

高中物理复习补充材料

北京教育学院教材教研部物理组编

说 明

1978年全国高等学校招生考试复习大纲所列物理内容中，某些部分是北京物理教材所缺少的和讲解的深度广度不足的。现将其中主要部分编成这本复习补充材料，供本届考生复习之用。

编写这本材料时间仓促，选材和内容处理都比较粗糙。在编写过程中有实验中学、172中、清华附中、2中、80中的部分老师参加。

第一节 摩 擦 力

摩擦现象在日常生活和生产中是普遍存在的。产生摩擦力的原因很复杂，一般认为是由接触面粗糙不平和分子之间的引力所引起。摩擦分为三种：滑动摩擦、静摩擦和滚动摩擦。

一、滑动摩擦：一个物体，当它在另一个物体的表面上滑动时，总要受到一个阻碍滑动的力的作用，这种力叫滑动摩擦力，滑动摩擦力的方向总是跟物体的运动方向相反。从实验得出：在一般情况下滑动摩擦力的大小与正压力成正比，跟接触面的情况有关，跟接触面积的大小无关。与滑动速度无关。即 $f = KN$ ， f ：滑动摩擦力， K ：滑动摩擦系数， N ：正压力。

注意：正压力（ N ）是指垂直于接触面的力，不一定等于重力； $K = \frac{f}{N}$ 即单位正压力所引起的摩擦力的大小，它反映了接触面的性质。如：钢和钢，铁和铁，木和木，钢和冰的摩擦系数分别为0.17，0.3，0.2—0.4，0.02。

二、静摩擦：互相接触的物体，虽然还没有相对滑动，但在外力作用下，有相对运动的趋势，这时在它们之间也要产生摩擦力，因为这种摩擦力阻止物体开始运动，所以叫静摩擦力。静摩擦力的方向总是跟运动趋势的方向相反。

当物体不滑动时，静摩擦力的大小是随着外力的增大逐渐增大的，当外力增大到一定数值时，物体开始滑动，这个摩擦力的数值叫做最大静摩擦力，在数值上等于使物体开始

运动的最小拉力（或推力）

三、滚动摩擦：如果一个轮子，一个圆柱体或一个球体在另一个物体上滚动，这时的摩擦叫滚动摩擦。实验证明：滚动摩擦比滑动摩擦小得多。

作 业

1. 物体所受的摩擦力是否一定与物体运动方向相反？摩擦力是否有反作用力？反作用力是什么力？

2. 分析图1所示各情况中，正压力和摩擦力各等于什么？（摩擦系数均为 K ）。

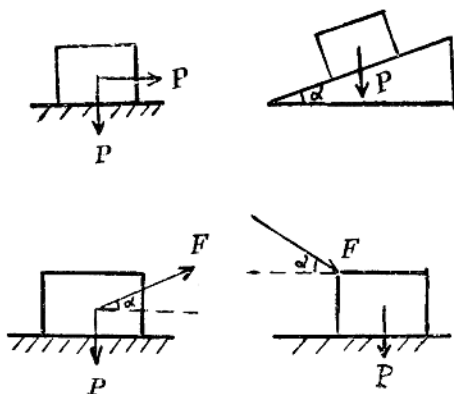


图 1

3. 如图2所示，B物体在力 F 作用下，向前运动时，A物体开始在B上产生滑动。试分析此时，物体A所受摩擦力的方向。

4. 为了使重40公斤的桌子从原地移动，至少对它加20公斤水平的拉力，桌子从原来地方移动以后，为了使它继续

作匀速运动，只要加15公斤的力就行了，求静摩擦力的最大值和滑动摩擦系数。（ $f_{\text{静}} = 20$ 公斤 $K = 0.375$ ）

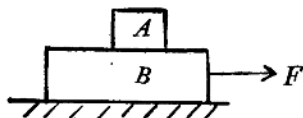


图 2

5. 在与水平成 θ 角的斜面上放置的木箱正在匀速下滑，求木箱与斜面间的滑动摩擦系数。（ $\tan \theta$ ）

6. 在两块竖直木板中间，夹着一个5公斤的四方木块，所用的压力是15公斤，木板和木块间的摩擦系数是0.2。想从下边拿出这个木块，需要多大的力？想从上边把它拿出来，需要多大的力？（1公斤，11公斤）

7. 质量为 M 的物体，放在水平地面上。物体跟地面间的摩擦系数为 K ，用跟水平面成 α 角的绳沿斜上方拉物体，或用跟水平面成 α 角的力沿斜下方推物体，使它作匀速运动时，哪个省力？为什么？

8. 滑冰者停止用力后在平滑的冰面上前进80米后停止，若滑冰者体重60公斤，摩擦系数等于0.015，求摩擦力和初速度？（ $f = 0.9$ 公斤， $v_0 = 4.88$ 米/秒）

9. 如图3所示；一个重10公斤的物体，由 $1/4$ 的圆形

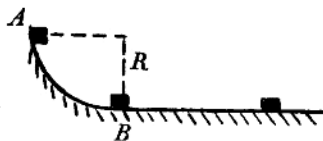


图 3

轨道上端 A 点从静止开始滑下，到底部 B 点时速度为 2.8 米/秒，然后在平面上滑了 1 米停下来，若圆形轨道半径为 0.5 米（如图），求物体从圆形轨道上端滑至下端克服摩擦消耗的能量及物体和平面间的摩擦系数。（ 9.8 焦耳， 0.4 ）。

第二节 物体受力的分析和隔离法

在运用牛顿三定律和匀变速直线运动三公式来处理力学问题时，正确地分析物体受力的情况具有特别重要的意义。在复杂的力学问题中，往往涉及几个物体间的相互作用，而其中每一个物体又同时受到几个物体对它的作用力。当我们处理这种力学问题时，一般可采用这样几个步骤来进行：

（1）要从相互联系着的各物体中明确所研究的是哪个物体。（2）分析被研究的这一物体受到的所有作用力。即只考虑周围物体对这一物体的作用力，而不考虑这一物体对周围物体的作用力。（3）对于作用在这个物体上的每个力，按照它的大小、方向和作用点做出力的图示。（4）根据物体运动状态确定加速度的方向，根据加速度方向确定合力的方向；或者由合力方向确定加速度的方向及物体的运动状态。

以上将所要研究的物体从互相关连的各个物体中隔离出来，进行受力分析的方法叫做隔离法。利用隔离法对物体进行受力分析是很方便的，特别是对于几个物体互相连接，研究其中任一物体的受力时，更为有效。因此它是力学中非常重要的方法，是在整个物理学中都用到的基本方法。

运用隔离法分析物体的受力时，根据研究对象，可隔离出

一个物体，也可以隔离出相连接的两个乃至几个物体，即把两个或几个物体看作一个物体。此时，它们之间的作用力为内力，就不加考虑了。

在解题时，首先根据牛顿第二定律的公式列出这一物体的运动方程。方程中的力为这一物体受到的所有力的合力，质量为这一物体的质量，加速度为这一物体在合力作用下所产生的加速度。然后，将同一单位制的已知量代入方程，求出未知量。如果求互相关连的两个物体间的作用力，就需分别用隔离法列出两个运动方程联立起来求解。

例题 1 用起重机吊起 2 吨重的物体〔图 4 (甲)〕。求在下列几种情况下钢丝绳对重物的拉力各是多大。(1) 重物以 0.4 米/秒^2 的加速度匀加速上升；(2) 重物匀速上升；(3) 重物以 0.4 米/秒^2 的加速度匀减速上升。

解：明确所研究的物体是 2 吨重的重物。重物受到两个力的作用：一个是地球对它向下的吸引力即重力 W ；另一个是钢丝绳对它向上的拉力 F 。作出重物的受力分析图，如图 4 所示。

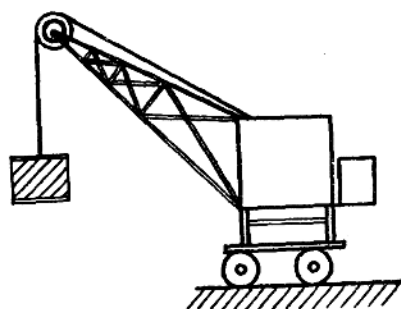
(1) 重物匀加速上升时〔图 4 (乙)〕，加速度的方向向上，故合力的方向也向上，这时 $F > W$ ，牛顿第二定律可写成

$$F - W = ma.$$

$$\begin{aligned} F = W + ma &= 2000 \times 9.8 + 2000 \times 0.4 \\ &= 20400 (\text{牛顿}) = 2082 (\text{公斤}). \end{aligned}$$

(2) 重物匀速上升时〔图 4 (丙)〕，牛顿第二定律可写成

$$F - W = 0.$$



(甲)

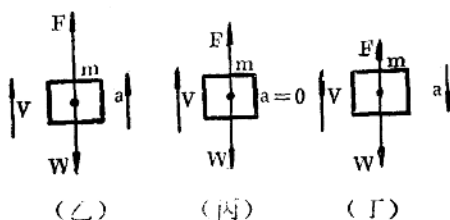


图 4

所以 $F = W = 2000$ (公斤)。

(3) 重物匀减速上升时，加速度的方向与速度方向相反，是向下的。因此，合力的方向也必然是向下的〔图 4 (丁)〕。这时 $F < W$ ，牛顿第二定律可写成

$$W - F = ma.$$

所以 $F = W - ma = 2000 \times 9.8 - 2000 \times 0.4$
 $= 18800$ (牛顿) $= 1918$ (公斤)。

答：重物以 0.4 米/秒² 的加速度匀加速上升时，钢丝绳对重物的拉力是 2082 公斤。匀速上升时拉力是 2000 公斤。以 0.4 米/秒² 的加速度匀减速上升时，拉力是 1918 公斤。

例题 2 解放牌载重汽车的载重量为 4 吨，汽车自重 3.7 吨，后边挂着一个拖车，载重量 3 吨，自重 1.5 吨，现在以 0.2 米/秒^2 的加速度前进，运动的阻力是车重的 0.05 倍。汽车和拖车各受到哪些力？这些力分别等于多少？（计算时可取 $g = 10 \text{ 米/秒}^2$ 。）

解：汽车后边挂着拖车，是一个比较复杂的问题，可采取隔离的方法，将汽车和拖车隔离为两部分，分别分析每一部分的受力情况，再根据牛顿第二定律列出方程式求解。

（1）分别作出汽车和拖车的受力分析图。由图中可知，拖车共受四个力，竖直方向受两个力：一个是拖车的重

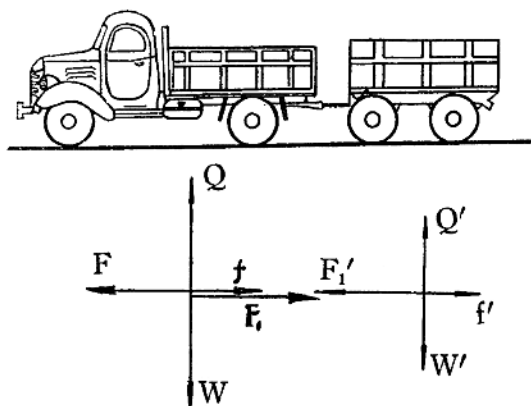


图 5

量 W' ；另一个是地面对拖车的支持力 Q' 。水平方向受两个力：一个是拖车受到的摩擦阻力 f' ；另一个是汽车对拖车的牵引力 F_1' 。拖车竖直方向的二力平衡，所以，

$$Q' = W' = 3 + 1.5 = 4.5 (\text{吨}) = 4500 (\text{公斤})。$$

摩擦阻力为:

$$f' = 0.05W' = 0.05 \times 4500 = 225(\text{公斤})。$$

拖车在水平方向二力作用下产生加速度, 根据牛顿第二定律,

$$F_1' - f' = ma,$$

得

$$F_1' = f' + ma = 225 + \frac{4500 \times 0.2}{10} = 315(\text{公斤})。$$

(2) 用上述方法来分析汽车, 可知汽车共受到五个力。竖直方向受两个力: 汽车的重量 W 和地面对汽车的支持力 Q 。水平方向受三个力: 汽车受到的摩擦阻力 f , 发动机的牵引力 F , 拖车对汽车的拉力 F_1 。 F_1 为 F_1' 的反作用力, 所以它的大小为

$$F_1 = F_1' = 315(\text{公斤})。$$

$$Q = W = 4 + 3.7 = 7.7(\text{吨}) = 7700(\text{公斤})。$$

$$f = 0.05W = 0.05 \times 7700 = 385(\text{公斤})。$$

根据牛顿第二定律

$$F - F_1 - f = ma,$$

得

$$F = F_1 + f + ma = 315 + 385 = \frac{7700 \times 0.2}{10} = 854(\text{公斤})。$$

答: 汽车受五个力: 发动机的牵引力 $F = 854$ 公斤, 摩擦阻力 $f = 385$ 公斤, 拖车对汽车的拉力 $F_1 = 315$ 公斤, 汽车重量 W 和地面对汽车的支持力 Q 都等于7700公斤。拖车受四个力: 汽车对拖车的牵引力 $F_1' = 315$ 公斤, 摩擦阻力 $f' = 225$ 公斤, 拖车重量 W' 和地面对拖车的支持力 Q' 都等于4500公斤。

例题3 如图6所示, m_1, m_2 用绳连接并跨过滑轮, m_1 为20

公斤, m_2 为 10 公斤, 定滑轮和绳的质量与轮轴和滑轮间的摩擦不计。试求绳的张力与两物体的加速度 (g 取 10 米/秒²)

解: 分别隔离 m_1 与 m_2 进行受力分析, 设张力为 T , m_1 与 m_2 的受力如图 7。

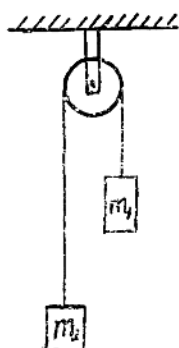


图 6

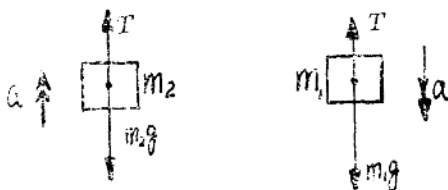


图 7

m_1 的加速度方向向下, m_2 的加速度方向向上。

根据牛顿第二定律得:

$$m_1 g - T = m_1 a \dots\dots\dots ①$$

$$T - m_2 g = m_2 a \dots\dots\dots ②$$

将①+②得

$$(m_1 - m_2) g = (m_1 + m_2) a$$

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{20 - 10}{20 + 10} \times 10 = 3.33 \text{ (米/秒}^2\text{)}$$

将 a 代入②式

$$T = m_2 (a + g) = 10(3.33 + 10) = 133.3 \text{ (牛顿)}$$

答: 绳受张力为 133.3 牛顿, m_1 、 m_2 的加速度分为 3.33 米/秒², m_1 的加速度向下, m_2 的加速度向上。

作 业

1. 一个3吨重的混凝土构件，用吊车把它吊往高处。研究下列几种情况下钢丝绳所承受的拉力。

(1) 构件在空中保持静止；

(2) 构件由静止开始匀加速上升，在0.5秒内速度增为15厘米/秒；

(3) 构件以2米/秒匀速上升；

(4) 构件匀减速上升，在1秒内速度由13厘米/秒减为10厘米/秒。

2. 一个60公斤的人站在升降机的底板上，求在下列两种情况下，人对升降机底板的压力。

(1) 升降机以1米/秒²的加速度加速上升；

(2) 升降机以1米/秒²的加速度加速下降。

3. 如图8所示， m_1 为1公斤， m_2 为0.5公斤， m_1 与桌面间的摩擦系数为0.4，求 m_1 与 m_2 的加速度和绳所受到的张力。（滑轮和绳的质量与轮轴摩擦不计）

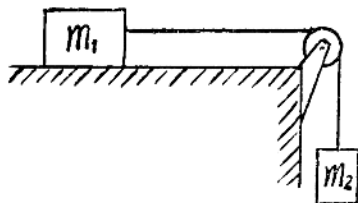


图 8

4. 以每秒20米/秒的速度行驶的汽车，载着100公斤的重物前进。紧急刹车前进10米停止，若重物与车箱底面的摩擦系数为0.2。求重物对车箱前挡板的压力。（重物靠近

前挡板)。

5. 如图9所示 已知 m_1 与 m_2 都是2公斤, 斜面是光滑的, 轮轴的摩擦以及绳和轮的质量不计, 求 m_1 、 m_2 的加速度和绳所受的张力。(图9中斜面倾角为 30°)

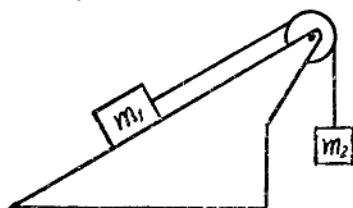


图 9

第三节 运动的合成

曲线运动是比直线运动更为复杂的运动。我们在研究复杂的运动时, 用分解的方法把所研究的运动看作两个或几个较简单的运动所组成的复合运动, 不仅能如实地反映客观实际, 而且研究起来也方便得多。

工厂里的天车起吊重物的运动, 常常就是同时对地面作着两个运动(如图10)。重物一面在竖直方向匀速提高了 OA 的高度, 一面在水平方向匀速移动了 OB 的距离, 实际上重物是沿着 OC 方向匀速运动到 C 点。这种由两个或两个以上的运动合成的运动叫做合运动, 组成合运动的各个运动叫做分运动。从分运动求合运动叫做运动的合成。反之, 从合运动求分运动叫做运动的分解。由图10可知, 以 OA 方向和 OB 方向两个分运动的路程为邻接边作平行四边形, 则平行

四边形的对角线 OC 就是合运动的路程。这叫做运动合成的平行四边形法则。显然,运动的分解也遵循平行四边形法则。

由运动的合成和分解的平行四边形法则,可以推知,速度的合成和分解也遵循平行四边形法则。速度和力都是矢量,一切矢量的合成和分解都遵循平行四边形法则。

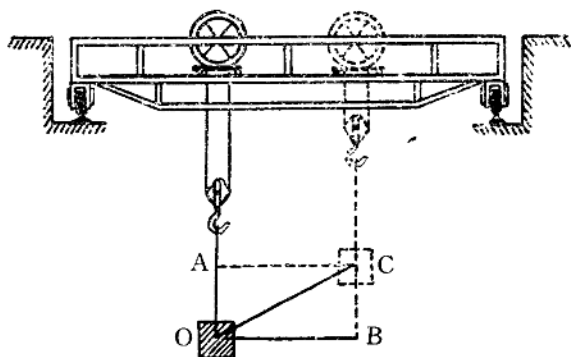


图 10

例题 河宽288米,河中水流的速度是1.2米/秒,要使小船能在3分钟内与河岸垂直地过渡到对岸,那么,小船应取多大的划行速度过河?此划行速度与河岸所成的角度是多大?

解: 水流速度和小船的划行速度是两个分速度,小船垂直于河岸的实际航行速度是上述两个分速度的合速度。已知一个分速(即水流速度) $V_1 = 1.2$ 米/秒,合速 $V = 288$ 米/180秒 $= 1.6$ 米/秒,可根据矢量合成和分解的平行四边形法则,求出小船的划行速度 V_2 。我们用1厘米长的线段代表1米/秒的速度,作平行四边形如图11所示。量度得出, $V_2 = 2$ 米/秒,

它与河岸所成的夹角 θ' 为 53° 。

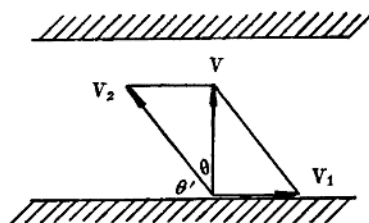


图 11

也可以利用计算的方法求解。设 θ 为 V_2 与 V 之间的夹角，则

$$\tan \theta = \frac{V_1}{V} = \frac{1.2}{1.6} = 0.75。$$

所以 $\theta = 37^\circ$

V_2 与河岸所成的夹角

$$\theta' = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

小船划行速度

$$V_2 = \frac{V_1}{\sin \theta} = \frac{V_1}{\sin 37^\circ} = \frac{1.2}{0.6} = 2 \text{ (米/秒)}。$$

上面例题是已知合速度的大小、方向，和一个分速度的大小和方向，求另一分速度的大小和方向；另一种情况是已知速度的大小、方向和两个分速度的方向，求两个分速度的大小。总之，从数学观点出发合速度，两个分速度，它们的大小和方向共 6 个量，只要知道任四个量，其他两个量就可以通过平行四边形法则求出。

另外，根据题目的需要把速度分解成互成直角的两个分速度是常见的。如图 12 所示，

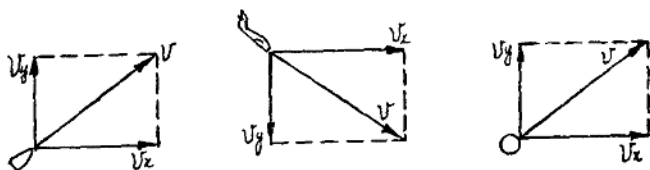


图 12

沿斜上方向射出的子弹

俯冲的飞机

斜上抛的物体

作 业

1. 江面上一只大轮船以11米/秒的速度向正东航行。船上一人以1.5米/秒的速度与航向成 60° 从船尾向船头偏北行走。求此人相对于地面的速度(大小,方向)(11.8米/秒,与河岸夹角 $6^\circ 21'$)

2. 已知河宽600米,匀速渡河时间为10分钟,船在静水中速度为2米/秒,设航行的路线始终和河岸垂直,求船头的航向和水流的速度?

3. 已知船的开行速度为10米/秒,水流速度为4米/秒,要争取在最短时间内渡过宽1200米的江面。船头的航向如何?

4. 飞机以300公里/小时的速度与水平方向成 60° 斜向上飞,求它在水平方向的分速度?(150公里/小时)

第四节 平抛物体的运动

物体具有一定的水平初速度,同时受到重力的作用,此时物体所做的运动就是平抛运动。为了研究方便,可以把平抛物体的运动分解成水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动。(图13)

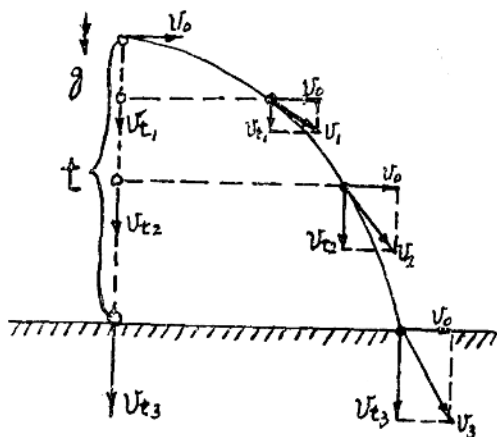


图 13

这两个分运动可以进行独立计算互不影响，但必须抓住它们在合运动中的联系即：

(1) 轨迹上每点的速度 v_1 、 v_2 、 v_3 等都是 v_0 与竖直方向在这时的即时速度的合成。

(2) 水平匀速直线运动和竖直自由落体运动是物体在空中的飞行的两个分运动。所以，分运动与合运动所经过的时间是同一时间。但决定时间长短的，还是竖直方向的自由落体运动。因为物体着地后，水平分运动也无法持续。

例题：在距地高20米的平台上以20米/秒的水平初速度抛一物体，若不计空气阻力求：(1) 物体在空中飞行的时间，(2) 落地时水平飞行的距离。(3) 2秒末的速度。

已知： $v_0 = 20$ 米/秒， $h = 20$ 米， $g = 10$ 米/秒²

求： $t = ?$ $s = ?$ $v_2 = ?$