v_0^2=2ax$ 的理解及应用

[探究活动]

我国多地出现的大雾天气，给行车安全带来了很大的隐患，某地大雾天气中高速公路上的能见度只有 72 m，要保证道路前方突发紧急情况下汽车的安全，汽车行驶的速度不能太大。已知汽车刹车时的加速度大小为 5 m/s²。

(1)为安全起见，出现大雾天气时，汽车行驶的速度不能超过多大？(结果可以带根号)

(2)若某驾驶员从感知前方突发紧急情况到汽车开始制动的反应时间为 0.6 s，则汽车行驶的速度不能超过多大？

提示：(1)汽车刹车的加速度 $a=-5\ \text{m/s}^2$，要在 $x=72\ \text{m}$ 内停下，设汽车行驶的速度不超过 v_1，由运动学公式有

$0-v_1^2=2ax$，

代入题中数据可得 $v_1=12\sqrt{5}\ \text{m/s}$。

(2)设汽车行驶的速度不超过 v_2，在驾驶员的反应时间 t_0 内汽车做匀速运动的位移为 x_1，则 $x_1=v_2t_0$，

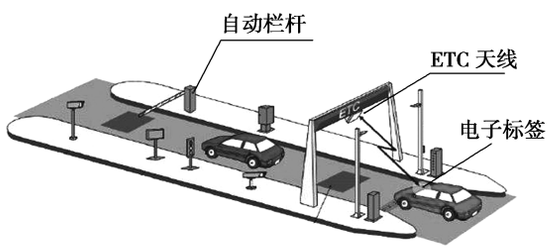
刹车减速位移 $x_2=-\frac{v_2^2}{2a}$，

$x=x_1+x_2$，

联立各式代入数据可得 $v_2=24\ \text{m/s}$。

[评价活动]

1.高速公路的 ETC 电子收费系统如图所示，ETC 通道的长度是识别区起点到自动栏杆的水平距离。某人驾驶汽车以 6 m/s 的速度匀速进入识别区，ETC 天线用了 0.3 s 的时间识别车载电子标签，识别完成后发出“滴”的一声，司机发现自动栏杆没有抬起，于是采取制动刹车，汽车刚好紧贴栏杆停下。已知该司机的反应时间为 0.7 s，刹车的加速度大小为 5 m/s²，则该 ETC 通道的长度为　(　　)



A. 3.6 m　　B. 5.4 m

C. 6.0 m　　D. 9.6 m

D　**解析**：通过分析可知，汽车在运动过程中先做匀速直线运动，再做匀减速直线运动。根据运动学的规律，列式可得 $x=v_0t+\frac{v_t^2-v_0^2}{2a}=6\ \text{m/s}\times(0.7\ \text{s}+0.3\ \text{s})+\frac{0-(6\ \text{m/s})^2}{2\times(-5\ \text{m/s}^2)}=9.6\ \text{m}$，故 D 正确。

2.在一次交通事故中，交警测量出肇事车辆的刹车痕迹是 30 m，该车辆的刹车加速度大小是 15 m/s²，该路段限速为 60 km/h，则该车　(　　)

A. 超速

B. 不超速

C. 是否超速无法判断

D. 行驶速度刚好是 60 km/h

A　**解析**：该车辆的末速度为零，由 $v_t^2-v_0^2=2ax$，可计算出初速度 $v_0=\sqrt{-2ax}=\sqrt{-2\times(-15\ \text{m/s}^2)\times30\ \text{m}}=30\ \text{m/s}=108\ \text{km/h}>60\ \text{km/h}$，该车严重超速，选项 A 正确。

3.一辆列车匀加速行驶过桥，列车长为 l，铁路桥长为 $2l$，车头过桥头时的速度为 v_1，车头过桥尾时的速度为 v_2，则车尾过桥尾时速度为　(　　)

A. $3v_2-v_1$　　B. $3v_2+v_1$

C. $\sqrt{\frac{3v_2^2-v_1^2}{2}}$　　D. $\frac{3v_2^2-v_1^2}{2}$

C　**解析**：由 $v_t^2-v_0^2=2ax$，得 $v_2^2-v_1^2=2a\cdot 2l$，$v_3^2-v_1^2=2a\cdot 3l$，联立解得 $v_3=\sqrt{\dfrac{3v_2^2-v_1^2}{2}}$，选项 C 正确，A、B、D 错误。

4. 汽车在路上出现故障时，应在车后放置三角警示牌（如图所示），以提醒后面司机减速安全通过。在夜间，有一货车因故障停在平直公路上，后面有一小轿车以 30 m/s 的速度向前驶来，由于夜间视线不好，小轿车驾驶员只能看清前方 50 m 内的物体，并且他的反应时间为 0.6 s，制动后最大加速度为 5 m/s²。

(1)求小轿车从刹车到停止滑行的距离；

(2)三角警示牌至少要放在车后多远处，才能有效避免两车相撞？



解析：(1)设小轿车从刹车到停止的位移为 x_2，则 $x_2=\dfrac{0-v_0^2}{2a}=\dfrac{0-30^2}{2\times(-5)}$ m=90 m。

(2)小轿车在反应时间内做匀速运动，位移为 $x_1=v_0t_0=30\times0.6$ m=18 m，

小轿车从驾驶员发现情况到停止过程中，总位移为 $x=x_1+x_2=18$ m+90 m=108 m，

由于小轿车驾驶员只能看清前方 50 m 的物体，所以三角警示牌到货车的最小距离 $\Delta x=x-d=58$ m。

答案：(1)90 m　(2)58 m

任务总结

1.运动学问题的一般求解思路

(1)弄清题意：建立一幅物体运动的图景，尽可能地画出草图，并在图中标明特殊位置和物理量。

(2)弄清研究对象：明确哪些是已知量，哪些是未知量，根据公式特点选用恰当的公式。

(3)列方程、求解：必要时要检查计算结果是否与实际情况相符。

2.解题时巧选公式的基本方法

前提条件	优先选用的规律
题目中无位移 x，也不需要求位移	速度公式 $v_t=v_0+at$
题目中无末速度 v_t，也不需要求末速度	位移公式 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$
题中无运动时间 t，也不需要求运动时间	导出公式 $v_t^2-v_0^2=2ax$
题目中没有加速度 a，也不涉及加速度的问题	平均速度公式 $\overline{v}=\dfrac{x}{t}=v_{\frac{t}{2}}=\dfrac{v_0+v_t}{2}$

任务二　中间位置的瞬时速度公式

[探究活动]

试证明匀变速直线运动某段位移中间位置的瞬时速度 $v_{\frac{x}{2}}$ 与初速度 v_0、末速度 v_t 之间满足关系式 $v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\dfrac{v_0^2+v_t^2}{2}}$。

提示：由 $v_{\frac{x}{2}}^2-v_0^2=2a\cdot\dfrac{x}{2}$，$v_t^2-v_{\frac{x}{2}}^2=2a\cdot\dfrac{x}{2}$，联立可得 $v_{\frac{x}{2}}^2-v_0^2=v_t^2-v_{\frac{x}{2}}^2$，即 $v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\dfrac{v_0^2+v_t^2}{2}}$。

[评价活动]

1. 一辆做匀加速直线运动的列车，车头经过某路标时的速度为 v_1，车尾经过该路标时的速度为 v_2，则列车在其中点经过该路标时，速度是　(　　)

A. $\dfrac{v_1+v_2}{2}$　　B. $\sqrt{v_1v_2}$

C. $\sqrt{\dfrac{v_1^2+v_2^2}{2}}$　　D. $\dfrac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$

C　**解析**：设列车的长度为 $2x$，以列车为参考系，则路标相对于列车做匀加速直线运动；路标从车头到车身中点时有 $v^2-v_1^2=2ax$，从车身中点到列车尾部时有 $v_2^2-v^2=2ax$，联立解得 $v=\sqrt{\dfrac{v_1^2+v_2^2}{2}}$，故选 C。

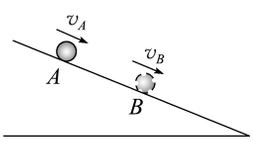
2.(2026·贵州卷)某同学乘坐列车时，在自己的座位上利用车厢内信息屏和手机秒表估算隧道长度。该同学进隧道时列车的速度为 60 m/s，出隧道时列车的速度为 50 m/s，总用时 200 s。若列车在隧道中做匀减速直线运动，则该隧道长为　(　　)

A. 5 000 m　　B. 8 000 m

C. 11 000 m　　D. 14 000 m

C　**解析**：已知列车进隧道的初速度 $v_0=60$ m/s，出隧道的末速度 $v=50$ m/s，运动总时间 $t=200$ s，全程做匀减速直线运动，全程平均速度 $\overline{v}=\dfrac{v_0+v}{2}=\dfrac{60+50}{2}$ m/s=55 m/s，隧道长等于列车位移，则有 $x=\overline{v}\cdot t=55\times200$ m=11 000 m，故选 C。

3. 一小球沿斜面向下做匀加速直线运动，先后经过斜面上的 A、B 两点，其速度大小分别为 $v_A=2$ m/s 和 $v_B=14$ m/s，经历时间为 2 s。下列说法正确的是　(　　)



A. 从 A 到 B 的加速度大小为 7 m/s²

B. 经过 A、B 中点时的速度大小为 8 m/s

C. A、B 两点之间的距离为 16 m

D. 从 A 到 B 中间时刻的速度大小为 12 m/s

C　**解析**：小球从 A 到 B 的加速度大小为 $a=\frac{v_B-v_A}{t}=6\ \mathrm{m/s^2}$，选项 A 错误；经过 A、B 中点时的速度大小为 $v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_A^2+v_B^2}{2}}=10\ \mathrm{m/s}$，选项 B 错误；$A$、$B$ 两点之间的距离为 $x=\frac{v_B+v_A}{2}t=\frac{14+2}{2}\times 2\ \mathrm{m}=16\ \mathrm{m}$，选项 C 正确；$A$、$B$ 中间时刻的瞬时速度大小为 $v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_A+v_B}{2}=8\ \mathrm{m/s}$，选项 D 错误。

4. 做匀加速直线运动的物体，先后经过 A、B 两点时，其速度分别为 v 和 $7v$，经历时间为 t，则物体 (　　)

A. 经 A、B 中点时速度为 $5v$

B. 经 A、B 中点时速度为 $4v$

C. 从 A 到 B 所需时间的中间时刻（即 $\frac{1}{2}t$）对应的速度为 $5v$

D. 该过程的平均速度为 $5v$

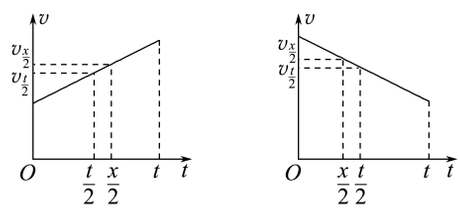
A　**解析**：设物体经过 A、B 间中点处的速度为 $v_{\frac{x}{2}}$，则 $v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}=\sqrt{\frac{v^2+(7v)^2}{2}}=5v$，故 A 正确，B 错误；物体做匀加速直线运动，先后经过 A、B 两点时的速度分别为 v 和 $7v$，故该过程的平均速度为 $\overline{v}=\frac{v+7v}{2}=4v$，而平均速度等于中间时刻的速度，故物体经过 AB 段的中间时刻对应的速度为 $4v$，故 C、D 错误。

任务总结

1. 匀变速直线运动某段位移中间位置的瞬时速度 $v_{\frac{x}{2}}$ 与初速度 v_0、末速度 v_t 之间满足关系式：$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$。

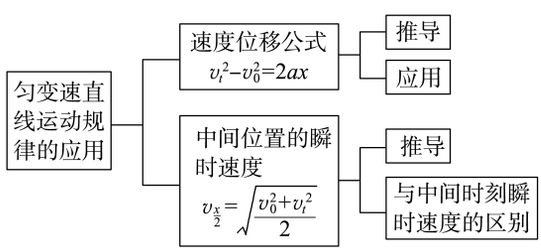
2. 匀变速直线运动某段位移中间时刻的瞬时速度与初速度 v_0、末速度 v_t 之间满足关系式：$v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$，$v_{\frac{t}{2}}=\overline{v}=\frac{x}{t}$。

3. 不论物体做匀加速直线运动还是做匀减速直线运动，总有 $v_{\frac{x}{2}}>v_{\frac{t}{2}}$，证明如下：



甲　　乙

提质归纳



课后素养评价（九）

基础性·能力运用

知识点 1　速度与位移关系式

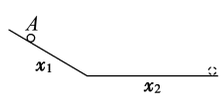
1. 做匀加速直线运动的物体，速度从 v 增加到 $3v$ 时经过的位移是 x，则它的速度从 $3v$ 增加到 $5v$ 时经过的位移是 (　　)

A. $\frac{3}{2}x$　　B. $\frac{5}{2}x$

C. x　　D. $2x$

D　**解析**：根据速度与位移的关系式得 $(3v)^2-v^2=2ax$，$(5v)^2-(3v)^2=2ax'$，联立两式解得 $x'=2x$，故选 D。

2. 如图所示，物体 A 在斜面上由静止匀加速下滑 x_1 后，又匀减速地在水平面上滑过 x_2 后停下，测得 $x_2=2x_1$，则物体在斜面上的加速度 a_1 与在水平面上的加速度 a_2 的大小关系为 (　　)



A. $a_1=a_2$　　B. $a_1=2a_2$

C. $a_1=\frac{1}{2}a_2$　　D. $a_1=4a_2$

B　**解析**：物体在斜面上的初速度为零，设末速度为 v，则有 $v^2-0=2a_1x_1$，同理，在水平面上有 $0-v^2=-2a_2x_2$，所以 $a_1x_1=a_2x_2$，故 $a_1=2a_2$。

3. 滑块以某一初速度从斜面底端冲上斜面并做匀减速直线运动，到达斜面顶端时的速度为零。已知滑块通过斜面中点时的速度为 v，则滑块的初速度为 (　　)

A. $\frac{\sqrt{2}+1}{2}v$　　B. $(\sqrt{2}+1)v$

C. $\sqrt{2}v$　　D. $\frac{1}{2}v$

C　**解析**：设斜面的长度为 $2x$，由 $v^2-v_0^2=2ax$ 运用 $0-v^2=2ax$、$v^2-v_0{}^2=2ax$，解得初速度为$\sqrt{2}v$。

知识点 2　匀变速直线运动的推论

4.物体从斜面顶端由静止开始下滑，经过斜面中点时速度为 2 m/s，则物体到达斜面底端时速度为（　　）

A. 3 m/s　　B. 4 m/s

C. 6 m/s　　D. $2\sqrt{2}$ m/s

D　**解析**：由 $v_{中}=\sqrt{\frac{v^2+v_0^2}{2}}$ 得 $v=2\sqrt{2}$ m/s。

5.（多选）一物体从斜面顶端由静止开始匀加速下滑，到达斜面中点用时 1 s，速度为 2 m/s，则下列说法正确的是（　　）

A. 斜面长度为 1 m

B. 斜面长度为 2 m

C. 物体在斜面上运动的总时间为 $\sqrt{2}$ s

D. 物体到达斜面底端时的速度为 4 m/s

BC　**解析**：物体由静止运动到斜面中点的平均速度 $\bar{v}=\frac{v_{中}}{2}=1$ m/s，$\frac{L}{2}=\bar{v}t_1=1$ m，$L=2$ m，故 A 错误，B 正确；由 $t_1:t_2=1:(\sqrt{2}-1)$ 得 $t_2=(\sqrt{2}-1)s$，$t=t_1+t_2=\sqrt{2}$ s，故 C 正确；由 $v=at$ 知，$v_{底}=2\sqrt{2}$ m/s，故 D 错误。

综合性·创新提升

6.（多选）一观察者站在列车第一节车厢前端外面，当列车从静止开始做匀加速运动时（设每节车厢的长度相同，车厢间间隙可以不计）（　　）

A. 每节车厢末端经过观察者时的速度之比是 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$

B. 每节车厢末端经过观察者时的速度之比是 $1:2:3:\cdots:n$

C. 在相等时间内经过观察者时的车厢数之比是 $1:3:5:\cdots:(2n-1)$

D. 在相等时间内经过观察者的车厢数之比是 $1:2:3:\cdots:n$

AC　**解析**：设每节车厢长为 l，由 $v^2=2ax$ 得第一节车厢末端经过观察者时有 $v_1=\sqrt{2al}$，同理，第二节车厢末端经过观察者时有 $v_2=\sqrt{2a\cdot 2l}$……第 n 节车厢末端经过观察者时有 $v_n=\sqrt{2a\cdot nl}$，所以有 $v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$，选项 A 正确；根据初速度为零的匀加速直线运动推论可知，连续相等时间间隔 T 内，物体的位移之比为 $1:3:5:\cdots:(2n-1)$，可知相等时间内经过观察者的车厢数之比是 $1:3:5:\cdots:(2n-1)$，选项 C 正确。

7.（多选）动车把动力装置分散安装在每节车厢上，使其既具有牵引动力，又可以载客，而动车组就是几节自带动力的车厢加几节不带动力的车厢编成一组。若动车组在匀加速运动过程中，从某时刻计时开始，通过第一个 60 m 所用时间是 10 s，通过第二个 60 m 所用时间是 6 s，则（　　）

A. 动车组的加速度为 0.5 m/s^2，接下来的 6 s 内的位移为 78 m

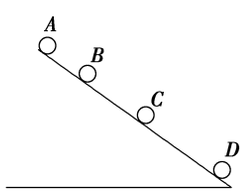
B. 动车组的加速度为 1 m/s^2，接下来的6 s 内的位移为 96 m

C. 动车组计时开始的速度为 3.5 m/s

D. 动车组计时开始的速度为 2.5 m/s

AC　**解析**：第一个 60 m 内中间时刻的瞬时速度 $v_1=\frac{x_1}{t_1}=6$ m/s，第二个 60 m 内中间时刻的瞬时速度 $v_2=\frac{x_2}{t_2}=10$ m/s，则动车组的加速度 $a=\frac{v_2-v_1}{\frac{t_1+t_2}{2}}=0.5$ m/s^2，根据 $\Delta x=aT^2$ 可知，接下来 6 s 内的位移 $x_3=x_2+aT^2=60$ m$+0.5\times 36$ m$=78$ m，故 A 正确，B 错误；动车组的初速度 $v_0=v_1-a\cdot\frac{t_1}{2}=6$ m/s$-0.5\times\frac{10}{2}$ m/s$=3.5$ m/s，故 C 正确，D 错误。

8.（多选）如图所示，从斜面上某一位置先后由静止释放四个小球，相邻两小球释放的时间间隔为 0.1 s，某时刻拍下的照片记录了各小球的位置。测出 $x_{AB}=5$ cm，$x_{BC}=10$ cm，$x_{CD}=15$ cm，则（　　）



A. 照片上小球 A 所处的位置，不是每个小球的释放点

B. C 点小球的速度大小是 B、D 点小球速度大小之和的一半

C. B 点小球的速度大小为 1.5 m/s

D. 所有小球的加速度大小为 5 m/s^2

ABD　**解析**：根据 $\Delta x=aT^2$，得小球的加速度大小为 $a=\frac{\Delta x}{T^2}=\frac{0.05\text{ m}}{(0.1\text{ s})^2}=5$ m/s^2，B 点的速度等于 AC

段的平均速度，则 $v_B=\overline{v}_{AC}=\frac{x_{AC}}{2T}=\frac{0.05\ \text{m}+0.10\ \text{m}}{0.2\ \text{s}}=0.75\ \text{m/s}$，$A$ 点小球的速度大小为 $v_A=v_B-aT=0.75\ \text{m/s}-5\ \text{m/s}^2\times0.1\ \text{s}=0.25\ \text{m/s}\neq0$，可知小球不是从 A 点释放的，故 A、D 正确，C 错误；C 点是 BD 段的中间时刻，根据平均速度的推论知，C 点小球的速度大小等于 B、D 点小球速度大小之和的一半，故 B 正确。

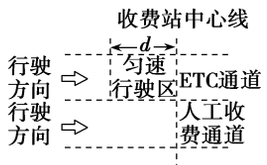
9.(2025·安徽卷)一汽车由静止开始沿直线从甲站开往乙站，先做加速度大小为 a 的匀加速运动，位移大小为 x，接着在 t 时间内做匀速运动，最后做加速度大小也为 a 的匀减速运动，到达乙站时速度恰好为 0。已知甲、乙两站之间的距离为 $8x$，则（　　）

A. $x=\frac{1}{18}at^2$　　B. $x=\frac{1}{16}at^2$

C. $x=\frac{1}{8}at^2$　　D. $x=\frac{1}{2}at^2$

A　**解析**：设汽车从静止开始做匀加速直线运动的时间为 t'，匀速运动的速度为 v，在匀加速直线运动阶段，由位移公式 $x=\frac{v}{2}t'$，根据逆向思维方法，位移关系满足 $8x-x-x=vt$，即 $6x=vt$，联立解得 $t'=\frac{t}{3}$，再根据匀变速直线运动的位移公式 $x=\frac{1}{2}at'^2$，解得 $x=\frac{1}{18}at^2$，故 B、C、D 错误，A 正确。

10.ETC 是高速公路出、入口处不停车电子收费系统的简称，汽车分别通过 ETC 通道和人工收费通道的流程如图所示。假设汽车以 $v_1=12\ \text{m/s}$ 的速度朝收费站沿直线行驶，如果通过 ETC 通道，需要在距收费站中心线前 $d=10\ \text{m}$ 处正好匀减速至 $v_2=4\ \text{m/s}$，然后匀速通过中心线后，再匀加速至 v_1 正常行驶；如果通过人工收费通道，需要恰好在中心线处匀减速至零，经过 $t_0=20\ \text{s}$ 缴费成功后，再启动汽车匀加速至 v_1 正常行驶。设汽车加速和减速过程中的加速度大小均为 $1\ \text{m/s}^2$。



(1)汽车通过 ETC 通道时，从开始减速到恢复正常行驶过程中的位移大小是多少？

(2)汽车通过人工收费通道，应在离收费站中心线多远处开始减速？

(3)汽车通过 ETC 通道比通过人工收费通道节约的时间是多少？

解析：(1)汽车通过 ETC 通道时，减速的位移和加速的位移相等，有

$$x_1=\frac{v_1^2-v_2^2}{2a}=64\ \text{m},$$

故总的位移 $x_{总1}=2x_1+d=138\ \text{m}$。

(2)汽车通过人工收费通道的过程中，开始减速时与中心线的距离为

$$x_2=\frac{v_1^2}{2a}=72\ \text{m}。$$

(3)汽车通过 ETC 通道的时间

$$t_1=\frac{v_1-v_2}{a}\cdot2+\frac{d}{v_2}=18.5\ \text{s},$$

通过人工收费通道的时间

$$t_2=\frac{v_1}{a}\cdot2+t_0=44\ \text{s},$$

$$x_{总2}=2x_2=144\ \text{m},$$

二者的位移差 $\Delta x=x_{总2}-x_{总1}=6\ \text{m}$

在这段位移内，通过 ETC 通道的汽车以正常行驶速度做匀速直线运动，则

$$\Delta t=t_2-\left(t_1+\frac{\Delta x}{v_1}\right)=25\ \text{s}。$$

答案：(1)138 m　(2)72 m　(3)25 s

5　自由落体运动

学习任务目标

1.掌握自由落体运动的概念。(物理观念)

2.能在问题情境中根据自由落体运动的规律进行相关的分析与计算。(科学思维)

3.通过实验测定自由落体运动的加速度，掌握其大小、方向及影响因素。(科学探究)

4.了解伽利略研究自由落体运动的实验和推理方法，认识其对物体运动的研究在科学发展和人类进步上的重大意义。(科学态度与责任)

问题式预习

知识点一　自由落体运动的特点

1.自由落体运动：物体只在重力作用下由静止开始下落的运动。

2.自由落体运动的条件：初速度 $v_0=0$，仅受重力。

3.实际落体运动的处理

(1)通常情况下由于受空气阻力的影响，物体的下落运动不是自由落体运动。

(2)当空气阻力的影响可以忽略时，物体的下落运动可视为自由落体运动。

[科学思维]

忽略次要因素

物体下落可看作自由落体运动的条件：在实际中物体下落时由于受空气阻力的作用，物体并不是做自由落体运动，只有当空气阻力的影响很小而可以忽略，且下落高度不是很大的情况下，此时可以近似地看作自由落体运动。

[判一判]

(1)竖直下落的运动就是自由落体运动。（ × ）

(2)物体只在重力作用下的运动是自由落体运动。（ × ）

(3)雨滴从高空下落的运动是自由落体运动。（ × ）

(4)从屋檐上滴下的水滴的运动可视为自由落体运动。（ √ ）

知识点二　伽利略对落体运动规律的研究

1.问题提出

不仅要推翻亚里士多德的观点，更重要的是要找出落体运动具体遵循的规律。

2.提出猜想

伽利略提出了一个大胆的猜想：物体下落的过程是一个速度随时间均匀增大的过程，其速度与时间成正比，即 $v\propto t$。在此基础上通过构造几何图形进行推理，伽利略得出自由落体运动应满足 $x\propto t^2$ 的推论。

3.实验验证

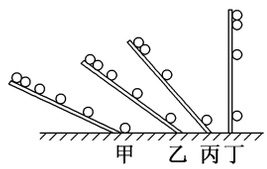
伽利略让铜球在近似光滑的斜槽上从不同位置由静止滚下，测出小球从不同起点滚动的位移 x 和所用的时间 t。验证了运动距离与时间平方成正比，证实了从斜面上滚下的小球速度与时间成正比的猜想。

4.合理外推

将斜面倾角增大到 $\theta=90°$ 的情况——小球自由下落，小球仍会做匀加速运动，从而得到了自由落体运动的规律。

[做一做]

(多选)如图所示的实验大致地表示了伽利略探究自由落体运动的实验和思维过程，对于此过程的分析，以下说法正确的是（　　）



A. 其中甲是实验现象，丁是经过合理的外推得出的结论

B. 其中丁是实验现象，甲是经过合理的外推得出的结论

C. 运用甲的实验，可“冲淡”重力的作用，使实验现象更明显

D. 运用丁的实验，可“放大”重力的作用，使实验现象更明显

AC　**解析**：伽利略探究落体运动时，让小球从斜面上滚下，此时可以“冲淡”重力的作用，使实验现象更明显，然后合理外推到斜面竖直的状态，故 A、C 正确，B、D 错误。

知识点三　自由落体运动的规律　自由落体加速度

1.自由落体运动的规律：初速度等于零，加速度 a 恒定的匀加速直线运动。

2.自由落体加速度

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

(2)方向：竖直向下。

(3)大小

①在地球上的同一地点：一切物体自由下落的加速度都相同。

②在地球上不同的地点，g 的大小一般是不同的，g 值随纬度的增大而逐渐增大。

③一般取值：$g=9.8\ \text{m/s}^2$ 或 $g=10\ \text{m/s}^2$。

[做一做]

一个物体从 20 m 高处开始做自由落体运动，取 $g=10\ \text{m/s}^2$。求：

(1)物体的下落时间；

(2)物体着地时的速度大小。

解析：(1)由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times 20\ \text{m}}{10\ \text{m/s}^2}}=2\ \text{s}。$$

(2)$v=gt=10\ \text{m/s}^2\times 2\ \text{s}=20\ \text{m/s}$。

答案：(1)2 s　(2)20 m/s

任务型课堂

任务一　对自由落体运动的理解

1.关于自由落体运动，下列说法正确的是　　（　　）

A. 物体由静止开始下落的运动就是自由落体运动

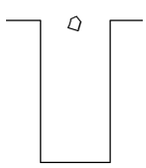
B. 如果空气阻力比重力小得多，空气阻力可以忽略不计，这时物体由静止开始下落的运动是自由落体运动

C. 一个棉花团由静止开始下落的运动是自由落体运动

D. 雨滴经过窗子的这段运动可以看成是自由落体运动

B　**解析**：自由落体运动是物体由静止开始、只在重力作用下的运动，A选项中没有明确物体只受重力作用，A错误；如果空气阻力可以忽略不计，由静止下落的物体的运动可以看成自由落体运动，B正确；棉花不能忽略空气阻力，C错误；D选项中雨滴经过窗子的这段运动的初速度不为零，因而不是自由落体运动，D错误。

2.如图所示，有一个足够深的竖直深井，井口到水面的高度为 h。小明同学将小石子1从井口由静止释放，经过时间 t_1 听到小石子落水的声音。他又将小石子2从井口同一位置由静止释放，经过时间 t_2 听到小石子落水的声音。已知小石子2的质量是小石子1质量的2倍，重力加速度为 g，下落过程中小石子均与井壁无碰撞，忽略空气阻力。则（　　）



A. $t_1=t_2$　　B. $t_1>t_2$

C. $h=\frac{1}{2}gt_1^2$　　D. $h=\frac{1}{2}gt_2^2$

A　**解析**：小石子1和小石子2都做自由落体运动，下落的加速度均为重力加速度 g，与小石子的质量无关。自由落体运动的位移公式为 $h=\frac{1}{2}gt^2$，它们下落的高度相同，所以下落的时间相同，小石子落水后声音传播的时间也相等，所以 $t_1=t_2$，故A正确，B错误；井口到水面的高度 $h=\frac{1}{2}gt^2$，但是由于声音传播的时间未知，所以不能确定井口到水面的高度，故C、D错误。

3.（多选）关于自由落体运动，下列说法正确的是　　（　　）

A. 自由落体运动是竖直方向的匀加速直线运动

B. 连续相等时间内，竖直方向的位移只要满足 $x_1:x_2:x_3:\cdots x_n=1:4:9:\cdots:n^2$ 的运动就是自由落体运动

C. 自由落体运动在开始连续的三个2 s内的位移之比为1∶3∶5

D. 自由落体运动在开始连续的三个1 s末的速度之比为1∶3∶5

AC　**解析**：自由落体运动是初速度为零、加速度为 g 的竖直向下的匀加速直线运动，故A正确，B错误；自由落体运动服从初速度为零的匀加速运动的所有规律，但初速度为零的匀加速直线运动并不一定是自由落体运动，故C正确，D错误。

任务总结

自由落体运动的判断方法

(1)根据条件来判断：物体做自由落体运动的条件是物体的初速度为零且物体只受重力作用(或物体除受重力外还受其他力，但其他力远小于物体的重力，可以忽略)，两者缺一不可。

(2)根据题目中的一些暗示条件来判断：有些题目直接给出诸如“物体由静止开始自由下落”“忽略空气阻力”或“空气阻力远小于重力”等提示语时，可将物体的下落看成自由落体运动。

任务二　自由落体运动的规律

[探究活动]

(1)自由落体运动的实质是什么？

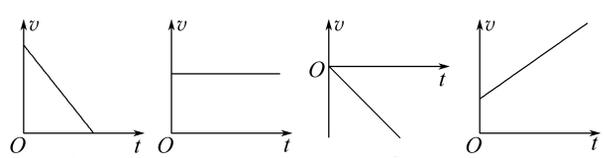
(2)自由落体运动的规律是什么？

提示：(1)是初速度为零、加速度为 g 的匀加速直线运动。

(2)匀变速直线运动的基本公式及推论都适用于自由落体运动。把初速度 $v_0=0$、加速度 $a=g$ 代入匀变速直线运动的基本公式，可得自由落体运动的规律 $v=gt$，$x=\frac{1}{2}gt^2$，$v^2=2gx$。

[评价活动]

1.一个物体做自由落体运动，速度-时间图像正确的是　　（　　）



A　　B　　C　　D

C　**解析**：自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动。题图A表示物体做初速度不为零的匀减速直线运动，A错误；题图B表示物体做匀速直线运动，B错误；题图C表示物体做初速度为零的匀加速直线运动，只不过是以竖直向上为正方向，C正确；题图D表示物体做的是初速度不为零的匀加速直线运动，D错误。

2.若在距离地面20 m高处由静止释放一颗小石子，不计空气阻力，重力加速度取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$，则下列

说法正确的是 （ ）

A. 小石子下落时间为 2 s

B. 小石子落地速度为 20 m/s

C. 小石子下落过程的速度变化量为 10 m/s

D. 小石子下落过程的速度变化率为 5 m/s^2

AB **解析**：根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$，下落时间为 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=2$ s，故 A 正确；落地速度为 $v=gt=20$ m/s，故 B 正确；下落过程的速度变化量为 $\Delta v=20$ m/s，故 C 错误；下落过程的加速度为 $g=10$ m/s^2，速度变化率为 10 m/s^2，故 D 错误。

3. 一物体做自由落体运动，落地时速度为30 m/s（取 $g=10$ m/s^2）。求：

(1)物体下落到地面所需时间；

(2)物体开始下落时的高度；

(3)物体在最后 1 s 内下落的高度。

解析：(1)由 $v=gt$，得 $t=\frac{v}{g}=\frac{30}{10}$ s$=3$ s。

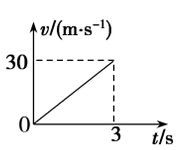
(2)方法一：根据 $v^2=2gx$，得物体开始下落时的高度为

$x_1=\frac{v^2}{2g}=\frac{(30\text{ m/s})^2}{2\times 10\text{ m/s}^2}=45$ m。

方法二：$x_1=\frac{0+v}{2}\cdot t=\frac{0+30\text{ m/s}}{2}\times 3$ s$=45$ m。

方法三：$x_1=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times 10\text{ m/s}^2\times(3\text{ s})^2=45$ m。

方法四：作出物体下落的 v-t 图像，如图所示，则 $x_1=\frac{1}{2}\times 3\times 30$ m$=45$ m。



(3)物体在前 2 s 内的位移为

$x_2=\frac{1}{2}gt_2^2=\frac{1}{2}\times 10\text{ m/s}^2\times(2\text{ s})^2=20$ m，

则物体在最后 1 s 内的位移

$x_3=x_1-x_2=45$ m-20 m$=25$ m。

答案：(1)3 s (2)45 m (3)25 m

任务总结

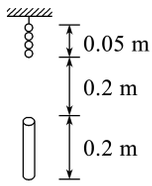
自由落体运动的求解方法

(1)基本公式法：$v=gt$，$h=\frac{1}{2}gt^2$，$v^2=2gh$。

(2)相同时间 T 内比例法：$h_{\text{Ⅰ}}:h_{\text{Ⅱ}}:h_{\text{Ⅲ}}:\cdots:h_N=1:3:5:\cdots:(2N-1)$。

任务三 匀变速直线运动规律在自由落体运动中的应用

1.（多选）如图所示，一长 $L=0.05$ m 的铁链用短绳悬挂在天花板上，铁链正下方 $h=0.2$ m 处竖直放置一长度也为 h、内径比铁链直径稍大的钢管。剪断轻绳，铁链由静止开始下落，不计空气阻力，取 $g=10$ m/s^2，则 （ ）



A. 铁链上端刚要进入钢管时的速度大小为$\sqrt{5}$ m/s

B. 铁链下端刚要穿出钢管时的速度大小为 $2\sqrt{2}$ m/s

C. 铁链通过钢管的时间为 0.3 s

D. 铁链通过钢管的时间为 0.1 s

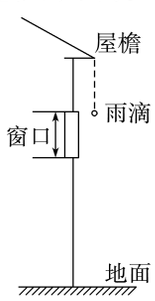
ABD **解析**：根据速度位移公式 $v^2=2gh$，可得铁链上端刚要进入钢管时的速度大小为 $v_1=\sqrt{2gh_1}=\sqrt{2\times 10\times 0.25}$ m/s$=\sqrt{5}$ m/s，故 A 正确；铁链下端刚要穿出钢管时的速度大小为 $v_2=\sqrt{2gh_2}=\sqrt{2\times 10\times 0.4}$ m/s$=2\sqrt{2}$ m/s，故 B 正确；根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$，可得铁链下端刚要进入钢管时运动的时间 $t_1=\sqrt{\frac{2\times 0.2}{10}}$ s$=0.2$ s，铁链上端刚要穿出钢管的运动时间为 $t_2=\sqrt{\frac{2\times(0.05+0.2+0.2)}{10}}$ s$=0.3$ s，则铁链通过钢管的时间为 $\Delta t=t_2-t_1=0.1$ s，故 C 错误，D 正确。

2. 如图所示，一滴雨滴从离地面 20 m 高的楼房屋檐处自由下落，下落途中用 $\Delta t=0.2$ s 的时间通过一个窗口，窗口的高度为 2 m，取$g=10$ m/s^2。求：

(1)雨滴落地的速度大小；

(2)雨滴落地前最后 1 s 内的位移大小；

(3)屋檐离窗的上边框的距离。



解析：(1)由 $h=\frac{gt^2}{2}$，得 $t=2$ s，

雨滴落地的速度大小 $v=gt=20$ m/s。

(2)雨滴在第 1 s 内的位移 $h_1=\frac{gt_1^2}{2}=5$ m，

雨滴落地前最后 1 s 内的位移大小 $h_2=h-h_1=$

15 m。

(3)设屋檐离窗的上边框的距离为 x_0，雨滴从屋檐运动到窗的上边框的时间为 t_0，则有

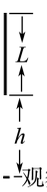
$x_0=\frac{gt_0^2}{2}$，$x_0+2\ \text{m}=\frac{g(t_0+\Delta t)^2}{2}$，

联立上述两式解得 $x_0=4.05$ m。

答案：(1)20 m/s　(2)15 m　(3)4.05 m

任务总结

铁链问题的处理方法

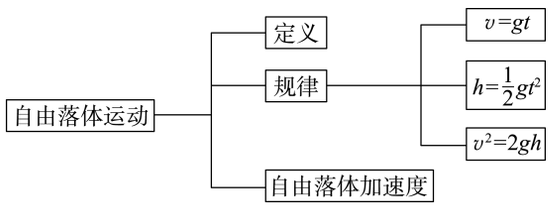


铁链下端下落到观察点的时间 $t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，

铁链上端下落到观察点的时间 $t_2=\sqrt{\frac{2(L+h)}{g}}$，

所以，整条铁链通过观察点的时间 $\Delta t=\sqrt{\frac{2(L+h)}{g}}-\sqrt{\frac{2h}{g}}$。

提质归纳



课后素养评价(十)

基础性·能力运用

知识点 1　对自由落体运动的理解

1.关于自由落体运动，下列说法正确的是　(　)

A. 不考虑空气阻力的运动是自由落体运动

B. 物体做自由落体运动时不受任何外力作用

C. 被运动员推出去的铅球的运动是自由落体运动

D. 自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动

D　**解析**：自由落体运动的特点是初速度为零，仅受重力，而不考虑空气阻力的运动不一定是自由落体运动，故 A、B 错误；被运动员推出去的铅球具有水平初速度，不满足自由落体运动的条件，C 错误；自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动，故 D 正确。

2.(多选)对于从苹果树上同一高度同时落下的苹果和树叶，下列说法正确的是　(　)

A. 苹果和树叶下落的运动都可以看成自由落体运动

B. 苹果下落的运动可以近似地看成自由落体运动，树叶下落的运动不能看成自由落体运动

C. 假如地球上没有空气，则苹果和树叶将同时落地

D. 苹果先落地是因为其重力加速度比树叶的大

BC　**解析**：从树上落下的苹果所受阻力相对重力很小，苹果下落的运动可看成自由落体运动，而从树上落下的树叶所受阻力相对重力较大，树叶下落的运动不能看成自由落体运动，A、D 错误，B 正确；假如地球上没有空气，则苹果和树叶都不受空气阻力，都做自由落体运动，下落快慢相同，同时落地，C 正确。

知识点 2　自由落体加速度的理解与测量

3.关于重力加速度的说法不正确的是　(　)

A. 重力加速度 g 是标量，只有大小没有方向，通常计算中 g 取 9.8 m/s²

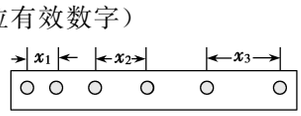
B. 在地面上不同的地方，g 的大小不同，但它们相差不是很大

C. 在地球上同一地点，一切物体在自由落体运动中落至同一高度时的加速度都相同

D. 在地球上同一地点，离地面高度越高，重力加速度 g 越小

A　**解析**：重力加速度是矢量，方向竖直向下，在地球的表面，不同的地方重力加速度 g 的大小略有不同，但都为 9.8 m/s² 左右。在地球表面同一地点，g 的值都相同，但随着高度的增大，g 的值逐渐减小，故 A 不正确。

4.一位同学在研究小球自由落体运动时，用频闪照相机连续记录下小球的位置如图所示(图片横放)。已知闪光周期为 $\frac{1}{30}$ s，测得 $x_1=7.68$ cm，$x_3=12.00$ cm，用上述数据通过计算可得小球运动的加速度为_____ m/s²，图中 x_2 为_____ cm。(结果均保留3 位有效数字)



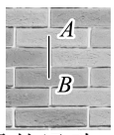
解析：由 $x_3-x_1=4aT^2$，得 $a=\frac{x_3-x_1}{4T^2}$，代入数据，解得 $a=9.72$ m/s²，由 $x_2-x_1=2aT^2$，解得 $x_2=$

9.84 cm。

答案:9.72　9.84

知识点 3　自由落体运动的规律

5.小明从某砖墙前的高处由静止释放一个石子,让其自由落下,石子下落至距离起始位置 3.2 m 时,拍摄到石子下落过程中的一张照片如图所示。由于石子的运动,它在照片上留下了一条模糊的径迹 AB。已知每层砖的平均厚度为 6.0 cm,重力加速度 g 取 10 m/s^2。由此估算照相机本次拍照的曝光时间约为 (　　)



A. 1.5 s　　B. 1.5×10^{-2} s

C. 7.5×10^{-1} s　　D. 7.5×10^{-3} s

B　**解析**:由 $v^2=2gh$,石子下落 3.2 m 的速度大小为 $v=8$ m/s,由题图可以看出,在曝光的时间内,石子下降了大约有两层砖的厚度,即 $h'=2\times6.0$ cm $=0.12$ m,在较短的曝光时间内,石子的下落可视为匀速直线运动,则照相机本次拍照的曝光时间约为 $t=\dfrac{h'}{v}=\dfrac{0.12}{8}$ s$=1.5\times10^{-2}$ s,故选 B。

6.假设一名航天员在某星球上完成自由落体运动实验,让一个质量为 1 kg 的小球从一定的高度自由下落,测得在第 5 s 内的位移是 18 m(未落地),则 (　　)

A. 小球在 2 s 末的速度是 20 m/s

B. 小球在第 5 s 内的平均速度是 3.6 m/s

C. 该星球上的重力加速度为 5 m/s^2

D. 小球在前 5 s 内的位移是 50 m

D　**解析**:小球在第 5 s 内的位移是 18 m,则第 5 s 内的平均速度 $v=18$ m/s,B 错误;第 5 s 内的平均速度等于 4.5 s 时刻的速度,故该星球上,航天员所在处的重力加速度 $g_0=\dfrac{18\text{ m/s}}{4.5\text{ s}}=4\text{ m/s}^2$,C 错误;小球在 2 s 末的速度 $v_2=g_0t_2=8$ m/s,A 错误;小球在前 5 s 内的位移 $h=\dfrac{1}{2}g_0t_5^2=50$ m,D 正确。

综合性·创新提升

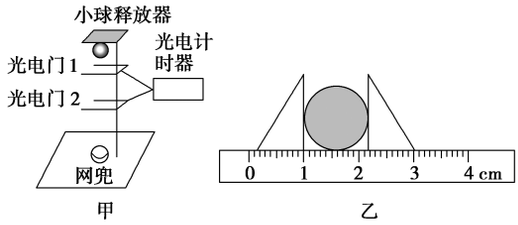
7.一物体从 H 高处自由下落,经时间 t 落地,则当它下落 $\dfrac{t}{2}$ 时,离地的高度为 (　　)

A. $\dfrac{H}{2}$　　B. $\dfrac{H}{4}$

C. $\dfrac{3H}{4}$　　D. $\dfrac{3H}{2}$

C　**解析**:由 $h=\dfrac{1}{2}gt^2$,得 $H=\dfrac{1}{2}gt^2$,当下落 $\dfrac{t}{2}$ 时,物体下落的高度 $h=\dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{t}{2}\right)^2=\dfrac{H}{4}$,此时物体离地高度为 $h'=H-h=\dfrac{3}{4}H$,故 C 正确。

8.某兴趣小组的同学利用自由落体运动测量当地的重力加速度,实验器材有:铁架台、由光电门 1 和光电门 2 组成的光电计时器、小球释放器(可使小球无初速度释放)、网兜、直尺、三角板。如图甲所示,实验时可用光电计时器测量小球从光电门 1 运动至光电门 2 的时间 t,并用刻度尺在竖直杆上测出两光电门间的距离 h。



(1)使用直尺测量小球的直径如图乙所示,则小球直径 d 为_____cm。

(2)保持光电门 1 的位置不变,改变光电门 2 的位置,小球经过光电门 1 时的速度为 v_0,测得小球从光电门 1 运动至光电门 2 的时间为 t,不考虑空气阻力,小球的加速度为重力加速度 g,则两光电门间的距离 $h=$_____(用 t、g、v_0 表示)。

(3)根据实验数据作出 $\dfrac{h}{t}$-t 图像,若图线斜率的绝对值为 k,根据图线可求出重力加速度大小为_____。

解析:(1)由直尺读数可知,小球的直径 $d=2.17$ cm-1.00 cm$=1.17$ cm。

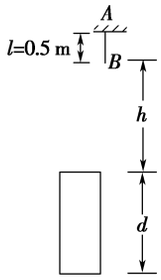
(2)由匀变速直线运动的位移时间公式,可得 $h=v_0t+\dfrac{1}{2}gt^2$。

(3)根据 $h=v_0t+\dfrac{1}{2}gt^2$,得 $\dfrac{h}{t}=v_0+\dfrac{1}{2}gt$,可知 $\dfrac{h}{t}$-t 图像的斜率 $k=\dfrac{1}{2}g$,则 $g=2k$。

答案:(1)1.17　(2)$v_0t+\dfrac{1}{2}gt^2$　(3)$2k$

9.如图所示,有一根长为 $l=0.5$ m 的木棍 AB,悬挂在某房顶上,它自由下落时经过一高为 $d=1.5$ m 的窗口,通过窗口所用的时间为 0.2 s。求木棍 B 端离窗口上沿的距离 h。(不计空气阻力,取 $g=$

10 m/s²)



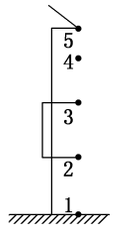
解析:设木棍 B 端下落到窗口上沿所用的时间为 t,则 A 端下落到窗口下沿所用的总时间为 $t+0.2\ \text{s}$,B 端下落到上沿有 $h=\frac{1}{2}gt^2$,A 端下落到下沿有 $h+d+l=\frac{1}{2}g(t+0.2\ \text{s})^2$,联立以上两式得 $t=0.9\ \text{s}$,$h=4.05\ \text{m}$。

答案:4.05 m

10. 屋檐每隔一定时间滴下一滴水,当第 5 滴水正欲滴下时,第 1 滴水刚好落到地面,而第 3 滴水与第 2 滴水分别位于高1 m 的窗子的上、下沿,如图所示。问:(取 $g=10\ \text{m/s}^2$)

(1)此屋檐离地面多高?

(2)滴水的时间间隔是多少?



解析:设屋檐离地面高为 h,滴水的时间间隔为 Δt。则

第 2 滴水的位移 $h_2=\frac{1}{2}g(3\Delta t)^2$,　①

第 3 滴水的位移 $h_3=\frac{1}{2}g(2\Delta t)^2$,　②

又由于 $h_2-h_3=1\ \text{m}$,　③

由①②③得 $\Delta t=0.2\ \text{s}$,

屋檐离地面高

$h=\frac{1}{2}g(4\Delta t)^2=\frac{1}{2}\times 10\ \text{m/s}^2\times(4\times 0.2\ \text{s})^2=3.2\ \text{m}$。

答案:(1)3.2 m　(2)0.2 s

单元活动构建

单元活动 2　高空坠物及利用运动规律解决汽车安全行驶等问题

「单元任务」

任务内容	
任务一	匀变速直线运动的基本规律和多过程运动的分析
任务二	追及相遇问题
任务三	位移差公式的理解及应用

「任务引导」

资料 1：城市高层建筑越来越多，高空坠物事件时有发生。《中华人民共和国民法典》第一千二百五十四条规定：禁止从建筑物中抛掷物品。从建筑物中抛掷物品或者从建筑物上坠落的物品造成他人损害的，由侵权人依法承担侵权责任。

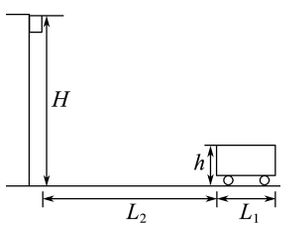
资料 2：《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》中有如下规定：

第八十条　机动车在高速公路上行驶，车速超过每小时 100 公里时，应当与同车道前车保持 100 米以上的距离，车速低于每小时 100 公里时，与同车道前车距离可以适当缩短，但最小距离不得少于 50 米。

第八十一条　机动车在高速公路上行驶，遇有雾、雨、雪、沙尘、冰雹等低能见度气象条件时，应当遵守下列规定：……（二）能见度小于 100 米时，开启雾灯、近光灯、示廓灯、前后位灯和危险报警闪光灯，车速不得超过每小时 40 公里，与同车道前车保持 50 米以上的距离……

任务一　匀变速直线运动的基本规律和多过程运动的分析

如图所示，某高楼距地面高 $H=82$ m 的阳台上的花盆因受扰动而掉落，掉落过程可看作自由落体运动（花盆可视为质点）。



活动 1　若阳台正下方停有一辆高 $h=2$ m 的汽车，试求花盆落到车顶时的速度大小。

提示：花盆从 82 m 高处落下，到达离地高 2 m 的车顶，根据位移公式可得

$$h=\frac{1}{2}gt^2=(82-2)\ \text{m}=80\ \text{m},$$

代入数据解得 $t=4$ s，

花盆落到车顶时的速度大小为 $v=gt=40$ m/s。

活动 2　现有一辆长 $L_1=8$ m、高 $h=2$ m 的货车，正以 $v_0=10$ m/s 的速度驶向阳台正下方的通道。花盆刚开始掉落时，货车车头距花盆的水平距离为 $L_2=38$ m，由于道路限制，汽车只能直行通过阳台正下方的通道，取 $g=10\ \text{m/s}^2$。若司机发现花盆开始掉落，司机的反应时间 $\Delta t=2$ s，则司机采取什么方式可以避险（货车加速、减速均可视为匀变速运动）？

提示：货车在司机的反应时间内通过的距离为

$\Delta x=v_0\Delta t=20$ m，

货车可以继续前进的时间为 $t_1=t-\Delta t=2$ s，

若货车司机反应后立即加速，整车恰好完全通过时的加速度大小为 a_1，则货车位移满足

$$L_1+L_2-\Delta x=v_0t_1+\frac{1}{2}a_1t_1^2,$$

解得 $a_1=3\ \text{m/s}^2$，

若货车司机反应后立即减速，车头恰好到达阳台正下方时的加速度大小为 a_2，则货车位移满足

$$L_2-\Delta x=v_0t_1-\frac{1}{2}a_2t_1^2,$$

解得 $a_2=1\ \text{m/s}^2$，

所以货车司机立即以 $a_1\geqslant 3\ \text{m/s}^2$ 加速或立即以 $a_2\geqslant 1\ \text{m/s}^2$ 减速均能避险。

任务二　追及相遇问题

活动 1　假设资料 2 中驾驶员的正常反应时间为 0.3～0.8 s，刹车时机动车的加速度一般为5.0～8.0 m/s^2。结合以上数据，请通过计算来说明车速为每小时 100 km 时，安全距离为 100 m 的理论依据。

提示：汽车速度 $v_0=100\ \text{km/h}\approx 27.8\ \text{m/s}$，

当驾驶员反应时间 $t_0=0.8$ s，刹车加速度 $a=5.0\ \text{m/s}^2$ 时，刹车距离最长，此时驾驶员反应时间内汽车做匀速直线运动，满足如下关系：

$x_1=v_0t=27.8\times 0.8$ m$=22.24$ m，

反应时间过后汽车开始做匀减速直线运动，满足如下关系：

$v^2-v_0^2=2ax_2$，

由于 $v=0$，代入数据解得 $x_2\approx 77.28$ m，

故驾驶员从反应刹车到停止运动的位移为

$x=x_1+x_2=99.52$ m，

故车速超过每小时 100 km 时容易发生追尾事故，应当与同车道前车保持 100 m 以上的距离。

活动 2　假设在直线公路上 A 车以 $v_A=30$ m/s 的速度匀速行驶，因大雾天气能见度低，当司机发现正前方有一辆同向匀速运动的 B 车时，两车距离仅有 $x_0=92$ m，此时 B 车的速度 $v_B=10$ m/s，A 车司机立即刹车（不计反应时间）做匀减速直线运动，加速度大小为2 m/s²（两车均视为质点），通过计算判断 A 能否撞上 B 车。若能，求 A 车从刹车开始到撞上 B 车的时间（假设 B 车一直匀速运动）。

提示：设两车速度相等，所需的时间为 t_0，则

$v_A-a_At_0=v_B$，

解得 $t_0=10$ s，

此时 A 车的位移 $x_A=v_At_0-\frac{1}{2}a_At_0^2=200$ m，

B 车的位移 $x_B=v_Bt_0=100$ m，

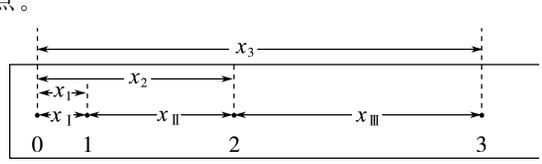
因为 $x_A>x_B+92$ m，故 A 车会撞上 B 车。设撞上 B 车的时间为 t_1，则有 $v_At_1-\frac{1}{2}a_At_1^2=92$ m$+v_Bt_1$，

解得 $t_1=(10+2\sqrt{2})$ s（舍去）或 $t_1=(10-2\sqrt{2})$ s，

故时间为 $t_1=(10-2\sqrt{2})$ s。

任务三　对位移差公式的理解及应用

活动 1　在测量小车的加速度的实验中，让小车由静止开始做匀加速直线运动，打点计时器的打点周期为 T，打出的纸带如图所示，0、1、2、3 是纸带上的前 4 个点。



设初速度为 v_0，则前 $1T$ 内、$2T$ 内、$3T$ 内……的位移分别为

$x_1=v_0T+\frac{1}{2}aT^2$

$x_2=v_0\cdot 2T+\frac{4}{2}aT^2$

$x_3=v_0\cdot 3T+\frac{9}{2}aT^2$

……

所以第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内……的位移分别为

$x_{\mathrm{Ⅰ}}=x_1=v_0T+\frac{1}{2}aT^2$

$x_{\mathrm{Ⅱ}}=x_2-x_1=v_0T+\frac{3}{2}aT^2$

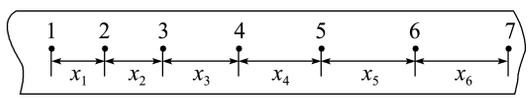
$x_{\mathrm{Ⅲ}}=x_3-x_2=v_0T+\frac{5}{2}aT^2$

……

则有 $x_{\mathrm{Ⅱ}}-x_{\mathrm{Ⅰ}}=aT^2$，$x_{\mathrm{Ⅲ}}-x_{\mathrm{Ⅱ}}=aT^2$……

所以 $\Delta x=x_{\mathrm{Ⅱ}}-x_{\mathrm{Ⅰ}}=x_{\mathrm{Ⅲ}}-x_{\mathrm{Ⅱ}}=\cdots=aT^2$。

活动 2　如图所示是某同学测量做直线运动的物体的瞬时速度时得到的一条纸带（实验中交流电源的频率为 50 Hz），依照打点的先后顺序取计数点 1、2、3、4、5、6、7，相邻两计数点间还有 4 个点未画出，测得 $x_1=1.42$ cm，$x_2=1.91$ cm，$x_3=2.40$ cm，$x_4=2.91$ cm，$x_5=3.43$ cm，$x_6=3.92$ cm。



(1)求打第 2 个计数点时纸带的速度大小。

(2)求小车的加速度大小。

提示：(1)打第 2 个计数点时纸带的速度大小为

$v_2=\frac{x_1+x_2}{2T}=\frac{(1.42+1.91)\times10^{-2}}{2\times0.1}$ m/s≈0.17 m/s。

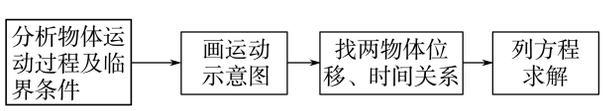
(2)根据 $\Delta x=aT^2$，得小车的加速度大小为

$a=\frac{x_4+x_5+x_6-x_1-x_2-x_3}{(3T)^2}\approx0.50$ m/s²。

「知识链接」

1.追及相遇问题的解题思路及技巧

(1)解题思路



(2)解题技巧

①紧抓“一图三式”，即过程示意图，时间关系式、速度关系式和位移关系式。

②审题应抓住题目中的关键字眼，充分挖掘题目中的隐含条件，如“刚好”“恰好”“最多”“至少”等，往往对应一个临界状态，满足相应的临界条件。

③若被追的物体做匀减速运动，一定要注意追上前该物体是否已经停止运动，最后要注意对结果进行讨论分析。

2.位移差公式的理解及应用

(1)位移差公式

做匀变速直线运动的物体，如果在各个连续相等的时间 T 内的位移分别为 $x_{\mathrm{Ⅰ}}$、$x_{\mathrm{Ⅱ}}$、$x_{\mathrm{Ⅲ}}$、…、x_N，则任意两个连续相等的时间间隔内的位移差都相等，即有 $\Delta x=x_{\mathrm{Ⅱ}}-x_{\mathrm{Ⅰ}}=x_{\mathrm{Ⅲ}}-x_{\mathrm{Ⅱ}}=\cdots=aT^2$。

(2)位移差公式的应用

①判断物体是否做匀变速直线运动

如果 $\Delta x=x_{\mathrm{Ⅱ}}-x_{\mathrm{Ⅰ}}=x_{\mathrm{Ⅲ}}-x_{\mathrm{Ⅱ}}=\cdots=x_N-x_{N-1}=$

aT^2 成立，说明物体做匀变速直线运动。

②求加速度：利用 $\Delta x=aT^2$，可求得 $a=\dfrac{\Delta x}{T^2}$。

若已知 6 段位移，则加速度

$$a=\frac{a_1+a_2+a_3}{3}$$

$$=\frac{(x_6+x_5+x_4)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}。$$

「活动达标」

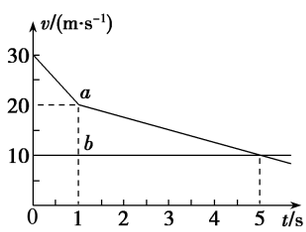
1. 做匀减速直线运动的物体经 4 s 后停止运动，若在第 1 s 内的位移是 14 m，则在最后1 s 内的位移是（　　）

A. 3.5 m　　B. 2 m

C. 1 m　　D. 0

B　**解析**：把物体的运动看成反向的初速度为零的匀加速直线运动，由推论知在连续相等时间内的位移之比为 1∶3∶5∶7。已知第 4 s 内的位移是 14 m，所以第 1 s 内的位移是 2 m，即在最后 1 s 内物体实际运动的位移是2 m，选项 B 正确。

2. 一辆小汽车以 30 m/s 的速度匀速行驶在高速公路上，突然发现正前方 30 m 处有一辆大卡车以 10 m/s 的速度同方向匀速行驶，小汽车紧急刹车，刹车过程中刹车失灵。如图所示，图线 a、b 分别为小汽车和大卡车的 v-t 图像（忽略刹车反应时间）。以下说法正确的是（　　）



A. 因刹车失灵前小汽车已减速，故不会发生追尾事故

B. 在 $t=3$ s 时发生追尾事故

C. 在 $t=5$ s 时发生追尾事故

D. 若紧急刹车时两车相距 40 m，则不会发生追尾事故，且两车最近时相距 10 m

B　**解析**：根据速度-时间图像与两坐标轴所围“面积”大小等于位移大小，由题图知，$t=3$ s 时大卡车的位移为 $x_b=v_bt=10\times3$ m$=30$ m，小汽车的位移为 $x_a=\dfrac{1}{2}\times(30+20)\times1$ m$+\dfrac{1}{2}\times(20+15)\times2$ m$=60$ m，则 $x_a-x_b=30$ m，所以在 $t=3$ s 时发生追尾事故，故 B 正确，A、C 错误；由 v-t 图像可知在 $t=5$ s 时两车速度相等，小汽车相对于大卡车的位移 $\Delta x=\dfrac{1}{2}\times(20+10)\times1$ m$+\dfrac{1}{2}\times10\times4$ m$=35$ m<40 m，则不会发生追尾事故且两车最近时相距 $\Delta s=x_0-\Delta x=5$ m，故 D 错误。

3.（多选）一个质点从 O 点由静止开始做匀加速直线运动，先后依次经过 A、B、C 三点。已知 $AB=20$ m，$BC=30$ m，且该质点经过 AB、BC 两段的时间都为 2 s。下列说法正确的是（　　）

A. 质点经过 A、B 两点的速度之比为 3∶5

B. 质点经过 A、B 两点的速度之比为 2∶3

C. O、A 两点之间的距离为 10 m

D. 质点的加速度大小为 2.5 m/s²

AD　**解析**：根据题意，由逐差法有 $\Delta x=at^2$，解得 $a=\dfrac{\Delta x}{t^2}=2.5$ m/s²，故 D 正确；匀变速直线运动全程的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，则质点经过 B 点的速度为 $v_B=\overline{v}_{AC}=\dfrac{20+30}{4}$ m/s$=12.5$ m/s，根据速度-时间公式，质点经过 A 点的速度为 $v_A=v_B-at=7.5$ m/s，所以质点经过 A、B 两点的速度之比为 3∶5，故 A 正确，B 错误；O、A 两点之间的距离为 $x_{OA}=\dfrac{v_A^2}{2a}=11.25$ m，故 C 错误。

4.（多选）高铁已经成为我国重要的交通运输工具。某同学在乘坐高铁时，为研究自身所乘列车的运动情况，采用每隔相同时间 T，记录列车外面的输电线杆个数的方式来进行研究。假设列车做匀变速直线运动，相邻两输电线杆间的距离都为 d。若该同学从某输电线杆开始计时并记为“第 1 杆”，第一个 T 时恰好记录“第 3 杆”，第二个 T 时恰好记录“第 6 杆”，第三个 T 时恰好记录“第 10 杆”，则根据他记录的信息，下列判断正确的是（　　）

A. 开始记录时列车速度为零

B. 第四个 T 时恰好记录“第 15 杆”

C. 列车运动的加速度为 $\dfrac{d}{T^2}$

D. 在第二个 T 时，列车的速度为 $\dfrac{5d}{2T}$

BC　**解析**：根据初速度为零的匀加速直线运动位移公式 $x=\dfrac{1}{2}at^2$ 可知，从开始运动后，相邻相等时间内的位移之比为 1∶3∶5∶…∶$(2n-1)$，而由题意可知列车从开始记录起，前三个相邻 T 时间内的位移之比为 $(3-1)d$∶$(6-3)d$∶$(10-6)d=2$∶3∶4，所以开始记录时列车的速度不为零，故 A 错误；列车在相邻两个 T 时间内的位移之差均为 $\Delta x=d=aT^2$，解得列车运动的加速度大小为 $a=\dfrac{d}{T^2}$，且由前面分析可推知列车在第四个 T 时间内的位

移为 $5d$，则第四个 T 时恰好记录“第 15 杆”，故 B、C 正确；在第二个 T 时，列车的速度等于第一个 T 时和第三个 T 时之间的平均速度，即 $\overline{v}_{2T}=\frac{(10-3)d}{2T}=\frac{7d}{2T}$，故 D 错误。

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

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

回答下列问题：

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

_____。

(2)当 $x=507$ m 时，该飞行器速度的大小 $v=$_____m/s。

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

解析：(1)由题表中的数据知第 1 s 内的位移 507 m，第 2 s 内的位移 587 m，第 3 s 内的位移 665 m，第 4 s 内的位移 746 m，第 5 s 内的位移 824 m，第 6 s 内的位移 904 m，则相邻 1 s 内的位移之差近似为一定值，接近 $\Delta x=80$ m，可判断飞行器在这段时间内做匀加速运动。

(2)当 $x=507$ m 时飞行器的速度等于 0～2 s 的平均速度，则 $v_1=\overline{v}_1=\frac{1\,094}{2}$ m/s$=547$ m/s。

(3) $a=\frac{x_{36}-x_{03}}{9T^2}=\frac{4\,233-2\times1\,759}{9\times1^2}$ m/s^2 ≈79 m/s^2。

答案：(1)相邻 1 s 内的位移之差近似为一定值，接近 $\Delta x=80$ m　(2)547　(3)79

6. 一自行车以 6 m/s 的速度沿平直的公路做匀速运动，一汽车从静止开始与自行车同向做匀加速运动，加速度大小为 3 m/s^2。汽车开始运动时，自行车恰好与汽车车头相齐。

(1)汽车追上自行车之前经多长时间两者相距最远？最远距离是多少？

(2)汽车经过多长时间能追上自行车？此时汽车的速度大小是多少？

解析：(1)因汽车做匀加速运动，速度从零开始增加，但只要汽车的速度小于自行车的速度，两者的距离便不断增大，当两者速度相等时，距离最大。

设相距最远时的时间为 t_1，有 $t_1=\frac{v}{a}=\frac{6}{3}$ s$=2$ s，

由 $x=\frac{1}{2}at_1^2$，得 $x=\frac{1}{2}\times3\times2^2$ m$=6$ m，

自行车的位移 $x'=vt_1=6\times2$ m$=12$ m，

两者间的最大距离 $x_m=x'-x=6$ m。

(2)设汽车经过时间 t_2 追上自行车，此时两者位移相等，则 $\frac{1}{2}at_2^2=vt_2$，即 $\frac{1}{2}\times3\times t_2^2=6t_2$，

解得 $t_2=4$ s（另一解不合题意，舍去），

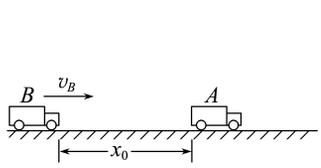
汽车的速度 $v_1=at_2=3\times4$ m/s$=12$ m/s。

答案：(1)2 s　6 m　(2)4 s　12 m/s

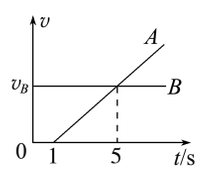
7. 如图甲所示，A 车原来临时停在一水平路面上，B 车在后面匀速向 A 车靠近，A 车司机发现后启动 A 车，以 A 车司机发现 B 车为计时起点（$t=0$），A、B 两车的 v-t 图像如图乙所示。已知 B 车在第 1 s 内与 A 车的距离缩短了 $x_1=12$ m。

(1)求 B 车运动的速度 v_B 和 A 车的加速度 a 的大小。

(2)若 A、B 两车不会相撞，则 A 车司机发现 B 车时（$t=0$）两车的距离 x_0 应满足什么条件？



甲



乙

解析：(1)在 $t_1=1$ s 时 A 车刚启动，两车缩短的距离 $x_1=v_Bt_1$，

代入数据解得 B 车的速度 $v_B=12$ m/s，

A 车的加速度 $a=\frac{v_B}{t_2-t_1}$，

代入数据解得 A 车的加速度大小 $a=3$ m/s^2。

(2)两车的速度相等时，两车的距离达到最小值，对应于 v-t 图像的 $t_2=5$ s 时刻，此时两车已发生的相对位移为图乙中梯形部分的面积，则

$x=\frac{1}{2}v_B(t_1+t_2)$，

解得 $x=36$ m，

因此，若 A、B 两车不会相撞，则两车的距离 x_0 应满足条件 $x_0>36$ m。

答案：(1)12 m/s　3 m/s^2　(2)$x_0>36$ m

8. 中国细犬（简称细犬）是中国古老的狩猎犬种，主要分布在山东省内。某次狩猎细犬发现正南方 $L=24$ m 处有一只野兔，野兔也发现细犬并立刻向正南方逃跑，同时细犬向正南方沿直线追击野兔。已知细犬的加速度为 $a_1=4$ m/s^2，最大速度为 $v_1=16$ m/s；野兔的加速度为 $a_2=8$ m/s^2，最大速度为

$v_2=8$ m/s。

(1)求细犬和野兔之间的最大距离。

(2)经过多长时间,细犬能捕获野兔?

(3)若野兔发现细犬后,向正东方逃跑,细犬迅速判断(不计判断时间)并沿某方向直线追击拦截野兔,将其捕获,求经过多长时间,细犬能捕获野兔。

解析:(1)野兔的最大速度为 $v_2=8$ m/s,

加速到最大速度的时间 $t_0=\frac{v_2}{a_2}=1$ s,

加速到最大速度的位移 $x_0=\frac{v_2^2}{2a_2}=4$ m,

当细犬的速度和野兔的速度相等时两者间的距离最大,则经过的时间 $t_1=\frac{v_2}{a_1}=2$ s,

此时细犬和野兔之间的最大距离

$x_m=L+x_0+v_2(t_1-t_0)-\frac{1}{2}a_1t_1^2=28$ m。

(2)细犬加速到最大速度的时间 $t_0'=\frac{v_1}{a_1}=4$ s,

加速到最大速度的位移 $x_0'=\frac{v_1^2}{2a_1}=32$ m,

假设细犬在加速阶段追上兔子,且经过的时间为 t,则

$\frac{1}{2}a_1t^2=L+x_0+v_2(t-t_0)$,

解得 $t=5.7$ s>4 s(另一值舍掉),假设错误,

若细犬将在匀速阶段追上兔子,则

$x_0'+v_1(t-t_0')=L+x_0+v_2(t-t_0)$,

解得 $t=6.5$ s。

(3)假设细犬能在匀速阶段追上兔子,则

$[x_0'+v_1(t'-t_0')]^2=L^2+[x_0+v_2(t'-t_0)]^2$,

解得 $t'=4.5$ s>4 s(另一值 $t'=0.5$ s 舍掉),

可知假设正确,则经过 4.5 s 细犬能捕获野兔。

答案:(1)28 m (2)6.5 s (3)4.5 s

章末质量评估(二) 匀变速直线运动的规律

(时间:75 分钟 分值:100 分)

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 4 分,共 28 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是最符合题目要求的。

1.在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中,下列措施有利于减小因纸带受到的摩擦而产生的误差的是 ( )

A. 改用 6 V 的直流电源

B. 电源电压越低越好

C. 用平整的纸带,不用有皱褶的纸带

D. 纸带不要穿过限位孔

C **解析**:打点计时器使用的是交流电源,使用直流电源不能工作,故 A 错误;电源电压偏低会使打出的点迹不够清晰,故 B 错误;用平整的纸带,不用有皱褶的纸带,皱褶的纸带和计时器间的摩擦阻力较大,故 C 正确;纸带不穿过限位孔,小车可能不做直线运动,故 D 错误。

2.关于匀变速直线运动及公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 中的加速度的方向和正负值,下列说法错误的是 ( )

A. 对匀加速直线运动,公式中 a 一定取正值

B. 匀加速直线运动中加速度方向一定和初速度方向相同

C. 匀加速直线运动中加速度也有可能取负值

D. 若规定初速度方向为正方向,则匀加速直线运动公式中 a 取正值

A **解析**:只有加速度方向与初速度方向相同时,物体才会做加速运动,所以选项 B 正确;若规定初速度方向为负方向,则减速运动时,加速度为正值,加速运动时,加速度为负值,所以选项 A 错误,选项 C、D 正确。

3.某物体由静止开始做匀加速直线运动,位移为 x 时,速度为 v;当速度为 $3v$ 时,位移为 ( )

A. $3x$ B. $6x$

C. $12x$ D. $9x$

D **解析**:由 $v^2-0=2ax$,得 $x=\frac{v^2}{2a}$。当速度为 $3v$ 时,$x'=\frac{(3v)^2}{2a}=9x$,故选项 D 正确。

4.某乘客用手表估测火车的加速度,他先观测 3 min,发现火车前进了 540 m;隔3 min 后又观测 1 min,发现火车前进了 360 m,火车的运动可看作匀加速直线运动,则这列火车加速度大小为 ( )

A. 0.6 m/s^2 B. 0.5 m/s^2

C. 0.03 m/s^2 D. 0.01 m/s^2

D **解析**:匀变速直线运动在一段时间内的平均速度等于这段时间内中间时刻的瞬时速度,所以火车的加速度 $a=\frac{\frac{360\text{ m}}{60\text{ s}}-\frac{540\text{ m}}{180\text{ s}}}{90\text{ s}+180\text{ s}+30\text{ s}}=0.01$ m/s^2,故

选 D。

5. 一辆汽车以 20 m/s 的速度沿平直路面行驶，当汽车以大小为 5 m/s² 的加速度刹车时，刹车 2 s 内与刹车 5 s 内的位移大小之比为　　（　　）

A. 1∶1　　B. 3∶4

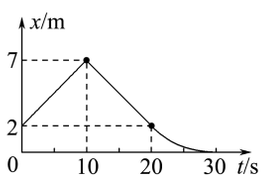
C. 3∶1　　D. 4∶3

B　**解析**：汽车刹车后最终静止，应先求汽车运动的最长时间，由 $v=v_0+at$ 得 $t=\frac{v-v_0}{a}=\frac{0-20}{-5}$ s=4 s，即刹车后汽车运动了 4 s 就停下来了，5 s 内的位移即 4 s 内的位移，$x_2=v_0t_1+\frac{1}{2}at_1^2=\left[20\times2+\frac{1}{2}\times(-5)\times2^2\right]$ m=30 m，$x_5=x_4=\left[20\times4+\frac{1}{2}\times(-5)\times4^2\right]$ m=40 m，所以 $x_2:x_5=3:4$，选项 B 正确。

6. 杭州第 19 届亚运会最引人注目的“黑科技”之一，是田径赛场上的“显眼包”——机器狗，如图甲所示。可爱的四足机器狗，以铁饼“搬运工”的身份，忙碌地奔跑着，假设一只机器狗在某段时间内做直线运动的 x-t 图像如图乙所示，20～30 s 的图线为曲线，其余为直线，则该机器狗在　　（　　）



甲



乙

A. 0～10 s 做匀加速直线运动

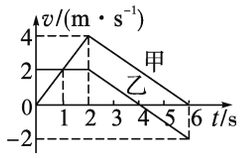
B. 20 s 末时距离 0 时刻位置最远

C. 0～30 s 的平均速度为 $\frac{1}{15}$ m/s

D. 5 s 末和 15 s 末时的速度大小相等，但方向相反

D　**解析**：x-t 图像的斜率等于速度，可知 0～10 s 机器狗做匀速直线运动，故 A 错误；由 x-t 图像可知，10 s 末时距离 0 时刻位置最远，故 B 错误；0～30 s 的位移为 2 m，则平均速度为 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{0-2}{30}$ m/s=$-\frac{1}{15}$ m/s，故 C 错误；图像斜率的大小表示速度的大小，斜率的正负反应速度的方向，可知 5 s 末和 15 s 末时的速度大小相等，但方向相反，故 D 正确。

7. 甲、乙两个物体从同一地点、沿同一直线同时做直线运动，其 v-t 图像如图所示，则　　（　　）



A. 1 s 时，甲、乙两物体相遇

B. 0～6 s 甲、乙两物体之间的最大距离为 1 m

C. 2～6 s 甲物体相对于乙物体做匀速直线运动

D. 4 s 时，乙物体的加速度方向反向

C　**解析**：由题图可知，在 $t=1$ s 时，甲、乙两物体速度相等，位移不相等，没有相遇，故选项 A 错误；v-t 图像与坐标轴围成的“面积”表示位移的大小，由题图可知，6 s 末甲、乙两物体相距最远，此时 $x_{甲}=\frac{4\times6}{2}$m=12 m，$x_{乙}=\frac{(2+4)\times2}{2}$m−$\frac{2\times2}{2}$m=4 m，最远距离 $x=x_{甲}-x_{乙}=12$ m−4 m=8 m，故选项 B 错误；在 2～6 s 甲、乙两物体的 v-t 图像的斜率相同，所以两物体的加速度相同，则甲物体相对于乙物体做匀速直线运动，故选项 C 正确；乙物体在 2～6 s 图像的斜率不变，所以加速度方向不变，故选项 D 错误。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. 质点做匀加速直线运动，初速度为 $v_0=2$ m/s，加速度为 $a=0.1$ m/s²，则　　（　　）

A. 质点第 4 s 末的速度为 2.4 m/s

B. 每经过 2 s 时间，物体速度就增大 2.2 m/s

C. 质点速度一直增大

D. 质点速度随时间均匀增大

ACD　**解析**：根据匀变速直线运动速度与时间的关系式 $v=v_0+at$，代入数据解得第 4 s 末的速度 $v_4=2.4$ m/s，故 A 正确；根据加速度的定义可知每过 2 s 匀变速直线运动的速度增大 $\Delta v=a\Delta t=0.1\times2$ m/s=0.2 m/s，故 B 错误；根据匀变速直线运动速度与时间的关系式 $v=v_0+at$，可知质点速度一直增大，故 C 正确；匀加速直线运动中加速度是不变的，而速度随时间均匀增大，故 D 正确。

9. 做匀变速直线运动的物体的速度 v 随位移 x 的变化规律为 $x=\frac{1}{4}(v^2-4)$，v 与 x 的单位分别为“m/s”和“m”，据此可知　　（　　）

A. 初速度大小 $v_0=4$ m/s

B. 初速度大小 $v_0=2$ m/s

C. 加速度大小 $a=1\ \mathrm{m/s^2}$

D. 加速度大小 $a=2\ \mathrm{m/s^2}$

BD **解析**：根据匀变速直线运动速度与位移的关系式 $v^2-v_0^2=2ax$，结合 $x=\frac{1}{4}(v^2-4)$，即 $v^2-4=4x$，知物体的初速度大小 $v_0=2\ \mathrm{m/s}$，加速度大小 $a=2\ \mathrm{m/s^2}$。故 B、D 正确，A、C 错误。

10. 在塔顶端同时释放体积大小相等的实心铁球和空心铁球，则下列说法正确的是（　　）

A. 它们受到的空气阻力对运动的影响相同

B. 忽略空气阻力，它们的加速度相等

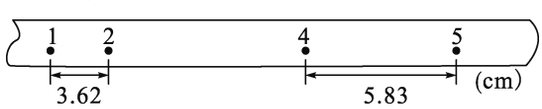
C. 忽略空气阻力，它们落地的速度不等

D. 忽略空气阻力，它们下落的时间相等

BD **解析**：体积大小相等的实心铁球和空心铁球受到的空气阻力相等，但由于它们的质量不同，故阻力对它们运动的影响不同，A 错误；在忽略空气阻力的情况下，两球均做自由落体运动，下落的快慢程度相同，加速度相等，因下落高度相等，故下落时间相等，落地速度相等，B、D 正确，C 错误。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13～15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

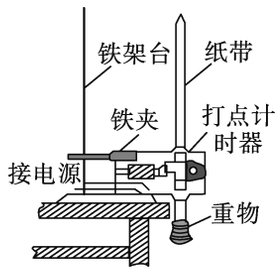
11.（8 分）在“测定匀变速直线运动的加速度”的实验中，某次实验纸带的记录如图所示。已知电源电压约为 6 V，频率是50 Hz，每 5 个点取 1 个计数点，其中第3 个计数点没有画出。由图中数据可求得该物体的加速度大小为_____ $\mathrm{m/s^2}$，第 3 个计数点与第 2 个计数点的距离约为_____ cm。（结果均保留2 位小数）



解析：根据题意，电磁打点计时器工作电源的频率是50 Hz，则打点周期 $T_0=0.02\ \mathrm{s}$，计数周期 $T=5T_0=0.1\ \mathrm{s}$，由 $x_{45}-x_{12}=3aT^2$，可求得 $a=\frac{x_{45}-x_{12}}{3T^2}=\frac{(5.83-3.62)\times10^{-2}}{3\times0.1^2}\ \mathrm{m/s^2}\approx0.74\ \mathrm{m/s^2}$；由 $x_{23}-x_{12}=aT^2$ 可得 $x_{23}=x_{12}+aT^2=4.36\ \mathrm{cm}$。

答案：0.74　4.36

12.（8 分）如图所示，将打点计时器固定在铁架台上，使重物拖着纸带从静止开始自由下落，利用此装置可以测定重力加速度。



(1)所需器材有打点计时器(带导线)、纸带、复写纸、带铁夹的铁架台和带夹子的重物，此外还需_____(填字母序号)中的器材。

A. 直流电源、天平及砝码

B. 直流电源、毫米刻度尺

C. 交流电源、天平及砝码

D. 交流电源、毫米刻度尺

(2)通过作图的方法可以剔除偶然误差较大的数据，提高实验的准确程度。为使所作图线的斜率等于重力加速度，除作 v-t 图像外，还可作_____图像，其纵轴表示的是_____，横轴表示的是_____。

解析：(1)打点计时器需接交流电源；重力加速度与物体的质量无关，所以不需要天平和砝码；计算速度时需要用刻度尺测量相邻计数点间的距离，故选项 D 正确。

(2)由自由落体运动的规律 $v^2=2gx$ 可得 $\frac{v^2}{2}=gx$，当纵轴表示 $\frac{v^2}{2}$，横轴表示重物下落的高度 x 时，图线的斜率即可表示重力加速度。

答案：(1)D　(2)$\frac{v^2}{2}$-x　速度二次方的二分之一　重物下落的高度

13.（12 分）某架飞机起飞滑行时，从静止开始做匀加速直线运动，加速度大小为4 $\mathrm{m/s^2}$，当飞机的滑行速度达到 85 m/s 时离开地面升空。如果在飞机达到起飞速度时，突然接到指挥塔的命令停止起飞，飞行员立即制动飞机，飞机做匀减速直线运动，加速度的大小为 5 $\mathrm{m/s^2}$。此架飞机从起飞到停止共用多长时间？

解析：根据匀变速直线运动的速度时间公式求出加速和减速的运动时间，从而得出总时间。

加速过程所用的时间 $t_1=\frac{\Delta v_1}{a_1}=\frac{85-0}{4}\ \mathrm{s}=21.25\ \mathrm{s}$，

减速过程所用的时间 $t_2=\frac{\Delta v_2}{a_2}=\frac{0-85}{-5}$ s=17 s，

则总时间 $t=t_1+t_2=21.25$ s+17 s=38.25 s。

答案：38.25 s

14.(12 分)一物体从静止开始以 2 m/s² 的加速度做匀加速直线运动，5 s 后做匀速直线运动，最后 2 s 的时间内物体做匀减速直线运动直至静止。问：

(1)物体做匀速直线运动的速度大小为多少？

(2)物体做匀减速直线运动的加速度为多少？

解析：(1)由速度时间关系 $v=at$ 可知，5 s 末的速度

$v=at=2\times5$ m/s=10 m/s，

故物体匀速运动时的速度大小为 10 m/s。

(2)物体在最后 2 s 内速度减小到零，则由 $v=v_0+at$ 可知，物体做匀减速直线运动时的加速度

$a'=\frac{0-v}{\Delta t_1}=\frac{0-10}{2}$ m/s²=−5 m/s²，负号说明加速度与初速度方向相反。

答案：(1)10 m/s　(2)大小为 5 m/s²，方向与初速度方向相反

15.(14 分)一辆小汽车在平直的单行车道上以 $v_1=72$ km/h 的速度匀速行驶，小汽车司机突然发现前方 $x_0=28$ m 处有一辆大货车开启了双闪，此时大货车以 $v_2=54$ km/h 的初速度、大小为 $a_2=1.5$ m/s² 的加速度开始做匀减速直线运动，小汽车司机反应了 $t_0=1$ s 后以大小为 $a_1=4$ m/s² 的加速度开始刹车。以大货车开始减速为计时起点。

(1)求第 3 s 末两车的距离。

(2)通过计算分析两车是否会相撞。若相撞，求两车相撞的时刻及该过程中小汽车的位移大小；若不相撞，求两车相距最近时所对应的时刻及最近距离。

解析：(1)$v_1=72$ km/h=20 m/s，

$v_2=54$ km/h=15 m/s，

0～3 s，小汽车的位移

$x_1=v_1t_0+v_1(t-t_0)-\frac{1}{2}a_1(t-t_0)^2=52$ m，

0～3 s，大货车的位移 $x_2=v_2t-\frac{1}{2}a_2t^2=38.25$ m，

第 3 s 末两车的距离 $x=x_2+x_0-x_1=14.25$ m。

(2)设两车速度相等时，大货车减速所用时间为 t'，则

$v_2-a_2t'=v_1-a_1(t'-t_0)$，

解得 $t'=3.6$ s，

此时小汽车的位移 $s_1=v_1t_0+v_1(t'-t_0)-\frac{1}{2}a_1\cdot(t'-t_0)^2=58.48$ m，

大货车的位移 $s_2=v_2t'-\frac{1}{2}a_2(t')^2=44.28$ m，

由于 $x_0+s_2-s_1=13.8$ m>0，因此两车不会相撞，两车相距最近的时刻为 3.6 s，最近的距离为 13.8 m。

答案：(1)14.25 m　(2)不会相撞　3.6 s　13.8m

第三章 相互作用

1 力 重力

学习任务目标

1.理解力是物体间的相互作用，能分清施力物体和受力物体。（物理观念）
2.会作力的图示和力的示意图。（科学思维）
3.了解重力产生的原因，知道重力的大小和方向，理解重心的概念。（物理观念）
4.了解物体重心的位置与物体的形状、质量分布有关。（科学思维）

问题式预习

知识点一 力的描述

1.力

(1)定义：物体与物体之间的一种相互作用。

(2)单位：牛顿，简称牛，符号为N。

(3)矢量性：力既有大小，又有方向。

2.力的作用效果

(1)改变物体的运动状态，使物体的速度大小或速度方向发生变化。

(2)物体在力的作用下可以产生形变。

3.力的三要素：力的大小、方向和作用点。

4.力的表示方法

(1)力的图示：用一根带箭头的线段（有向线段）来表示力这个矢量。

①线段的长短（严格按标度画）表示力的大小；

②箭头指向表示力的方向；

③箭尾（或箭头）表示力的作用点，线段所在的直线叫作力的作用线。

(2)力的示意图：只用一根带箭头的线段来表示力的方向和作用点。

5.力的分类

(1)按命名方式分类

①性质力：重力、弹力、摩擦力等；

②效果力：支持力、拉力、压力、动力、阻力等。

(2)按相互作用的物体是否接触分类

①接触力：弹力、摩擦力等；

②非接触力：重力、电场力、分子力等。

[科学思维]

对力的理解的三个常见误区

(1)误认为物体可以只受力不施力，事实上，只要一个物体受到力的作用，它必然同时对给它施加这个力的物体也施加了力。

(2)误认为力只发生在相互接触的物体之间，事实上，力也可发生在不直接接触的物体之间。

(3)误认为只有有生命的人或动物才能产生力的作用，事实上，任何物体都可以对其他物体施加力的作用，并同时成为受力物体。

[判一判]

(1)每个力都必有施力物体和受力物体。（ √ ）

(2)只有相互接触的两物体之间才有力的作用。（ × ）

(3)要想描述清楚一个力，需要指明力的大小、方向和作用点。（ √ ）

知识点二 重力及其测量 重心

1.重力及其大小和方向

(1)定义：由于地球的吸引而使物体受到的力。

(2)大小：$G=mg$，其中 g 就是自由落体加速度，通常取 $g=9.8$ N/kg 或 $g=10$ N/kg。

(3)方向：总是竖直向下。

2.重心

(1)重心：一个物体的各部分都受到重力的作用，从效果上看，可以把物体各部分受到的重力视为集中作用在某一点，这个点就是重力的作用点，叫作物体的重心。

(2)重心位置的影响因素：质量分布均匀的物体，重心的位置只跟物体的形状有关，质量分布不均匀的物体，重心位置除与物体的形状有关外，还跟物体的质量分布情况有关。

(3)悬挂法：对形状不规则的薄板状物体，可以采用悬挂法来确定重心的位置。

3.重力的测量

(1)重力的大小可用弹簧测力计测量，将物体竖直悬挂在测力计的挂钩下，物体静止时测力计的示数就等于物体受到的重力。

(2)市场上普遍使用的电子秤测量的也是物体所受的重力。

［科学思维］

理解重力的三点注意

(1)地球上所有物体都受重力作用,与质量的大小,或有无生命均无关。

(2)重力虽是由于地球对物体的吸引产生的,但重力和万有引力的大小并不一定相等,方向也不一定完全相同(只有两极处两者才相等)。

(3)重力是非接触力,同一物体在运动和静止时所受的重力大小相等。

［判一判］

(1)只有静止在地面上的物体才会受到重力。(　×　)

(2)重力的方向总是垂直于接触面。(　×　)

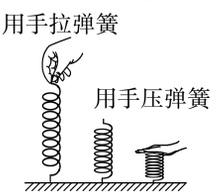
(3)一个物体的重心是唯一确定的,与形状变化无关。(　×　)

任务型课堂

任务一　力的理解与描述

［探究活动］

在足球场上,运动员踢球,球由静止变为运动,说明球的运动状态发生了改变。如图所示,弹簧被拉长或压缩,说明弹簧发生了形变。



(1)力有哪些作用效果?

(2)用手压弹簧的过程中,对于手压弹簧的作用力,谁是施力物体?谁是受力物体?

提示:(1)力的作用效果是使物体发生形变或改变物体的运动状态。

(2)手是施力物体,弹簧是受力物体。

［评价活动］

1.(多选)下列关于力的作用效果的叙述正确的是(　　)

A. 物体的运动状态发生改变必定是物体受到了力的作用

B. 物体的运动状态没有发生改变,物体也可能受到力的作用

C. 力的作用效果不仅取决于力的大小和方向,还与力的作用点有关

D. 力作用在物体上,必定同时出现形变和运动状态的改变

ABC　**解析**:因为力是改变物体运动状态的原因,故物体的运动状态发生改变,必定是受到力的作用,故A正确;由于力的作用效果是使物体发生形变或改变物体的运动状态,两者可同时发生,也可不同时发生,故B正确,D错误;力的作用效果取决于力的三要素,故C正确。

2.下列说法正确的是(　　)

A. 射出枪口的子弹,能打到很远的地方,是因为子弹离开枪口后受到一个推力的作用

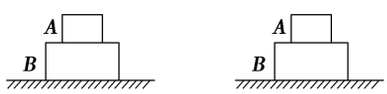
B. 甲用力把乙推倒,说明只是甲对乙有力的作用,乙对甲没有力的作用

C. 只有有生命或有动力的物体才会施力,无生命或无动力的物体只会受到力,不会施力

D. 任何一个物体,一定既是受力物体,也是施力物体

D　**解析**:子弹在枪管内受到火药爆炸所产生的强大推力,离开枪口时有很大的速度,但子弹离开枪口以后,只受重力和空气阻力作用,并没有再受到推力作用,A错误;物体间力的作用总是相互的,所以每一个物体既是受力物体,又是施力物体,即甲推乙的同时乙也推甲,B错误,D正确;无论物体是否有生命或是否有动力,物体受到力的同时,都会施加力,如马拉车的同时车也拉马,C错误。

3.如图所示,物体A对物体B的压力是10 N,试画出这个力的图示和示意图。



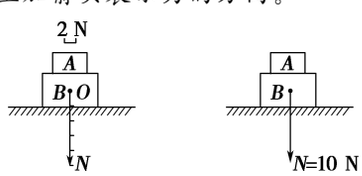
力的图示　　力的示意图

解析:(1)画力的图示,要严格按照以下步骤进行。

①选定标度:选2 mm长的线段表示2 N的力(也可选其他长度,合适即可)。

②从力的作用点沿力的方向画一线段,线段长短根据选定的标度和力的大小关系确定,从O点(用O点代替物体B)竖直向下画一段5倍于标度的线段,线段上加刻度,如图甲所示。

③在线段上加箭头表示力的方向。



甲　　乙

(2)画力的示意图:从力的作用点或B的中心处沿力的方向画一线段,并加上箭头表示方向,线段长度适当即可,如图乙所示。

答案:见解析图

任务总结

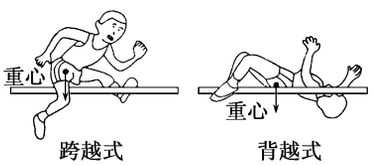
1.画力的图示时,标度的选取应根据力的大小合理设计,使表示力的有向线段的长度等于2～5段标度的长度。画同一物体受到的不同的力时要用同一标度。

2.对于质量均匀、几何形状规则的物体，在画力的图示或示意图时，有向线段的起点可画在几何中心。

任务二 对重力和重心的理解

［探究活动］

如图所示，对于身体素质和技术相当的跳高运动员，采用“背越式”的要比采用“跨越式”的成绩好。



为何采用不同姿势的跳法，成绩结果会不一样？

提示：跳高运动员采用“背越式”时比采用“跨越式”时，重心升高的高度小，因此运动员越过相同高度的横杆，“背越式”跳法要比“跨越式”容易些，所以采用“背越式”的运动员要比采用“跨越式”的运动员成绩好。

［评价活动］

1.如图所示为屋中悬挂的一个装有水的装饰瓶，关于这个装饰瓶，下列说法正确的是 （ ）



A. 装饰瓶受到地球对它的吸引力，但它对地球没有吸引力

B. 装饰瓶的重心一定在其几何中心处

C. 装饰瓶的重心与其形状结构及质量分布有关

D. 若装饰瓶底部出现一个小洞，在水逐渐滴完的过程中，装饰瓶的重心一直在降低

C **解析**：装饰瓶受到地球对它的吸引力，同时它对地球也有吸引力，选项A错误；装饰瓶内装有水，则其重心不一定在其几何中心处，选项B错误；装饰瓶的重心与其形状结构及质量分布有关，选项C正确；若装饰瓶底部出现一个小洞，在水滴完的过程中，装饰瓶的重心先降低后升高，选项D错误。

2.（多选）一个物体重力为2 N，那么在下列情况中该物体受的重力仍为2 N的是 （ ）

A. 将它放到水里，它被浮起

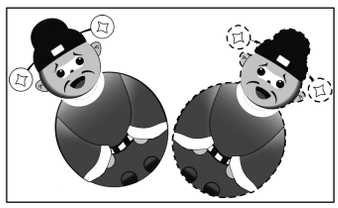
B. 将它放到月球或木星上

C. 将它放到高速行驶的列车上

D. 将它从直升机上抛下

ACD **解析**：根据重力公式$G=mg$，可知物体受到的重力只与物体的质量m及重力加速度g有关。将它放到月球或木星上，m不变，g值发生变化，故重力G改变，选项B错误；选项A、C、D中涉及的三种情形，m与g均不变，故重力G不变，选项A、C、D正确。

3.不倒翁不倒的原因之一是它的重心位置设计巧妙。下列说法正确的是 （ ）



A. 不倒翁的重心在其几何中心上

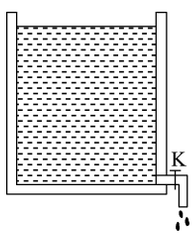
B. 不倒翁的重心很高

C. 不倒翁的重心很低

D. 不倒翁的重心不在物体上

C **解析**：重心位置受物体内部质量分布的影响，不一定在几何中心上，也不一定在物体上。由于物体在其他条件不变的情况下，重心越低，物体的稳定性越好，所以不倒翁的重心一定做得很低，C正确，A、B、D均错误。

4.如图所示，一容器内盛有水，容器的下方有一阀门K，打开阀门让水从小孔中慢慢流出，在水流出的过程中，水和容器的共同重心将 （ ）



A. 一直下降

B. 一直上升

C. 先升高，后降低

D. 先降低，后升高

D **解析**：水面的下降将导致水和容器整体的质量分布发生变化。开始一段时间内，水面下降，重心下降；但由于容器自身质量的影响，水面下降到一定程度后，重心又开始上升，直至水完全流出，重心又回到空容器的重心位置，故选D。

任务总结

1.重力的大小

(1)重力的大小$G=mg$，只与物体的质量m和重力加速度g有关，与物体的运动状态无关。

(2)重力加速度g与物体所处的纬度和高度有关。在赤道处g最小，在两极处g最大（同一高度）；海拔越高g越小，海拔越低g越大。

2.重力的方向

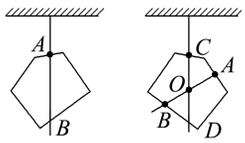
重力的方向竖直向下，是指与水平面垂直向下，但是并不等同于垂直于支持面向下，也不等同于指向地心。

3.重力的作用点——重心

(1)重心是物体各部分所受重力的等效作用点，并不是只有物体的重心才受到重力作用。

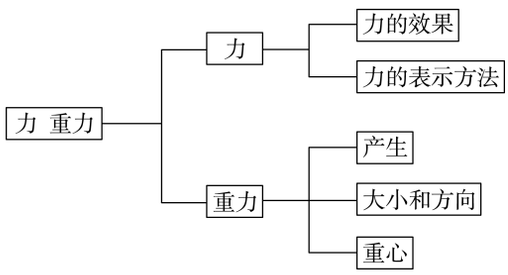
(2)重心的位置跟物体的形状和质量分布有关。质量分布均匀、形状规则的物体的重心在其几何中心上。

(3)悬挂法确定薄板状物体的重心的原理是:物体静止时,重力与绳子拉力在同一条直线上。



(4)重心的位置可以在物体上,也可以在物体外。

▶提质归纳



课后素养评价(十一)

基础性·能力运用

知识点 1　对力的理解与描述

1.下列关于力的说法错误的是　　(　　)

A. 力是物体之间的相互作用

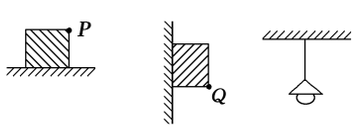
B. 性质不同的力,作用效果可能相同

C. 力可以用带箭头的线段表示

D. 向上抛出的物体,在空中向上运动的过程中,肯定受到了向上的作用力

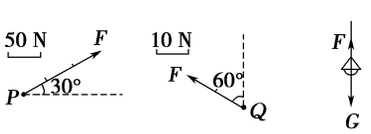
D　**解析**:力是物体与物体之间的相互作用,A 正确;对于性质不同的力,当力的三要素相同时,力的作用效果相同,B 正确;力有大小也有方向,可以用一根带箭头的线段来表示,长度表示大小,箭头表示方向,C 正确;向上抛出的物体,在空中向上运动的过程中,会受到向下的空气阻力和向下的重力,不会受到向上的力,D 错误。

2.在图甲中木块的 P 点处,用与水平方向成 30°角斜向右上的 150 N 的力拉木块;在图乙中木块的 Q 点处,用与竖直方向成 60°角斜向左上的 20 N 的力把木块抵在墙壁上。试作出甲、乙两图中所施加的力的图示,并作出图丙中电灯所受重力和拉力的示意图。



甲　　乙　　丙

答案:各处力的图示与示意图如图所示:



甲　　乙　　丙

知识点 2　对重力和重心的理解

3.关于重力与重心,下列说法正确的是　　(　　)

A. 物体在空中下落时受到的重力比静止时受到的重力大

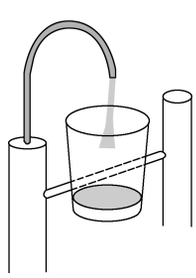
B. 形状规则的物体重心一定在其几何中心

C. 放在桌面上的物体对桌面的压力,其实就是该物体的重力

D. 重心是物体内各部分所受重力的等效作用点

D　**解析**:物体在空中下落时受到的重力与静止时受到的重力相同,故 A 错误;形状规则的物体重心不一定在它的几何中心上,还与物体的质量分布有关,当物体的质量分布均匀时,形状规则的物体重心一定在它的几何中心上,故 B 错误;压力是物体对桌面的力,重力是地球对物体的力,二者不是同一个力,故 C 错误;重心是物体内各部分所受重力的等效作用点,故 D 正确。

4.如图所示,公园里有一仿制我国古代欹器的 U 形水桶,桶可绕水平轴转动,水管口持续有水流出,过一段时间桶会自动翻转一次,决定桶能否翻转的主要因素是　　(　　)



A. 水桶自身重力的大小

B. 水管每秒出水量的大小

C. 水流对桶撞击力的大小

D. 水桶与水整体的重心高低

D　**解析**:水管口持续有水流出,而过一段时间桶会翻转一次,主要原因是装的水到一定量之后,水桶与水整体的重心往上移动,竖直向下的重力的作用线偏离中心转轴,水桶不能稳定平衡,从而发生翻转,故选 D。

综合性·创新提升

5.走钢丝是一项传统的杂技项目。如图所示，走钢丝的过程中，演员往往手拿一根很长的木棍。关于木棍的作用，下列说法正确的是（　　）



A. 增大演员与钢丝间的压力
B. 增大演员与钢丝间的摩擦力
C. 调节演员自身重心的位置
D. 增加观赏性

C　**解析**：在走钢丝的过程中，演员手拿很长的木棍，可以使重心降低，当重心发生偏移时，可以便于调节自身重心的位置，故C正确。

2　弹　力

学习任务目标

1.了解形变、弹性形变、弹性限度的概念，知道弹力产生的原因和条件。（物理观念）
2.知道压力、支持力和绳的拉力都是弹力，会分析弹力的方向。（科学思维）
3.通过实验知道影响弹力大小的因素，掌握胡克定律。（科学探究）

问题式预习

知识点一　形变与弹力

1.物体的形变

(1)定义：物体在力的作用下形状或体积会发生变化。

(2)分类

①弹性形变：物体在撤去外界的作用力后能够恢复原状。

②塑性形变：当撤去外力后，物体的形变不能完全恢复原状。

(3)弹性限度

如果形变过大，超出一定的限度，撤去作用力后物体不能完全恢复原状，这个限度叫作弹性限度。

2.弹力及常见的弹力

(1)弹力

①定义：发生形变的物体，由于要恢复原状，会对与它接触的物体产生力的作用。

②产生条件

a.两物体之间相互接触；b.发生弹性形变。

③弹力的方向：物体产生的弹力方向总是与该物体所发生的形变方向相反。

(2)常见的弹力

①压力和支持力：方向垂直于接触面而指向被压或被支持的物体。

②拉力：绳子对物体的拉力方向总是沿着绳子而指向绳子收缩的方向。

[科学思维]

(1)一切物体都可以发生形变。

(2)有些物体形变很小，不易观察，我们通常采用“放大法”进行观察。

[判一判]

(1)使物体发生形变的外力撤去后，物体一定能够恢复原来的形状。（×）

(2)任何物体都可以发生形变，但并不是所有的形变都是弹性形变。（√）

(3)相互接触的物体间一定存在弹力。（×）

知识点二　胡克定律

1.胡克定律

(1)内容：在弹性限度内，弹簧弹力 F 的大小与弹簧的伸长(或缩短)量 x 成正比。

(2)公式：$F=kx$。

2.劲度系数

(1)公式中的 k 称为弹簧的劲度系数，单位为牛顿每米，符号为N/m。

(2)弹簧的劲度系数与弹簧的材料、匝数、直径等因素有关。

[科学思维]

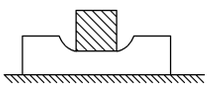
一轻质弹簧原长为8 cm，在4 N的拉力作用下伸长了2 cm，弹簧未超出弹性限度，则该弹簧的劲度系数为200N/m。

任务型课堂

任务一　弹力的产生和方向

［探究活动］

一铁块放在海绵上，铁块和海绵都发生了形变，从而在它们之间产生了弹力，如图所示。



(1)海绵对铁块的支持力是如何产生的？方向怎样？

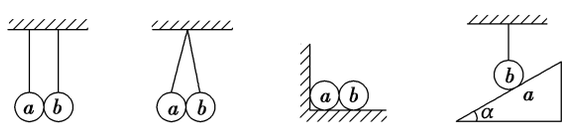
(2)铁块对海绵的压力是怎样产生的？方向怎样？

提示：(1)海绵发生弹性形变，对与它接触的铁块产生力的作用，方向垂直于接触面向上。

(2)铁块发生了弹性形变，对与它接触的海绵产生力的作用，方向垂直于接触面向下。

［评价活动］

1.在如图所示的情境中，两个物体 a、b(a、b 均处于静止状态，接触面均光滑)间一定有弹力的是　(　　)



A　　B　　C　　D

B　**解析**：A 项中两物体若受水平方向的弹力，则两绳子不会竖直静止，故 A 错误；B 项中两物体相互挤压，则两物体间一定有弹力，故 B 正确；C 项中接触面光滑，两物体保持静止，若有相互挤压，则 b 将运动，故 C 错误；D 项中 b 被绳子竖直悬挂，接触面光滑则 a、b 之间没有相互挤压，a、b 间没有弹力，故 D 错误。

2.关于弹力的产生，下列说法正确的是　(　　)

A. 放在桌面上的木块受到一个向上的弹力，这是木块发生微小形变而产生的

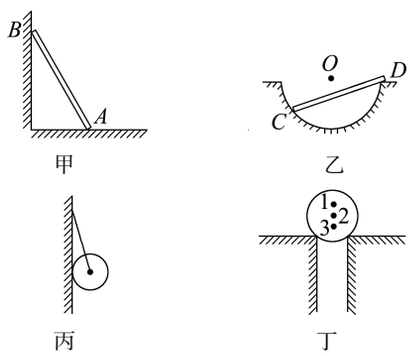
B. 木块放在桌面上，没有发生明显的形变，所以对桌面没有施加弹力

C. 拿一根细竹竿拨动水中的木头，木头受到的竹竿对它的弹力，是木头发生形变而产生的

D. 挂在电线下面的电灯受到的向上的拉力，是电线发生微小形变而产生的

D　**解析**：弹力是发生形变的物体对使其产生形变的物体的作用力，施力物体是发生形变的物体，受力物体是使施力物体产生形变的物体。桌面对木块向上的弹力是桌面发生微小形变而产生的，竹竿对木头的弹力是竹竿发生形变而产生的，电线对电灯的拉力是电线发生微小形变而产生的，A、C 错误，D 正确；木块放在桌面上时，会发生肉眼看不见的形变，所以对桌面产生弹力，B 错误。

3.请在图中画出杆或球所受弹力的示意图。图甲中杆靠在墙上，图乙中杆放在半球形的槽中，图丙中球用细线悬挂在竖直墙上，图丁中点 1、2、3 都可能是球的重心位置，点 2 是球心，点 1、2、3 在同一竖直线上。



甲　　乙

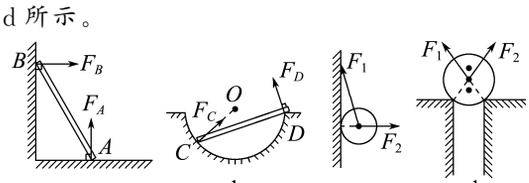
丙　　丁

解析：题图甲中杆在重力作用下对 A、B 两处墙都产生挤压作用，故 A、B 两处墙对杆都有弹力，弹力方向与接触点处的平面垂直，如图 a 所示。

题图乙中杆对 C、D 两处都有挤压作用，因 C 处为曲面，D 处为支撑点，所以 C 处弹力垂直于圆弧切面指向球心，D 处弹力垂直于杆斜向上，如图 b 所示。

题图丙中球挤压墙壁且拉紧绳子，所以墙对球的弹力与墙面垂直，绳子对球的弹力沿绳子向上，如图 c 所示。

题图丁中，弹力作用线不一定通过球的重心，但即使重心不在球心处，弹力作用线也必通过球心，如图 d 所示。



a　　b　　c　　d

答案：见解析图

任务总结

1.产生弹力必备的两个条件

(1)两物体间相互接触。

(2)发生弹性形变。

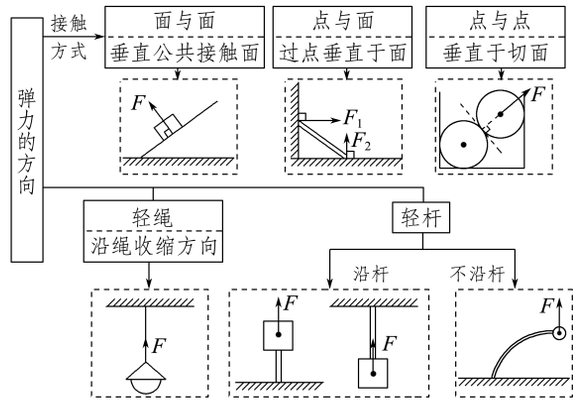
2.弹力有无的判断方法

(1)条件法：对形变明显的情况，首先看是否接触，其次看是否发生形变，例如弹簧、橡皮筋。

(2)假设法：可假设去掉与所研究物体接触的物体，看研究对象能否保持原有的状态。若状态不变，则此处不存在弹力；若状态改变，则此处一定有弹力。

(3)状态法：根据物体的运动状态进行判定，例如物体静止时，其受力一定平衡，从而确定弹力的情况。

3.几种常见弹力的方向



任务二 实验：探究弹簧弹力与形变的关系

1.(2025·四川卷)某学习小组利用生活中常见的物品开展“探究弹簧弹力与形变量的关系”实验。已知水的密度为 $1.0\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$，当地重力加速度为 $9.8\ \mathrm{m/s^2}$。

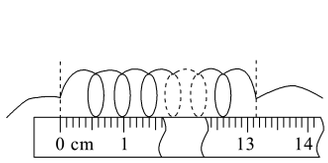


图1

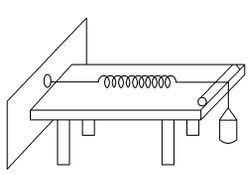


图2

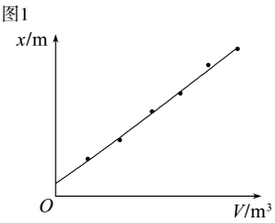


图3

实验过程如下：

(1)将两根轻质细绳分别系在轻质弹簧两端，将其平放在较光滑的水平桌面上，让其中一个系绳点与刻度尺零刻度线对齐，另一个系绳点对应的刻度如图 1 所示，可得弹簧原长为_____cm。

(2)将弹簧一端的细绳系到墙上挂钩上，另一端细绳跨过固定在桌面边缘的光滑金属杆后，系一个空的小桶，并使弹簧和桌面上方的细绳均与桌面平行，如图 2 所示。

(3)用带有刻度的杯子量取 50 mL 水，缓慢加到小桶里，待弹簧稳定后，测量两系绳点之间的弹簧长度并记录数据。按此步骤操作 6 次。

(4)以小桶中水的体积 V 为横坐标，弹簧伸长量 x 为纵坐标，根据实验数据拟合成如图 3 所示直线，其斜率为 $200\ \mathrm{m^{-2}}$。由此可得该弹簧的劲度系数为 _____ N/m。(结果保留 2 位有效数字)

(5)图 3 中直线的截距为 0.005 6 m，可得所用小桶质量为 _____ kg。(结果保留 2 位有效数字)

解析：(1)毫米刻度尺的分度值为 1 mm，则由题图 1 可知弹簧原长为 $l_0=13.14$ cm。

(4)设小桶的质量为 m_0，弹簧的形变量为 Δx；

根据密度公式，所加水的质量为 $m=\rho gV$，

根据胡克定律和平衡条件有 $m_0g+mg=k\Delta x$，

代入数据变形得 $\Delta x=\dfrac{\rho g}{k}\cdot V+\dfrac{m_0g}{k}$，

由图像的斜率 $k_0=\dfrac{\rho g}{k}=200\ \mathrm{m^{-2}}$，

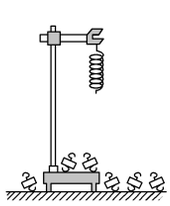
弹簧的劲度系数 $k=\dfrac{\rho g}{k_0}=\dfrac{1.0\times10^3\times9.8}{200}\ \mathrm{N/m}=49\ \mathrm{N/m}$。

(5)图像的纵截距 $b=\dfrac{m_0g}{k}=0.005\ 6\ \mathrm{m}$，

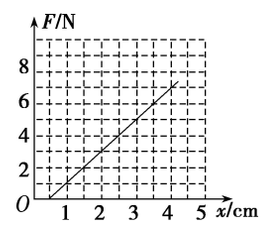
小桶质量为 $m_0=\dfrac{bk}{g}=\dfrac{0.005\ 6\times49}{9.8}\ \mathrm{kg}=0.028\ \mathrm{kg}$。

答案：(1)13.14　(4)49　(5)0.028。

2.如图甲所示，用铁架台、弹簧和多个已知质量且质量相等的钩码探究在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长量的关系。



甲



乙

(1)为完成实验，还需要的实验器材有：_____。

(2)实验中需要测量的物理量有：_____。

(3)图乙是某次实验得到的弹簧弹力 F 与弹簧伸长量 x 的 F-x 图像，由此可求出弹簧的劲度系数为 _____ N/m。图线不过原点是由于_____。

(4)为完成该实验，设计的实验步骤如下：

A. 以弹簧伸长量为横坐标，以弹力为纵坐标，描出各组(x，F)对应的点，并用平滑的曲线连接起来；

B. 记下弹簧不挂钩码时其下端在刻度尺上的刻度 l_0；

C. 将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；

D. 依次在弹簧下端挂上 1 个、2 个、3 个、4 个……钩码，分别记下钩码静止时弹簧下端所对应的刻度，并记录在表格内，然后取下钩码；

E. 以弹簧伸长量为自变量，写出弹力与伸长量的关系式，使之符合图像的变化规律。首先尝试写成一次函数，如果不行，则考虑二次函数；

F. 解释函数表达式中常数的物理意义；

G. 整理仪器。

请将以上步骤按操作的先后顺序排列出来：_____。

解析：(1)根据实验原理可知，还需要刻度尺来测量弹簧原长和形变量。

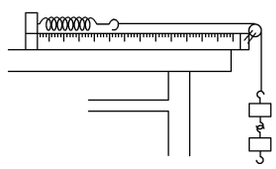
(2)根据实验原理，实验中需要测量的物理量有弹簧的原长、弹簧所受外力及与之对应的伸长量(或弹簧对应的长度)。

(3)取图像中(0.5，0)和(3.5，6)两个点，代入 $\Delta F=k\Delta x$ 可得 $k=200\ \mathrm{N/m}$；由于弹簧自身的重力，使得弹簧不加外力时就有形变量。

(4)根据完成实验过程的合理性可知，先后顺序为CBDAEFG。

答案：(1)刻度尺　(2)弹簧原长、弹簧所受外力及与之对应的伸长量(或弹簧对应的长度)　(3)200　弹簧自身有重力　(4)CBDAEFG

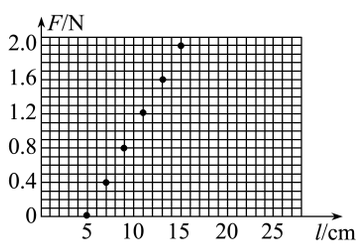
3. 在“探究弹簧弹力与形变的关系”的实验中，实验装置如图甲所示。所用的每个钩码的重力相当于对弹簧提供了向右的恒定拉力。实验时先测出不挂钩码时弹簧的自然长度，再将5个钩码逐个挂在绳子的下端，测出每次相应的弹簧总长度。



甲

(1)试根据以上实验情况，设计一个记录实验数据的表格(不必填写其实验测得的具体数据)。

(2)有一个同学通过以上实验测量后把6组数据描点在图乙坐标系中，请作出 F-l 图线。



乙

(3)由此图线可得出该弹簧的原长 $l_0=$_____cm，劲度系数 $k=$_____N/m。

(4)该同学在实验时，把弹簧水平放置与将弹簧竖直悬挂相比较。

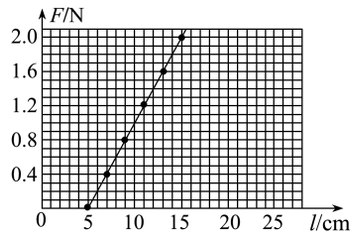
优点在于：_____。

缺点在于：_____。

解析：(1)记录数据的表格如下：

次数	1	2	3	4	5	6
弹力 F/N						
弹簧的长度 l/cm						

(2)由实验描出的点作出 F-l 图线，如图所示：



(3)弹簧的原长 l_0 即弹力为零时弹簧的长度，由图像可知，$l_0=5\ \mathrm{cm}=5\times10^{-2}\ \mathrm{m}$；劲度系数为图线的斜率，即 $k=20\ \mathrm{N/m}$。

(4)优点在于：避免了弹簧自身重力对测量弹簧原长的影响。

缺点在于：弹簧与桌面、绳子与滑轮，以及滑轮与轴之间存在摩擦，从而产生实验误差。

答案：见解析

任务总结

1. 实验中弹簧下端所挂的钩码不要太多，以免超出弹簧的弹性限度。

2. 尽量选轻质弹簧以减小弹簧自身重力带来的影响。当用竖直悬挂弹簧的方法进行探究时，为了减小弹簧自身重力带来的影响，测弹簧原长时应让弹簧在不挂钩码时保持自然下垂状态，而不是平放在水平面上处于自然伸长状态时进行测量。

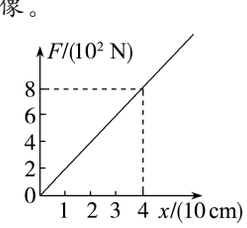
3. 记录数据时要注意弹力及伸长量的对应关系及单位。

4. 描点作图时，应使尽量多的点落在画出的线上，可允许少数点分布于线的两侧，描出的线不应是折线，而应是平滑的曲线或直线。

任务三　胡克定律的应用

[探究活动]

如图所示是某根弹簧的伸长量 x 与所受拉力 F 之间的关系图像。



(1)写出图线代表的函数表达式(x 的单位用m)。

(2)当弹簧伸长20 cm或缩短20 cm时，弹力大小相等吗？

提示：(1)由题图知 $k=\dfrac{8\times10^{2}\ \mathrm{N}}{40\times10^{-2}\ \mathrm{m}}=2\times10^{3}\ \mathrm{N/m}$，故 $F=2\ 000x\ (\mathrm{N})$。

(2)相等。

[评价活动]

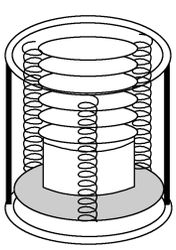
1.(多选)一根轻弹簧的劲度系数为 400 N/m,原长为 12 cm,一端固定,当它另一端受到一个大小为 16 N 的作用力时,弹簧的长度可能为 (　　)

A. 4 cm　　B. 8 cm

C. 12 cm　　D. 16 cm

BD　**解析**:题中 16 N 的作用力可能是拉力,也可能是压力,根据胡克定律可先求出弹簧伸长的长度或缩短的长度,再得到弹簧的长度。由胡克定律 $F=kx$,得 $x=\frac{F}{k}=\frac{16\ \text{N}}{400\ \text{N/m}}=0.04\ \text{m}=4\ \text{cm}$,当作用力为拉力时,弹簧伸长 4 cm,则此时弹簧的长度 $l_1=l_0+x=12\ \text{cm}+4\ \text{cm}=16\ \text{cm}$;当作用力为压力时,弹簧缩短 4 cm,则此时弹簧的长度 $l_2=l_0-x=12\ \text{cm}-4\ \text{cm}=8\ \text{cm}$。故 B、D 正确。

2.(2023·山东卷)餐厅暖盘车的储盘装置示意图如图所示,三根完全相同的弹簧等间距竖直悬挂在水平固定圆环上,下端连接托盘。托盘上叠放若干相同的盘子,取走一个盘子,稳定后余下的正好升高补平。已知单个盘子的质量为 300 g,相邻两盘间距1.0 cm,重力加速度大小取 $g=10\ \text{m/s}^2$。弹簧始终在弹性限度内,每根弹簧的劲度系数为 (　　)



A. 10 N/m　　B. 100 N/m

C. 200 N/m　　D. 300 N/m

B　**解析**:由题知,取走一个盘子,稳定后余下的盘子正好升高补平,则说明一个盘子所受的重力可以产生的弹簧形变与相邻两盘的间距相等,设一个盘子的质量为 m,则有 $mg=3\cdot kx$,解得 $k=100\ \text{N/m}$,故选 B。

3.一根轻弹簧,当它受到 10 N 的拉力时长度为 12 cm;当它受到 25 N 的拉力时长度为 15 cm。求弹簧不受力时的自然长度及该弹簧的劲度系数。

解析:设弹簧的原长为 l_0,由题意知,$F_1=10\ \text{N}$,$l_1=12\ \text{cm}$;$F_2=25\ \text{N}$,$l_2=15\ \text{cm}$。

根据胡克定律有

$F_1=k(l_1-l_0)$,$F_2=k(l_2-l_0)$,

两式相比可得 $\frac{F_1}{F_2}=\frac{l_1-l_0}{l_2-l_0}$,

代入数据可得 $l_0=10\ \text{cm}$,

则 $k=\frac{F_1}{l_1-l_0}=\frac{10\ \text{N}}{(12-10)\times10^{-2}\ \text{m}}=500\ \text{N/m}$。

答案:10 cm　500 N/m

任务总结

胡克定律的灵活应用

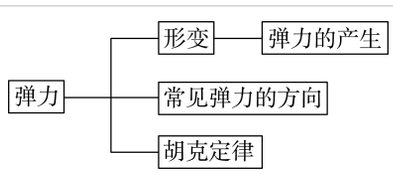
(1)确定弹簧状态。

对于弹簧问题首先应明确弹簧处于“拉伸”“压缩”,还是“原长”的状态,并确定形变量的大小,从而确定弹簧弹力的方向和大小。如果只告诉弹簧弹力的大小,必须全面分析问题,可能是拉伸产生的,也可能是压缩产生的,通常有两个解。

(2)利用胡克定律的推论确定弹簧长度的变化和物体位移的关系。

如果涉及弹簧由拉伸(压缩)形变到压缩(拉伸)形变的转化,运用胡克定律的推论 $\Delta F=k\Delta x$ 可直接求出弹簧长度的改变量 Δx 的大小,从而确定物体的位移,再由运动学公式和动力学公式求相关量。

提质归纳

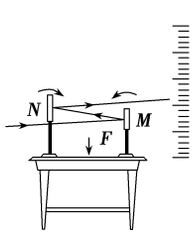


课后素养评价(十二)

基础性·能力运用

知识点 1　形变与弹力

1.下列两个实验中体现出的共同的物理思想方法是 (　　)



观察桌面微小形变的装置



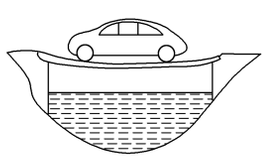
观察玻璃瓶微小形变的装置

A. 极限法　　B. 放大法

C. 控制变量法　　D. 等效替代法

B　**解析**:两个实验都体现了放大的思想方法,故 B 正确。

2.一玩具汽车停在模型桥面上,如图所示。下列说法错误的是 (　　)



A. 桥面受到向下的弹力，是因为汽车轮胎发生了弹性形变

B. 汽车轮胎发生了形变，所以对桥面产生了向下的弹力作用

C. 汽车轮胎受到向上的弹力，是因为汽车轮胎发生了弹性形变

D. 桥面发生了弹性形变，所以对汽车轮胎产生了向上的弹力作用

C　**解析**：汽车轮胎受到向上的弹力，是因为桥面发生了弹性形变，对汽车轮胎产生了向上的弹力作用，故 C 错误。

知识点 2　实验：探究弹簧弹力与形变的关系

3. 某同学探究弹簧弹力与伸长量的关系。

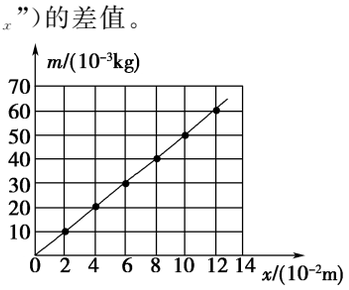
(1)将弹簧悬挂在铁架台上，将刻度尺固定在弹簧一侧，弹簧轴线和刻度尺都应在_____(选填“水平”或“竖直”)方向。

(2)弹簧自然悬挂，待弹簧_____时，长度记为 L_0；弹簧下端挂上砝码盘时，长度记为 L_x；在砝码盘中每次增加 10 g 砝码，弹簧长度依次记为 L_1 至 L_6，数据如下表。

代表符号	L_0	L_x	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
数值/cm	25.35	27.35	29.35	31.30	33.4	35.35	37.40	39.30

表中有一个数值记录不规范，代表符号为_____，由表中数据可知所用刻度尺的最小分度为_____。

(3)如图是该同学根据表中数据作出的图像，纵轴是砝码的质量，横轴是弹簧长度与_____(选填“L_0”或“L_x”)的差值。



(4)由图可知弹簧的劲度系数为____N/m；可计算出砝码盘的质量为_____g。(结果均保留 2 位有效数字，取 $g=9.8$ N/kg)

解析：(1)为保证弹簧的形变只由砝码和砝码盘的重力产生，弹簧轴线和刻度尺均应在竖直方向。

(2)弹簧静止时，记录原长 L_0；表中的数据 L_3 与其他数据有效位数不同，所以数据 L_3 不规范。标准数据精确至1 mm，最后一位应为估读值，所以刻度尺的最小分度为 1 mm。

(3)由题图知所挂砝码质量为 0 时，x 为 0，所以 $x=L-L_x$(L 为弹簧长度)。

(4)由胡克定律 $F=kx$ 知，$mg=k(L-L_x)$，即 $mg=kx$，可以得出弹簧的劲度系数为

$$k=\frac{\Delta mg}{\Delta x}=\frac{(60-10)\times10^{-3}\times9.8}{(12-2)\times10^{-2}}\ \text{N/m}=4.9\ \text{N/m},$$

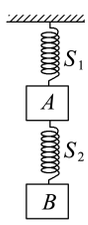
同理，砝码盘的质量

$$m=\frac{k(L_x-L_0)}{g}=\frac{4.9\times(27.35-25.35)\times10^{-2}}{9.8}\ \text{kg}=0.01\ \text{kg}=10\ \text{g}。$$

答案：(1)竖直　(2)静止　L_3　1 mm　(3)L_x　(4)4.9　10

知识点 3　胡克定律的应用

4. 如图所示，两根相同的轻质弹簧 S_1、S_2，劲度系数都为 $k=4\times10^2$ N/m，悬挂重物 A、B 的质量分别为 $m_A=2$ kg、$m_B=4$ kg，取 $g=10$ m/s²，则静止时 S_1、S_2 的伸长量分别为　(　　)



A. 5 cm、10 cm

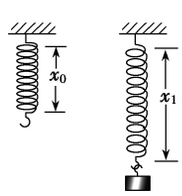
B. 10 cm、5 cm

C. 15 cm、10 cm

D. 10 cm、15 cm

C　**解析**：弹簧 S_1 上的弹力大小 $F_1=(m_A+m_B)g=60$ N，由 $F_1=kx_1$ 得，弹簧 S_1 的伸长量 $x_1=\frac{F_1}{k}=15$ cm；弹簧 S_2 上的弹力大小 $F_2=m_Bg=40$ N，由 $F_2=kx_2$ 得，弹簧 S_2 的伸长量 $x_2=\frac{F_2}{k}=10$ cm，故 C 正确。

5. 如图所示，一根劲度系数为 k 的轻质弹簧，原长为 x_0，下端挂一钩码时长度为 x_1，弹簧在弹性限度内，则　(　　)



A. 此时弹簧弹力的大小为 $k(x_1-x_0)^2$

B. 此时弹簧弹力的大小为 $\frac{x_1-x_0}{k}$

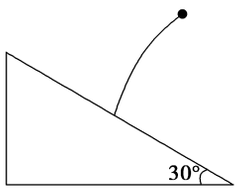
C. 此时弹簧弹力的大小为 $k(x_1-x_0)$

D. 此时弹簧弹力的大小为 kx_1

C　**解析**：轻质弹簧原长为 x_0，下端挂钩码时长度为 x_1，则弹簧的伸长量为 $\Delta x=x_1-x_0$，根据胡克定律得弹簧弹力的大小为 $F=k\Delta x=k(x_1-x_0)$，故选 C。

综合性·创新提升

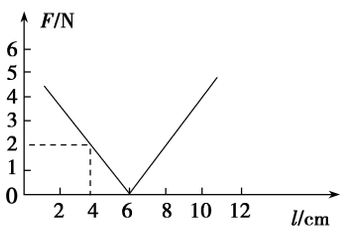
6. 如图所示，一根弹性杆的一端固定在倾角为 30°的斜面上，杆的另一端固定一个重力为 2 N 的小球，小球处于静止状态，则弹性杆对小球的弹力（　　）



A. 大小为 2 N，方向平行于斜面向上
B. 大小为 1 N，方向平行于斜面向上
C. 大小为 2 N，方向垂直于斜面向上
D. 大小为 2 N，方向竖直向上

D　**解析**：小球受重力和杆的支持力（弹力）作用处于静止状态，由平衡条件可知，杆对小球的弹力与小球的重力等大、反向，故 D 正确。

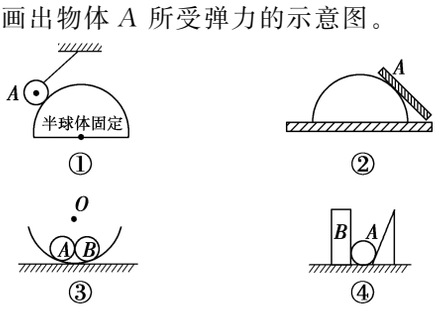
7.（多选）如图所示为一轻质弹簧的弹力大小和长度的关系，根据图像判断，正确的结论是　　（　　）



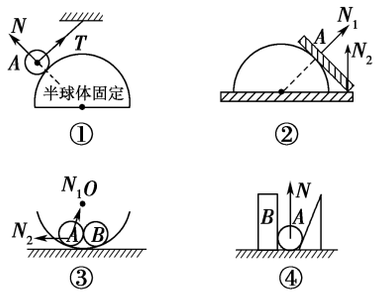
A. 弹簧的劲度系数为 1 N/m
B. 弹簧的劲度系数为 100 N/m
C. 弹簧的原长为 6 cm
D. 弹簧伸长 0.02 m 时，弹力的大小为 4 N

BC　**解析**：由题图可知，弹簧的弹力 $F=0$ 时，弹簧的长度为 $l_0=6$ cm，即弹簧的原长为 6 cm，故 C 正确；弹力大小为 $F_1=2$ N，弹簧的长度为 $l_1=4$ cm 时，弹簧缩短的长度 $x_1=l_0-l_1=6\ \text{cm}-4\ \text{cm}=2\ \text{cm}=0.02\ \text{m}$，由胡克定律得弹簧的劲度系数为 $k=\dfrac{F_1}{x_1}=\dfrac{2}{0.02}\ \text{N/m}=100\ \text{N/m}$，故 A 错误，B 正确；弹簧伸长 0.02 m 时，弹力的大小为 $F=kx=100\times 0.02\ \text{N}=2\ \text{N}$，故 D 错误。

8. 在图中画出物体 A 所受弹力的示意图。

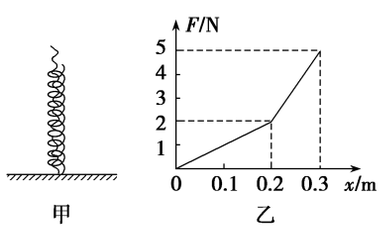


解析：支持力、压力的方向都要与接触面垂直并指向被支持或被压的物体，物体 A 所受弹力的示意图如图所示：



答案：见解析图

9. 一根大弹簧内套一根小弹簧竖直放置，小弹簧比大弹簧长 0.2 m。它们的一端齐平并固定在地面上，另一端处于自然状态，如图甲所示。当压缩此组合弹簧时，测得力与压缩距离之间的关系图像如图乙所示。求两根弹簧的劲度系数 k_1 和 k_2。



解析：由图像知，当 $x_1=0.2$ m 时，$F_1=2$ N，在 0.2 m 之内只有小弹簧被压缩。由胡克定律得 $F_1=k_1x_1$，

所以 $k_1=\dfrac{F_1}{x_1}=\dfrac{2}{0.2}\ \text{N/m}=10\ \text{N/m}$，

从 0.2 m 至 0.3 m 过程中，两弹簧均被压缩。当 $F_2=5$ N 时，小弹簧的压缩量为 $x_2=0.3$ m，

大弹簧的压缩量为

$x_2'=x_2-x_1=0.3\ \text{m}-0.2\ \text{m}=0.1\ \text{m}$，

根据胡克定律得 $k_1x_2+k_2x_2'=F_2$，即

$k_2=\dfrac{F_2-k_1x_2}{x_2'}=\dfrac{5\ \text{N}-10\ \text{N/m}\times 0.3\ \text{m}}{0.1\ \text{m}}=20\ \text{N/m}$。

答案：10 N/m　20 N/m

3　摩擦力

学习任务目标

1.知道什么是摩擦力及摩擦力的分类。（物理观念）
2.能对生活中的摩擦力现象进行分析和推理，会判断摩擦力的有无和方向。（科学思维）
3.能对摩擦力的综合性问题进行分析，会定量分析静摩擦力和滑动摩擦力。（科学思维）
4.能够应用摩擦力的知识，解决实际生产、生活中与摩擦力有关的问题。（科学态度与责任）

问题式预习

知识点一　对滑动摩擦力的理解及计算

1.滑动摩擦力

两个物体相互接触并挤压，当它们沿接触面发生相对滑动时，每个物体的接触面上都会受到对方施加的阻碍相对运动的力。

2.滑动摩擦力的方向

总是沿着接触面，并且跟物体的相对运动方向相反。

3.滑动摩擦力的大小

(1)规律：滑动摩擦力 f 的大小跟压力 N 成正比。

(2)公式：$f=\mu N$，其中 μ 叫作动摩擦因数，它是两个力的比值，没有单位。它的大小与两个接触面的材料、粗糙程度等情况有关。

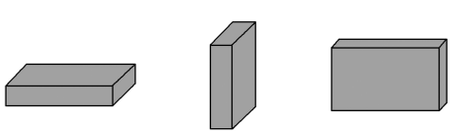
[科学思维]

(1)滑动摩擦力的方向与“相对运动的方向相反”并不是与“运动方向相反”。

(2)滑动摩擦力的作用总是阻碍物体间的相对运动，而不是阻碍物体的运动。

[做一做]

一物体按如图所示不同的方式置于粗糙水平地面上，在水平力 F 的作用下运动，设地面与物体各接触面间的动摩擦因数相等，则物体受到的摩擦力的大小关系是（　　）



A. $f_{甲}>f_{乙}>f_{丙}$　　B. $f_{乙}>f_{甲}>f_{丙}$

C. $f_{丙}>f_{乙}>f_{甲}$　　D. $f_{甲}=f_{乙}=f_{丙}$

D　**解析：**物体在三种情况下所受摩擦力均为滑动摩擦力，由 $f=\mu N=\mu mg$ 知，物体在三种情况下所受摩擦力大小相等，则 A、B、C 错误，D 正确。

知识点二　对静摩擦力的理解及计算

1.定义：当两个彼此接触且相互挤压的物体之间没有发生相对滑动，但它们之间存在相对运动趋势时，在它们的接触面上会产生一种阻碍物体间发生相对运动趋势的力。

2.方向：总是沿着接触面，并且跟物体相对运动趋势的方向相反。

3.大小

(1)决定因素：由物体的运动状态和周围物体对它施加的力的情况决定，但有一个最大值。

(2)最大静摩擦力：静摩擦力的最大值 $f_{静max}$ 与物体将要发生相对运动时所受到的外力大小相等。

(3)大小范围：物体之间实际产生的静摩擦力 $f_{静}$ 在零与最大静摩擦力 $f_{静max}$ 之间，即 $0<f_{静}\leqslant f_{静max}$。

[科学思维]

静摩擦力的大小与正压力无关，但最大静摩擦力与正压力成正比。在实际情况中，最大静摩擦力比滑动摩擦力略大。

[判一判]

(1)静摩擦力就是静止物体受到的摩擦力。（ × ）

(2)静摩擦力的方向一定与物体的运动方向相反。（ × ）

(3)静摩擦力的大小与压力成正比。（ × ）

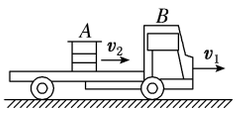
(4)静摩擦力总是发生在相对静止且有相对运动趋势的物体之间。（ √ ）

任务型课堂

任务一 滑动摩擦力的计算及方向的判断

［探究活动］

如图所示，在某一时刻汽车 B 在水平路面上以相对于地面的速度 v_1 向右运动，车上的货物 A 以相对于地面的速度 v_2 向右运动。



(1)若 $v_1<v_2$，分析货物 A 和汽车 B 此时所受到的彼此之间滑动摩擦力的方向。

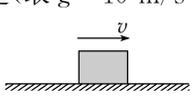
(2)若 $v_1>v_2$，分析货物 A 和汽车 B 此时所受到的彼此之间滑动摩擦力的方向。

提示：(1)若 $v_1<v_2$，货物 A 相对汽车 B 向右滑动，货物 A 受到汽车 B 所施加的向左的滑动摩擦力，汽车 B 受到货物 A 所施加的向右的滑动摩擦力。

(2)若 $v_1>v_2$，货物 A 相对汽车 B 向左滑动，货物 A 受到汽车 B 所施加的向右的滑动摩擦力，汽车 B 受到货物 A 所施加的向左的滑动摩擦力。

［评价活动］

1. 如图所示，水平桌面上有一个向右运动的物体，质量为 4 kg，且物体与桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，现受到一个方向向左的、大小为10 N 的推力作用，此时物体所受的摩擦力是(取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$)　　(　　)

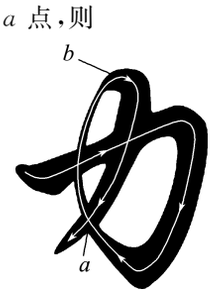


A. 8 N，方向向左　　B. 10 N，方向向右

C. 8 N，方向向右　　D. 2 N，方向向右

A　**解析**：物体所受的摩擦力是 $f=\mu mg=8$ N，方向向左，故选 A。

2.(2025·黑龙江卷)书法课上，某同学临摹“力”字时，笔尖的轨迹如图中带箭头的实线所示。笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点，则　　(　　)



A. 笔尖的位移为 0

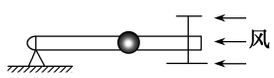
B. 笔尖的路程为 0

C. 两次经过 a 点时笔尖的速度方向相同

D. 两次经过 a 点时笔尖受到的摩擦力方向相同

A　**解析**：笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点，位移为 0，路程不为 0，故 A 正确，B 错误；速度和力为矢量，两次过 a 点时笔尖的速度方向不同，受到摩擦力的方向时刻与相对运动的方向相反，故 C、D 错误。

3. 风洞实验室中可产生沿水平方向的、大小可调节的风力，现将一套有小球的细直杆装置置于风洞实验室，小球孔径略大于细杆直径。当杆在水平方向固定时，调节风力的大小，使小球在杆上做匀速运动，如图所示。这时小球所受风力的大小等于小球重力的 $\frac{1}{2}$，求小球与杆间的动摩擦因数。



解析：由题意知，风力与小球所受的滑动摩擦力二力平衡，得

$F=f$，即 $0.5G=\mu N$，

又 $N=G$，

联立解得 $\mu=0.5$。

答案：0.5

任务总结

1. 滑动摩擦力产生的条件

(1)两物体接触面粗糙；

(2)有弹力；

(3)发生相对运动。

注意：有弹力不一定有摩擦力；有摩擦力一定有弹力。物体静止时也可能受到滑动摩擦力。

2. 滑动摩擦力的方向

滑动摩擦力的方向始终与物体间的相对运动方向相反，但与物体的运动方向不一定相反。滑动摩擦力一定阻碍物体间的相对运动，但不一定阻碍物体的运动。

3. 滑动摩擦力大小的计算方法

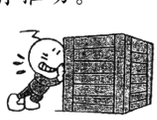
(1)公式法：由 $f=\mu N$ 计算。其中 N 是正压力，其大小不一定等于物体的重力。

(2)二力平衡法：物体做匀速直线运动或静止时，根据二力平衡求解。

任务二 静摩擦力的有无及方向的判断

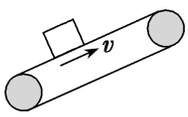
［探究活动］

情境一：小华同学沿水平方向用力推地面上的木箱，如图所示，但没有推动。



(1)木箱是否受摩擦力作用？摩擦力方向如何？

情境二：如图所示，货物被一倾斜传送带匀速送到高处，且货物和传送带相对静止。



(2)货物所受摩擦力为静摩擦力，还是滑动摩擦力？其方向如何？

(3)货物所受摩擦力的方向与其运动方向有什么关系？由此得出，静摩擦力一定是阻力吗？

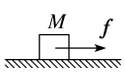
提示：(1)受摩擦力作用，摩擦力方向与水平推力的方向相反，即与木箱相对地面运动趋势的方向相反。

(2)是静摩擦力，其方向沿传送带向上。

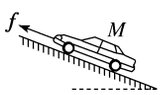
(3)与货物的运动方向相同。不一定，静摩擦力可以是阻力，也可以是动力。

[评价活动]

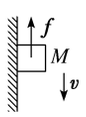
1.下列情境中，物体 M 所受摩擦力 f 的示意图正确的是　　(　　)



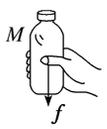
A. 物体静止在粗糙的水平面上



B. 汽车停在斜坡上



C. 物体贴着竖直墙面自由下落



D. 瓶子被握在手中处于静止状态

B　**解析**：物体静止在粗糙的水平面上，没有相对运动或相对运动趋势，则不受摩擦力，故 A 错误；汽车停在斜坡上，由于有下滑的趋势，会受到沿着斜坡向上的静摩擦力，故 B 正确；物体虽贴着竖直墙面，但与竖直墙面之间没有正压力，则不会有摩擦力，故 C 错误；瓶子被握在手中处于静止状态，根据二力平衡，则瓶子受到与重力平衡的静摩擦力，方向竖直向上，故 D 错误。

2.关于静摩擦力，下列说法正确的是　　(　　)

A. 两个表面粗糙的物体，只要直接接触就会产生静摩擦力

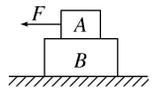
B. 静摩擦力总是阻碍物体的运动

C. 静摩擦力的方向跟物体间的相对运动趋势的方向相反

D. 两个物体之间的静摩擦力大小总是一个定值

C　**解析**：两个表面粗糙的物体，只有直接接触并产生弹性形变，且有相对运动趋势，才会产生静摩擦力，故 A 错误；静摩擦力可以作为阻力，也可以作为动力，静摩擦力的方向总是与物体间的相对运动趋势方向相反，故 B 错误，C 正确；两物体之间的静摩擦力的大小是由外界的作用力来确定的，并非为一个定值，故 D 错误。

3.如图所示，物体 A、B 叠放在水平地面上，水平力 F 作用在 A 上，使二者一起向左做匀速直线运动。下列说法正确的是　　(　　)



A. A、B 之间无摩擦力

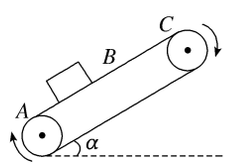
B. A 受到 B 的摩擦力方向水平向左

C. B 受到 A 的摩擦力方向水平向左

D. 地面对 B 的摩擦力为静摩擦力，水平向右

C　**解析**：对物体 A，由于做匀速运动，由水平方向二力平衡可知，B 对 A 的摩擦力必与 F 等大反向，故选项 A、B 错误；对物体 B，由力的作用的相互性可知，A 对 B 的摩擦力一定与 B 对 A 的摩擦力方向相反，则 B 受到 A 的摩擦力方向水平向左，故选项 C 正确；对 A、B 整体分析，由于 A、B 一起向左匀速运动，则地面对 B 的摩擦力为滑动摩擦力，且方向为水平向右，故选项 D 错误。

4.(多选)如图所示为表面粗糙的倾斜皮带传送装置，皮带的传动速度保持不变。物体被无初速度地放在皮带的底端 A 处，开始时物体在皮带上滑动，当它到达位置 B 后就不再相对皮带滑动，而是随皮带一起匀速运动，直至到达顶端 C。在整个传送过程中，物体　　(　　)



A. 在 AB 段受到沿皮带向上的滑动摩擦力

B. 在 AB 段受到沿皮带向下的滑动摩擦力

C. 在 BC 段不受静摩擦力

D. 在 BC 段受到沿皮带向上的静摩擦力

AD　**解析**：在 AB 段，物体相对皮带向下运动，受到沿皮带向上的滑动摩擦力，选项 A 正确；在 BC 段，物体相对皮带有向下运动的趋势，受到沿皮带向上的静摩擦力，选项 D 正确。

任务总结

1.静摩擦力的产生条件

(1)两物体接触面粗糙；

(2)有弹力；

(3)具有相对运动趋势。

2.静摩擦力方向的两种判断方法

(1)假设法

假设接触面是光滑的，判断物体将向哪个方向滑动，即物体相对运动趋势的方向，静摩擦力的方向与相对运动趋势的方向相反。

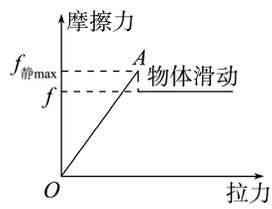
(2)二力平衡法

当物体受静摩擦力处于平衡状态时,可根据二力平衡,判断出静摩擦力的方向。

3.静摩擦力的大小

(1)范围:$0<f_{静}\leqslant f_{静max}$。

一般情况下,最大静摩擦力 $f_{静max}$ 略大于滑动摩擦力,如图所示,但为分析问题方便,可认为二者相等。最大静摩擦力与正压力成正比。

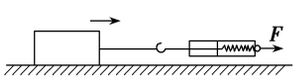


(2)计算:当物体做匀速直线运动或静止时,根据二力平衡求解。

任务三 摩擦力的计算

[探究活动]

把木块放在水平桌面上,用弹簧测力计沿水平方向向右拉木块,如图所示。



当测力计的示数为 1 N 时,木块没有动;逐渐增大拉力至 2 N 时,木块仍静止;继续增大拉力至 4 N 时,木块开始移动,此时拉力突然变小为 3.8 N,此后木块匀速运动,拉力保持 3.8 N 不变。

(1)当测力计的示数为 1 N 时,木块受到的摩擦力多大?逐渐增大拉力至 2 N 时,木块受到的摩擦力多大?

(2)随着拉力的增大,摩擦力有什么变化?继续增大拉力至 4 N 时,木块开始移动,这说明了什么?

(3)此后木块匀速运动,拉力保持 3.8 N 不变,这说明什么?

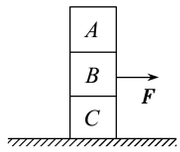
提示:(1)1 N;2 N。

(2)静摩擦力的大小随着拉力的增大而增大,但有一个最大值,即木块与桌面间的最大静摩擦力,当拉力继续增大,开始变为滑动摩擦力;说明木块与桌面间最大静摩擦力为 4 N。

(3)说明木块与桌面间的滑动摩擦力大小为 3.8 N,最大静摩擦力比滑动摩擦力稍大。

[评价活动]

1.(多选)如图所示,在水平地面上叠放着 A、B、C 三个完全相同的物块,当用水平力 F 作用于 B 时,A、B、C 均处于静止状态,则下列判断正确的是(　　)



A. B 对 A 的摩擦力大小等于 F

B. A 对 B 的摩擦力大小等于 $\frac{F}{2}$

C. B 对 C 的摩擦力大小等于 F

D. 地面对 C 的摩擦力大小等于 F

CD　**解析**:以 A 为研究对象,根据平衡条件可知,B 对 A 没有摩擦力,由力的作用是相互的可知,A 对 B 也没有摩擦力;以 B 为研究对象,根据平衡条件可知,C 对 B 的摩擦力大小等于 F,方向水平向左,则 B 对 C 的摩擦力大小等于 F,方向水平向右;以 C 为研究对象,根据平衡条件知,地面对 C 的摩擦力大小等于 F,方向水平向左。故 A、B 错误,C、D 正确。

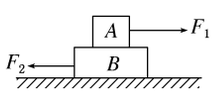
2.重力为 400 N 的木箱静止在水平地面上,木箱与地面间的最大静摩擦力是 85 N,动摩擦因数为 0.2。如果用 90 N 的水平作用力推木箱,则木箱运动状态稳定后受到的摩擦力大小是　　(　　)

A. 0　　B. 50 N

C. 80 N　　D. 85 N

C　**解析**:木箱与地面间的最大静摩擦力是 85 N,用 90 N 的水平作用力推木箱时,由于 90 N>85 N,木箱会相对地面运动,运动状态稳定后,木箱受到的摩擦力是滑动摩擦力,滑动摩擦力的大小为 $f=\mu N=0.2\times 400\ \text{N}=80\ \text{N}$。

3.如图所示,A、B 两物体的重力都为 10 N,各接触面间的动摩擦因数都等于 0.3。$F_1=1$ N 和 $F_2=2$ N 的两个水平力分别作用在 A 和 B 上,A、B 均静止,则 A 受到的摩擦力和地面对 B 的摩擦力大小分别为　　(　　)



A. 3 N,6 N　　B. 1 N,2 N

C. 1 N,1 N　　D. 0,1 N

C　**解析**:因两个物体都处于静止状态,故所受的摩擦力均为静摩擦力。对物体 A 受力分析可知 $f_A=F_1=1$ N;则 B 受到 A 的摩擦力 $f'_A=1$ N,设 B 受到地面的摩擦力为 f_B,对 B 受力分析,由平衡条件可知 $F_2=F_1+f_B$,解得 $f_B=1$ N。故选项 C 正确。

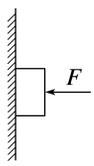
4.如图所示,用水平力 F 将一木块压在竖直墙壁上,已知木块所受的重力 $G=6$ N,木块与墙壁间的动摩擦因数 $\mu=0.25$。问:

(1)当 $F=25$ N 时,木块没有动,木块受到的摩擦力为多大?

(2)当 F 增大为 30 N 时,木块仍静止,木块受到的摩擦力为多大?

(3)当 $F=6$ N 时,木块受到的摩擦力又为多大?

解析:(1)当 $F=25$ N 时,木块没有动,则木块在竖直方向上受到的重力和静摩擦力平衡,即 $f_1=G=6$ N。



(2)当 F 增大为 30 N 时,木块仍静止,木块在竖直方向上仍然只受重力和静摩擦力,且二力平衡,即 $f_2=G=6$ N。

(3)当 $F=6$ N 时,$N'=6$ N,$f_3=\mu N'=0.25\times 6$ N $=1.5$ N$<G=6$ N,木块将沿竖直墙壁下滑,则木块受到的滑动摩擦力为 $f_3=1.5$ N。

答案:(1)6 N　(2)6 N　(3)1.5 N

任务总结

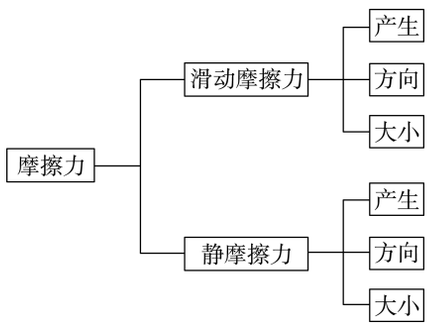
摩擦力大小的计算思路

(1)首先要判定是静摩擦力还是滑动摩擦力。

(2)对于静摩擦力:物体处于匀速直线运动或静止状态时,可以根据二力平衡条件求解,也可以用其他方法求解(以后会学习)。

(3)对于滑动摩擦力:根据公式法或二力平衡求解。

▶提质归纳



课后素养评价(十三)

基础性·能力运用

知识点 1　滑动摩擦力大小的计算及方向的判断

1.由滑动摩擦力公式可推出 $\mu=\dfrac{f}{N}$,则下列说法正确的是　(　　)

A. f 越大,μ 越大

B. N 越大,μ 越小

C. μ 与 f 成正比,与 N 成反比

D. μ 的大小与 f 和 N 均无关,是由两物体接触面的情况及其材料决定的

D　**解析**:μ 只与接触面的材料及粗糙程度有关,与 f、N 无关,是由两物体接触面的情况及其材料决定的。由滑动摩擦力公式 $f=\mu N$ 可知,μ 一定时,f 与 N 成正比。

2.三个质量相同的物体,与水平桌面间的动摩擦因数均相同,由于所受的水平拉力不同,A 做匀速运动,B 做加速运动,C 做减速运动。那么,它们受到的摩擦力的大小关系应是　(　　)

A. $f_B>f_A>f_C$

B. $f_B<f_A<f_C$

C. $f_B=f_A=f_C$

D. 不能比较大小

C　**解析**:三个物体对地面的正压力 N 的大小均等于 mg,且动摩擦因数相同,故三者受到的滑动摩擦力大小相等,选项 C 正确。

知识点 2　静摩擦力大小的计算及方向的判断

3.关于摩擦力,下列说法正确的是　(　　)

A. 运动中的物体不可能受静摩擦力作用,只能受滑动摩擦力作用

B. 物体受到弹力作用时,一定受到摩擦力作用

C. 握在手中的瓶子握得越紧越不容易滑落,是因为握得越紧静摩擦力越大

D. 无论是滑动摩擦力还是静摩擦力,都可以具有动力作用

D　**解析**:运动的物体一样可以受到静摩擦力的作用,如加速运动的汽车上相对汽车静止的物体,故 A 错误;物体受到摩擦力作用时,一定受到弹力作用,而受到弹力时,不一定受到摩擦力,故 B 错误;将瓶子握在手中,握得越紧越不容易滑落下来,是因为握得越紧,最大静摩擦力越大,而瓶子的静摩擦力不变,仍等于重力,故 C 错误;对于滑动摩擦力、静摩擦力,只要和运动的方向相同,都可以具有动力作用,故 D 正确。

4.大熊猫被誉为“活化石”和“中国国宝”。如图所示,大熊猫正在爬树,假设大树竖直,大熊猫在竖直方向上只受重力和摩擦力。下列说法正确的是　(　　)



A. 若大熊猫正在匀速向上爬，它受到的摩擦力向下
B. 若大熊猫正在匀速向下爬，它受到的摩擦力向上
C. 大熊猫匀速向上爬的速度越大，它受到的摩擦力越大
D. 若大熊猫不小心从树上掉下，它在下落过程中不再受到重力的作用

B　**解析**：大熊猫无论匀速向上爬还是向下爬，均处于平衡状态，摩擦力与重力平衡，所以大熊猫所受摩擦力均竖直向上，故 A 错误，B 正确；只要大熊猫处于平衡态，摩擦力与重力永远等大、反向，与大熊猫匀速向上爬的速度大小无关，故 C 错误；大熊猫永远都受到重力的作用，大熊猫下落过程中仍受到重力的作用，故 D 错误。

综合性·创新提升

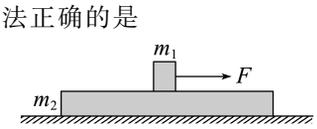
5. 关于摩擦力，下列说法正确的是　（　）
A. 正压力越大，摩擦力可能越大，也可能不变
B. 摩擦力的方向一定与物体的运动方向相反
C. 静摩擦力的方向一定与物体的运动方向共线
D. 受静摩擦力的物体一定静止，受滑动摩擦力的物体一定运动

A　**解析**：正压力越大，若是滑动摩擦力，则摩擦力越大，若是静摩擦力，则可能不变，选项 A 正确；摩擦力的方向一定与物体的相对运动方向或者相对运动趋势方向相反，选项 B 错误；静摩擦力的方向可以与物体的运动方向成任意角度，选项 C 错误；受静摩擦力的物体不一定静止，例如随水平加速运动的传送带一起运动的物体，受滑动摩擦力的物体不一定运动，例如物体在水平地面上滑动，静止的地面受滑动摩擦力，选项 D 错误。

6.（多选）下列关于摩擦力的说法，正确的是　（　）
A. 摩擦力的大小一定与压力成正比
B. 运动的物体可能受到静摩擦力
C. 滑动摩擦力一定是阻力
D. 摩擦力可能是动力

BD　**解析**：只有滑动摩擦力的大小才与压力成正比，故 A 错误；静止的物体可能受到滑动摩擦力，运动的物体可能受到静摩擦力，例如正在随倾斜传送带上升的物体受到静摩擦力的作用，故 B 正确；滑动摩擦力只是阻碍相对运动，不一定阻碍运动，可以作为动力，如无初速度放在水平传送带上的物体，故 C 错误，D 正确。

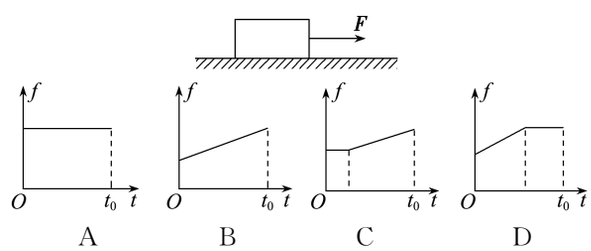
7.（多选）如图所示，质量为 m_1 的木块在质量为 m_2 的长木板上，木块受到向右的拉力 F 的作用而向右滑行，长木板处于静止状态。已知木块与木板间的动摩擦因数为 μ_1，木板与地面间的动摩擦因数为 μ_2。下列说法正确的是　（　）



A. 木板受到地面的摩擦力的大小一定是 $\mu_1 m_1 g$，方向向左
B. 木板受到地面的摩擦力的大小一定是 $\mu_2(m_1+m_2)g$，方向向左
C. 木板受到木块的摩擦力的大小一定是 $\mu_1 m_1 g$，方向向左
D. 无论怎样改变 F 的大小，木板都不可能运动

AD　**解析**：木板静止，地面给木板向左的静摩擦力与木块给木板向右的滑动摩擦力平衡，大小为 $\mu_1 m_1 g$，A 正确；$\mu_2(m_1+m_1)g$ 是地面提供的最大静摩擦力，木板实际受的是静摩擦力，不等于这个值，B 错误；木板受到木块的摩擦力方向向右，大小为 $\mu_1 m_1 g$，不是向左，C 错误；无论 F 多大，木块、木板之间永远是滑动摩擦力，大小恒为 $\mu_1 m_1 g$，D 正确。

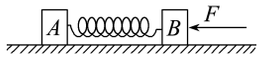
8.（多选）如图所示，放在粗糙水平面上的木块处于静止状态。从 $t=0$ 时刻开始受到一个水平拉力 $F=F_0+kt$（式中 F_0、k 均为常数且 $k>0$）作用。已知最大静摩擦力和滑动摩擦力相等，则下图中能正确反映 t_0 时间内，木块受到地面的摩擦力 f 随时间 t 变化规律可能的是　（　）



ABD　**解析**：若将力 F 加在木块上后，木块立即开始运动，即 $F_0>\mu mg$，则木块受的摩擦力始终为滑动摩擦力，根据 $f=\mu mg$ 可知，滑动摩擦力的大小与拉力 F 的大小无关，故 A 正确；木块在水平方向受到拉力 F 的作用，若 t_0 内静止，且产生向右的运动趋势，则要受到静摩擦力的作用，根据二力平衡可知，水平方向的静摩擦力的大小与拉力 F 的大小始终相等，即 $f=F=F_0+kt$，为时间的线性函数，故 B 正确；若开始时刻 $F_0<\mu mg$，一段时间后 $F>\mu mg$，则木块先受到静摩擦力作用，f 为时间的线性函数，后受到滑动摩擦力的作用，滑动摩擦力的大小与拉力 F 的大小无关，故 C 错误，D 正确。

9.（多选）木块 A、B 的重力均为 40 N，它们与水平地面间的动摩擦因数均为 0.25，夹在 A、B 之间的轻弹簧被压缩了 $\Delta x=2.0$ cm，弹簧的劲度系数 $k=$

400 N/m，系统置于水平地面上静止不动，假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。现用 $F=9$ N 的水平力作用力推木块 B，如图所示，力 F 作用后（　　）



A. 木块 A 所受静摩擦力大小为 8 N

B. 弹簧的压缩量变为 2.5 cm

C. 木块 B 所受静摩擦力为 0

D. 木块 B 所受静摩擦力大小为 1 N

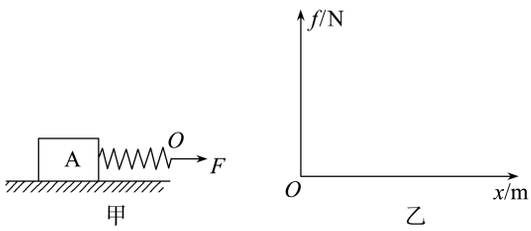
AD　**解析**：由胡克定律，得 $F_{弹}=k\Delta x=400$ N/m $\times 0.02$ m $=8$ N，木块与地面间的最大静摩擦力为 $f_{静max}=\mu mg=0.25\times 40$ N $=10$ N，因 A、B 均静止，则静摩擦力为 8 N。当施加水平推力 $F=9$ N 时，B 水平方向受到向右的弹簧弹力 $F_1=8$ N，向左的推力 $F=9$ N，故静摩擦力变为1 N，B 仍静止，故 C 错误，D 正确；施加水平推力 $F=9$ N 后，弹簧长度没有变化，A 水平方向受到的弹力不变，根据平衡条件得 $f'_A=F_{弹}=8$ N，故 A 正确，B 错误。

10. 用劲度系数 $k=500$ N/m 的轻弹簧连接的滑块 A 静止在水平桌面上，弹簧没有形变，如图甲所示。已知 $G_A=500$ N，A 与桌面间的动摩擦因数为 $\mu=0.50$。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，用水平力 F 作用于弹簧右侧端点 O，让 F 从零逐渐增大，当 A 动起来后，使 A 向右缓慢匀速前进 0.4 m。

(1)求当 O 点向右运动的位移 $x_1=0.4$ m 时，A 受到的摩擦力大小。

(2)当 O 点向右运动的位移 x_2 为多少时，A 开始运动？

(3)以 A 所受摩擦力 f 为纵坐标，O 点移动的位移大小 x 为横坐标，在图乙中作出 f 随 x 变化的图像。



解析：(1)最大静摩擦力 $f_{静max}=\mu N=\mu G_A=250$ N，根据胡克定律，可知

$F=kx_1=500$ N/m $\times 0.4$ m $=200$ N，

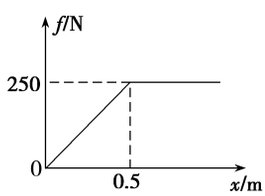
则 $F<f_{静max}$，滑块 A 不动，$f=F=200$ N。

(2)弹簧弹力等于 $f_{静max}$ 时，则有

$f_{静max}=kx_2$，

可知 $x_2=0.5$ m。

(3)如图所示：



答案：(1)200 N　(2)0.5 m　(3)见解析图

4　力的合成

学习任务目标

1. 知道合力、分力、力的合成、共点力的概念。（物理观念）

2. 掌握力的平行四边形定则，并知道它遵循矢量运算的普遍法则。（科学思维）

3. 能够通过实验探究两个互成角度的力的合成规律。（科学探究）

问题式预习

知识点　力的合成方法

1. 几个力可以用一个力来替代

(1)合力与分力。

①定义：如果力 F 的作用效果与力 F_1 和 F_2 共同作用的效果相同，就称 F 为 F_1 和 F_2 的合力，F_1 和 F_2 为 F 的分力。

②合力与分力的关系：合力与分力是作用效果上的一种等效替代关系。

(2)力的合成：求几个力的合力的过程叫作力的合成。

(3)共点力：作用于物体上同一点，或者作用在同一个物体上且力的作用线相交于同一点的几个力。

2. 互成角度的力的合成规律

(1)平行四边形定则。

求两个成一定角度的力的合力时，如果用表示两个共点力 F_1 和 F_2 的线段为邻边作平行四边形，那么合力 F 的大小和方向可用这两个邻边之间的对角线表示出来，这种方法叫平行四边形定则。

(2)三角形定则。

两个力合成时，可以把原来两个力的有向线段首尾相接，然后从第一个力的始端向第二个力的末端画一条有向线段，这个有向线段可以表示合力，这种

求合力的方法叫作力的三角形定则。

(3)求多个共点力的合力的方法

先求任意两个力的合力,再求这个合力与第三个力的合力,直到把所有的力都合成进去,最后得到的结果就是这些力的合力。

[科学思维]

合力与分力是“等效替代”的关系,即合力的作用效果与几个分力共同作用时的效果相同。合力的作用效果可以替代这几个分力的作用效果,不能认为合力与分力同时作用在物体上。

[判一判]

(1)作用在同一物体上的几个力一定是共点力。(×)

(2)共点力一定作用于物体上的同一点。(×)

(3)作用在同一物体上的力的合力一定为零。(×)

(4)两个共点力共同作用的效果与其合力作用的效果相同。(√)

任务型课堂

任务一 合力与分力关系的理解

[探究活动]

大家都很熟悉“曹冲称象”的故事。在船的吃水线相同的情况下,一头大象的重力与一堆石头的重力相当。

(1)“曹冲称象”中包含什么思想方法?

(2)请结合生活经验再举一个相似的例子。

提示:(1)其中包含了等效替代的思想方法,即一头大象和一堆石头对船的作用效果相同。

(2)例如,一桶水可以由一个成年人单独提起,也可以由两个小孩共同提起。两个小孩对水桶的作用效果与一个成年人对水桶的作用效果相同。

[评价活动]

1.关于两个力 F_1、F_2 及它们的合力 F 的说法,正确的是 ( )

A. 合力 F 与 F_1、F_2 共同产生的效果可能不相同

B. 两力 F_1、F_2 一定是同种性质的力

C. 两力 F_1、F_2 一定是同一个物体受的力

D. 两力 F_1、F_2 与 F 是物体同时受到的三个力

C **解析**:两个分力的作用效果与其合力的作用效果一定是相同的,合力可以等效替代两个分力,故A错误;两力 F_1、F_2 可以是同种性质的力,也可以不是同种性质的力,故B错误;两力 F_1、F_2 一定是同一个物体受的力,作用在不同物体上的力是不能合成的,故C正确;合力的作用效果与几个分力共同作用的效果相同,两力 F_1、F_2 的合力 F 可以替代 F_1、F_2 产生的共同效果,但是两力 F_1、F_2 与合力 F 不能是物体同时受到的三个力,故D错误。

2.已知两个分力的大小为 F_1、F_2,它们的合力大小为 F,则下列说法正确的是 ( )

A. 不可能出现 $F<F_1$ 同时 $F<F_2$ 的情况

B. 不可能出现 $F>F_1$ 同时 $F>F_2$ 的情况

C. 不可能出现 $F<F_1+F_2$ 的情况

D. 不可能出现 $F>F_1+F_2$ 的情况

D **解析**:如果 F_1 与 F_2 大小相等、方向相反,则其合力为零,既小于 F_1 又小于 F_2,故A错误;如果 F_1、F_2 同向,则合力 $F=F_1+F_2$,既大于 F_1 又大于 F_2,故B错误;合力 F 的范围为 $|F_1-F_2|\leqslant F\leqslant F_1+F_2$,故C错误,D正确。

3.两个共点力 F_1 和 F_2 的合力大小为 6 N,则 F_1 和 F_2 的大小不可能是 ( )

A. $F_1=2$ N,$F_2=9$ N

B. $F_1=4$ N,$F_2=8$ N

C. $F_1=2$ N,$F_2=8$ N

D. $F_1=2$ N,$F_2=7$ N

A **解析**:选项A中两个力的合力范围为7~11 N,选项A不可能;选项B中两个力的合力范围为4~12 N,选项B可能;选项C中两个力的合力范围为6~10 N,选项C可能;选项D中两个力的合力范围为5~9 N,选项D可能。

4.有三个力,大小分别为13 N、3 N、29 N。那么这三个力的合力的最大值和最小值分别是 ( )

A. 29 N,3 N　　B. 45 N,0

C. 45 N,13 N　　D. 29 N,13 N

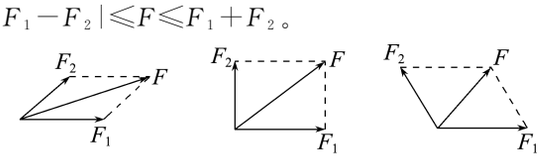
C **解析**:当三个力同方向时,合力最大,为45 N;任取其中两个力,如取13 N、3 N两个力,其合力范围为10 N$\leqslant F\leqslant$16 N,29 N不在该范围之内,故合力不能为零,当13 N、3 N的两个力同向,且与29 N的力反向时,合力最小,最小值为13 N,故C正确。

任务总结

1.合力与分力的关系:等效替代关系(不能认为合力和分力同时作用在物体上)。

2.力的合成遵循的规律:平行四边形定则或三角形定则。

(1)当两个分力大小不变时,合力 F 随两分力夹角 θ 的增大而减小,合力的大小取值范围为 $|F_1-F_2|\leqslant F\leqslant F_1+F_2$。

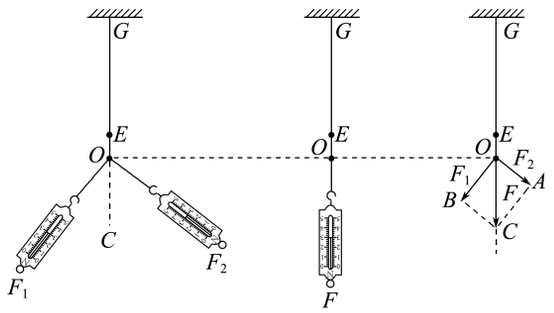


(2)合力的大小可能大于某一分力,可能小于某一分力,也可能等于某一分力。

任务二　探究两个互成角度的力的合成规律

［探究活动］

如图所示，图甲中第一次操作用两个弹簧测力计拉橡皮条，图乙中第二次操作用一个弹簧测力计拉橡皮条，两次实验操作用同一装置。



(1)在图甲、乙两次操作中均拉动橡皮条，使之都从 E 点伸长到 O 点，为什么这么操作？

(2)作出力的图示，用虚线把 F、F_1 和 F_2 的末端连接，如图丙所示，你有什么猜想？

提示：(1)使题图甲中 F_1 与 F_2 的作用效果与题图乙中 F 的作用效果相同。

(2)在误差允许的范围内，表示 F 的有向线段刚好和以 F_1、F_2 有向线段为邻边形成的平行四边形的对角线重合。

［评价活动］

1.在“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验中，下列说法正确的是（　　）

A. 两分力的夹角越大越好

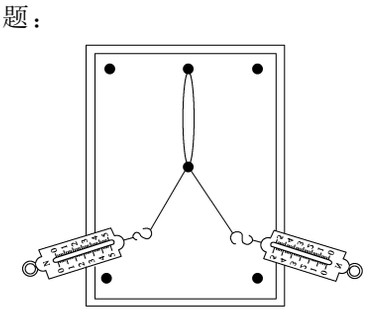
B. 改用一个弹簧测力计拉时，必须将橡皮条结点拉至同一位置 O

C. 系橡皮条的细绳应尽可能短些

D. 若 F 与 F' 不重合，证明平行四边形定则错误

B　**解析**：两分力的夹角很大时，会导致误差增大，A 错误；为保证作用效果相同，两次拉橡皮条时，必须使结点被拉至同一位置 O，B 正确；系橡皮条的细绳应尽量长些，便于确定拉力的方向，C 错误；验证过程中，因读数、作图等误差因素的存在，F 与 F' 不完全重合是正常的，D 错误。

2.在“互成角度的两个共点力的合成”的实验中，请回答下列问题：



(1)某同学在做实验时，弹簧测力计平行于板面，如图所示放置，然后记录力的大小和方向，请你指出这样操作的错误之处：_____。

(2)关于此实验，下列叙述正确的是_____。

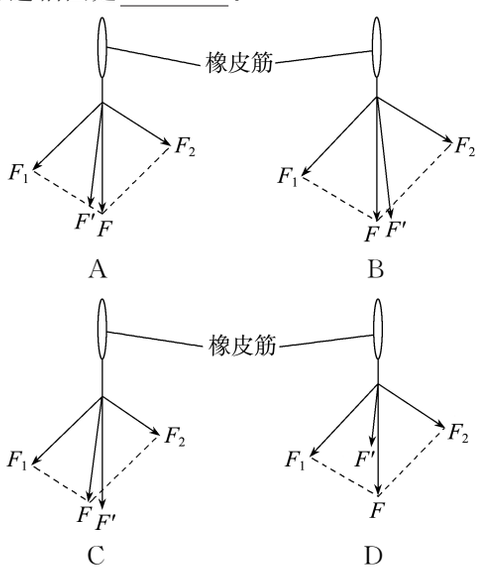
A. 两个分力 F_1、F_2 的大小要适当小一些

B. 两个分力 F_1、F_2 间夹角越大越好

C. 拉橡皮筋时，弹簧测力计、橡皮筋、细绳应贴近木板且与木板平面平行

D. 弹簧测力计应先在竖直方向调零

(3)在实验中有同学画了以下力的图示，图中 F_1、F_2 是用两个弹簧测力计同时拉橡皮筋时各自的拉力，F' 是用一个弹簧测力计拉橡皮筋时的拉力；画出了 F_1、F_2、F' 的图示，以表示 F_1、F_2 的有向线段为邻边画平行四边形，以 F_1、F_2 交点为起点的对角线用 F 表示，在以下四幅图中，只有一幅图是合理的，这幅图是_____。



解析：(1)弹簧测力计的轴线和细线不在一条直线上。

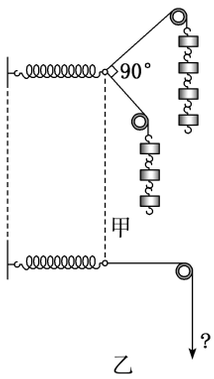
(2)两个分力 F_1、F_2 的大小要适当大一些，可以减小误差，故 A 错误；两个分力 F_1、F_2 间夹角适中即可，不是越大越好，故 B 错误；拉橡皮筋时，弹簧测力计、橡皮筋、细绳应贴近木板且与木板平面平行，可以避免产生摩擦，故 C 正确；弹簧测力计只需水平调零，若竖直调零，会因为测力计本身的自重引起误差，故 D 错误。

(3)F 是理论值，存在误差，不一定与橡皮筋的伸长方向共线；F' 是用一个弹簧测力计拉橡皮筋时的拉力，是实际值，一定与橡皮筋伸长方向共线。故 C 合理。

答案：(1)弹簧测力计的轴线和细线不在一条直线上　(2)C　(3)C

3.在进行“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验中，用如图甲所示的两个力拉弹簧使之伸长至某

一位置，并适当调整力的方向，使两力之间的夹角为90°。（图中钩码规格相同）



(1)换用一个力拉弹簧如图乙所示，使弹簧的伸长量与两个力作用时相同，此时需要挂_____个与图甲中相同规格的钩码。

(2)你对合力与分力遵循什么样的规律的猜想是_____。

(3)本实验采用的科学方法是_____。

A. 理想实验法　　B. 等效替代法

C. 控制变量法　　D. 物理模型法

解析：(1)设一个钩码的重力为G，题图甲中互成90°的两个力大小分别为$4G$和$3G$，则合力为$5G$，故题图乙中为了保持拉力的作用效果相同，要挂5个相同的钩码。

(2)根据钩码个数及夹角的关系，可猜想出力的合成遵循平行四边形定则或三角形定则。

(3)该实验中保证了合力与几个分力共同作用的效果相同，运用了等效替代法，故选B。

答案：(1)5　(2)力的合成遵循平行四边形定则（或三角形定则）　(3)B

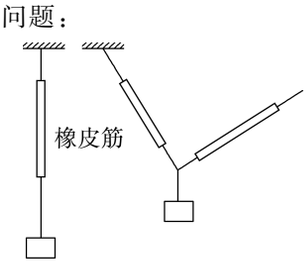
4. 小明同学学习了平行四边形定则后，想通过实验来验证一下。小明在实验室里找到两根完全相同的橡皮筋（在拉伸时遵循胡克定律）、几根细绳、一个钩码、一把刻度尺等器材，具体操作步骤如下：

①在橡皮筋的两端各连接一段细绳，测得橡皮筋的原长为l_0；

②用其中一根橡皮筋竖直悬挂钩码，保持静止，并进行测量；

③把第二根橡皮筋一端的细绳固定连接到第一根橡皮筋下端的细绳上，并缓慢拉动第二根橡皮筋另一端的细绳，直到两根橡皮筋相互垂直，如图所示，保持静止，并进行测量。

请回答以下问题：

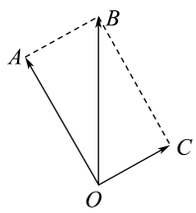


(1)请写出：小明同学在第②步中需要测量的物理量及符号_____；第③步中需要测量的物理量及符号_____。

(2)小明同学测量的各物理量近似满足关系式_____时，则可验证共点力的合成满足平行四边形定则。

解析：(1)当橡皮筋竖直悬挂钩码并保持静止时，为了确定橡皮筋的弹力大小，需要确定其形变量，即在第②步中需要测量悬挂钩码后橡皮筋的实际长度l_1，此时形变量为l_1-l_0，同理可知在第③步中需要测量两根橡皮筋的实际长度l_2和l_3，此时两根橡皮筋的形变量分别为l_2-l_0与l_3-l_0。

(2)根据二力平衡原理，第二次两根橡皮筋的拉力的合力大小和第一次一根橡皮筋的拉力大小相等，方向相同，在同一个图中作出表示这三个力的有向线段OB、OA、OC，连接AB和BC，如图所示：



若力的合成满足平行四边形定则，则四边形$OABC$为平行四边形，结合实验条件可知图中的三角形为直角三角形，设橡皮筋的劲度系数为k，根据勾股定理有$k^2(l_1-l_0)^2=k^2(l_2-l_0)^2+k^2(l_3-l_0)^2$，消去$k^2$，则有$(l_1-l_0)^2=(l_2-l_0)^2+(l_3-l_0)^2$。

答案：(1)悬挂钩码后橡皮筋的实际长度l_1　两根橡皮筋的实际长度l_2和l_3

(2)$(l_1-l_0)^2=(l_2-l_0)^2+(l_3-l_0)^2$

任务总结

实验中的注意事项

(1)为使合力的作用效果与两个分力共同作用的效果相同，必须保证两次实验中结点的位置不变。

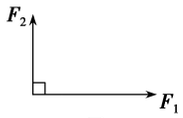
(2)利用平行四边形定则求得的合力与实际的合力往往不相同，但实际的合力一定沿橡皮筋伸长的方向。

(3)在同一次实验中，选定的标度要相同，严格按力的图示和几何作图法的要求作出平行四边形，求出合力。

任务三　求合力的方法——作图法、计算法

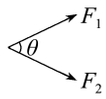
[探究活动]

(1)如图甲所示，当两个力互相垂直时怎样用计算法求合力？



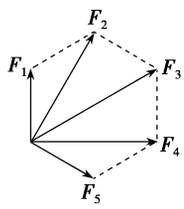
甲

(2)如图乙所示,怎样求两个大小相等、夹角为θ的力($F_1=F_2=F$)的合力?



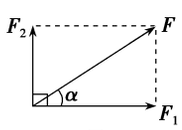
乙

(3)如图丙所示,如何求多个力的合力?

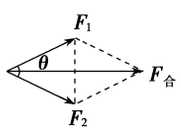


丙

提示:(1)互相垂直的两个力的合成,如图甲所示,根据勾股定理$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$,合力F与分力F_1的夹角满足$\tan\alpha=\frac{F_2}{F_1}$。



甲



乙

(2)夹角为θ的两个等大的力的合成,如图乙所示,作出的平行四边形为菱形,利用“菱形的对角线互相垂直且平分”这一基本性质,解直角三角形求得合力$F_{合}=2F\cos\frac{\theta}{2}$,合力与每一个分力的夹角等于$\frac{\theta}{2}$。

(3)可以用作图法(平行四边形定则或三角形定则)或计算法先求出任意两个力的合力,再求出这个合力跟第三个力的合力,直到把所有的力都合成进去,最后得到的结果就是这些力的合力。

[评价活动]

1.(2025·福建卷)如图所示,山崖上有一个风动石,无风时地面对风动石的作用力是F_1,当受到一个水平风力时,风动石依然静止,此时地面对风动石的作用力是F_2。以下说法正确的是　(　)



A. F_2大于F_1

B. F_1大于F_2

C. F_1等于F_2

D. 大小关系与风力大小有关

A　**解析**:无风时,对风动石在竖直方向上受力分析,可得$F_1=mg$,有风时,风动石受到重力、地面对风动石的作用力以及风力的作用,则$F_2=\sqrt{(mg)^2+F_{风}^2}$,故$F_2>F_1$,A正确,B、C、D错误。

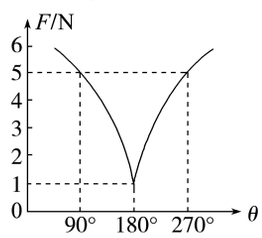
2.两个大小相等的共点力F_1和F_2,当它们的夹角为90°时,合力大小为F。如果它们的夹角为60°时,那么合力大小为　(　)

A. $\frac{\sqrt{2}}{2}F$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{2}F$

C. $\frac{\sqrt{5}}{2}F$　　D. $\frac{\sqrt{6}}{2}F$

D　**解析**:当两个力夹角为90°时,$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$,所以$F_1=F_2=\frac{\sqrt{2}}{2}F$;当两个力夹角为60°时,根据平行四边形定则,$F_{合}=2F_1\cos30°=\frac{\sqrt{6}}{2}F$,故选D。

3.两个共点力F_1和F_2的大小不变,它们的合力F与两分力F_1和F_2之间夹角θ的关系如图所示,求合力F大小的变化范围。



解析:设两个分力大小关系为$F_1>F_2$,由题图知当两分力夹角为90°时,有$\sqrt{F_1^2+F_2^2}=5$ N,

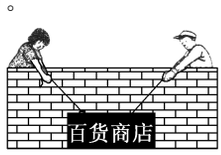
当两分力夹角为180°时,有$F_1-F_2=1$ N,

联立解得$F_1=4$ N,$F_2=3$ N,

则合力F大小的变化范围是1～7 N。

答案:1～7 N

4.如图所示,两个人共同用力将一个牌匾拉上墙头,其中一个人用了450 N的拉力,另一个人用了600 N的拉力。如果这两个人所用拉力的夹角是90°,求这两个拉力的合力。



解析:设$F_1=450$ N,$F_2=600$ N,合力为F,画力的示意图并作平行四边形。由于F_1与F_2间的夹角为90°,根据勾股定理,得

$F=\sqrt{450^2+600^2}$ N$=750$ N,

合力F与F_1的夹角θ的正切值

$\tan\theta=\frac{F_2}{F_1}=\frac{600}{450}=\frac{4}{3}$,

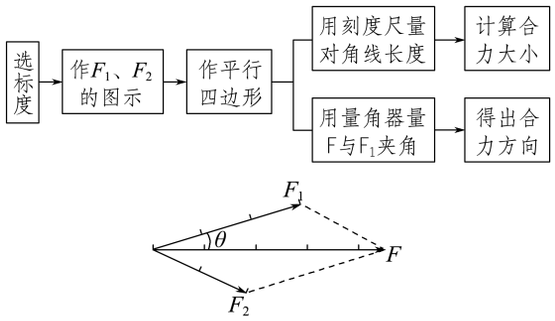
所以$\theta=53°$。

答案:750 N,方向与较小拉力的夹角为53°

任务总结

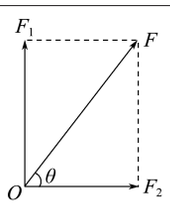
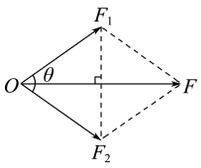
1.合力的求解方法

(1)作图法

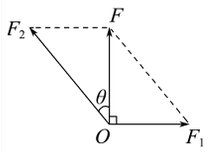


(2)计算法

两分力不共线时,可以根据平行四边形定则作出分力及合力的示意图,然后由几何知识求解对角线,即为合力。以下为求合力的三种特殊情况:

类型	作图	合力的计算
两分力相互垂直		大小: $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$; 方向: $\tan\theta=\frac{F_1}{F_2}$
两分力等大,夹角为θ		大小: $F=2F_1\cos\frac{\theta}{2}$; 方向: F与F_1夹角为$\frac{\theta}{2}$ (当$\theta=120°$时, $F=F_1=F_2$)

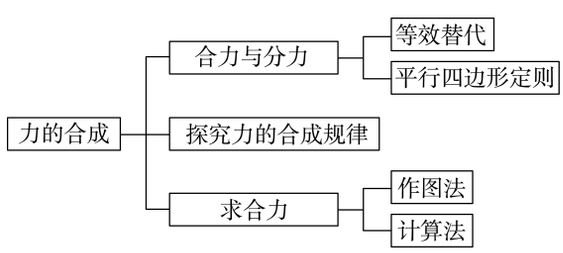
续表

类型	作图	合力的计算
合力与其中一个分力垂直		大小: $F=\sqrt{F_2^2-F_1^2}$; 方向: $\sin\theta=\frac{F_1}{F_2}$

2.“作图法”和“计算法”的优、缺点

“作图法”和“计算法”各有优缺点。“作图法”便于理解矢量的概念,形象直观,但不够精确,会出现误差;“计算法”是先根据平行四边形定则作出力的合成的示意图,然后利用数学知识求出合力。作图时,可通过添加辅助线得到一些特殊的三角形,如直角三角形、等边三角形、等腰三角形等,这样便于计算。

提质归纳



课后素养评价(十四)

基础性·能力运用

知识点1　对合力与分力关系的理解

1.两个共点力F_1和F_2,其合力为F,则下列说法正确的是(　　)

A. 合力一定大于任一分力

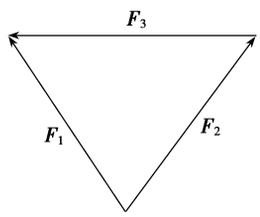
B. 两分力大小不变、夹角增大时,合力增大

C. 分力F_1、F_2都增大时,合力F一定增大

D. 合力大小有可能大于任一分力,也可能小于任一分力,还可能与两个分力都相等

D　**解析**:合力与分力之间满足平行四边形定则,两力合力的范围为$|F_1-F_2|\leqslant F_{合}\leqslant F_1+F_2$,两个力的合力可以大于分力,也可以小于、等于分力,故A错误,D正确;根据平行四边形定则可知,两分力的大小不变,夹角增大时,合力减小,故B错误;分力F_1、F_2都增大时,若两分力间的夹角增大,则合力F不一定增大,故C错误。

2.一个质量为m的物体受到三个共点力F_1、F_2、F_3的作用,这三个力的大小和方向刚好构成如图所示的三角形,则这物体所受的合力是(　　)



A. $2F_1$　　B. $2F_2$

C. $2F_3$　　D. 零

A　**解析**：根据三角形定则，F_3与F_2的合力等于从F_2的起点到F_3的终点的有向线段，即与F_1相同，故合力等于2倍的F_1。

3.下列说法正确的是　　（　　）

A. 两个共点力共同作用的效果与其合力单独作用的效果相同

B. 合力的作用效果与物体受到的每一个力的作用效果都相同

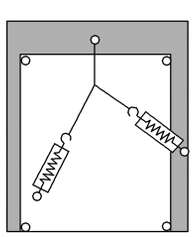
C. 把物体受到的几个力的合力求出后，则物体只受一个力

D. 性质不同的力可以合成，作用在不同物体上的力也可以合成

A　**解析**：几个力共同作用的效果与某一个力单独作用的效果相同，这一个力称为那几个力的合力，所以A正确，B错误；合力和它的分力是力的作用效果上的一种等效替代关系，而不是力的本质上的替代，故C错误；进行合成的几个力，性质可以相同，也可以不同，但必须是作用在一个物体上的共点力，故D错误。

知识点2　探究两个互成角度的力的合成规律

4.在“验证力的平行四边形定则”实验中，某同学用图钉把白纸固定在水平放置的木板上，将橡皮条的一端固定在板上一点，两个细绳套系在橡皮条的另一端。用两个弹簧测力计分别拉住两个细绳套，互成角度地施加拉力，使橡皮条伸长，结点到达纸面上某一位置，如图所示。请将以下的实验操作补充完整：



①用铅笔描下结点位置，记为O；

②记录两个弹簧测力计的示数F_1和F_2，沿每条细绳（套）的方向用铅笔分别描出几个点，用刻度尺把相应的点连成线；

③只用一个弹簧测力计，通过细绳套把橡皮条的结点仍拉到位置O，记录测力计的示数F_3，_____；

④按照力的图示要求，作出拉力F_1、F_2、F_3；

⑤根据力的平行四边形定则作出F_1和F_2的合力F；

⑥比较_____的一致程度，若有较大差异，对其原因进行分析，并作出相应的改进后再次进行实验。

解析：③用铅笔沿绳的方向描出几个点，用刻度尺把这些点连成直线（得出拉力的方向），目的是记录与两个分力产生相同效果的这个力的方向。

⑥应将F与F_3作比较，比较用平行四边形定则作出的合力和产生相同效果的实际的力是否相同，即可验证力的平行四边形定则的正确性。

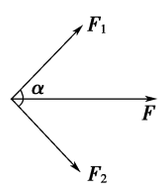
答案：③沿此细绳（套）的方向用铅笔描出几个点，用刻度尺把这些点连成直线　⑥F与F_3

知识点3　求合力的方法

5.如图甲所示为射箭运动。若运动员刚释放箭的瞬间，弓弦的拉力为100 N，对箭产生的作用力为120 N，弓弦的拉力如图乙中F_1和F_2所示，对箭产生的作用力如图乙中F所示。弓弦的夹角应为（取$\cos 53°=0.6$）　　（　　）



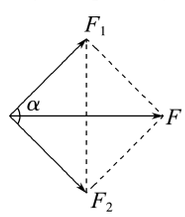
甲



乙

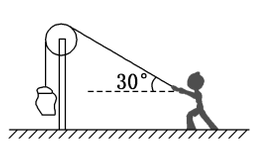
A. 53°　B. 127°　C. 143°　D. 106°

D　**解析**：以箭与弓弦的交点作为受力分析对象，弦上拉力相等，可知$F_1=F_2$，如图所示：



由力的平行四边形定则得$F_1\cos\frac{\alpha}{2}+F_2\cos\frac{\alpha}{2}=F$，则$\cos\frac{\alpha}{2}=\frac{\frac{F}{2}}{F_1}=\frac{\frac{120}{2}}{100}=0.6$，解得$\alpha=106°$，故A、B、C错误，D正确。

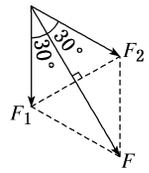
6.如图所示，水平地面上固定着一根竖直立柱，某人用绳子通过柱顶的定滑轮将100 N的货物拉住。已知人拉着绳子的一端，且该绳与水平方向夹角为30°，则柱顶所受压力大小为　　（　　）



A. 200 N　　B. $100\sqrt{3}$ N

C. 100 N　　D. $50\sqrt{3}$ N

B　**解析**：如图所示，定滑轮只改变力的方向，不改变力的大小，所以绳子的拉力 $F_1=F_2=100$ N，柱顶所受压力大小 $F=2F_1\cos 30^\circ=2\times100\times\frac{\sqrt{3}}{2}$ N $=100\sqrt{3}$ N，B 正确。



综合性·创新提升

7.（多选）一物体静止于水平桌面上，两者之间的最大静摩擦力为 5 N，现水平面内有三个大小分别为 2 N、2 N、6 N 的力，同时作用于物体的同一点。下列关于物体的受力情况和运动情况判断正确的是（　　）

A. 物体所受静摩擦力可能为 1 N

B. 物体所受静摩擦力可能为 4 N

C. 物体可能仍保持静止

D. 物体一定被拉动

BC　**解析**：当三个力同方向时，三个力的合力最大，即为 2 N＋2 N＋6 N＝10 N，若先把 2 N 与 2 N 的力合成，则合力的范围是 0～4 N，6 N 不在这一个范围内，所以它们合力的最小值为 6 N－4 N＝2 N，故三个力的合力范围是 2 N≤F≤10 N。1 N 不在三个力的合力范围内，物体所受静摩擦力不可能为 1 N，A 错误；4 N 在三个力的合力范围内，故当三个力的合力为 4 N 时，物体所受静摩擦力为 4 N，B 正确；当三个力的合力小于等于最大静摩擦力 5 N 时，物体仍保持静止状态，D 错误，C 正确。

8.（多选）若两个力 F_1、F_2 的夹角为 α（$90^\circ<\alpha<180^\circ$），且 α 保持不变，则（　　）

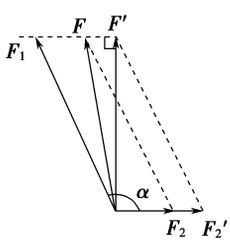
A. 一个力增大，合力一定增大

B. 两个力都增大，合力一定增大

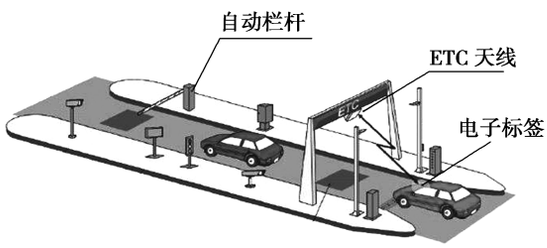
C. 两个力都增大，合力可能减小

D. 两个力都增大，合力可能不变

CD　**解析**：如图所示，保持 F_1 与两力的夹角 α 不变，当 F_2 增至 F_2' 时，F_1 和 F_2 的合力 F 变为 F'，由图像可直观看出 $F>F'$，即两分力中一个力增大，合力不一定增大。同理可分析出，两个力都增大时，合力可能增大，可能减小，也可能不变，故 C、D 正确。



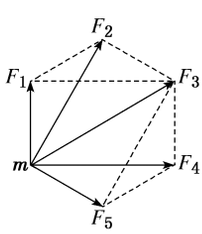
9.如图所示，5 个力同时作用于一点，5 个力的大小和方向相当于正六边形的两条边和三条对角线。已知 $F_1=10$ N，则这 5 个力的合力的大小为（　　）



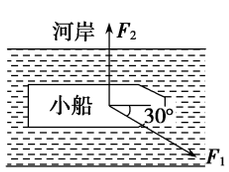
A. 30 N　　B. 40 N

C. 50 N　　D. 60 N

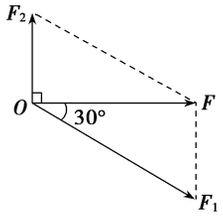
D　**解析**：如图所示，F_1 与 F_3 箭头末端相连时形成以 F_1 和 F_4 为邻边的平行四边形，F_3 为所夹的对角线（即 F_1 与 F_4 的合力为 F_3），同理可知，F_2 与 F_5 的合力也为 F_3，故 5 个力的合力等于 3 倍的 F_3，又 F_3 的大小等于 2 倍的 F_1，则 5 个力的合力大小等于 $6F_1=60$ N，D 正确。



10.如图所示，一条小船在河中向正东方向行驶，船上挂起一风帆（未画出）。风帆受侧向风作用，风力 F_1 大小为 100 N，方向为东偏南 30°。为了使船受到的合力恰能沿正东方向，岸上一人用一根绳子拉船，绳子方向与河岸垂直。求风力和绳子拉力的合力大小及绳子拉力 F_2 的大小。



解析：如图所示，以 F_1、F_2 为邻边作平行四边形，使合力 F 沿正东方向，则



$F=F_1\cos 30°=100\ \text{N}\times\frac{\sqrt{3}}{2}=50\sqrt{3}\ \text{N}$，

$F_2=F_1\sin 30°=100\ \text{N}\times\frac{1}{2}=50\ \text{N}$。

答案：$50\sqrt{3}$ N　50 N

5　力的分解

学习任务目标

1.知道什么是力的分解，知道力的分解是力的合成的逆运算。（物理观念）
2.了解力的分解的一般方法，会用正交分解解决一般问题。（科学思维）
3.体会力的分解在实际生活、生产中的作用及意义。（科学态度与责任）

问题式预习

知识点一　一个力可用几个力来替代

1.一个力可用几个力来替代

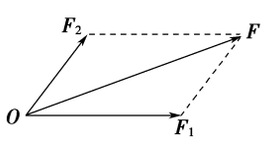
(1)力的分解：一个力作用在物体上可以用几个共同作用在物体上的共点力来等效替代，这几个力称为那一个力的分力。求一个已知力的分力叫作力的分解。

(2)力的分解与力的合成的关系：力的分解是力的合成的逆运算。

2.力的分解方法

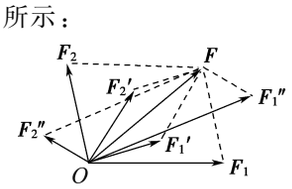
(1)力的分解遵循的法则

平行四边形定则——把已知力 F 作为平行四边形的对角线，与力 F 共点的平行四边形的两个邻边就表示力 F 的两个分力 F_1 和 F_2，如图所示：



(2)力的分解的依据

①同一个力可以分解为无数组大小、方向不同的分力，因为同一条对角线可以构成的平行四边形有无数多个，如图所示：



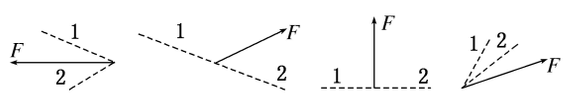
②在实际问题中一般会根据力的作用效果进行分解。

[科学思维]

力的合成和力的分解均遵循平行四边形定则，也可以利用三角形定则进行分解。有时三角形定则更简洁。当两个分力间有一定夹角时，合力和其两个分力一定可以构成一个封闭的三角形。

[做一做]

要将力 F 沿虚线分解为两个分力，下列能够进行分解的是（　　）



A　　B　　C　　D

A　**解析**：将一个力分解为两个分力时，分力与合力分别构成平行四边形的两个邻边和一条对角线，按这一原则B、C、D中的分力与合力不能构成平行四边形，故无法分解。

知识点二　力的分解的应用　力的正交分解

1.力的分解的应用

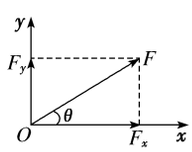
(1)当合力一定时，分力的大小和方向将随着分力间夹角的改变而改变。

(2)当合力一定时，分力间的夹角越大，分力也将越大，例如，斧子劈圆木就是这一原理的应用。

2.力的正交分解

(1)正交分解：把一个力分解为两个互相垂直的分力，这种分解方法叫作力的正交分解。

(2)如图所示，F 的分力分别为 $F_x=F\cos\theta$，$F_y=F\sin\theta$。



[科学思维]

力是矢量，矢量的运算法则有平行四边形定则与三

角形定则。通过力的正交分解将矢量运算转化成坐标轴方向上的标量运算。

[判一判]

(1)力的正交分解是指把一个力分解为水平和竖直两个方向互相垂直的分力的方法。 (×)

(2)正交分解仅适用于矢量运算。 (√)

(3)正交分解的两个分力与合力作用效果一定相同。 (√)

(4)当物体受多个力作用时,常用正交分解法进行力的运算。 (√)

任务型课堂

任务一 对力的分解的理解及应用

1.(多选)若将一个力 F 分解为两个力 F_1、F_2,则下列说法正确的是 ( )

A. F 是物体实际受到的力

B. F_1、F_2 是物体实际受到的力

C. 物体同时受到 F、F_1、F_2 三个力的作用

D. F_1、F_2 共同作用的效果与 F 相同

AD **解析**:F 是物体实际受到的力,故 A 正确;分力不是物体实际所受到的力,故 B 错误;一个力 F 分解为两个分力 F_1 和 F_2,但分力与合力并不同时存在,故 C 错误;分力的共同作用效果与合力的作用效果相同,故 D 正确。

2.将一个力 F 分解为两个分力,下列分解方法不可能的是 ( )

A. 使一个分力的大小与 F 的大小相同

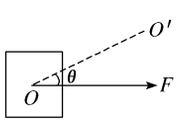
B. 使一个分力与 F 相同

C. 使一个分力垂直于 F

D. 使两个分力与 F 都在同一条直线上

B **解析**:根据平行四边形的特点,它的一条边与对角线相等或垂直都是可能的,选项 A、C 都有可能;当一个分力与 F 相同时,另一个分力为零,选项 B 不可能;合力与两个分力在同一条直线时 $F=|F_1\pm F_2|$,选项 D 是可能的。

3.物体静止于光滑水平面上,力 F 作用于物体上的 O 点,现要使合力沿着水平面内的 OO' 方向,如图所示,则必须同时再加一个力 F',如 F 和 F' 均在同一水平面上,则这个力的最小值为 ( )



A. $F\cos\theta$ B. $F\sin\theta$

C. $F\tan\theta$ D. $\dfrac{F}{\tan\theta}$

B **解析**:过力 F 的最右端向 OO' 的方向作垂线,垂足与力 F 右端的距离即为最小的力的大小,故该力的最小值为 $F\sin\theta$,选项 B 正确。

4.已知两个共点力的合力大小为 50 N,分力 F_1 的方向与合力 F 的方向成 30°角,分力 F_2 的大小为 30 N,则 ( )

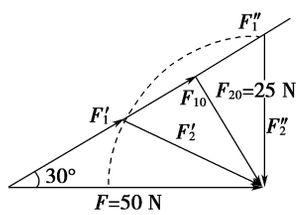
A. F_1 的大小是唯一的

B. F_2 的方向是唯一的

C. F_2 有两个可能的方向

D. F_2 可取任意方向

C **解析**:作 F_1、F_2 和 F 的矢量三角形,如图所示,可以看出,当 $F_2=F_{20}=25$ N 时,F_1 的大小才是唯一的,F_2 的方向也是唯一的。因 $F_2=30$ N$>F_{20}=25$ N,所以 F_1 的大小有两种可能,即 F_1' 和 F_1'',F_2 的方向也有两种可能,即 F_2' 的方向和 F_2'' 的方向,故选项 A、B、D 错误,C 正确。



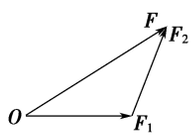
任务总结

1.力的分解中定解条件讨论

把一个已知力按照给定的条件分解。若代表合力的对角线与给定的代表分力的有向线段能构成平行四边形(或三角形),说明合力可以分解成给定的分力,即有解;若不能,则无解。

2.三角形定则的妙用

(1)三角形定则:把两个矢量首尾相接,从而求出合矢量的方法(如图所示)。三角形定则与平行四边形定则在本质上是一样的。

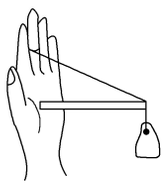


(2)对于将一个力分解并讨论解的个数的问题,借助三角形定则比借助平行四边形定则更方便,即看代表合力及分力的有向线段能否按要求构成三角形,以及能构成三角形的个数,从而说明解的情况。

任务二 按力的效果分解

[探究活动]

如图所示,取一根细线,将细线的一端系在左手中指上,另一端系上一个重物。用一支铅笔的一端顶在细线上的某一点,使铅笔保持水平,铅笔的另一端置于手掌心,细线的下端竖直向下。



(1)手会有什么感觉?

(2)重物竖直向下拉细线的力产生什么作用效果?

提示:(1)手指有被拉的感觉,掌心有被压的感觉。

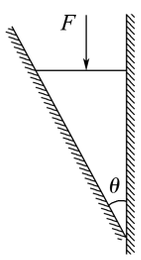
(2)重物竖直向下拉细线的力产生两个效果:一个是斜向下拉紧细线,另一个是沿着铅笔方向向左挤压铅笔。

[**评价活动**]

1.(多选)榫卯结构是中国传统建筑的主要结构形式。图甲为榫眼的凿削操作,图乙为凿尖受力的截面示意图。若凿子尖端夹角为θ,在凿子顶部施加竖直向下的力F时,其竖直面和侧斜面对两侧木头的压力分别为F_1和F_2,不计凿子的重力及摩擦力,则(　　)



甲



乙

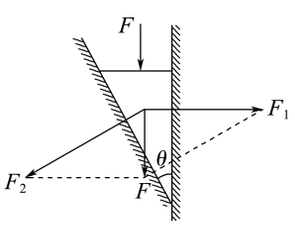
A. $F_1=\dfrac{F}{\tan\theta}$

B. $F_2=\dfrac{F}{\sin\theta}$

C. 夹角θ越大,压力F_1和F_2越大

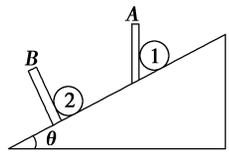
D. 夹角θ越大,凿子越容易凿入木头

AB　**解析**:按力的作用效果将力F分解,如图所示:

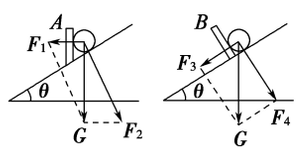


由几何知识可得$F_1=\dfrac{F}{\tan\theta}$,$F_2=\dfrac{F}{\sin\theta}$,故A、B正确;根据上述分析可知,力$F$一定时,夹角$\theta$越大,$\tan\theta$和$\sin\theta$越大,$F_1$和$F_2$均变小,凿子更难挤开木头,即凿子越不容易凿入木头,故C、D错误。

2.如图所示,光滑斜面的倾角为θ,有两个相同的小球分别用光滑挡板A、B挡住。挡板A沿竖直方向,挡板B垂直于斜面,则两挡板受到小球的压力大小之比为多大?斜面受到两小球的压力大小之比为多大?



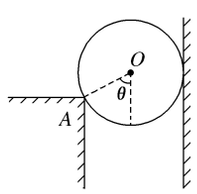
解析:对小球1所受的重力G来说,其效果有两个:一个是使小球沿水平方向挤压挡板,另一个是使小球垂直挤压斜面。其重力的分解如图甲所示,由此可得两个分力的大小分别为$F_1=G\tan\theta$,$F_2=\dfrac{G}{\cos\theta}$。小球2所受的重力$G$有两个效果:一个是使小球垂直挤压挡板,另一个是使小球垂直挤压斜面。其重力的分解如图乙所示,由此可得两个分力的大小分别为$F_3=G\sin\theta$,$F_4=G\cos\theta$。挡板A、B受到小球的压力大小之比为$F_1:F_3=1:\cos\theta$,则斜面受到两小球的压力大小之比为$F_2:F_4=1:\cos^2\theta$。



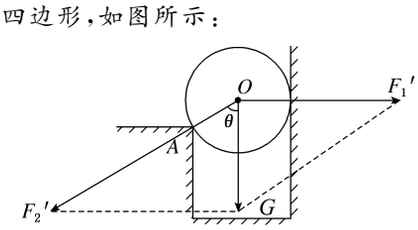
甲　　乙

答案:$1:\cos\theta$　$1:\cos^2\theta$

3.如图所示,一个重力为100 N的球被夹在竖直的墙壁和A点之间。已知球心O和A点的连线与竖直方向成θ角,且$\theta=60°$,所有接触点和面均不计摩擦。试求球对墙面的压力F_1和对A点的压力F_2。



解析:球的重力产生两个作用效果,分别是挤压墙壁和A点,作出重力及它的两个分力F_1'和F_2'构成的平行四边形,如图所示:



球对墙面的压力$F_1=F_1'=G\tan 60°=100\sqrt{3}$ N,方向垂直墙壁向右;

球对A点的压力$F_2=F_2'=\dfrac{G}{\cos 60°}=200$ N,方向沿OA指向A点。

答案:$100\sqrt{3}$ N,方向垂直墙壁向右　200 N,方向沿OA指向A点

任务总结

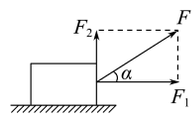
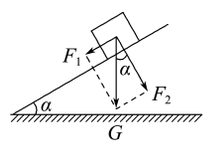
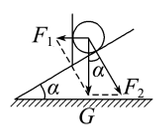
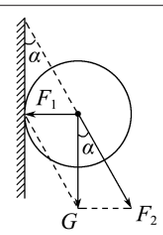
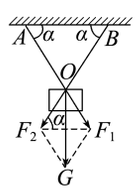
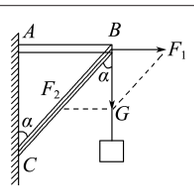
1.按照力的实际作用效果分解力的一般步骤

第一步——根据力的实际作用效果确定两个分力的方向

第二步——根据两个分力的方向画出平行四边形

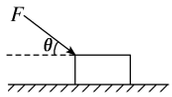
第三步——由三角形知识求出两个分力的大小和方向

2.常见典型力的分解实例

实例	产生效果分析
 分解斜向上的拉力 F	一方面使物体沿水平地面前进：$F_1=F\cos\alpha$；另一方面向上提物体：$F_2=F\sin\alpha$
 分解物体的重力 G	一方面使物体具有沿斜面下滑的趋势：$F_1=G\sin\alpha$；另一方面使物体挤压斜面：$F_2=G\cos\alpha$
 分解物体的重力 G	一方面使球挤压挡板：$F_1=G\tan\alpha$；另一方面使球挤压斜面：$F_2=\dfrac{G}{\cos\alpha}$
 分解物体的重力 G	一方面使球挤压竖直墙壁：$F_1=G\tan\alpha$；另一方面使球拉紧悬线：$F_2=\dfrac{G}{\cos\alpha}$
 分解物体的重力 G	一方面使物体拉紧 AO 线：$F_1=\dfrac{G}{2\sin\alpha}$；另一方面使物体拉紧 BO 线：$F_2=\dfrac{G}{2\sin\alpha}$
 分解物体的重力 G	一方面拉伸 AB：$F_1=G\tan\alpha$；另一方面压缩 BC：$F_2=\dfrac{G}{\cos\alpha}$

任务三 力的正交分解法及其应用

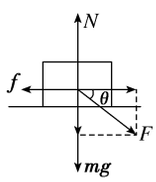
1.（多选）如图所示，质量为 m 的物体受到推力 F 作用，沿水平方向做匀速直线运动。已知推力 F 与水平地面的夹角为 θ，物体与地面间的动摩擦因数为 μ，则物体所受的摩擦力大小为（　　）



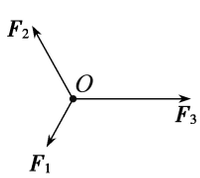
A. $F\cos\theta$　　B. μmg

C. μF　　D. $\mu(mg+F\sin\theta)$

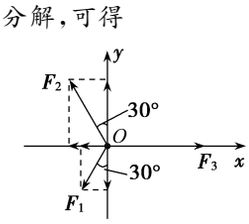
AD　**解析**：对物体的受力分析如图所示，因为物体做匀速直线运动，所以物体所受的合力为零，在水平方向有 $f=F\cos\theta$，选项 A 正确；再由 $f=\mu N$、$N=mg+F\sin\theta$ 可知，$f=\mu(mg+F\sin\theta)$，选项 B、C 错误，D 正确。



2.如图所示，已知共面的三个力 $F_1=20$ N、$F_2=30$ N、$F_3=40$ N 作用于物体的同一点上，三个力之间的夹角都是 120°。求这三个力的合力的大小和方向。



解析：如图所示，建立平面直角坐标系，把 F_1、F_2 沿坐标轴正交分解，可得



$F_{1x}=-20\sin 30°\ \text{N}=-10\ \text{N}$，

$F_{1y}=-20\cos 30°\ \text{N}=-10\sqrt{3}\ \text{N}$，

$F_{2x}=-30\sin 30°\ \text{N}=-15\ \text{N}$，

$F_{2y}=30\cos 30°\ \text{N}=15\sqrt{3}\ \text{N}$，

故沿 x 轴方向的合力 $F_x=F_3+F_{1x}+F_{2x}=15\ \text{N}$，

沿 y 轴方向的合力 $F_y=F_{2y}+F_{1y}=5\sqrt{3}\ \text{N}$，

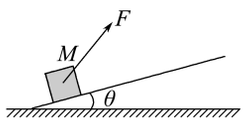
可得这三个力合力的大小 $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}=10\sqrt{3}\ \text{N}$，

方向斜向右上方与 F_3 的夹角 θ 满足 $\tan\theta=\dfrac{F_y}{F_x}=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$，

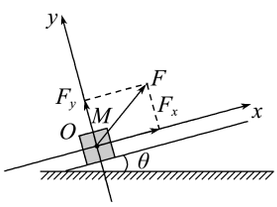
故 $\theta=30°$。

答案：$10\sqrt{3}$ N　方向斜向右上方，与 F_3 夹角为 30°

3. 如图所示，倾角为 $\theta=15°$ 的斜面上放着一个质量为 M 的木箱，作用在木箱的力 F 与水平方向成 45° 角。分别以平行于斜面和垂直于斜面的方向为 x 轴和 y 轴建立坐标系，把 F 分解为沿着两个坐标轴的分力。试在图中作出分力 F_x 和 F_y，并计算它们的大小。



解析：作出分力 F_x 和 F_y，如图所示：



它们的大小 $F_x=F\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}F$，$F_y=F\sin 30°=\frac{1}{2}F$。

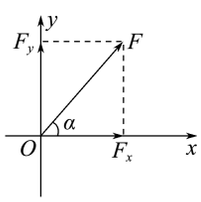
答案：见解析图　$F_x=\frac{\sqrt{3}}{2}F$，$F_y=\frac{1}{2}F$

任务总结

1. 力的正交分解法

把力沿着两个选定的互相垂直的方向分解的方法叫力的正交分解法。

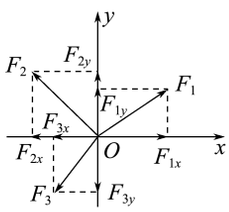
如图所示，将力 F 沿 x 轴和 y 轴两个方向分解，则 $F_x=F\cos\alpha$，$F_y=F\sin\alpha$。



2. 正交分解法求合力

(1) 建立直角坐标系：以共点力的作用点为坐标原点，直角坐标系 x 轴和 y 轴方向的选择应使尽量多的力在坐标轴上。

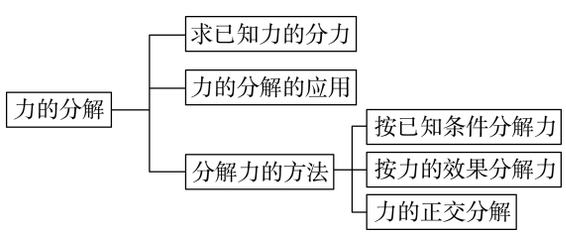
(2) 正交分解各力：将每一个不在坐标轴上的力分解到 x 轴和 y 轴上，并求出各分力的大小，如图所示。



(3) 分别求出 x 轴、y 轴上各分力的矢量和，即 $F_x=F_{1x}+F_{2x}+\cdots+F_{nx}$，$F_y=F_{1y}+F_{2y}+\cdots+F_{ny}$。

(4) 求共点力的合力：合力大小 $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$，设合力的方向与 x 轴的夹角为 α 则 $\tan\alpha=\frac{F_y}{F_x}$。

提质归纳



课后素养评价(十五)

基础性·能力运用

知识点 1　对力的分解的理解及应用

1. (多选) 已知合力的大小和方向求两个分力时，下列说法正确的是　(　　)

A. 若已知两个分力的方向，力的分解是唯一的

B. 若已知一个分力的大小和方向，力的分解是唯一的

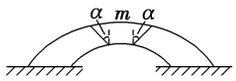
C. 若已知一个分力的大小及另一个分力的方向，力的分解是唯一的

D. 此合力有可能分解成两个与合力等大的分力

ABD　**解析**：根据选项 A、B 只能作出一个平行四边形，分解时有唯一解，选项 C 可能作出多个平行四边形，分解时不是有唯一解，选项 A、B 正确，C 错误；由合力与分力的大小关系知选项 D 正确。

知识点 2　按力的效果分解

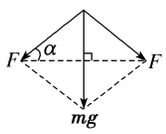
2. 如图所示，石拱桥的正中央有一质量为 m 的对称楔形石块，侧面与竖直方向的夹角为 α，重力加速度为 g。若接触面间的摩擦力忽略不计，则石块对侧面的压力的大小为　(　　)



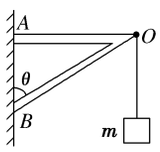
A. $\frac{mg}{2\sin\alpha}$　　B. $\frac{mg}{2\cos\alpha}$

C. $\frac{1}{2}mg\tan\alpha$　　D. $\frac{mg}{2\tan\alpha}$

A　**解析**：楔形石块的重力产生了两个作用效果，即对两侧面产生压力，如图所示，由几何关系解得 $F=\frac{mg}{2\sin\alpha}$，选项 A 正确。



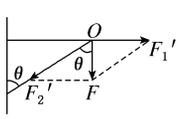
3. 如图所示，质量为 m 的物体悬挂在轻质支架上，斜梁 OB 与竖直方向的夹角为 θ。设水平横梁 OA 和斜梁 OB 作用于 O 点的弹力大小分别为 F_1 和 F_2，则以下结果正确的是　（　　）



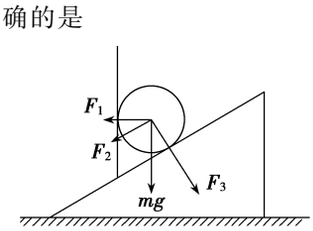
A. $F_1=mg\sin\theta$　　B. $F_1=\frac{mg}{\sin\theta}$

C. $F_2=mg\cos\theta$　　D. $F_2=\frac{mg}{\cos\theta}$

D　**解析**：取 O 点进行受力分析，其受绳的拉力 F，拉力 F 大小等于物体的重力 mg，即 $F=mg$，绳对 O 点的拉力按效果分解如图所示，结合作用力和反作用力的关系，由几何关系解得 $F_1=F_1'=mg\tan\theta$，$F_2=F_2'=\frac{mg}{\cos\theta}$。



4. 如图所示，光滑斜面上的一个球被竖直挡板挡住并处于静止状态。将球的重力 mg 按效果进行分解，下列结论正确的是　（　　）



A. 重力按效果应该分解为 F_1 和 F_3

B. 重力按效果应该分解为 F_2 和 F_3

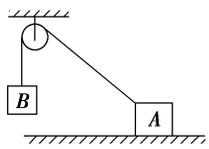
C. F_3 是球对斜面的正压力

D. F_1 是球对挡板的压力

A　**解析**：球有压挡板和压斜面两个作用效果，所以重力按效果应该分解为 F_1 和 F_3，A 正确，B 错误；F_3 和球对斜面的正压力不是一个力，F_3 的受力物体是球，正压力的受力物体是斜面，C 错误；F_1 和球对挡板的压力不是一个力，F_1 的受力物体是球，压力的受力物体是挡板，D 错误。

知识点 3　力的正交分解法及其应用

5.（多选）如图所示，放在水平面上的物体 A 用轻绳通过光滑定滑轮连接另一物体 B，A、B 系统静止。这时 A 受到水平面的支持力为 N，摩擦力为 f。若把 A 向右移动一小段距离，A、B 系统仍静止，则　（　　）



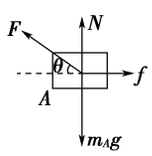
A. N 将增大

B. f 将增大

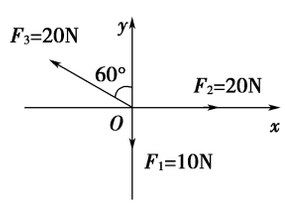
C. 轻绳拉力将减小

D. 物体 A 所受合力将增大

AB　**解析**：对物体 A 进行受力分析如图所示，系统处于静止状态，绳子的拉力大小不变，始终等于 B 的重力，即 $F=m_Bg$，A 所受合力为零，故 C、D 均错误；当 A 向右移动时，θ 角减小，由 $N=m_Ag-F\sin\theta$、$f=F\cos\theta$ 可得，N、f 均增大，故 A、B 正确。



6. 某质点在同一平面内受到三个共点力，它们的大小和方向如图所示。这三个力的合力方向为　（　　）



A. 沿着 x 轴正方向

B. 沿着 x 轴负方向

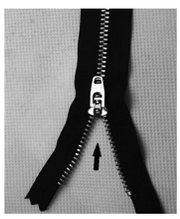
C. 沿着 y 轴正方向

D. 沿着 y 轴负方向

A　**解析**：题图中 F_1、F_2 的方向沿坐标轴，根据平行四边形定则可知，将 F_3 分解得 $F_{3x}=-20\ \text{N}\times\sin 60^\circ=-10\sqrt{3}\ \text{N}$，$F_{3y}=20\ \text{N}\times\cos 60^\circ=10\ \text{N}$，所以 $F_x=F_2+F_{3x}=(20-10\sqrt{3})\ \text{N}\approx 2.68\ \text{N}$，$F_y=F_{3y}-F_1=(10-10)\ \text{N}=0$，可知三个力的合力沿 x 轴的正方向，大小为 2.68 N，A 正确。

综合性·创新提升

7. 生活中的物理知识无处不在，如图是我们衣服上的拉链的一部分，在把拉链拉开的时候，我们可以看到有一个三角形的物体在两拉链中间运动，使很难直接分开的拉链很容易被拉开。关于其中的物理原理，以下说法正确的是（　　）



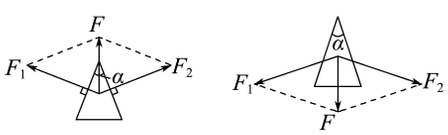
A. 拉开拉链时，三角形的物体增大了分开拉链的力

B. 拉开拉链时，三角形的物体只是为了将拉链分开，并没有增大分开拉链的力

C. 拉开拉链时，三角形的物体增大了分开拉链的力，但合上拉链时减小了合上拉链的力

D. 以上说法均不正确

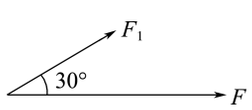
A　**解析**：拉开拉链时，三角形的物体在两拉链间运动，手的拉力在三角形的物体上产生了两个分力，如图甲所示，在 α 角很小的情况下，$F_1=F_2=\dfrac{F}{2\sin\dfrac{\alpha}{2}}>F$，即分力大于手的拉力，所以使很难直接分开的拉链很容易地被三角形的物体分开。



甲　　乙

合上拉链时，手的拉力在三角形物体上产生的两个分力，如图乙所示，根据边角关系，仍有 $F_1=F_2=\dfrac{F}{2\sin\dfrac{\alpha}{2}}>F$，即增大了合上拉链的力，故 A 正确。

8. 如图所示，将大小为 40 N 的力 F 分解为 F_1（仅画出方向）和 F_2（未画出），其中 F_1 的方向与 F 的夹角为 30°，则（　　）



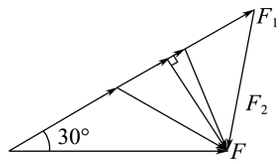
A. 当 $F_2<20$ N 时，有一个 F_1 的值与它相对应

B. 当 $F_2=20$ N 时，F_1 的值是 20 N

C. 当 $F_2>40$ N 时，有两个 F_1 的值与它相对应

D. 当 $20\text{ N}<F_2<40$ N 时，有两个 F_1 的值与它相对应

D　**解析**：画出矢量三角形，如图所示：



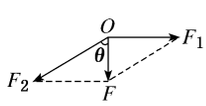
当 F_2 的方向与 F_1 垂直时，F_2 最小，最小值为 $F_2=F\sin 30°=40\times\dfrac{1}{2}$ N$=20$ N，当 $F_2<20$ N 时，没有与它相对应的 F_1 的值，故 A 错误；当 $F_2=20$ N 时，有 $F_1=F\cos 30°=20\sqrt{3}$ N，故 B 错误；结合 A 选项分析可知，当 $F_2>40$ N 时，此时 F_2 只能处于图中 F_2 最小值右侧，即此时只有一个 F_1 的值与它相对应，故 C 错误；同理分析，当 $20\text{ N}<F_2<40$ N 时，有两个 F_1 的值与它相对应，故 D 正确。

9. 按下列两种情况把一个竖直向下的 180 N 的力分解为两个分力。

(1)一个分力水平向右，大小为 240 N。求另一个分力的大小和方向。

(2)一个分力水平向右，另一个分力与竖直方向的夹角为 30°，斜向左下方。求两个分力的大小。

解析：(1)对力的分解如图甲所示：

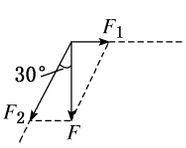


甲

$F_2=\sqrt{F^2+F_1^2}=300$ N，

设 F_2 与 F 的夹角为 θ，则 $\tan\theta=\dfrac{F_1}{F}=\dfrac{4}{3}$，解得 $\theta=53°$。

(2)对力的分解如图乙所示：



乙

$F_1=F\tan 30°=180\times\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ N$=60\sqrt{3}$ N

$F_2=\dfrac{F}{\cos 30°}=\dfrac{180}{\dfrac{\sqrt{3}}{2}}$ N$=120\sqrt{3}$ N。

答案：(1)300 N　与竖直方向夹角为 53°，斜向左下方　(2)水平方向分力的大小为 $60\sqrt{3}$ N　斜向左下方分力的大小为 $120\sqrt{3}$ N

6 共点力作用下物体的平衡

学习任务目标

1.知道平衡状态，能用共点力的知识解决简单问题。（物理观念）
2.能对比较简单的共点力平衡问题进行分析和推理，解决生活和生产中的实际问题。（科学思维）
3.能对共点力平衡的综合性问题进行分析，提高物理学知识的应用能力。（科学思维）

问题式预习

知识点 共点力作用下物体的平衡状态和平衡条件

1.共点力作用下物体的平衡状态

物体保持静止或匀速直线运动的状态。

2.共点力作用下物体的平衡条件

(1)平衡条件：物体受到的合力为零，即 $F_{合}=0$。

(2)另一种表达式：$\begin{cases}F_{x合}=0\\F_{y合}=0\end{cases}$

其中 $F_{x合}$ 和 $F_{y合}$ 分别是将物体所受的力进行正交分解后，物体分别在 x 轴和 y 轴方向上所受的合力。

[科学思维]

力的合成所遵循的平行四边形定则只适用于共点力。

[做一做]

1.若一个物体处于平衡状态，则此物体一定是（ ）

A. 静止的　　B. 匀速直线运动

C. 速度为零　　D. 所受合力为零

D **解析**：平衡状态是指物体处于静止或匀速直线运动的状态，处于平衡状态时物体所受的合力一定为零。故D正确。

2.(多选)关于共点力作用下物体的平衡状态与平衡条件，下列说法正确的是（ ）

A. 如果物体的运动速度为零，则必处于平衡状态

B. 如果物体的运动速度大小不变，则必处于平衡状态

C. 如果物体处于平衡状态，则物体沿任意方向的合力都必为零

D. 如果物体受到三个共点力的作用而处于平衡状态，则任意两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反

CD **解析**：若只是某一时刻物体的运动速度为零，则物体不一定处于平衡状态，A错误；物体的运动速度大小不变，但方向变化时，不是做匀速直线运动，一定不是处于平衡状态，B错误；物体处于平衡状态时，合力为零，则物体沿任意方向的合力都必为零，C正确；物体受三个共点力作用时，若任意两个共点力的合力与第三个力等大反向，则合力为零，物体处于平衡状态，D正确。

任务型课堂

任务一 共点力作用下物体的平衡状态和平衡条件

1.关于平衡状态，下列说法正确的是（ ）

A. 做自由落体运动的物体，在最高点时处于平衡状态

B. 木块放在斜面体的斜面上，随斜面体一起向右匀速运动时，木块处于平衡状态

C. 木块放在斜面体的斜面上，随斜面体一起向右匀加速运动时，木块处于平衡状态

D. 一列火车做匀加速运动，在其车厢内水平桌面上静止的水杯处于平衡状态

B **解析**：做自由落体运动的物体在最高点时，速度虽为零，但所受合力不为零，不是平衡状态，A错误；木块与斜面体相对静止，若整体做匀速直线运动，则木块处于平衡状态，若整体做匀加速直线运动，则木块也做匀加速直线运动，不处于平衡状态，B正确，C错误；火车、桌子与杯子整体做匀加速运动，杯子也做匀加速直线运动，不处于平衡状态，D错误。

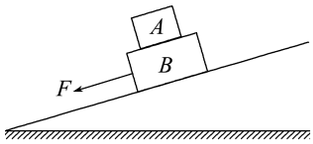
2.一个物体受到三个共点力的作用，如果三个力的大小组合为如下情况，那么有可能使物体处于平衡状态的是（ ）

A. 1 N，4 N，7 N　　B. 2 N，6 N，9 N

C. 2 N，5 N，8 N　　D. 6 N，8 N，6 N

D **解析**：能否使物体处于平衡状态，要看三个力的合力是否为零，其中两个力的合力大小范围是 $|F_1-F_2|\leqslant F_{12合}\leqslant F_1+F_2$，若 F_3 在此范围内，就可能与 $F_{12合}$ 平衡。将两个较小的力加起来，看是否大于或等于最大的那个力，如果是就可能平衡。故D正确。

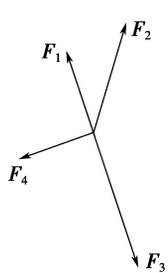
3.(2025·北京卷)如图所示,长方体物块 A、B 叠放在斜面上,B 受到一个沿斜面向下的拉力 F,两物块保持静止。B 受力的个数为　　(　　)



A. 4　　B. 5　　C. 6　　D. 7

C　**解析**:以 B 为研究对象进行受力分析,其处于静止,即平衡状态,可知所受合力为零,沿斜面方向受斜面的摩擦力、A 对 B 的摩擦力、拉力 F,竖直方向 B 受重力,垂直斜面方向有斜面的支持力和 A 对 B 的压力,故 B 受 6 个力,故 C 正确,A、B、D 错误。

4.如图所示,某个物体在 F_1、F_2、F_3、F_4 四个力的作用下处于静止状态。若 F_4 的方向沿逆时针转过 60°而大小不变,其余三个力的大小和方向均不变,则此时物体所受到的合力大小为　　(　　)



A. $\frac{F_4}{2}$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{2}F_4$　　C. F_4　　D. $\sqrt{3}F_4$

C　**解析**:由共点力的平衡条件可知,F_1、F_2、F_3 的合力应与 F_4 等大、反向,当 F_4 的方向沿逆时针转过 60°而大小不变时,F_1、F_2、F_3 的合力的大小等于 F_4,但方向与 F_4 成 120°角,由平行四边形定则可得,此时物体所受的合力大小等于 F_4,C 正确。

任务总结

“静止”与“$v=0$”的区别

(1)物体保持静止状态:说明 $v=0$、$a=0$,物体所受合力为零,物体处于平衡状态。

(2)物体运动速度 $v=0$ 时,有两种可能:

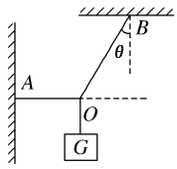
①$v=0$,$a\neq0$,物体所受合力不等于零,物体并不保持静止,处于非平衡状态,如上抛到最高点的物体;

②$v=0$,$a=0$,这种情况与(1)中的静止状态一致。

任务二　解决共点力平衡问题的常用方法

[探究活动]

如图所示,重物的重力为 G,轻绳 AO 与 BO 的 A、B 端是固定的,平衡时 AO 是水平的,BO 与竖直方向的夹角为 θ。

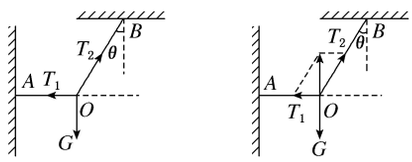


怎样分别用合成法和分解法求出 AO 的拉力 T_1 和 BO 的拉力 T_2 的大小?

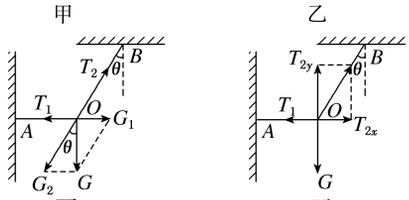
提示:选取 O 点为研究对象,其受力如图甲所示,O 点受到三个力的作用:重物对 O 点的拉力大小等于 G,AO 绳的拉力 T_1,BO 绳的拉力 T_2。

合成法:如图乙所示,T_1 和 T_2 的合力与重物的重力大小相等,由几何关系可解出两绳的拉力大小。

效果分解法:如图丙所示,将重力沿两绳的方向分解,沿 AO、BO 绳方向的合力分别为零,由几何关系可解出两绳的拉力大小。



甲　　乙

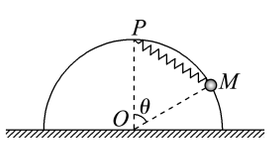


丙　　丁

正交分解法:如图丁所示,将 BO 绳拉力 T_2 沿两坐标轴分解,则 O 点沿两坐标轴的合力分别为零,由此可求出两绳拉力的大小。

[评价活动]

1.(多选)如图所示,半径为 R 的半圆形光滑轨道固定在竖直平面内,O 为圆心,P 为轨道最高点。一轻质弹簧一端固定在 P 点,另一端与一个中间有孔、质量为 m 的小球相连,小球穿过轨道,在 M 点保持静止,OM 与 OP 的夹角为 $\theta=60°$。已知重力加速度为 g,弹簧的劲度系数为 k,则(　　)



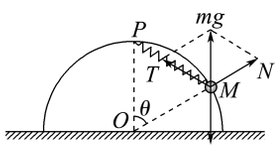
A. 小球可能只受到两个力的作用

B. 小球一定发生了形变

C. 轨道对小球的弹力大小为 $0.6mg$

D. 弹簧的原长为 $R-\frac{mg}{k}$

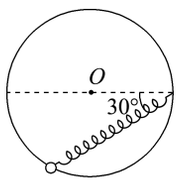
BD　**解析**:对小球进行受力分析,如图所示:



小球一定受重力、弹簧的拉力和轨道的支持力作用,选项 A 错误;小球对轨道有压力作用,可知小球一定发生了形变,选项 B 正确;由图可知 T 和 N 与

竖直方向的夹角均为 60°，可知 $T=N$，则 $2N\cos 60°=mg$，则轨道对小球的弹力大小为 $N=mg$，选项 C 错误；设弹簧的原长为 L，根据 $T=mg=k(R-L)$，可得弹簧的原长为 $L=R-\frac{mg}{k}$，选项 D 正确。

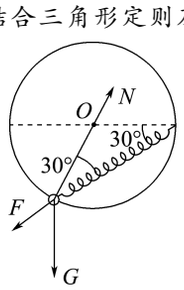
2.（2026·湖北卷）如图所示，半径为 R 的光滑圆环固定在竖直平面内，原长为 $2\sqrt{3}R$ 的轻质弹簧一端固定在圆环上与圆心 O 等高的位置，另一端连接一个套在圆环上的质量为 m 的小球，平衡时弹簧与水平方向的夹角为 30°。若弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小为 g，则弹簧的劲度系数为（　　）



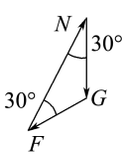
A. $\frac{\sqrt{3}mg}{6R}$　　B. $\frac{mg}{2R}$

C. $\frac{\sqrt{3}mg}{3R}$　　D. $\frac{mg}{R}$

C　**解析**：由几何关系可知，弹簧现在的长度 $L'=2R\cdot\cos 30°=2R\times\frac{\sqrt{3}}{2}=\sqrt{3}R<2\sqrt{3}R$，因此弹簧此时处于压缩状态，对小球进行受力分析，如图甲所示，再结合三角形定则及几何关系，如图乙所示：



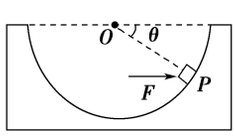
甲



乙

由题意可知，该小球受重力 G、弹簧弹力 F、圆环支持力 N，则由三角形定则及几何关系可得 $F=G$，其中 $F=kx$，$G=mg$，联立解得，该弹簧的劲度系数 $k=\frac{F}{x}=\frac{G}{x}=\frac{mg}{2\sqrt{3}R-\sqrt{3}R}=\frac{\sqrt{3}mg}{3R}$，故选 C。

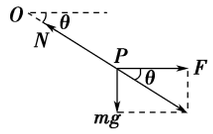
3.如图所示，光滑半球形容器固定在水平面上，O 为球心。一质量为 m 的滑块在水平力 F 的作用下静止于 P 点，设滑块所受支持力为 N，OP 与水平方向的夹角为 θ。下列关系正确的是（　　）



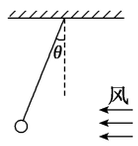
A. $F=\frac{mg}{\tan\theta}$　　B. $F=mg\tan\theta$

C. $N=\frac{mg}{\tan\theta}$　　D. $N=mg\tan\theta$

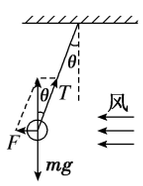
A　**解析**：对滑块的受力分析如图所示，由平衡条件知 $F=\frac{mg}{\tan\theta}$，$N=\frac{mg}{\sin\theta}$。



4.在科学研究中，可以用风力仪直接测量风力的大小，其原理如图所示。仪器中一根轻质金属丝悬挂着一个金属球，无风时，金属丝竖直下垂；当受到沿水平方向吹来的风时，金属丝偏离竖直方向一定角度，风力越大，偏角越大。风力大小 F 跟金属球的质量 m、偏角 θ 之间有什么样的关系？（重力加速度为 g）



解析：选取金属球为研究对象，它受到三个力的作用，如图所示：



风力 F 和拉力 T 的合力与重力等大、反向，则有 $F=mg\tan\theta$。

答案：$F=mg\tan\theta$

任务总结

1.应用平衡条件解题的步骤

(1)明确研究对象(物体、质点或绳的结点等)。

(2)对研究对象进行受力分析。

(3)应用共点力的平衡条件，选择恰当的方法列出平衡方程。

(4)求解方程，并讨论结果。

2.共点力平衡的常用解题方法

(1)合成法：物体受三个共点力的作用而平衡时，则任意两个力的合力一定与第三个力大小相等、方向相反；据此画出这两个力合成的平行四边形，利用几何知识求解。

(2)正交分解法：物体受到摩擦力或多个力的作用而平衡时，将物体所受的力分解到相互垂直的 x、y 轴上，则 x 轴与 y 轴上各分力的合力均为零。

3.正交分解法中坐标轴方向的选取技巧

(1)研究水平面上的物体时，通常沿水平方向和竖直方向建立坐标轴。

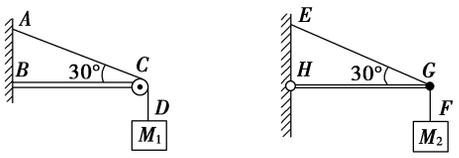
(2)研究斜面上的物体时，通常沿斜面方向和垂直斜面方向建立坐标轴。

(3)研究在杆或绳的作用下的物体时，通常沿杆或绳的方向和垂直于杆或绳的方向建立坐标轴。

任务三　“活结”与“死结”模型、“动杆”与“定杆”模型

［探究活动］

如图甲所示，细绳 AD 跨过固定的水平轻杆 BC 右端的定滑轮并挂住一个质量为 M_1 的物体，$\angle ACB=30°$；图乙中轻杆 HG 一端用铰链固定在竖直墙上，另一端 G 通过细绳 EG 拉住，轻杆 HG 保持水平，EG 与水平方向也成 $30°$，在轻杆的 G 点用细绳 GF 拉住一个质量为 M_2 的物体，重力加速度为 g。



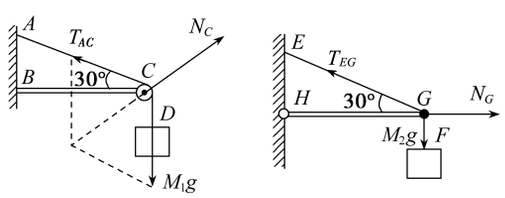
甲　　乙

(1)细绳 AC 段的张力 T_{AC} 与细绳 EG 段的张力 T_{EG} 之比为多少？

(2)轻杆 BC 对右端的定滑轮的支持力的大小和方向如何？

(3)轻杆 HG 对 G 点的支持力的大小和方向如何？

提示：题图甲和乙中的两个物体 M_1、M_2 都处于平衡状态，根据平衡的条件，判断与物体相连的细绳拉力大小都等于物体的重力大小。分别取 C 点和 G 点为研究对象，进行受力分析，如图甲和乙所示，根据平衡条件可求解。



甲　　乙

(1)图甲中细绳 AD 跨过定滑轮拉住质量为 M_1 的物体，物体处于平衡状态，细绳 AC 段的拉力

$T_{AC}=T_{CD}=M_1g$，

图乙中由平衡条件得

$T_{EG}\sin 30°=M_2g$，即 $T_{EG}=2M_2g$，

所以 $\dfrac{T_{AC}}{T_{EG}}=\dfrac{M_1}{2M_2}$。

(2)图甲中，三个力之间的夹角都为 $120°$，根据细绳上 C 点受力平衡可知，$N_C=T_{AC}=M_1g$，支持力方向与水平方向成 $30°$，指向右上方。

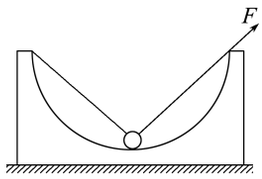
(3)图乙中，动杆 HG 上的力沿水平方向，根据平衡条件有

$T_{EG}\sin 30°=M_2g$，$T_{EG}\cos 30°=N_G$，

得 $N_G=\sqrt{3}M_2g$，方向水平向右。

［评价活动］

1.(2025·河北卷)如图所示，内壁截面为半圆形的光滑凹槽固定在水平面上，左右边沿等高。该截面内，一根不可伸长的细绳穿过带有光滑孔的小球，一端固定于凹槽左边沿，另一端过右边沿并沿细绳方向对其施加拉力 F。小球半径远小于凹槽半径，所受重力大小为 G。若小球始终位于内壁最低点，则 F 的最大值为　　(　　)

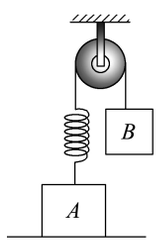


A. $\dfrac{1}{2}G$　　B. $\dfrac{\sqrt{2}}{2}G$

C. G　　D. $\sqrt{2}G$

B　**解析**：由题意可知当凹槽底部对小球支持力为零时，此时拉力 F 最大，在竖直方向上，根据平衡条件有 $2F_m\cos 45°=G$，即 $2F_m\times\dfrac{\sqrt{2}}{2}=G$，得 $F_m=\dfrac{\sqrt{2}}{2}G$，故 B 正确，A、C、D 错误。

2.如图所示，$G_A=80$ N，$G_B=30$ N，弹簧的劲度系数 $k=500$ N/m。不计绳重和摩擦，稳定后设地面对物体 A 的支持力为 N，弹簧的伸长量为 x，则　　(　　)



A. $N=80$ N，$x=0.06$ m

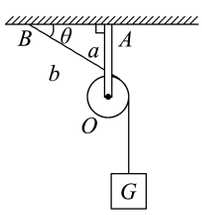
B. $N=80$ N，$x=0.12$ m

C. $N=50$ N，$x=0.06$ m

D. $N=50$ N，$x=0.12$ m

C　**解析**：对 B 受力分析，可知 $F=G_B=30$ N，则弹簧的伸长量为 $x=\dfrac{F}{k}=\dfrac{30\text{ N}}{500\text{ N/m}}=0.06$ m；对 A 受力分析，有 $F+N=G_A$，解得 $N=G_A-F=80\text{ N}-30\text{ N}=50$ N，故选 C。

3.如图所示，在水平天花板的 A 点处固定一根轻杆 a，杆与天花板保持垂直，杆的下端有一个轻滑轮 O。一根细线 b 上端固定在该天花板的 B 点处，细线跨过滑轮 O，下端系一个重为 G 的物体，细线上段与天花板的夹角为 $\theta=30°$。物体保持静止，不计一切摩擦。下列说法正确的是　　(　　)



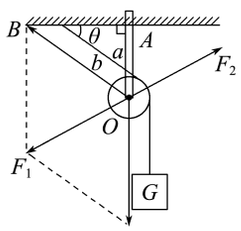
A. 细线上段对天花板的拉力大小是$\frac{G}{2}$

B. 轻杆 a 对滑轮的作用力大小是$\frac{G}{2}$

C. 轻杆 a 对滑轮的作用力方向沿着 OA 竖直向上

D. 轻杆 a 对滑轮的作用力大小是 G

D　**解析**：对物体受力分析，受到重力 G 和拉力 T，根据平衡条件，有 $T=G$，同一根绳子拉力处处相等，故绳子对天花板的拉力大小也等于 G，A 错误；对滑轮受力分析，受到绳子的压力（等于两边绳子拉力的合力 F_1），以及轻杆 a 的作用力（向右上方的支持力），如图所示，根据平衡条件，结合几何关系，有轻杆 a 对滑轮的作用力大小为 $F_2=T=G$，B、C 错误，D 正确。



任务总结

1.“动杆”和“定杆”问题

(1)动杆：若轻杆用光滑的转轴或铰链连接，当杆处于平衡状态时杆所受到的作用力方向一定沿着杆，否则会引起杆的转动。

(2)定杆：若轻杆被固定不发生转动，则杆所受到的作用力方向不一定沿杆的方向。

2.“活结”和“死结”问题

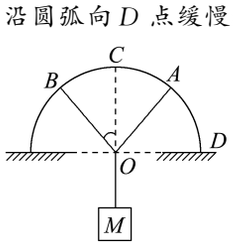
(1)活结：当绳绕过光滑的滑轮或挂钩时，由于滑轮或挂钩对绳无约束，因此绳上的力是相等的，即滑轮只改变力的方向，不改变力的大小。

(2)死结：若结点不是滑轮，而是固定点时，称为“死结”，则结点两侧绳上的作用力不一定相等。

任务四　动态平衡问题

［探究活动］

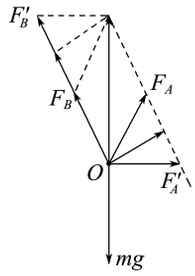
如图所示，质量为 M 的物体用 OA 和 OB 两根等长的绳子悬挂在半圆形的支架上，B 点固定不动，A 点则由顶点 C 沿圆弧向 D 点缓慢移动。



(1)在此过程中，绳子 OA 的拉力大小将如何变化？

(2)在此过程中，绳子 OB 的拉力大小将如何变化？

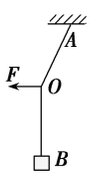
提示：(1)对 O 点受力分析，两根绳上的拉力的合力等于物体的重力，其大小和方向都不变，又 OB 绳上的拉力方向不变，根据平行四边形定则，作受力分析如图所示。在绳子从 C 点向 D 点缓慢移动的过程中，OA 绳上拉力先减小后增大。



(2)结合问题(1)中的分析可知，OB 绳的拉力逐渐增大。

［评价活动］

1.质量为 m 的物体用轻绳 AB 悬挂于天花板上。用水平向左的力 F 缓慢拉动绳的中点 O，如图所示。用 T 表示绳 OA 段拉力的大小，在 O 点向左移动的过程中（　　）



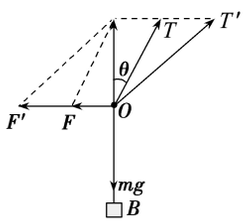
A. F 逐渐变大，T 逐渐变大

B. F 逐渐变大，T 逐渐变小

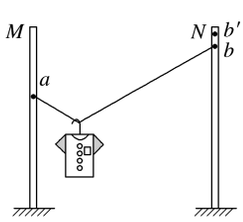
C. F 逐渐变小，T 逐渐变大

D. F 逐渐变小，T 逐渐变小

A　**解析**：以 O 点为研究对象，作受力分析如图所示，当用水平向左的力缓慢拉动 O 点时，绳 OA 与竖直方向的夹角 θ 变大，由共点力的平衡条件知，$T=\frac{mg}{\cos\theta}$，$F=mg\tan\theta$，所以 F 逐渐变大，T 逐渐变大，选项 A 正确。



2.(多选)如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M、N 上的 a、b 两点，悬挂衣服的衣架挂钩是光滑的，挂于绳上处于静止状态。如果只改变一个条件，则当衣架再次静止时，下列描述正确的是（　　）



A. 绳的右端上移到 b' 点，绳子的拉力大小不变

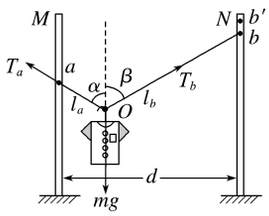
B. 将杆 N 向右移一些，绳子的拉力变大

C. 绳的两端高度差越小，绳子的拉力越小

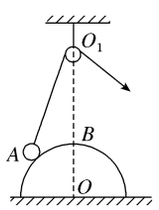
D. 若换挂质量更大的衣服，则衣架悬挂点右移

AB　**解析**：设两杆间距离为 d，绳长为 l，Oa、Ob 段长度分别为 l_a 和 l_b，则 $l=l_a+l_b$，两段绳子与竖直

方向夹角分别为 α 和 β，对绳上与衣架接触点受力分析如图所示。绳子中各部分张力相等，$T_a=T_b=T$，则 $\alpha=\beta$，满足 $2T\cos\alpha=mg$，$d=l_a\sin\alpha+l_b\sin\alpha=l\sin\alpha$，即 $\sin\alpha=\dfrac{d}{l}$，若 d 和 l 均不变，则 $\sin\alpha$、α、$\cos\alpha$ 均为定值，绳子的拉力大小保持不变，故 A 正确，C 错误；若将杆 N 向右移一些，d 增大，则 $\sin\alpha$ 增大，$\cos\alpha$ 减小，绳子的拉力增大，故 B 正确；若换挂质量更大的衣服，d 和 l 均不变，则绳中拉力增大，但衣服悬挂点的位置不变，故 D 错误。



3. 如图所示，光滑的半球形物体固定在水平地面上，球心正上方有一光滑的小滑轮，轻绳的一端系一小球，靠放在半球上的 A 点，另一端绕过定滑轮后用力拉住，使小球静止。现缓慢地拉绳，在使小球沿球面由 A 运动到半球的顶点 B 的过程中，半球对小球的支持力 N 和绳对小球的拉力 T 的大小变化情况是（　　）



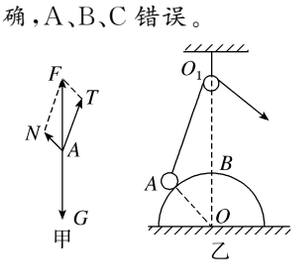
A. N 变大，T 变小

B. N 变小，T 变大

C. N 变小，T 先变小后变大

D. N 不变，T 变小

D　**解析**：以小球为研究对象，分析小球受力情况，小球受重力 G、轻绳的拉力 T 和半球的支持力 N，作出 N、T 的合力 F，如图甲所示，由平衡条件知 $F=G$。力组成的矢量三角形与图乙中 $\triangle AO_1O$ 相似，得 $\dfrac{N}{AO}=\dfrac{F}{O_1O}=\dfrac{T}{O_1A}$，得到 $N=\dfrac{AO}{O_1O}G$，$T=\dfrac{O_1A}{O_1O}G$，则在缓慢地将小球从 A 点拉到 B 点过程中，O_1O、AO 不变，O_1A 变小，可见 T 变小，N 不变。故 D 正确，A、B、C 错误。



任务总结

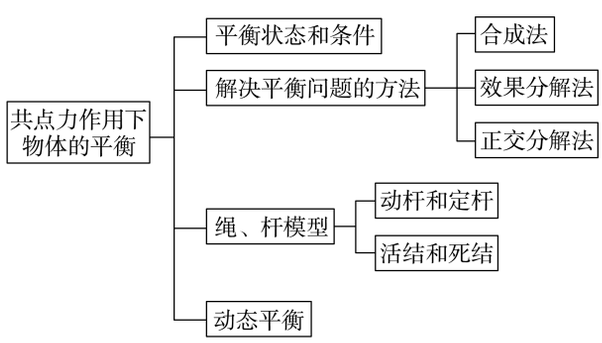
1. 动态平衡问题

物体的受力情况虽发生缓慢变化，但可以认为任一时刻都处于平衡状态。平衡问题中的一部分力是变力，是动态力，力的大小或方向缓慢变化，所以叫动态平衡，这是力平衡问题中的一类题型。

2. 解决动态平衡问题的常用方法

方法	内容
解析法	对研究对象的任一状态进行受力分析，建立平衡方程，求出因变量与自变量的一般关系函数，然后根据自变量的变化确定因变量的变化
图解法	对研究对象进行受力分析，再根据平行四边形定则或三角形定则画出不同状态下力的矢量图（画在同一个图中），然后根据有向线段长度、角度的变化判断各个力大小和方向的变化情况
相似三角形法	在三力平衡问题中，如果有一个力是恒力，另外两个力方向都变化，且题目给出了空间几何关系，多数情况下力的矢量三角形与空间几何三角形相似，可利用相似三角形对应边成比例进行计算

提质归纳



课后素养评价(十六)

基础性·能力运用

知识点 1　共点力作用下物体的平衡状态和平衡条件

1.(多选)关于共点力,下列说法正确的是　　(　　)

A. 作用在一个物体上的两个力,如果大小相等、方向相反,那么这两个力是共点力

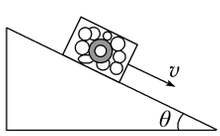
B. 作用在一个物体上的两个力,如果是一对平衡力,那么这两个力是共点力

C. 作用在一个物体上的几个力,如果它们的作用点不在同一点上,那么这几个力也可能是共点力

D. 作用在一个物体上的几个力,如果它们的作用线可以交于一点,那么这几个力是共点力

BCD　**解析**:作用在一个物体上的几个力,如果作用在物体的同一点或者虽不作用在物体的同一点,但力的作用线交于一点,那么这几个力是共点力,所以选项 C、D 正确;大小相等、方向相反的力不一定作用在同一点,但一对平衡力必作用于同一物体的同一直线上,是共点力,所以选项 A 错误,B 正确。

2.如图所示,一箱苹果沿着倾角为 θ 的固定斜面,以速度 v 匀速下滑。在箱子的中央有一个质量为 m 的苹果,它受到周围苹果对它作用力的合力的方向　　(　C　)

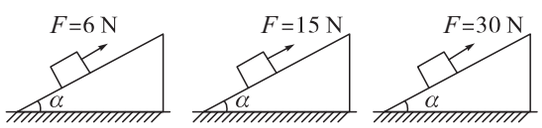


A. 沿斜面向上　　B. 沿斜面向下

C. 竖直向上　　D. 垂直斜面向上

知识点 2　解决共点力平衡问题的常用方法

3.一个质量为 3 kg 的物体,被放置在倾角 $\alpha=30°$ 的固定光滑斜面上。在如图所示的甲、乙、丙三种情况下,物体能处于平衡状态的是(取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$)　　(　　)

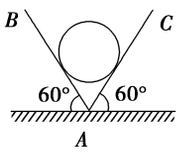


A. 仅图甲　　B. 仅图乙

C. 仅图丙　　D. 图甲、乙、丙

B　**解析**:物体受重力、支持力、拉力三个力的作用,重力沿斜面向下的分力大小为 15 N,故只有题图乙中的物体能保持平衡,选项 B 正确。

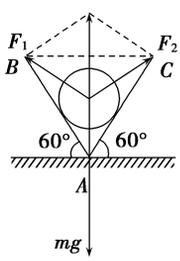
4.如图所示,将一个球放在两块光滑斜面板 AB 和 AC 之间,两板与水平面的夹角都是 60°。现将两板与水平面的夹角以大小相等的速度同时缓慢地均匀地减小到 30°,则在此过程中,球对两板的压力　　(　　)



A. 先增大后减小　　B. 逐渐减小

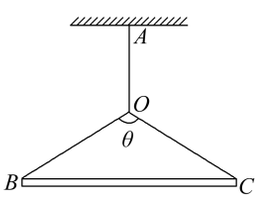
C. 先减小后增大　　D. 逐渐增大

B　**解析**:对球受力分析,其受重力、两个挡板的弹力,如图所示。根据共点力平衡条件,有 $F_1=F_2=\dfrac{\frac{1}{2}mg}{\cos\theta}=\dfrac{mg}{2\cos\theta}$,则当 θ 从 60°减小为 30°过程中,F_1 与 F_2 同时减小。



知识点 3　“活结”与“死结”模型、“动杆”与“定杆”模型

5.如图所示,AO、BO、CO 是完全相同的绳子,用这 3 根绳子将钢梁水平吊起。若钢梁足够重时,绳 AO 先断,则　　(　　)



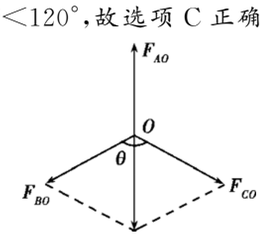
A. $\theta=120°$

B. $\theta>120°$

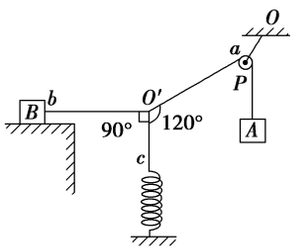
C. $\theta<120°$

D. 不论 θ 为何值,AO 总是先断

C　**解析**:以结点 O 为研究对象,受力情况如图所示,根据对称性可知,绳 BO 与绳 CO 拉力大小相等,由平衡条件得,$F_{AO}=2F_{BO}\cos\dfrac{\theta}{2}$,当钢梁足够重时,绳 AO 先断,说明 $F_{AO}>F_{BO}$,则有 $2F_{BO}\cos\dfrac{\theta}{2}>F_{BO}$,解得 $\theta<120°$,故选项 C 正确。



6.（多选）如图所示，物体 A 被绕过小滑轮 P 的细线所悬挂，物体 B 放在粗糙的水平桌面上，小滑轮 P 被一根斜拉短线系于天花板上的 O 点，O' 是三根线的结点，bO' 水平拉着物体 B，cO' 沿竖直方向拉着弹簧。弹簧、细线、小滑轮的重力和细线与滑轮间的摩擦力均可忽略，整个装置处于平衡静止状态，取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$。若悬挂小滑轮的斜线 OP 的张力是 $20\sqrt{3}$ N，则下列说法正确的是　　（　　）



A. 弹簧的弹力为 10 N

B. 物体 A 的质量为 2 kg

C. 桌面对物体 B 的摩擦力为 $10\sqrt{3}$ N

D. OP 与竖直方向的夹角为 60°

ABC　**解析**：O' 点是三根线的结点，属于“死结”，而小滑轮重力不计且与细线间的摩擦力可忽略，故 P 处为“活结”。由 $m_Ag=F_{O'a}$，$F_{OP}=2F_{O'a}\cos 30°$，可解得 $F_{O'a}=20$ N，$m_A=2$ kg，选项 B 正确；OP 的方向沿绳子张角的角平分线方向，故 OP 与竖直方向间的夹角为 30°，选项 D 错误；对 O' 受力分析，由平衡条件可得 $F_{弹}=F_{O'a}\sin 30°$，$F_{O'b}=F_{O'a}\cos 30°$，对物体 B 有 $f_B=F_{O'b}$，联立解得 $F_{弹}=10$ N，$f_B=10\sqrt{3}$ N，选项 A、C 均正确。

综合性·创新提升

7.羱羊具有很强大的爬坡能力，如图所示是羱羊爬上水坝壁上舔舐钙盐的场景。假设羱羊从水平地面缓慢爬上圆弧山坡，则在此过程中羱羊　　（　　）



A. 受到山坡的支持力增大

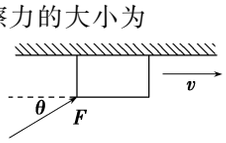
B. 受到山坡的摩擦力增大

C. 受到山坡的作用力增大

D. 受到的合力增大

B　**解析**：设坡面倾角为 θ，则 $N=mg\cos\theta$，$f=mg\sin\theta$，缓慢上坡的过程中，倾角增大，则支持力减小，摩擦力增大，故 A 错误，B 正确；根据平衡条件可知，羱羊受到山坡的作用力与重力是一对平衡力，保持不变，故 C 错误；羱羊缓慢上坡的过程中，处于平衡状态，合力始终为 0，保持不变，故 D 错误。

8.（多选）如图所示，质量为 m 的物体在与水平方向成 θ 角的斜向上推力 F 作用下，沿水平天花板匀速运动。若物体与天花板间的动摩擦因数为 μ，则物体受到的滑动摩擦力的大小为　　（　　）



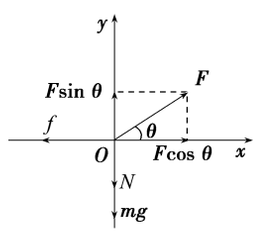
A. $\mu mg\sin\theta$

B. $F\cos\theta$

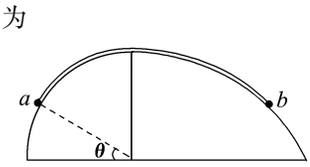
C. $\mu(F\sin\theta-mg)$

D. $\mu(mg-F\sin\theta)$

BC　**解析**：对物体受力分析，如图所示，根据水平和竖直方向的平衡，有 $f=F\cos\theta$，$F\sin\theta=mg+N$，又 $f=\mu N$，联立得摩擦力的大小 $f=\mu(F\sin\theta-mg)=F\cos\theta$，故选 BC。



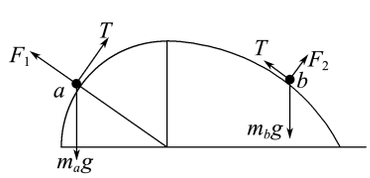
9.如图所示，左侧是半径为 R 的四分之一圆弧，右侧是半径为 $2R$ 的一段圆弧，二者圆心在同一条竖直线上，小球 a、b 通过一轻绳相连，二者恰好在等高处静止。已知 $\theta=37°$，不计所有摩擦，则小球 a、b 的质量之比为　　（　　）



A. 3∶4　　B. 3∶5

C. 4∶5　　D. 1∶2

A　**解析**：对 a 和 b 两个小球受力分析，如图所示，由几何关系分析可知，小球 b 所受拉力与水平方向夹角为 37°，一根绳上的拉力大小相等，故拉力都为 T；由力的平衡可知小球 a 受的拉力 $T=m_ag\cos 37°$，小球 b 受的拉力 $T=m_bg\sin 37°$，联立可解得 $\frac{m_a}{m_b}=\frac{3}{4}$。



单元活动构建

单元活动3　物体平衡的综合应用

「单元任务」

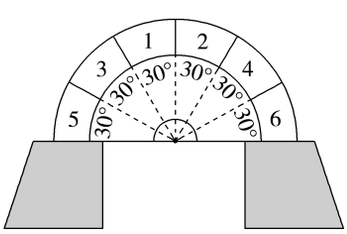
任务内容	
任务一	物体的受力分析
任务二	整体法、隔离法的应用
任务三	平衡中的临界、极值问题

「任务引导」

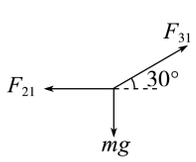
对于山水的自然美，我国文学家和艺术家是情有独钟。有山有水自然也就会有桥，桥梁本身也是实用与艺术的融合体，如桥梁的平直、索桥的凌空、浮桥的韵味、拱桥的涵影等，均摇曳着艺术的风采。按照桥梁的受力体系分类，可将其分为梁式桥、拱式桥、悬索桥和斜拉桥四大基本体系。梁式桥，又称平桥或跨空梁桥，是以桥墩作为水平方向的承托，然后架梁并平铺于桥面的桥。悬索桥，也称吊桥或绳桥，是用竹索、藤索或铁索等为骨架相连而悬吊起来的桥。拱式桥，一般常见的是石拱桥，它又有单拱、双拱、多拱之分，拱的多少视河的宽度来定，一般正中的拱要特别高大，两边的拱要略小。斜拉桥，又称斜张桥，是将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，其由承压的塔、受拉的索和承弯的梁组合而成的一种结构体系。

任务一　物体的受力分析

活动1　拱式桥是由许多楔形砖块砌成的。为简化研究，将拱式桥视为由6块相同的砖砌成的结构，如图所示。如果不计砖块间摩擦力，该拱式桥模型能否保持平衡？



提示：设每块砖的质量为 m，对砖块1受力分析，其受重力、砖块2的压力 F_{21} 和砖块3的支持力 F_{31}，如图甲所示：



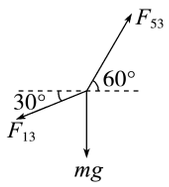
甲

由平衡条件有 $F_{31}\sin 30°=mg$，$F_{31}\cos 30°=F_{21}$，

解得 $F_{31}=2mg$，$F_{21}=\sqrt{3}mg$，

只要满足上述条件，砖块1就可以保持平衡；

对砖块3受力分析，其受重力、砖块1的压力 F_{13} 和砖块5的支持力 F_{53}，由作用力和反作用力关系可知，$F_{13}=F_{31}=2mg$，如图乙所示：



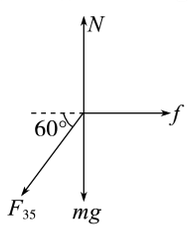
乙

由平衡条件有 $F_{13}\cos 30°=F_{53}\cos 60°$，

解得 $F_{53}=2\sqrt{3}mg$，

只要满足上述条件时，砖块3就可以平衡；

对砖块5受力分析，其受重力、砖块3的压力 F_{35}、地面的支持力 N 和地面的摩擦力 f，由作用力和反作用力关系可知，$F_{35}=F_{53}=2\sqrt{3}mg$，如图丙所示：



丙

根据题意，由平衡条件有

$f=F_{35}\cos 60°$，$N=mg+F_{35}\sin 60°$，

解得 $f=\sqrt{3}mg$，$N=4mg$，

即当 f 和 N 满足上述条件时，砖块1、3、5就可以平衡，同理，砖块2、4、6也可以平衡。

活动2　如图所示为上海南浦大桥，桥面高46 m，主桥全长846 m，引桥全长7 500 m。引桥做得这样长的主要目的是什么？



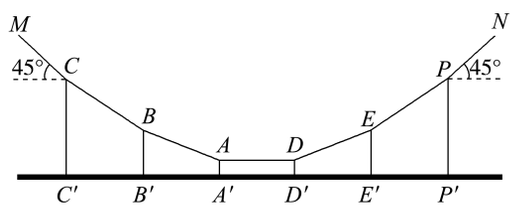
提示：设引桥的倾角为 α，汽车的重力为 G，将汽车的重力分解成沿桥面向下和垂直于桥面向下的两个分力，则根据数学知识得，沿桥面向下的分力大小为 $F_1=G\sin\alpha$，

垂直于桥面向下的分力大小为 $F_2=G\cos\alpha$。

引桥很长时，α 较小，则 F_1 较小，所以引桥做得很长的主要目的是减小汽车的重力引起的平行于引桥面向下的分力。

任务二　整体法、隔离法的应用

活动　某学校物理学习小组研究悬索桥的受力特点，因实际的悬索桥在工程上是复杂的，所以他们进行了合理简化。悬索桥的简化模型如下：吊桥由 12 根钢杆竖直悬吊，12 根钢杆在桥面上分列两排，其上端挂在两根钢缆上，如图所示为其侧面图。已知图中相邻两钢杆间距离为 9 m，钢杆 AA' 和 DD' 长度为2 m，且钢杆长度 $BB'=EE'$，$CC'=PP'$，又已知两端钢缆 CM、PN 与水平方向成 45°角。假设钢杆、钢缆自重均不计，每根钢杆拉力大小均相等，桥面总质量为 m。



(1)每根钢杆拉力大小为多大？

(2)单侧钢缆 AD 中拉力大小为多大？

(3)单侧钢缆 CM 中拉力大小为多大？

(4)BB'的长度为多少？

提示：(1)对整个桥面受力分析，根据平衡条件得 $12F=mg$，解得每根钢杆拉力大小为 $F=\frac{1}{12}mg$。

(2)对左边的悬索 ABC 整体受力分析，根据平衡条件得$F_{CM}\sin 45°=\frac{1}{4}mg$，$F_{CM}\cos 45°=F_{AD}$，

解得单侧钢缆 AD 中拉力大小为 $F_{AD}=\frac{1}{4}mg$。

(3)由上述分析得单侧钢缆 CM 中拉力大小为 $F_{CM}=\frac{\sqrt{2}}{4}mg$。

(4)每侧钢缆 AD 中的拉力大小为$\frac{1}{4}mg$，钢杆 AA'的拉力大小为$\frac{1}{12}mg$，根据三角形相似得

$\frac{\frac{1}{12}mg}{\frac{1}{4}mg}=\frac{BB'-AA'}{B'A'}$，解得 $BB'=5$ m。

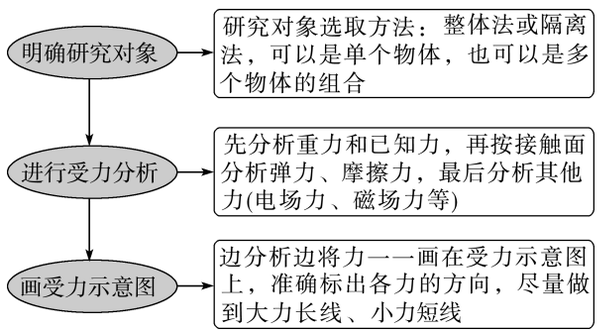
任务三　平衡中的临界、极值问题

活动　通过查阅资料可知，汽车与路面之间的动摩擦因数约为 0.7。为使新手司机在坡道部分等红绿灯时不会溜车(汽车在坡道上起步时向后移动)，该坡道的坡比(坡面的垂直高度 h 和水平宽度 l 的比)不能超过多少？假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。

提示：为使汽车在该坡道部分不会溜车，临界条件为汽车受到的静摩擦力达到最大静摩擦力时等于重力沿坡道方向的分力，即有 $mg\sin\theta=\mu N$，$N=mg\cos\theta$，联立解得坡比$\frac{h}{l}=\tan\theta=\mu=0.7$。

「知识链接」

1.受力分析的一般步骤



2.整体法与隔离法

(1)整体法与隔离法的比较

项目	整体法	隔离法
概念	将几个物体作为一个整体来分析的方法	将研究对象与周围物体分隔开并单独来分析的方法
选用原则	研究系统外的物体对系统整体的作用力	研究系统内物体之间的相互作用力
注意问题	受力分析时不要再考虑系统内物体间的相互作用力	一般隔离受力较少的物体

(2)整体法、隔离法在受力分析过程中要灵活选用

①当所涉及的物理问题是整体与外界作用时，应用整体法，可使问题简单明了，而不必考虑内力的作用。

②当涉及的物理问题是物体间的相互作用时，要应用隔离法，这时系统中物体间相互作用的内力就会变为各个独立物体所受的外力。

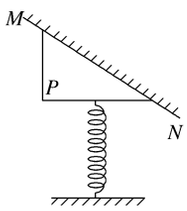
3.解决极值问题和临界问题的方法

(1)图解法：根据物体的平衡条件，作出力的矢量图。通过对物体受力的分析，利用平行四边形定则或三角形定则进行动态分析，确定最大值与最小值。

(2)数学解析法：通过对问题的分析，依据物体的平衡条件写出物理量之间的函数关系(如正交分解或画出函数图像等)，用数学方法求极值。

「活动达标」

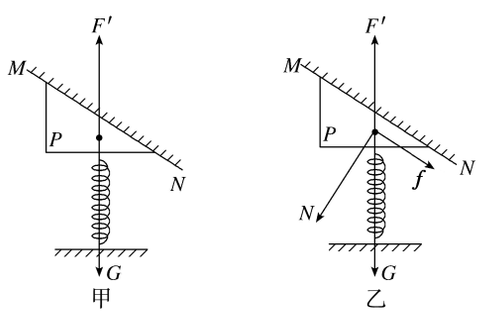
1.(多选)如图所示,竖直放置的弹簧的一端固定在地面上,另一端与斜面体 P 连接,P 与斜放的固定挡板 MN 接触且处于静止状态,弹簧处于竖直方向,则斜面体 P 此刻受到外力的个数可能为 (　　)



A. 2 个　　B. 3 个

C. 4 个　　D. 5 个

AC　**解析**:如果弹簧弹力 $F=G$,则斜面体 P 的受力可以平衡,受力分析如图甲所示,故斜面体 P 可能受 2 个力的作用。如果 $F>G$,则斜面体 P 会受到挡板 MN 的弹力 N 和摩擦力 f,受力分析如图乙所示,故斜面体 P 可能受 4 个力的作用。故选 A、C。



2.(多选)将力 F 分解成 F_1 和 F_2 有不同种分解方法。若已知 F_1 的大小、F_2 与 F 的夹角 θ(θ 为锐角),则下列说法错误的是 (　　)

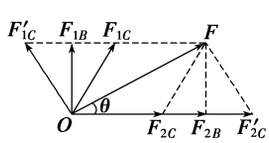
A. 当 $F_1>F$ 时,有两个解

B. 当 $F_1=F\sin\theta$ 时,有一个解

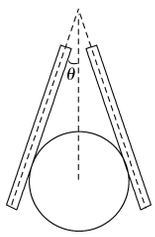
C. 当 $F\sin\theta<F_1<F$ 时,有三个解

D. 当 $F_1<F\sin\theta$ 时,无解

AC　**解析**:如图所示,当 $F_1=F\sin\theta$ 时,只能构成唯一的平行四边形,分解得到 F_{1B} 和 F_{2B},B 正确;当 $F\sin\theta<F_1<F$ 时,能构成两个平行四边形,分解得到的一组解是 F_{1C} 和 F_{2C},另一组解是 F'_{1C} 和 F'_{2C},C 错误;当 $F_1>F$ 时,构不成完整的平行四边形,所以无解,A 错误;当 $F_1<F\sin\theta$ 时,构不成完整的平行四边形,所以无解,D 正确。



3.筷子是中华饮食文化的标志之一,我国著名物理学家李政道曾夸赞说:“筷子如此简单的两根木头,却精妙绝伦地应用了物理学杠杆原理。”如示意图所示,用筷子夹住质量为 m 的小球,两根筷子均在竖直平面内,且小球静止,筷子和竖直方向的夹角均为 θ。已知小球与筷子之间的动摩擦因数为 μ,设最大静摩擦力等于滑动摩擦力,重力加速度为 g。下列说法正确的是 (　　)



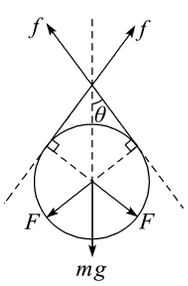
A. 小球受到 3 个力的作用

B. 当 θ 增大时,筷子对小球的作用力增大

C. 当 θ 减小时,筷子对小球的作用力增大

D. 筷子对小球的最小压力是 $\dfrac{mg}{2(\mu\cos\theta-\sin\theta)}$

D　**解析**:小球受到重力、两根筷子的压力与两根筷子的摩擦力,共 5 个力的作用,A 错误;无论 θ 增大还是减小,只要小球不掉下来,筷子对小球的作用力一定与重力等大反向,B、C 错误;小球的受力如图所示,筷子对小球的压力最小时,小球受到的摩擦力等于最大静摩擦力,由平衡条件,得 $mg+2F_{\min}\sin\theta=2f\cos\theta$,$f=\mu F_{\min}$,由两式解得 $F_{\min}=\dfrac{mg}{2(\mu\cos\theta-\sin\theta)}$,D 正确。



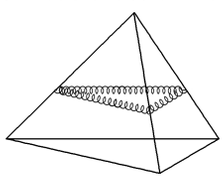
4.(2024·山东卷)如图所示,国产人形机器人“天工”能平稳通过斜坡。若它可以在倾角不大于 30°的斜坡上稳定地站立和行走,且最大静摩擦力等于滑动摩擦力,则它的脚和斜面间的动摩擦因数不能小于 (　　)



A. $\dfrac{1}{2}$　　B. $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$　　C. $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　　D. $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

B　**解析**：斜坡倾角越大，“天工”越容易下滑，只要保证“天工”在30°倾角的斜坡上不下滑，则在小于30°倾角的斜坡上更不会下滑。对30°倾角的斜坡上的“天工”受力分析，有$\mu mg\cos 30°\geqslant mg\sin 30°$，解得$\mu\geqslant\frac{\sqrt{3}}{3}$，B正确。

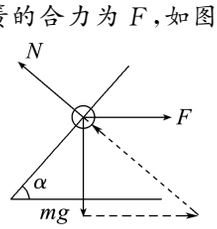
5.(2026·山东卷)如图所示，由光滑刚性杆组成的正四面体框架放置在水平面上，三条棱上各套有一个质量为m的小球。三个小球通过相同的轻质弹簧连接，静止时恰好处于同一水平面上。已知弹簧的劲度系数为k且弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小为g，则每根弹簧的伸长量为　(　　)



A. $\frac{2\sqrt{3}mg}{3k}$　　B. $\frac{\sqrt{6}mg}{3k}$

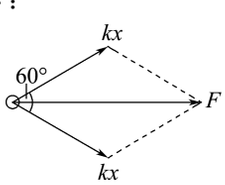
C. $\frac{\sqrt{2}mg}{k}$　　D. $\frac{\sqrt{3}mg}{k}$

B　**解析**：由几何关系可知，正四面体的棱与底面的夹角满足$\cos\alpha=\frac{\sqrt{3}}{3}$，对其中一个小球进行受力分析，设其所受弹簧的合力为F，如图甲所示：



甲

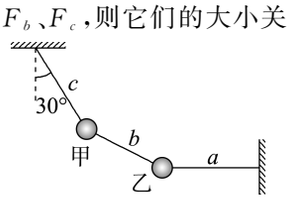
由平衡条件可知$F=mg\tan\alpha$，两弹簧对该小球的拉力如图乙所示：



乙

由平行四边形法则可知$F=2kx\cos 30°$，代入数据可得$x=\frac{\sqrt{6}mg}{3k}$，故选B。

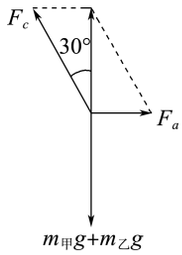
6.如图所示，用三根细线a、b、c将小球甲和小球乙连接并悬挂。两小球均处于静止状态，细线a水平，细线c与竖直方向的夹角为30°。若三根细线的拉力分别为F_a、F_b、F_c，则它们的大小关系是　(　　)



A. $F_a>F_b>F_c$　　B. $F_a<F_b<F_c$

C. $F_a<F_b=F_c$　　D. $F_b>F_a=F_c$

B　**解析**：对甲、乙整体进行受力分析，如图所示：

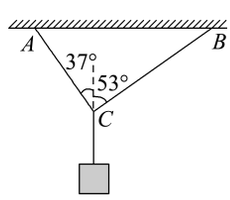


根据平衡条件可得$F_c=\frac{m_{甲}g+m_{乙}g}{\cos 30°}=\frac{2\sqrt{3}}{3}(m_{甲}g+m_{乙}g)$，$F_a=(m_{甲}g+m_{乙}g)\tan 30°=\frac{\sqrt{3}}{3}(m_{甲}g+m_{乙}g)$，因此$F_c=2F_a$；对小球乙进行受力分析，设细线$b$与竖直方向的夹角$\theta$，根据平衡条件可得$F_b\sin\theta=F_a$，解得$F_b=\frac{F_a}{\sin\theta}>F_a$，对小球甲进行受力分析可得$F_c\sin 30°=F_b\sin\theta$，解得$\frac{F_c}{F_b}=\frac{\sin\theta}{\sin 30°}$，由于$\theta>30°$，故$F_c>F_b$。综上所述，三根细线的拉力大小关系为$F_a<F_b<F_c$，故选B。

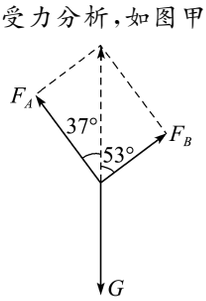
7.轻绳的两端A、B固定在天花板上，轻绳能承受的最大拉力为120 N。现用挂钩将一重物挂在轻绳上，结果挂钩停在C点，如图所示，两端与竖直方向的夹角分别为37°和53°。(取$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$)

(1)此重物的最大重力不应超过多少？

(2)若将挂钩换成一个光滑的小滑轮，重物的最大重力可达多大？



解析：(1)对C点受力分析，如图甲所示：

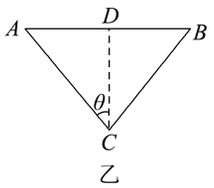


甲

由图甲可知$F_A>F_B$，若F_A达到120 N时，$F_B<120$ N，此时两段轻绳都不会断，则$G\leqslant\frac{F_{A\max}}{\cos 37°}=150$ N。

(2)由$\sin 37°=0.6$，可知题图中$AC:BC:AB=$

3∶4∶5，当挂钩换成光滑的小滑轮时，轻绳变滑成左右对称的形式，结构如图乙所示：



乙

根据几何关系知，$AD∶AC=5∶7$

且根据三角形知识可知 $\cos\theta=\frac{2\sqrt{6}}{7}$

依据平衡条件可得 $G\leqslant 2F'_{A\max}\cos\theta=\frac{480\sqrt{6}}{7}$ N≈168 N。

答案：(1)150 N　(2)168 N

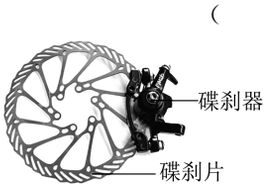
章末质量评估(三)　相互作用

(时间：75 分钟　分值：100 分)

一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是最符合题目要求的。

1. 自行车的机械碟刹可以让车辆拥有更好的制动性能，碟刹是通过碟刹器与碟刹片两者间的摩擦力实现制动的，如图所示。在一次缓慢刹车的过程中，下列说法正确的是　(　　)





A. 碟刹器受到的是静摩擦力

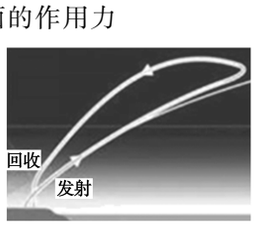
B. 增大碟刹器与碟刹片间的正压力可以增大摩擦力

C. 增大碟刹器与碟刹片间的正对面积可以增大摩擦力

D. 碟刹器受到的摩擦力方向一定与碟刹片的运动方向相反

B　**解析**：碟刹片转动，碟刹器固定，二者有相对滑动，受到的是滑动摩擦力，不是静摩擦力，A 错误；滑动摩擦力 $f=\mu N$，接触面粗糙程度 μ 不变，增大正压力 N，滑动摩擦力就增大(捏紧刹车把手，就是增大两者正压力，实现更强制动)，B 正确；滑动摩擦力大小与接触(正对)面积无关，只取决于动摩擦因数和正压力，C 错误；滑动摩擦力的方向总是与该物体自身相对接触面的运动方向相反，即碟刹器受到的摩擦力方向与碟刹片的运动方向相同，D 错误。

2. 火箭是卫星发射的唯一工具，火箭发射回收是航天技术的一大进步。如图所示为火箭在返回地面前的某段运动，可看成先匀速后减速的直线运动，最后着陆在地面上，不计火箭质量的变化。火箭着地时，火箭对地面的作用力　(　　)



A. 大于地面对火箭的作用力

B. 小于地面对火箭的作用力

C. 大于火箭自身的重力

D. 等于火箭自身的重力

C　**解析**：火箭对地面的作用力和地面对火箭的作用力是作用力与反作用力，根据牛顿第三定律知，这两个力大小相等、方向相反，A、B 错误；火箭着地时做减速运动，加速度向上，则地面给火箭的力大于火箭自身的重力，由牛顿第三定律知，火箭对地面的作用力大于火箭自身的重力，C 正确，D 错误。

3. 汽车里有一水平放置的硅胶魔力贴，魔力贴上放置一质量为 m 的小花瓶。若汽车在水平公路上向前做匀加速直线运动，则以下说法正确的是　(　A　)

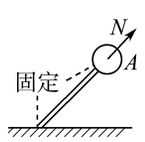
A. 小花瓶受到的静摩擦力水平向前

B. 小花瓶受到的静摩擦力不断增大

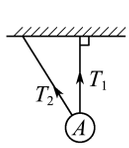
C. 小花瓶所受的合力为零

D. 魔力贴对小花瓶的作用力为 mg

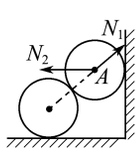
4. 下列各物体均处于静止状态。图中画出的小球 A 所受弹力的情况，正确的是　(　C　)



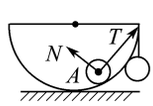
A



B

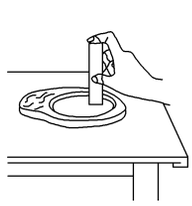


C



D

5. (2024·吉林卷)利用砚台将墨条研磨成墨汁时讲究“圆、缓、匀”。如图，在研磨过程中，砚台始终静止在水平桌面上。当墨条的速度方向水平向左时　(　　)



A. 砚台对墨条的摩擦力方向水平向左
B. 桌面对砚台的摩擦力方向水平向左
C. 桌面和墨条对砚台的摩擦力是一对平衡力
D. 桌面对砚台的支持力与墨条对砚台的压力是一对平衡力

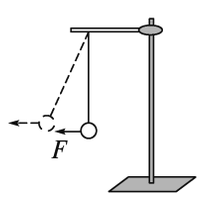
C　**解析**：墨条的速度方向水平向左，墨条受到砚台的滑动摩擦力水平向右，根据牛顿第三定律可知，砚台受到墨条的摩擦力方向水平向左，砚台有向左运动的趋势，桌面对砚台的摩擦力方向水平向右，故A、B错误；砚台处于静止状态，水平方向的合力为零，桌面和墨条对砚台的摩擦力是一对平衡力，故C正确；根据平衡条件可知，桌面对砚台的支持力与墨条对砚台的压力和砚台的重力的合力互相平衡，故D错误。

6. 孔明灯相传是由三国时期的诸葛孔明发明的。有一盏质量为 m 的孔明灯升空后沿着东偏北方向匀速上升，则此时孔明灯所受空气的作用力的大小和方向是(重力加速度为 g)　（　　）

A. 零
B. mg，竖直向上
C. mg，东偏北方向
D. $\sqrt{2}mg$，东偏北方向

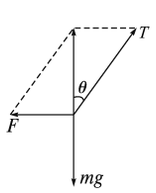
B　**解析**：孔明灯升空后向着东偏北方向匀速上升，做匀速直线运动，加速度为零，合力为零，其只受到重力和空气的作用力，根据平衡条件得到空气的作用力的大小为 mg，方向竖直向上，故B正确。

7. 如图所示，一个铁架台放在水平地面上，其上用轻质细线悬挂一个小球，开始时细线竖直。现将水平力 F 作用于小球上，使其缓慢地由实线位置运动到虚线位置，铁架台始终保持静止。在这一过程中　（　　）



A. 水平拉力 F 先变小后变大
B. 细线的拉力不变
C. 铁架台对地面的压力变大
D. 铁架台所受地面的摩擦力变大

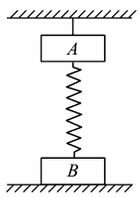
D　**解析**：对小球受力分析，如图所示，小球受细线拉力、重力和水平力 F。根据平衡条件，有 $F=mg\tan\theta$，θ 逐渐增大，则 F 逐渐增大，故A错误；



由图可知，细线的拉力 $T=\dfrac{mg}{\cos\theta}$，θ 增大，$\cos\theta$ 减小，T 增大，故B错误；以整体为研究对象，根据平衡条件得 $f=F$，则 f 逐渐增大，$N=(M+m)g$，N 保持不变，故D正确，C错误。

二、多项选择题：本题共3小题，每小题6分，共18分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得6分，选对但不全的得3分，有选错的得0分。

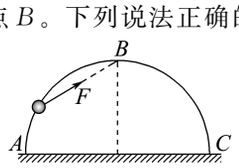
8. 如图所示，A、B 两个物块的重力分别是 $G_A=3$ N，$G_B=4$ N，弹簧的重力不计，整个装置沿竖直方向处于静止状态。若弹簧的弹力 $F=2$ N，则天花板受到的拉力和地板受到的压力，有可能是　（　　）



A. 1 N和6 N　　B. 5 N和6 N
C. 1 N和2 N　　D. 5 N和2 N

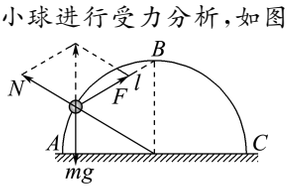
AD　**解析**：若弹簧处于压缩状态，由平衡条件分别对两个物体有 $T+F=G_A$，$N=F+G_B$，解得 $T=1$ N，$N=6$ N，A正确；若弹簧处于拉伸状态，由平衡条件得 $T=F+G_A$，$N+F=G_B$ 解得 $T=5$ N，$N=2$ N，D正确。

9. 如图所示，半圆环竖直固定在水平地面上，光滑小球套在半圆环上。对小球施加一始终指向半圆环最高点 B 的拉力 F，使小球从半圆环最低点 A 缓缓移动到最高点 B。下列说法正确的是　（　　）



A. 拉力 F 一直减小
B. 拉力 F 先增大后减小
C. 小球对半圆环的压力大小始终不变
D. 小球对半圆环的压力先增大后减小

AC　**解析**：对小球进行受力分析，如图所示：



根据相似三角形的性质可得 $\dfrac{mg}{R}=\dfrac{N}{R}=\dfrac{F}{l}$，小球从半圆环最低点 A 缓缓移动到最高点 B 的过程中，小球与 B 点间的距离 l 逐渐减小，则拉力 F 减小，N 的大小不变，根据牛顿第三定律可知小球对半圆环的压力大小始终不变。故选A、C。

10. (2025·广西卷)独竹漂是我国一项民间技艺。如图所示，人手持竹竿并踩着楠竹，在水面沿直线减速滑行，人和楠竹相对静止，则　（　　）



A. 人所受合力为零

B. 楠竹受到人的作用力的方向一定竖直向下

C. 手持竹竿可使人(含竹竿)的重心下移,更易保持平衡

D. 人受到楠竹作用力的方向与人(含竹竿)的重心在同一竖直平面

CD　**解析**:人和楠竹在水面减速滑行,速度在变化,根据牛顿第二定律可知其所受合力不为零,故A错误;楠竹在水平方向有加速度,人对楠竹的作用力在竖直方向有重力,水平方向有摩擦力,所以人对楠竹作用力的方向不是竖直向下,故B错误;人和楠竹相对静止且减速滑行,人和楠竹的重心要在同一竖直面内才能保持相对稳定,人手持竹竿可使其(含竹竿)重心下移,更易保持平衡,故C正确;人和楠竹构成的整体在减速滑行,受到的合力不为零,根据力的作用线和重心的关系,可知人受到楠竹作用力的方向与人(含竹竿)的重心应在同一竖直平面内,故D正确。

三、非选择题:本题共5小题,共54分。其中第13～15小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤;有数值计算时,答案中必须明确写出数值和单位。

11.(8分)(1)在"探究弹簧弹力与形变量的关系"的实验中,以下说法正确的是_____(填字母序号,下同)。

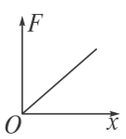
A. 弹簧被拉伸时,不能超出它的弹性限度

B. 用悬挂钩码的方法给弹簧施加拉力,应保证弹簧位于竖直位置且处于平衡状态

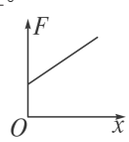
C. 用刻度尺测量的弹簧长度即为弹簧的伸长量

D. 用几个不同的弹簧分别测出几组拉力与伸长量,得出拉力与伸长量之比相等

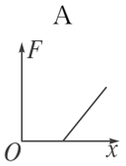
(2)某同学做"探究弹簧弹力与形变量的关系"的实验时,他先把弹簧平放在桌面上使其自然伸长,用直尺测出弹簧的原长 l_0,再把弹簧竖直悬挂起来,挂上钩码后测出弹簧伸长后的长度 l,把($l-l_0$)作为弹簧的伸长量 x,这样操作,最后画出的图线可能是下列选项中的_____。



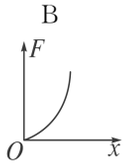
A



B



C



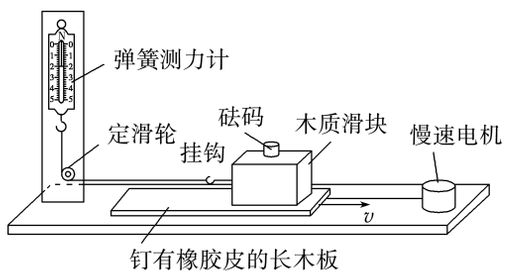
D

解析:(1)本实验中应以需要研究的一根弹簧为实验对象,在弹性限度内通过增减钩码的数目,来改变对弹簧的拉力,以探究弹力和弹簧伸长量的关系。弹簧不能超出弹性限度;测量长度时,弹簧应处于平衡状态;用刻度尺测量的长度为原长加伸长量;在进行数据处理时,应用图像法。故A、B正确。

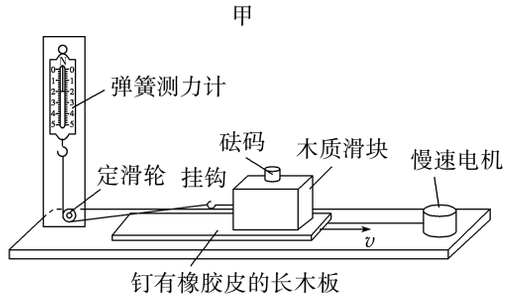
(2)由于未考虑弹簧自身重力的影响,当不挂钩码时,弹簧的伸长量 $x\neq0$,所以选C。

答案:(1)AB　(2)C

12.(2025·云南卷)(8分)某实验小组做了测量木质滑块与橡胶皮之间动摩擦因数 μ 的实验,所用器材如下:钉有橡胶皮的长木板、质量为250 g的木质滑块(含挂钩)、细线、定滑轮、弹簧测力计、慢速电机以及砝码若干。实验装置如图甲所示。



甲



乙

实验步骤如下:

①将长木板放置在水平台面上,滑块平放在橡胶面上;

②调节定滑轮高度,使细线与长木板平行(此时定滑轮高度与挂钩高度一致);

③用电机缓慢拉动长木板,当长木板相对滑块匀速运动时,记录弹簧测力计的示数 F;

④在滑块上分别放置50 g、100 g和150 g的砝码,重复步骤③;

⑤处理实验数据(重力加速度 g 取9.80 m/s^2)。

实验数据如表所示:

滑块和砝码的总质量 M/g	弹簧测力计示数 F/N	动摩擦因数 μ
250	1.12	0.457
300	1.35	a
350	1.57	0.458
400	1.79	0.457

完成下列填空:

(1)表格中 a 处的数据为_____(保留3位有效数字)。

(2)其他条件不变时,在实验误差允许的范围内,滑动摩擦力的大小与接触面上压力的大小_____,

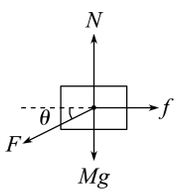
μ 与接触面上压力的大小_____。(以上两空均选填“成正比”“成反比”或“无关”)

(3)若在实验过程中未进行步骤②,实验装置如图乙所示,挂钩高于定滑轮,则 μ 的测量结果将_____(选填“偏大”“偏小”或“不变”)。

解析:(1)根据 $F=\mu N=\mu Mg$,代入 $F=1.35$ N,$M=300$ g$=0.3$ kg,得 $\mu\approx0.459$。

(2)其他条件不变时,在实验误差允许的范围内,滑动摩擦力的大小与接触面上压力的大小成正比,μ 与接触面上压力的大小无关。

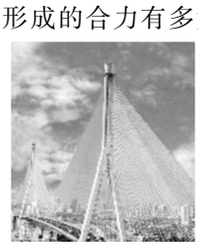
(3)若在实验过程中未进行步骤②,实验装置如图乙所示,挂钩高于定滑轮,此时滑块的受力情况如下:



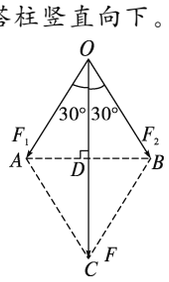
对滑块,根据平衡条件,易知 F 的测量值偏大,由 $\mu=\dfrac{F}{Mg}$,可知 μ 的测量结果偏大。

答案:(1)0.459　(2)成正比　无关　(3)偏大

13.(12 分)如图所示,杨浦大桥是继南浦大桥之后又一座跨越黄浦江的我国自行设计建造的双塔双索面叠合梁斜拉桥。挺拔高耸的 208 m 主塔似一把利剑直刺苍穹,塔的两侧由 32 对钢索连接主梁,呈扇面展开,如巨型琴弦,正弹奏着巨龙腾飞的奏鸣曲。假设斜拉桥中某对钢索与竖直方向的夹角都是 30°,每根钢索中的拉力都是 3×10^4 N,那么这对钢索对塔柱形成的合力有多大?方向如何?



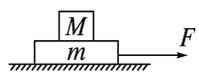
解析:把两根钢索的拉力看成沿钢索方向的两个分力,以它们为邻边画出一个平行四边形,其对角线就表示它们的合力,如图所示。由对称性可知,合力方向一定沿塔柱竖直向下。



根据这个平行四边形是一个菱形的特点,可知合力 $F=2F_1\cos\ 30°=2\times3\times10^4\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}$ N$=5.2\times10^4$ N。

答案:5.2×10^4 N　方向竖直向下

14.(12 分)如图所示,当水平拉力 $F=40$ N 时,质量为 $m=10$ kg 的木板可以在水平面上匀速前进。若在木板上再放一个质量为 M 的铁块,为使它们匀速前进,需施加的水平拉力为 60 N。求木板与地面间的动摩擦因数和铁块的质量 M。(取 $g=10$ m/s^2)



解析:当拉力 $F=40$ N 时,滑动摩擦力 $f=40$ N,木板对水平地面的压力 $N=mg=100$ N,

由 $f=\mu N$ 得动摩擦因数 $\mu=\dfrac{40}{100}=0.4$,

当拉力 $F'=60$ N 时,木板对水平面的压力 $N'=(m+M)g$,摩擦力 $f'=60$ N,

再由 $f'=\mu N'$ 解得

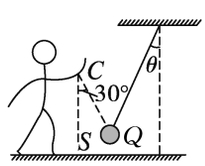
$M=5$ kg。

答案:0.4　5 kg

15.(14 分)某同学表演魔术时,将一小型条形磁体藏在自己的袖子里,然后对着一悬挂的金属小球“指手画脚”,结果小球在他“神奇的功力”下飘动起来。假设当隐藏的磁体位于小球 Q 的左上方某一位置 C(CS 竖直,$\angle QCS=30°$)时,金属小球偏离竖直方向的夹角 θ 也是 30°,此时小球静止,如图所示。已知小球的质量为 m,该同学(含磁体)的质量为 M,重力加速度为 g,则此时:

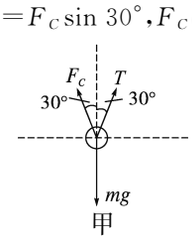
(1)悬挂小球的细线上拉力大小为多少?

(2)该同学受到的地面支持力和摩擦力的大小各为多少?

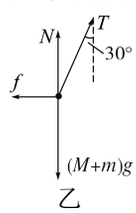


解析:(1)以小球为研究对象,受力分析如图甲所示,则由平衡条件得

$T\sin30°=F_C\sin30°$,$F_C\cos30°+T\cos30°=mg$,



甲



乙

解得 $T=F_C=\dfrac{\sqrt{3}}{3}mg$。

(2)以小球和该同学整体为研究对象,受力分析如图乙所示,有 $f=T\sin30°$,

$N+T\cos30°=(M+m)g$,

将 T 值代入解得 $f=\dfrac{\sqrt{3}}{6}mg$,$N=Mg+\dfrac{1}{2}mg$。

答案:(1)$\dfrac{\sqrt{3}}{3}mg$　(2)$Mg+\dfrac{1}{2}mg$　$\dfrac{\sqrt{3}}{6}mg$

第四章 牛顿运动定律

1 牛顿第一定律

学习任务目标

1.理解惯性的概念，并会解释有关现象。（物理观念）
2.会区分牛顿第一定律和惯性，理解力和运动的关系。（科学思维）
3.领略理想实验的魅力，激发学习和探索的兴趣。（科学态度与责任）

问题式预习

知识点一 亚里士多德的运动理论和伽利略的研究工作

1.亚里士多德的运动理论

必须有力作用在物体上，物体才能运动；没有力的作用，物体就要静止在某个地方，即物体的运动需要力来维持。

2.伽利略的研究工作

(1)斜面实验：让静止的小球从第一个斜面滚下，冲上第二个斜面，如果没有摩擦，小球将上升到原来释放时的高度；减小第二个斜面的倾角，小球滚动的距离增大，但所达到的高度相同；当第二个斜面放平后，小球将永远运动下去。

(2)推理结论：力不是维持物体运动的原因。

(3)笛卡尔的观点：不受其他物体作用时，原来运动的物体将会做匀速直线运动。

[判一判]

(1)亚里士多德认为，力是维持物体运动的原因。（ √ ）

(2)笛卡尔认为，物体的运动状态不需要力来维持。（ √ ）

(3)伽利略的理想实验说明力是维持物体运动的原因。（ × ）

知识点二 牛顿第一定律 惯性及其量度

1.牛顿第一定律

一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。

2.惯性

(1)惯性：一切物体都有保持匀速直线运动状态或静止状态的性质。牛顿第一定律也叫惯性定律。

(2)一切物体都具有惯性，惯性是物体的固有属性。

3.质量是惯性大小的量度

质量是惯性大小的唯一量度，质量越大，物体的惯性越大，物体运动状态越不易改变。

[科学思维]

有人说“只有做匀速直线运动或静止的物体才具有惯性”，也有人说“速度越大惯性越大”，还有人说“受力越大惯性越小”。这些说法对吗？

提示：不对，惯性是物体的固有属性，只与物体的质量有关，与物体的运动状态和受力情况都无关。

[判一判]

(1)牛顿第一定律是通过实验验证得到的。（ × ）

(2)牛顿认为力的真正效应总是改变物体的速度，而不仅仅是使之运动。（ × ）

(3)惯性是物体的固有属性，一切物体都有惯性。（ √ ）

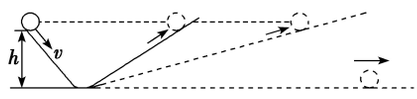
(4)物体只有处于静止状态或匀速直线运动状态时才有惯性。（ × ）

任务型课堂

任务一 亚里士多德的运动理论与伽利略的研究工作

[探究活动]

伽利略理想斜面实验如图所示，小球从高为 h 处沿斜面由静止滚下，再滚上另一斜面。



(1)实际中小球滚上另一斜面的最大高度等于 h 吗？

(2)设想斜面是光滑的(忽略空气阻力)，小球滚

上另一斜面的最大高度等于 h 吗？

(3)设想斜面是光滑的(忽略空气阻力)，若减小第二个斜面的倾角，小球还能滚到另一斜面高 h 处吗？与未减小斜面倾角之前相比，小球滚到另一斜面高 h 处通过的距离如何变化？

(4)设想第二个斜面变成光滑水平面(忽略空气阻力)，这时小球试图滚上另一斜面的相同高度，但永远达不到。这时小球的运动会停下来吗？

提示：(1)不等于。实际中小球滚上另一斜面的最大高度小于 h。

(2)等于 h。

(3)能；通过的距离变大。

(4)不会，小球将永远运动下去。

[**评价活动**]

1.(多选)在力学理论的建立过程中，有许多伟大的科学家做出了贡献。关于科学家和他们的贡献，下列说法正确的是　　(　　)

A. 伽利略认为力不是维持物体运动的原因

B. 亚里士多德认为物体的运动不需要力来维持

C. 牛顿最早指出力不是维持物体运动的原因

D. 伽利略认为力是改变物体运动状态的原因

AD　**解析**：伽利略最早提出力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因，A、D 正确，C 错误；亚里士多德认为力是维持物体运动的原因，他的观点是错误的，B 错误。

2.理想实验是科学研究中的一种重要方法，它把可靠的事实和合理的推论结合起来，可以深刻地揭示自然规律。关于伽利略的理想实验，下列说法正确的是　　(　　)

A. 只要接触面“相当光滑”，物体在水平面上就能匀速运动下去

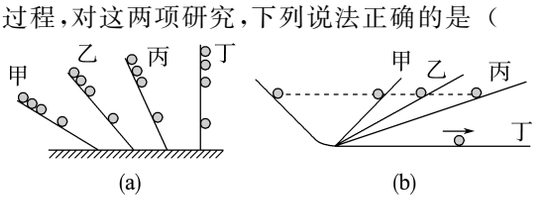
B. 实际上这个实验是永远无法做到的

C. 利用气垫导轨，就能使实验成功

D. 要使物体运动就必须有力的作用，没有力的作用物体就会静止

B　**解析**：即使接触面“相当光滑”，也不会达到没有摩擦力的程度，选项 A 错误；理想实验的条件永远是理想化的，在实际情况下是永远不能实现的，选项 B 正确；利用气垫导轨也不能满足“理想”的条件，选项 C 错误；力是改变物体运动状态的原因，并不是维持物体运动状态的原因，选项 D 错误。

3. 伽利略对自由落体运动及运动和力的关系的研究，开创了科学实验和逻辑推理相结合的研究方法。图(a)、(b)分别表示这两项研究中实验和逻辑推理的过程，对这两项研究，下列说法正确的是　　(　　)



A. 图(a)通过逻辑推理得出物体的运动需要力来维持

B. 图(a)中的斜面是完全光滑的

C. 图(b)实验中因为不存在没有摩擦阻力的斜面，所以该实验结论与实际不符

D. 图(b)的实验为“理想实验”，通过逻辑推理得出物体的运动不需要力来维持的结论

D　**解析**：题图(a)通过对小球在斜面上运动的研究，合理外推得到自由落体运动为匀变速直线运动的结论，选项 A 错误；题图(a)中的斜面不可能是完全光滑的，选项 B 错误；题图(b)实验中因为不存在没有摩擦阻力的斜面，小球不可能上升到等高的位置，但是通过合理外推得出的实验结论同样与实际相符，选项 C 错误；题图(b)的实验为“理想实验”，通过逻辑推理得出物体的运动不需要力来维持的结论，选项 D 正确。

任务总结

理想实验与真实的科学实验

(1)两者有原则性的区别。

(2)真实的科学实验是一种实践活动，而理想实验则是一种思维活动。

(3)真实的科学实验是可以实现的实验，而理想实验是由人们在抽象思维中设想出来的，实际上无法做到。

任务二　对牛顿第一定律的理解

[**探究活动**]

(1)运动和力有什么关系？

(2)运动的物体如果不受外力作用将处于什么状态？

提示：(1)力不是维持物体运动状态的原因，而是改变物体运动状态的原因。

(2)原来运动的物体不受外力作用时，将以原来的速度做匀速直线运动。

[**评价活动**]

1.关于牛顿第一定律，下列说法正确的是　　(　　)

A. 力是维持物体运动的原因，不受外力的物体将保持静止，比如自行车

B. 物体的速度不断增大，表示物体必受力的作用

C. 如果物体向正北方向运动，其所受外力方向必须指向正北

D. 不受力的物体将保持静止或匀速直线运动状态，而受力的物体运动状态一定改变

B　**解析**：根据牛顿第一定律可知，力是改变物体运动状态的原因，不受力的物体将保持静止或匀速直线运动状态，故 A 错误，B 正确；若物体向正北方向做匀速直线运动，则物体不受力或所受合力为零，故 C 错误；物体受到力的作用，若合力为零，则物体也可以保持运动状态不变，故 D 错误。

2.根据牛顿第一定律,下列说法正确的是 ( )

A. 静止或匀速直线运动的物体,一定不受任何外力作用

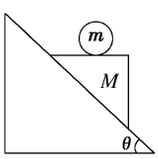
B. 物体运动不停止是因为受到力的作用

C. 要改变物体的运动状态,必须有外力作用

D. 外力停止作用后,物体由于惯性会很快停下来

C **解析**:若物体受的合力为零,可能处于静止状态或匀速直线运动状态,故 A 错误;物体运动不停止是因为具有惯性,运动不需要力来维持,故 B 错误;力不是维持物体运动的原因,力是改变物体运动状态的原因,故 C 正确;由牛顿第一定律可知,外力停止作用后,物体由于惯性会保持原来的运动状态,故 D 错误。

3.如图所示,一个劈形物体 M,各表面均光滑,放在固定的斜面上,上表面水平,在上表面上放一光滑小球 m,劈形物体从静止开始释放,则小球在碰到斜面前的运动轨迹是 ( )



A. 沿斜面向下的直线

B. 竖直向下的直线

C. 无规则直线

D. 抛物线

B **解析**:由于劈形物体 M 的各表面均光滑,所以小球 m 在水平方向上不受力的作用,小球 m 在水平方向上将保持“静止”状态;小球 m 在竖直方向上受到重力及物体 M 的支持力作用,当劈形物体从静止开始释放后,小球的合力方向竖直向下,则小球沿竖直方向向下运动,直到小球碰到斜面,B 正确。

任务总结

1.物体运动状态改变的三种情况

(1)速度的方向不变,大小改变。

(2)速度的大小不变,方向改变。

(3)速度的大小和方向同时改变。

2.对牛顿第一定律的理解

(1)牛顿第一定律描述的是物体不受外力作用时的状态,与物体所受合力为零是等效的。

(2)牛顿第一定律描述的状态是一种理想状态,它是在伽利略理想实验的基础上加以科学推理和抽象得到的,不可能用实验直接验证,因此牛顿第一定律不是实验定律。

(3)牛顿第一定律的适用范围为惯性参考系。

任务三 对惯性的理解

1.关于惯性的大小,下列说法正确的是 ( )

A. 两个质量相同的物体,速度大的不容易停下来,所以速度大的物体惯性大

B. 在月球上举重比在地球上容易,所以质量相同的物体在月球上比在地球上惯性小

C. 推动地面上静止的物体,要比维持这个物体做匀速运动所需的力大,所以物体静止时惯性大

D. 两个质量相同的物体,不考虑速度大小,它们的惯性大小一定相同

D **解析**:物体的惯性只与物体的质量有关,两个质量相同的物体,惯性大小相等,与速度大小、所处位置和运动状态无关,故 A、B、C 错误,D 正确。

2.物体做自由落体运动,如果下落过程中某时刻重力突然消失,物体的运动情况将是 ( )

A. 悬浮在空中不动

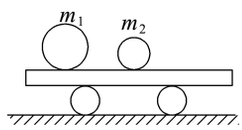
B. 速度逐渐减小

C. 保持一定的速度向下做匀速直线运动

D. 无法判断

C **解析**:力是改变物体运动状态的原因,当力消失后,由于惯性,物体将保持原来的运动状态,故选项 C 正确。

3.如图所示,在一辆表面光滑且足够长的小车上,有质量为 m_1 和 m_2 的两个小球($m_1>m_2$),两个小球随车一起运动,此时三者相对静止。当小车突然停止运动时,若不考虑其他阻力,则两个小球 ( )

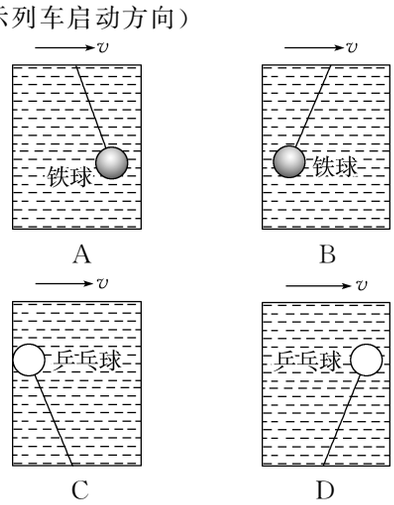


A. 一定相碰　　B. 一定不相碰

C. 不一定相碰　　D. 无法确定

B **解析**:小车表面光滑,因此两个小球在水平方向上没有受到外力的作用;原来两个小球与小车具有相同的速度,当小车突然停止运动时,由于惯性,两个小球的速度不变,所以不会相碰,B 正确。

4.(多选)在静止的列车上,有两个注满水的密封容器。容器中分别用细线系着铁球和乒乓球,在列车启动的过程中,小球所处状态表示正确的是(图中箭头表示列车启动方向) ( )



BD **解析**:列车由静止向右启动,铁球和水都有向右运动的趋势,但与同体积的“水球”相比,铁球质

量大、惯性大，铁球的运动状态相对难以改变，即速度增加得慢，而水和容器一起运动，所以列车启动时，铁球相对于容器向左运动，故A错误，B正确；列车由静止向右启动，乒乓球和水都有向右运动的趋势，但与同体积的“水球”相比，乒乓球质量小、惯性小，乒乓球的运动状态容易改变，即速度增加得快，而水和容器一起运动，所以列车启动时，乒乓球相对于容器向右运动，故C错误，D正确。

任务总结

1.惯性的“三性”

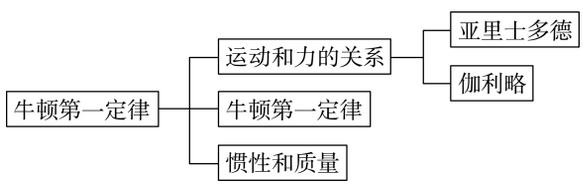
普遍性	一切物体皆有惯性，惯性是物体的固有属性
相关性	惯性仅与物体的质量有关，与物体的受力或运动情况等无关
唯一性	质量是惯性大小的唯一量度

2.惯性的具体表现形式

(1)当物体不受外力或所受合力为零时，惯性表现为保持原来的运动状态不变。原来静止的物体保持静止，原来运动的物体保持原来的速度继续运动。

(2)当物体受到外力作用时，惯性表现为改变运动状态的难易程度，物体的惯性越大，它的运动状态越难改变。

提质归纳



课后素养评价(十七)

基础性·能力运用

知识点1　亚里士多德的运动理论与伽利略的研究工作

1.(多选)下列关于伽利略的理想实验的叙述正确的是（　　）

A. 这个实验是凭空想象的

B. 这个实验虽然是假想的，但它得出的结论是可靠的

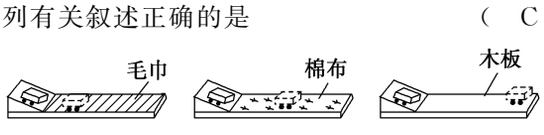
C. 理想实验是一种科学方法

D. 理想实验是一个纯思维实验，其正确性应该再接受实验验证

BC　**解析**：伽利略的理想实验是在实验基础上假想的，A错误；伽利略的理想实验虽然是假想的，但是是在实验基础上，抓住主要因素，忽略次要因素，合理推理得到的，它得出的结论是可靠的，B正确；理想实验是一种科学方法，C正确；理想实验是一种以可靠的事实为依据，忽略次要因素，并把实验的情况合理外推到理想状态，从而揭示自然现象本质的假想实验，不能用实验验证，D错误。

知识点2　对牛顿第一定律的理解

2.在学习牛顿第一定律时，为了探究力对运动的影响，学习小组做了如图所示的甲、乙、丙三个实验。下列有关叙述正确的是（　C　）



A. 每次实验时，小车可以从斜面上的不同位置由静止开始下滑

B. 实验表明：小车受到的摩擦力越小，小车运动的距离就越近

C. 实验中水平面上运动的小车会停下来，说明力能改变物体的运动状态

D. 根据甲、乙、丙的实验现象，就可以直接得出牛顿第一定律

知识点3　对惯性的理解

3.冰壶在冰面上运动时受到的阻力很小，可以在较长时间内保持运动速度的大小和方向不变，表明冰壶有较强的抵抗运动状态变化的“本领”。这里所指的“本领”是冰壶的惯性，惯性的大小取决于（　　）

A. 冰壶的速度

B. 冰壶的质量

C. 冰壶受到的推力

D. 冰壶受到的阻力

B　**解析**：质量是惯性大小的唯一量度，故选项B正确，A、C、D错误。

4.关于惯性，下列说法正确的是（　D　）

A. 惯性是物体只有在匀速直线运动或静止时才表现出来的性质

B. 物体的惯性是指物体不受外力作用时，保持匀速直线运动状态或静止状态的性质

C. 物体不受外力作用时，保持匀速直线运动状态或静止状态，有惯性；受到外力作用时，不能保持匀速直线运动状态或静止状态，此时无惯性

D. 惯性是物体的固有属性，与物体的运动状态和是否受力均无关

综合性·创新提升

5.（多选）乱扔香蕉皮是不文明的行为，路人行走时踩到香蕉皮可能会滑倒，引发安全事故，如图所示。下列说法正确的是（　　）



A. 人踩到香蕉皮滑倒，是因为人受到惯性的作用

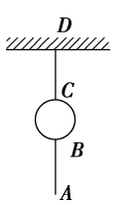
B. 人走得越快越容易滑倒，所以速度越大，人的惯性越大

C. 人踩到香蕉皮滑倒，是因为人下半身的速度大于上半身的速度

D. 人踩到香蕉皮应该会向后滑倒

CD　**解析**：惯性是物体自有的属性，不能说受到惯性作用，惯性大小只与质量有关，A、B 错误；人踩到香蕉皮滑倒，是因为人下半身的速度大于上半身的速度，导致人向后滑倒，C、D 正确。

6.（多选）如图所示，重球系于细绳 DC 下端，重球下再系一根同样的细绳 BA。下列说法正确的是（　　）



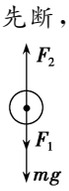
A. 在绳的 A 端缓慢增加拉力，结果绳 DC 先断

B. 在绳的 A 端缓慢增加拉力，结果绳 BA 先断

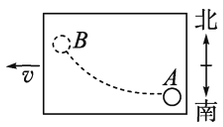
C. 在绳的 A 端突然用力一拉，结果绳 BA 先断

D. 在绳的 A 端突然用力一拉，结果绳 DC 先断

AC　**解析**：重球受力如图所示，在绳的 A 端缓慢增加拉力，使得重球在足够的时间发生了微小的位移，这个过程进行缓慢，可以认为重球始终处于平衡状态，即 $F_{T2}=F_{T1}+mg$，随着 F_{T1} 增大，F_{T2} 也增大且 F_{T2} 总是大于 F_{T1}，所以 CD 绳先被拉断，A 项正确，B 项错误；若在 A 端猛拉，由于重球质量很大，力的作用时间极短，由于惯性，重球向下的位移极小（可以看成运动状态未来得及改变），以致上段绳的拉力几乎未增加，F_{T1} 已达到 BA 绳所能承受的极限程度，故 AB 绳先断，C 项正确，D 项错误。



7.如图所示（俯视图），以速度 v 匀速行驶的列车车厢内有一光滑水平桌面，桌面上的 A 处有一小球。若车厢中的旅客突然发现小球沿图中虚线由 A 向 B 运动，则由此可判断列车（　　）



A. 减速行驶，向南转弯

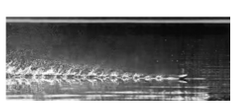
B. 减速行驶，向北转弯

C. 加速行驶，向南转弯

D. 加速行驶，向北转弯

A　**解析**：由牛顿第一定律可知，小球相对水平桌面向前运动，说明列车减速行驶；同时小球相对水平桌面向北运动，则表明列车向南转弯。

8.打水漂是一项有趣的游戏（如图所示），仅需要一块小瓦片，在手上呈水平放置后，用力水平掷出，瓦片擦着水面飞行，不断地在水面上向前弹跳，直至下沉。下列判断正确的是（　　）



A. 掷出时的初速度越大，瓦片的惯性一定越大

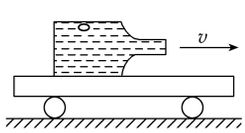
B. 飞行时所用时间越长，瓦片的惯性一定越大

C. 飞出去的距离越长，瓦片的惯性一定越大

D. 瓦片的质量越大，惯性一定越大

D　**解析**：惯性是物体本身的固有属性，惯性的大小只与物体的质量有关，所以瓦片的质量越大，惯性一定越大，与初速度、飞行时间、飞行距离等因素无关，故 A、B、C 错误，D 正确。

9.做匀速直线运动的小车上水平放置一密闭的装有水的瓶子，瓶内有一气泡，如图所示。当小车突然停止运动时，气泡相对于瓶子怎样运动？



解析：由于水的密度比气泡大很多，当小车突然停止时，水由于惯性继续向前运动，挤压气泡，使气泡相对于瓶子向后运动。

答案：见解析

2　探究加速度与力、质量的关系

学习任务目标

1.学会用控制变量法研究物理规律。（物理观念）

2.会测量加速度、力和质量，能作出物体运动的 a-F、a-$\frac{1}{m}$图像。（科学探究）

3.能通过实验数据及图像得出加速度与力、质量的关系。（科学探究）

问题式预习

「实验思路」

1.牛顿第一定律揭示了物体运动的一对矛盾：

(1)惯性是指物体保持原有运动状态不变的属性，与质量有关。

(2)力会产生改变物体运动状态的作用效果。

2.加速度反映物体运动状态变化的快慢。

「原理启示」

1.实验的基本方法——控制变量法

(1)探究加速度与力的关系：保持小车质量不变，分析加速度与力之间的定量关系。

(2)探究加速度与质量的关系：保持小车所受的力不变，分析加速度与质量之间的定量关系。

2.物理量的测量

(1)质量的测量：用天平测量。在小车中增减砝码的数量可改变小车的质量。

(2)加速度的测量：利用打点计时器测加速度。

(3)力的测量

①消除摩擦力的影响(平衡摩擦力)

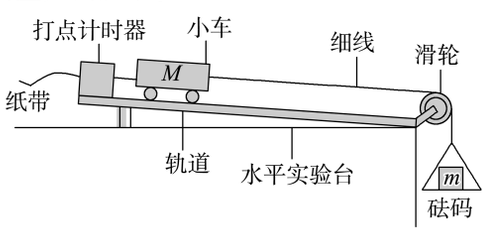
将木板适当倾斜一定角度，使小车在不受拉力作用时能做匀速直线运动。此时，摩擦力与小车所受重力在平行于木板方向上的分力平衡。

②在托盘与砝码的质量远小于小车的质量时，可认为小车所受的拉力近似等于托盘与砝码所受的总重力。

③使用力传感器可以直接测量拉力的大小，不需要使托盘和砝码的总质量远小于小车的质量。

「实验器材」

小车、托盘、砝码、细线、一端附有定滑轮的长木板、垫木、打点计时器、交流电源、纸带、刻度尺、天平，实验装置如图所示。



任务型课堂

「原型实验」

1.下列关于“探究加速度与力、质量的关系”实验的说法正确的是　　(　B　)

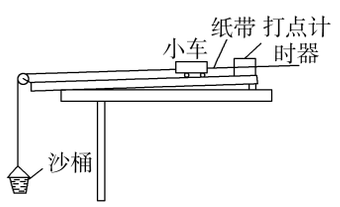
A. 在探究加速度与质量的关系时，只需测量一次，记录一组数据即可

B. 在探究加速度与质量的关系时，为了直观地判断二者间的关系，应作出 a-$\frac{1}{M}$ 图像

C. 在探究加速度与力的关系时，只需测量一次，记录一组数据即可

D. 在探究加速度与力的关系时，作 a-F 图像时，应该用折线将所描绘的点依次连接

2.用如图所示的装置研究在作用力 F 一定时，小车的加速度 a 与小车质量 M 的关系，某位同学设计的实验步骤如下：



A. 用天平分别测出小车和小桶及内部所装沙子的质量；

B. 按图示安装好实验器材；

C. 把轻绳系在小车上并绕过定滑轮悬挂沙桶；

D. 将电磁打点计时器接在电压为 6 V 的蓄电池上，接通电源，放开小车，打点计时器在纸带上打下一系列点，并在纸带上标明小车的质量；

E. 保持小桶及其中沙子的质量不变，增加小车上的砝码个数，并记录每次增加后的 M 值，重复上述实验；

F. 分析每条纸带，测量并计算出加速度的值；

G. 作 a-M 图像，并由图像确定加速度与质量之间的关系。

(1)该同学漏掉的重要实验步骤是_____，该步骤应排在_____之后。

(2)在上述步骤中，有错误的是_____，应把_____改为_____。

(3)在上述步骤中，处理不恰当的是_____，应把_____改为_____。

解析：实验中把小桶及其中沙子的重力看作与小车所受拉力大小相等，没有考虑摩擦力的影响，故漏掉了平衡摩擦力。电磁打点计时器接在电压为 6 V 的蓄电池上将无法工作，应接在 6 V 交流电源上。作 a-M 关系图像，得到的是双曲线，很难作出正确的判断，必须“化曲为直”，改作 a-$\frac{1}{M}$ 关系图像。

答案：(1)平衡摩擦力　步骤 B

(2)步骤 D　电压为 6 V 的蓄电池　6 V 交流电源

(3)步骤 G　a-M　a-$\frac{1}{M}$

［特别提醒］

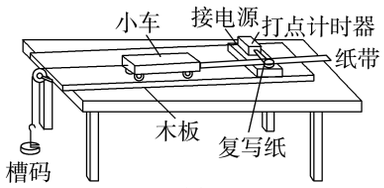
实验中的注意事项

(1)平衡摩擦力时不要挂托盘和砝码，整个实验平衡摩擦力后，不管以后是改变所挂砝码的个数，还是改变小车的质量，都不需要重新平衡摩擦力。

(2)实验中必须满足小车的质量远大于托盘和砝码的总质量，只有如此，托盘和砝码的总重力才可视为与小车受到的拉力相等。

(3)作图像时，要使尽可能多的点落在所作直线上，不在直线上的点应尽可能对称分布在所作直线两侧，离直线较远的点是错误数据，可舍去，不予考虑。

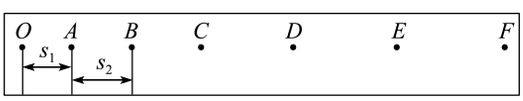
3. 图甲为“探究加速度与力、质量的关系”的实验装置示意图，图中打点计时器打点的时间间隔用 T 表示，小车及车上的钩码的质量用 m 表示，槽码的质量用 m_0 表示，小车的加速度可由小车后面拖动的纸带上打出的点计算得出。



甲

(1)实验之前需要平衡阻力，平衡阻力的方法如下：将木板的右端垫高，让小车在木板上运动，直到小车在不受牵引时能拖动纸带沿木板做_____运动为止。

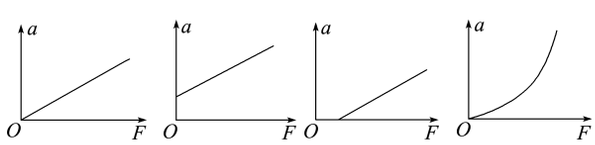
(2)如图乙所示，纸带上有 O、A、B、C、D、E 和 F 等计数点，测得 O 到 A 的距离为 s_1，A 到 B 的距离为 s_2，用 s_1、s_2 和 T 可表示出小车的加速度 a ＝_____，打 A 点时小车的瞬时速度 v_A ＝_____。



乙

(3)实验时，保持槽码的质量一定，改变小车及车上钩码的质量，测出相应的加速度，采用图像法处理数据。为了较容易地观测加速度 a 与质量 m 之间的关系，应该作出 a 与_____的图像。

(4)某小组同学，在做实验时忘记了平衡阻力，那么所得到的 a-F 图像可能是下列图中的_____。(F 是细线作用于小车的拉力)



A　B　C　D

解析：(1)将木板的右端垫高，让小车在木板上运动，直到小车在不受牵引时能拖动纸带在木板上做匀速直线运动为止，此时小车所受重力沿斜面向下的分力等于阻力。

(2)由运动学公式可求得加速度为 $a=\frac{s_2-s_1}{T^2}$，由中间时刻速度公式可得 $v_A=\frac{s_2+s_1}{2T}$。

(3)为了更容易地观测加速度 a 与质量 m 之间的关

系，应“化曲为直”作出 a 与 $\frac{1}{m}$ 的图像。

(4)若未平衡阻力，当槽码的重力小于小车受到的阻力时，细线拉不动小车，小车会一直处于静止状态，即小车的加速度为 0，C 正确。

答案：(1)匀速直线　(2)$\frac{s_2-s_1}{T^2}$　$\frac{s_2+s_1}{2T}$　(3)$\frac{1}{m}$

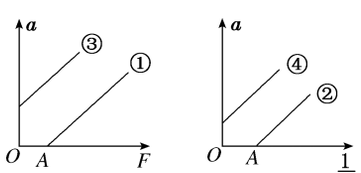
(4)C

［特别提醒］

a-F、a-$\frac{1}{M}$ 图像的可能情形及对应原因

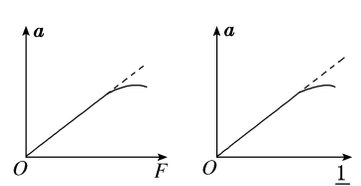
(1)若平衡摩擦力时，木板垫起的倾角过小，则 a-F、a-$\frac{1}{M}$ 图像分别如图甲①、图乙②所示。

(2)若平衡摩擦力时，木板垫起的倾角过大，则 a-F、a-$\frac{1}{M}$ 图像分别如图甲③、图乙④所示。



甲　　乙

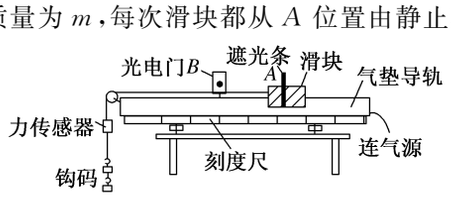
(3)若实验中没有满足 M 远大于 m，则 a-F、a-$\frac{1}{M}$ 图像分别如图丙、丁所示。



丙　　丁

「创新实验」

4. 如图所示是某同学探究加速度与力的关系的实验装置。他在气垫导轨上安装了一个光电门 B，滑块上固定一遮光条，遮光条的宽度为 d，滑块与遮光条的总质量为 M，滑块用细线绕过气垫导轨左端的定滑轮与力传感器相连，传感器下方悬挂钩码，钩码的质量为 m，每次滑块都从 A 位置由静止释放。



(1)实验时，接通气源，将滑块从 A 位置由静止释放，由数字计时器读出遮光条通过光电门 B 的时间 t，已知 A 位置到光电门的距离为 L，用 d、t、L 表示滑块运动的加速度 a＝_____。

(2)下列不必要的一项实验要求是_____。

A. 应使滑块与遮光条的总质量远大于钩码和力传感器的总质量

B. 应使 A 位置与光电门间的距离适当大些

C. 应将气垫导轨调节水平

D. 应使细线与气垫导轨平行

(3)改变钩码的质量，记录对应的力传感器的示数 F 和遮光条通过光电门的时间 t，通过描点作出线性图像，研究滑块的加速度与力的关系，处理数据时应作出_____(选填“t^2-F”“$\frac{1}{t}$-F”或“$\frac{1}{t^2}$-F”)图像。

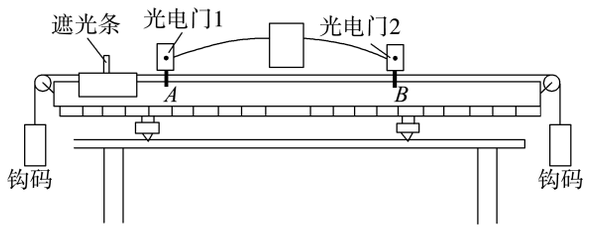
解析：(1)由题意可知，该实验中保持滑块与遮光条的总质量 M 不变，且由静止释放，因此有 $v^2=2aL$，根据光电门测速原理可得滑块经过光电门时的速度 $v=\frac{d}{t}$，解得 $a=\frac{d^2}{2Lt^2}$。

(2)拉力可直接通过力传感器测得，与滑块的质量和钩码的质量大小无关，A 是不必要的；应使 A 位置与光电门间的距离适当大些，这样有利于减小误差，B 是必要的；应将气垫导轨调节水平，且保持细线与气垫导轨平行，这样拉力才等于合力，C、D 是必要的。故本题应选 A。

(3)由于 $a=\frac{d^2}{2Lt^2}$，可知 a 与 $\frac{1}{t^2}$ 成正比，要探究 F 与 a 的关系，可通过探究 F 与 $\frac{1}{t^2}$ 的关系得到，若 F 与 $\frac{1}{t^2}$ 成正比，则可得到 F 与 a 成正比，因此应作 $\frac{1}{t^2}$-F 图像。

答案：(1)$\frac{d^2}{2Lt^2}$　(2)A　(3)$\frac{1}{t^2}$-F

5.(2026·湖北卷)某同学设计了一个验证牛顿第二定律的实验，使用的器材有：直导轨、小车、光电门、数字毫秒计、遮光条、天平、钩码、刻度尺、游标卡尺、定滑轮、细绳等。实验装置如图所示，光电门 1、2 分别固定在导轨 A、B 处，遮光条安装在小车上，连接小车两端的细绳分别跨过左右定滑轮且各悬挂 10 个质量均为 m_0 的钩码，定滑轮间的细绳与导轨平行。重力加速度大小为 g。实验步骤如下：



Ⅰ.用天平测量小车和遮光条的总质量 m，用刻度尺测量 A、B 间的距离 s，用游标卡尺测量遮光条的宽度 d。

Ⅱ.调节导轨倾斜程度，使小车沿导轨向右滑动时通过两个光电门的遮光时间近似相等。

Ⅲ.从左侧细绳取下 n 个钩码挂到右侧细绳，再从导轨左端静止释放小车，用数字毫秒计测量遮光条通过光电门 1、2 的遮光时间 t_1、t_2。

回答下列问题：

(1)步骤Ⅱ的主要目的是_____。

(2)由牛顿第二定律可得，小车的加速度大小 $a=$_____(用 m_0、m、g 和 n 表示)。

(3)步骤Ⅲ中测得的小车加速度大小 $a=$_____(用 d、s、t_1 和 t_2 表示)。

(4)该同学根据测出的多组 a、n 值，作出 a-n 图像。若该图像近似是一条通过原点的直线，则可以验证：质量一定时，物体的加速度与所受合外力成_____。

(5)若 a-n 图像明显不过原点，原因可能是_____(单选，填标号)。

A. 步骤Ⅲ中小车没有从静止释放

B. 步骤Ⅱ中导轨的倾斜程度调节不当

C. 钩码质量没有远小于小车和遮光条的总质量

解析：(1)小车向右滑动时，通过两光电门的遮光时间相等，说明小车做匀速直线运动，所受合力为 0。所以步骤Ⅱ的主要目的是平衡导轨的摩擦力，消除摩擦对合外力的影响。

(2)初始左右各 10 个钩码，在左侧取 n 个挂右侧，左侧拉力为 $(10-n)m_0g$，右侧拉力为 $(10+n)m_0g$，

合外力 $F_{合}=(10+n)m_0g-(10-n)m_0g=2nm_0g$，

系统总质量 $M=m+20m_0$，

由 $F_{合}=Ma$ 代入数据解得

$a=\dfrac{2nm_0g}{m+20m_0}$。

(3)遮光条窄，小车经过光电门时的瞬时速度近似等于遮光时间内的平均速度，则有

过光电门 1 的速度 $v_1=\dfrac{d}{t_1}$，

过光电门 2 的速度 $v_2=\dfrac{d}{t_2}$，

由匀变速公式 $v_2^2-v_1^2=2as$，代入数据解得

$a=\dfrac{1}{2s}\left[\left(\dfrac{d}{t_2}\right)^2-\left(\dfrac{d}{t_1}\right)^2\right]=\dfrac{d^2}{2s}\left(\dfrac{1}{t_2^2}-\dfrac{1}{t_1^2}\right)$。

(4)合外力 $F_{合}=2nm_0g$，$F_{合}$ 与 n 成正比；a-n 图像是过原点的直线，说明质量一定时，物体的加速度与所受合外力成正比。

(5)小车未静止释放，只会改变初速度，不改变 a-n 的线性关系，图像仍过原点，故 A 错误；平衡摩擦力不当(倾角太大或太小)，存在额外阻力或动力，$n=0$ 时已有加速度或 $n\neq0$ 时无加速度，所以图像不过原点，故 B 正确；本实验总质量包含全部钩码，推导时已计入所有钩码的质量，不需要满足钩码的质量远小于小车的质量，故 C 错误。

答案：(1)平衡摩擦力　(2)$\dfrac{2nm_0g}{m+20m_0}$

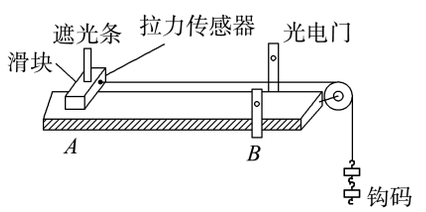
(3)$\dfrac{d^2}{2s}\left(\dfrac{1}{t_2^2}-\dfrac{1}{t_1^2}\right)$　(4)正比　(5)B

[特别提醒]

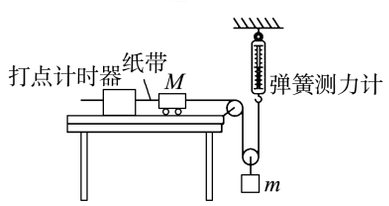
其他常见实验方案



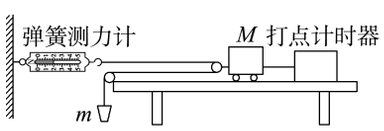
甲



乙



丙

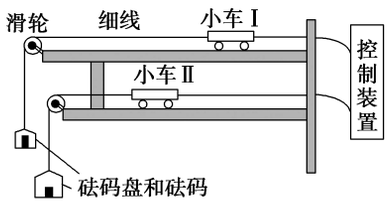


丁

课后素养评价(十八)

基础性·能力运用

1.在“探究加速度与力、质量的关系”的活动中，某小组设计了如图所示的实验装置。图中上、下两层水平轨道表面光滑，两小车前端系上细线，细线跨过滑轮并挂上砝码盘，两小车尾部细线连到控制装置上，实验时通过控制装置使两小车同时开始运动，然后同时停止。



(1)在安装实验装置时，应调整滑轮的高度，使_____；在实验时，为减小系统误差，应使砝码盘和砝码的总质量_____(选填“远大于”“远小于”或“等于”)小车的质量。

(2)本实验通过比较两小车的位移来比较两小车加速度的大小，能这样比较，是因为_____。

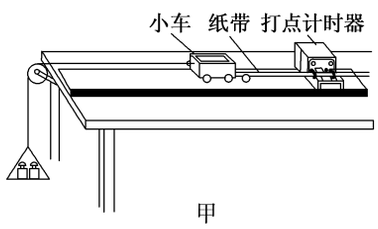
解析：(1)拉小车的细线要与轨道平行。只有在砝码盘和砝码的总质量远小于小车的质量时，才能认为砝码盘和砝码的总重力等于细线拉小车的力。

(2)对初速度为零的匀加速直线运动，运动时间相同时，根据 $x=\frac{1}{2}at^2$，得 $\frac{x_1}{x_2}=\frac{a_1}{a_2}$，所以能用位移来比较加速度的大小。

答案：(1)细线与轨道平行(或细线水平)　远小于

(2)两小车从静止开始做匀加速直线运动，且两小车的运动时间相等

2.如图甲所示，托盘用细线通过定滑轮牵引小车，使它在长木板上运动，打点计时器在纸带上记录小车的运动情况。利用该装置可以完成“探究加速度与力、质量的关系”的实验。(打点计时器所接电源频率 $f=50$ Hz)



甲

(1)在研究加速度 a 与合力 F、质量 M 的关系时，应用的是_____。

A. 控制变量法

B. 等效替代法

C. 理论推导法

D. 理想实验法

(2)实验中要进行质量 m 和 M 的选取，以下最合理的一组是_____。

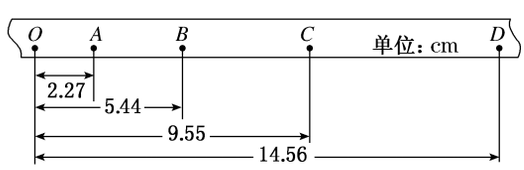
A. $M=200$ g；$m=10$ g，15 g，20 g，25 g，30 g，40 g

B. $M=200$ g；$m=20$ g，40 g，60 g，80 g，100 g，120 g

C. $M=400$ g；$m=10$ g，15 g，20 g，25 g，30 g，40 g

D. $M=400$ g；$m=20$ g，40 g，60 g，80 g，100 g，120 g

(3)图乙为某次实验打出的一条纸带，纸带上每相邻的两计数点间都有四个计时点未画出，按时间顺序取 O、A、B、C、D 五个计数点，用刻度尺量出 A、B、C、D 点到 O 点的距离，则小车的加速度 $a=$_____ m/s²。(结果保留 2 位有效数字)



乙

解析：(1)在研究加速度 a 与合力 F、质量 M 的关系时，应用的是控制变量法，故 A 正确，B、C、D 错误。

(2)只有当 $m\ll M$，即托盘和砝码总质量远远小于小车的质量时，细线的拉力才近似等于托盘和砝码的总重力，故选 C。

(3)相邻两个计数点间有四个点未画出，相邻计数点间的时间间隔为 $T=0.1$ s，根据逐差公式得加速度

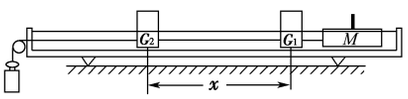
$$a=\frac{BD-OB}{(2T)^2}=\frac{[(14.56-5.44)-5.44]\times10^{-2}}{(2\times0.1)^2}\ \text{m/s}^2$$

$=0.92$ m/s²。

答案：(1)A　(2)C　(3)0.92

综合性·创新提升

3.为了探究加速度与力的关系，使用如图所示的气垫导轨装置进行实验。其中 G_1、G_2 为两个光电门，它们与数字计时器相连，当滑行器通过 G_1、G_2 光电门时，光束被遮挡的时间 Δt_1、Δt_2 都可以被测量并记录。滑行器连同上面固定的一条形挡光片的总质量为 M，挡光片宽度为 D，光电门间距离为 x，牵引砝码的质量为 m。回答下列问题：



(1)实验开始前应先调节气垫导轨下面的螺钉，使气垫导轨水平，在不增加其他仪器的情况下，如何判定调节是否到位？

_____

_____。

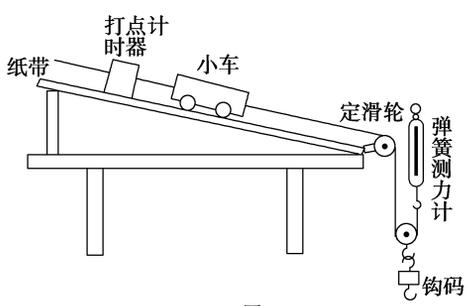
(2)在此实验中，需要测得每一个牵引力对应的加速度，其中求加速度 a 的表达式为_____(用 Δt_1、Δt_2、D、x 表示)。

解析：(1)取下牵引砝码，滑行器放在任意位置都不动，或取下牵引砝码，轻推滑行器，数字计时器记录两个光电门的光束被遮挡的时间相等，即 $\Delta t_1=\Delta t_2$。

(2)由于挡光片通过光电门的时间很短，所以可以认为挡光片通过光电门这段时间内的平均速度等于瞬时速度，即有 $v_1=\dfrac{D}{\Delta t_1}$，$v_2=\dfrac{D}{\Delta t_2}$，再根据运动学公式 $v_2^2-v_1^2=2ax$ 得 $a=\dfrac{\left(\dfrac{D}{\Delta t_2}\right)^2-\left(\dfrac{D}{\Delta t_1}\right)^2}{2x}$。

答案：(1)见解析　(2)$a=\dfrac{\left(\dfrac{D}{\Delta t_2}\right)^2-\left(\dfrac{D}{\Delta t_1}\right)^2}{2x}$

4.如图甲所示，某物理兴趣小组利用如下实验装置探究小车加速度与力、质量的关系。已知小车的质量为 M，每个钩码的质量为 m，打点计时器所接的交流电源的频率为50 Hz，动滑轮质量不计，实验步骤如下：



甲

①按图所示安装好实验装置，其中通过动滑轮与定滑轮及弹簧测力计相连的细线竖直；

②调节长木板的倾角，轻推小车后，使小车能沿长木板向下匀速运动；

③挂上钩码，接通电源后，再放开小车，打出一条纸带，由纸带求出小车的加速度，并读出弹簧测力计的示数；

④改变钩码的数量，重复步骤③，求得小车在不同拉力作用下的加速度。

根据上述实验过程，回答以下问题：

(1)对于上述实验，下列说法正确的是_____(填选项前的字母)。

A. 钩码的质量应远小于小车的质量

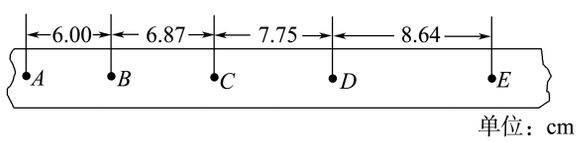
B. 步骤②是平衡摩擦力的操作

C. 与小车相连的细线一定要与长木板平行

D. 不需要记录所挂钩码的质量

E. 每次改变小车的质量时，都应重新平衡摩擦力

(2)实验中打出的一条纸带如图乙所示，图中相邻两计数点间还有四个点未画出，由该纸带可求得小车在打 B 点时的瞬时速度是 $v_B=$_____m/s，小车的加速度 $a=$_____m/s^2。(结果均保留 2 位有效数字)



乙

(3)若交流电源的实际频率大于 50 Hz，则(2)中加速度 a 计算结果与实际值相比_____(选填“偏大”“偏小”或“不变”)。

解析：(1)由于不是用钩码的重力作为小车的拉力，所以不需要满足钩码的质量远小于小车的质量的条件，故 A 错误；调节长木板的倾角，轻推小车后，使小车能沿长木板向下匀速运动，这是平衡摩擦力的操作，故 B 正确；与小车相连的细线一定要与长木板平行，故 C 正确；记录弹簧测力计示数即可得到小车所受拉力，不需要记录所挂钩码的质量，故 D 正确；小车能沿长木板向下匀速运动，根据平衡条件可知，改变小车的质量时，不需要重新平衡摩擦力，故 E 错误。

(2)相邻两计数点间还有四个点未画出，所以相邻两计数点间的时间间隔为 $T=0.1$ s。AC 段的平均速度等于 B 点的瞬时速度，B 点的瞬时速度为 $v_B=\overline{v}_{AC}=\dfrac{x_{AC}}{2T}=\dfrac{(6.00+6.87)\times10^{-2}}{0.2}$ m/s$\approx$0.64 m/s；根据匀变速直线运动的推论公式 $\Delta x=aT^2$ 可以求出加速度的大小 $a=\dfrac{x_{CE}-x_{AC}}{(2T)^2}=$

$\frac{(8.64+7.75-6.87-6.00)\times10^{-2}}{(2\times0.1)^2}$ m/s^2=0.88 m/s^2。

(3)若交流电源的实际频率大于50 Hz,打点计时器打点的时间间隔小于0.02 s,计数点间的时间间隔小于0.1 s,计算加速度时所用时间T偏大,加速度的测量值小于真实值,即计算结果与实际值相比偏小。

答案:(1)BCD　(2)0.64　0.88　(3)偏小

3　牛顿第二定律

学习任务目标

1.理解牛顿第二定律的内容,能解决简单的实际问题。(物理观念)
2.能在熟悉的情境中应用牛顿第二定律进行分析推理,获得结论。(科学思维)
3.利用牛顿第二定律,对综合性物理问题进行分析和推理,获得结论并作出解释。(科学探究)

问题式预习

知识点一　牛顿第二定律

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

2.表达式

(1)$F=kma$,式中k是比例系数,F是物体所受的合力。

(2)国际单位制中:$F=ma$。

3.力的单位

(1)力的国际单位:牛顿,简称牛,符号为N。

(2)1 N的定义:使质量为1 kg的物体产生1 m/s^{2}的加速度的力叫1 N,即1 N=1 kg·m/s^2。

[科学思维]

甲同学说:"由$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$可知,物体的加速度$a$与速度的变化量$\Delta v$成正比,与时间$\Delta t$成反比。"乙同学说:"由$a=\frac{F}{m}$可知,物体的加速度$a$与合力$F$成正比,与质量$m$成反比。"其中乙的说法是正确的。

[判一判]

(1)我们用较小的力推很重的箱子,箱子不动,可见牛顿第二定律不适用于较小的力。　(×)

(2)由$F=kma$可知,物体所受的合力与物体的质量成正比,与物体的加速度成反比。　(×)

(3)加速度的方向决定了合力的方向。　(×)

(4)在任何情况下,物体加速度的方向始终与它所受合力的方向一致。　(√)

知识点二　牛顿第二定律的初步应用

1.牛顿第二定律

(1)表达式:$F_{合}=ma$。

(2)分量表达式:$F_{x合}=ma_x$,$F_{y合}=ma_y$。

2.理解及应用

只有受到的合力不为零时,物体才具有加速度;力恒定不变,加速度也恒定不变;力随着时间改变,加速度也随着时间改变;在某一时刻,力停止作用,加速度随即消失,物体由于惯性将保持该时刻的运动状态不再改变。

[做一做]

(多选)初始时刻静止在光滑水平面上的物体,受到一个逐渐减小的水平力作用,则这个物体运动的情况为　(　)

A. 速度逐渐增大,但增大得越来越慢

B. 加速度逐渐增大,速度逐渐减小

C. 加速度逐渐减小,速度逐渐增大

D. 加速度不变,速度先减小后增大

AC　**解析**:水平面光滑,说明物体不受摩擦力作用,物体所受的水平力即为其合力;水平力逐渐减小,合力也逐渐减小,由公式$F=ma$可知,当F逐渐减小时,a也逐渐减小,但速度逐渐增大,故A、C正确。

任务型课堂

任务一　对牛顿第二定律的理解

1.对静止在光滑水平面上的物体施加一水平拉力,力刚开始作用的瞬间　(　)

A. 物体立即获得速度

B. 物体立即获得加速度

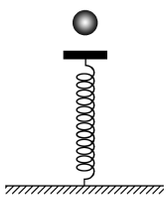
C. 物体同时获得速度和加速度

D. 由于物体未来得及运动,所以速度和加速度都为零

B　**解析**:根据牛顿第二定律$F=ma$可知,加速度与合力是瞬时对应的关系,合力变化,加速度随之

变化。力刚开始作用的瞬间，物体所受的合力立即增大，则物体立即获得了加速度，而物体由于具有惯性，速度还没来得及改变，故B正确。

2. 如图所示，一个小球从竖直立在地面上的轻质弹簧正上方某处自由下落，在小球与弹簧开始接触到弹簧被压缩到最短的过程中，小球的速度和加速度的变化情况是（　　）



A. 加速度越来越大，速度越来越小

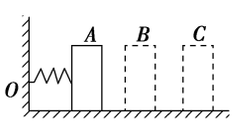
B. 加速度和速度都是先增大后减小

C. 速度先增大后减小，加速度方向先向下后向上

D. 速度一直减小，加速度大小先减小后增大

C　**解析**：在小球接触弹簧的第一个阶段 $mg>kx$，$F_{合}=mg-kx$，合力方向竖直向下，小球向下加速运动，随着 x 逐渐增大，$F_{合}$ 逐渐减小，由 $a=\frac{F_{合}}{m}$ 得 $a=\frac{mg-kx}{m}$，方向竖直向下，且逐渐减小，又因为这一阶段 a 与 v 都竖直向下，所以 v 逐渐增大；当 $mg=kx$ 时，$F_{合}=0$，$a=0$，此时速度达到最大；之后，小球继续向下运动，x 继续增大，$mg<kx$，合力 $F_{合}=kx-mg$，$F_{合}$ 增大，方向竖直向上，$a=\frac{kx-mg}{m}$，随 x 的增大而增大，方向竖直向上，此时 a 与 v 方向相反，所以 v 逐渐减小。综上所述，小球向下压缩弹簧的过程中，$F_{合}$ 的方向先向下后向上，先减小后增大；a 的方向先向下后向上，先减小后增大；v 的方向向下，先增大后减小。故C正确。

3. 如图所示，弹簧一端系在墙上 O 点，另一端自由伸长到 B 点，一小物体压着弹簧（与弹簧未连接），将弹簧压缩到 A 点，然后释放，小物体能运动到 C 点静止，小物体与水平地面间的动摩擦因数恒定。下列说法正确的是（　　）



A. 小物体在 B 点所受合力为零

B. 小物体从 A 到 B 速度越来越大，从 B 到 C 速度越来越小

C. 小物体从 A 到 B 加速度越来越小，从 B 到 C 加速度不变

D. 物体从 A 到 B 先加速后减速，从 B 到 C 匀减速

D　**解析**：小物体在 B 点受到摩擦力的作用，故所受合力不为零，选项A错误；小物体向右运动过程中，开始时弹力大于摩擦力，小物体做加速运动，当弹力等于摩擦力时，加速度减为零，此时小物体的速度最大，此位置在 A、B 之间的某点，之后弹力小于摩擦力，小物体做减速运动，经过 B 点以后小物体只受摩擦力作用，做匀减速运动，直到 C 点停止，故小物体从 A 到 B 先加速后减速，从 B 到 C 匀减速，选项D正确，B、C错误。

任务总结

牛顿第二定律的四个性质

(1)因果性：力是产生加速度的原因，只要物体所受的合力不为零，物体就具有加速度。

(2)矢量性：$F=ma$ 是一个矢量式。物体的加速度方向由它所受的合力方向决定，且总与合力的方向相同。

(3)瞬时性：加速度与合力是瞬时对应关系，同时产生，同时变化，同时消失。

(4)独立性：作用在物体上的每一个力都会产生加速度，物体的实际加速度是这些加速度的矢量和。

任务二　牛顿第二定律的应用

[探究活动]

一质量为1 kg的物体静置在光滑水平面上，从零时刻起，用一水平向右的大小为2 N的力 F_1 拉物体。

(1)开始时刻，物体的加速度多大？2 s后物体的速度多大？

(2)若在3 s末给物体加上一个大小也是2 N、水平向左的拉力 F_2，则物体的加速度多大？4 s末物体的速度多大？

(3)前3 s内物体的加速度与3 s后物体的加速度是否相同？3 s后，F_1 产生的加速度是否还存在？

提示：(1)根据牛顿第二定律得 $a_1=\frac{F_1}{m}=2\ \mathrm{m/s^2}$，根据速度公式得 $v_1=a_1t_1=4\ \mathrm{m/s}$。

(2)施加水平向左的拉力 F_2 后，合力为零，则加速度为零。物体做匀速直线运动，其速度为 $v_2=a_1t_2=6\ \mathrm{m/s}$，4 s末物体速度仍为6 m/s。

(3)不相同，前3 s内物体的加速度为2 $\mathrm{m/s^2}$，3 s后物体的加速度为零。F_1 产生的加速度还存在。

[评价活动]

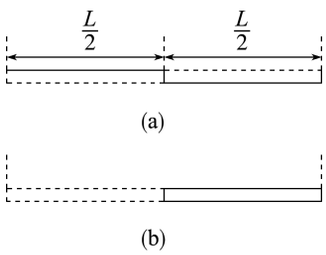
1.（2025·甘肃卷）2025年4月24日，在甘肃酒泉卫星发射中心成功发射了搭载神舟二十号载人飞船的长征二号F遥二十运载火箭。若在初始的1 s内燃料对火箭的平均推力约为 6×10^6 N，火箭质量约为500 t且认为在1 s内基本不变，则火箭在初始1 s内的加速度大小约为（重力加速度 g 取10 $\mathrm{m/s^2}$）（　　）

A. 2 $\mathrm{m/s^2}$　　B. 4 $\mathrm{m/s^2}$

C. 6 $\mathrm{m/s^2}$　　D. 12 $\mathrm{m/s^2}$

A　**解析**：取竖直向上为正方向，根据牛顿第二定律 $\overline{F}-mg=ma$，加速度 $a=\dfrac{\overline{F}}{m}-g=\dfrac{6\times10^6}{500\times10^3}\ \mathrm{m/s^2}-10\ \mathrm{m/s^2}=2\ \mathrm{m/s^2}$，故 A 正确，B、C、D 错误。

2.（2025·湖北卷）一个宽为 L 的双轨推拉门由两扇宽为 $\dfrac{L}{2}$ 的门板组成，门处于关闭状态，其俯视图如图(a)所示。某同学用与门板平行的水平恒定拉力作用在一门板上，一段时间后撤去拉力，该门板完全运动到另一边，且恰好不与门框发生碰撞，其俯视图如图(b)所示。门板在运动过程中受到的阻力与其重力大小之比为 μ，重力加速度大小为 g。若要门板的整个运动过程用时尽量短，则所用时间趋近于（　　）

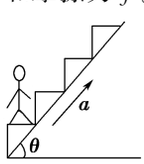


A. $\sqrt{\dfrac{L}{2\mu g}}$　　B. $\sqrt{\dfrac{L}{\mu g}}$

C. $\sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}}$　　D. $2\sqrt{\dfrac{L}{\mu g}}$

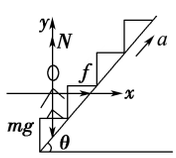
B　**解析**：门板先在向右的外力作用下做匀加速直线运动，撤去外力后做匀减速直线运动，若外力比较大，加速时间很短，位移很小，可以忽略不计，此时门板的运动时间最短，撤去外力后根据牛顿第二定律，有 $\mu mg=ma$，设撤去外力后，门板最短运动时间为 t，运动的距离为 $\dfrac{L}{2}=\dfrac{1}{2}at^2$，可得门板的最短运动时间趋近于 $t=\sqrt{\dfrac{L}{\mu g}}$，B 正确，A、C、D 错误。

3.如图所示，电梯与水平面夹角为 θ，上面站着质量为 m 的人，当电梯以加速度 a 加速向上运动时，求电梯对人的支持力 N 和摩擦力 f。



解析：如图所示，对人受力分析，建立直角坐标系，由于人的加速度方向是沿电梯向上的，在 x 轴方向和 y 轴方向上各有一个加速度的分量，分别为

$a_x=a\cos\theta$，$a_y=a\sin\theta$，



根据牛顿第二定律列方程

x 轴方向有 $f=ma_x=ma\cos\theta$，

y 轴方向有 $N-mg=ma_y=ma\sin\theta$，

解得 $f=ma\cos\theta$，方向水平向右，

$N=mg+ma\sin\theta$，方向竖直向上。

答案：$mg+ma\sin\theta$，方向竖直向上　$ma\cos\theta$，方向水平向右

任务总结

1.应用牛顿第二定律解题的一般步骤

(1)确定研究对象。

(2)进行受力分析和运动状态分析，画出受力分析图，明确运动性质和运动过程。

(3)根据牛顿第二定律列方程求解。

(4)求出合力或加速度。

2.应用牛顿第二定律解题的方法

(1)合成法常用于两个互成角度的共点力的合成，正交分解法常用于三个或三个以上互成角度的共点力的合成。

(2)建立坐标系的技巧

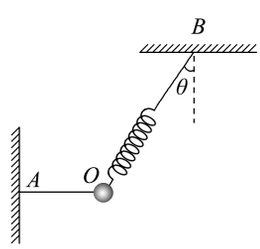
①建立坐标系时，通常选取加速度的方向作为某一坐标轴的正方向(也就是不分解加速度)，将物体所受的力正交分解后，列出方程 $F_x=ma$，$F_y=0$。

②特殊情况下，也可将坐标轴建立在力的方向上，正交分解加速度 a。根据牛顿第二定律 $\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\end{cases}$ 及 $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$ 求合力。

任务三　瞬时加速度问题

[探究活动]

如图所示，质量为 m 的小球被水平绳 AO 和与竖直方向成 θ 角的轻弹簧系着处于静止状态。



(1)水平绳 AO 上的拉力和弹簧的拉力分别多大？

(2)若仅将绳 AO 烧断，在绳 AO 烧断的瞬间，弹簧的拉力和小球的加速度分别多大？

(3)若仅将弹簧连接小球的一端剪断，剪断弹簧的瞬间，水平绳 AO 上的拉力和小球的加速度分别多大？

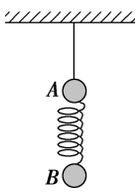
提示：(1)根据平衡条件，水平绳 AO 上的拉力 $F_{AO}=mg\tan\theta$，弹簧的拉力 $F=\dfrac{mg}{\cos\theta}$。

(2)绳 AO 烧断的瞬间，弹簧的弹力不变，仍为 $F=\dfrac{mg}{\cos\theta}$；$F_{合}=mg\tan\theta$，根据牛顿第二定律得 $mg\tan\theta=ma$，解得 $a=g\sin\theta$。

(3)剪断弹簧的瞬间，绳上拉力立即变为零，小球只受重力，根据牛顿第二定律得 $F_{合}=mg$，得 $a=g$。

[评价活动]

1.如图所示，A、B 两球用细线悬挂于天花板上且静止不动，两球质量 $m_A=2m_B$，两球间由一个轻质弹簧连接。如果突然剪断悬线，则在剪断悬线瞬间 A、B 两球的加速度大小分别为 (　　)

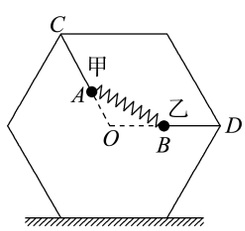


A. $\dfrac{3}{2}g$，g　　B. $\dfrac{3}{2}g$，0

C. g，0　　D. $\dfrac{1}{2}g$，g

B　**解析**：在剪断悬线的瞬间弹簧的弹力保持不变，则 B 球的合力为零，加速度为零；对 A 球有 $(m_A+m_B)g=m_Aa_A$，得 $a_A=\dfrac{3}{2}g$，故选项 B 正确。

2.(多选)如图所示，正六边形稳固支架竖直放置且固定在水平地面上，中心点为 O，C、D 为支架的两个顶点，通过轻绳 CA、BD 分别连接两个质量均为 $\sqrt{3}m$ 的相同小球甲、乙，两小球通过轻质弹簧相连，整个装置处于静止状态，且 C、A、O 共线，O、B、D 共线。已知重力加速度为 g，下列说法正确的是 (　　)



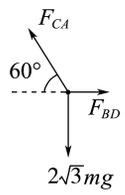
A. 轻绳 CA 的拉力为 $4mg$

B. 轻绳 BD 的拉力为 mg

C. 剪断轻绳 CA 的瞬间，小球甲的加速度大小为 $\dfrac{4\sqrt{3}}{3}g$

D. 剪断轻绳 CA 的瞬间，小球乙的加速度大小为 $\dfrac{2\sqrt{3}}{3}g$

AC　**解析**：对小球甲、乙、弹簧整体进行受力分析，如图所示，竖直方向有 $F_{CA}\sin 60°=2\sqrt{3}mg$，水平方向有 $F_{CA}\cos 60°=F_{BD}$，解得 $F_{CA}=4mg$，$F_{BD}=2mg$，A 正确，B 错误；剪断轻绳 CA 的瞬间，由于弹簧弹力瞬间不变，所以小球甲受到的合外力大小等于 F_{CA}，即 $F_{合}=4mg$，根据牛顿第二定律得 $F_{合}=\sqrt{3}ma_{甲}$，解得 $a_{甲}=\dfrac{F_{合}}{\sqrt{3}m}=\dfrac{4\sqrt{3}}{3}g$，C 正确；同理可得，小球乙受力不变，加速度为 0，D 错误。



任务总结

1.瞬时性问题本质

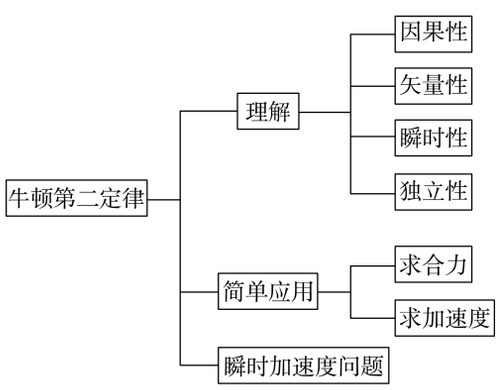
由牛顿第二定律 $F=ma$ 知，加速度 a 与合力 F 具有瞬时对应关系，合力突然变化，加速度也随之变化。

2.两种模型的特点

(1)刚性绳(或接触面)模型：此种不发生明显形变就能产生弹力的物体，剪断(或脱离)后，形变恢复几乎不需要时间，故认为弹力可以立即改变或消失。

(2)弹簧(或橡皮绳)模型：此种物体的特点是形变量大，形变恢复需要较长时间，在弹簧(或橡皮绳)的自由端连接有物体时其弹力的大小不能突变，往往弹力可以看成瞬间是不变的。

提质归纳



课后素养评价(十九)

基础性·能力运用

知识点 1　对牛顿第二定律的理解

1.牛顿第二定律的表达式可以写成 $m=\frac{F}{a}$。对某个物体来说,它的质量 m　　(　　)

A. 跟合力 F 成正比

B. 跟合力 F 与加速度 a 都无关

C. 跟它的加速度 a 成反比

D. 跟合力 F 成反比,跟它的加速度 a 成正比

B　**解析**:质量是物体的固有属性,与合力 F 和加速度 a 都无关,不能说质量跟合力 F 成正比,跟它的加速度 a 成反比,故 B 正确,A、C、D 错误。

2.关于牛顿第二定律,下列说法错误的是　　(　　)

A. 物体加速度的大小由物体的质量和物体所受合力的大小决定

B. 物体加速度的方向只由它所受合力的方向决定,与速度方向无关

C. 物体所受合力的方向和加速度的方向及速度方向总是相同的

D. 一旦物体所受的合力为零,则物体的加速度立即为零

C　**解析**:根据牛顿第二定律可知,加速度的大小由物体所受的合力和物体质量决定,方向与合力方向相同,与速度大小和方向无关,故 A、B 正确;物体所受的合力方向与加速度方向相同,与速度方向不一定相同,故 C 错误;物体所受的合力为零,加速度立即为零,故 D 正确。

3.在牛顿第二定律公式 $F=kma$ 中,比例系数 k 的数值　　(　　)

A. 在任何情况下都等于 1

B. 是由质量 m、加速度 a 和力 F 三者的大小所决定的

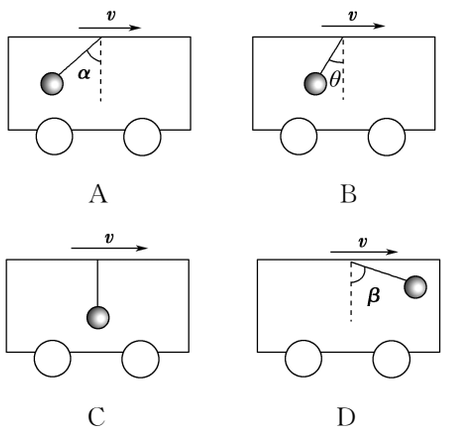
C. 与质量 m、初速度 a 和力 F 三者的单位无关

D. 在国际单位制中一定等于 1

D　**解析**:在牛顿第二定律的表达式 $F=kma$ 中,只有质量 m、加速度 a 和力 F 的单位是国际单位制单位时,比例系数 k 才为 1,故 D 正确,A、B、C 错误。

知识点 2　牛顿第二定律的应用

4.分别在四辆相同汽车的车厢顶部用细线悬挂一个小球,当汽车沿平直道路运动的过程中,小球相对汽车所处的状态如图所示。已知 $\beta>\alpha>\theta>0°$,则获得最大加速度的汽车是　　(　　)

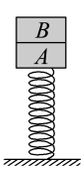


A　　B

C　　D

D　**解析**:以 A 选项为例,对小球进行受力分析,由牛顿第二定律得 $T\cos\alpha=mg$,$T\sin\alpha=ma$,两式联立解得 $a=g\tan\alpha$,可知,α 越大,汽车的加速度越大,因为 $\beta>\alpha>\theta>0°$,所以 D 选项中汽车的加速度最大,选项 D 正确。

5.如图所示,一轻质弹簧下端竖直固定在地面上,上端固定一质量为 m 的小物块 A。现将一质量也为 m 的小物块 B 无初速度地放在 A 上,重力加速度大小为 g,则放上 B 的瞬间,小物块 A 的加速度大小为　　(　　)

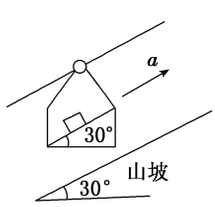


A. $a_A=0$　　B. $a_A=\frac{g}{2}$

C. $a_A=g$　　D. $a_A=2g$

B　**解析**:放上 B 的瞬间,弹簧弹力不发生变化,以 A、B 整体为研究对象,由牛顿第二定律有 $2mg-mg=2ma_A$,得 $a_A=\frac{g}{2}$,故选 B。

6.乘坐“空中缆车”去饱览大自然的美景是旅游者常用的选择之一。若某一缆车沿着坡度为 30°的山坡以加速度 a 加速上行,如图所示。在缆车中放一个与山坡表面平行的斜面,斜面上放一个质量为 m 的小物块,小物块相对斜面静止,设缆车始终保持竖直状态,则　　(　　)



A. 小物块受到的支持力方向竖直向上

B. 小物块受到的摩擦力方向平行斜面向下

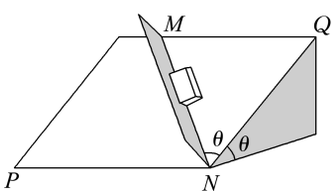
C. 小物块受到的静摩擦力大小为$\frac{1}{2}mg+ma$

D. 小物块受到的滑动摩擦力大小为$\frac{1}{2}mg+ma$

C　**解析**：以小物块为研究对象，分析受力情况，小物块受重力mg、斜面的支持力N和静摩擦力f，且具有沿斜面方向向上的加速度a，支持力N垂直于斜面向上，故A错误；由于小物块和斜面保持相对静止，小物块受到的摩擦力为静摩擦力，根据牛顿第二运动定律得$f-mg\sin 30°=ma$，解得$f=\frac{1}{2}mg+ma$，方向平行斜面向上，故C正确，B、D错误。

综合性·创新提升

7.(2025·山东卷)工人在河堤的硬质坡面上固定一垂直坡面的挡板，向坡底运送长方体建筑材料，如图所示，坡面与水平面夹角为θ，交线为PN，坡面内QN与PN垂直，挡板平面与坡面的交线为MN，$\angle MNQ=\theta$。若建筑材料与坡面、挡板间的动摩擦因数均为μ，重力加速度大小为g，则建筑材料沿MN向下匀加速滑行的加速度大小为　(　　)



A. $g\sin^2\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin\theta\cos\theta$

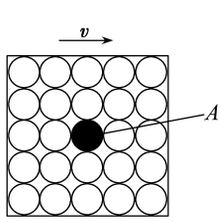
B. $g\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin^2\theta$

C. $g\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin\theta\ \cos\theta$

D. $g\cos^2\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin^2\theta$

B　**解析**：将长方体建筑材料的重力沿着坡面和垂直坡面分解，垂直坡面方向$N_1=mg\cos\theta$，坡面对长方体建筑材料的摩擦力$f_1=\mu N_1=\mu mg\cos\theta$，方向沿$MN$向上；重力沿坡面$QN$方向的分力$G_1=mg\sin\theta$，$G_1$垂直于$MN$的分力$N_2=G_1\sin\theta=mg\sin^2\theta$，挡板对长方体建筑材料的摩擦力$f_2=\mu N_2=\mu mg\sin^2\theta$，方向沿$MN$向上；$G_1$沿$MN$向下的分力$G_2=G_1\cos\theta=mg\sin\theta\cos\theta$，根据牛顿第二定律$G_2-f_1-f_2=ma$，联立解得$a=g\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin^2\theta$，故A、C、D错误，B正确。

8.如图所示，有一箱装得很满的土豆，以一定的初速度的水平地面上做匀减速运动，地面与箱子间的动摩擦因数为μ，加速度大小为μg。不计其他外力及空气阻力，其中一个质量为m的土豆A相对箱子静止，则A受其他土豆对它的作用力F的大小是　(　　)



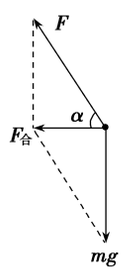
A. $F=\mu mg$

B. $F=mg$

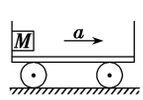
C. $F=mg\sqrt{1-\mu^2}$

D. $F=mg\sqrt{1+\mu^2}$

D　**解析**：对土豆A受力分析，土豆A受重力、其他土豆对它的作用力，如图所示，根据牛顿第二定律得$F_{合}=ma=\mu mg$，根据平行四边形定则得，其他土豆对它的作用力$F=\sqrt{(mg)^2+(\mu mg)^2}=mg\sqrt{1+\mu^2}$，故选D。



9.如图所示，当小车向右加速运动时，质量为M的物块相对车厢静止于竖直车厢壁上。当车的加速度增大时　(　　)



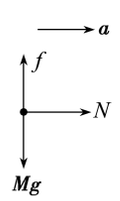
A. 物块所受静摩擦力增大

B. 物块对车厢壁的压力减小

C. 物块仍相对于车厢静止

D. 物块所受静摩擦力减小

C　**解析**：以物块为研究对象，分析受力情况如图所示，物块受重力Mg、车厢的弹力N和静摩擦力f，根据牛顿第二定律，水平方向有$N=Ma$，竖直方向有$f=Mg$，当加速度增大时，N增大，物块所受的最大静摩擦力增大，物块在竖直方向上受力平衡，即$f=Mg$不变，故A、B、D错误；当加速度增大时，静摩擦力与重力仍然平衡，物块仍相对于车厢静止，故C正确。

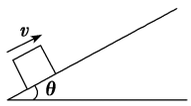


10.质量为m的木块，以一定的初速度沿倾角为θ的斜面向上滑动。斜面固定，木块与斜面间的动摩

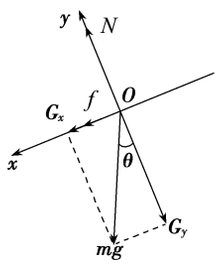
擦因数为μ，如图所示。

(1)求木块向上滑动的加速度；

(2)若此木块滑到最大高度后，能沿斜面下滑，求下滑时的加速度。



解析：(1)以木块为研究对象，在上滑时受力如图所示：



根据题意，加速度方向沿斜面向下。将各力沿斜面和垂直于斜面方向正交分解，由牛顿第二定律有

$mg\sin\theta+f=ma$，

$N-mg\cos\theta=0$，

且$f=\mu N$，

联立解得$a=g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$，方向沿斜面向下。

(2)当木块沿斜面下滑时，木块受到的滑动摩擦力大小等于f，方向沿斜面向上。由牛顿第二定律有

$mg\sin\theta-f=ma'$，

解得$a'=g(\sin\theta-\mu\cos\theta)$，方向沿斜面向下。

答案：(1)$g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$，方向沿斜面向下

(2)$g(\sin\theta-\mu\cos\theta)$，方向沿斜面向下

4　力学单位制

学习任务目标

1.清楚基本物理量、基本单位、导出单位及其区别，理解单位制的概念。(物理观念)

2.能利用基本单位与导出单位进行简单的推理。(科学思维)

3.能利用力学物理量的单位，解决简单的问题。(科学思维)

问题式预习

知识点　力学单位制

1.单位

(1)定义：单位是指计量事物的标准量的名称。

(2)建立科学单位制的意义

①有价值的测量结果：物理量可以表述为一个数值与一个单位的乘积。

②物理量选取的单位不同，会影响物理规律的数学形式。

③不需要为每一个新物理量单独定义单位。

2.力学单位制

(1)基本单位：物理公式在确定物理量的数量关系的同时，也确定了物理量的单位之间的关系。在物理学中，先选定几个物理量作为基本物理量，它们的单位作为基本单位。

(2)导出单位：根据物理公式，推导出来的其他物理量的单位叫导出单位。

(3)单位制：基本单位和导出单位一起组成了单位制。

(4)在力学中，选定长度、质量和时间这三个物理量的单位作为基本单位。在国际单位制中，它们的单位分别是米(m)、千克(kg)、秒(s)。

(5)国际单位制：1960年，第11届国际计量大会制订了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制。

(6)国际单位制中的基本物理量和基本单位

基本物理量	物理量符号	基本单位	单位符号
长度	l	米	m
质量	m	千克(公斤)	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安[培]	A
热力学温度	T	开[尔文]	K
物质的量	n	摩[尔]	mol
发光强度	$I(I_v)$	坎[德拉]	cd

[科学思维]

理解单位制的三个常见误区

(1)只用一个符号表示的单位不一定是基本单位。例如，牛顿(N)、焦耳(J)、瓦特(W)等都不是基本单位，而是导出单位。

(2)是国际单位的不一定是基本单位。基本单位只是组成国际单位制的一小部分,在国际单位制中,除七个基本单位以外的单位都是导出单位。

(3)物理量单位之间的关系可以通过相应的物理公式导出,但并不是所有物理量的单位都可以互相导出。

[判一判]

(1)一般来说,物理公式仅能确定各物理量之间的数量关系,不能确定它们之间的单位关系。(×)

(2)各个物理量的单位可以相互导出。(×)

(3)若某个单位符号中包含几个基本单位的符号,则该单位一定是导出单位。(√)

(4)厘米(cm)、克(g)、小时(h)都属于国际单位制单位。(×)

[做一做]

1.测量国际单位制规定的三个力学基本物理量,分别可用的仪器是 ( )

A. 刻度尺、弹簧测力计、秒表

B. 刻度尺、弹簧测力计、打点计时器

C. 量筒、天平、秒表

D. 刻度尺、天平、秒表

D **解析**:在国际单位制中,三个力学的基本物理量分别为长度、质量、时间,长度用刻度尺测量,质量用天平测量,时间用秒表测量,故选项D正确。

2.(多选)下列物理量的单位为导出单位的是 ( )

A. 力的单位:N

B. 压强的单位:Pa

C. 长度的单位:m

D. 加速度的单位:m/s^2

ABD **解析**:题目所给单位均为力学单位,在力学中只有质量、长度、时间的单位为基本单位,除这三个单位以外的单位,均为导出单位。

任务型课堂

任务一 对单位制的理解

[探究活动]

某运动员的最快速度可以达到10 m/s,某人骑助力车的速度为35 km/h。

(1)某同学仅凭所给两个速度的数值能否判断运动员的最快速度与助力车的速度的大小关系?

(2)如何判断以上两个速度哪个大?

提示:(1)不能,因为它们的单位不一样。

(2)先统一单位,可均以“km/h”为单位,10 m/s=36 km/h>35 km/h,所以运动员的最快速度较大。

[评价活动]

1.(多选)下列关于单位制及其应用的说法正确的是 ( )

A. 基本单位和导出单位一起组成了单位制

B. 选用的基本单位不同,构成的单位制也不同

C. 在物理计算中,如果所有已知量都用同一单位制中的单位表示,只要正确应用公式,其结果的单位就一定是用这个单位制中的单位来表示的

D. 一般来说,物理公式主要确定各物理量间的数量关系,并不一定能确定单位关系

ABC **解析**:基本单位和导出单位一起组成了单位制,选项A正确;选用的基本单位不同,构成的单位制也不同,选项B正确;在物理计算中,如果所有已知量都用同一单位制中的单位表示,只要正确应用公式,其结果的单位一定是这个单位制中的单位,选项C正确;物理公式可以确定各物理量间的数量关系,同时也可以确定单位关系,选项D错误。

2.(多选)关于国际单位制,下列说法正确的是 ( )

A. 国际单位制是世界各国统一使用的一种通用的单位制

B. 各国均有不同的单位制,国际单位制是为了交流方便而采用的一种单位制

C. 国际单位制是一种基本的单位制,只要在物理运算中各物理量均采用国际单位制中的单位,则最后得出的结果必然是国际单位制中的单位

D. 国际单位制中的基本单位对应的物理量是长度、能量、时间

ABC **解析**:为了运算简捷,交流方便,各国统一采用通用的单位制,这就是国际单位制,选项A、B正确;只要运算过程中各物理量均采用国际单位制中的单位,最终得到的结果也必然是国际单位制中的单位,这是国际单位制的又一重要作用,选项C正确;国际单位制中的基本单位对应的物理量中没有“能量”,选项D错误。

3.关于国际单位制,下列说法正确的是 ( )

A. 国际单位制中的基本单位可以随意选定

B. 加速度的单位(m/s^2)是由长度单位(m)、时间单位(s)和加速度的定义式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$推导出来的,所以加速度的单位是导出单位

C. 牛顿(N)是国际单位制中的基本单位,1 N=1 kg·m/s^2

D. 国际单位制中力学的三个基本物理量是长度、质量和力

B **解析**:国际单位制中的基本单位是科学选定的,不能随意选定,它们是构成其他单位的基础,故A错误;加速度的单位(m/s^2)是根据加速度的定义式

$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，由长度单位(m)和时间单位(s)推导出来的，所以加速度的单位是导出单位，故B正确；牛顿(N)是国际单位制中的导出单位，故C错误；国际单位制中力学的三个基本物理量是长度、质量和时间，故D错误。

4.给出以下物理量或单位，请按要求填空。(均填写选项前的字母)

A. 米　B. 牛顿　C. 加速度　D. 米/秒^2　E. 质量　F. 千克　G. 时间　H. 秒　J. 位移　K. 厘米^2　L. 千克/米^3　M. 焦耳

(1)属于基本单位的是_____。

(2)属于导出单位的是_____。

(3)属于物理量的是_____。

解析：(1)属于基本单位的是A、F、H。

(2)属于导出单位的是B、D、K、L、M。

(3)属于物理量的是C、E、G、J。

答案：(1)AFH　(2)BDKLM　(3)CEGJ

任务总结

1.基本物理量、基本单位和国际单位的关系

(1)基本物理量的单位都是基本单位，但其单位中只有一个是国际单位(如长度只有米是国际单位)。

(2)其他物理量的单位(导出单位)也有国际单位。

2.单位制的意义

(1)单位是物理量的组成部分，对于有单位的物理量，一定要在数字后带上单位。

(2)同一个物理量，选用不同单位时其数值不同。

(3)统一单位，便于人们的相互交流，统一人们的认识。

任务二　单位制的应用

[探究活动]

(1)《三国演义》中提到张飞身长八尺，某篮球明星身高2.26 m，张飞和该篮球明星谁高一些？

(2)在学习了力学单位制后，甲同学由公式$G=mg$得出g的单位为N/kg，可是乙同学由自由落体运动公式$h=\frac{1}{2}gt^2$得出g的单位为m/s^2；二人争执不下，都认为自己导出的单位正确。哪位同学的说法是正确的？

提示：(1)按现在算法，1尺≈0.33 m，则8尺≈2.67 m，比该篮球明星高；但注意古代的“尺”和现代的“尺”不一样，其差别很大，张飞并不一定比该篮球明星高。

(2)都正确，这两个单位是等价的，由1 N/kg=$\frac{1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2}{\text{kg}}$=1 m/s^2，可见这两个单位是$g$的单位的不同表达方式。

[评价活动]

1.一质量$m=200$ g的物体以加速度$a=20$ cm/s^{2}做匀加速直线运动，则关于它受到的合力的大小及单位，下列运算既简洁又符合一般运算要求的是(　　)

A. $F=200\times20=4\ 000$ N

B. $F=0.2\times0.2$ N$=0.04$ N

C. $F=0.2\times0.2=0.04$ N

D. $F=0.2$ kg$\times0.2$ m/s$^2=0.04$ N

B　**解析**：在物理计算中，若各物理量的单位都统一采用国际单位，则最后结果的单位也一定是国际单位；在国际单位制中，$m=0.2$ kg，$a=0.2$ m/s^2，力F的单位为N，根据牛顿第二定律有$F=ma=0.2\times0.2$ N$=0.04$ N，故B正确。

2.有几名同学在一次运算中，得出了某物体位移x的大小同其质量m、速度v、作用力F和运动时间t的关系式，下列可能正确的是(　　)

A. $x=\frac{v}{2a}$　　B. $x=\frac{mv^3}{F}$

C. $x=Ft$　　D. $x=\frac{mv^2}{2F}$

D　**解析**：把各物理量的单位都用基本单位或导出单位表示，v的单位为m/s，a的单位为m/s^2，F的单位为kg·m/s^2，x的单位为m，t的单位为s，m的单位为kg，由此可解出A、B、C、D等式右边计算结果的单位分别为s、m^2/s、kg·m/s、m，故A、B、C错误，D正确。

3.(2023·辽宁卷)安培通过实验研究，发现了电流之间相互作用力的规律。若两段长度分别为Δl_1和Δl_2、电流大小分别为I_1和I_2的平行直导线间距为r时，相互作用力的大小可以表示为$\Delta F=k\frac{I_1I_2\Delta l_1\Delta l_2}{r^2}$。比例系数$k$的单位是(　　)

A. kg·m/(s^2·A)

B. kg·m/(s^2·A^2)

C. kg·m^2/(s^3·A)

D. kg·m^2/(s^3·A^3)

B　**解析**：根据题干公式$\Delta F=k\frac{I_1I_2\Delta l_1\Delta l_2}{r^2}$整理可得$k=\frac{r^2\Delta F}{I_1I_2\Delta l_1\Delta l_2}$，代入相应物理量单位可得比例系数$k$的单位为$\frac{\text{N}}{\text{A}^2}=\frac{\text{kg}\cdot\text{m/s}^2}{\text{A}^2}=$kg·m/(s^2·A^2)，故选B。

4.(多选)在研究匀变速直线运动的实验中,取计数点间时间间隔为 0.1 s,测得相邻相等时间间隔的位移差的平均值 $\Delta x=1.2$ cm。若还测出小车的质量为 500 g,则下列关于加速度、合力大小及对应单位,既正确又符合一般运算要求的是 (　　)

A. $a=\dfrac{\Delta x}{t^2}=\dfrac{1.2}{0.12}\ \mathrm{m/s^2}=120\ \mathrm{m/s^2}$

B. $a=\dfrac{\Delta x}{t^2}=\dfrac{1.2\times10^{-2}}{0.1^2}\ \mathrm{m/s^2}=1.2\ \mathrm{m/s^2}$

C. $F=ma=500\times1.2$ N$=600$ N

D. $F=ma=0.5\times1.2$ N$=0.6$ N

BD　**解析**:选项 A 中 $\Delta x=1.2$ cm 没转换成国际单位,选项 C 中的小车质量 $m=500$ g 没转换成国际单位,所以 A、C 错误,B、D 正确。

任务总结

单位制的四个主要应用

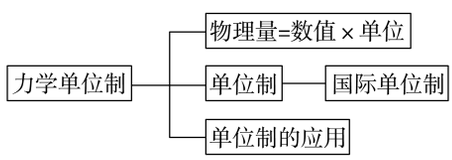
(1)简化计算过程中的单位表达:在解题计算时,已知量均采用国际单位,计算过程中不用写出各个量的单位,只要在式子末尾写出所求量的单位即可。

(2)推导物理量的单位:物理关系式确定各物理量数量关系的同时,也确定了各物理量的单位关系,所以我们可以根据物理关系式中物理量间的关系推导出物理量的单位。

(3)判断比例系数的单位:根据关系式中物理量的单位关系,可判断关系式中比例系数有无单位,如公式 $F=kx$ 中 k 的单位为 N/m,$f=\mu N$ 中 μ 无单位,$F=kma$ 中 k 无单位。

(4)单位制可检查物理量关系式的正误:根据物理量的单位,如果发现某关系式在单位上有问题,或者所求结果的单位与采用的单位制中该量的单位不一致,那么该关系式或计算结果肯定是错误的。

提质归纳



课后素养评价(二十)

基础性·能力运用

知识点 1　对单位制的理解

1.关于物理量的单位,下列说法正确的是 (　　)

A. 任何一个物理量和物理概念都具有相对应的单位

B. 物理关系式中的物理量也可能没有单位,这样的量也没有数值

C. 物理量之间单位关系的确定离不开描述各种规律的物理公式

D. 物理量的单位均可以互相导出

C　**解析**:并不是任何物理量都有单位,且单位并不一定唯一,物理量单位之间的关系可以通过物理关系式导出,C 正确。

2.(多选)关于力学单位制,下列说法正确的是 (　　)

A. kg、m/s、N 是导出单位

B. kg、m、s 是基本单位

C. 在国际单位制中,质量的单位可以是 kg,也可以是 g

D. 只有在国际单位制中,牛顿第二定律的表达式才是 $F=ma$

BD　**解析**:导出单位是利用物理公式和基本单位推导出来的,kg、m、s 是力学单位制中的三个基本单位,其他国际单位中的力学单位都是由这三个基本单位推导出来的,如牛顿(N)是导出单位,即 1 N$=$1 kg·$\mathrm{m/s^2}$,A 错误,B 正确;在国际单位制中,质量的单位只能是 kg,C 错误;在牛顿第二定律的表达式中,$F=ma(k=1)$只有在所有物理量都采用国际单位时才能成立,D 正确。

3.下列说法正确的是 (　　)

A. 速度、力、位移、质量都是矢量

B. 米、米每秒、米每二次方秒、牛顿都是国际单位

C. 米、千克、秒、牛顿都是国际单位制中的基本单位

D. 质量、时间、长度、速度都是国际单位制中的基本物理量

B　**解析**:速度、力、位移是矢量,质量是标量,选项 A 错误;米、米每秒、米每二次方秒、牛顿都是国际单位,选项 B 正确;米、千克、秒是国际单位制中的基本单位,牛顿是导出单位,选项 C 错误;质量、时间、长度是国际单位制中的基本物理量,而速度不是国际单位制的基本物理量,选项 D 错误。

知识点 2　单位制的应用

4.已知物理量 λ 的单位为“m”、物理量 v 的单位为“m/s”、物理量 f 的单位为“$\mathrm{s^{-1}}$”,则由这三个物理量组成的关系式,正确的是 (　　)

A. $v=\dfrac{\lambda}{f}$　　B. $v=\lambda f$

C. $f=v\lambda$　　D. $\lambda=vf$

B　**解析**：A项的左侧单位是m/s，右侧单位是m·s，选项A错误；B项的左侧单位是m/s，右侧单位是m/s，选项B正确；C项的左侧单位是s^{-1}，右侧单位是m^2/s，选项C错误；D项的左侧单位是m，右侧单位是m/s^2，选项D错误。

5.（多选）声音在某种气体中的速度表达式可以只用气体的压强p、气体的密度ρ和没有单位的比例系数k表示。根据上述情况判断，下列关于声音在该气体中的速度的表达式肯定错误的是　（　）

A. $v=k\sqrt{\dfrac{p}{\rho}}$　　B. $v=k\dfrac{\rho}{p}$

C. $v=k\dfrac{p}{\rho}$　　D. $v=k\dfrac{\rho}{p}$

BCD　**解析**：压强可由公式$p=\dfrac{F}{S}$求得，则p的单位为$\dfrac{kg\cdot m/s^2}{m^2}=\dfrac{kg}{m\cdot s^2}$，密度可由公式$\rho=\dfrac{m}{V}$求得，则$\rho$的单位为$kg/m^3$。由于题中$k$没有单位，则$k\sqrt{\dfrac{p}{\rho}}$的单位为m/s，故选项A的表达式可能正确；$k\sqrt{\dfrac{\rho}{p}}$的单位为s/m，不是速度的单位，选项B的表达式肯定错误；$k\dfrac{p}{\rho}$的单位为m^2/s^2，不是速度的单位，选项C的表达式肯定错误；$k\dfrac{\rho}{p}$的单位为s^2/m^2，不是速度的单位，选项D的表达式肯定错误。

综合性·创新提升

6.雨滴在空气中下落，当速度比较大的时候，它受到的空气阻力与其速度的二次方成正比，与其横截面积成正比，即$F_{阻}=kSv^2$，则比例系数k的单位是　（B）

A. kg/m^4　　B. kg/m^3

C. kg/m^2　　D. kg/m

7.下列表达式中，符号所表示的物理量如表所示。利用单位制的知识判断，下列表达式不合理的是　（　）

符号	F	ρ	V	a
物理量	力	密度	体积	加速度
符号	l	t	m	v
物理量	长度	时间	质量	速度

A. 加速度$a=\dfrac{l_1-l_2}{t^2}$

B. 位移$x=\dfrac{F(t_1+t_2)}{2m}$

C. 力$F=\rho aV$

D. 功$W=\dfrac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$

B　**解析**：加速度$a=\dfrac{l_1-l_2}{t^2}$，左、右两侧对应的单位均是m/s^2，故A合理，不符合题意；$\dfrac{F(t_1+t_2)}{2m}$对应的单位是$\dfrac{N\cdot s}{kg}=\dfrac{kg\cdot m/s^2\cdot s}{kg}=m/s$，与位移的单位不同，故B不合理，符合题意；$\rho aV$对应的单位是$\dfrac{kg}{m^3}\cdot\dfrac{m}{s^2}\cdot m^3=kg\cdot m/s^2=N$，故C合理，不符合题意；$\dfrac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)$对应的单位是$kg\cdot(m/s)^2=kg\cdot m/s^2\cdot m=N\cdot m=J$，故D合理，不符合题意。

8.橡皮筋也像弹簧一样，在弹性限度内，弹力F的大小与伸长量x成正比，即$F=kx$，k的值与橡皮筋的原始长度L、横截面积S有关，理论与实践都表明$k=Y\dfrac{S}{L}$，其中Y是一个由材料决定的常数，材料学上称之为杨氏模量。在国际单位制中，杨氏模量Y的单位是　（　）

A. m　　B. kg/s^2

C. $kg\cdot m/s^2$　　D. $kg/(m\cdot s^2)$

D　**解析**：根据$F=kx$，$k=Y\dfrac{S}{L}$，所以$Y=\dfrac{kL}{S}=\dfrac{FL}{xS}$，所以杨氏模量$Y$的单位为$1\ \dfrac{N\cdot m}{m\cdot m^2}=1\ \dfrac{kg\cdot m}{s^2\cdot m^2}=1\ kg/(m\cdot s^2)$，故选D。

9.物理公式在确定物理量数量关系的同时，也确定了物理量的单位关系。下面给出的关系式中，l是长度，v是速度，m是质量，g是重力加速度，这些量都用国际单位制单位。试填出下列表达式的单位，并指出这些单位所对应的物理量的名称。

(1)$\sqrt{\dfrac{l}{g}}$单位是_____，物理量名称是_____。

(2)$\frac{v^2}{l}$单位是_____,物理量名称是_____。

(3)$m\frac{v^2}{l}$单位是_____,物理量名称是_____。

解析:(1)$\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m/s^2}}}=\sqrt{\mathrm{s^2}}=\mathrm{s}$,对应物理量为时间。

(2)$\frac{(\mathrm{m/s})^2}{\mathrm{m}}=\mathrm{m/s^2}$,对应物理量为加速度。

(3)$\mathrm{kg}\cdot\frac{(\mathrm{m/s})^2}{\mathrm{m}}=\mathrm{kg\cdot m/s^2}=\mathrm{N}$,对应物理量为力。

答案:(1)s 时间 (2)$\mathrm{m/s^2}$ 加速度 (3)N 力

10. 在选定了长度的单位 m、质量的单位 kg、时间的单位 s 之后,就足以导出力学中其他所有物理量的单位,但导出时必须依据相关的公式。现有一个物理量的表达式为 $A=\sqrt{\frac{GM}{r}}$,其中 M 是质量,r 是长度,又已知 G 的单位是 $\mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}$。

(1)据此能否推知 A 是什么物理量?

(2)如果物体的加速度的表达式 $a=\frac{GM}{r}$,请判断此表达式是否正确。

解析:(1)由 $A=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 可得,A 的单位是 $\sqrt{\frac{\mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}\cdot kg}}{\mathrm{m}}}=\sqrt{\mathrm{N\cdot m\cdot kg^{-1}}}=\sqrt{\mathrm{kg\cdot m\cdot s^{-2}\cdot m\cdot kg^{-1}}}=\mathrm{m/s}$,故物理量 A 是速度。

(2)加速度 a 的单位是 $\mathrm{m/s^2}$,$\frac{GM}{r}$ 的单位是 $\mathrm{m^2/s^2}$,单位不同,故此表达式一定不正确。

答案:(1)速度 (2)不正确

5 牛顿第三定律

学习任务目标

1. 知道力的作用是相互的,理解作用力与反作用力的概念。(物理观念)
2. 理解牛顿第三定律的含义,并能用它解释生活中的现象。(科学思维)
3. 会区分一对平衡力与一对相互作用力。(科学思维)

问题式预习

知识点 牛顿第三定律

1. 作用力与反作用力

(1)力的相互性

力是物体对物体的作用,一个力一定同时存在着受力物体和施力物体。

(2)作用力和反作用力:两个物体间相互作用的一对力,其中的任一个叫作用力,另一个就叫反作用力。

(3)特点:作用力和反作用力分别作用在两个不同的物体上,它们总是性质相同的两个力,且同时存在,同时变化,同时消失。

2. 牛顿第三定律

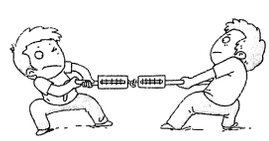
(1)内容:两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。

(2)公式:$F=-F'$,其中 F、F' 分别表示作用力与反作用力,负号表示作用力与反作用力的方向相反。

(3)应用:走路蹬地、推桨划船、发射火箭、汽车前进等。

[科学思维]

如图所示,甲、乙两同学想通过两个弹簧测力计的示数(不超过量程)来比较谁的力气大,这可以吗?



甲 乙

提示:不可以。两弹簧测力计之间的拉力是作用力与反作用力的关系,它们的示数相等。

[判一判]

(1)相互作用的一对力中,称哪一个力为作用力是任意的。 (√)

(2)只有两物体接触时,才会产生作用力与反作用力。 (×)

(3)物体间可能只有作用力,而没有反作用力。 (×)

(4)只有静止的两个物体相互作用时,作用力与反作用力才大小相等。 (×)

(5)作用在两个物体上,大小相等、方向相反,且在一条直线上的两个力一定是作用力与反作用力。 (×)

任务型课堂

任务一　对牛顿第三定律的理解

［探究活动］

我国有一种传统的民族体育项目叫作“押加”，实际上相当于两个人拔河，如图所示。甲、乙两人在“押加”比赛中，甲获胜。



(1)甲的拉力一定比乙的拉力大吗？

(2)请分析甲获胜的原因。

提示：(1)甲的拉力一定等于乙的拉力，因为这两个力是作用力与反作用力的关系。

(2)甲获胜是因为地面给甲的最大静摩擦力大于地面给乙的最大静摩擦力。

［评价活动］

1.“掰手腕”是学生课余非常喜爱的一项游戏。如图所示，甲、乙两同学正在进行“掰手腕”游戏，关于他们的手之间的力，下列说法正确的是　　(　　)



A. 甲掰赢了乙，是因为甲手对乙手的作用力大于乙手对甲手的作用力

B. 只有当甲、乙僵持不下时，甲手对乙手的作用力才等于乙手对甲手的作用力

C. 甲、乙对抗时，无法比较甲手对乙手的作用力和乙手对甲手的作用力的大小关系

D. 无论谁胜谁负，甲手对乙手的作用力大小总是等于乙手对甲手的作用力大小

D　**解析**：甲、乙之间的相互作用力总是大小相等、方向相反、作用在同一条直线上，故D正确。

2.人乘坐电梯加速向上运动，下列关于作用力的说法正确的是　　(　　)

A. 人对电梯地板的压力大于电梯地板对人的支持力

B. 人对电梯地板的压力等于人的重力

C. 电梯地板对人的支持力大于人的重力

D. 电梯地板对人的支持力等于人的重力

C　**解析**：人对电梯地板的压力与电梯地板对人的支持力是作用力与反作用力，故人对电梯地板的压力等于电梯地板对人的支持力，A错误；当电梯向上加速运动时，有向上的加速度，所以电梯地板对人的支持力大于人的重力，由牛顿第三定律可知，人对电梯地板的压力大于人的重力，C正确，B、D错误。

3.(多选)在运动项目中，有很多与物理规律有着密切的联系。在学校运动会跳高比赛中，某同学成功地跳过了1.28 m的高度。忽略空气阻力，下列说法正确的是　　(　　)

A. 从地面向上起跳的过程中，地面对该同学的支持力等于该同学的重力

B. 从地面向上起跳的过程中，地面对该同学的支持力等于该同学对地面的压力

C. 落到垫子上后，该同学对垫子的压力始终等于垫子对该同学的支持力

D. 落到垫子上后，该同学对垫子的压力始终等于该同学的重力

BC　**解析**：从地面向上起跳的过程中，地面对该同学向上的支持力要大于该同学的重力，该同学才能够有向上的加速度，才能向上运动，A错误；从地面向上起跳的过程中，地面对该同学的支持力与该同学对地面的压力是一对作用力与反作用力，B正确；落到垫子上后，该同学对垫子的压力与垫子对该同学的支持力是一对作用力与反作用力，C正确；落到垫子上后，该同学先向下加速，加速度向下，此过程支持力小于重力，由牛顿第三定律知，此时该同学对垫子的压力小于重力，D错误。

任务总结

1.作用力和反作用力的四个特性

(1)异体性：作用力和反作用力分别作用在相互作用的两个物体上。

(2)同性质：作用力和反作用力的性质总是相同的。

(3)同时性：作用力和反作用力同时产生，同时变化，同时消失。

(4)排他性：物体的运动状态和其他受力情况，对作用力和反作用力的关系没有影响。

2.判断作用力和反作用力的方法

(1)看作用点:作用力和反作用力应作用在两个物体上。

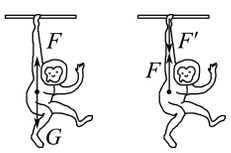
(2)看产生的原因:作用力和反作用力是由于相互作用而产生的。

(3)看力的性质:作用力与反作用力一定是同一性质的力。

任务二 一对作用力和反作用力与一对平衡力的比较

[探究活动]

如图所示,猴子吊在空中。猴子受到重力 G,还受到树枝对它的拉力 F;另一方面,不但树枝在以拉力 F 向上拉着猴子,同时猴子也在以向下的拉力 F' 拉着树枝。



(1)上面涉及的两组力分别是什么力?

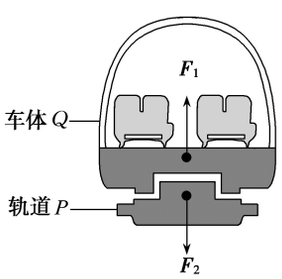
(2)这两组力有什么不同之处?

提示:(1)猴子在重力 G 和树枝对它的拉力 F 作用下保持静止,所以拉力 F 和重力 G 是一对平衡力;树枝拉猴子的力 F 和猴子拉树枝的力 F' 是一对作用力与反作用力。

(2)①平衡力作用在同一物体上,而作用力与反作用力作用在两个物体上;②作用力与反作用力一定是同一种性质的力,而平衡力则不一定是同一种性质的力;③平衡力合力为零,而相互作用力不能合成。

[评价活动]

1. 我国在交通领域中运用磁技术取得了重大突破,目前已研制出高速磁悬浮列车。如图所示为某种磁悬浮列车的原理图,轨道 P 的磁场与车体 Q 的磁场之间产生排斥力使车体悬浮。已知 P 对 Q 的排斥力为 F_1,Q 对 P 的排斥力为 F_2,则 (　　)



A. F_1 大于 F_2

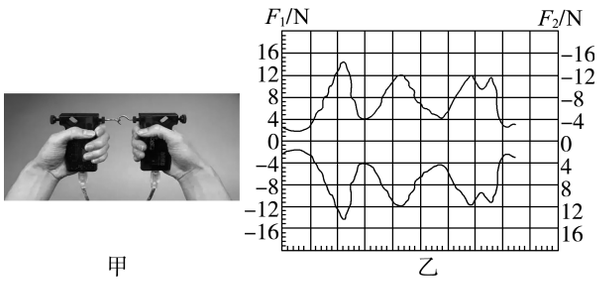
B. F_1 小于 F_2

C. F_1 和 F_2 是一对平衡力

D. F_1 和 F_2 是一对作用力与反作用力

D　**解析**:P 对 Q 的排斥力 F_1 与 Q 对 P 的排斥力 F_2 是一对作用力与反作用力,总是等大、反向,即 F_1 等于 F_2,故选 D。

2. 如图甲、乙所示是利用传感器研究作用力和反作用力的实验,可以得出的结论是 (　　)



A. 作用力增大时,反作用力减小

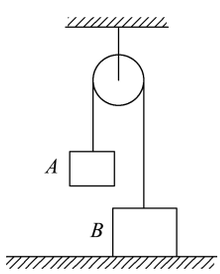
B. 作用力和反作用力的方向总是相同

C. 作用力和反作用力总是大小相等

D. 作用力和反作用力总是互相平衡

C　**解析**:由题图可知,两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,同时变化,由于作用在两个物体上,因此不能互相平衡。故选 C。

3. 如图所示,A、B 两物体通过轻绳挂在光滑的定滑轮上,B 与地面接触。其中物体 A 重20 N,物体 B 重 40 N,则 (　　)



A. B 的重力与绳拉 B 的力是一对平衡力

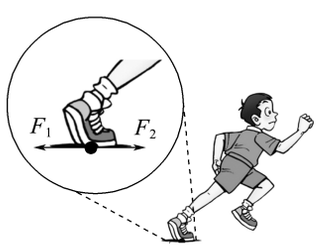
B. A 拉绳的力与 B 拉绳的力是作用力与反作用力

C. B 拉绳的力与绳拉 B 的力是作用力与反作用力

D. A 的重力的反作用力是绳对 A 的拉力

C　**解析**:绳对 B 的拉力等于 20 N,小于 B 的重力,则 B 的重力与绳拉 B 的力不是一对平衡力,选项 A 错误;A 拉绳的力与 B 拉绳的力都作用在轻绳上,不是作用力与反作用力,选项 B 错误;B 拉绳的力与绳拉 B 的力是作用力与反作用力,选项 C 正确;A 的重力的反作用力是 A 对地球的吸引力,选项 D 错误。

4. 假设一同学奔跑时某一瞬间如图所示,鞋底对地面向后的力为 F_1,地面对鞋底向前的力为 F_2。下列说法正确的是 (　　)



A. F_1 产生在 F_2 之后

B. F_2 属于静摩擦力，F_1 属于弹力

C. F_1 和 F_2 是一对平衡力

D. F_1 和 F_2 是一对作用力和反作用力

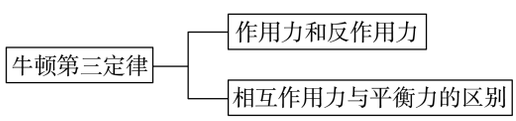
D　**解析**：力 F_1 和力 F_2 是等大、反向、共线的，作用于两个物体，是一对作用力和反作用力，同时产生，故 A、C 错误，D 正确；相互作用力的性质相同，F_1 和 F_2 均属于摩擦力，故 B 错误。

任务总结

一对作用力和反作用力与一对平衡力的比较

比较		一对作用力和反作用力	一对平衡力
不同点	作用对象	作用在两个物体上	作用在同一物体上
	依赖关系	相互依存，不可单独存在，同时产生，同时变化，同时消失	无依赖关系，撤除一个，另一个依然可存在
不同点	叠加性	两力作用效果不可叠加，不可求合力	两力作用效果可相互抵消，可叠加，可求合力，且合力为零
	力的性质	一定是同种性质的力	不一定是同种性质的力
相同点		大小相等、方向相反，作用在同一条直线上	

提质归纳



课后素养评价（二十一）

基础性·能力运用

知识点 1　对牛顿第三定律的理解

1. 下列关于作用力与反作用力的说法正确的是（　　）

A. 先有作用力，然后才有反作用力

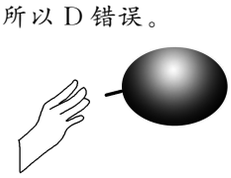
B. 作用力和反作用力的大小相等、方向相反，合力为零

C. 物体间的作用力和反作用力一定同时产生、同时消失

D. 只有两物体接触时，才会产生作用力和反作用力

C　**解析**：作用力和反作用力是同时产生、同时消失的，所以 A 错误，C 正确；由于作用力和反作用力分别作用于两个不同的物体上，因此这两个力不能互相抵消，也不能进行合成，所以 B 错误；只要两个物体间能发生力的作用，就存在相互作用力，而两个不接触的物体间也可以产生力的作用，如两块磁铁发生相互作用时就不需要接触，所以 D 错误。

2. 如图所示，将吹足气的气球由静止释放，气球内的气体向后喷出，气球会向前运动，这是因为气球受到（　D　）



A. 重力

B. 手的推力

C. 空气的浮力

D. 喷出气体对气球的作用力

知识点 2　一对作用力和反作用力与一对平衡力的比较

3.（多选）关于作用力与反作用力，下列说法正确的是（　　）

A. 马拉车加速行驶时，马拉车的力大于车拉马的力

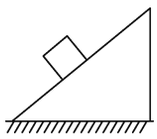
B. 从井里将水桶提上来，绳子对桶的拉力大于桶对绳子的拉力

C. 不论电梯是加速上升、匀速上升，还是减速上升，人对电梯底板的压力和底板对人的支持力总是大小相等的

D. 作用力是弹力，其反作用力也一定是弹力，因为作用力与反作用力是性质相同的力

CD　**解析**：一对作用力与反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上，而且是同一性质的力，故 C、D 正确。

4.（多选）如图所示，物体静止在斜面上，下列说法正确的是（　BC　）



A. 物体对斜面的压力和斜面对物体的支持力是一对平衡力

B. 物体对斜面的摩擦力和斜面对物体的摩擦力是一对作用力和反作用力

C. 物体所受重力和斜面对物体的作用力是一对平衡力

D. 物体所受重力和斜面对物体的支持力是一对作用力和反作用力

知识点 3　牛顿第三定律的综合应用

5. 一质量为 m 的人站在电梯中，电梯加速上升，加速度大小为 $\frac{1}{3}g$，g 为重力加速度。人对电梯底部的压力大小为（　　）

A. $\frac{1}{3}mg$　　B. $2mg$

C. mg　　D. $\frac{4}{3}mg$

D　**解析**：设电梯对人的支持力为 N，由牛顿第二定律得 $N-mg=\frac{1}{3}mg$，$N=\frac{4}{3}mg$。由牛顿第三定律知人对电梯的压力大小为 $N'=N=\frac{4}{3}mg$。

综合性·创新提升

6. 关于物体间的作用力与反作用力，以下说法正确的是（　　）

A. 重力和弹力一定不可能彼此成为作用力与反作用力

B. “四两拨千斤”说明四两的作用力可以有千斤的反作用力

C. “主动出击”说明物体间可以先有作用力，然后才有反作用力

D. “以卵击石”说明鸡蛋对石头的作用力可以小于石头对鸡蛋的作用力

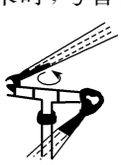
A　**解析**：物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反，同时产生、同时变化、同时消失，性质相同，故选项 A 正确，B、C、D 错误。

7.（多选）关于反作用力在日常生活和生产中的应用，下列说法正确的是（　　）

A. 在平静的水面上，静止着一只小船，船上有一人，人由静止开始从小船的一端走向另一端时，小船向相反方向运动

B. 汽车行驶时，通过排气筒向后排出尾气，从而获得向前的反作用力，即动力

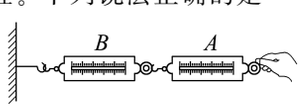
C. 如图所示为农田灌溉用的自动喷水器，当水从弯管的喷嘴喷射出来时，弯管会自动转向



D. 软体动物乌贼在水中通过体侧的套膜孔将水吸入外套腔，然后用力把水挤出体外，乌贼就会向相反方向游去

ACD　**解析**：人从小船的一端走向另一端时，要受到小船给人的摩擦力，方向与人行走的方向相同，根据牛顿第三定律知，人对小船也有一个摩擦力，其方向与人行走的方向相反，因此小船将在这个摩擦力的作用下改变运动状态，向人行走的相反方向运动，选项 A 正确；汽车行驶时，通过排气筒向后排出尾气，虽然尾气对排气筒有反作用力，但毕竟很小，并不是汽车动力的来源，选项 B 错误；农田灌溉用的自动喷水器，当水从弯管的喷嘴喷射出来时，弯管在水的反作用力的推动下会自动旋转，大大增加了喷水的面积，选项 C 正确；乌贼通过身体侧面的套膜孔把水吸入外套腔，然后用力把水经过小孔压出体外，根据牛顿第三定律可知，乌贼就会获得方向相反的反作用力，从而向排水的相反方向游去，选项 D 正确。

8.（多选）如图所示，某同学把 A、B 两个弹簧测力计连接在一起，B 的一端固定，用 10 N 的拉力水平拉测力计 A。已知两个弹簧测力计的读数均准确，且均未超出量程。下列说法正确的是（　　）



A. 若 A、B 两测力计完全相同，则 A、B 的示数均为 5 N

B. 若 A、B 两测力计的弹簧劲度系数不同，则可能 A 的示数为 6 N，B 的示数为 4 N

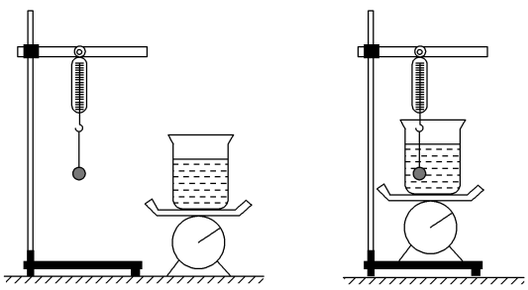
C. 无论 A、B 两测力计是否相同，A、B 的示数都为 10 N

D. A、B 之间的拉力一直大小相等，方向相反，是一对作用力和反作用力

CD　**解析**：无论 A、B 两测力计是否相同，两个弹簧测力计的读数均准确，系统处于静止状态，根据牛顿第三定律和平衡条件可知，A、B 之间的拉力一直大小相等，方向相反，是一对作用力和反作用力，

A、B 的示数均为 10 N，故 A、B 错误，C、D 正确。

9. 某研究性学习小组利用如图所示的装置探究作用力与反作用力的大小关系。如图甲所示，在铁架台上用弹簧测力计挂住一个实心铁球，弹簧测力计的示数为 F_1，在圆盘测力计的托盘上放有盛水的烧杯，圆盘测力计的示数为 F_2。现把铁球浸没在水中（水未溢出），如图乙所示，弹簧测力计的示数为 F_3，圆盘测力计的示数为 F_4。



甲　　乙

(1)分析弹簧测力计示数的变化，可知 F_3 _____ (选填“>”“=”或“<”)F_1。

(2)铁球对水的作用力大小为 _____，水对铁球的作用力大小为 _____，若两者相等，就说明了作用力与反作用力大小相等。

解析：(1)题图乙中铁球受到浮力的作用，浮力向上，则弹簧测力计示数减小，即 $F_3<F_1$。

(2)对烧杯中的水分析可知，由于烧杯中的水受到铁球的反作用力，则圆盘测力计示数增大，由弹簧测力计的示数变化可知，水对铁球的作用力，即铁球受到的浮力大小为 F_1-F_3；同理铁球对水的作用力大小为 F_4-F_2。若 $F_1-F_3=F_4-F_2$，则可以证明作用力与反作用力大小相等。

答案：(1)<　(2)F_1-F_3　F_4-F_2

6　牛顿运动定律的应用

学习任务目标

1. 进一步掌握受力分析的方法，并能结合物体的运动情况进行受力分析。（物理观念）

2. 知道动力学的两类问题，理解加速度是解决两类动力学问题的桥梁。（科学思维）

3. 掌握解决动力学问题的基本思路和方法，会用牛顿运动定律和运动学公式解决有关问题。（科学思维）

问题式预习

知识点　牛顿运动定律的应用

1. 动力学方法测质量

如果已知物体的受力情况和运动情况，可以求出它的加速度，进一步利用牛顿第二定律求出它的质量。

2. 两类基本问题



[做一做]

在交通事故的分析中，刹车线的长度是很重要的依据，刹车线是汽车刹车后，停止转动的轮胎在地面上发生滑动时留下的划痕。在某次交通事故中，汽车的刹车线长度是 14 m，假设汽车轮胎与地面间的动摩擦因数恒为 0.7，取 $g=10\ \text{m/s}^2$，则汽车刹车前的速度大小为　(　　)

A. 7 m/s　　B. 14 m/s

C. 10 m/s　　D. 20 m/s

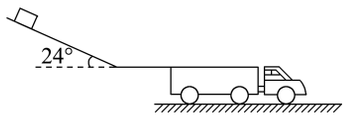
B　**解析**：设汽车刹车后滑动过程中的加速度大小为 a，由牛顿第二定律得 $\mu mg=ma$，解得 $a=\mu g$。由匀变速直线运动的速度—位移关系式得 $v_0^2=2ax$，可得汽车刹车前的速度大小为 $v_0=\sqrt{2ax}=\sqrt{2\mu gx}=14\ \text{m/s}$，因此 B 正确。

任务型课堂

任务一　从受力确定运动情况

[探究活动]

通过滑轨把货物直接装运到卡车中。如图所示，倾斜滑轨与水平面成 24°角，长度 $l_1=4$ m，水平滑轨长度可调，两滑轨间平滑连接。若货物从倾斜滑轨顶端由静止开始下滑，其与滑轨间的动摩擦因数均为 $\mu=\frac{2}{9}$，货物可视为质点（取 $g=10\ \text{m/s}^2$，$\sin 24°=0.4$，$\cos 24°=0.9$）。



(1)求货物在倾斜滑轨上滑行时加速度 a_1 的大小。

(2)求货物在倾斜滑轨末端时速度 v_1 的大小。

(3)若货物滑离水平滑轨末端时的速度不超过 2 m/s,求水平滑轨的最短长度 l_2。

提示:(1)货物在倾斜滑轨上滑行时,根据牛顿第二定律可得 $mg\sin 24°-\mu mg\cos 24°=ma_1$,

代入数据解得 $a_1=2\ \text{m/s}^2$。

(2)货物在倾斜滑轨上做匀加速直线运动,根据运动学公式有 $2a_1l_1=v_1^2$,

解得 $v_1=4\ \text{m/s}$。

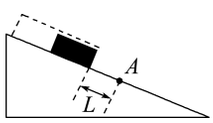
(3)货物在水平滑轨上做匀减速直线运动,根据牛顿第二定律有 $\mu mg=ma_2$,

根据运动学公式有 $-2a_2l_2=v_2^2-v_1^2$,

代入数据联立解得 $l_2=2.7\ \text{m}$。

[评价活动]

1.(2024·山东卷)如图所示,固定的光滑斜面上有一木板,其下端与斜面上 A 点距离为 L。木板由静止释放,若木板长度为 L,通过 A 点的时间间隔为 Δt_1;若木板长度为 $2L$,通过 A 点的时间间隔为 Δt_2。$\Delta t_2:\Delta t_1$ 为 (　　)



A. $(\sqrt{3}-1):(\sqrt{2}-1)$

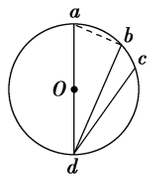
B. $(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1)$

C. $(\sqrt{3}+1):(\sqrt{2}+1)$

D. $(\sqrt{3}+\sqrt{2}):(\sqrt{2}+1)$

A　**解析**:对木板由牛顿第二定律可知,木板的加速度不变,木板从静止释放到下端到达 A 点的过程,有 $L=\frac{1}{2}at_0^2$;木板从静止释放到上端到达 A 点的过程,当木板长度为 L 时,有 $2L=\frac{1}{2}at_1^2$,当木板长度为 $2L$ 时,有 $3L=\frac{1}{2}at_2^2$,又 $\Delta t_1=t_1-t_0$,$\Delta t_2=t_2-t_0$,联立解得 $\Delta t_2:\Delta t_1=(\sqrt{3}-1):(\sqrt{2}-1)$,A 正确。

2.如图所示,ad、bd、cd 是竖直圆内三根固定的光滑细杆,每根杆上套着一个小滑环(图中未画出),三个滑环分别从 a、b、c 处释放(初速度为零),用 t_1、t_2、t_3 依次表示各滑环到达 d 处所用的时间,则 (　　)



A. $t_1<t_2<t_3$　　B. $t_1>t_2>t_3$

C. $t_3>t_1>t_2$　　D. $t_1=t_2=t_3$

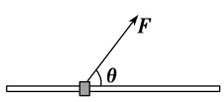
D　**解析**:小滑环下滑过程中受重力和杆的弹力作用,下滑的加速度可认为是由重力沿细杆方向的分力产生的,设细杆与竖直方向夹角为 θ,由牛顿第二定律知 $mg\cos\theta=ma$,设圆的半径为 R,由几何关系得,滑环由开始运动至 d 点的位移为 $x=2R\cos\theta$,由运动学公式得 $x=\frac{1}{2}at^2$,联立解得 $t=2\sqrt{\frac{R}{g}}$,可知小滑环下滑的时间与细杆的倾斜情况无关,故 $t_1=t_2=t_3$,D 正确。

3.如图所示,一根足够长的水平杆固定不动,一个质量 $m=2\ \text{kg}$ 的圆环套在杆上,圆环的直径略大于杆的截面直径,圆环与杆间的动摩擦因数 $\mu=0.75$。对圆环施加一个与水平方向成 $\theta=53°$ 角斜向上、大小为 $F=25\ \text{N}$ 的拉力,使圆环由静止开始做匀加速直线运动(取 $\sin 53°=0.8$,$\cos 53°=0.6$,$g=10\ \text{m/s}^2$)。

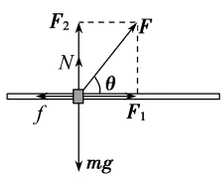
(1)求圆环对杆的弹力大小;

(2)求圆环加速度的大小;

(3)若拉力 F 作用 2 s 后撤去,求圆环在杆上滑行的总距离。



解析:(1)分析圆环可能的受力情况如图甲所示:



甲

将拉力 F 正交分解,得

$F_1=F\cos\theta=15\ \text{N}$,

$F_2=F\sin\theta=20\ \text{N}$,

因 $mg=20\ \text{N}$ 与 F_2 大小相等,故 $N=0$,$f=0$。

(2)由(1)可知,在拉力 F 作用下,圆环不受摩擦力,

由牛顿第二定律可知

$F_{合}=F_1=ma_1$，

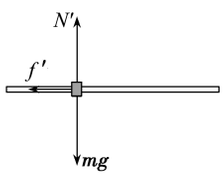
代入数据得 $a_1=7.5\ \mathrm{m/s^2}$。

(3)由(2)可知，撤去拉力 F 时圆环的速度大小

$v_0=a_1t_1=15\ \mathrm{m/s}$，

拉力 F 作用 2 s 内的位移大小 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=15\ \mathrm{m}$，

撤去拉力 F 后圆环受力如图乙所示：



乙

根据牛顿第二定律得 $-\mu mg=ma_2$，

解得 $a_2=-7.5\ \mathrm{m/s^2}$，

此时圆环的速度与加速度方向相反，做匀减速直线运动直至静止，由运动学公式可得，撤去拉力 F 后圆环滑行的位移大小

$x_2=\frac{0-v_0^2}{2a_2}=15\ \mathrm{m}$，

故总位移大小 $x=x_1+x_2=30\ \mathrm{m}$。

答案：(1)0　(2)7.5 m/s²　(3)30 m

任务总结

1.从受力确定运动情况的解题步骤

(1)确定研究对象。

(2)对研究对象进行受力分析，画出受力示意图，根据合成法或正交分解法求物体所受到的合力。一般沿加速度方向建立 x 轴，垂直于加速度方向建立 y 轴。

(3)根据牛顿第二定律列方程，求出物体运动的加速度。

(4)结合物体运动的初始条件，选择运动学公式，求出运动学物理量(时间、位移和速度等)。

2.流程图

已知物体受力情况 —由 $F=ma$→ 求得 a —由运动学公式→ 求得 x、v_0、v、t 等

3.常用的运动学公式

(1)$v_t=v_0+at$；

(2)$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$；

(3)$v_t^2-v_0^2=2ax$；

(4)$\Delta x=aT^2$。

任务二　从运动情况确定受力

[探究活动]

民航客机的机舱除通常的舱门外还设有紧急出口，发生意外情况的飞机着陆后，打开紧急出口的舱门，会自动生成一个由气囊组成的斜面，机舱中的乘客就可以沿斜面迅速滑行到地面。若某型号的客机紧急出口离地面高度为 4.0 m，构成斜面的气囊长度为5.0 m。要求紧急疏散时，乘客从气囊上由静止下滑到达地面的时间不超过 2.0 s(取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$)。

(1)乘客在气囊上下滑的加速度至少多大？

(2)气囊和下滑乘客间的动摩擦因数不得超过多少？

提示：(1)由题意可知，$h=4.0\ \mathrm{m}$，$L=5.0\ \mathrm{m}$，$t=2.0\ \mathrm{s}$，

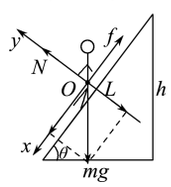
乘客沿气囊下滑过程中，由 $L=\frac{1}{2}at^2$ 得

$a=\frac{2L}{t^2}$，

代入数据得 $a=2.5\ \mathrm{m/s^2}$。

(2)设斜面倾角为 θ，则 $\sin\theta=\frac{h}{L}$，

在乘客下滑过程中，对乘客受力分析如图所示：



沿 x 轴方向有 $mg\sin\theta-f=ma$，

沿 y 轴方向有 $N-mg\cos\theta=0$，

又 $f=\mu N$，

联立解得 $\mu=\frac{g\sin\theta-a}{g\cos\theta}\approx0.92$。

[评价活动]

1.为了减少行车过程中因紧急刹车给车里的人带来的伤害，人们设计了安全带。假定某乘客质量为 70 kg，汽车车速为 90 km/h，从踩下刹车到完全停止需要的时间为 5 s，全过程视为匀减速直线运动。安全带对乘客的作用力大小约为(不计人与座椅间的摩擦)　(　　)

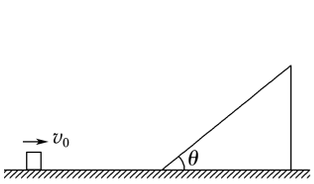
A. 450 N　　B. 400 N

C. 350 N　　D. 300 N

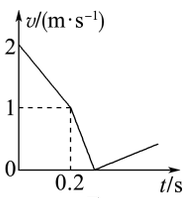
C　**解析**：汽车的速度 $v_0=90\ \mathrm{km/h}=25\ \mathrm{m/s}$，设汽车匀减速的加速度大小为 a，则 $a=\frac{v_0}{t}=5\ \mathrm{m/s^2}$，对乘客应用牛顿第二定律得 $F=ma=70\times5\ \mathrm{N}=350\ \mathrm{N}$，所以 C 正确。

2.如图甲所示，一可视为质点的小物块以初速度 $v_0=2\ \mathrm{m/s}$ 沿水平面向右运动，0.2 s 后滑上足够长、倾

角为 $\theta=37°$ 的固定斜面，斜面底端与水平面平滑连接，小物块的部分速率-时间图像如图乙所示。已知小物块与水平面、斜面间的动摩擦因数相同，重力加速度 g 取 10 m/s²，sin 37°=0.6。求：



甲



乙

(1)小物块与水平面间的动摩擦因数 μ；

(2)小物块返回斜面底端时的速率。

解析：(1)由题图乙可得，小物块在水平面上运动时，加速度大小 $a_1=\dfrac{2-1}{0.2}\ \text{m/s}^2=5\ \text{m/s}^2$，

小物块在水平面上运动时，对其进行受力分析，根据牛顿第二定律有

$\mu mg=ma_1$，

解得动摩擦因数 $\mu=0.5$。

(2)小物块沿斜面上滑时，对其进行受力分析，根据牛顿第二定律有 $mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta=ma_2$，

解得 $a_2=10\ \text{m/s}^2$，

由运动学公式可得 $v^2=2a_2x$，

由题图乙可知 $v=1\ \text{m/s}$，

解得小物块沿斜面上滑的位移为 $x=0.05\ \text{m}$；

小物块沿斜面下滑时，对其进行受力分析，根据牛顿第二定律得

$mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma_3$，

解得小物块沿斜面下滑的加速度大小 $a_3=2\ \text{m/s}^2$，

由运动学公式得 $v'^2=2a_3x$，

解得小物块返回斜面底端时的速率 $v'=\dfrac{\sqrt{5}}{5}\ \text{m/s}$。

答案：(1)0.5　(2)$\dfrac{\sqrt{5}}{5}$ m/s

任务总结

1.从运动情况确定受力的解题步骤

(1)确定研究对象，对物体进行受力分析和运动分析，并画出物体的受力示意图。

(2)选择合适的运动学公式，求出物体的加速度。

(3)根据牛顿第二定律列方程，求出物体所受的合力。

(4)选择合适的力的合成与分解的方法，由合力和已知力求出待求的力。

2.流程图

已知物体运动情况 —由运动学公式→ 求得 a —由 $F=ma$ → 确定物体受力

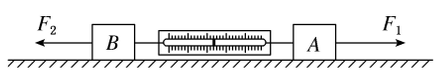
3.从运动情况确定受力的注意事项

(1)由运动学规律求加速度，要特别注意加速度的方向，从而确定合力的方向，不能将速度的方向和加速度的方向混淆。

(2)题目中所求的力可能是合力，也可能是某一特定的力，均要先求出合力的大小、方向，再根据力的合成与分解求分力。

任务三 连接体问题

1.如图所示，质量分别为 $m_1=3\ \text{kg}$、$m_2=2\ \text{kg}$ 的 A、B 两物体置于光滑的水平面上，中间用轻质弹簧测力计连接。两个大小分别为 $F_1=30\ \text{N}$、$F_2=20\ \text{N}$ 的水平拉力分别作用在 A、B 上，则　(　　)



A. 弹簧测力计的示数是 50 N

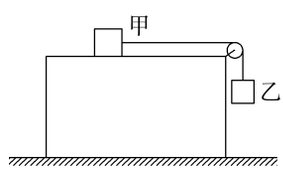
B. 弹簧测力计的示数是 24 N

C. 在突然撤去 F_2 的瞬间，B 的加速度大小为 4 m/s²

D. 在突然撤去 F_2 的瞬间，A 的加速度大小为 10 m/s²

B　**解析**：对两物体和弹簧测力计组成的系统分析，根据牛顿第二定律得整体加速度 $a=\dfrac{F_1-F_2}{m_1+m_2}=2\ \text{m/s}^2$，隔离 B，对 B 进行受力分析，根据牛顿第二定律有 $F-F_2=m_2a$，解得 $F=24\ \text{N}$，即弹簧测力计的示数是 24 N，选项 B 正确，A 错误；在突然撤去 F_2 的瞬间，弹簧的弹力不突变，A 的加速度大小仍为 2 m/s²，B 的加速度大小为 $a_B=\dfrac{F}{m_2}=12\ \text{m/s}^2$，选项 C、D 错误。

2.(2025·安徽卷)如图所示，装有轻质光滑定滑轮的长方体木箱静置在水平地面上，木箱上的物块甲通过不可伸长的水平轻绳绕过定滑轮与物块乙相连。乙拉着甲从静止开始运动，木箱始终保持静止。已知甲、乙的质量均为 1.0 kg，甲与木箱之间的动摩擦因数为 0.5，不计空气阻力，重力加速度 g 取 10 m/s²，则在乙下落的过程中　(　　)



A. 甲对木箱的摩擦力方向向左

B. 地面对木箱的支持力逐渐增大

C. 甲运动的加速度大小为 2.5 m/s²

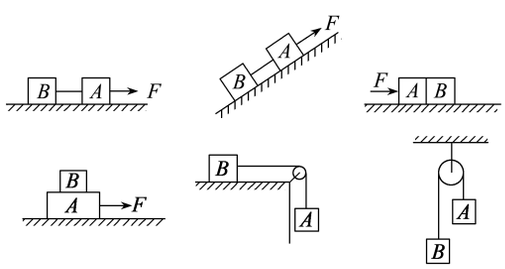
D. 乙受到绳子的拉力大小为 5.0 N

C　**解析**：因为物块甲相对于木箱向右运动，所以木箱对甲的滑动摩擦力方向向左，由牛顿第三定律可知，甲对木箱的摩擦力方向向右，故 A 错误；设乙运动的加速度为 a，只要乙有竖直向下的恒定加速度，对甲、乙和木箱整体，竖直方向满足 $N=M_{总}g-ma$，则地面对木箱的支持力大小不变，故 B 错误；设绳子的弹力大小为 T，对甲受力分析有 $T-\mu mg=ma$，对乙受力分析有 $mg-T=ma$，联立解得 $a=2.5\ \text{m/s}^2$，$T=7.5\ \text{N}$，故 C 正确，D 错误。

任务总结

1.连接体

两个或两个以上相互作用的物体组成的整体叫连接体。如图所示：



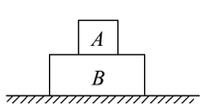
2.处理连接体问题的方法

(1)整体法：把整个系统作为一个研究对象来分析的方法。不必考虑系统内力的影响，只考虑系统受到的外力。

(2)隔离法：把系统中的各个部分(或某一部分)隔离，作为一个单独的研究对象来分析的方法。此时系统的内力就有可能成为该研究对象的外力，在分析时要特别注意。

任务四　动力学中的临界、极值问题

1.(多选)如图所示，A、B 两物块叠在一起静止在光滑水平地面上，物块 A 的质量 $m_A=2\ \text{kg}$，物块 B 的质量 $m_B=3\ \text{kg}$，A 与 B 接触面间的动摩擦因数 $\mu=0.3$。现对 A 或 B 施加一水平外力 F，使 A、B 相对静止并一起沿水平地面运动，取 $g=10\ \text{m/s}^2$，物块受到的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。下列说法正确的是　(　　)



A. 若外力 F 作用于物块 A，则其最小值为 8 N

B. 若外力 F 作用于物块 A，则其最大值为 10 N

C. 若外力 F 作用于物块 B，则其最小值为 13 N

D. 若外力 F 作用于物块 B，则其最大值为 15 N

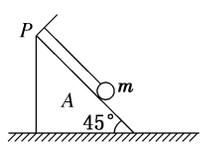
BD　**解析**：物块 A 与物块 B 之间的最大静摩擦力为 $f=\mu m_A g=6\ \text{N}$。F 作用在 A 上时，若物块 A、B 一起沿水平地面运动且相对静止，则最大加速度的大小为 $a_{\text{m}}=\dfrac{f}{m_B}=2\ \text{m/s}^2$，故水平外力的最大值为 $F_{\text{m}}=(m_A+m_B)\cdot a_{\text{m}}=10\ \text{N}$，故 B 正确；$F$ 作用在 B 上时，若物块 A、B 一起沿水平地面运动且相对静止，则最大加速度的大小为 $a'_{\text{m}}=\dfrac{f}{m_A}=3\ \text{m/s}^2$，故水平外力的最大值为 $F'_{\text{m}}=(m_A+m_B)a'_{\text{m}}=15\ \text{N}$，故 D 正确。

2.如图所示，细线的一端固定在倾角为 45°的光滑楔形滑块 A 的顶端 P 处，细线的另一端拴一质量为 m 的小球(重力加速度大小为 g)。

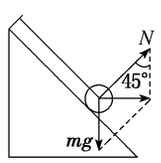
(1)当滑块以多大的加速度向右加速运动时，细线对小球的拉力刚好等于零？

(2)当滑块至少以多大的加速度向左加速运动时，小球对滑块的压力等于零？

(3)当滑块向左的加速度大小为 $2g$ 时，细线中的拉力为多大？



解析：(1)当细线对小球的拉力刚好为零时，小球受重力 mg 和滑块的支持力 N 的作用，如图甲所示：



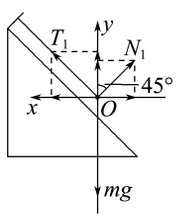
甲

由牛顿第二定律得 $mg\tan 45°=ma$

解得 $a=g$

故当滑块向右加速运动的加速度大小为 g 时，细线对小球的拉力刚好等于零。

(2)假设滑块具有向左的加速度 a_1 时，小球受重力 mg、细线的拉力 T_1 和滑块的支持力 N_1 作用，如图乙所示：



乙

由牛顿第二定律得

在水平方向上有

$T_1\cos 45°-N_1\sin 45°=ma_1$，

在竖直方向上有

$T_1\sin 45°+N_1\cos 45°-mg=0$，

由上述两式解得

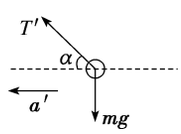
$$N_1=\frac{\sqrt{2}m(g-a_1)}{2},$$

$$T_1=\frac{\sqrt{2}m(g+a_1)}{2},$$

由此两式可以看出，当加速度 a_1 增大时，小球所受的支持力 N_1 减小，细线的拉力 T_1 增大。

当 $a_1=g$ 时，$N_1=0$，此时小球虽与滑块接触但无压力，处于临界状态，这时细线的拉力为 $T_1=\sqrt{2}mg$。所以滑块至少以 $a_1=g$ 的加速度向左加速运动时，小球对滑块的压力等于零。

(3)当滑块向左的加速度大于 g 时，小球将“飘”离滑块而只受细线的拉力和重力的作用，如图丙所示：



丙

此时细线与水平方向间的夹角 $\alpha<45°$，由勾股定理得 $T'=\sqrt{(ma')^2+(mg)^2}=\sqrt{5}mg$。

答案：(1)g　(2)g　(3)$\sqrt{5}mg$

任务总结

1.临界或极值条件的标志

(1)题目中“刚好”“恰好”“正好”等关键词句，明显表明题述的运动过程存在着临界点。

(2)题目中出现“取值范围”“多长时间”“多大距离”等词句，表明题述的运动过程存在着“起止点”，而这些“起止点”一般对应着临界状态。

(3)题目中出现“最大”“最小”“至多”“至少”等词句，表明题述的运动过程存在着极值，这个极值点往往是临界点。

2.常见临界问题的条件

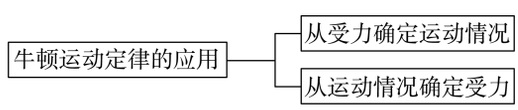
(1)接触与脱离的临界条件：弹力刚好为零，即 $N=0$。

(2)相对滑动的临界条件：静摩擦力达到最大值。

(3)绳子断裂与松弛的临界条件：绳子断裂的临界条件是绳中张力等于它所能承受的最大张力；绳子松弛的临界条件是 $T=0$。

(4)最终速度(收尾速度)的临界条件：物体所受合力为零。

提质归纳

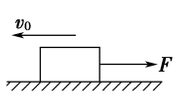


课后素养评价(二十二)

基础性·能力运用

知识点 1　从受力确定运动情况

1.(多选)如图所示，质量为 $m=1$ kg 的物体与水平地面之间的动摩擦因数为0.3，当物体运动的速度为 10 m/s 时，给物体施加一个与速度方向相反的大小为 $F=2$ N 的恒力，在此恒力作用下(取 $g=10$ m/s^2)(　　)



A. 物体经 10 s 速度减为零

B. 物体经 2 s 速度减为零

C. 物体速度减为零后将保持静止

D. 物体速度减为零后将向右运动

BC　**解析**：物体受到向右的恒力 F 和滑动摩擦力的作用，做匀减速直线运动，滑动摩擦力大小为 $f=\mu N=\mu mg=3$ N，故 $a=\frac{F+f}{m}=5$ m/s^2，方向向右，物体减速到零所需时间为 $t=\frac{v_0}{a}=2$ s，故 B 正确，A 错误；减速到零后 $F<f$，物体将保持静止状态，故 C 正确，D 错误。

2.竖直上抛的物体受到的空气阻力 f 大小恒定，物体上升到最高点所需时间为 t_1，从最高点再落回抛出点所需时间为 t_2，上升时加速度大小为 a_1，下降时加速度大小为 a_2，则(　　)

A. $a_1>a_2$，$t_1<t_2$

B. $a_1>a_2$，$t_1>t_2$

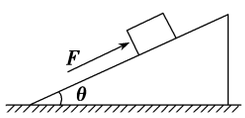
C. $a_1<a_2$，$t_1<t_2$

D. $a_1<a_2$，$t_1>t_2$

A　**解析**：上升过程，由牛顿第二定律得 $mg+f=ma_1$，设上升高度为 h，则 $h=\frac{1}{2}a_1t_1^2$；下降过程，由牛顿第二定律得 $mg-f=ma_2$，$h=\frac{1}{2}a_2t_2^2$，可得 $a_1>a_2$，$t_1<t_2$，A 正确。

知识点 2　从运动情况确定受力

3. 如图所示，质量为 $m=3$ kg 的木块放在倾角 $\theta=30°$ 的足够长的固定斜面上，木块可以沿斜面匀速下滑。若用沿斜面向上的推力 F 作用于木块上，使其由静止开始沿斜面向上加速运动，经过 $t=2$ s 时间木块沿斜面上滑 4 m 的距离，则推力 F 的大小为（取 $g=10$ m/s^2）（　　）

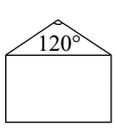


A. 42 N　　B. 6 N

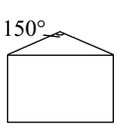
C. 21 N　　D. 36 N

D　**解析**：木块能沿斜面匀速下滑，由平衡条件知 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$；当木块在推力作用下加速上滑时，由运动学公式 $x=\frac{1}{2}at^2$ 得 $a=2$ m/s^2，由牛顿第二定律得 $F-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$，解得 $F=36$ N，D 正确。

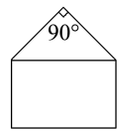
4. 假设雨水在房屋瓦面上的流动可近似看作物体在光滑斜面上由静止开始下滑的运动。假设房屋宽度一定，则为了使雨水尽快流下，下列设计的房屋顶角最合理的是（　　）



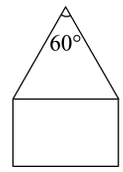
A



B

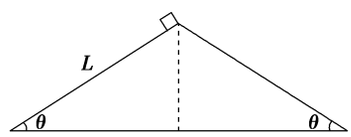


C

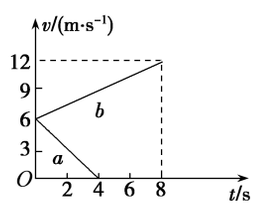


D

C　**解析**：雨水流动的运动模型如图所示，对雨水受力分析，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta=ma$，又由运动学公式得 $L=\frac{1}{2}at^2$，由于各房屋的屋面可以看成同底的斜面，设共同的底宽为 d，则 $L=\frac{d}{2\cos\theta}$，联立解得 $t=\sqrt{\frac{2d}{g\sin 2\theta}}$，所以 $t\propto\sqrt{\frac{1}{\sin 2\theta}}$，故当 $\theta=45°$ 时，t 最短，即房屋的顶角为 90°的最合理。



5. 质量为 0.8 kg 的物体在一水平面上运动，如图所示，图线 a、b 分别表示该物体不受拉力作用和受到水平拉力作用时的 v-t 图像，则拉力和摩擦力之比为（　　）



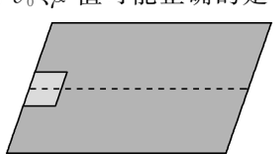
A. 9∶8　　B. 3∶2

C. 2∶1　　D. 4∶3

B　**解析**：由 v-t 图像可知，图线 a 对应水平方向仅受摩擦力的运动，加速度大小 $a_1=1.5$ m/s^2，图线 b 对应同时受水平拉力和摩擦力的运动，加速度大小为 $a_2=0.75$ m/s^2，由牛顿第二定律得 $f=ma_1$，$F-f=ma_2$，联立解得 $F∶f=3∶2$，选项 B 正确。

综合性·创新提升

6. 如图所示，一小物块从长1 m 的水平桌面一端以初速度 v_0 沿中线滑向另一端，经过 1 s 从另一端滑落。物块与桌面间的动摩擦因数为 μ，取 $g=10$ m/s^2。下列 v_0、μ 值可能正确的是（　　）



A. $v_0=2.5$ m/s　　B. $v_0=1.5$ m/s

C. $\mu=0.28$　　D. $\mu=0.25$

B　**解析**：物块沿水平中线做匀减速直线运动，则 $\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0+v}{2}$，由题干知 $x=1$ m，$t=1$ s，$v>0$，代入数据有 $v_0<2$ m/s，故 A 选项不可能，B 选项可能；对物块受力分析有 $a=-\mu g$，$v^2-v_0^2=2ax$，整理有 $v_0^2-2\mu gx>0$，由于 $v_0<2$ m/s，得 $\mu<0.2$，故 C、D 选项不可能。

7. 2025年4月24日17时17分，搭载神舟二十号载人飞船的长征二号F遥二十运载火箭在酒泉卫星发射中心发射。某同学在收看直播时，分别在点火时和点火9 s时截图，如图所示。已知火箭起飞重量为480 t，火箭全长58.34 m，请估算这个阶段火箭受到的平均推力约为（　　）

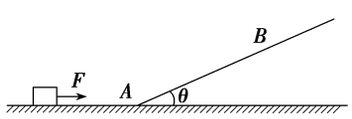


A. 1.0×10^3 N　　B. 5.3×10^3 N

C. 1.0×10^6 N　　D. 5.3×10^6 N

D　**解析**：由题图可知火箭9 s上升约40 m，根据位移—时间公式有 $x=\frac{1}{2}at^2$，解得 $a\approx1$ m/s^2，根据牛顿第二定律有 $F-mg=ma$，解得 $F\approx5.3\times10^6$ N，故选D。

8.（多选）如图所示，质量为 $m=1.0$ kg 的物体在水平力 $F=5$ N 的作用下，以 $v_0=10$ m/s 的速度在水平面上向右匀速运动。倾角为 $\theta=37°$ 的斜面与水平面在 A 点用极小的光滑圆弧相连。物体与水平面、斜面间的动摩擦因数相同，物体到达 A 点后撤去水平力 F，再经过一段时间物体到达最高点 B。取 $g=10$ m/s^2，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，则（　　）



A. A、B 两点间的距离为5 m

B. A、B 两点间的距离为6 m

C. 从 A 点算起，经1 s物体到达最高点

D. 从 A 点算起，经2 s物体到达最高点

AC　**解析**：物体匀速运动时，$F=\mu mg$，解得 $\mu=0.5$，在斜面上上滑的加速度大小 $a=\frac{mg\sin37°+\mu mg\cos37°}{m}=g\sin37°+\mu g\cos37°=10$ m/s^2，则 A、B 两点间的距离为 $x_{AB}=\frac{v_0^2}{2a}=\frac{10^2}{2\times10}$ m$=5$ m，选项A正确，B错误；从 A 点算起，经 $t=\frac{v_0}{a}=\frac{10}{10}$ s$=1$ s物体到达最高点，选项C正确，D错误。

9. 如图所示，无人机是一种能够垂直起降的小型遥控飞行器。在一次训练中，$t=0$ 时，无人机从地面上由静止匀加速竖直向上起飞，$t=4$ s时速度 $v=12$ m/s，此时关闭动力系统，无人机又上升了1 s到达最高点。已知无人机质量 $m=2$ kg，重力加速度 g 取10 m/s^2，设无人机所受阻力大小不变。求：



(1)无人机离地面的最大高度 h；

(2)无人机动力系统提供的恒定升力 F 的大小。

解析：(1)无人机先竖直向上做匀加速直线运动后做匀减速直线运动，匀加速上升的高度为 $h_1=\frac{v}{2}t_1$，

关闭动力系统再上升的高度为 $h_2=\frac{v}{2}t_2$，

无人机离地面的最大高度为 $h=h_1+h_2$，解得 $h=30$ m。

(2)设无人机关闭动力系统前、后的加速度大小分别为 a_1、a_2，则有 $v=a_1t_1$，$0=v-a_2t_2$，

无人机向上加速阶段，根据牛顿第二定律可得

$F-mg-f=ma_1$，

无人机向上减速阶段，根据牛顿第二定律可得

$mg+f=ma_2$，

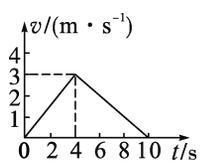
联立解得恒定升力的大小 $F=30$ N。

答案：(1)30 m　(2)30 N

10. 质量为2 kg的物体静止在水平面上，受到水平力 F 作用后开始运动，力 F 作用4 s后撤去，物体在整个运动过程中的速度-时间图像如图所示。取 $g=10$ m/s^2，求：

(1)物体受到的水平力 F 的大小；

(2)物体与水平面间的动摩擦因数。



解析：设力 F 作用时物体的加速度为 a_1，对物体进行受力分析，由牛顿第二定律有

$F-\mu mg=ma_1$，

撤去力 F 后，设物体的加速度为 a_2，由牛顿第二定律有

$-\mu mg=ma_2$，

由题图可得 $a_1=0.75$ m/s^2，$a_2=-0.5$ m/s^2，

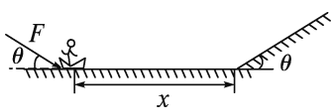
代入解得 $F=2.5$ N，$\mu=0.05$。

答案：(1)2.5 N　(2)0.05

11. 质量为 30 kg 的小孩坐在质量为 10 kg 的雪橇上，雪橇静止在水平地面上，离雪橇前端 $x=7$ m 处有一个倾角 $\theta=37°$的斜坡。有一同伴在雪橇的后方施加 $F=200$ N 的斜向下的推力作用，推力 F 与水平方向的夹角为 $\theta=37°$，推力作用 4 s 后撤去。已知雪橇与水平地面、雪橇与斜坡之间的动摩擦因数 μ 都是 0.25(小孩和雪橇可看成质点，若雪橇能冲上斜坡，则不考虑从水平地面到斜坡的速度损失，取 $g=10$ m/s^2，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$)。问：

(1)撤去推力时，雪橇的速度多大？

(2)雪橇能否冲上斜坡？如果能，请求出雪橇沿斜坡上滑的最大距离；如果不能，请说明理由。



解析：(1)撤去推力前，加速度

$$a_1=\frac{F\cos 37°-\mu(mg+F\sin 37°)}{m}=0.75\ \text{m/s}^2,$$

撤去推力时，速度 $v_1=a_1t_1=3$ m/s。

(2)撤去推力前，位移大小 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=6$ m，

撤去推力后，加速度 $a_2=-\frac{\mu mg}{m}=-2.5\ \text{m/s}^2$，

由 $v_2^2-v_1^2=2a_2(x-x_1)$，解得 $v_2=2$ m/s$\neq 0$，

所以雪橇可以冲上斜坡，在斜坡上雪橇的加速度大小

$$a_3=\frac{mg\sin 37°+\mu mg\cos 37°}{m}=8\ \text{m/s}^2,$$

沿斜坡上滑的最大距离 $x_3=\frac{v_2^2}{2a_3}=0.25$ m。

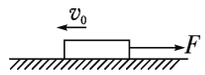
答案：(1)3 m/s　(2)能　0.25 m

12. 如图所示，一个质量为 4 kg 的物体以 $v_0=12$ m/s 的初速度沿着水平地面向左运动，物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.2，物体始终受到一个水平向右、大小为 12 N 的恒力 F 作用(取 $g=10$ m/s^2)。求：

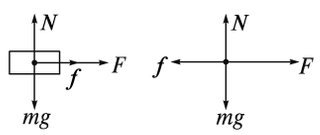
(1)开始时物体的加速度大小和方向；

(2)5 s 末物体受到地面的摩擦力大小和方向；

(3)5 s 末物体的速度大小和方向。



解析：(1)开始时物体受到向右的滑动摩擦力，受力分析如图甲所示，$f=\mu N=\mu mg=8$ N。根据牛顿第二定律得，$F+f=ma$，即 $a=\frac{F+f}{m}=5\ \text{m/s}^2$，方向水平向右。



甲　　乙

(2)物体减速到零所需的时间 $t=\frac{v_0}{a}=\frac{12}{5}$ s$=2.4$ s，由于 $F>f$，故物体速度减为零后改为向右做匀加速运动，2.4 s 后摩擦力仍为滑动摩擦力，大小为 $f=8$ N，方向水平向左。

(3)2.4 s 后物体的受力情况如图乙所示，加速度 $a'=\frac{F-f}{m}=1\ \text{m/s}^2$，方向水平向右。5 s 末的速度 $v=a't'=1\times(5-2.4)$ m/s$=2.6$ m/s，方向水平向右。

答案：(1)5 m/s^2　方向水平向右　(2)8 N　方向水平向左　(3)2.6 m/s　方向水平向右

7　超重与失重

学习任务目标

1. 认识超重和失重现象。(物理观念)

2. 进一步理解超重和失重的实质。(科学思维)

3. 能够联系实际生活，明确超重和失重的意义。(科学态度与责任)

问题式预习

知识点　超重与失重

1.视重和实重

(1)视重:物体对悬挂物的拉力(弹簧测力计的示数 T)或对支持物的压力(台秤示数 N)。

(2)实重:物体所受的重力,始终存在,大小也不会因运动状态的改变而受到影响。

2.超重现象

(1)定义:物体对悬挂物的拉力(或对支持物的压力)大于物体所受重力的现象。

(2)产生条件:物体有竖直向上的加速度。

3.失重现象

(1)定义:物体对悬挂物的拉力(或对支持物的压力)小于物体所受重力的现象。

(2)产生条件:物体有竖直向下的加速度。

(3)完全失重

①定义:物体对悬挂物的拉力(或对支持物的压力)等于零的状态。

②产生条件:物体竖直向下的加速度等于重力加速度。

[科学思维]

我们测量体重时,站在体重计上应保持什么状态?为什么要这样?



提示:测体重时应保持静止状态。因为体重计的示数实际是人对体重计压力的大小,当保持静止状态时,人对体重计的压力大小等于人的重力。

[判一判]

(1)用弹簧测力计测量重力时,其示数一定等于物体的重力大小。　(×)

(2)物体处于超重状态时,重力增大了。　(×)

(3)物体处于超重状态时,可能向下运动。(√)

(4)竖直向上运动的物体一定处于超重状态。(×)

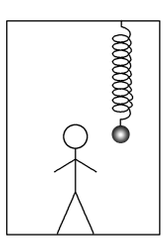
(5)物体在完全失重的条件下,对支持它的支撑面的压力为零。(√)

(6)不论物体处于超重、失重、还是完全失重状态,物体所受重力都是不变的。(√)

任务型课堂

任务一　对超重、失重现象的理解

1.如图所示,轻质弹簧的上端固定在电梯的天花板上,弹簧下端悬挂一个小铁球。在电梯运行时,乘客发现弹簧的伸长量比电梯静止时的伸长量大,这一现象表明(　　)



A. 电梯一定是在上升

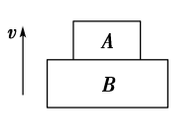
B. 电梯一定是在下降

C. 电梯的加速度方向一定是向下

D. 乘客一定处于超重状态

D　**解析:**乘客发现弹簧的伸长量比电梯静止时的伸长量大,知弹力大于重力,根据牛顿第二定律知,加速度方向向上,可能向上做加速运动,也可能向下做减速运动,故 A、B、C 错误;由于加速度方向向上,知乘客一定处于超重状态,故 D 正确。

2.如图所示,A、B 两物体叠放在一起,以相同的初速度向上抛(不计空气阻力)。下列说法正确的是(　　)



A. 在上升和下降过程中,A 对 B 的压力一定为零

B. 上升过程中,A 对 B 的压力大于 A 物体受到的重力

C. 下降过程中,A 对 B 的压力大于 A 物体受到的重力

D. 在上升和下降过程中，A 对 B 的压力等于 A 物体受到的重力

A　**解析**：以 A、B 作为整体，上升过程只受重力作用，所以系统的加速度为 g，方向竖直向下，故系统处于完全失重状态，A、B 之间无弹力作用，A 正确，B 错误；下降过程，A、B 仍处于完全失重状态，A、B 之间也无弹力作用，C、D 错误。

3. 2024 年 6 月 25 日，“嫦娥六号”返回器重返地球，返回器内装载着采回的月球背面的月壤样本。返回器在火箭发射与飞船回收的过程中会经受超重或失重的考验，则下列说法正确的是　（　）

A. 火箭加速上升时，返回器处于超重状态

B. 飞船落地前减速下落时，返回器处于失重状态

C. 火箭加速上升时，返回器对箭体的压力小于其自身的重力

D. 在返回器绕地球运行时，处于完全失重状态，则其重力消失了

A　**解析**：火箭加速上升时，加速度方向向上，根据牛顿第二定律可知返回器受到的支持力大于其自身的重力，返回器处于超重状态，对箭体的压力大于其自身的重力，选项 A 正确，C 错误；飞船落地前减速下落时，加速度方向向上，根据牛顿第二定律可知返回器受到的支持力大于其自身的重力，返回器处于超重状态，选项 B 错误；返回器处于完全失重状态时，仍然受到重力，选项 D 错误。

4.（多选）对于质量为 m 的物体，下列说法正确的是　（　）

A. 将此物体由北京移至地球北极，其重力增大，是超重现象

B. 将此物体放在车厢内，并使车厢沿水平方向以加速度 a 加速运动，则此物体的重力“增加”了 ma，是超重所致

C. 让此物体沿光滑斜面自由下滑时，必出现失重现象

D. 将此物体置于升降机的地板之上，并使二者以加速度 a 竖直向上加速运动，则此物体出现超重现象，且此时物体对升降机地板的压力比物体的重力大 ma

CD　**解析**：物体由北京移至地球北极，因地理位置的变化而导致物体重力的增加，是“实重”改变，不是超重现象，选项 A 错误；只要具有竖直方向上的加速度分量，就会出现超重或失重现象，物体与车厢沿水平方向以加速度 a 共同运动，不会发生超重现象，更不可能使物体的重力“增加”ma，选项 B 错误；因物体沿光滑斜面自由下滑时，具有沿斜面向下的加速度，而此加速度必然在竖直方向上有向下的分量，故物体沿光滑斜面自由下滑时必出现失重现象，选项 C 正确；物体与升降机共同竖直向上加速运动，必然发生超重现象，设升降机地板对物体的支持力为 F，则由牛顿第二定律得 $F-mg=ma$，即 $F=m(a+g)>mg$，由牛顿第三定律可知，其中“ma”便是由于超重而使物体对升降机地板的压力比物体所受重力“增大”了的数值，选项 D 正确。

任务总结

1. 超重、失重和完全失重的比较

项目	超重	失重	完全失重
产生条件	物体具有竖直向上的加速度	物体具有竖直向下的加速度	物体竖直向下的加速度 $a=g$
运动形式	竖直向上加速运动或竖直向下减速运动	竖直向上减速运动或竖直向下加速运动	如自由落体运动和竖直上抛运动

2. 对超重、失重的三点理解

(1) 发生超重和失重时，物体所受的重力并没有变化。

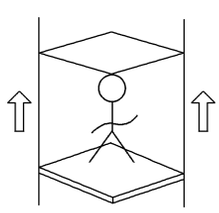
(2) 物体处于超重还是失重状态，只取决于竖直加速度的方向，与物体的运动方向无关。

(3) 在完全失重状态下，由重力引起的现象将消失。例如：液体内的压强、浮力将为零；水银压强计、天平将无法使用；摆钟停摆；弹簧测力计不能测重力等。

任务二　用牛顿运动定律分析超重和失重现象

[探究活动]

如图所示，某人乘坐电梯上楼。



(1) 电梯启动瞬间加速度沿什么方向？人受到的支持力比其重力大还是小？

(2)电梯匀速向上运动时,人受到的支持力比其重力大还是小?

(3)电梯将要到达目的地而减速运动时,加速度沿什么方向?人受到的支持力比其重力大还是小?

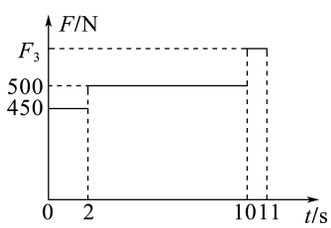
提示:(1)电梯启动瞬间加速度方向向上,人受到的合力方向向上,所以支持力大于重力。

(2)电梯匀速向上运动时,人受到的合力为零,所以支持力等于重力。

(3)减速运动时,因速度方向向上,故加速度方向向下;此时人受到的合力方向向下,所以支持力小于重力。

[**评价活动**]

1.(多选)某同学用台秤研究在电梯中的超重和失重现象。在地面上称得其体重为 500 N,再将台秤移至电梯内称其体重。电梯从 $t=0$ 时由静止开始运动,到 $t=11$ s 时停止,得到台秤的示数 F 随时间 t 变化的情况如图所示(g 取 10 m/s^2)。下列说法正确的是 (　　)



A. 电梯处于下降过程

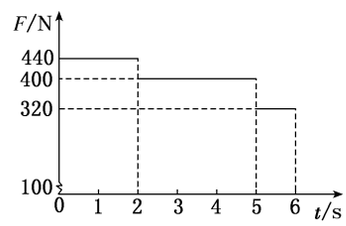
B. 在 10～11 s 电梯的加速度大小为 2 m/s^2

C. $F_3=550$ N

D. 该过程电梯运行的总位移为 19 m

ABD　**解析**:由题图可知,0～2 s 电梯的支持力小于该同学的重力,合力向下,加速度向下,初始为静止,所以 0～2 s 电梯为匀加速下降,2～10 s 支持力等于重力,处于平衡状态,保持 2 s 末的速度做匀速直线运动,10～11 s 支持力大于重力,合力向上,由于之前的速度向下,所以此阶段向下匀减速,选项 A 正确;由题知,$G=500$ N,则该同学的质量 $m=\frac{G}{g}=\frac{500\text{ N}}{10\text{ N/kg}}=50$ kg,匀加速阶段的加速度 $a=\frac{G-F_N}{m}=\frac{500\text{ N}-450\text{ N}}{50\text{ kg}}=1$ m/s^2,2 s 末的速度 $v_2=at_1=2$ m/s,匀加速阶段的位移 $x_1=\frac{1}{2}at_1^2=2$ m,匀速阶段的位移 $x_2=v_2t_2=16$ m,匀减速阶段的时间 $t_3=1$ s,初速度为 2 s 末的速度,末速度等于 0,所以可得匀减速阶段的加速度 $a'=\frac{v_2}{t_3}=2$ m/s^2,根据牛顿第二定律有 $F'_N-G=ma'$,代入计算得此时的支持力 $F'_N=600$ N,即 $F_3=600$ N,此阶段位移 $x_3=\frac{v_2}{2}t_3=1$ m,总位移 $x_1+x_2+x_3=19$ m,C 错误,B、D 正确。

2.一质量为 40 kg 的小孩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0～6 s 体重计示数 F 的变化情况如图所示。在这段时间内电梯上升的高度是多少?(取 $g=10$ m/s^2)



解析:已知小孩的重力为 $mg=400$ N,由题图可知,在0～2 s,体重计的示数大于小孩的重力 mg,故电梯向上做加速运动,加速度向上,设在这段时间内体重计对小孩的支持力为 N_1,电梯及小孩的加速度大小为 a_1,根据牛顿第二定律得

$N_1-mg=ma_1$,

在这段时间内电梯上升的高度 $h_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2$,

在 2～5 s,体重计的示数等于 mg,故电梯向上做匀速运动,速度等于 2 s 时电梯的速度,即 $v_1=a_1t_1$,

在这段时间内电梯上升的高度 $h_2=v_1t_2$,

在 5～6 s,体重计的示数小于 mg,故电梯向上做减速运动,设这段时间内体重计对小孩的支持力为 N_2,电梯及小孩的加速度大小为 a_2,由牛顿第二定律得

$mg-N_2=ma_2$,

在这段时间内电梯上升的高度

$h_3=v_1t_3-\frac{1}{2}a_2t_3^2$,

电梯上升的总高度

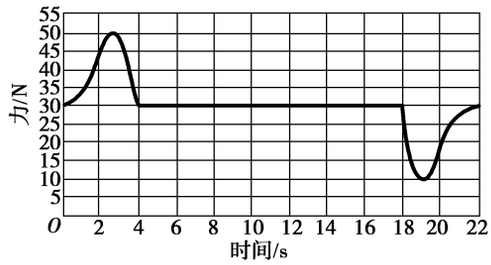
$h=h_1+h_2+h_3$,

代入数据解得 $h=9$ m。

答案:9 m

3.在电梯中,把一重物置于台秤上,台秤与力传感器相连。当电梯从静止起加速上升,然后又匀速运动一段时间,最后停止运动时,传感器的荧屏上显示

出其所受的压力与时间的关系图像如图所示。试由此图像回答问题(取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$):



(1)该物体的重力是多少?电梯在超重和失重时物体的重力是否变化?

(2)电梯在超重和失重时的最大加速度分别是多大?

解析:(1)由题图可知,4～18 s 物体随电梯一起匀速运动,由共点力平衡的条件知,此时压力和重力相等,即$G=30\ \mathrm{N}$;根据超重和失重现象的原理可知物体的重力不变。

(2)超重时,支持力最大为 50 N,由牛顿第二定律得

$a_1=\dfrac{F_{合}}{m}=\dfrac{50-30}{3}\ \mathrm{m/s^2}\approx 6.67\ \mathrm{m/s^2}$,方向竖直向上;

失重时,支持力最小为 10 N,由牛顿第二定律得

$a_2=\dfrac{F'_{合}}{m}=\dfrac{30-10}{3}\ \mathrm{m/s^2}\approx 6.67\ \mathrm{m/s^2}$,方向竖直向下。

答案:(1)30 N　不变　(2)$6.67\ \mathrm{m/s^2}$　$6.67\ \mathrm{m/s^2}$

任务总结

1.解决超重、失重问题的基本方法

(1)明确研究对象,进行受力分析。

(2)判断加速度的方向,并建立合理的坐标轴。

(3)应用牛顿第二定律列出方程。

(4)代入数据求解,必要时进行讨论。

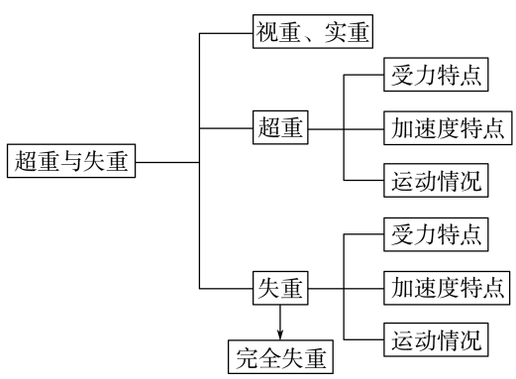
2.通过 F-t 图像分析超重、失重现象的步骤

(1)分析有关超重、失重现象的图像问题时,通过读取图像信息,获取不同阶段物体的受力情况,将物体受到的力(拉力或支持力)与重力大小相比较。

(2)分别构建匀变速直线运动或匀速直线运动模型,利用牛顿第二定律求解不同阶段的加速度。

(3)利用直线运动的规律求解相关的物理量。

▶提质归纳



课后素养评价(二十三)

基础性·能力运用

知识点 1　对超重、失重现象的理解

1.关于超重和失重,下列说法正确的是　(　)

A. 物体处于超重状态时,物体一定在上升

B. 物体处于失重状态时,物体可能在上升

C. 物体处于完全失重状态时,地球对它的引力就消失了

D. 物体在完全失重时,它所受到的合力为零

B　**解析**:物体处于超重状态时,具有向上的加速度,但其运动方向不确定,可能向上加速,也可能向下减速,A 错误;物体处于失重或完全失重状态时,具有向下的加速度,可能向下加速,也可能向上减速,B 正确;完全失重时,物体仍受到地球对它的引力,即受到重力的作用,合力不为零,C、D 错误。

2.关于各项体育比赛中对运动员动作及运动过程的解释,下列说法正确的是　(　)

A. 跳高运动员助跑是为了增加自己的惯性,以便跳得更高

B. 跳马运动员在跃马过程中,做空翻动作时处于平衡状态

C. 跳水运动员在下落过程中,感觉水面在减速上升

D. 蹦床运动员在空中上升和下落过程中都处于失重状态

D　**解析**:惯性只与质量有关,跳高运动员助跑,是为了增大自己的初速度,以便跳得更高,但惯性不

变，选项A错误；跳马运动员在跃马过程中，做空翻动作时受重力作用，不是处于平衡状态，选项B错误；跳水运动员在下落过程中，加速下落，则他感觉水面在加速上升，选项C错误；蹦床运动员在空中上升和下落过程中都只受重力作用，加速度向下，处于失重状态，选项D正确。

知识点2　用牛顿运动定律分析超重和失重现象

3.(2026·云南卷)云南宣威尼珠河大峡谷的“青云电梯”为谷底孩子们上学提供了交通便利。若电梯由静止开始上升260 m，用时100 s，则此过程电梯的平均速度大小及电梯向上加速时乘客所处的状态分别为　　(　　)

A. 2.6 m/s，超重　　B. 0.38 m/s，超重

C. 2.6 m/s，失重　　D. 0.38 m/s，失重

A　**解析**：电梯上升的平均速度 $\bar{v}=\frac{h}{t}=\frac{260\ \text{m}}{100\ \text{s}}=2.6\ \text{m/s}$ 电梯向上加速时，乘客具有向上的加速度，支持力大于重力，处于超重状态，故A正确，B、C、D错误。

4.2026年5月9日，2026年全国蹦床冠军赛在昆明市开赛，来自全国13支代表队的295名运动员齐聚春城。如图为某运动员训练时的示意图。关于蹦床运动员在比赛时的运动状态，下列说法正确的是　　(　　)



A. 运动员从离开蹦床到最高点的过程中，处于失重状态

B. 运动员从最高点到落到蹦床的过程中，处于超重状态

C. 运动员从落到蹦床到最低点的过程中，先超重后失重

D. 运动员从最低点到离开蹦床的过程中，先失重后超重

A　**解析**：运动员从离开蹦床到最高点的过程中，加速度方向向下，处于失重状态，故A正确；运动员从最高点到落到蹦床的过程中，加速度方向向下，处于失重状态，故B错误；运动员从落到蹦床到最低点的过程中，一开始弹力小于重力，先向下加速，之后弹力大于重力，向下减速，所以加速度方向先向下后向上，即先失重后超重，故C错误；运动员从最低点到离开蹦床的过程中，一开始弹力大于重力，先向上加速，之后弹力小于重力，向上减速，所以加速度方向先向上后向下，即先超重后失重，故D错误。

综合性·创新提升

5.(多选)“天宫二号”绕地球运动时，里面所有物体都处于完全失重状态，则在其中可以完成的实验是　　(　　)

A. 用水银温度计测量温度

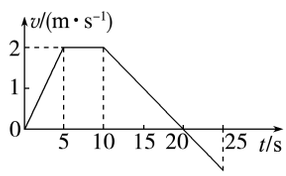
B. 做托里拆利实验

C. 验证阿基米德原理

D. 用两个弹簧测力计验证牛顿第三定律

AD　**解析**：物体处于完全失重状态，与重力有关的一切物理现象都消失了。托里拆利实验用到了水银的压强，由于 $p=\rho gh$ 与重力加速度 g 有关，故该实验不能完成；阿基米德原理中的浮力 $F=\rho gV_{排}$ 也与重力加速度 g 有关，故该实验也不能完成；用水银温度计测量温度利用了液体的热胀冷缩原理，用弹簧测力计测拉力与重力无关。故A、D正确。

6.某同学站在电梯内的水平地板上，利用速度传感器研究电梯的升降过程。取竖直向上为正方向，电梯在某一段时间内速度的变化情况如图所示。根据图像提供的信息，下列说法正确的是　　(　　)



A. 在0～5 s，电梯加速上升，该同学处于失重状态

B. 在5～10 s，该同学对电梯地板的压力小于其重力

C. 在10～20 s，电梯减速上升，该同学处于超重状态

D. 在20～25 s，电梯加速下降，该同学处于失重状态

D　**解析**：在0～5 s，电梯加速上升，加速度方向向上，该同学处于超重状态，故A错误；在5～10 s，电梯加速度为零，该同学对电梯地板的压力大小等于其重力，故B错误；在10～20 s，电梯减速上升，加速度方向向下，该同学处于失重状态，故C错误；在20～25 s，电梯加速下降，加速度方向向下，该同学处于失重状态，故D正确。

7.（2025·浙江1月选考）中国运动员以121公斤的成绩获得2024年世界举重锦标赛抓举金牌，举起杠铃稳定时的状态如图所示。下列说法正确的是（　　）



A. 双臂夹角越大，受力越小

B. 杠铃对每只手臂的作用力大小均为605 N

C. 杠铃对手臂的压力和手臂对杠铃的支持力是一对平衡力

D. 在加速举起杠铃的过程中，地面对人的支持力大于人与杠铃的总重力

D　**解析**：双臂所受杠铃作用力的合力的大小等于杠铃的重力大小，每只手臂所施加的力在竖直方向的分力等于杠铃重力的一半，即$F=\frac{G}{2\cos\theta}$，θ为手臂与竖直方向的夹角，双臂夹角越大，θ越大，F越大，故A错误；杠铃的重力为$G=mg=121\times10$ N$=1\,210$ N，手臂与水平的杠杆之间有夹角，设手臂与竖直方向的夹角为θ，根据平衡条件可知$2F\cos\theta=G$，又因为$\cos\theta<1$，所以杠铃对手臂的作用力$F>\frac{G}{2}=\frac{1\,210}{2}$ N$=605$ N，故B错误；杠铃对手臂的压力和手臂对杠铃的支持力是一对相互作用力，故C错误；在加速举起杠铃的过程中，人和杠铃组成的系统加速度向上，系统处于超重状态，因此地面对人的支持力大于人与杠铃的总重力，故D正确。

8.为了观察超重和失重现象，质量为50 kg的人站在电梯内的体重计上，如图所示。取重力加速度$g=10$ m/s^2，求电梯处于下列运动状态时体重计的示数（该体重计示数单位为N）。

（1）电梯匀速上升；

（2）电梯以0.8 m/s^{2}的加速度匀加速上升；

（3）电梯以0.8 m/s^{2}的加速度匀减速上升。



解析：（1）电梯匀速上升时，加速度为0，体重计的示数为

$F_1=mg=500$ N。

（2）电梯以0.8 m/s^{2}的加速度匀加速上升时，由牛顿第二定律可得$F_2-mg=ma_2$，

代入数据解得$F_2=540$ N。

（3）电梯以0.8 m/s^{2}的加速度匀减速上升时，由牛顿第二定律可得$mg-F_3=ma_3$，

代入数据解得$F_3=460$ N。

答案：（1）500 N　（2）540 N　（3）460 N

单元活动构建

单元活动4　牛顿第二定律综合应用

「单元任务」

任务内容	
任务一	图像问题
任务二	传送带问题
任务三	滑块—木板模型问题

「任务引导」

材料1：人人都知道雨滴不会砸死人，但很少有人知道雨滴为什么不会砸伤人。从理论上讲，一个从高空坠落的物体，是否能够对人造成伤害，取决于这个物体下落的速度。如果雨滴下落过程中只受重力，速度肯定越来越大，但是雨滴除了受到重力外，还受到空气阻力。阻力大小与速度有关，速度越大，阻力越大。随着雨滴速度的增大，阻力逐渐增大，最终阻力与重力实现了平衡，于是雨滴下落的速度便不会再继续增大，而雨滴此时的速度就称为“收尾速度”。

材料2：皮带输送机被广泛用于输送货物，输送的量及输送距离的远近可在生产时定制，以满足各种输送需求如图甲、乙所示。皮带输送机的装卸角度跟选择的输送带类型、输送的速度、货物与输送带间的动摩擦因数等有很大关系，但一般不得大于30°。如果大于30°，货物容易滑落，尤其是不带棱角的圆滑物料，更容易滚落下来。也有一种皮带输送机名叫大倾角皮带输送机，它的角度可以超过30°，主要原因是在皮带上加了格挡，防止物料滚落下来。



甲



乙

从雨滴到货物的装卸，从生产到生活的方方面面，很多问题的解决都要用到牛顿第二定律。学好该定律可以解决很多实际问题，说不定你还可以有大的发明创造呢。

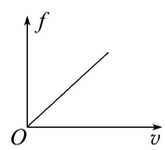
任务一　图像问题

活动1　某同学研究雨滴下落的规律时查阅资料，了解到较大的雨滴是从大约1 000 m的高空形成并下落的。雨滴间无相互作用且雨滴质量不变，取$g=10\ \mathrm{m/s^2}$。若忽略空气阻力的影响，请你估算雨滴落地时的速度大小。

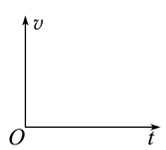
提示：忽略空气阻力的影响，雨滴下落的运动为自由落体运动，由运动学公式$v^2=2gh$，可得

$v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times1\ 000}\ \mathrm{m/s}=100\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$。

活动2　通过查阅资料可知：①雨滴由于受空气阻力的影响，实际到达地面附近时的速度已趋于稳定（即收尾速度），其数值大约为4 m/s；②雨滴运动过程中所受空气阻力f的大小与速度v的关系如图甲所示。(1)请在图乙中定性画出雨滴下落过程中的v-t图像；(2)求当雨滴的速度为1 m/s时加速度的大小。



甲

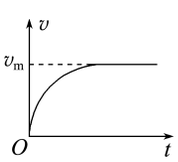


乙

提示：(1)由f-v图像可知f大小与速度v成正比，设比例系数为k，则表达式为$f=kv$，

由牛顿第二定律有$mg-kv=ma$，

故雨滴加速下降，随着速度的增大，加速度大小逐渐减小，当加速度减为0时，速度达到最大，此后做匀速直线运动，v-t图像如图所示。



(2)收尾速度即雨滴的最大速度$v_{\mathrm{m}}=4\ \mathrm{m/s}$，此时加速度为零，有$mg=kv_{\mathrm{m}}$，

当$v_1=1\ \mathrm{m/s}$时，由牛顿第二定律得

$mg-kv_1=ma_1$，

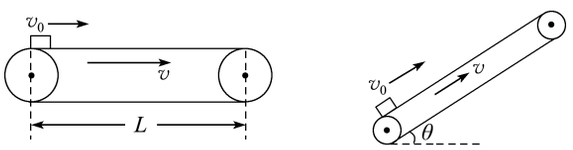
联立可得$a_1=7.5\ \mathrm{m/s^2}$。

活动 3　通过查阅资料可知：雨滴的收尾速度 $v_m=\sqrt{\frac{4\pi\rho g}{3k}r}$，$r$ 是雨滴半径，ρ 是雨滴的密度，k 是比例系数。一般情况下，小雨和暴雨的雨滴落地时速度有何不同？试说明该自然现象产生的原因。

提示：一般情况下暴雨雨滴落地时速度要比小雨雨滴落地时速度大。雨滴收尾速度 $v_m=\sqrt{\frac{4\pi\rho g}{3k}r}$ 与半径有关，暴雨的雨滴体积大，因此收尾速度也大。

任务二　传送带问题

活动　如图甲、乙所示，滑块在传送带上运动。



甲　　乙

(1)如何判断滑块在传送带上所受摩擦力的方向？

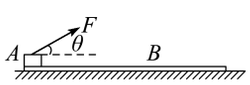
(2)滑块相对地面的位移与滑块相对传送带的位移、传送带相对地面的位移之间有什么关系？

提示：(1)通过滑块相对传送带的运动方向或运动趋势方向判断。

(2)滑块相对地面的位移等于滑块相对传送带的位移和传送带相对地面的位移之和。

任务三　滑块—木板模型问题

活动　如图所示，滑块在木板上运动。



(1)滑块与木板恰好不发生相对滑动的条件是什么？

(2)滑块恰好不滑离木板的条件是什么？

提示：(1)滑块与木板间的摩擦力为最大静摩擦力，且二者加速度相同。

(2)滑块运动到木板的另一端时，滑块与木板的速度相等。

「知识链接」

1.动力学中的图像问题

(1)几种常见的图像：v-t 图像、a-t 图像、F-t 图像、a-F 图像等。

(2)两类问题

①已知物体的运动图像或受力图像，分析有关受力或运动的问题。

②已知物体的受力或运动情况，判断、选择、描绘相关的图像。

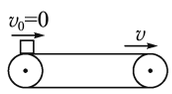
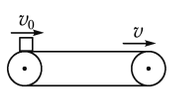
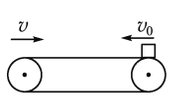
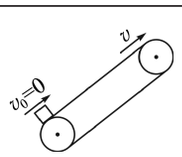
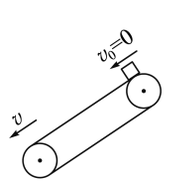
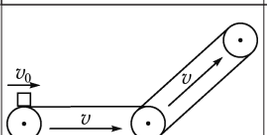
(3)图像问题的分析思路

①分析图像问题时，首先明确图像的种类及其意义，再明确图线的点、线段、斜率、截距、交点、拐点、面积等方面的物理意义。

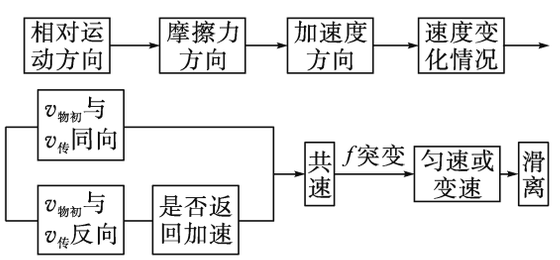
②根据牛顿运动定律及运动学公式建立相关方程解题。

2.传送带模型的分析方法和思路

(1)常见传送带模型的类型

类型	图示	滑块运动情况
水平传送带		(1)可能一直加速。 (2)可能先加速后匀速
		(1)$v_0>v$ 时，可能一直减速，也可能先减速再匀速。 (2)$v_0<v$ 时，可能一直加速，也可能先加速再匀速
		(1)传送带较短时，滑块一直减速到达左端。 (2)传送带较长时，滑块先向左运动再回到右端
倾斜传送带		(1)可能一直加速。 (2)可能先加速后匀速
		(1)可能一直加速。 (2)可能先加速后匀速。 (3)可能先以 a_1 加速再以 a_2 加速
组合传送带		运动情况较复杂，根据具体的受力情况分析运动情况

(2)传送带模型分析流程



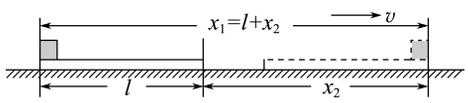
3.滑块—木板模型问题

(1)模型特点

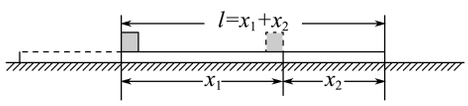
滑块(可视为质点)置于木板上,滑块和木板均相对地面运动,且滑块和木板间存在摩擦力的相互作用并发生相对滑动。

(2)位移关系

滑块由木板一端运动到另一端的过程中,如图甲所示,滑块和木板同向运动时,位移之差 $\Delta x=x_1-x_2=l$(或 $\Delta x=x_2-x_1=l$);如图乙所示,滑块和木板反向运动时,位移之和 $\Delta x=x_2+x_1=l$。

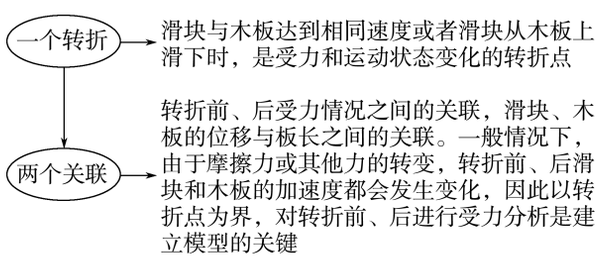


甲

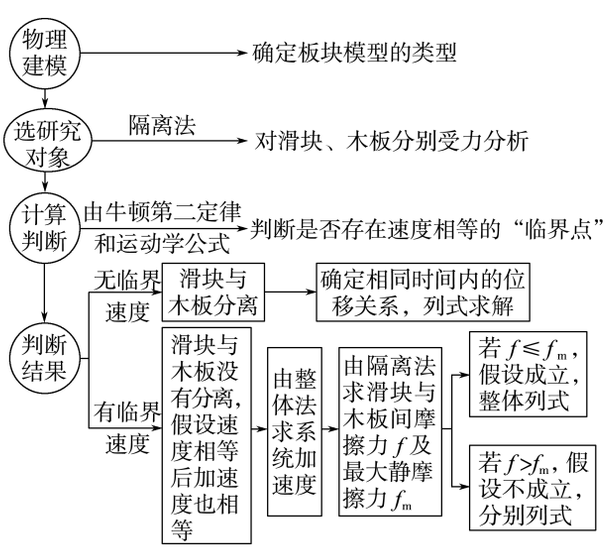


乙

(3)分析滑块-木板模型时要抓住一个转折和两个关联



(4)解决滑块-木板模型中速度临界问题的思路



(5)求解“滑块-木板”类问题的方法技巧

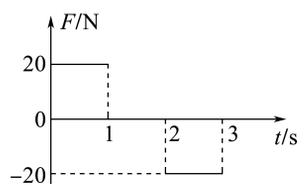
①弄清各物体初态时彼此间的相对运动(或相对运动趋势)和各自相对地面的运动,根据相对运动(或相对运动趋势)情况,确定物体间的摩擦力方向。

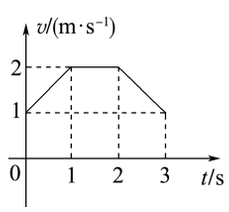
②准确地对各物体进行受力分析,并根据牛顿第二定律确定各物体的加速度,结合加速度和速度的方向关系确定物体的运动情况。

③速度相等是这类问题的临界点,此时往往意味着物体间的相对位移最大,物体的受力和运动情况可能发生突变。

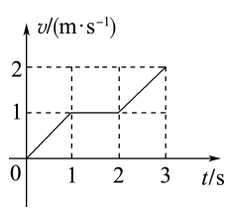
「活动达标」

1.(2025·陕西卷)某智能物流系统中,质量为 20 kg 的分拣机器人沿水平直线轨道运动,受到的合力沿轨道方向,合力 F 随时间 t 的变化如图所示,则下列图像可能正确的是 (　　)

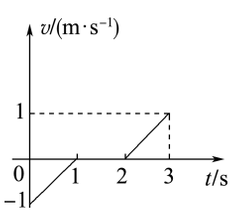




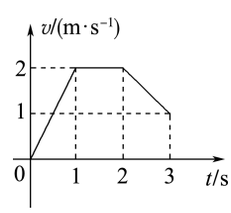
A



B

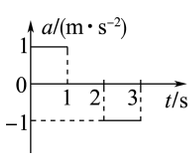


C



D

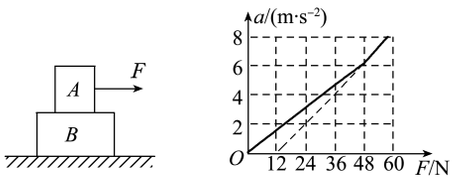
A　**解析**:根据牛顿第二定律和题图的 F-t 图像作出如图所示的 a-t 图像:



可知机器人在 0～1 s 和 2～3 s 的加速度大小均为 1 m/s^2,方向相反,由 v-t 图线的斜率表示加速度可知,A 正确。

2.(多选)如图甲所示,在光滑水平面上叠放着 A、B 两物体。现对 A 施加水平向右的拉力 F,通过传感器可测得 A 的加速度 a 随拉力 F 变化的关系如图乙所示。取 $g=10$ m/s^2,由图线可知 (　　)

A. A 的质量 $m_A=2$ kg



甲　　乙

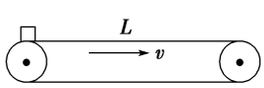
B. A 的质量 $m_A=6$ kg

C. A、B 间的动摩擦因数 $\mu=0.2$

D. A、B 间的动摩擦因数 $\mu=0.6$

BC　**解析**：由题图乙可以看出图线在(48,6)点出现了转折，说明当 F 达到 48 N 之后 A、B 发生了相对运动，当力 $F<48$ N 时加速度较小，A、B 相对静止；当力$F<48$ N 时采用整体法，由牛顿第二定律有 $F=(m_A+m_B)a$，则 $a=\dfrac{F}{m_A+m_B}$，根据题图乙可知 $m_A+m_B=8$ kg；当$F>48$ N 时，A 的加速度较大，A、B 相对滑动，对 A 采用隔离法，由牛顿第二定律有 $F-\mu m_Ag=m_Aa'$，则 $a'=\dfrac{F}{m_A}-\mu g$，根据题图乙可知 $m_A=6$ kg，$\mu g=2$ m/s^2，得 $\mu=0.2$，A、D 错误，B、C 正确。

3.（多选）如图所示，传送带的水平部分长为 L，传动速率为 v，在其左端无初速度释放一小木块，若木块与传送带间的动摩擦因数为 μ，则木块从左端运动到右端的时间可能是　　(　　)

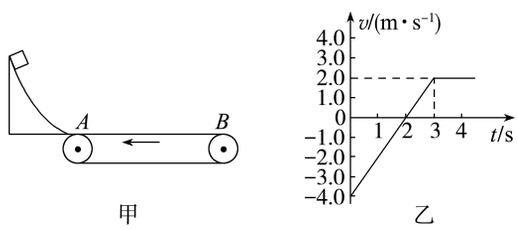


A. $\dfrac{L}{v}+\dfrac{v}{2\mu g}$　　B. $\dfrac{L}{v}$

C. $\sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}}$　　D. $\dfrac{2L}{v}$

ACD　**解析**：因木块运动到右端的过程不同，对应的时间也不同，若一直匀加速至右端，则 $L=\dfrac{1}{2}\mu gt^2$，可得 $t=\sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}}$，C 正确；若一直加速，到右端时的速度恰好与传送带速度 v 相等，则 $L=\dfrac{0+v}{2}t$，可得 $t=\dfrac{2L}{v}$，D 正确；若先匀加速到传送带速度 v，再匀速到右端，则 $\dfrac{v^2}{2\mu g}+v\left(t-\dfrac{v}{\mu g}\right)=L$，可得 $t=\dfrac{L}{v}+\dfrac{v}{2\mu g}$，A 正确；木块不可能一直匀速至右端，B 错误。

4.（多选）如图甲所示的水平传送带 AB 逆时针匀速转动，一物块沿曲面从一定高度处由静止开始下滑，以某一初速度从传送带左端滑上传送带，传送带上的速度传感器记录下了物块速度随时间的变化关系，如图乙所示（取向左为正方向，以物块刚滑上传送带时为计时起点）。已知传送带的速度保持不变，取 $g=10$ m/s^2。关于物块与传送带间的动摩擦因数 μ 及物块滑上传送带后第一次回到传送带左端的时间 t，下列计算结果正确的是　　(　　)



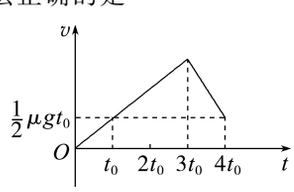
甲　　乙

A. $\mu=0.4$　　B. $\mu=0.2$

C. $t=4.5$ s　　D. $t=3$ s

BC　**解析**：由题图乙可得，物块做匀变速运动的加速度大小为 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=2.0$ m/s^2，由牛顿第二定律得 $f=ma=\mu mg$，则可得物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，A 错误，B 正确；在 v-t 图像中，图线与 t 轴所围面积表示物块的位移，则物块经减速、反向加速到与传送带相对静止，最后匀速运动回到传送带左端的过程中，物块的位移为零，由题图乙可得 $-\dfrac{1}{2}\times4\times2$ m$+\dfrac{1}{2}\times1\times2$ m$+2$ m/s$\cdot t'=0$，解得 $t'=1.5$ s，物块在传送带上运动的总时间为$t=3$ s$+1.5$ s$=4.5$ s，C 正确，D 错误。

5.（2024·吉林卷）（多选）一足够长的木板置于水平地面上，二者间的动摩擦因数为 μ。$t=0$ 时，木板在水平恒力作用下，由静止开始向右运动。某时刻，一小物块以与木板等大、反向的速度从右端滑上木板。已知 $t=0$ 到 $t=4t_0$ 的时间内，木板速度 v 随时间 t 变化的图像如图所示，其中 g 为重力加速度大小。$t=4t_0$ 时刻，小物块和木板的速度相同。下列说法正确的是　　(　　)



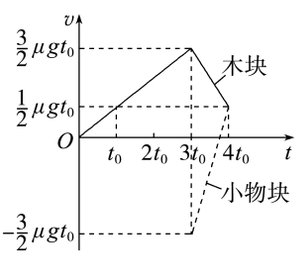
A. 小物块在 $t=3t_0$ 时刻滑上木板

B. 小物块和木板间的动摩擦因数为 2μ

C. 小物块与木板的质量之比为 3∶4

D. $t=4t_0$ 之后小物块和木板一起做匀速运动

ABD **解析**：木板的 $v-t$ 图线在 $t=3t_0$ 时刻开始偏折，说明此时小物块滑上木板，A 正确；由题图可知，$0\sim3t_0$，木板的加速度 $a_{板}=\frac{1}{2}\mu g$，$t=3t_0$ 时刻的速度 $v_{板}=\frac{3}{2}\mu g t_0$，$3t_0\sim4t_0$，$a'_{板}=\mu g$，小物块的加速度 $a_{块}=2\mu g$，根据牛顿第二定律，有 $\mu' m_{块}g=m_{块}a_{块}$，可得小物块和木板之间的动摩擦因数 $\mu'=2\mu$，B 正确；根据牛顿第二定律，$0\sim t_0$，有 $F-\mu m_{板}g=m_{板}a_{板}$，$3t_0\sim4t_0$，有 $\mu' m_{块}g+\mu(m_{板}+m_{块})g-F=m_{板}a'_{板}$，解得 $F=\frac{3}{2}\mu m_{板}g$，$m_{板}=2m_{块}$，C 错误；$t=4t_0$ 时刻，物块与木板速度相同，此时地面对木板的摩擦力 $f'=\mu(m_{板}+m_{块})g=\frac{3}{2}\mu m_{板}g=F$，所以 $t=4t_0$ 时刻之后小物块和木板一起做匀速运动，D 正确。

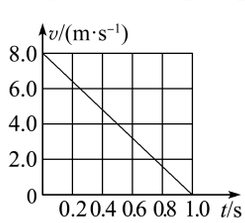


6. 一质量 $m=2.0$ kg 的小物块以一定的初速度冲上一倾角 $\theta=37°$ 且足够长的斜面。现在用传感器测出了小物块从底端运动至最高点过程中多个时刻的瞬时速度，画出小物块上滑过程中速度 v 随时间 t 的变化图像，如图所示。取 $\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，$g=10$ m/s²，最大静摩擦力可认为等于滑动摩擦力。

(1)求小物块冲上斜面上滑的加速度大小 a；

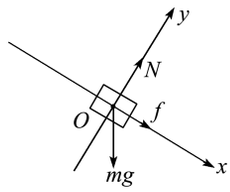
(2)求小物块与斜面间的动摩擦因数；

(3)通过计算分析说明小物块能否返回出发点。



解析：(1)由题图可知小物块冲上斜面上滑的加速度为 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=-8$ m/s²，则小物块冲上斜面上滑的加速度大小为 8 m/s²。

(2)对小物块进行受力分析，如图所示：



根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37°+f=ma$，

又 $N=mg\cos 37°$，$f=\mu N$，联立解得 $\mu=0.25$。

(3)当小物块运动到最高点时，速度为零，对小物块进行受力分析，受到竖直向下的重力、沿斜面向上的摩擦力、垂直斜面向上的支持力。重力沿斜面向下的分力为

$G_1=mg\sin 37°=12$ N，

小物块受到的最大静摩擦力为

$f_{静max}=\mu N=\mu mg\cos 37°=4$ N，

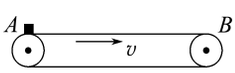
因为重力沿斜面向下的分力大于小物块受到的最大静摩擦力，所以小物块向下做匀加速直线运动，最终小物块能返回出发点。

答案：(1)8 m/s²　(2)0.25　(3)见解析

7. 如图所示为一水平传送带装置示意图，A、B 为传送带的左、右端点，AB 长 $l=2$ m，初始时传送带处于静止状态。当质量 $m=2$ kg 的煤块(可视为质点)轻放在传送带上 A 点时，传送带立即启动，启动过程可视为做加速度 $a=2$ m/s² 的匀加速运动，传送带加速结束后立即做匀速运动。已知煤块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力(取 $g=10$ m/s²)。

(1)如果煤块以最短时间到达 B 点，煤块到达 B 点时的速度大小是多少？

(2)上述情况下煤块运动到 B 点的过程中在传送带上留下的痕迹至少有多长？



解析：(1)为了使煤块以最短时间到达 B 点，煤块从 A 点到 B 点一直做匀加速运动，有 $\mu mg=ma_1$，

解得 $a_1=1$ m/s²，

由 $v_B^2=2a_1 l$，

解得 $v_B=2$ m/s。

(2)传送带加速结束时的速度 $v=v_B=2$ m/s 时，煤块在传送带上留下的痕迹最短，煤块运动时间 $t=\frac{v_B}{a_1}=2$ s，

传送带加速过程中有 $v_B=at_1$，

解得 $t_1=1$ s，

传送带加速过程中的位移 $x_1=\frac{1}{2}at_1^2=1$ m，

传送带匀速运动的时间，

$t_2=t-t_1=1$ s，

位移 $x_2=v_Bt_2=2$ m，

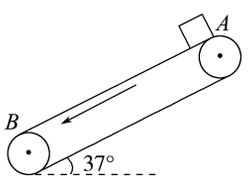
故痕迹最小长度为 $\Delta x=x_1+x_2-l=1$ m。

答案：(1)2 m/s　(2)1 m

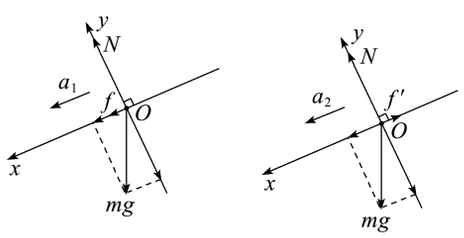
8. 如图所示，传送带与水平地面的夹角 $\theta=37°$，从 A 到 B 长度为 $l=10.25$ m，传送带以 $v_0=10$ m/s 的速率逆时针匀速转动。在传送带上端 A 处无初速度地释放一个质量为 $m=0.5$ kg 的可视为质点的黑色煤块，它与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu=0.5$。煤块在传送带上经过会留下黑色痕迹。取 $g=10$ m/s^2，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$。求：

(1)煤块从 A 运动到 B 所用的时间；

(2)煤块从 A 运动到 B 的过程中，传送带上煤块留下的痕迹长度。



解析：(1)煤块刚放上传送带时，受到向下的摩擦力，受力如图甲所示：



甲　　乙

其加速度为 $a_1=g(\sin\theta+\mu\cos\theta)=10$ m/s^2，

经过 t_1，煤块速度与传送带相同，有 $t_1=\dfrac{v_0}{a_1}=1$ s，

此时煤块的位移 $x_1=\dfrac{1}{2}a_1t_1^2=5$ m$<l$，

即煤块下滑 5 m 后与传送带共速，达到 v_0 后，由于 $\mu<\tan 37°$，则 $\mu mg\cos\theta<mg\sin\theta$，煤块仍将加速下滑，受到向上的摩擦力，受力如图乙所示，煤块的加速度

$a_2=g(\sin\theta-\mu\cos\theta)=2$ m/s^2，

$x_2=l-x_1=5.25$ m，

$x_2=v_0t_2+\dfrac{1}{2}a_2t_2^2$，

联立解得 $t_2=0.5$ s(另一解不合题意，舍去)

则煤块从 A 运动到 B 所用的时间为 $t=t_1+t_2=1.5$ s。

(2)第一阶段痕迹长度为 $\Delta x_1=v_0t_1-x_1=5$ m，

第二阶段痕迹长度为 $\Delta x_2=x_2-v_0t_2=0.25$ m，

Δx_1 与 Δx_2 部分重合，故痕迹总长度为 5 m。

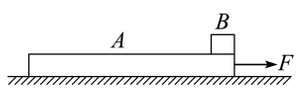
答案：(1)1.5 s　(2)5 m

9. 如图所示，质量 $M=2.0$ kg 的长木板 A 放在光滑水平面上，质量 $m=0.5$ kg 的滑块 B 放在长木板 A 的最右端，滑块与长木板间的动摩擦因数 $\mu=0.3$，设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等。

(1)长木板 A 在外力作用下以加速度 $a_1=1.2$ m/s^2 向右加速运动时，求滑块 B 所受的摩擦力大小与方向。

(2)要使滑块 B 脱离长木板 A，至少要用多大的水平力拉长木板？

(3)若长木板 A 长 $L=2$ m，在 $F=9.5$ N 的水平拉力的作用下由静止开始运动，滑块 B 滑离长木板 A 需多长时间？



解析：(1)对 B 分析，根据牛顿第二定律得

$\mu mg=ma$，

解得 A、B 保持相对静止的最大加速度

$a=\mu g=0.3\times10$ m/s$^2=3$ m/s$^2>a_1$，

可知长木板 A 在外力作用下以加速度 $a_1=1.2$ m/s^2 向右加速运动时，A、B 仍保持相对静止，根据牛顿第二定律得 $f=ma_1=0.5\times1.2$ N$=0.6$ N，方向水平向右。

(2)A、B 发生相对滑动的临界加速度 $a=3$ m/s^2，对整体分析 $F=(M+m)a=(2.0+0.5)\times3$ N$=7.5$ N。

(3)当拉力 $F=9.5$ N 时，A、B 发生相对滑动，此时滑块 B 的加速度 $a_B=\mu g=3$ m/s^2，

长木板 A 的加速度

$a_A=\dfrac{F-\mu mg}{M}=\dfrac{9.5-0.3\times0.5\times10}{2}$ m/s$^2=4$ m/s^2，

滑块 B 滑离长木板 A 的过程有 $\dfrac{1}{2}a_At^2-\dfrac{1}{2}a_Bt^2=L$，

代入数据解得 $t=2$ s。

答案：(1)0.6 N　方向水平向右　(2)7.5 N

(3)2 s

章末质量评估(四) 牛顿运动定律

(时间:75分钟 分值:100分)

一、单项选择题:本题共7小题,每小题4分,共28分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是最符合题目要求的。

1.对下列现象解释正确的是 ( )

A. 在一定拉力作用下,车沿水平方向前进,所以力是使物体运动的原因

B. 向上抛出的物体由于惯性向上运动,之后惯性变小,速度越来越小

C. 质量大的物体运动状态不容易改变是由于物体的质量大,惯性也大

D. 高速行驶的汽车由于速度大,所以惯性大,很难停下来

C **解析**:力不是使物体运动的原因,物体不受力时也可以做匀速直线运动,选项A错误;向上抛出的物体由于惯性向上运动,又由于受到重力的作用,速度越来越小,而物体的惯性只与质量有关,质量不变,惯性不变,选项B错误;惯性大小的唯一量度是质量,惯性越大,运动状态越难改变,与速度大小无关,选项C正确,D错误。

2.下列各组单位,属于国际单位制中基本单位的是 ( )

A. J、kg、s B. m/s^2、m、kg

C. m、kg、s D. m、kg、N

C **解析**:力学的国际基本单位是kg、m、s,因此C选项正确。

3.用30 N的水平外力F,拉一静止在光滑水平面上的质量为20 kg的物体,作用3 s后撤去力F,则第5 s末物体的速度和加速度大小分别是 ( )

A. $v=4.5$ m/s,$a=1.5$ m/s^2

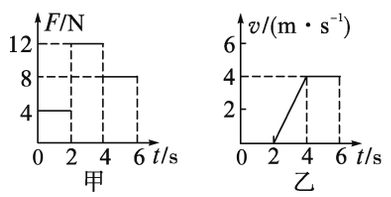
B. $v=7.5$ m/s,$a=1.5$ m/s^2

C. $v=4.5$ m/s,$a=0$

D. $v=7.5$ m/s,$a=0$

C **解析**:力F作用时,加速度$a_1=\frac{F}{m}=\frac{30}{20}$ $m/s^2=1.5$ m/s^2,3 s时速度$v=a_1t=1.5\times3$ m/s$=4.5$ m/s。因为水平面光滑,撤去力F后,物体做匀速直线运动,所以第5 s末物体的速度大小为4.5 m/s,加速度$a=0$。

4.一个物块在粗糙水平面上受到的水平拉力F随时间t变化的图像如图甲所示,速度v随时间t变化的图像如图乙所示,取$g=10$ m/s^2。由图中数据可求得物块的质量m和物块与水平面间的动摩擦因数μ,则下列几组数据正确的是 ( )



A. $m=1$ kg,$\mu=0.4$

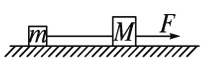
B. $m=1$ kg,$\mu=0.1$

C. $m=2$ kg,$\mu=0.2$

D. $m=2$ kg,$\mu=0.4$

D **解析**:4 s以后物块做匀速直线运动,则摩擦力等于拉力大小,即$f=8$ N。由题图乙知2~4 s物块做匀加速直线运动的加速度$a=2$ m/s^2,根据牛顿第二定律得$F-f=ma$,又$f=\mu mg$,联立解得$\mu=0.4$,$m=2$ kg。故D正确。

5.如图所示,置于水平地面上相同材料且质量分别为m和M的两物体间用细绳相连,在质量为M的物体上施加一水平恒力F,使两物体做匀加速直线运动。下列对两物体间绳上的拉力说法正确的是 ( )



A. 地面光滑时,绳子拉力的大小为$\frac{mF}{M}$

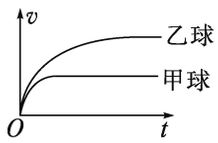
B. 地面不光滑时,绳子拉力的大小为$\frac{mF}{M+m}$

C. 地面不光滑时,绳子拉力大于$\frac{mF}{M+m}$

D. 地面光滑时,绳子拉力小于$\frac{mF}{M+m}$

B **解析**:若地面光滑,整体的加速度$a=\frac{F}{M+m}$,对质量为m的物体分析,根据牛顿第二定律得$T=ma$,解得$T=\frac{mF}{M+m}$;若地面不光滑,整体的加速度$a=\frac{F-\mu(M+m)g}{M+m}$,对质量为$m$的物体分析,根据牛顿第二定律得$T-\mu mg=ma$,解得$T=\frac{mF}{M+m}$,故B正确。

6.甲、乙两球从同一高度同时由静止释放，下落时受到的空气阻力 f 与球的速率 v 成正比，即 $f=kv(k>0)$，且两球所受空气阻力的比例系数 k 相等，如图所示为两球下落时的 v-t 图像。若甲球与乙球的质量分别为 m_1 与 m_2，则　　（　　）



A. $m_2>m_1$，且甲球先抵达地面

B. $m_2>m_1$，且乙球先抵达地面

C. $m_2<m_1$，且甲球先抵达地面

D. $m_2<m_1$，且乙球先抵达地面

B　**解析**：由题图知甲、乙两球匀速运动的速率关系为 $v_乙>v_甲$，由平衡条件得 $m_1g=kv_甲$，$m_2g=kv_乙$，联立得 $m_2>m_1$；两者位移相等时，即图线与时间轴围成的面积相等时，乙球的运动时间短，即乙球先抵达地面。故 A、C、D 错误，B 正确。

7.一根弹簧的下端挂一重物，上端用手牵引使重物向下做匀速直线运动，某时刻手突然停止，重物远未落地。从手突然停止到重物下降到最低点的过程中，重物的加速度将　　（　　）

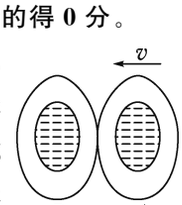
A. 逐渐减小　　B. 逐渐增大

C. 先减小后增大　　D. 先增大后减小

B　**解析**：匀速运动过程，弹簧对重物的弹力与重力二力平衡；手突然停止运动后，重物由于惯性继续下降，弹簧的伸长量变大，弹力增大，而重物受到的合力为 $F=kx-mg$，故重力与弹力的合力变大，根据牛顿第二定律可知，重物的加速度变大，故 B 正确。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8.有人做过这样一个实验：如图所示，把生鸡蛋 A 快速向另一个完全一样的静止的生鸡蛋 B 撞去（用同一部位撞击），结果每次都是被撞击的鸡蛋 B 被撞破。下面说法正确的是　　（　ACD　）



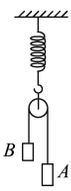
A. 鸡蛋 A 对 B 的作用力的大小等于鸡蛋 B 对 A 的作用力的大小

B. 鸡蛋 A 对 B 的作用力的大小大于鸡蛋 B 对 A 的作用力的大小

C. 鸡蛋 A 碰撞瞬间，其内部蛋黄和蛋白由于惯性会对鸡蛋 A 的蛋壳产生向前的作用力

D. 鸡蛋 A 碰撞部位除受到鸡蛋 B 对它的作用力外，还受到鸡蛋 A 中蛋黄和蛋白对它的作用力，所以所受合力较小

9.如图所示，弹簧下端悬挂一滑轮，跨过滑轮的细线两端系有 A、B 两重物，$m_B=2$ kg。不计细线、滑轮质量及摩擦力，则在 A、B 两重物运动的过程中，弹簧的弹力可能为（取 $g=10$ m/s^2）　　（　　）

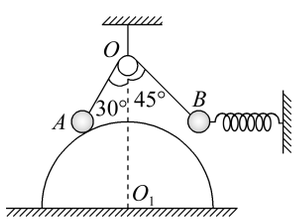


A. 40 N　　B. 60 N

C. 80 N　　D. 100 N

AB　**解析**：当 $m_B>m_A$ 时，重物 B 向下做加速运动，处于失重状态，细线的拉力 $T<m_Bg$，弹簧的弹力为 $F=2T<2m_Bg=40$ N；当 $m_B=m_A$ 时，弹簧的弹力为 $F=2T=2m_Bg=40$ N；当 $m_B<m_A$ 时，重物 B 向上做加速运动，处于超重状态，细线的拉力 $T>m_Bg$，两重物的加速度大小 $a<g$，根据牛顿第二定律得 $T-m_Bg=m_Ba$，知细线的拉力 $T=m_Bg+m_Ba<2m_Bg$，所以弹簧的弹力为 $F=2T<4m_Bg=80$ N。故 A、B 正确，C、D 错误。

10.如图所示，小球 A 置于固定在水平面上的光滑半圆柱体（O_1 为其横截面的圆心）上，小球 B 用水平轻质弹簧拉着，弹簧固定在竖直板上。小球 A、B 通过光滑滑轮用轻质细线相连，两球均处于静止状态。已知小球 B 的质量为 m，O 点（滑轮顶点）在半圆柱体圆心 O_1 的正上方，OA 与竖直方向成 30°角，OB 与竖直方向成 45°角。小球 A、B 均可视为质点，OA 的长度与半圆柱体的半径相等，重力加速度大小为 g。下列说法正确的是　　（　　）



A. 小球 A 的质量为 $\sqrt{6}m$

B. 小球 A 对半圆柱体的压力大小为 $\sqrt{6}mg$

C. 剪断细线瞬间，小球 A 的加速度大小为 $\frac{1}{2}g$

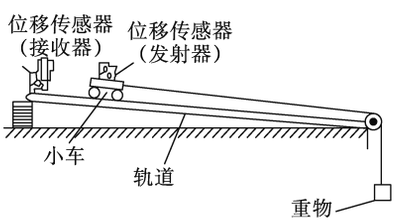
D. 剪断细线瞬间，小球 B 的加速度大小为 0

AC　**解析**：对小球 B 进行受力分析，有 $F_{线}\cos 45°=mg$，$F_{线}\sin 45°=F_{弹}$，解得 $F_{线}=\sqrt{2}mg$，$F_{弹}=mg$，对小球 A 进行受力分析，其受到的重力、半圆柱体的支持力、细线的拉力构成的矢量三角形恰与

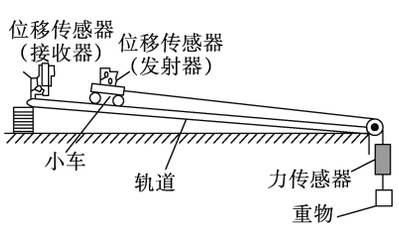
$\triangle OO_1A$ 相似，有$\frac{m_Ag}{OO_1}=\frac{F_{线}}{OA}=\frac{F_N}{O_1A}$，结合题图中的几何关系解得 $m_A=\sqrt{6}m$，$F_N=\sqrt{2}mg$，故 A 正确，B 错误；剪断细线瞬间，小球 A 将沿半圆柱体的切线方向运动，有 $m_Ag\sin 30°=m_Aa_A$，解得 $a_A=\frac{1}{2}g$，故 C 正确；剪断细线瞬间，小球 B 受到的重力和弹簧弹力保持不变，因此小球 B 的加速度大小为 $a_B=\frac{F_{线}}{m}=\sqrt{2}g$，故 D 错误。故选 A、C。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13～15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11.(8 分)在用 DIS(数字信息采集系统)研究小车加速度与外力的关系时，某实验小组所用实验装置如图甲所示，重物通过滑轮用细线拉小车，位移传感器(发射器)随小车一起沿倾斜轨道运动，位移传感器(接收器)固定在轨道一端。实验中把重物的重力作为拉力 F，改变重物重力重复实验四次，列表记录四组数据。

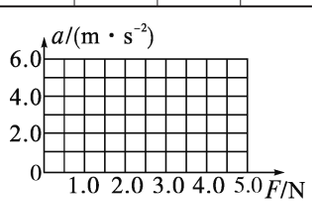


甲



乙

$a/(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$	2.01	2.98	4.02	6.00
F/N	1.00	2.00	3.00	5.00



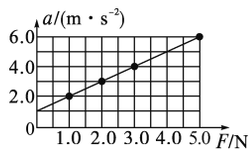
丙

(1)在图丙中作出小车加速度 a 和拉力 F 的关系图线。

(2)从所得图线分析该实验小组在操作过程中的不当之处是_____。

(3)如果实验时，在小车和重物之间接一个不计质量的微型力传感器来测量绳子的拉力大小，如图乙所示，_____(选填“需要”或“不需要”)满足小车质量 M 远大于重物的质量 m。

解析：(1)根据所给数据，画出小车加速度 a 和拉力 F 的关系图线如图所示。

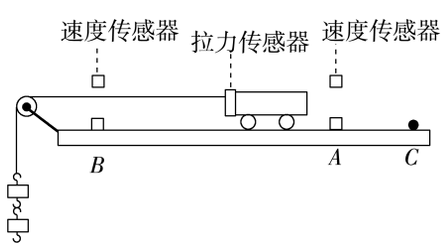


(2)由图像可知，当小车所受的拉力为零时，已经产生了加速度，故在操作过程中轨道倾角过大，平衡摩擦力过度。

(3)如果实验时，在小车和重物之间接一个不计质量的微型力传感器来测量绳子的拉力大小，传感器的示数即为绳子的拉力大小，则不需要满足小车质量 M 远大于重物的质量 m。

答案：(1)见解析图　(2)平衡摩擦力过度　(3)不需要

12.(8 分)如图所示为用拉力传感器(能测量拉力的仪器)和速度传感器(能测量瞬时速度的仪器)探究“加速度与物体受力的关系”的实验装置。用拉力传感器记录小车受到的拉力大小，在长木板上相距 $L=48.0\ \mathrm{cm}$ 的 A、B 两点各安装一个速度传感器，分别记录小车到达 A、B 时的速率。



(1)实验主要步骤如下：

①将拉力传感器固定在小车上。

②平衡阻力，让小车在不受拉力时做_____运动。

③把细线的一端固定在拉力传感器上，另一端通过定滑轮与钩码相连；为保证细线的拉力不变，必须调节滑轮的高度使_____。

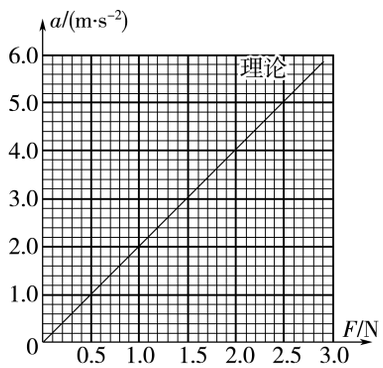
④接通电源后自 C 点释放小车，小车在细线的拉动下运动，记录细线拉力 F 的大小及小车分别到达 A、B 点时的速率 v_A、v_B。

⑤改变所挂钩码的数量，重复④的操作。

(2)下表中记录了实验测得的几组数据，$v_B^2-v_A^2$ 是两个速度传感器记录速度的平方差，则加速度的表达式 $a=$_____。请将表中第 4 次的实验数据填写完整(结果保留 3 位有效数字)：

次数	F/N	$v_B^2-v_A^2$/(m²·s⁻²)	a/(m·s⁻²)
1	0.60	0.77	0.80
2	1.04	1.61	1.68
3	1.42	2.34	2.44
4	2.62	4.65	
5	3.00	5.49	5.72

(3)根据表中数据，在坐标纸上作出 a-F 关系图线。

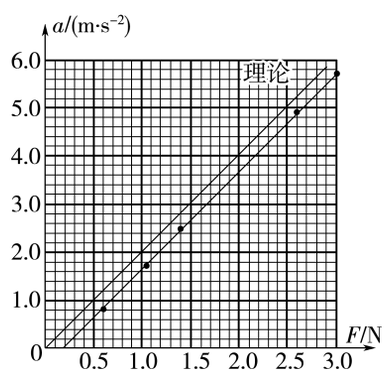


(4)对比实验结果与理论计算得到的关系图线(图中已画出理论图线)，造成上述偏差的原因除了拉力传感器读数可能偏大外，还可能是_____。

解析：(1)②平衡阻力完成的依据是小车在不受拉力作用时恰好做匀速直线运动。③为保证细线的拉力不变，细线必须与长木板平行。

(2)由匀变速直线运动速度与位移的关系 $v_B^2-v_A^2=2aL$，可得 $a=\dfrac{v_B^2-v_A^2}{2L}$。将 $v_B^2-v_A^2=4.65\ \text{m}^2/\text{s}^2$，$L=0.48\ \text{m}$ 代入后可得 $a\approx4.84\ \text{m/s}^2$。

(3)如图所示：



(4)由作出的 a-F 图像可知，当拉力 F 已经大于 0 时，小车的加速度仍然为 0，故可能的原因是没有完全平衡阻力。

答案：(1)②匀速直线　③细线与长木板平行

(2)$\dfrac{v_B^2-v_A^2}{2L}$　4.84　(3)见解析图　(4)没有完全平衡阻力

13.(12 分)在滑板比赛中，已知运动员连同装备的质量 $m=60\ \text{kg}$，滑上路肩时的初速度 $v_0=5\ \text{m/s}$。在 0～2 s 向下匀加速滑过 $x=17\ \text{m}$、倾角为 $\theta=25°$ 的斜坡路肩。取 $g=10\ \text{m/s}^2$，$\sin 25°=0.42$。求：

(1)运动员的加速度大小；

(2)运动员受到的阻力大小(包括空气阻力和摩擦阻力)。

解析：(1)运动员做匀加速直线运动，由 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$，

代入数据得 $a=3.5\ \text{m/s}^2$。

(2)根据牛顿第二定律，运动员沿斜坡路肩方向有 $mg\sin\theta-F_{阻}=ma$，

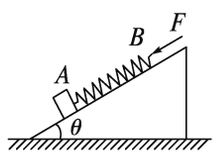
代入数据得 $F_{阻}=42\ \text{N}$。

答案：(1)3.5 m/s²　(2)42 N

14.(12 分)如图所示，倾角为 $\theta=30°$ 的固定斜面上有一质量 $m=1\ \text{kg}$ 的物体，物体连有一原长 $l_0=40\ \text{cm}$ 的轻质弹簧，在弹簧 B 端给弹簧一沿斜面向下的推力 F，使物体沿斜面向下以加速度 $a_1=1\ \text{m/s}^2$ 做匀加速直线运动，此时弹簧长度 $l_1=30\ \text{cm}$。已知物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu=\dfrac{\sqrt{3}}{2}$，弹簧始终平行于斜面，取 $g=10\ \text{m/s}^2$。(弹簧始终在弹性限度内)

(1)求推力 F 的大小和弹簧的劲度系数 k；

(2)若撤去推力 F，在弹簧 B 端加一沿斜面向上的拉力使物体沿斜面向上做加速度为 $a_2=2.2\ \text{m/s}^2$ 的匀加速直线运动，求弹簧的长度 l_2。



解析：(1)对物体受力分析，由牛顿第二定律可得 $F+mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma_1$，

又 $F=k\Delta l_1$，

$\Delta l_1=l_0-l_1$，

联立解得 $F=3.5\ \text{N}$，$k=35\ \text{N/m}$。

(2)物体向上运动的过程中,由牛顿第二定律可得

$F_1-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma_2$,

且 $F_1=k\Delta l_2$,

$l_2=l_0+\Delta l_2$,

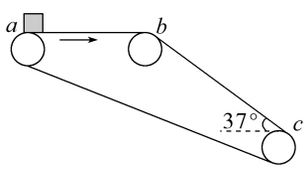
联立解得 $l_2=82$ cm。

答案:(1)3.5 N　35 N/m　(2)82 cm

15.(14 分)如图所示,传送带的水平部分 ab 长度 $L_1=6.4$ m,倾斜部分 bc 长度 $L_2=12.8$ m,bc 与水平方向的夹角为 $\theta=37°$。传送带沿图示顺时针方向匀速运动,速率 $v=10$ m/s。现将质量 $m=1$ kg 的小煤块(视为质点)静止轻放到 a 处,之后它将被传送到 c 点。已知小煤块与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.5$,且此过程中小煤块不会脱离传送带,取重力加速度大小 $g=10$ m/s^2。求:

(1)煤块经过 b 点时的速度大小 v_b;

(2)煤块从 b 运动到 c 的时间 t。



解析:(1)根据牛顿第二定律,在水平传送带上

$\mu mg=ma_1$,

解得 $a_1=5$ m/s^2,

根据 $v_b^2=2a_1L_1$,解得 $v_b=8$ m/s。

(2)根据牛顿第二定律,在倾斜传送带上

$mg\sin 37°+\mu mg\cos 37°=ma_2$,

解得 $a_2=10$ m/s^2,

根据 $v=v_b+a_2t_1$,解得 $t_1=0.2$ s,

所以 $s=\dfrac{v_b+v}{2}t_1=1.8$ m,

煤块与倾斜传送带共速后

$mg\sin 37°-\mu mg\cos 37°=ma_3$,

解得 $a_3=2$ m/s^2,

根据 $L_2-s=vt_2+\dfrac{1}{2}a_3t_2^2$,

解得 $t_2=1$ s;$t_2'=-11$ s(舍去),所以 $t=t_1+t_2=1.2$ s。

答案:(1)8 m/s　(2)1.2 s

综合质量评估(一)

(时间:75 分钟　分值:100 分)

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 4 分,共 28 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是最符合题目要求的。

1.某市举行 500 m 直道龙舟大赛,下列说法正确的是(　　)

A. 获得第一名的龙舟到达终点时的速度一定最大

B. 以龙舟为参考系,岸上站立的观众是静止的

C. 以龙舟为参考系,龙舟上的队员是静止的

D. 研究队员的划桨动作时,可将队员看成质点

C　**解析**:获得第一名的龙舟平均速度一定最大,但到达终点时的速度不一定最大,故 A 错误;以龙舟为参考系,岸上站立的观众是运动的,龙舟上的队员是静止的,故 B 错误,C 正确;研究队员的划桨动作时,队员的大小和形状不能忽略,故此时不可将队员看成质点,故 D 错误。

2."电动平衡车"是一种热门的代步工具。人笔直地站在"电动平衡车"上,在某水平地面上沿直线匀速前进,只考虑车轮与地面之间的摩擦力。下列说法正确的是(　　)

A. "电动平衡车"对人的作用力大于人对"电动平衡车"的作用力

B. "电动平衡车"对人的摩擦力水平向前

C. "电动平衡车"对人的作用力竖直向上

D. 在行驶过程中,"电动平衡车"突然向右转弯时,人会因为惯性向右倾斜

C　**解析**:"电动平衡车"对人的作用力和人对"电动平衡车"的作用力是相互作用力,大小相等,A 错误;人匀速运动,则"电动平衡车"对人无摩擦力,B 错误;人在竖直方向上受力平衡,水平方向上不受力,则"电动平衡车"对人的作用力竖直向上,C 正确;在行驶过程中"电动平衡车"突然向右转弯时,人会因为惯性向左倾斜,D 错误。

3.关于惯性,以下说法正确的是(　　)

A. 人在走路时没有惯性,被绊倒时才有惯性

B. 百米赛跑到达终点时不能立即停下来,是由于具有惯性,停下来后也就没有惯性了

C. 物体在不受外力作用时有惯性,受到外力作用后惯性就被克服了

D. 物体的惯性与物体的运动状态及受力情况均无关

D　**解析**:惯性是物体的固有属性,与物体的运动状态和受力情况均无关,只由物体的质量决定,故选项 D 正确。

4.一小球沿斜面匀加速直线下滑,依次经过 A、B、C 三点。已知 $AB=6$ m,$BC=10$ m,小球经过 AB 和 BC 两段所用的时间均为 2 s,则小球经过 A、B、C 三点时的速度大小分别是(　　)

A. 2 m/s,3 m/s,4 m/s

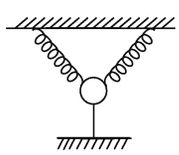
B. 2 m/s,4 m/s,6 m/s

C. 3 m/s,4 m/s,5 m/s

D. 3 m/s,5 m/s,7 m/s

B　**解析**:由题意可知 B 点是 AC 段的中间时刻的位置,AB、BC 是相邻的相等时间段,所以 $v_B=\frac{x_{AC}}{t_{AC}}=4$ m/s,又根据 $\Delta x=x_{BC}-x_{AB}=aT^2$,可得 $a=1$ m/s^2,进一步由 $v=v_0+at$ 可得 $v_A=2$ m/s,$v_C=6$ m/s,选项 B 正确。

5.如图所示,两根完全相同的轻质弹簧下端挂一个质量为 m 的小球,小球与地面由一竖直细线相连,系统平衡。已知两轻质弹簧之间的夹角是 120°,且轻质弹簧产生的弹力均为 $3mg$,则剪断细线的瞬间,小球的加速度是(重力加速度为 g)(　　)



A. $a=3g$,方向竖直向上

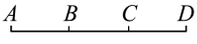
B. $a=3g$,方向竖直向下

C. $a=2g$,方向竖直向上

D. $a=2g$,方向竖直向下

C　**解析**:两轻质弹簧弹力的合力大小为 $3mg$,方向竖直向上,剪断细线的瞬间,小球所受合力大小为 $2mg$,方向竖直向上,由牛顿第二定律得其加速度大小 $a=2g$,方向竖直向上,选项 C 正确。

6.如图所示,把物体初速度为零的匀加速直线运动的总位移分成等长的 AB、BC、CD 三段,A 点速度为零,则下列说法正确的是(　　)



A. $v_B:v_C:v_D=1:\sqrt{2}:\sqrt{5}$

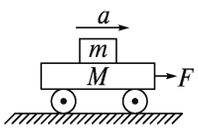
B. $v_B:v_C:v_D=1:2:3$

C. AB、BC、CD 三段的平均速度之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$

D. AB、BC、CD 三段的平均速度之比为 $1:(1+\sqrt{2}):(\sqrt{2}+\sqrt{3})$

D　**解析**：根据 $v=\sqrt{2ax}$，可知 $v_B:v_C:v_D=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$，选项 A、B 错误；这三段位移的平均速度之比为 $\frac{0+v_B}{2}:\frac{v_B+v_C}{2}:\frac{v_C+v_D}{2}=1:(1+\sqrt{2}):(\sqrt{2}+\sqrt{3})$，选项 C 错误，D 正确。

7. 如图所示，在光滑地面上，水平外力拉动小车和木块一起做无相对滑动的加速运动。小车质量是 M，木块质量是 m，外力大小是 F，木块和小车之间的动摩擦因数是 μ，则在这个过程中，木块受到的摩擦力大小是　（　　）



A. μmg　　B. $\frac{mF}{M+m}$

C. $\mu(M+m)g$　　D. $\frac{MF}{M+m}$

B　**解析**：对小车和木块组成的整体，由牛顿第二定律得 $F=(M+m)a$，对木块有 $f=ma$，联立解得 $f=\frac{mF}{M+m}$，故 B 正确。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

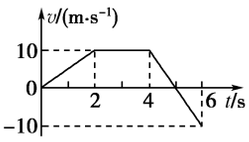
8. 冰壶比赛的冰道表面覆盖着特制的微小颗粒，比赛时运动员常在冰壶滑行的前方用冰刷快速擦刷冰面，使冰壶滑得更远。设冰壶与冰面间的动摩擦因数为 μ，受到的滑动摩擦力为 f，则冰道被擦刷后　（　　）

A. μ 和 f 都增大　　B. μ 和 f 都减小

C. 冰壶加速运动　　D. 冰壶减速运动

BD　**解析**：用冰刷刷冰，使冰壶和冰之间形成一层水膜，由于水的出现使冰壶与冰面分开，使冰壶滑得更远，说明 减小了动摩擦因数，进而减小了冰壶与冰面之间的摩擦力，故 A 错误，B 正确；冰壶水平方向上受到摩擦力的作用，故冰壶做减速运动，C 错误，D 正确。

9. 一个物体自 $t=0$ 时开始做直线运动，其 v-t 图像如图所示。下列选项正确的是　（　　）



A. 在 0～6 s，物体离出发点最远为 30 m

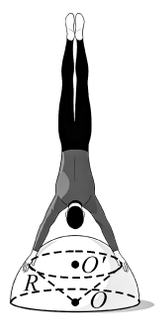
B. 在 0～6 s，物体经过的路程为 40 m

C. 在 0～4 s，物体的平均速率为 7.5 m/s

D. 在 5～6 s，物体的速度逐渐减小

BC　**解析**：在 v-t 图像中，纵坐标的正负表示物体运动的方向，由题图知在 $t=5$ s 时，物体开始反向加速，物体离出发点的距离开始减小，即在 $t=5$ s 时物体离出发点最远，而 v-t 图线与时间轴所围的面积表示物体的位移大小，故可求出最远距离为 35 m，路程为 40 m，A 错误，B 正确；由题图知 0～4 s，物体通过的位移为 30 m，故此时间段内物体的平均速率 $\overline{v}=\frac{x}{t}=7.5$ m/s，C 正确；由于 5～6 s 物体从静止开始反向做匀加速运动，其速度增大，D 错误。

10.（2026·四川卷）如图所示，球心为 O、半径为 R 的半球体固定于水平地面，质量为 m 的杂技演员依靠双手支撑竖直倒立在球面上。双手对球面压力的作用点的连线是与地面平行、圆心为 O' 的小圆的直径，压力大小均为 N 且不超过 $\frac{3}{5}mg$（g 为重力加速度的大小）。手与球面间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$，最大静摩擦力与滑动摩擦力大小视为相等。设 OO' 长为 h，则　（　　）



A. $h=\frac{R}{2}$ 时，演员保持平衡状态，N 的大小可能为 $\frac{3}{5}mg$

B. $h=\frac{R}{2}$ 时，演员可以通过增大 N 往上移动

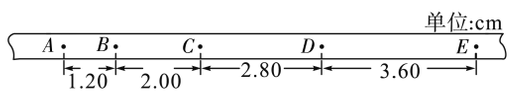
C. $h<\frac{\sqrt{3}}{4}R$ 时，演员不可能保持平衡状态

D. 演员要保持平衡状态，N 的最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{4}mg$

AD　**解析**：设双手触点与球心的连线同竖直方向的夹角为 θ，由几何关系可知 $\cos\theta=\frac{h}{R}$，演员受力平衡，受到竖直方向的重力、两个大小为 N 的弹力以及两个大小相等的摩擦力 f，设摩擦力方向沿球面切线向上，根据平衡条件有 $2(N\cos\theta+f\sin\theta)=mg$；当摩擦力达到最大静摩擦力 $f_{max}=\mu N=\frac{\sqrt{3}}{3}N$ 时，维持平衡所需的弹力 N 取得最小值，代入平衡方程可得 $N_{min}=\frac{mg}{2\left(\cos\theta+\frac{\sqrt{3}}{3}\sin\theta\right)}$，利用辅助角公式化简得 $N_{min}=\frac{\sqrt{3}mg}{4\sin(\theta+60°)}$。当 $h=\frac{R}{2}$ 时，$\cos\theta=\frac{1}{2}$，即 $\theta=60°$，此时 $N_{min}=\frac{\sqrt{3}mg}{4\sin 120°}=0.5mg$，由于 $0.5mg\leqslant\frac{3}{5}mg$（满足题干约束条件），故该状态下能够保持平衡，且 N 的大小可以为 $\frac{3}{5}mg$（此时实际所需摩擦力小于能提供的最大静摩擦力），故 A 正确；当 $h=\frac{R}{2}$（即 $\theta=60°$）时，若演员想要往上移动，其双手必须有相对球面向上滑动的趋势，此时摩擦力方向必定沿球面切线反向向下，该状态下半球体对演员所能提供的最大竖直向上的合力 $F_y=2(N\cos 60°-\mu N\sin 60°)$，代入 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$，计算可得 $f_y=2N(\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{3}}{3}\times\frac{\sqrt{3}}{2})=0$，即无论如何增大 N，竖直向上的支持力最多只能为零，演员不仅无法克服重力向上移动，反而会瞬间滑落，故 B 错误；由 A 选项推导可知，演员保持平衡所需满足的条件为存在合适的支持力，即 $N_{min}\leqslant\frac{3}{5}mg$，将极值表达式代入得 $\frac{\sqrt{3}mg}{4\sin(\theta+60°)}\leqslant\frac{3}{5}mg$，化简得 $\sin(\theta+60°)\geqslant\frac{5\sqrt{3}}{12}$，当 $h=\frac{\sqrt{3}}{4}R$ 时，$\cos\theta=\frac{\sqrt{3}}{4}$，$\sin\theta=\frac{\sqrt{13}}{4}$，因 $\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}>\frac{\sqrt{3}}{4}$，即 $\theta>30°$，此时 $\sin(\theta+60°)=\sin\theta\cos 60°+\cos\theta\sin 60°=\frac{\sqrt{13}+3}{8}$，该值约为 0.826，而 $\frac{5\sqrt{3}}{12}$ 约为 0.722，显然满足不等式条件，由几何关系可知，当 h 减小时，θ 增大，即 h 略小于 $\frac{\sqrt{3}}{4}R$ 时，$\sin(\theta+60°)$（$\theta>30°$）会略有减小，但到 0.722 仍有余量，说明存在 $h<\frac{\sqrt{3}}{4}R$ 的区间位置，演员仍可以保持平衡状态，故 C 错误；由前面推导的最小压力表达式 $N_{min}=\frac{\sqrt{3}mg}{4\sin(\theta+60°)}$ 可知，当 $\sin(\theta+60°)$ 取得最大值 1（即 $\theta=30°$）时，所需压力的理论最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{4}mg$，故 D 正确。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13～15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11.（8 分）如图所示是某同学用打点计时器研究小车做匀变速直线运动时得到的一条纸带。图中 A、B、C、D、E 是按打点先后顺序依次选取的计数点，相邻计数点间的时间间隔 $T=0.1$ s。由图中的数据可计算得出，打 C 点时小车的速度大小是 _____ m/s，小车运动的加速度大小是 _____ m/s²。（结果均保留 2 位有效数字）



解析：打纸带上 C 点时小车的瞬时速度大小为

$$v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{0.028+0.02}{0.2}\ \text{m/s}=0.24\ \text{m/s},$$

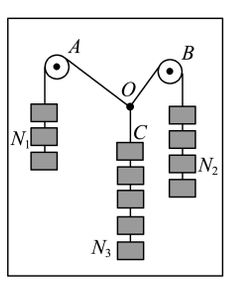
小车的加速度大小为

$$a=\frac{(x_{DE}-x_{BC})+(x_{CD}-x_{AB})}{2\times 2T^2},$$

代入数据解得 $a=0.80$ m/s²。

答案：0.24　0.80

12.（8 分）有同学利用如图甲所示的装置来探究两个互成角度的力的合成规律。在竖直木板上铺有白纸，固定两个光滑的滑轮 A 和 B，将绳子打一个结点 O，每个钩码的质量相等，当系统达到平衡时，根据钩码的个数读出三根绳子的拉力 F_1、F_2 和 F_3，回答下列问题。



甲

(1)改变钩码个数,实验能完成的是_____(填字母序号,下同)。

A. 钩码的个数 $N_1=N_2=2$,$N_3=4$

B. 钩码的个数 $N_1=N_3=3$,$N_2=4$

C. 钩码的个数 $N_1=N_2=N_3=4$

D. 钩码的个数 $N_1=3$,$N_2=4$,$N_3=5$

(2)在拆下钩码和绳子前,最重要的一个步骤是_____。

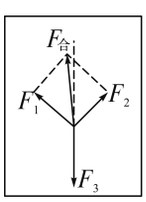
A. 标记结点 O 的位置,并记录 OA、OB、OC 三段绳子的方向

B. 量出 OA、OB、OC 三段绳子的长度

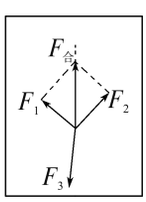
C. 用量角器量出三段绳子之间的夹角

D. 用天平测出钩码的质量

(3)在作图时,你认为图_____(选填“乙”或“丙”)是正确的。



乙



丙

解析:(1)实验中的分力与合力的关系必须满足 $|F_1-F_2|<F_3<F_1+F_2$,因此 B、C、D 选项符合题意。

(2)拆下钩码和绳子前要标记结点 O 的位置以及三段绳子的方向,故选 A。

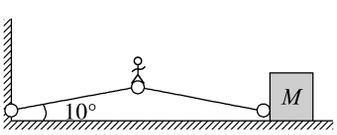
(3)以 O 点为研究对象,F_3 的方向是竖直向下的,且由于实验误差,F_1、F_2 的合力的理论值与实际值有一定偏差,故乙正确。

答案:(1)BCD (2)A (3)乙

13.(12 分)竖直墙旁放有一质量 $M=200$ kg 的木箱,木箱与地面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$,一质量为 50 kg 的同学想移动木箱。取 $g=10\ \text{m/s}^2$,$\sin 10^\circ=0.17$,$\cos 10^\circ=0.98$,木箱与地面间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。

(1)该同学至少要用多大的水平推力才能推动木箱?

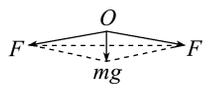
(2)若该同学找来两根等长的轻杆,将轻杆在木箱和墙壁之间搭成如下图所示的形状,轻杆与水平地面间的夹角为 10°。通过计算说明该同学站在两杆的节点位置时能否移动木箱。



解析:(1)若该同学恰好能水平推动木箱,根据力的平衡条件,有 $F=\mu Mg$,

代入数据得 $F=1\ 000$ N。

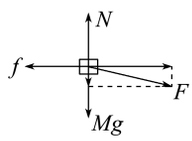
(2)该同学站在两杆的节点位置时,根据力的作用效果可作出如图甲所示的力的分解图:



甲

则 $2F\sin 10^\circ=mg$,

木箱受力分析如图乙所示:



乙

将轻杆的作用力 F 正交分解,则地面对木箱的支持力

$N=Mg+F\sin 10^\circ$,

F 在水平方向的分力

$F_x=F\cos 10^\circ\approx 1\ 441.18$ N,

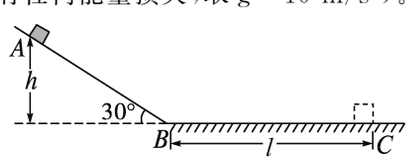
此时地面对木箱的最大静摩擦力

$f_{静max}=\mu N=1\ 125$ N,

由于 $F_x>f_{静max}$,故能移动木箱。

答案:(1)1 000 N (2)能移动木箱

14.(12 分)如图所示,倾角为 $\theta=30^\circ$ 的光滑斜面与粗糙的水平面平滑连接。现将一滑块(可视为质点)从斜面上的 A 点由静止释放,最终停在水平面上的 C 点。已知 A 点距离水平面的高度 $h=0.8$ m,B 点距离 C 点的距离 $l=2.0$ m(假设滑块经过 B 点时没有任何能量损失,取 $g=10\ \text{m/s}^2$)。求:



(1)滑块在运动过程中的最大速度;

(2)滑块与水平面间的动摩擦因数 μ;

(3)滑块从 A 点释放后,经过时间 $t=1.0$ s 时的速度。

解析:(1)滑块先在斜面上做匀加速运动,然后在水平面上做匀减速运动,故滑块运动到 B 点时速度最大,设为 v_m,滑块在斜面上运动的加速度大小为 a_1,则有

$mg\sin 30^\circ=ma_1$,

$v_m^2=2a_1\cdot\dfrac{h}{\sin 30^\circ}$,

解得 $v_m=4$ m/s。

(2)设滑块在水平面上运动的加速度大小为 a_2，则有

$\mu mg=ma_2$，

$v_m^2=2a_2l$，

解得 $\mu=0.4$。

(3)设滑块在斜面上运动的时间为 t_1，则有

$v_m=a_1t_1$，

得 $t_1=0.8$ s，

由于 $t>t_1$，则滑块已经经过 B 点，做匀减速运动的时间为 $t-t_1=0.2$ s，

设 $t=1.0$ s 时的速度大小为 v，则

$v=v_m-a_2(t-t_1)$，

解得 $v=3.2$ m/s。

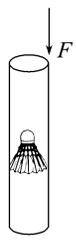
答案：(1)4 m/s　(2)0.4　(3)3.2 m/s

15.(14 分)羽毛球球筒口比较小，从球筒取球有一定的技巧。如图所示，羽毛球爱好者从球筒中取出最后一个羽毛球时，一个手让球筒开口向上，另一个手用较大的力向下迅速敲打球筒的上端，使球筒获得一个向下的初速度并与手发生相对运动，里面的羽毛球就可以从上端出来。已知羽毛球筒质量为 $M=90$ g(不含球的质量)，羽毛球质量为 $m=5$ g，羽毛球头部离球筒的上端距离为 $d=6.25$ cm，羽毛球与球筒之间的滑动摩擦力为 $f_1=0.1$ N，球筒与手之间的滑动摩擦力为 $f_2=2.6$ N。(取 $g=10$ m/s^2，空气阻力忽略不计，羽毛球不会相对球筒向下运动)

(1)当球筒获得一个初速度后，球筒和羽毛球各自的加速度是多大？

(2)若要敲打一次就使羽毛球头部能到达球筒口以上，球筒获得的初速度至少为多大？

解析：(1)当球筒获得一个初速度后，对筒受力分析，由牛顿第二定律得



$f_1+f_2-Mg=Ma_1$，

代入数据解得，球筒的加速度大小为

$a_1=20$ m/s^2，方向竖直向上，

对羽毛球受力分析，由牛顿第二定律得

$f_1+mg=ma_2$，

代入数据解得，羽毛球的加速度大小为

$a_2=30$ m/s^2，方向竖直向下。

(2)设球筒与羽毛球达到共速的时间为 t，根据运动学公式有 $v_0-a_1t=a_2t=v_{共}$，

解得 $t=\dfrac{v_0}{a_1+a_2}$，

在这段时间内，球筒向下运动的位移为

$x_1=\dfrac{v_0+v_{共}}{2}\cdot t$，

羽毛球向下运动的位移为

$x_2=\dfrac{0+v_{共}}{2}\cdot t$，

由运动学关系

$x_1-x_2\geqslant d$，

代入数据，联立解得

$v_0\geqslant 2.5$ m/s，

所以若要敲打一次就使羽毛球头部能到达球筒口以上，球筒获得的初速度至少为 2.5 m/s。

答案：(1)20 m/s^2　30 m/s^2　(2)2.5 m/s

综合质量评估(二)

(时间:75 分钟　分值:100 分)

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 4 分,共 28 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是最符合题目要求的。

1.下列物理量属于国际单位制规定的基本物理量的是(　　)

A. 速度　　B. 加速度

C. 力　　D. 质量

D　**解析:**质量是国际单位制规定的基本物理量,速度、加速度、力都是导出物理量。

2.银西高铁是我国中长期铁路网规划中“八纵八横”的重要组成部分,途经陕西、甘肃、宁夏三省区,设计全长约 618 km,设计时速 250 km/h。其中从银川站开往河东机场的某乘次高铁,早上 8 点 40 分出发,8 点 58 分到达,共耗时 18 分钟。以下说法正确的是(　　)

A. 在银西高铁上飞驰的高速列车,一定可以视为质点

B. 银西高铁设计全长约 618 km 指的是位移

C. 题目中的“8 点 40 分”“8 点 58 分”“18 分钟”均指时间间隔

D. 设计时速 250 km/h,指的是瞬时速度

D　**解析:**当被研究的物体大小对所研究的问题没有影响时可以看成质点,在银西高铁上飞驰的高速列车,不一定可以视为质点,例如研究列车经过一根电线杆的时间,就不能将列车视为质点,A 错误;银西高铁设计全长约 618 km,指的是路程,B 错误;题目中的“8 点 40 分”“8 点58 分”是时刻,“18 分钟”指的是时间间隔,C 错误;设计时速 250 km/h,指的是最高时速,是瞬时速度,D 正确。

3.如图所示,一只小鸟落在了树枝上,树枝发生了弯曲,小鸟处于静止状态,下列说法正确的是(　　)



A. 树枝发生了弯曲,是因为小鸟对树枝的压力大于树枝对小鸟的支持力

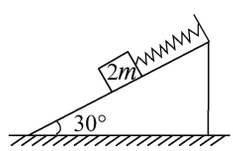
B. 树枝对小鸟的支持力是由树枝发生形变产生的

C. 树枝对小鸟弹力的方向斜向上偏右

D. 小鸟起飞瞬间,翅膀对空气的作用力大于空气对翅膀的作用力

B　**解析:**小鸟对树枝的压力与树枝对小鸟的支持力是一对作用力与反作用力,大小相等、方向相反,选项 A 错误;树枝对小鸟的支持力是由树枝发生形变产生的,选项 B 正确;树枝对小鸟的弹力与小鸟的重力等大、反向,则树枝对小鸟的弹力的方向竖直向上,选项 C 错误;小鸟起飞瞬间,翅膀对空气的作用力与空气对翅膀的作用力是一对作用力与反作用力,大小相等、方向相反,选项 D 错误。

4.用轻质弹簧竖直悬挂质量为 m 的物体,静止时弹簧的伸长量为 L。如图所示,现用该弹簧沿斜面方向拉住质量为 $2m$ 的物体,系统静止时弹簧的伸长量也为 L。斜面倾角为 30°,重力加速度为 g,则物体所受摩擦力(　　)



A. 等于零

B. 大小为 $\frac{1}{2}mg$,方向沿斜面向下

C. 大小为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$,方向沿斜面向上

D. 大小为 mg,方向沿斜面向上

A　**解析:**由胡克定律可知,竖直悬挂时 $mg=kL$;在斜面上时,拉力 $F_1=kL=mg$。因为质量为 $2m$ 的物体所受重力沿斜面向下的分力 $F_2=2mg\sin 30°=mg$,所以 $F_1=F_2$,即在斜面方向上弹簧对物体的拉力等于物体所受重力沿斜面向下的分力。由此可知,物体所受摩擦力为零。

5.汽车以 10 m/s 的速度在平直的公路上匀速前进,司机发现正前方 x 处有一辆自行车以 4 m/s 的速度做同方向的匀速直线运动,汽车立即关闭油门做加速度为 $a=-6\ \text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动。若汽车恰好撞不上自行车,则 x 的大小为(　　)

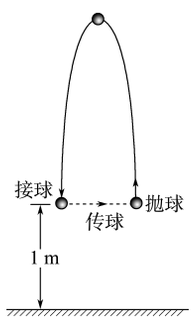
A. 8.33 m　　B. 7 m

C. 3.33 m　　D. 3 m

D　**解析:**两车速度相等经历的时间 $t=\frac{v_1-v_2}{a}=$

$\frac{4-10}{-6}$ s=1 s，此时汽车的位移 $x_2=v_2t+\frac{1}{2}at^2=10\times1$ m$+\frac{1}{2}\times(-6)\times1^2$ m=7 m，自行车的位移 $x_1=v_1t=4\times1$ m=4 m，若恰好不相撞，开始时两车之间的距离为 $x=x_2-x_1=(7-4)$ m=3 m。

6. 某杂技演员在 6 m 高的大厅内表演双手抛接球，他表演时双手循环抛接多个小球，如图所示为小球的一个循环抛接过程。假设他的双手保持在离地 1 m 高处且抛、接球的动作很小(可视为高度不变)，每次只能在双手间水平传一个小球，且每个小球在手中停留的时间为 0.3 s，小球可视为质点，忽略空气阻力，取 $g=10$ m/s^2，则该杂技演员最多能抛接球的个数为 (　　)



A. 5　　B. 6　　C. 7　　D. 8

B　**解析**：小球向上运动的最长时间为 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times(6-1)}{10}}$ s=1 s，小球落回抛出点的时间为2 s，由于 $\frac{2}{0.3}=6.67$，所以杂技演员最多能抛接球的个数为 6 个。故选 B。

7. 做直线运动的汽车刹车后做匀减速运动，经 3.5 s 停止，它在刹车开始后的第 1 s 内、第 2 s 内、第 3 s 内的位移大小之比为 (　　)

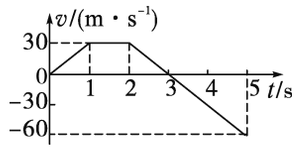
A. 3∶2∶1　　B. 3∶5∶6

C. 9∶4∶1　　D. 5∶3∶11

A　**解析**：设汽车刹车的加速度大小为 a，可知汽车的初速度 $v_0=3.5a$，则第 1 s 内的位移 $x_1=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2=3.5a-0.5a=3a$，第 2 s 内的位移 $x_2=v_0t_2-\frac{1}{2}at_2^2-x_1=7a-2a-3a=2a$，第 3 s 内的位移 $x_3=v_0t_3-\frac{1}{2}at_3^2-x_2-x_1=10.5a-4.5a-2a-3a=a$，可知 $x_1:x_2:x_3=3:2:1$。

二、多项选择题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。每小题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

8. 某军事试验场正在平地上进行导弹发射试验。若某次竖直向上发射导弹时发生故障，导弹的 v-t 图像如图所示，则下述说法正确的是 (　　)



A. 在 0～1 s 导弹匀速上升

B. 在 1～2 s 导弹匀速上升

C. 3 s 末导弹的加速度方向改变

D. 5 s 末导弹恰好回到出发点

BD　**解析**：由题图可知，0～1 s 导弹的速度随时间均匀增加，导弹做匀加速直线运动，故 A 错误；1～2 s 导弹的速度一直不变，导弹匀速上升，故 B 正确；3 s 末图线的斜率没发生改变，加速度方向没有改变，故 C 错误；前 3 s 导弹在向上运动，上升的高度为 $\frac{(1+3)\times30}{2}$ m=60 m，3～5 s 导弹下落，下落的高度为 $\frac{1}{2}\times2\times60$ m=60 m，故说明导弹 5 s 末的位移为零，回到出发点，故 D 正确。

9. 在教室门与地面间缝隙处紧塞一个木楔(侧面如图所示)，能把门卡住不易被风吹动。下列分析正确的是 (　　)

A. 门不易被风吹动的原因是风力太小

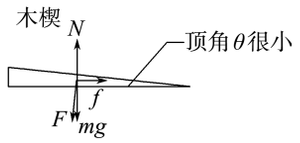


B. 塞在门下缝隙处的木楔，其顶角 θ 无论多大都能将门卡住

C. 门被卡住时，地面对木楔的支持力一定大于木楔的重力

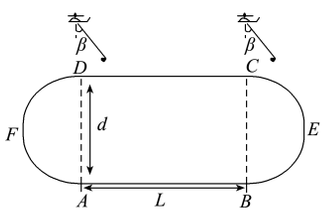
D. 门被卡住时，将门对木楔的力正交分解，水平分力大小等于地面对木楔的摩擦力大小

CD　**解析**：对木楔受力分析，受重力 mg、支持力 N、压力 F 和摩擦力 f，如图所示，竖直方向 $N=F\cos\theta+mg$，水平方向 $f=F\sin\theta$，则门被卡住时，不是因为风力太小，而是最大静摩擦力随着 F 增大而增大，门对木楔水平分力大小等于地面给木楔的



摩擦力大小，地面对木楔的支持力等于木楔的重力与门对木楔竖直方向分力大小的和，A 错误，C、D 正确；最大静摩擦力约等于滑动摩擦力，为 $f_{max}=\mu N=\mu(F\cos\theta+mg)$，考虑摩擦自锁情况，不管多大的力 F 均满足 $f_{max}\geqslant f$，即 $\mu(F\cos\theta+mg)\geqslant F\sin\theta$，由于 m 很小，因此只要 $\mu\geqslant\tan\theta$ 即可，题中由于 θ 很小，因此很容易满足自锁条件，即顶角 θ 满足 $\mu\geqslant\tan\theta$ 时能将门卡住，B 错误。

10. 用遥控直升机下的轻绳悬挂质量为 m 的摄像机可以拍摄学生在操场上的跑操情况。如图所示，开始时遥控直升机悬停在 C 点正上方，若遥控直升机从 C 点正上方运动到 D 点正上方经历的时间为 t。已知 CD 之间距离为 L，直升机的质量为 M，直升机的运动视作水平方向的匀加速直线运动。假设在拍摄过程中悬挂摄像机的轻绳与竖直方向的夹角始终为 β，空气对摄像机的作用力始终水平，重力加速度为 g，则 （　　）



A. 轻绳中的拉力 $T=\dfrac{mg}{\cos\beta}$

B. 直升机的加速度 $a=g\tan\beta$

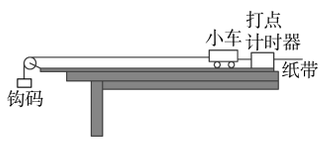
C. 直升机所受的合力为 $F_{合}=\dfrac{2mL}{t^2}$

D. 这段时间内空气对摄像机作用力的大小为 $F=m\left(g\tan\beta-\dfrac{2L}{t^2}\right)$

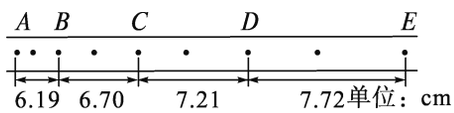
AD　**解析**：对摄像机受力分析，摄像机受到轻绳的拉力 T、重力 mg 和风力 F，由 $T\cos\beta=mg$，解得轻绳中的拉力 $T=\dfrac{mg}{\cos\beta}$，选项 A 正确；由 $L=\dfrac{1}{2}at^2$，解得遥控直升机的加速度 $a=\dfrac{2L}{t^2}$，由受力分析得，$T\sin\beta-F=ma$，$a=g\tan\beta-\dfrac{F}{m}$，选项 B 错误；直升机所受的合力为 $F_{合}=Ma=\dfrac{2ML}{t^2}$，选项 C 错误；由 $T\sin\beta-F=ma$，$T\cos\beta=mg$，联立解得 $F=m\left(g\tan\beta-\dfrac{2L}{t^2}\right)$，选项 D 正确。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。其中第 13～15 小题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11.（8 分）某实验小组利用如图甲所示的装置进行“探究加速度与力、质量的关系”的实验。



甲



乙

(1)在平衡摩擦力后，本实验通过改变钩码的个数来改变小车所受合力的大小。若小车质量为 200 g，为减小实验误差，实验中每次选用的钩码总质量范围应选_____（选填字母序号）组比较合理。

A. 10～20 g

B. 200～400 g

C. 1 000～2 000 g

(2)图乙为某次实验得到的一条纸带（纸带上的点为实际打下的点），使用的交流电的频率为 50 Hz。根据图乙中的相关数据可求出小车的加速度大小 $a=$_____ m/s^2；打 C 点时小车的瞬时速度大小 $v_C=$_____ m/s。（结果均保留 2 位有效数字）

解析：(1)为了减小实验误差，要让所用钩码的总质量远小于小车的质量，所以 A 项符合要求。

(2)$(x_3+x_4)-(x_1+x_2)=4aT^2$，

则有 $a=\dfrac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}$

$=\dfrac{0.077\ 2+0.072\ 1-0.067\ 0-0.061\ 9}{4\times0.04^2}\ m/s^2$

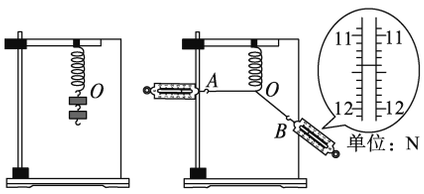
$\approx3.2\ m/s^2$，

$v_C=\overline{v}_{BD}=\dfrac{x_{BD}}{2T}=\dfrac{0.067\ 0+0.072\ 1}{2\times0.04}\ m/s\approx1.7\ m/s$。

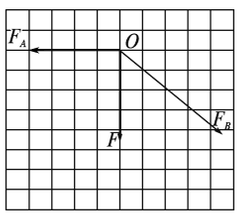
答案：(1)A　(2)3.2　1.7

12.（8 分）某同学用如图甲所示的装置做“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验。将一木板平行

于铁架台和轻质弹簧所在平面竖直放置。其部分实验操作如下，请完成下列相关内容：



甲　　乙



丙

(1)如图甲所示，在木板上记下悬挂两个钩码时弹簧末端的位置 O。

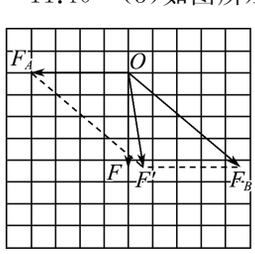
(2)如图乙所示，卸下钩码，然后将两细绳套系在弹簧下端，用两弹簧测力计将轻弹簧末端拉到同一位置 O，记录细绳套 AO、BO 的_____及两弹簧测力计相应的读数，其中 B 处弹簧测力计的读数为_____N。

(3)该同学在坐标纸上画出两弹簧拉力 F_A、F_B 的大小和方向如图丙所示，请在图丙中作出 F_A、F_B 的合力 F'。

(4)已知钩码的重力，可得弹簧所受的拉力 F 如图丙所示，观察比较 F 和 F'，得出结论：_____。

解析：用两弹簧测力计将轻质弹簧末端拉到同一位置 O，记录细绳套 AO、BO 的方向及两弹簧测力计的示数；由题图乙知 B 处弹簧测力计的读数为11.40 N；根据力的平行四边形定则作图即可；实验结论：在误差允许的范围内，两个互成角度的力的合成遵循平行四边形定则。

答案：(2)方向　11.40　(3)如图所示：



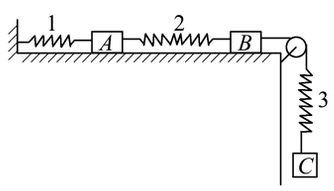
(4)在误差允许的范围内，两个互成角度的力的合成遵循平行四边形定则

13.(12 分)如图所示，质量不等的三个物块 A、B、C 用劲度系数相同且为 $k=200$ N/m的三个轻质弹簧 1、2、3 依次连接着，并处于静止状态。弹簧原长是 40 cm，物块 A、B 在水平桌面上，物块 B 上连一细线绕过定滑轮通过弹簧 3 连接物块 C，此时弹簧 1、2、3 的长度分别为 38 cm、44 cm、48 cm。不计细线与滑轮间的摩擦，取 $g=10$ m/s^2。

(1)求弹簧 3 的弹力大小和物块 C 的质量；

(2)求物块 A、B 所受的摩擦力；

(3)若用手托着一质量为 $M=1$ kg 的平板把物块 C 竖直缓慢地向上托起，当弹簧 3 的伸长量是弹簧 2 的伸长量的一半时静止不动，物块 A、B 一直处于静止状态。则此时手对平板的支持力有多大？



解析：(1)弹簧 3 的弹力大小

$F_3=k\Delta x_3=200\times(0.48-0.40)$ N$=16$ N，

物块 C 受力平衡，则其重力为 $G_C=F_3=16$ N，

则物块 C 的质量 $m_C=\dfrac{G_C}{g}=\dfrac{16}{10}$ kg$=1.6$ kg。

(2)弹簧 2 的弹力大小

$F_2=k\Delta x_2=200\times(0.44-0.40)$ N$=8$ N，

弹簧 1 的弹力大小

$F_1=k\Delta x_1=200\times(0.40-0.38)N=4$ N，

则物块 B 所受的摩擦力 $f_B=F_3-F_2=8$ N，方向水平向左；

物块 A 所受的摩擦力 $f_A=F_1+F_2=12$ N，方向水平向左。

(3)物块 B 静止，弹簧 2 的伸长量仍然为 4 cm，则弹簧 3 的伸长量为 2 cm，弹力为 $F'_3=4$ N，

对物块 C 和平板的整体由平衡条件得

$(M+m_C)g=N+F'_3$，

得 $N=22$ N，

即此时手对平板的支持力为 22 N。

答案：(1)16 N　1.6 kg　(2)12 N，方向水平向左　8N，方向水平向左　(3)22 N

14.(12 分)在一次男子 200 m 决赛中，体育特长生小谢起跑后一路领先，但刚进入直道不久就重重摔

在了地上，另一班的小明以 7 m/s 的速度从小谢身边跑过。小谢忍着伤痛勇敢地爬起继续比赛，在小明从他身边跑过 2 s 后以 5 m/s² 的加速度追赶，最终小谢荣获冠军。已知小谢最大速度为 10 m/s。(除起跑加速阶段外，运动员的运动均可近似为匀速直线运动)

(1)小明从小谢身边跑过时开始计时，经过多长时间两者速度相等？

(2)求小谢追上小明前，二者之间的最大距离。

(3)小谢爬起继续比赛后，经过多长时间追上小明？

解析：(1)小谢从开始加速到速度与小明相等所需的时间

$t_1=\frac{v}{a}=\frac{7}{5}$ s=1.4 s，

则小明从小谢身边跑过时开始计时，两者速度相等的时间为

$t=t_0+t_1=2$ s+1.4 s=3.4 s。

(2)当二者速度相等时，他们之间的距离最大，小明跑过的距离

$x_1=vt=7\times3.4$ m=23.8 m，

小谢跑过的距离

$x_2=\frac{v^2}{2a}=\frac{7^2}{2\times5}$ m=4.9 m，

二者之间最大距离

$\Delta x=x_1-x_2=23.8$ m−4.9 m=18.9 m。

(3)小谢加速到 10 m/s 过程中跑的距离

$x_3=\frac{v_1^2}{2a}=\frac{10^2}{2\times5}$ m=10 m，

所需的时间

$t_2=\frac{v_1}{a}=\frac{10}{5}$ s=2 s，

这阶段小明跑过的距离

$x_4=v(t_0+t_2)=7\times(2+2)$ m=28 m>10 m，

可知小谢加速阶段没有追上小明，此后二者均做匀速运动，再经 t_3 小谢追上小明，则

$t_3=\frac{x_4-x_3}{v_1-v}=\frac{28-10}{10-7}$ s=6 s，

小谢爬起继续比赛后，追上小明所需的时间

$t'=t_2+t_3=2$ s+6 s=8 s。

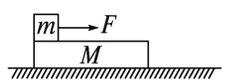
答案：(1)3.4 s　(2)18.9 m　(3)8 s

15.(14 分)如图所示，质量为 $M=8$ kg 的长木板放置于光滑的水平面上，其左端有一不计大小，质量为 $m=2$ kg 的物块，物块与木板间的动摩擦因数为 0.2。物块与木板都处于静止状态，现对物块施加 $F=10$ N、方向水平向右的恒定拉力，若物块从木板左端运动到右端经历的时间为 4 s，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取 $g=10$ m/s²。求：

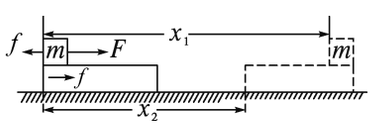
(1)物块到达木板右端时的速度；

(2)此时木板的速度；

(3)木板的长度 L。



解析：(1)物块在木板上滑动时，如图所示：



$f=\mu mg=0.2\times2\times10$ N=4 N，

对物块有 $F-f=ma_1$，

$a_1=\frac{10-4}{2}$ m/s²=3 m/s²，

物块到达木板右端时的速度，即 4 s 末的速度

$v_1=a_1t=3\times4$ m/s=12 m/s，方向水平向右。

(2)对木板有 $f=Ma_2$，

$a_2=\frac{4}{8}$ m/s²=0.5 m/s²，

4 s 末木板的速度 $v_2=a_2t=0.5\times4$ m/s=2 m/s，方向水平向右。

(3)在 4 s 内物块和木板的位移分别为

$x_1=\frac{1}{2}a_1t^2=\frac{1}{2}\times3\times4^2$ m=24 m，

$x_2=\frac{1}{2}a_2t^2=\frac{1}{2}\times0.5\times4^2$ m=4 m，

则木板的长度 $L=x_1-x_2=20$ m。

答案：(1)12 m/s，方向水平向右　(2)2 m/s，方向水平向右　(3)20 m