

配合教材
辅导自学

物

高中 教学指导

高一分册

理

步练习
型丰富

苏州大学出版社

高中物理教学指导

高一分册

《物理教师》编辑部

苏州大学出版社

高中物理教学指导

高一分册

《物理教师》编辑部

*

苏州大学出版社出版发行

地址:苏州市十梓街1号 邮编:215006

江苏省新华书店经销

丹徒县印刷厂印刷

地址:镇江市谏壁镇 邮编:212006

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 340 千

1996 年 5 月第 2 版 1997 年 8 月第 5 次印刷

印数 70001—75000

ISBN 7-81037-215-7/G·80 定价:12.60 元

苏州大学出版社出版的图书若有印刷装订错误,可向承印厂调换

前 言

为适应当前高中物理教学的特点，依据《全日制中学物理教学大纲（修订本）》的精神，我们编写了这套学习指导用书。全书分高一分册和高二分册，本册为高一分册。

考虑到各地教学实际，本书将现行高中物理必修本和选修本内容结合起来，按课本章节顺序编写，循序渐进，由易到难。本书分两部分，第一部分为与教材同步的典型例题解析，其中计算题提供了规范解法；第二部分为配合课时的“一课一练”练习题，可供45分钟课堂检测，也可供学生课外练习。每章还有单元测试，本书最后为期末测试。全书结构安排尽量给教师的教学提供方便。

对于书中的选修内容及必修内容中的较难的题，都标“*”号，以供选学。

本册由（按姓氏笔画为序）邓建元、史群雄、张永兴、李环生、吴法华、张善贤、徐达林、顾庆旋、钱骏、谢步时、黎宗传等编写。由邓建元、刘军、吕明德、张永生、张善贤、金其淑、姜立中、戴永等审稿。全书由张永生统稿。

编 者

1997年6月

目 录

例 题 部 分

第一章 力 物体的平衡	(1)
第二章 物体的运动	(5)
第三章 牛顿运动定律	(9)
* 第四章 匀速圆周运动 万有引力定律	(15)
* 第五章 动量和动量守恒	(19)
第六章 机械能和机械能守恒	(22)
第七章 机械振动和机械波	(27)
第八章 分子动理论 热和功	(31)
* 第九章 固体和液体的性质	(34)
第十章 气体的性质	(35)
第十一章 实验 (九个必做实验)	(39)

练 习 部 分

第一章 力 物体的平衡	(45)
第二章 物体的运动	(61)
第三章 牛顿运动定律	(79)
* 第四章 匀速圆周运动 万有引力定律	(97)
* 第五章 动量和动量守恒	(113)
第六章 机械能和机械能守恒	(127)
第七章 机械振动和机械波	(145)
第八章 分子动理论 热和功 (含第九章固体和液体的性质)	(161)
第十章 气体的性质	(167)
第十一章 实验 (九个必做实验)	(183)
高一期末测试卷	(191)
练习部分参考答案	(195)

例题部分

第一章 力 物体的平衡

一、力、重力、万有引力

例1 下列关于力的叙述中正确的有：

- (A) 力是物体对物体的作用，总是成对出现的。
- (B) 只有相互接触的物体，才有力的作用。
- (C) 两物体相互作用不一定要直接接触。
- (D) 直接接触的物体间一定有力的相互作用。

解：应选 (A)、(C)。

说明：力是物体间的相互作用，必定是成对出现的。有力相互作用的两物体不一定直接接触，直接接触的物体不一定有力的相互作用。

例2 下列关于力的作用效果的叙述中正确的是：

- (A) 物体的运动状态发生改变，则物体必定受到了力的作用。
- (B) 物体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，还同力的作用点有关。
- (D) 力作用在物体上，必定同时出现形变和运动状态的改变。

解：应选 (A)、(B)、(C)。

说明：力的作用效果是使物体发生形变或改变物体的运动状态，但两者不一定是同时发生的。力的作用效果由力的三个要素决定。

例3 关于重心的下列叙述中，正确的是：

- (A) 物体所受重力的作用点叫重心。
- (B) 物体的重心处才受重力作用。
- (C) 质量分布均匀的圆柱体的重心在其轴线的中点。
- (D) 球体的重心总在球心。

解：应选 (A)、(C)。

说明：物体各部分所受重力可以看成是作用在重心这一点上。只有质量分布均匀的物体，重心才在它的几何中心。

二、弹 力

例1 一根弹簧在弹性限度内，用 30N 的力拉时，其长度为 20cm；用 50N 的力压时，其长度为 12cm，则这弹簧的自然长度是_____ cm，劲度系数为_____ N/m。

解：应分别填 17，1000。

说明：弹力与形变成正比。由 $F_1 = k(l_1 - l_0)$ ， $F_2 = k(l_0 - l_2)$ 求 l_0 和 k 。

例2 试画出如图 1-1 中物体 A 所受弹力的示意图：

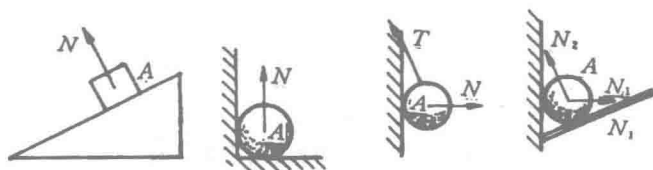


图 1-1

解：如图所示。

说明：弹力垂直支承面，接触面是球面时，弹力指向球心。接触物体间不一定有弹力，如图中(2)，竖直面与球接触，但对球A无弹力作用，可以设想，如果竖直面对球A有弹力作用，那么球会向右运动，这同实际不相符合。

例3 试画出图1-2中均匀直棒AB所受重力和弹力的示意图。图中O为半球形凹槽的球心，C为棒AB的中点。

解：如图所示。

说明：棒所受重力G作用于重心C，竖直向下；棒A端所受球面弹力 N_A 指向球心O；棒在D处所受弹力 N_D 不是指向球心O，而是同棒AB垂直，斜向上方。

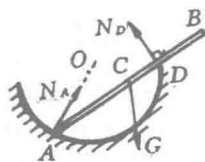


图 1-2

例4 一根弹簧的劲度系数为 k ，若将其一端剪去 $\frac{1}{4}$ 长，则剩下部分弹簧的劲度系数为多大？

解：设原弹簧在拉力 F 作用下，伸长了 x ，则 $k = \frac{F}{x}$ 。

若将其中 $\frac{3}{4}$ 长的弹簧作为研究对象，则这部分弹簧所受拉力大小仍为 F ，而其伸长量为 $\frac{3}{4}x$ 。

所以这部分弹簧的劲度系数 $k' = \frac{F}{\frac{3}{4}x} = \frac{4}{3}k$ 。

说明：由题意设想一种具体情况，以此进行分析推理的思考方法，在初中阶段很少接触，但在高中阶段，这种建立模型，进行分析推理的思维能力显得尤为重要。有兴趣的读者可按此推理方法研究几根等长的劲度系数不同的弹簧串联和并联时的等效劲度系数。

三、摩 擦 力

例1 要使静止在水平地面的重400N的木箱开始运动，至少要用100N的水平推力。当木箱运动以后，只要用90N的水平推力就可使它继续匀速运动。求最大静摩擦力和动摩擦因数。如果用80N的水平力推静止在地面上的木箱，这时静摩擦力为多大？

解：最大静摩擦力 $f_{\max} = 100\text{N}$ ，

动摩擦因数 $\mu = \frac{f}{N} = \frac{90}{400} = 0.225$ 。

水平推力为80N时，木箱受到的静摩擦力 $f_s = 80\text{N}$ 。

说明：用初中学过的两力平衡的原理分析，可知水平面上静止或匀速运动的木箱，水平方向推力与摩擦力平衡，竖直方向所受的重力与支持力平衡。

例2 用弹簧吊起一木块，木块静止时，弹簧伸长了 x_1 ，当此木块放在水平桌面上，用原弹簧沿水平方向匀速拉动时，弹簧伸长了 x_2 。试求木块与水平桌面间的动摩擦因数。

用上述方法能测量一张纸与水平桌面间的动摩擦因数吗？请加说明。

解：(1) 设弹簧劲度系数为 k ，则木块重力 $G = kx_1$ ，滑动摩擦力 $f = kx_2$ 。 $f = \mu N = \mu G$ ，所以 $\mu = \frac{f}{G} = \frac{x_2}{x_1}$ 。

(2) 从理论上讲，用上述方法可测出 μ ，但实际操作时就会发现一张纸受的重力太小，难以测出 x_1 、 x_2 ，故无法直接用上述方法测出纸与水平桌面间的动摩擦因数 μ 。

但如果再有一块木块或其他适当的重物,就能测出纸与桌面间的动摩擦因数. 只要先测出弹簧悬挂重物时的伸长 x_1 , 再将它压在纸上, 再用弹簧沿水平方向匀速拉动纸, 测出此时弹簧的伸长 x_2 , 则 $\mu = \frac{x_2}{x_1}$.

说明: 上面关于测量纸与桌面间动摩擦因数的讨论, 为解决理论与实践相结合的问题提供了较为典型的实例. 我们要逐步学会这种处理问题的方法.

四、力的合成

例 1 已知 $F_1=30\text{N}$, $F_2=20\text{N}$, 夹角 $\theta=60^\circ$, 试用作图法和解三角形法求合力.

解: (1) 作图法 (如图 1-3):

合力 $F=43.5\text{N}$, 合力 F 与 F_1 的夹角 $\alpha=24^\circ$.

(2) 解三角形法:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta} = \sqrt{30^2 + 20^2 + 2 \times 30 \times 20 \times 0.5} \\ = 43.6 \text{ (N)}. \text{ (合力的大小)}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta} = \frac{20 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{30 + 20 \times 0.5} = \frac{\sqrt{3}}{4} = 0.433,$$

$\alpha=23.5^\circ$. (合力与 F_1 的夹角)

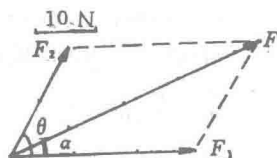


图 1-3

说明: 求合力, 不仅要求出其大小, 还要明确其方向. 应用作图法求解时, 应注意作图的规范 (如力的标度不能漏画), 同时应量出合力的大小和表示方向的夹角, 写出结论. 应用计算法时, 应根据给出条件, 选择有关数学公式.

例 2 大小分别为 5N、7N 和 9N 的三个力合成时, 合力大小的范围怎样?

解: 合力的最大值: $F_1 + F_2 + F_3 = 5 + 7 + 9 = 21\text{N}$, 合力的最小值为零.

所以合力大小的范围是: $0 \leq F \leq 21\text{N}$.

说明: 因 5N 和 7N 两力合成, 合力的大小范围为 $[2\text{N}, 12\text{N}]$, 其中有可能是 9N, 若它与 F_3 反向, 则合力为零.

例 3 如图 1-4 所示, 两根相同的橡皮绳 OA 、 OB , 开始夹角为 0 , 在 O 点处打结吊一重 50N 的物体后, 结点 O 刚好位于圆心. A 、 B 分别沿圆周向两边移至 A' 、 B' , 使 $\angle AOA' = \angle BOB' = 60^\circ$. 欲使结点仍在圆心处, 则此时结点处应挂多重的物体?

解: (1) 设 OA 、 OB 并排吊起重物时, 橡皮条产生的弹力均为 f , 则它们产生的合力为 $2f$, 与 G_1 平衡.

$$\text{所以 } f = \frac{G_1}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ (N)}.$$

(2) 当 $A'O$ 、 $B'O$ 夹角为 120° 时, 橡皮条伸长不变, 故 f 仍为 25N . 它们互成 120° 角, 合力的大小即为 $f=25\text{N}$. 应挂 25N 的重物即可.

说明: 两个力的大小不变, 当夹角由 0 逐渐增大到 180° 时, 合力逐渐变小.

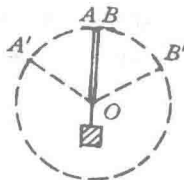


图 1-4

五、力的分解

例 1 如图 1-5, 两根轻杆 OA 和 OB 各有一端可绕固定在竖直墙上的光滑转轴转动. O 处悬挂 50N 的重物. 试求 OA 和 OB 杆在 O 点处所受到的力.

解: 悬线对 O 点向下的拉力产生两个效果: 拉 OA , 压 OB . 由力的分解的平行四边形定则, 作出如图 1-6 的力的分解示意图.

$$F_1 = F \operatorname{ctg} 30^\circ = 50 \sqrt{3} \text{ N},$$

$$F_2 = \frac{F}{\sin 30^\circ} = 100\text{N}.$$

杆 OA 受到 $50\sqrt{3}\text{ N}$ 的拉力, 杆 OB 受到 100 N 的压力.

说明: 用力的分解原理解题, 首先应从力所产生的实际效果出发, 确定分力的方向 (这是解题的关键), 然后用平行四边形定则分解求分力.

例 2 如图 1-7, 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 垂直斜面. 试求: (1) 两挡板受到小球压力大小之比. (2) 斜面受到两小球压力大小之比.

解: 球 1 重力的分解如图 1-8(a) 所示.

$$F_1 = G \tan \theta, F_2 = \frac{G}{\cos \theta}.$$

球 2 重力的分解图如图 1-8(b) 所示.

$$F_1' = G \sin \theta, F_2' = G \cos \theta.$$

所以挡板 A 、 B 所受压力之比:

$$\frac{F_1}{F_1'} = \frac{G \tan \theta}{G \sin \theta} = \frac{1}{\cos \theta}.$$

$$\text{斜面所受两小球压力之比: } \frac{F_2}{F_2'} = \frac{G / \cos \theta}{G \cos \theta} = \frac{1}{\cos^2 \theta}.$$

说明: 斜面上物体的重力的分解一样应从实际效果出发, 不要死记结论.

例 3 如图 1-9, 物体 A 、 B 所受的重力分别为 40 N 和 100 N , 滑轮摩擦及绳子所受的重力均不计. 若整个系统处于静止, 则地面对 B 的摩擦力大小等于 20 N , B 对地面的压力是 80 N .

解: 填 20, $(100 - 20\sqrt{3})$.

说明: 本题是简单连体问题, 可分别对 A 、 B 两物体作受力分析求解. 通过对 A 物体分析, 得出绳中张力 $T = 40\text{ N}$, 然后对 B 物体作受力分析. 摩擦力与拉力 T 的水平分量平衡, $f = T \cos 60^\circ = 40 \times 0.5 = 20 (\text{N})$. 拉力 T 的竖直分量使 B 对地面压力减小. $N = G_B - T \sin 60^\circ = 100 - 20\sqrt{3} (\text{N})$.

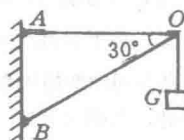


图 1-5

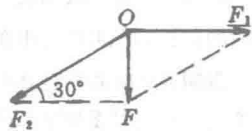


图 1-6

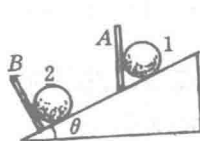


图 1-7

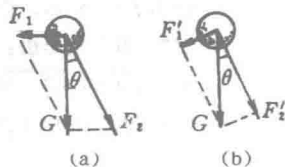


图 1-8

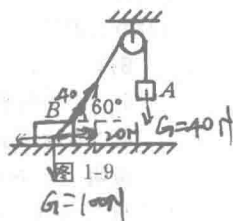


图 1-9

六、力矩 * 正交分解法求合力

例 1 如图 1-10, 杆 AB 可绕固定在竖直墙上的光滑转轴 A 在竖直平面内转动, 杆的 B 端受水平力 F_1 、或垂直于杆的力 F_2 、或竖直向上的力 F_3 作用时, 均可使杆静止在图示位置上. 试求: $F_1 : F_2 : F_3$.

解: $M_1 = F_1 L_1 = F_1 \overline{AB} \cos 60^\circ,$

$$M_2 = F_2 L_2 = F_2 \overline{AB},$$

$$M_3 = F_3 L_3 = F_3 \overline{AB} \sin 60^\circ.$$

$$M_1 = M_2 = M_3,$$

$$F_1 : F_2 : F_3 = \frac{1}{\cos 60^\circ} : 1 : \frac{1}{\sin 60^\circ} = 2\sqrt{3} : \sqrt{3} : 2.$$

说明: F_1 、 F_2 、 F_3 三个力产生的转动效果相同, 即力矩相等.

例 2 如图 1-11, 一根均匀直棒, 重 8 N , 在棒的中点 O 处将棒支起, 棒恰能平衡. 今从 OB 中点 A 处将 AB 截去, 为使棒仍能平衡, 应在 A 处加多大的竖直向下的力?

解: 设棒总长为 l . 截去的 AB 段重力对 O 点产生的力矩 $M = \frac{G}{4} \cdot \frac{3}{8}l$. 当 F 的力矩等于 AB 段棒重力的力矩时, 剩下部分棒仍能平衡. 即

$$F \cdot \frac{l}{4} = \frac{G}{4} \cdot \frac{3}{8}l, \quad F = \frac{3}{8}G = 3\text{ N}.$$

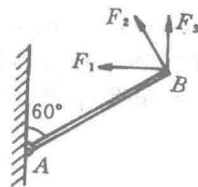


图 1-10

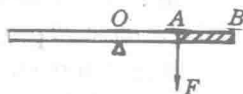


图 1-11

说明: AB 段棒重力的作用点在其重心, 所以力臂为 $\overline{OA} + \frac{\overline{AB}}{2} = \frac{l}{4} + \frac{l}{8} = \frac{3}{8}l$.

例 3 如图 1-12(a), 重 50N 的物体放在水平地面上, 在与水平方向成 37° 角的大小为 40N 的推力作用下向前滑行. 已知物体与地面间动摩擦因数 $\mu=0.2$. 求物体所受到的合力.

解: 如图 1-12(b), 将推力 F 分解成水平分力 F_1 和竖直分力 F_2 .

$$F_1 = F \cos 37^\circ = 40 \times 0.8 = 32 \text{ (N)}, F_2 = F \sin 37^\circ = 40 \times 0.6 = 24 \text{ (N)}.$$

物体受到地面支持力 $N = mg + F_2 = 50 + 24 = 74 \text{ (N)}$,

滑动摩擦力 $f = \mu N = 0.2 \times 74 = 14.8 \text{ (N)}$.

所以物体受合力为 $F_1 - f = 32 - 14.8 = 17.2 \text{ (N)}$, 向右.

说明: 这类题目一般可运用正交分解法求合力. 其步骤可先对物体作受力分析, 然后确定直角坐标系 xOy , 接着分别对物体在竖直方向的力和水平分向的力求代数和.

正交分解法是一种很有用的解决物理问题的数学方法. 学有余力的同学应力求掌握它.

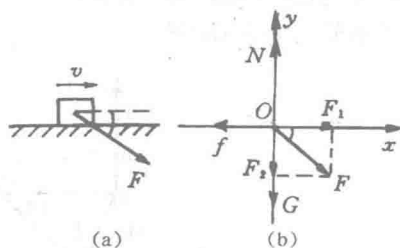


图 1-12

第二章 物体的运动

一、机械运动 二、质点 位移和路程

例 1 试回答行驶中的自行车车轮上某一点的运动是平动还是转动?

答: 车轮上某一点的运动是既做平动又做转动.

说明: 行驶中自行车整体的运动是平动, 车轮上的一点又绕轴做转动.

例 2 两辆汽车同向行驶, 甲车上的人觉得乙车在后退, 乙车上的人也觉得甲车在后退, 他们都是以什么物体作为参照物的?

答: 甲、乙两车同向行驶时, 还有另外一个物体与他们同向行驶, 且速度大于甲、乙两车, 甲车和乙车均以这个运动物体为参照物.

例 3 一个皮球从 4m 高的地方落下, 碰撞地面后又反弹跳起 1m, 它所通过的路程和位移分别是多少?

解: 球通过的路程是 5m, 位移是 3m.

说明: 皮球从 4m 高处落到地面时, 经过 4m 的路程, 反跳 1m, 又经过 1m 路程; 皮球反跳到 1m 时, 皮球的位置改变了 3m.

三、匀速直线运动 速度 四、匀速直线运动的图像

五、变速直线运动 平均速度 瞬时速度

例 1 一列长 300m 的火车, 以 $v=10\text{m/s}$ 的速度匀速前进, 在列车后面 1500m 处, 有一辆摩托车正沿着同方向追赶火车, 要求在 200s 内追上车头, 或 250s 内追上车尾, 问上述两种情况下摩托车的速度各至少多大?

解: 追上车头的最小速度
$$v_1 = \frac{(10 \times 200 + 300 + 1500)\text{m}}{200\text{s}} = 19\text{m/s},$$

追上车尾的最小速度
$$v_2 = \frac{(10 \times 250 + 1500)\text{m}}{250\text{s}} = 16\text{m/s}.$$

说明: 摩托车在追上火车车头或车尾时的位移, 应考虑到火车的长度、追赶时火车发生的位移及原来火

车与摩托车的距离.

例2 在距离斜坡底10m远处的山坡上,一辆小车以4m/s的速度匀速向上行驶,5s后,小车又以2m/s的速度向下倒退.设位移和运动方向都以向下为正方向,试作出小车20s内的位移图像和速度图像,并求出小车在20s末的位置.

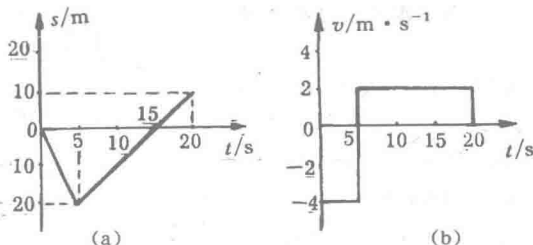


图 2-1

解:如图 2-1 (a) 与 (b) 为所求的位移图像和速度图像.

根据位移图像知,20s 末时,小车在坡底.

说明:设小车出发点即距离斜坡底 10m 远的山坡处为原点 O.

例3 一物体作同向直线运动,前一半时间内以 9.0m/s 的速度作匀速运动,后一半时间以 6.0m/s 的速度作匀速运动,则物体在这段时间中的平均速度是_____.若物体在前一半位移以 9.0m/s 的速度作匀速运动,后一半位移以 6.0m/s 的速度作匀速运动,则物体在这段位移中的平均速度是_____.

解:应分别填 7.5m/s 和 7.2m/s.

说明:设物体运动的总时间为 t ,总位移为 s ,则

$$(1) v = \frac{s}{t} = \frac{0.5tv_1 + 0.5tv_2}{t}; \quad (2) v = \frac{s}{\frac{s/2}{v_1} + \frac{s/2}{v_2}}$$

六、变速直线运动 加速度

例1 一起重机在竖直向上吊运物体时的速度变化如下表所示.

t (s)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v (m/s)	0	0.25	0.5	0.75	1	1.2	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8	0

(1) 重物在向上吊运的过程中,在 0~2s 内,物体每隔____s 速度_____,因此这时该物体做_____;在 2s~5s 内,物体每隔____s 速度_____,因此这时物体做_____;在 5s~8s 内,物体_____;在 8s~10s 内,每隔____s 速度_____,因此最后 2s 内该物体做_____.

(2) 分别求出各段时间内物体的加速度和速度的变化情况:

0~2s, $a_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, 速度_____;

2s~5s, $a_2 = \underline{\hspace{2cm}}$, 速度_____;

5s~8s, $a_3 = \underline{\hspace{2cm}}$, 速度_____;

8s~10s, $a_4 = \underline{\hspace{2cm}}$, 速度_____.

解:(1) 依次填出:0.5,都增加 0.25m/s,匀加速直线运动;1,都增加 0.2m/s,匀加速直线运动;速度不变,做匀速直线运动;1,减小 0.8m/s,匀减速直线运动.

(2) 依次填出:0.5m/s²,由 0→1m/s; 0.2m/s²,由 1m/s→1.6m/s; 0,保持 1.6m/s 不变;-0.8m/s²由 1.6m/s→0.

说明:由速度变化与时间的比值得到加速度,由此可知物体的运动状态.

例2 关于加速度，下列说法中正确的是：

- (A) 加速度表示速度“增加”。 (B) 加速度表示速度“变化”。
(C) 加速度表示速度变化快慢。 (D) 加速度表示速度变化大小。

解：应选 (C)。

说明：快慢与时间有关，而大小和增加都与时间没有直接关系。

七、匀变速直线运动的速度

例1 一列火车行驶时的速度是 15m/s ，关闭发动机后，开始做匀减速运动， 6s 末的速度是 12m/s ，求：

- (1) 火车的加速度；(2) 15s 末的速度；(3) 45s 末的速度。

解：(1) 火车的加速度为

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{12 - 15}{6} \text{m/s}^2 = -0.5 \text{m/s}^2.$$

(2) 15s 末的速度为

$$v_t = v_0 + at = [15 + (-0.5) \times 15] \text{m/s} = 7.5 \text{m/s}.$$

(3) 火车从关闭发动机到停止的时间是

$$t = \frac{v_t' - v_0}{a} = \frac{0 - 15}{-0.5} \text{s} = 30 \text{s}.$$

所以火车在 45s 末的速度是零。

说明：物体做匀减速运动时，要注意加速度和初速度的方向相反，还要注意运动物体停止的时间。

例2 根据图 2-2 所示的速度图像求： $t_1 = 7\text{s}$ ， $t_2 = 12\text{s}$ 时的瞬时速度。

解： $a_{0-10} = \frac{v_{10} - v_0}{t} = \frac{20 - 0}{10} \text{m/s}^2 = 2 \text{m/s}^2.$

7s 时的速度是 $v_7 = v_0 + a_{0-10}t = 2 \times 7 \text{m/s} = 14 \text{m/s}.$

$$a_{10-15} = \frac{v_{15} - v_{10}}{t} = \frac{0 - 20}{5} \text{m/s}^2 = -4 \text{m/s}^2;$$

12s 时的速度是 $v_{12} = v_{10} + a_{10-15}t = [20 + (-4) \times 12] \text{m/s} = 12 \text{m/s}.$

说明：根据图像，先求物体的加速度。加速度值等于运动图像的斜率。

例3 已知某质点的速度方程 $v_t = 100 - 4t$ (m/s)，由方程知该质点做_____运动；初速度 $v_0 =$ _____；加速度 $a =$ _____。经过_____s，质点的速度等于零。

解：应分别填：匀减速； 100m/s ； -4m/s^2 ；25。

说明：将方程 $v_t = 100 - 4t$ 与速度方程 $v_t = v_0 + at$ 各对应部分进行比较即知。

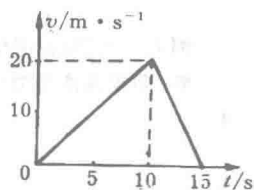


图 2-2

八、匀变速直线运动的位移

例1 矿井里的升降机从静止开始作匀加速运动，经过 3s ，它的速度达到 3m/s ；然后作匀速运动，经过 6s 后，作匀减速运动，再经 3s 停止。求升降机上升的高度，并画出它的速度图像。

解：匀加速运动时 $a_1 = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{3 - 0}{3} \text{m/s}^2 = 1 \text{m/s}^2,$

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 3^2 \text{m} = 4.5 \text{m}.$$

匀速运动时

$$s_2 = v_2 t_2 = 3 \times 6 \text{m} = 18 \text{m}.$$

匀减速运动时

$$a_2 = \frac{v_3 - v_2}{t_2} = \frac{0 - 3}{3} \text{m/s}^2 = -1 \text{m/s}^2.$$

$$s_3 = v_2 t_3 + \frac{1}{2} a_2 t_3^2 = 3 \times 3 + \frac{1}{2} \times (-1) \times 3^2 = 4.5 (\text{m}).$$

所以

$$H = s_1 + s_2 + s_3 = (4.5 + 18 + 4.5) \text{m} = 27 \text{m}.$$

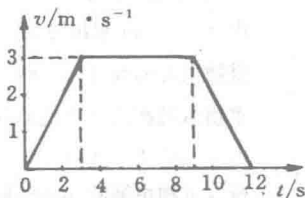


图 2-3

速度图象如图 2-3.

说明:解答该题时要分清三个不同的运动过程,明确匀减速运动时加速度方向与速度方向相反.

例 2 物体 A 作匀速运动, $v_A=4\text{m/s}$, 2s 后, 物体 B 从同一位置与 A 同方向作匀加速运动, $v_0=0$, $a=2\text{m/s}^2$, 求:

(1) B 出发后, 经过多少时间追上 A?

(2) B 追上 A 时, 离出发点多远?

(3) 追上 A 之前, A、B 之间的最大距离是多少?

解: (1) 设 B 运动 t 秒后追上 A, 根据题意, B 追上 A 时应有:

$$v_A(t+2) = \frac{1}{2}at^2,$$

代入数据有
$$4(t+2) = \frac{1}{2} \times 2t^2,$$

$$t = (2+2\sqrt{3})\text{s} = 5.46\text{s}.$$

(2) B 追上 A 时, 离出发点的距离是

$$s = v_A(t+2) = [4 \times (2+5.46)]\text{m} = 29.9\text{m}.$$

(3) A、B 距离最远时, 应有 $v_A = v_B$, 即 $4 = 2t$, $t = 2\text{s}$, 这时 $s_{AB} = s_A - s_B = 12\text{m}$.

说明: B 刚开始运动时, A 已运动了一段距离, 因为 B 的速度是从零开始逐渐变大的, 在 $v_B < v_A$ 时, AB 间的距离仍在增大, 只有当 $v_B > v_A$ 时, AB 间的距离才会逐渐减小, 所以当 $v_B = v_A$ 的瞬间, s_{AB} 达到最大.

九、自由落体运动 * 十、竖直上抛运动

例 1 一只球自屋檐自由下落, 在 Δt 为 0.25s 内通过窗口, 窗高 2m. 问窗顶距屋檐多少米?

解: 设窗顶离屋檐距离为 h , 球落到窗顶处速度为 v_1 , 落到窗底时速度为 v_2 , 则由自由落体运动规律可得:

$$v_1 = gt_1, \quad (1)$$

$$v_2 = g(t_1 + \Delta t), \quad (2)$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g(\Delta h). \quad (3)$$

将(1)、(2)两式平方代入(3)式得: $g^2(t_1 + \Delta t)^2 = g^2t_1^2 + 2g(\Delta h)$.

代入数据后解得 $t_1 = 0.675\text{s}$.

所以 $h = gt_1^2/2 = 10 \times 0.675^2/2\text{m} = 2.28\text{m}$.

说明: 把小球运动分为落至窗顶和落至窗底两个过程, 列出 v_1 的 v_2 的关系式, 然后通过运动学中的推论, 找出 v_1 和 v_2 的联系, 从而求出 t_1 . 此题还可以利用中间时刻的速度等于这段位移的平均速度的性质来解, 解法较为简单.

* 例 2 气球以 4m/s 的初速度坚直上升, 气球下悬一重物, 上升到 217m 高处时, 系住重物的绳子断了, 从这时算起, 重物要经过多少时间才能到达地面? (g 取 10m/s^2 , 不计空气阻力)

解: 绳断时, 重物以 4m/s 的速度做坚直上抛运动,

由 $v_t = v_0 - gt_1$ 求出时间 $t_1 = (0 - 4)/(-10)\text{s} = 0.4\text{s}$.

重物上升的高度 $h_1 = v_0t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = 4 \times 0.4 - \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2 = 0.8(\text{m})$.

重物由最高点落至地面的总高度是 $h = h_1 + h_2 = 217 + 0.8 = 217.8(\text{m})$.

由 $h = gt_2^2/2$, 求得 $t_2 = \sqrt{2h/g} = \sqrt{2 \times 217.8/10} = 6.6(\text{s})$.

所以重物由绳断起至落地的时间为 $t = t_1 + t_2 = 0.4 + 6.6 = 7(\text{s})$.

说明: 此解是按重物上升和下落两个过程来解的.

由于 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 是位移公式, 重物由绳断开始至落到地面的位移为 -217m (取向上为正方向), 所以

用 $s = -217\text{m}$, $a = -10\text{m/s}^2$ 代入位移公式计算较为简便.

十一、曲线运动 *运动的合成 *十二、平抛物体的运动

例 1 如图 2-4 所示, 一个大轮通过皮带带动一个小轮转动, 皮带和两个轮之间没有滑动, 大轮的半径是小轮半径的 2 倍, 小轮半径为 R . P 、 Q 分别是小轮与大轮边缘上的一点, S 点在大轮上距圆心为 R . 若小轮转动的角速度是 ω , 那么, 试填出三点的线速度和角速度:

$$v_P = \underline{\hspace{2cm}}, v_Q = \underline{\hspace{2cm}}, v_S = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$\omega_P = \underline{\hspace{2cm}}, \omega_Q = \underline{\hspace{2cm}}, \omega_S = \underline{\hspace{2cm}}.$$

解: 依次填出 $2\omega R$ 、 ωR 、 ωR ; 2ω , ω , ω .

说明: 线速度与角速度的关系是 $v = \omega R$. 因为皮带与两轮之间没有滑动, 所以 P 和 Q 的线速度相等.

***例 2** 河水流速 $v = 4\text{m/s}$, 一只汽艇要沿与下游成 30° 夹角的直线从 A 航行到 B , 如图 2-5 所示, 要使汽艇对水的速度最小, 求:

(1) 汽艇对水的速度方向与下游河岸所成的夹角.

(2) 这个最小速度有多大?

解: 由图 2-6 所示, 根据正弦定理: $\frac{v_{\text{艇}}}{\sin 30^\circ} =$

$\frac{4}{\sin \theta}$, 要使 v 最小, $\sin \theta = 1$, $\theta = 90^\circ$. 所以 v 的速度方向与下游河岸成 120° 角, 此时 $v_{\text{艇}} = 4\sin 30^\circ = 2\text{m/s}$.

说明: 汽艇实际航行的速度是合速度, 汽艇相对水的速度与水的速度是两个分速度, 它们都是矢量, 关系满足平行四边形定则.

***例 3** 以 18m/s 的速度水平抛出的小球落地时速度方向与竖直方向成 37° 角. 求: (1) 小球落地时速度的大小? (2) 小球在空中飞行的时间? (不计空气阻力, $g = 10\text{m/s}^2$)

解: (1) 先画出小球抛出后运动的简图, 如图 2-7. 末速度 v_t 的水平分量为 v_x , $v_x = v_t \cos 53^\circ$, 所以小球落地的速度大小 $v_t = \frac{v_x}{\cos 53^\circ} = 30\text{m/s}$.

(2) 小球竖直方向的分量 $v_y = v_t \sin 53^\circ = 24\text{m/s}$, 而 $v_y = gt$, 由此可得 $t = 2.4\text{s}$.

说明: 平抛物体在运动过程中, 水平方向的分速度大小不变; 竖直方向的分速度由运动时间或在竖直方向上的位移决定.

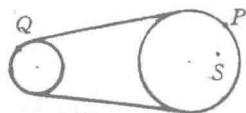


图 2-4

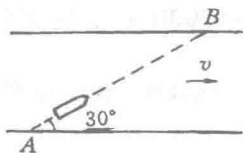


图 2-5

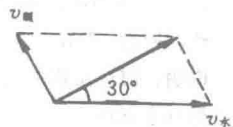


图 2-6

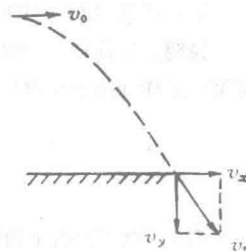


图 2-7

第三章 牛顿运动定律

一、矢量 同一直线上的矢量运算

例 1 下列各组中的物理量全属于矢量的是:

(A) 力、路程、速度.

(B) 速度、时间、位移、动量.

(C) 加速度、冲量、力、位移. (D) 质量、加速度、力.

解: 应选 (C).

说明: 矢量既有大小, 又有方向, 运算服从平行四边形定则. 标量只有大小、没有方向.

例 2 下面给出的各个力中最大的是:

(A) 5N. (B) -10N . (C) 0. (D) 3N.

解: 应选 (B).

说明: 凡是矢量, “ $-$ ”号只表示其方向, 不能混同于数学上的负值.

二、牛顿第一定律

例 1 关于物体的惯性, 下列说法正确的是:

(A) 物体只有做匀速直线运动或保持静止状态时才具有惯性.

(B) 物体只有在不受外力作用时才有惯性.

(C) 物体在受外力作用时, 运动状态发生变化时才具有惯性.

(D) 一切物体, 不论运动状态怎样, 均具有惯性.

解: 应选 (D).

说明: 惯性是物体的一种固有属性, 不论物体是否运动, 是否受到外力作用, 也不论物体处于什么环境, 都具有惯性.

例 2 下面结论可由牛顿第一定律得出的是:

(A) 一切物体都具有惯性.

(B) 质量大的物体惯性大.

(C) 力不是维持物体运动状态的原因.

(D) 力是物体运动状态改变的原因.

解: 应选 (A)、(C)、(D).

说明: 牛顿第一定律指出一切物体都具有惯性, 并确立了力的含意, 至于惯性与质量之间的关系, 牛顿第一定律并没有反映出来.

三、运动状态的改变

例 1 以下说法正确的有:

(A) 作曲线运动的物体运动状态一定会发生变化.

(B) 速度大的物体运动状态容易改变.

(C) 作直线运动的物体运动状态一定不发生变化.

(D) 运动物体具有加速度, 说明其运动状态一定发生了变化.

解: 应选 (A)、(D).

说明: 物体运动状态是否改变, 看其速度的大小、方向是否发生变化. 物体运动状态会不会变化, 取决于是否受外力作用.

例 2 关于物体运动状态改变的理解, 下列说法正确的有:

(A) 受恒力作用的物体运动状态一定不改变.

(B) 受变力作用的物体运动状态一定改变.

(C) 物体作匀速率运动时运动状态一定不变.

(D) 物体以匀速率运动时运动状态可能改变.

解: 应选 (B)、(D).

说明: 物体受恒力作用具有加速度, 运动状态要发生变化. 物体以匀速率运动但速度方向变化 (如匀速圆周运动) 时, 运动状态也发生变化.

四、牛顿第二定律

例 1 总质量为 M 的一列火车, 在恒定的牵引力作用下在水平轨道上匀速前进, 中途有质量为 m 的尾部车厢脱钩, 当司机发现时前部分列车已驶过 l 的距离, 司机当即关闭发动机. 求两部分列车停止时相距多远? (列车所受阻力与车重成正比)

解: $F_{\text{牵}} = f_{\text{阻}} = kMg$. (k 为阻力系数)

脱钩后 m 作匀减速运动, 滑行距离 $l_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2kg}$.

脱钩后 $(M-m)$ 先作匀加速直线运动, $a_2 = \frac{F_{\text{牵}} - k(M-m)g}{M-m} = \frac{kmg}{M-m}$.

当加速 l 距离时 $v_1^2 = v_0^2 + 2a_2l = v_0^2 + \frac{2kmgl}{M-m}$.

关闭发动机后 $(M-m)$ 作加速度为 $a_3 = kg$ 的匀减速直线运动, 滑行距离

$$l_2 = \frac{v_1^2}{2a_3} = \frac{v_0^2}{2kg} + \frac{ml}{M-m}.$$

两部分列车相距 $\Delta l = l_2 + l - l_1 = \frac{Ml}{M-m}$.

说明: 本题还可以用动能定理或图像法解. 或者用功能补偿法解.

例 2 木块质量为 8kg , 放在有摩擦的水平地面上, 在 2N 水平拉力作用下, 从静止开始作匀加速直线运动, 经 5s 后位移为 2.5m . (1) 木块运动的加速度多大? 5s 末木块的速度多大? 所受摩擦力多大? (2) 如果木块从静止开始运动 5s 后又加一水平阻力, 木块继续前进 5m 停止, 则所加阻力多大? 木块从开始运动到停止运动这段时间内的平均速度多大?

解: (1) 由 $s = \frac{1}{2}a_1t_1^2$ 得 $a_1 = 0.2\text{m/s}^2$.

由 $v_1 = a_1t_1$ 得 $v_1 = 1\text{m/s}$.

由 $F - f_1 = ma$ 得 $f_1 = 0.4\text{N}$.

(2) 由 $v_1^2 = v_1^2 + 2a_2s_2$ 得 $a_2 = -0.1\text{m/s}^2$.

由 $F - f_1 - f_2 = -ma_2$ 得 $f_2 = 2.4\text{N}$.

$s_{\text{总}} = s_1 + s_2 = 7.5(\text{m})$, 而 $t_1 = 5\text{s}$, $t_2 = \frac{v_1}{a_2} = 10\text{s}$, 所以 $t_{\text{总}} = 15\text{s}$.

由 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 得 $\bar{v} = 0.5\text{m/s}$.

说明: 力和加速度的关系是瞬时关系, 当物体受到不等于零的合外力作用时, 立即产生加速度, 一旦合外力发生变化, 加速度随之变化. 当物体作变加速运动时, 必须根据平均速度的定义式 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 求, 而不能误用 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_1}{2}$.

例 3 一物体以 v_0 的初速度沿倾角为 45° 的斜面向上运动, 返回原处时速度减小为 v , 求物体与斜面间的动摩擦因数.

解: 物体向上运动时, 加速度大小 $a_1 = g\sin 45^\circ + \mu g\cos 45^\circ$.

由 $v_0^2 = v_0^2 - 2a_1s$ 得 $s = \frac{v_0^2}{2a_1}$.

物体向下运动时, 加速度大小 $a_2 = g\sin 45^\circ - \mu g\cos 45^\circ$.

同理得 $s = \frac{v^2}{2a_2}$, 所以 $\frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2a_2}$.

综合上述几式得 $\mu = \frac{v_0^2 - v^2}{v_0^2 + v^2}$.

说明: 物体上行和下滑过程中所受的摩擦力的方向发生变化, 导致 $F_{\text{合}}$ 发生变化, 解题时必须分阶段处理.

五、牛顿第三定律

例 1 根据牛顿第三定律判断下列说法, 正确的是:

- (A) 人走路时脚向后蹬地, 地对人有一个向前的力, 只有这个力大于脚蹬地的力, 人才能前进.
- (B) 以卵击石, 卵破碎的原因是因为石头对卵的作用力大于卵对石头的作用力.
- (C) 施力物体, 同时也一定是受力物体.
- (D) 甲主动推乙, 甲对乙的作用力比乙对甲的反作用力时间在先.

解: 应选 (C).

说明: 力的作用是相互的, 作用力与反作用力同时存在、同时变化、同时消失, 且是同种性质的力.

例 2 如图 3-1 所示, 光滑水平地面上木块 A 和 B 在水平推力作用下, 以加速度 a 作匀加速直线运动, 木块 A 和 B 质量分别为 m_1 和 m_2 , 两者之间用轻质弹簧相连, 某时刻撤去外力, 则该瞬间 A 的加速度 a_1 和 B 的加速度 a_2 分别为 (以运动方向为正方向):

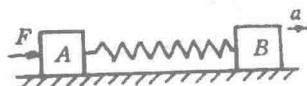


图 3-1

- (A) $a_1 = a_2 = 0$.
- (B) $a_1 = 0, a_2 = a$.
- (C) $a_1 = -\frac{m_2}{m_1}a, a_2 = a$.
- (D) $a_1 = -\frac{m_2 a}{m_1 + m_2}, a_2 = \frac{m_2 a}{m_1 + m_2}$.

解: 应选 (C).

说明: 在撤去水平力 F 的瞬间, 物体 B 仍受到弹簧的作用, 大小 $F_{\text{弹}} = m_2 a$. 根据牛顿第三定律, 物体 A 同时受到弹簧对其的反作用力, 力的方向向左, 故 $a_1 = -\frac{F_{\text{弹}}}{m_1} = -\frac{m_2 a}{m_1}$.

六、物体受力分析

例 1 如图 3-2 所示, 悬线竖直绷紧, 斜面光滑, 球与斜面相接触, 下列说法正确的是:

- (A) 斜面对小球没有支持力.
- (B) 斜面对物体有支持力.
- (C) 小球受重力、线的拉力及斜面的支持力作用.
- (D) 小球受重力、线的拉力作用.

解: 应选 (A)、(D).

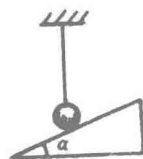


图 3-2

例 2 如图 3-3 所示, 在运动着的皮带输送带上, 有一个相对于皮带静止的物体, 其质量为 m , 则关于物体所受摩擦力的说法中, 正确的是:

- (A) 物体 m 肯定不受摩擦力作用.
- (B) 物体 m 一定受到水平向右的摩擦力作用.
- (C) 物体 m 一定受到水平向左的摩擦力作用.
- (D) 以上情况均有可能产生.

解: 应选 (D).

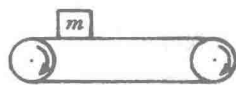


图 3-3

说明: 分析物体是否受到外力作用, 关键看其运动状态是否发生变化.

七、牛顿定律的应用 (一)

例 1 一木块在拉力 F 的作用下沿倾角 $\theta = 37^\circ$ 的斜面从静止开始向上滑行. 已知拉力 F 与斜面平行, 大小与重力相等, 木块与斜面间的动摩擦因数为 $\mu = 0.2$. 求木块运动到 10s 末时的速度和位移的大小.

解: 作木块的受力图, 如图 3-4. 取沿斜面向上为正方向, 采用正交分解的方法, 分别列方程: