高中物理实用推论手册

赵高潮 著

青岛出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

鲁新登字 08 号

高中物理实用推论手册/赵高潮著. —青岛 :青岛出版社,2002.1
ISBN 7-5436-2589-X
Ⅰ. **高**... Ⅱ. **赵**... Ⅲ. **物理课—高中—教学参考资料** Ⅳ. G634.73
中国版本图书馆 CIP **数据核字(**2001**)第** 094665 **号**

书　　名	**高中物理实用推论手册**
著　　者	**赵高潮**
出版发行	**青岛出版社**
社　　址	**青岛市徐州路** 77 **号(**266071**)**
邮购电话	**(**0532**)**5814750　5814611 – 8662
责任编辑	**刘海波**
装帧设计	**胡文娟**
插　　图	**魏　捷**
印　　刷	
出版日期	2002 **年** 6 **月第** 1 **版**　2002 **年** 5 **月第** 1 **次印刷**
开　　本	32 **开(**787 × 960mm**)**
印　　张	6.875
字　　数	110 **千**
ISBN	7-5436-2589-X/G · 974
定　　价	9.00 **元**

(青岛版图书售出后发现缺页、散页、错装、倒装、字迹模糊等,请寄回承印厂调换)

编者的话

由已知的物理规律和概念或物理事实经过数学变换或逻辑演绎,得出的新的结论,称为推论。推论是物理思维的表现形式之一,是由已知范畴探求未知范畴的一种途径。物理学大厦是由实验和推论相结合所构建起来的,推论延伸了实验并使之完美。万有引力定律的发现是实验与推论的美妙结合。意大利物理学家伽利略(Galileo,1564～1642 年)关于重球和轻球下落快慢问题的推论和理想斜面实验的推论是物理学的推论经典。

从应用的角度,物理推论的功能概括起来可归纳为 5 种作用:

1. 改变物理内涵。推论虽然是由其它规律推导而来,但有些物理量被赋予了新的内涵。例如,理论力学中的著名推论——达朗伯(Jean Le Rond d´Alembert,1717～1783 年)原理,它是由牛顿运动定律经过数学变换而得,但对其中的物理量赋予新的内涵,质量和加速度的乘积,不再表示力的作用效果,而表示虚设的力——惯性力,在惯性系中的动力学问题化为非惯性系中的静力学问题来处理。

2. 改变应用范围或研究对象。利用推论可以改变

应用范围或研究对象。例如，由洛仑兹力公式和电流的微观表达式推导出安培力公式，研究对象由带电粒子变为电流。

3. 改变物理参量，建立特定的物理量之间的联系。通过推论消去某些物理量，建立新的物理量的联系，从而丰富处理物理问题的途径或手段。例如动量 $p = mv$ 和动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$，都与速度 v 有关，消去速度 v 后得到新的关系式 $p = \sqrt{2mE_k}$，建立起动量和动能的联系。推论 $f = \frac{L^2 - d^2}{4L}$，建立了凸透镜的焦距 f 与物与屏之间距离 L 和两次成像时透镜移动的距离 d 之间的关系，提供了测量凸透镜焦距的一种简便的方法。

4. 对特定物理问题的简化。许多问题的物理模型是相同的，通过推理演绎将这些问题的共性用特定的物理模型——推论反映出来，从而简化物理问题的处理。例如，在平面力系中，三个共点力作用下的平衡问题，建立推论——“三力平衡，若力不平行则必共点”，利用这一推论可简化问题的处理。在弹性碰撞中，推论“两小球碰撞前的接近速度等于碰撞后的分离速度”，极具实用价值。

5. 提供推论的产生过程或方法。许多推论的价值并不在于推论的应用，而在于产生推论的过程或方法。交流电有效值和最大值的关系推论 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$，尽管推论本

身具有很高的应用价值，但其推导的过程给出了利用初等数学处理该问题的一种方法。在斜面上水平抛射物体，当物体落到斜面上时，其速度方向与竖直线夹角的正切总等于斜面倾角余切的一半，即 $\tan\alpha = \frac{1}{2}\cot\theta$。这一推论的产生过程引发进一步思考：无论初速度的大小如何，落到斜面上时速度方向与斜面的夹角 β 一定，β 是否可用斜面的倾角表示出来等一系列问题。这一推论引发的思考其意义超出推论的应用价值。

中学物理中蕴藏着大量推论，是一座丰富的宝藏，值得我们去开发和探索。

对物理推论的研究至少有两个意义。第一，在对推论的学习和研究中自然而然地了解和掌握物理学推理的思维方法，而这正是中学生普遍存在的弱点；第二，利用推论简单方便地处理物理问题，而这也正是广大中学生所希望的。

基于对物理推论的上述理解和认识，我萌发了较系统地将中学物理推论编写成书的想法，从酝酿到写成本书经历了大约 3 年时间，在这期间得到了青岛出版社戚道浚主任和刘海波编辑的大力支持。魏捷先生绘制了全部插图，在此深表感谢！

有几个问题敬请读者注意：

1. 本书适合于普通高级中学学生阅读学习，对初中学生不适用。

2. 在应用推论解决问题前，应尽量研究推论的推导

需要全本请访问 www.ertongbook.com

过程，绝大多数的推导都不超出中学教学大纲的要求，只有个别推论的推导用到了微积分等中学不做要求的知识。

3. 绝大多数推论所涉及的知识内容符合中学教学大纲要求，但为保持知识体系较为完整，有少数推论超出这一要求，如简谐运动的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$，读者可自行删节。

4. 本书并未包括中学物理中所有推论，实际上这是做不到的。但尽量涉及较大的知识范围。

5. 本书的目的不是忽视物理规律的原理和方法，而是更灵活地运用物理概念、规律和方法，千万不能刻意地去死记硬背书中的推论。

本书也可供中学教师参考。

由于作者的水平所限，本书存在许多不足，恳请读者批评指正。

赵高潮

2001. 12 于青岛

目　　录

1　直线运动【1】
2　牛顿定律【19】
3　力　物体的平衡【30】
4　曲线运动　万有引力定律【50】
5　动量和能量【67】
6　振动与波【98】
7　气体的性质【114】
8　静电场【122】
9　稳恒电流【136】
10　磁场【154】
11　电磁感应【162】
12　交流电【174】
13　光学【183】
练习题【198】
练习题参考答案【206】

1

直线运动

推论1 在初速度为零的匀加速直线运动中，连续相等时间内的位移之比 $s_1 : s_2 : s_3 : \cdots\cdots : s_n = 1 : 3 : 5 : 7 : \cdots\cdots : (2n-1)$，其中，$n = 1$、2、3、4…….

证明 对初速度为零的匀加速直线运动，设第 1 段时间 t、第 2 段时间 t 和第 3 段、第 4 段 …… 时间 t 内的位移分别为 $s_1, s_2, s_3, s_4, \cdots\cdots, s_n$. 据匀变速直线运动公式

$$s_1 = \frac{1}{2}at^2 \qquad ①$$

$$s_1 + s_2 = \frac{1}{2}a(2t)^2 \qquad ②$$

$$s_1 + s_2 + s_3 = \frac{1}{2}a(3t)^2 \qquad ③$$

……

$$s_1 + s_2 + s_3 + \cdots\cdots + s_n = \frac{1}{2}a(nt)^2$$

由 ① 式和 ② 式得

$$s_2 = 3 \cdot \frac{1}{2}at^2$$

由②式和③式得

$$s_3 = 5 \cdot \frac{1}{2}at^2$$

由　　式和　式得

$$s_n = (2n-1) \cdot \frac{1}{2}at^2$$

所以 $s_1 : s_2 : s_3 : \cdots\cdots : s_n = 1 : 3 : 5 : \cdots\cdots : (2n-1)$，证毕.

应用 1 一物体做自由落体运动，它在下落后第5s内的位移为($g = 10\text{m/s}^2$)

A. 25m　　B. 35m　　C. 45m　　D. 55m

解 据‘推论1”，第5s内的位移 s_5 是第1s内位移 s_1 的9倍，即 $s_5 = 9s_1 = 9 \cdot \frac{1}{2}gt^2 = 9 \times \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 = 45(\text{m})$，故正确答案为C.

应用 2 如图1所示，一物体从 O 点自由落下，取 A、B、C 三点，测得 $OA = 1\text{m}$，$AB = 2\text{m}$，$BC = 3\text{m}$，设该物体经过上述三段的时间分别为 t_1，t_2 和 t_3，则($g = 10\text{m/s}^2$)

A. $t_1 = t_2 = t_3$

B. $t_1 > (t_2 + t_3)$

C. $t_1 < (t_2 + t_3)$

D. $t_1 = (t_2 + t_3)$

图1

解 据‘推论1”，以物体下落1m所用时间 t 为单位，在第2段时间 t 内物体应下落3m，所以 $t_2 <$

t_1. 而 $AC = 5\text{m} > 3\text{m}$，所以 $t_2 + t_3 > t_1$，正确答案为 C.

应用 3 位于同一竖直线上 A、B 两点相距 1m，做自由落体的物体通过 AB 的时间 $\Delta t < 0.2\text{s}$，若取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$，则由此可判断该物体从下落开始到刚好经过 A 点的时间 t

A. $0.2\text{s} < t < 0.4\text{s}$　　B. $t > 0.4\text{s}$

C. $t < 0.4\text{s}$　　D. $t < 0.3\text{s}$

解：以 0.2s 为单位，从物体刚开始下落时在第 1 个 0.2s 内的位移 $s_1 = \frac{1}{2}g(0.2)^2 = 0.2(\text{m})$，根据“推论 1”，在第 2 段和第 3 段 0.2s 内的位移 $s_2 = 3s_1 = 0.6\text{m}$，$s_3 = 5s_1 = 1\text{m}$. 因为题中物体通过 AB 间距离(1m)时，所用时间小于 0.2s，所以可断定物体到达 A 点时下落的高度大于 $s_1 + s_2 = 0.8\text{m}$，即 $t > 0.4\text{s}$，故正确答案为 B.

推论 2 在初速度为零的匀加速直线运动中，前 t 秒、前 $2t$ 秒、…… 前 nt 秒时间内的位移之比 $s_\text{Ⅰ} : s_\text{Ⅱ} : s_\text{Ⅲ} : \cdots\cdots : s_n = 1 : 4 : 9 : \cdots\cdots : n^2$，式中 $n = 1、2、3、\cdots\cdots$.

证明 据匀变速直线运动公式，物体从刚开始运动到运动时间为 t 的过程中，位移 $s_\text{Ⅰ} = \frac{1}{2}at^2$　　①

前 $2t$ 时间内位移 $s_\text{Ⅱ} = \frac{1}{2}a(2t)^2$

$= 4 \cdot \frac{1}{2}at^2$　　②

……

前 nt 时间内位移 $s_n = \frac{1}{2}a(nt)^2$

$= n^2 \cdot \frac{1}{2}at^2$

所以 $s_{\text{Ⅰ}} : s_{\text{Ⅱ}} : s_{\text{Ⅲ}} : \cdots\cdots : s_n = 1 : 4 : 9 : \cdots\cdots : n^2$，证毕.

应用 1 一质点做初速度为 0 的匀加速直线运动，在前 2s 内的位移为 10m，则该质点在第 1s 内的位移为

A. 2m　　B. 2.5m　　C. 5m　　D. 10m

解：据“推论 2”，前 1s 的位移 $s_{\text{Ⅰ}} : s_{\text{Ⅱ}} = 1 : 4$，所以 $s_{\text{Ⅰ}} = \frac{s_{\text{Ⅱ}}}{4} = \frac{10}{4} = 2.5(\text{m})$，故正确答案为 B.

应用 2 做初速度为 0 的匀加速直线运动的物体，一共运动了 6s，在全部 6s 内的位移为 s，则在前 3s 内的位移为

A. $\frac{s}{2}$　　B. $\frac{s}{3}$　　C. $\frac{s}{4}$　　D. $\frac{s}{6}$

解：将整个运动时间分成 2 段，每一段为 3s，据“推论 2”，前 3s 内的位移 s' 与前 6s 内的位移 s 的关系为 $\frac{s'}{s} = \frac{1}{4}$，所以 $s' = \frac{s}{4}$，故正确答案为 C.

推论 3 做匀减速直线运动的质点从初速度 v_0 开始

需要全本请访问 www.ertongbook.com

到末速度为零的过程中，位移等于以初速度 v_0 做匀速直线运动在相同时间内位移的一半，即 $s = v_0 t/2$.

证明 1 据平均速度公式 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{v_0}{2}$，位移 $s = \bar{v}t = \frac{v_0 t}{2}$，证毕.

证明 2 在图 2 中，矩形面积表示以初速度 v_0 做匀速直线运动在时间 t 内的位移 s_1，画阴影的三角形面积表示以初速度 v_0 做匀减速直线运动在时间 t 内的位移 s_2，显然 $s_2 = \frac{s_1}{2} = \frac{v_0 t}{2}$，证毕.

图 2

应用 1 一辆汽车以 20m/s 的速度运动，紧急刹车后，经过 1.5s 时间停下来，则刹车后滑行了_____ m.

解：据“推论 3”，位移 $s = \frac{v_0 t}{2} = \frac{20 \times 1.5}{2} = 15(\text{m})$.

应用 2 一辆汽车紧急刹车后，经过 2s 停下来，滑行距离为 25m，则刹车时车速是

A. 15m/s　B. 20m/s　C. 25m/s　D. 30m/s

解：据“推论 3”，位移 $s = \frac{v_0 t}{2}$，所以初速度 $v_0 = \frac{2s}{t} = \frac{2 \times 25}{2} = 25(\text{m/s})$，正确答案为 C.

推论 4 做匀变速直线运动的质点，一段时间内的平均速度等于这段时间初、末速度之和的一半，即 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$.

证明 据匀变速直线运动的位移公式 $s = v_1 t + \frac{1}{2}at^2$ 和速度公式 $v_2 = v_1 + at$，消去加速度 a 得 $s = \frac{v_1 + v_2}{2}t = \bar{v}t$. 所以在时间 t 内的平均速度 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$，即平均速度等于初、末速度之和的一半.

应用 1 一质点做直线运动，速度 — 时间图象如图 3 所示. 则在时间 t 内，平均速度 v _____ $\frac{v_0 + v_t}{2}$. （填“ > ”；“ = ”或“ < ”）

解：$v - t$ 图象中所围面积表示位移，若质点做匀变速运动，则速度 v 随时间 t 的变化应当是线性的. 从图 4 中可以看出该质点的位移比匀变速直线运动的位移要大（多出的位移如图 4 中阴影部分）.

图 3　　图 4

根据 $s = \bar{v}t$ 可知，$\bar{v} > \frac{v_0 + v_t}{2}$.

应用 2 两个质点均做匀变速直线运动，初速度分别为 3m/s 和 5m/s，经过相同时间后速度分别变为 4m/s 和 7m/s，则在这段时间内两质点的位移之比等于_____.

解：据“推论 4”，两质点的平均速度分别为 $\overline{v_1} = 3.5\text{m/s}$ 和 $\overline{v_2} = 6\text{m/s}$，则位移之比 $s_1 : s_2 = \overline{v_1} : \overline{v_2} = 3.5 : 6 = 7 : 12$.

推论 5 做匀变速直线运动的质点，一段时间内的平均速度等于这段时间中点时刻的瞬时速度.

证明 设在一段时间 t 中，质点的初速度分别为 v_1 和 v_2，据推论 4 可知，在这段时间中，平均速度 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$. 设在中点时刻瞬时速度为 v_c，则 $v_2 = v_1 + at$，$v_c = v_1 + a\frac{t}{2}$，消去加速度 a 和时间 t 后得 $v_c = \frac{v_1 + v_2}{2} = \bar{v}$.

应用 1 在用打点计时器验证机械能守恒定律的实验中，相邻的两个点之间的时间间隔为 t，每 5 个连续的时间间隔为 1 个计数点，用刻度尺量出各计数点间的距离 s_1、s_2、s_3、s_4……，如图5 所示，则打第3 和第4 个计数点时，纸带的瞬时速度 $v_3 =$ _____；$v_4 =$

_____.

图5

解 据“推论5”，$v_4 = \bar{v}_{3,5} = \dfrac{s_3 + s_4}{2(5t)} = \dfrac{s_3 + s_4}{10t}$，$v_3 = \bar{v}_{2,4} = \dfrac{s_2 + s_3}{2(5t)} = \dfrac{s_2 + s_3}{10t}$.

应用2 在上题中，打第5个计数点时纸带的瞬时速度v_5为多大？

解：据“推论5”，$\bar{v}_{3,5} = v_4$，又据“推论4”，$\bar{v}_{3,5} = \dfrac{v_3 + v_5}{2}$，所以 $v_4 = \dfrac{v_3 + v_5}{2}$，$v_5 = 2v_4 - v_3 = 2 \cdot \dfrac{s_3 + s_4}{10t} - \dfrac{s_2 + s_3}{10t} = \dfrac{s_3 + 2s_4 - s_2}{10t}$.

推论6 做匀变速直线运动的质点的位移$s = v_t t - \dfrac{1}{2}at^2$，其中$v_t$是末速度，$t$是运动时间，$a$是加速度.

证明 据匀变速直线运动公式$s = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2$，$v_t = v_0 + at$，由这两式消去初速度$v_0$得$s = (v_t - at)t + \dfrac{1}{2}at^2 = v_t t - \dfrac{1}{2}at^2$.

这是一个不含初速度 v_0 的匀变速直线运动推论.

应用 1 一物体做自由落体运动,运动中通过 a、b 两点所用时间为 1s,在 b 点的瞬时速度为 40m/s,取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$,求 ab 间距离.

解 本题不知物体通过 a 点的初速度,故据"推论 6",ab 间距离 $s = v_t t - \frac{1}{2}gt^2 = 40 \times 1 - \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 = 35(\text{m})$.

应用 2 一质点做匀变速直线运动,某时刻位于 A 点,经过 5s 时间速度变为 15m/s,仍沿原来的方向,位移为 80m,试求:① 该质点的加速度 a;

② 再过多长时间质点距离 A 点最近?

解 本题不知质点在 A 点时的初速度,故据"推论 6",$s = v_t t - \frac{1}{2}at^2$,所以 $a = \frac{2(v_t t - s)}{t^2} = \frac{2(15 \times 5 - 80)}{5^2} = -0.4(\text{m/s}^2)$,负号表示加速度方向与运动方向相反,质点做匀减速直线运动. 质点速度减为零后,开始沿原路返回,又到达 A 点时,距离 A 点为零,符合题意要求.

设质点从速度为 15m/s 到速度为 0 时所用时间为 t_1,则 $0 = v - at_1$,得 $t_1 = \frac{v}{a} = \frac{15}{0.4} = 37.5(\text{s})$,据运动的对称性可知(见图 6),质点从速度为 15m/s 时回到 A 点,所用时间 $t_2 = 2t_1 + t = 2 \times 37.5 + 5 = 80(\text{s})$.

需要全本请访问 www.ertongbook.com