中学物理教师参考资料选编

董继昌 编著

广西师范大学出版社

中学物理教师参考资料选编

中学物理教师参考资料选编

董继昌　编著

广 西 师 范 大 学 出 版 社

中学物理教师参考资料选编

董继昌　编著

☆

广西师范大学出版社出版

（广西桂林市育才路3号）

广西新华书店发行

广西永福县印刷厂印刷

•

开本787×1092　1/32　印张10,125　字数219千字

1989年7月第1版　　1989年7月第1次印刷

印数：001—500

ISBN7—5633—0489—4/G•431

定价：3.50元

自　　序

《中学物理教师参考资料选篇》一书是为了中学物理教师的需要而撰写的。其内容是作者在高等师范院校任教四十多年来积累的经验资料和对于所遇到的某些问题，在普通物理基础上给以适当的加深与推广，使基础理论更为全面，更为完整。为此，书中具有如下四个方面的文选：

（1）对于基础理论中某些重要的基本概念和基本原理，采用综合比较，画龙点睛的方式，指出其关键所在，使读者能够更好地深入理解。如“牛顿运动三定律与经典力学时空观”，“重力势能与引力势能”等等。

（2）在基础理论教材中，常有某些问题由于教材的篇幅和教学时间的限制，不可能作详尽的讨论；而作为一员物理教师却又不宜缺乏这些知识，在本书中给以补充介绍。如“带电平衡绝缘导体内部没有电场存在的理论证明”，“普朗克辐射方程的证明”等等。

（3）某些基本理论对于生产实际有着重大的指导意义，而在一般教材中没有充分介绍，又没有后续课程作进一步的讨论。本书也给以简要的补充介绍。如“柏努利方程的一般应用”，“机械零件热处理的基本原理”等等。

（4）对于某些基本理论，作者有个人的见解，本着“双百”方针，提出个人的看法和论点，以供讨论分析。如“液体表面张力为何因液体温度升高而减小”、“晶体旋光

性原理的讨论分析”等等。

有关这些论文，叙述简浅，文字清晰，可供一般中学物理教师和师范院校物理系学生自学参考与讨论。

由于作者水平有限，编写时间也较仓促，因此书中可能存在不少缺点与错误，敬祈读者批评指正。

作者 于1988年元月
广西师范大学物理系

目 录

一、有关物理量的极限值问题

关于物理学中某些物理量的极限值问题，可以分为两种类型来讨论。一种是在某些物理问题中，求解某个物理量的极限值；另一种是在某些物理学定律或规律中，考虑处于某种极限情况下（趋于零或趋于无限大）的物理意义。前者属于解题方法，后者属于基本理论分析。现在分别举例讨论如下：

（一）在某些物理问题中求解某物理量的极限值的方法

关于这类问题，一般可以根据数学分析的求极大极小值的方法来求解，是很方便的。但由于一般中学物理教学，还不能用求导解法。这时，只好采用其它方法求解。因此，熟悉运用初等数学求极值的方法是有好处的。这样的方法有多种：

（1）代数配方法

对于某些代数函数形式的物理关系方程，求解其中某物理量的极大值或极小值，可以首先建立代数方程关系式，经化简后，再用配方法求解，如下例所示：

〔例一〕设某汽车A以匀速度$V_A=5$米/秒，由某地出发。另一汽车B以匀加速度$a=0.5$米/秒^2，同时由同一地点沿同一直线方向开始出发。求此两汽车于何时相遇于何地？在相遇之前，何时相距最大？此最大距离为多少？

解：已知$V_A=5$米/秒，　$a=0.5$米/秒^2（初速为零）。

①设A、B两车同时出发后，经过t秒而相遇，则两者经过的路程分别为：$S_A=V_At$，$S_B=\frac{1}{2}at^2$。相遇时$S_A=S_B$。

故应有

$$V_At=\frac{1}{2}at^2。$$

可知其一答案为$t=0$，即为开始出发的时刻。

另一答案：

$$t=\frac{2V_A}{a}=\frac{2\times5}{0.5}=20（秒）（相遇时间）。$$

相遇地点与出发点相距$S=V_At=5\times20=100$（米）。

②出发后t秒时，两车的瞬时距离为$\Delta S=S_A-S_B$·即为

$$\Delta S=V_At-\frac{1}{2}at^2=5t-\frac{0.5}{2}t^2$$

将此代数函数式用配方法，求ΔS的极大值。由上式得：

$$\Delta S=-\frac{0.5}{2}t^2+5t=-\frac{0.5}{2}\left[t^2-\frac{2}{0.5}\times5t+\left(\frac{5}{0.5}\right)^2\right]$$

$$+\left[\frac{0.5}{2}\times\left(\frac{5}{0.5}\right)^2\right]$$

$$=-\frac{0.5}{2}\left(t-10\right)^2+25.$$

由此可见，当式中右边平方项等于零的时候 ΔS为最大。故得$t=10$（秒）。答案是：同时出发后，经过10秒钟两车相距最大，此最大距离 $\Delta S=25$米。

〔例二〕设甲船以$V_1=2$米/秒的匀速度由A点位置沿直线方向，向B点划行，AB距离20米。与此同时，乙船以$V_2=1$米/秒的匀速度由B点位置沿着垂直于AB的方向划行。问经多少时间两船相距最近？此最短距离为多少？

解：已知甲船$V_1=2$米/秒，乙船$V_2=1$米/秒，$AB=20$米，如图1—1所示。设经t秒钟后，甲船行至C点，乙船行至D点，则有：

$$\begin{cases} AC=V_1t=2t, \\ BD=V_2t=t. \end{cases}$$

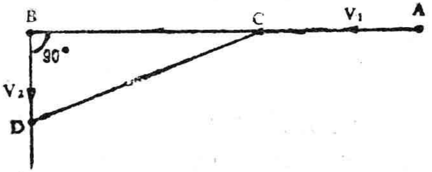

图 1—1

而 $BC=AB-AC=20-2t.$

因为△CBD为直角三角形，可知经过t秒后，两船距离CD为： $\overline{CD}^2=\overline{BC}^2+\overline{BD}^2=(20-2t)^2+t^2=K$（设）。现在要求$K=(20-2t)^2+t^2$为最小值的时候，$t=$？将此代数函数式用配方法求解，得：

$$K=(20-2t)^2+t^2=5t^2-80t+400$$

$$=5\left[t^2-\frac{80}{5}t+\left(\frac{40}{5}\right)^2\right]+400-5\left(\frac{40}{5}\right)^2$$

$$=5(t-8)^2+80.$$

由此可见，当$(t-8)=0$，亦即当$t=8$（秒）的时候，K为最小，这时两船相距最近。此最短距离为：

$CD=\sqrt{K}=\sqrt{80}=8.94$（米）。

答案：出发后经过8秒钟，两船相距8.94米，是为最短距离。

（2）解析几何法

在某些代数函数形式的物理方程关系式中，求某个物理量的极大值或极小值，也可以用解析几何方法求解。根据解析几何原理：对于方程式$y=ax^2+bx+c$是抛物线轨迹，其顶点P的坐标为：$\left(\frac{-b}{2a}, \frac{4ac-b^2}{4a}\right)$，其对称轴平行于y轴，一般形式如图1—2所示。如果$a>0$，则开口向上，这时：

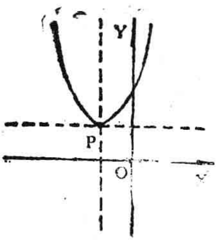

图1—2

$$\begin{cases} x=-\dfrac{b}{2a}, \\ y=\dfrac{4ac-b^2}{4a} \end{cases}$$

是为极小值。如果$a<o$，则开口向下，这时：

$$\begin{cases} x=-\dfrac{b}{2a}, \\ y=\dfrac{4ac-b^2}{4a}, \end{cases}$$

是为极大值。由于a、b、c均为已知数，利用这项规律可以直接求解：当某物理量$x=\frac{-b}{2a}$的时候，得另一物理量（y）

为极大值或极小值。如下例所示：

〔例三〕如前面例二。

解：经过如前所述的分析，已经得知t秒后两船的距离$\overline{DC}$为：

$$\overline{DC}^2=(20-2t)^2+t^2=K（设）。$$

是为K、t两个变量的代数式。根据解析几何原理，求解$K=(20-2t)^2+t^2$为极值的时候，t=？这时，可将该式化为：

$$K=5t^2-80t+400,$$

可见$a>0$，K为极小值，根据上述公式，得：

$$t=\frac{-b}{2a}=\frac{80}{2\times5}=8（秒）。$$

同时得：$$K_{极小值}=\frac{4ac-b^2}{4a}=\frac{4\times5\times400-80^2}{4\times5}=80。$$

可知两船经过8秒钟，最短距离DC为：

$$DC=\sqrt{K_{极小值}}=\sqrt{80}=8.94（米）。$$

〔例四〕如前面例一中的第（2）问。用解析几何方法，求解两车相距最大所需经历的时间，和此最大距离是多少？

解：根据例一的分析，已经得知两车相遇前的距离为：

$$\triangle S=-\frac{0.5}{2}t^2+5t.$$

可见$a<o$，则$\triangle S$将为极大值。再根据前面的公式：

$$t=\frac{-b}{2a}=\frac{-5}{2\times(-0.5/2)}=10（秒）。$$

此时两车的最大距离：

$$\triangle S_{\text{最大}}=\frac{4\ ac-b^2}{4a}=\frac{4\times\left(\frac{-0.5}{2}\right)\times 0-5^2}{4\times(-0.5/2)}$$

$=25$（米）。

可知经过10秒钟，两车相距25米，是为最大距离。

（3）三角函数法

对于某些三角函数形式的物理方程，求解某个物理量的极大值或极小值，可以根据三角函数的极值特征来确定。这种运算方法比较灵活，没有一定公式。其基本方法就是把物理关系方程中的多个不同的三角函数，运用三角恒等式，把它换算为同一个三角函数，然后根据该三角函数的极值特征来求解。如下例所示：

〔例五〕设有一条沟渠，今欲架设一倾斜直形轨道，把物体由沟渠一边山坡上沿轨道滑送到沟渠的另一边。要求物体能以最短时间自由滑送过去，求此轨道应取的倾斜角。设滑动摩擦可略而不计。

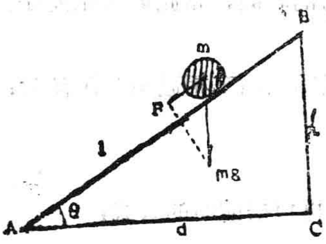

图 1—3

解：已知沟宽为d，设轨道长为l，倾斜角为θ，物体质量为m。摩擦力可略，如图1—3所示。一般可以看到，斜角θ越大，物体滑动速度就越大，但因沟宽d为一定值，如果θ越大，则轨道长l必需越大，滑过时间就越长。所以无限制地增大θ角，不一定滑过的时间就短。现要求θ＝？

时滑过的时间为最短。

由图示可知$F = mg\sin\theta = ma$，所以沿轨道滑下加速度$a = g\sin\theta$。因为物体自由滑下，初速为零，则轨道长$l = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}g\sin\theta\cdot t^2$。由此得滑过沟渠所需时间$t$为：

$$t^2 = \frac{2l}{g\sin\theta}.$$

又因$l = d/\cos\theta$，则上式可以写为：

$$t^2 = \frac{2d}{g\sin\theta\cdot\cos\theta}.$$

现在利用三角函数的极限值特征，求$\theta = ?$的时候t值为最小。为此，首先要把两个三角函数变换为一个三角函数，于是根据三角恒等式：

$\mathrm{sim}\,2\theta = 2\,\mathrm{sim}\theta\cdot\cos\theta$，则上式变为：

$$t^2 = \frac{4d}{g\cdot 2\sin\theta\cdot\cos\theta} = \frac{4d}{g\sin 2\theta}.$$

现在要使t为最小值，因为d和g均为恒量，可见$\sin 2\theta$应取最大值。故应有$2\theta = \pi/2$。亦即$\theta = \pi/4$，$\theta = \pi/4$时，t为最小。故轨道倾斜角θ应取45°，则物体滑过沟渠需时最短。

〔例六〕一人用力把物体拖上倾斜角为θ的斜坡。已知物体与斜坡面之间的滑动摩擦系数$\mu = 0.58$。问此人所施拖力应与斜坡面成多大的角度才最省力？

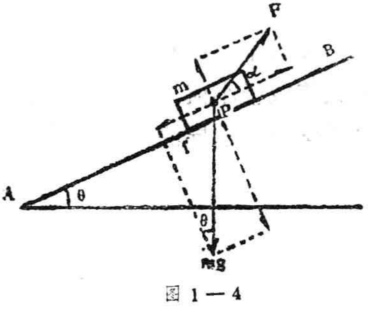

图 1—4

解：设物体质量为m，拉力为F，拉力与斜坡面夹角为α。已知摩擦系数为$\mu=0.58$. 设摩擦力为f. 依题意如图1—4所示，则应有：

$$F\cos\alpha = mg\sin\theta + \mu(mg\cos\theta - F\sin\alpha)$$

故有 $$F = \frac{mg(\sin\theta + \mu\cos\theta)}{\mu\sin\alpha + \cos\alpha}.$$

式中m，θ，g，和μ均为恒量. 现在要使F为最小，则上式中的分母应为最大值. 亦即要求$\alpha=?$的时候，$(\mu\sin\alpha+\cos\alpha)$为最大值.

若令$\mathrm{ctg}\phi=\mu$，再由三角恒等式，可得：

$$\begin{aligned}\mu\sin\alpha+\cos\alpha &= \mathrm{ctg}\phi\cdot\sin\alpha+\cos\alpha \\ &= \frac{1}{\sin\phi}(\sin\alpha\cdot\cos\phi+\cos\alpha\cdot\sin\phi) \\ &= \frac{1}{\sin\phi}\cdot\sin(\alpha+\phi).\end{aligned}$$

现在$\mu=0.58$，则$\phi=\mathrm{ctg}^{-1}(0.58)=60°$. 可知要使$(\mu\sin\alpha+\cos\alpha)$为最大，则应使$\sin(\alpha+\phi)=$（最大值）. 所以： $\alpha+\phi=\alpha+60°=90°$.

可见：$\alpha=30°$，则$(\mu\sin\alpha+\cos\alpha)$为最大. 这时拉力F为最小。

所有以上讨论分析和举例，表明了不用数学分析求导方法，也可以求某些物理量的极大值或极小值。当然，如果在教学过程中，学生已经学习过数学分析求导法，自然还是采用数学分析方法更为简便。

（二）在某些物理定律或规律中考虑某些极限情况下的物理意义

大家都知道，任何一项物理定律或规律都不可能无限制地使用，而是有一定的成立条件和适用范围。所谓某种极限情况，就是说：把定律或规律应用到某种极限情况（趋于无限大或趋于零）的时候，定律或规律是否仍然成立？这问题，事实上不能一概而论，要根据具体情况作具体分析。有些定律或规律在某种极限情况下依然成立；然而，某些定律或规律在另一些极限情况下，由于某种实际原因，将与一般情况不同，因而不能成立。且看下面几个实例：

〔例七〕物体的重量$W=mg$，这项规律只能在地面附近才能成立。如果物体处于距离地面相当远的高山上，或矿井下，就不够正确了；甚至即使在地面上，也因地球纬度的不同而有些微小差异。因为重力加速度g的量值是因距离地心远近不同而变的。这问题请参看本书中《重力势能与引力势能》一文。

〔例八〕牛顿运动第二定律：$\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$。当合外力$\Sigma\vec{F}=0$，则$\vec{a}=0$，这是成立的。如果说合外力$\Sigma\vec{F}=\infty$，则$\vec{a}=\infty$，这就有一定限制了。一方面外力不可能真正无限大；另一方面，如果合外力相当大，则受力物体运动速度相当大，甚至大到与光速可以比拟时，物体的质量也将发生变化，牛顿第二定律的简易形式$\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$就不能成立。这问题请参看本书中《牛顿运动定律的适用条件与经典力学时空