

# 高考冲关丛书

江 苏 科 学 技 术 出 版 社

附2001年高考题型分析

# 3+X

# 物理

# 大综合

主编 周久璘 徐荣亮 朱建廉

新大纲  
新标准  
新思路

大综合  
大演练  
大冲关

# 高考冲关丛书

江苏科学技术出版社

物理

# 3+X 大综合

主编 周久璘 徐荣亮 朱建廉

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 主 编 | 周久璘 徐荣亮 朱建廉                         |
| 出 版 | 江苏科学技术出版社<br>(南京湖南路15号, 邮编: 210009) |
| 发 行 | 江苏省新华书店                             |
| 排 版 | 南京晨星印刷有限公司                          |
| 印 刷 | 大众科技印刷厂                             |
| 开 本 | 787 mm × 1092 mm 1/16               |
| 印 张 | 14.52                               |
| 字 数 | 320 000                             |
| 版 次 | 2001年7月第1版                          |
| 印 次 | 2001年7月第1次印刷                        |
| 印 数 | 1—12 000册                           |
| 书 号 | ISBN 7-301-3412-1/O · 041           |
| 定 价 | 16.80元                              |

图书中如有质量问题,可随时向发行单位退换。

**图书在版编目(CIP)数据**

3+X 大综合·物理 / 周久璘等主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2001. 7

(高考冲关丛书)

ISBN 7-5345-3412-7

I. 3... II. 周... III. 物理课—高中—升学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 048536 号

**高考冲关丛书**

**3+X 大综合·物理**

---

**主 编** 周久璘 徐荣亮 朱建廉

**责任编辑** 贾丽华

---

**出 版** 江苏科学技术出版社  
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

**发 行** 江苏省新华书店  
**排 版** 南京展望照排印刷有限公司  
**印 刷** 大众新科技印刷厂

---

**开 本** 787 mm×1092 mm 1/16

**印 张** 14.25

**字 数** 350 000

**版 次** 2001 年 7 月第 1 版

**印 次** 2001 年 7 月第 1 次印刷

**印 数** 1—15 000 册

---

**标准书号** ISBN 7-5345-3412-7/G·684

**定 价** 16.80 元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

# 前 言

2002 年高考,国家将采用新的 3+X 大综合的考试方式,高考的主要方向已越来越强调综合能力,越来越强调理论联系实际,越来越强调学以致用。为了帮助考生们复习迎考,我们特聘南师附中等名校的多位特级教师,精心编撰了这套《高考冲关丛书》。

“丛书”内容涉及高考新标准中要求的基本点和重点,既有各学科内的小综合、大综合,又有跨学科的大综合。“丛书”着重训练考生们分析、理解、解决问题的能力,通过分析、破解 100 多道有代表性的例题,使考生们在有限的时间内就能将中学要求掌握的各学科的核心知识、核心思想、典型题型以及主要的解题方法等作一重点回顾,以起到温故知新、使思维能力与综合能力更上一层楼的作用,发挥以一当十、以一当百的功用,达到举一反三、熟练应用的效果。

本书作者均为长期从事高三年级教学、具有丰富迎考复习经验的特级和高级骨干教师,经他们培养出来的学生步入清华、北大等名校的数量之多令人们惊叹不已!“丛书”倾注了他们多年教学研究的心血,他们把成功的经验毫无保留地传播出来,为广大考生提供实实在在的帮助。考生们通过剖析、领悟“丛书”100 多道具有代表性的典型例题的精妙解答,认真演练“丛书”提供的综合习题、模拟试卷,必能坦然走进考场,并一举冲关成功!

由于编写时间仓促,错误不当之处恳请读者提出宝贵意见。

编者

2001 年 7 月

在古城南京，有一所校龄近百年的历史名校，该校毕业的学生中产生了38位院士；每年的高考升学率接近100%；名牌大学的录取率在70%以上，这就是全国知名的中学——南京师范大学附属中学（简称南师附中）。常言道：名师出高徒，以南师附中特级教师、高级骨干教师为主精心编撰的《高考冲关丛书》，必能使更多像您这样的学子得到名师的指导，最终助您冲关成功！

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一单元 力 学(一)            | 1   |
| 一、问题讨论                 | 1   |
| 二、能力测试                 | 22  |
| 第二单元 力 学(二)            | 27  |
| 一、问题讨论                 | 27  |
| 二、能力测试                 | 58  |
| 第三单元 热 学               | 65  |
| 一、问题讨论                 | 65  |
| 二、能力测试                 | 95  |
| 第四单元 电 学(一)            | 101 |
| 一、问题讨论                 | 101 |
| 二、能力测试                 | 131 |
| 第五单元 电 学(二)            | 139 |
| 一、问题讨论                 | 139 |
| 二、能力测试                 | 158 |
| 第六单元 光学 原子和原子核         | 166 |
| 一、问题讨论                 | 166 |
| 二、能力测试                 | 186 |
| 模拟试卷 I                 | 192 |
| 模拟试卷 II                | 195 |
| 模拟试卷 III               | 198 |
| 模拟试卷 IV                | 203 |
| 2001 年高考理科综合能力测试物理试题分析 | 208 |
| 参考答案                   | 220 |

# 第一单元 力学(一)

## 一、问题讨论

**【问题 1】** 如图 1-1 所示,  $A$ 、 $B$  两物体叠放在水平面上, 在水平拉力  $F$  的作用下以共同的速度沿水平面向右做匀速直线运动。

(1) 试分析  $A$ 、 $B$  两物体的受力情况, 并画出受力分析示意图;

(2) 并对受力分析时判断受力与否的依据做出一般性的概括。

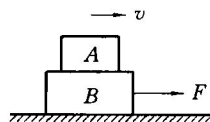


图 1-1

**【分析】** 物体受力情况分析是解决力学问题的基础, 甚至是涉及到其他物理学分支的有关问题, 有时如果不能对物体的受力情况作出准确的分析, 也将无法对问题给出最终的解答。而欲做好物体受力情况的分析, 首先应对力的概念及其相关内容有所了解。

(1) 力的概念。

力是物体对物体的作用。

(2) 力的基本特性。

① 物质性: 力是物体对物体的作用, 力不能脱离物体而独立存在, 一个力必然直接涉及到两个物体——施力物体与受力物体。

② 矢量性: 作为量化力的概念的物理量, 力不仅有大小, 而且有方向, 在力的合成与分解的运算中, 遵从的是平行四边形定则, 是矢量。

③ 瞬时性: 力作用在物体上必将产生一定的效果, 而所谓力的瞬时性特性, 则是指力与其作用效果是在同一瞬时产生的。

④ 独立性: 某个力的作用效果与其他力是否存在毫无关系, 只由该力本身的有关因素来决定。

⑤ 相互性: 力的作用总是相互的, 而相互作用的一对力之间总是满足大小相等、方向相反、作用线共线、分别作用于两个物体上、同时产生与消失、同种性质等关系。

(3) 力的作用效果及影响效果的因素。

力作用于物体时必将产生一定的效果。通常情况下, 力的作用效果有两种: 力的作用能使受力物体变形(存在形状发生变化), 力的作用能使受力物体变速(运动状态发生变化)。而影响力的作用效果的因素是力的大小、方向和作用点这三个要素。

(4) 常见力的产生条件及方向特征。(见下表)

| 力  | 产生条件                             | 方向特征                |
|----|----------------------------------|---------------------|
| 重力 | 物体处在地球附近                         | 总是竖直向下              |
| 弹力 | 物体与其他物体接触<br>接触处因挤、压、拉等作用而产生弹性形变 | 总与接触面垂直<br>总与形变方向相反 |

| 力   | 产生条件                                                             | 方向·特征                          |
|-----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 摩擦力 | 物体与其他物体接触<br>接触处因挤、压、拉等作用而产生弹性形变<br>相对于接触的物体有沿切线方向的相对运动(或相对运动趋势) | 总与接触面平行<br>总与相对运动或相对运动趋势方向相反   |
| 电场力 | 电荷处在电场中                                                          | 正(负)电荷所受电场力方向与该处的电场强度方向相同(反)   |
| 磁场力 | a. 磁极处在磁场中将受到磁场力作用                                               | $N(S)$ 极所受到的磁场力方向与该处的磁场方向相同(反) |
|     | b. 电流处在磁场中且与磁场方向不平行,将受到安培力作用                                     | 安培力方向用左手定则判断                   |
|     | c. 电荷在磁场中运动,且速度方向与磁场方向不平行,将受到洛伦兹力作用                              | 洛伦兹力方向用左手定则判断                  |

**【解答】** (1) 对于  $A$  物体的受力情况,可根据力的产生条件判断它所受到的重力  $G_1$  和支持力  $F_1$ ,而对于  $A$  物体是否受到  $B$  物体施加的静摩擦力作用,实际上是无法直接根据力的产生条件来判断的,因为无法直接判断  $A$  与  $B$  之间是否有“相对运动的趋势”,但考虑到  $A$  物体是做匀速直线运动的,所以根据力的作用效果可判断, $A$  物体不受静摩擦力作用. 对于  $B$  物体所受到的重力  $G_2$ 、压力  $F'_1$ 、支持力  $F_2$ 、拉力  $F$  及水平面给  $B$  物体的滑动摩擦力  $F'$  等,均可根据力的产生条件及题设条件作出肯定的判断,但  $B$  物体是否受到  $A$  物体施加的静摩擦力作用,一方面由于无法直接判断  $A$  与  $B$  间是否有相对运动趋势而无法根据力的产生条件来判断,另一方面又由于无法直接比较拉力  $F$  与水平面给  $B$  的滑动摩擦力  $F'$  间的大小关系而无法直接根据力的作用效果来判断,因此就只能根据力的相互性特征来判断了:由于  $A$  物体不受  $B$  物体施加的静摩擦力作用,所以  $A$  物体也不给  $B$  物体静摩擦力. $A$  与  $B$  的受力分析示意图如图 1-2 所示.

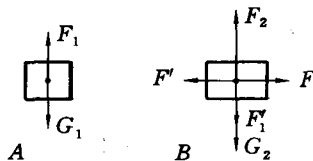


图 1-2

(2) 从上述分析中可以概括出判断受力与否的判据通常有:

判据 1: 根据力的产生条件来判断;

判据 2: 根据力的作用效果来判断;

判据 3: 根据力的基本特性来判断.

**【拓展】** 可将“问题 1”的题设条件作一般性的修改后再作进一步探讨. 例如:

(1)  $A$  与  $B$  共同做匀加速运动;

(2)  $A$  与  $B$  共同做匀减速运动;

(3) 使  $A$ 、 $B$  带上电并在电、磁场中运动.

**【问题 2】** 如图 1-3 所示,长为  $l$  的绝缘细线悬挂着一个带电小球  $A$ ,在悬点正下方  $l$  处又固定着另一带同种电荷的小球  $B$ . 当小球  $A$  处于静止时,线对小球  $A$  的拉力大小为  $F_1$ ;今使两小球带电量稍减少些,小球  $A$  再次静止时,线对其拉力大小为  $F_2$ ,则( ).

A.  $F_1 > F_2$

B.  $F_1 = F_2$

C.  $F_1 < F_2$

D. 无法确定

【分析】 这是一个物体在共点力作用下的平衡问题,分析求解时的依据是所谓的平衡条件:

$$\sum F = 0$$

但形如上式的平衡条件是一个矢量关系式. 在具体的运用中通常可有如下各种方法:

(1) 正交分解法.

这是平衡条件的最基本的应用方法,其实质就是将各外力间的矢量关系转化为沿两个坐标轴方向上的力的分量间的关系,从而变复杂的几何运算为相对简单的代数运算. 即

$$\sum F = 0 \rightarrow \begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

作为基本的应用方法,正交分解法的应用步骤为:

- ① 确定研究对象;
- ② 分析受力情况;
- ③ 建立适当坐标;
- ④ 列出平衡方程.

(2) 合成(分解)法.

如果物体受到力  $F$  和  $f_i (i=1, 2, \dots, n)$  的作用而处于平衡状态,则在利用平衡条件处理各个力之间的关系时可分别采用以下两种方法.

① 合成法:把各个  $f_i (i=1, 2, \dots, n)$  合成为

$$F = \sum_{i=1}^n f_i$$

则必有

$$F = -f$$

② 分解法:把  $F$  分解为  $F_i (i=1, 2, \dots, n)$ , 即

$$F = \sum_{i=1}^n F_i$$

总可以使

$$F_i = -f_i (i=1, 2, \dots, n)$$

(3) 拉密定理法.

如果物体受到如图 1-4 所示的共面的三个力作用而处于平衡状态,则平衡条件所给出的各力间的关系可以表示为:

$$\frac{F_1}{\sin \theta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{F_3}{\sin \theta_3}$$

这就是所谓的拉密定理.

(4) 多边形(三角形)法.

如果物体受到  $n$  个共面的力而处于平衡状态,则表示这  $n$  个力的  $n$  条有向线段可以依次首尾相接而构成一个封闭的“力的  $n$  边形”,特别是当  $n=3$  时,则将构成一个封闭的“力的三角形”.

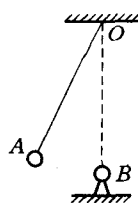


图 1-3

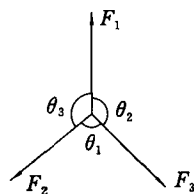


图 1-4

(5) 相似形法。

如果物体受到共面的力的作用而处于平衡状态,一方面表示这些力的有向线段将构成封闭的“力的多边形”,另一方面若存在着与之相似的“几何多边形”,则可以利用相似多边形的“对应边成比例”的特性来表现平衡条件中的各个力之间的关系。

(6) 共点法。

物体受到共面的力的作用而处于平衡状态,若表示这些力的有向线段彼此间不平行,则它们必将共点。

**【解答】** 现用最基本的正交分解法解答如下:小球 A 静止时受到重力  $mg$ 、线的拉力  $F$  和小球 B 所施加的库仑力  $F_e$ ,如图 1-5 所示。以水平方向为  $x$  轴,竖直方向为  $y$  轴建立直角坐标系,则线与  $y$  轴夹  $\theta$  角,则根据几何关系可判断,库仑力  $F_e$  与水平线夹角应为  $\frac{1}{2}\theta$ ,于是可得平衡方程:

$$\begin{aligned} F \sin \theta - F_e \cos \frac{\theta}{2} &= 0 \\ F \cos \theta + F_e \sin \frac{\theta}{2} - mg &= 0 \end{aligned}$$

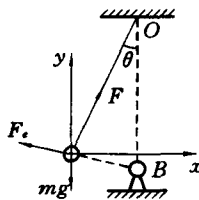


图 1-5

由上述方程组可解得:

$$F = mg$$

由于小球 A 静止时,线的拉力  $F$  与线与竖直方向的夹角  $\theta$  无关,所以,当两小球带电量减少而使小球 A 再次静止时线与竖直方向的夹角  $\theta$  的变化不会影响线对小球 A 的拉力大小,即:

$$F_1 = F_2$$

应选 B.

**【拓展】** 其实比例的分析亦可利用所谓的三角形法和所谓的相似形法。由于 A 球所受到的重力  $mg$  方向竖直向下,拉力  $F$  沿线方向,库仑力  $F_e$  沿 BA 连线方向,且上述三个力使 A 球静止,所以,上述三个力的作用线必构成封闭的力三角形如图 1-6 所示,且该力三角形应与图 1-5 中的几何三角形 OAB 相似。于是,根据相似形对应边成比例的特性可得

$$\frac{F}{OA} = \frac{mg}{OB}$$

考虑到

$$OA = OB$$

所以有

$$F = mg$$

据此可判断

$$F_1 = F_2$$

应选 B.

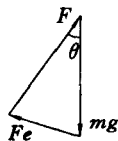


图 1-6

**【问题 3】** 汽车以某一速度  $v_0$  沿平直路面匀速行驶,快进站时关闭油门做匀减速直线运动直至静止。若已知关闭油门后的第 1 s 内运动的距离为 23 m,停止前进前最后 1 s 内运动的距离为 1 m,则:汽车匀速行驶时的速度  $v_0 =$  \_\_\_\_\_ m/s,关闭油门后汽车的加速度为  $a =$  \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。

**【分析】** 对于匀变速直线运动的问题,分析求解的依据是相应的基本规律:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_t = v_0 + at$$

对于此例,若设汽车从关闭油门起直至静止共运动 $s$ ,历时为 $t$ ,则可根据上述基本规律依次列出方程给出解答。

**【解答】** 根据匀变速直线运动的位移公式和速度公式分别可得:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$0 = v_0 + at$$

$$23 = v_0 \cdot 1 + \frac{1}{2} a \cdot 1^2$$

$$s - 1 = v_0(t - 1) + \frac{1}{2} a(t - 1)^2$$

由此可解得:

$$v_0 = 24 \text{ m/s}$$

$$a = -2 \text{ m/s}^2$$

应依次填充:24、-2.

**【拓展】** 对于匀变速直线运动的运动学问题,分析求解时除了依据上述所给出的位移公式和速度公式外,更多的是应用建立在基本规律基础上的若干重要推论:

推论 1:  $v_t^2 - v_0^2 = 2as$

推论 2:  $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v_t)$

推论 3: 做匀变速直线运动的物体在连续相等的时间间隔( $T$ )内通过的位移之差为:

$$\Delta s = aT^2$$

推论 4: 物体做匀变速直线运动,经时间 $t$ 通过的位移为 $s$ ,始末速度分别为 $v_0$ 和 $v$ ,则在 $\frac{t}{2}$ 时刻的速度 $v_{t/2}$ 和通过 $\frac{s}{2}$ 位置时的速度 $v_{s/2}$ 分别为:

$$v_{t/2} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$$

$$v_{s/2} = \sqrt{\frac{1}{2}(v_0^2 + v^2)}$$

推论 5: 如果物体做初速度为零的匀加速直线运动,则:

(1) 在连续相等的时间间隔内通过的位移之比为

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$$

(2) 在通过连续相等的位移所经历的时间之比为:

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots$$

如能灵活地运用匀变速直线运动的上述推论,则“问题 3”将能获得极为简单的解答:

(1) 首先,将汽车关闭油门后所做的“末速度为零的匀减速直线运动”倒过来视为“初速度为零的匀加速直线运动”。

(2) 将“最后 1 s 内位移为 1 m”转化为“第 1 s 内位移为 1 m”,于是可由公式

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

求得加速度大小为  $2 \text{ m/s}^2$ , 考虑到汽车实际所做的是“减”速运动, 所以有

$$a = -2 \text{ m/s}^2$$

(3) 注意到汽车关闭油门后的第  $1 \text{ s}$  与最后  $1 \text{ s}$  内位移为  $23 \text{ m}$  和  $1 \text{ m}$ , 不难由“初速度为零的匀加速直线运动在连续相等的时间间隔内所通过的位移之比为连续奇数之比”的推论得: 汽车关闭油门直至静止共历时  $12 \text{ s}$ .

(4) 由于加速度大小为  $2 \text{ m/s}^2$ , 运动历时  $12 \text{ s}$ , 于是可得初速度大小为:

$$v_0 = 2 \times 12 \text{ m/s} = 24 \text{ m/s}$$

运用“逆向思维”的方法把汽车所做的“末速为零的匀减速直线运动”倒过来视为“初速为零的匀加速直线运动”后, 灵活运用相关的推论, 使得解答中的运算极为简单.

**【问题 4】** 如图 1-7 所示, 质量  $M=4 \text{ kg}$  的木板长度为  $l=1 \text{ m}$ , 静止于光滑水平面上, 右端放一个质量为  $m=1 \text{ kg}$  的小物体(可视为质点). 若小物体与木板上表面间动摩擦因数为  $\mu=0.2$ , 取  $g=10 \text{ m/s}^2$ , 则当对木板施加水平向右的拉力  $F=18 \text{ N}$  时, 小物体与木板分离时它们的速度各为多大?

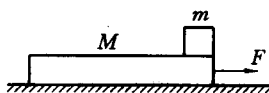


图 1-7

**【分析】** 水平拉力作用于木板时, 小物体与木板分别以加速度  $a_1$  和  $a_2$  做初速为零的匀加速直线运动, 当二者的位移之差等于木板长度  $l$  时, 小物体将与木板分离, 问题的解答可根据牛顿第二定律及相关的运动学公式来进行.

**【解答】** 根据牛顿第二定律及相应的运动学公式分别可得:

$$\mu mg = ma_1$$

$$F - \mu mg = Ma_2$$

$$s_1 = \frac{1}{2}a_1t^2$$

$$s_2 = \frac{1}{2}a_2t^2$$

$$s_2 - s_1 = l$$

$$v_1 = a_1t$$

$$v_2 = a_2t$$

由此便可解得小物体与木板分离时它们的速度分别为:

$$v_1 = 2 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 4 \text{ m/s}$$

**【拓展】** 对于一个力学综合问题, 求解的思路一般有如下几条: 第一, 运用牛顿第二定律及相应的运动学公式分析求解(如上述解答); 第二, 运用冲量与动量的关系分析求解; 第三, 运用功与能量的关系分析求解. 至于在具体的力学问题的分析求解中选择怎样的求解思路, 则必须将上述三条思路中所对应的基本规律的特征及其间关系搞清楚.

(1) 牛顿第二定律

$$F = ma$$

给出了物体的质量  $m$ 、所受合外力  $F$  及加速度  $a$  之间的瞬时关系。其中,质量  $m$  量化了物体的“不愿意改变运动状态”的基本特性(惯性);合外力  $F$  量化了迫使物体运动状态发生变化的外部作用;而加速度  $a$ ,则描述了物体运动状态( $v$ )变化的快慢程度。

(2) 冲量与动量的关系以动量定理来反映,而动量定理

$$I = \Delta p$$

则可以在牛顿第二定律两端同乘以合外力作用的时间  $t$  即可。显然,合外力的冲量

$$I = Ft$$

反映了合外力  $F$  对时间  $t$  的累积效应,这使得“决定物体动量变化快慢”的合外力对时间累积后就成了“决定物体动量变化多少”的合冲量。

(3) 功与能量的关系相应较为复杂,其中在牛顿第二定律两端同乘以物体沿合外力方向上的位移而得到的动能定理

$$W_{\text{合}} = \Delta E_k$$

就是描述功与能量关系的表达式中的一种,合外力做的功实际上也可以理解为合外力  $F$  对空间( $s$ )的累积效应。

**【问题 5】** 一宇宙空间探测器从某一星球的表面竖直升空,假设探测器的质量恒为  $1500 \text{ kg}$ ,发动机的推力为恒力,宇宙探测器升空到某一高度时,发动机突然关闭,图 1-8 表示其速度随时间的变化规律。

(1) 升空后  $9 \text{ s}$ 、 $25 \text{ s}$ 、 $45 \text{ s}$  时(即图线上  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点对应的时刻),探测器的运动情况如何?

(2) 求宇宙探测器在该行星表面所能达到的最大高度;

(3) 计算该行星表面的重力加速度;

(4) 假设行星表面没有空气,试计算发动机的推进力。

**【分析】** 利用图线描绘物理过程是物理学研究的常用方法,也是分析与解决物理问题的常用手段。对于物理图线,我们首先必须判断图线的性质,看清图线的横、纵坐标所表示的物理量及其单位;其次要弄清图线的特点,如图线是直线还是曲线,是直线还是折线等。

(1) 对于本题而言,其图线是空间探测器的  $v-t$  图线。从该图线可以清楚地看出空间探测器的运动过程,可划分为三个运动阶段:第一阶段( $0 \sim 9 \text{ s}$ ),空间探测器竖直向上做初速为零的匀加速运动;第二阶段( $9 \sim 25 \text{ s}$ ),空间探测器继续竖直向上运动,但做匀减速运动,到  $25 \text{ s}$  末时其速度恰好为零;第三阶段( $25 \sim 45 \text{ s}$ ),空间探测器竖直向下做匀加速直线运动。因为  $v-t$  图线的斜率在数值上等于加速度的大小,故从三个阶段的图线可以确定空间探测器运动的加速度大小。

(2) 如何从  $v-t$  图线求出空间探测器在该行星表面上升的最大高度呢?从(1)中分析不难看出,空间探测器上升所能达到的最大高度应等于它在第一、第二运动阶段中通过的总位移值,即图线上  $B$  点所对应的离行星表面的高度。从  $v-t$  图线上求运动物体在一段时间内通过的位移值是  $v-t$  图线的一个重要功能——空间探测器在  $0 \sim 25 \text{ s}$  内通过的位移(即它在该行星表面上升的最大高度)应等于  $\triangle OAB$  的面积值。

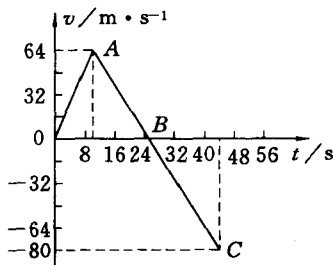


图 1-8

(3) 空间探测器的发动机突然关闭后,它只受该行星的重力作用,故它运动的加速度值即为该行星表面处的重力加速度值. 从  $v-t$  图线不难发现,9 s 末空间探测器关闭了发动机,所以,  $v-t$  图线上  $AB$  段或  $BC$  段的斜率在数值上即等于该行星表面处的重力加速度值.

(4) 从  $v-t$  图线可见,空间探测器在  $0\sim 9$  s 内竖直向上做匀加速直线运动,这段运动过程是空间探测器在发动机推进力与重力共同作用下的运动,要求出发动机的推进力,必须通过牛顿第二定律求解,考虑到行星表面处的重力加速度可求,且从图线  $OA$  段的斜率又可求出这段时间内空间探测器的运动加速度值,故不难求出发动机的推进力大小.

**【解答】** (1) 从图线可见,探测器升空后 9 s 末的速度为 64 m/s,方向竖直向上;25 s 末的速度为零,此时探测器恰好上升到了最高点;45 s 末的速度大小为 80 m/s,方向竖直向下,因为  $\triangle OAB$  的面积与  $\triangle BCD$  的面积相等,故 45 s 末空间探测器恰好又回到了原升空点.

(2) 因为空间探测器上升的最大高度在数值上等于  $\triangle OAB$  的面积值,所以有

$$h_{\max} = 64 \times \frac{25}{2} \text{ m} = 800 \text{ m}$$

(3) 因为该行星表面的重力加速度在数值上等于  $AB$  段或  $BC$  段的斜率,则有

$$g = \frac{64}{16} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

(4) 选取空间探测器为研究对象,在  $0\sim 9$  s 内,空间探测器受到竖直向上的推进力与竖直向下的重力的共同作用,则由牛顿第二定律,得

$$F - mg = ma$$

$$\text{又} \quad a = \frac{64}{9} \text{ m/s}^2$$

$$\text{故有} \quad F = m(g + a) = 1500 \times (4 + \frac{64}{9}) \text{ N} = 16\,666.7 \text{ N}$$

**【拓展】** 事实上尽管发动机的推进力不变,但由于燃料的消耗,宇宙探测器的质量是变化的,如果这一变化不能忽略,试在原坐标上再画一条图线(定性),说明在此情况下速度是如何变化的? 在你画的图上标出前面图中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点的位置.

以上讨论的是理想化的物理模型,然而,实际问题并不是都能够理想化的. 现在我们要讨论的就是非理想化情况下的较为真实的物理图景. 由于空间探测器在升空的过程中不断地消耗燃料,所以探测器的质量将不断地减少. 在  $0\sim 9$  s 内,空间探测器的质量和加速度都不是恒定的,那么空间探测器在这段时间内做什么样的运动呢? 运用牛顿第二定律可以作出回答.

因为  $F - mg = ma$ , 整理,得  $a = F/m - g$ . 由于  $m$  随时间而减少,故加速度  $a$  将随时间而逐渐增大,由此可知,在  $0\sim 9$  s 内,空间探测器在竖直向上方向上做初速为零的加速度逐渐增大的变加速运动;在  $9\sim 45$  s 这段时间内,由于空间探测器的发动机已关闭,则其运动的加速度不变,仍等于该行星表面的重力加速度值.

请读者在本题原图上定性画出,这种情况下空间探测器在整个运动过程( $0\sim 45$  s)中的  $v-t$  图线.

**【问题 6】** 对于物体运动的情况,可以用列表法进行描述. 下面表格中的数据就是某物体运动过程中测得的位移  $s$  和时间  $t$  的数据记录. 试根据表中的记录找出  $s$  与  $t$  变化的

规律. 写出你确定  $s$  与  $t$  变化规律的理由或寻找过程, 并对该物体运动过程中的规律用语言加以表述.

| 物体运动起始点                        | 所测物理量    | 测 量 次 数 |         |         |         |         |
|--------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
| $A \rightarrow B$<br>$v_0 = 0$ | 时间 $t/s$ | 0.55    | 1.09    | 1.67    | 2.23    | 2.74    |
|                                | 位移 $s/m$ | 0.251 1 | 0.505 2 | 0.749 3 | 1.001 4 | 1.254 7 |
| $B \rightarrow A$<br>$v_0 = 0$ | 时间 $t/s$ | 0.89    | 1.24    | 1.52    | 1.76    | 1.97    |
|                                | 位移 $s/m$ | 0.254 5 | 0.500 9 | 0.745 0 | 1.003 6 | 1.254 9 |

**【分析】** 用表格记录实验数据是物理实验中的基本手段, 利用表格中测量的实验数据可以定量分析运动物体的运动过程特征及其相关的物理参量, 还可以归纳总结出实验结论. 从本题中数据记录表不难看出, 该物体做的是往复的直线运动, 物体先从  $A$  运动到  $B$ , 再从  $B$  运动到  $A$ . 进一步再问: 物体从  $A$  到  $B$  的运动与再从  $B$  到  $A$  的运动分别做的是什运动呢? 其运动的位移  $s$  与时间  $t$  的关系如何呢? 要回答这个问题并不很容易, 我们应该采用什么分析方法才能够较为准确地作出上述问题的判断呢? 最为确切的方法应是作图法, 因为物理图线可以形象直观地描述物理过程, 利用物理图线我们可以对物体的运动特征作出判断. 对于本题, 我们可以利用题中表格中所给出的测量数据画出运动物体的  $s-t$  图线, 再由  $s-t$  图线判断物体的运动性质. 倘若其  $s-t$  图线为过原点的直线, 则可判断物体做匀速直线运动, 其图线的斜率在数值上便等于物体运动的速度大小; 倘若其  $s-t$  图线为过原点的抛物线, 则可判断物体做初速为零的匀加速直线运动.

**【解答】** 首先我们作出物体从  $A$  运动到  $B$  的  $s-t$  图线, 如图 1-9 所示.

从图 1-9 中的图线可见, 在误差允许的范围内, 物体从  $A$  到  $B$  的运动为匀速直线运动, 其  $s-t$  的关系为  $s=vt$ .

物体在从  $A$  运动到  $B$  的阶段中的速度大小可由图 1-9 中图线的斜率求得, 即

$$v = \Delta s / \Delta t = 0.45(\text{m/s})$$

故  $s = 0.45t$ .

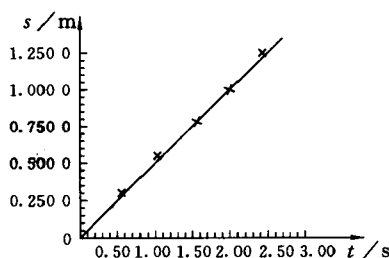


图 1-9

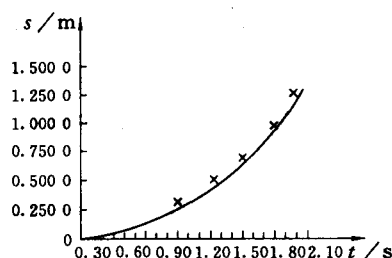


图 1-10

我们再作出物体从  $B$  运动到  $A$  阶段中的  $s-t$  图线, 如图 1-10 所示.

从该图线我们很容易作出猜想: 在实验误差允许的范围内, 物体从  $B$  到  $A$  的运动过程为初速为零的匀加速直线运动, 其  $s-t$  的关系为  $s = \frac{1}{2}at^2$ .

为了验证上述猜想是否正确,我们可以通过转换变量的方法将图线转化为直线.

令  $t^2 = I$ , 若  $s = \frac{1}{2}at^2$ , 则有  $s = \frac{1}{2}aI$ , 该式为线性函数. 如果根据题中表格中的数据作出的  $s-I$  图线为过零点的直线, 那么, 物体从  $B$  到  $A$  的运动过程便为初速为零的匀加速直线运动.

物体从  $B$  到  $A$  运动的  $s, I$  数据如下表所示.

| 物体运动的<br>起始点                   | 所测物理量   | 测 量 次 数 |         |         |         |         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |         | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
| $B \rightarrow A$<br>$v_0 = 0$ | $t/s$   | 0.89    | 1.24    | 1.52    | 1.76    | 1.97    |
|                                | $I/s^2$ | 0.79    | 1.54    | 2.31    | 3.10    | 3.88    |
|                                | $s/m$   | 0.254 5 | 0.500 9 | 0.745 0 | 1.003 6 | 1.254 9 |

依据上表中的  $s, I$  数据可作出如图 1-11 所示的图像.

从图 1-11 可见, 物体从  $B$  到  $A$  的运动为初速为零的匀加速直线运动.

物体从  $B$  到  $A$  运动过程中的加速度大小等于图 1-11 中图线的斜率的  $\frac{1}{2}$ , 即

$$a \approx 0.65 \text{ m/s}^2$$

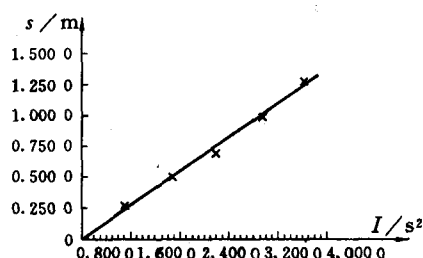


图 1-11

【拓展】 该物体从  $B$  返回  $A$  的过程中, 在  $t_3 = 1.80 \text{ s}$  时的运动速度  $v_3$  多大?

解决这个问题需要运用物体运动的速度公式:  $v = at$ . 在上面的求解中, 我们已经求出了物体从  $B$  到  $A$  的运动加速度值, 只要将  $a, t$  的值代入上式即可求解, 请读者自己完成.

【问题 7】 如图 1-12 所示, 一峭壁上装置了一套轨道车系统, 将乘客送上和送下 80 m 长的山坡, 峭壁顶离地面车站的垂直高度为 40 m, 整个系统由一上一下两个车厢所组成, 每个车厢的质量 90 000 kg, 它们通过山顶上一个巨大的滑轮由钢索相连, 滑轮由电动机驱动, 每个车厢在运动中受到的摩擦阻力大小恒为 6 000 N. 某次行程中有 20 位乘客在车厢  $X$  中下坡, 另有 8 位乘客在车厢  $Y$  中上坡. 每个乘客平均质量为 70 kg, 电动机必须在整个行程中运行. 请分析如下问题:

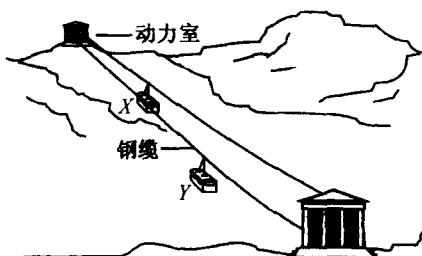


图 1-12

(1) 钢索对上行车厢与下行车厢的拉力大小各为多少?

(2) 如果改为车厢  $X$  上坡, 车厢  $Y$  下坡, 钢索对两个车厢的拉力又各为多大?

(3) 为什么车厢  $X$  下坡过程中失去的势能不足以将车厢  $Y$  提升到山顶?

(4) 在车厢  $X$  下坡、车厢  $Y$  上坡的整个过程中, 整个系统的重力势能变化了多少?

【分析】 该题给出的轨道车是来源于生活中的较为接近真实的模型, 它实质上是我们十分熟悉的斜面模型, 因此我们可以将本题视为斜面问题来处理. 此斜面的长为 80 m, 高

为 40 m, 不难发现其斜面的倾角为  $30^\circ$ . 只要对两个车厢进行受力分析, 再由物体的平衡方程便可求出钢索对两个车厢的拉力大小. 显然, 对两个车厢进行正确的受力分析是求解钢索拉力的关键.

在车厢 X 下坡过程中, 其减少的重力势能, 一部分转化为车厢 X 与轨道摩擦所产生的内能, 另一部分才传递给车厢 Y. 车厢 Y 在上坡过程中, 一方面其重力势能增大, 另一方面还要克服摩擦力做功. 只有当车厢 X 传递给车厢 Y 的能量大于或等于车厢 Y 重力势能的增量与克服摩擦力做功消耗的能量之和时, 车厢 X 才能够将车厢 Y 提升到坡顶.

在车厢 X 下坡、车厢 Y 上坡的整个过程中, 系统重力势能的变化量就等于两个车厢重力势能增量的代数和.

**【解答】** (1) 分别选车厢 X 与车厢 Y 为研究对象, 对其分别进行受力分析, 它们的受力图如图 1-13 所示.

因为两个车厢均做匀速运动, 所以它们所受的合力为零. 则有

$$\text{对车厢 X: } m_X g \sin 30^\circ - T_X - f = 0$$

$$\text{对车厢 Y: } m_Y g \sin 30^\circ + f - T_Y = 0$$

$$\text{代入数据, 解得: } T_X = 4.6 \times 10^4 \text{ N}, T_Y = 5.38 \times 10^4 \text{ N}$$

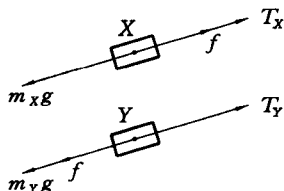


图 1-13

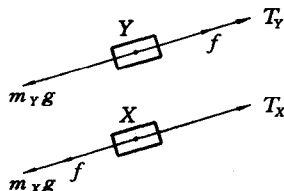


图 1-14

(2) 当车厢 X 上坡、车厢 Y 下坡时, 它们的受力如图 1-14 所示.

由平衡条件, 可得

$$\text{对车厢 X: } m_X g \sin 30^\circ + f - T'_X = 0$$

$$\text{对车厢 Y: } m_Y g \sin 30^\circ - T'_Y - f = 0$$

$$\text{代入数据, 解得: } T'_X = 5.8 \times 10^4 \text{ N}, T'_Y = 4.18 \times 10^4 \text{ N}$$

(3) 在车厢 X 下坡过程中, 其重力势能的增量为:

$$\Delta E_{pX} = -m_X g h = -1.04 \times 10^5 \times 40 \text{ J} = -4.16 \times 10^6 \text{ J}$$

克服摩擦力做的功

$$W_f = f \cdot s = 6 \times 10^3 \times 80 \text{ J} = 4.8 \times 10^5 \text{ J}$$

在车厢 Y 上坡的过程中, 其重力势能的增量为:

$$\Delta E_{pY} = m_Y g h = 9.56 \times 10^4 \times 40 \text{ J} = 3.824 \times 10^6 \text{ J}$$

克服摩擦力做的功为:

$$W_f = f \cdot s = 6 \times 10^3 \times 80 \text{ J} = 4.8 \times 10^5 \text{ J}$$

车厢 X 传递给车厢 Y 的能量为: