

WULI YUANLAI
BUNENG ZHEYANG KAO

物理

原来不能这样

熊志权◎著

考



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

物理

原来不能这样考

WULI YUANLAI
BUNENG ZHEYANG KAO

熊志权◎著

西南交通大学出版社

· 成都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

物理原来不能这样考 / 熊志权著. —成都: 西南
交通大学出版社, 2012.5

ISBN 978-7-5643-1739-3

I. ①物… II. ①熊… III. ①中学物理课—高中—教
学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 094339 号

物理原来不能这样考

熊志权 著

责任编辑	牛 君
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成 品 尺 寸	170 mm × 230 mm
印 张	20.625
字 数	366 千字
版 次	2012 年 5 月第 1 版
印 次	2012 年 5 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1739-3
定 价	38.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

正本清源，还物理试题本来面目

(代自序)

做正确的事远比正确地做事重要。方向错了，南辕北辙，只会离目标越来越远。

选拔性考试对整个教育生态发挥着重要的影响作用，试卷的质量决定着甄别的信度和人才选拔的质量，如果物理试卷中的试题本身存在问题，如命题缺乏论证、题意晦涩、答案模棱两可或者根本没有正确答案，那么，评价标准就出现了严重偏差，甚至背道而驰。

本书以真实的物理试题引出话题，采用一题一议，有理有据。书中选取的缺陷物理试题有的是已知条件不自洽而自相矛盾，有的是闭门造车，不尊重实验事实，有的是缺少严密的数学推导，想当然地妄下结论，有的是错误的前概念让师生先入为主，有的是命题缺乏严密性思考从而漏洞百出，这些诡异的试题在试卷、教材、教辅资料中如幽灵般层出不穷，以讹传讹，影响一代又一代的学生。本书所列举的问题是多年教学研究积累的成果，有些内容仅仅代表我对这些问题这样或者那样的思考，有些根本没有得出完美的结论，仅仅提供给研究中学物理的行家里手选择性地借鉴与批判。

从湖南到广东，从一线教师到教研机构，有种信念一直在支撑鼓励着我，让我坚守在物理问题研究一线，那就是将对物理题的正本清源视为一个教育者应有的责任和使命，对鱼目混珠的物理错题和错解开战，与其摇旗呐喊，不如用蹩脚的文字记叙我的实践成果。有些教师自我封闭，不交流讨论，不加批判地将海量的教辅习题照本宣科，课堂上讲得津津有味，学生却浑然不知是伪命题，甚至，这种错误长时间并大面积地流行在中学物理教学中，如果能有效推动或者解决这些问题，那么，减轻学生过重的课业负担和切实提高课堂教学效益将不再是一句空话。

本书以教育叙事的方式来研究高中物理疑难杂症，尝试了学科教育专业叙事研究，将自己的教育理念渗透到物理习题教学中，以具体的物理试题或者问题引出话题，以自己的亲身经历为情景，使物理问题在一个真实的环境中得到解决并得出自圆其说的解释。书中充满自己的反思、与朋友的争辩、与同行的讨论，增加了问题讨论与研究的背景和过程，使其具有故事性和可

读性，而不仅仅是冷冰冰的物理规律和冗长繁琐的数学运算。在浩瀚的千人一面的中学物理书丛中，许多内容和观点显得有些“另类”，读者从本书中可能会感受到一些耳目一新的元素。

本书在素材积累和撰写期间并不顺畅，一些问题让自己苦苦思索半个月而没有任何收获与结论，有些问题要和同事交流，要向大学教授请教，要统计分析同行的观点，多次遇到了模型构建困难和数学障碍。为此，我花了大量时间沉静下来读书学习，汲取别人的知识，参阅了大量中学物理教育类期刊，重读大学物理专业书籍，感叹物理同行研究成果的厚实与深刻。本书参考或引用了全国知名物理教育同行的一些前瞻看法和独特视角，本应该事先征求这些作者的同意，但由于作者颇多，联系费时，没来得及做这步工作，在此，我向相关文献的作者致谢和表达歉意！本书在出版过程中，得到了西南交通大学出版社的大力支持，在此表示衷心感谢！

鉴于作者水平和精力有限，书中难免存在一些疏漏和不妥之处，恳请各位研究中学物理的专家、读者和大方之士批评斧正。

熊志权

2012年2月于珠海·香洲

目 录

第1辑 深度与高度——居高临下审视错题错解

1 已知条件不自洽	3
1.1 初始条件决定运动过程	3
1.2 另类匀变速直线运动	14
1.3 连接体加速度不一定同时为零	23
1.4 题干中“假设”不成立	30
2 不尊重实验结果	39
2.1 被“扭曲”的纸带	39
2.2 滑动变阻器分压接法的条件	44
2.3 类比法的科学性	50
2.4 变压器问题的几点研究	62
2.5 举手之劳的几个小实验	75
3 错误的物理前概念	80
3.1 物理图像中的斜率	80
3.2 都是“加速度”惹的祸	86
3.3 物理教师错误的前概念	90
3.4 “为什么”比“是什么”更重要	94
3.5 高考拼的是实力而不是运气	98
4 缺少严密的数学推理	103
4.1 水中鱼的像的位置	103
4.2 数学方法不敌物理思想	110
4.3 一道静摩擦力习题的思考	115
4.4 究竟是想放水还是进水	120

5 都是参考系惹的祸	126
5.1 动车将消耗多少电能	126
5.2 感生与动生电动势	129
5.3 究竟是电场还是磁场	139
5.4 重力是地心说的产物	144

第2辑 探索与争鸣——疑难杂症的多元化思考

6 题外之音	151
6.1 2006年广东压轴题赏析	151
6.2 这两个条件并非多余	156
6.3 上海2011年物理卷第32题	163
6.4 物理中认识向量的结合律	168
6.5 高考题答案错了	172
7 物理方法与技巧	175
7.1 极端法不是万能钥匙	175
7.2 扔铅球的最佳角度	184
7.3 被我们忽视的电场自能	192
7.4 几个小故事看“无限”与“有限”	197
7.5 临界条件的困惑	204
8 问题争鸣	210
8.1 连续与可导，左右为难	210
8.2 卫星轨道的几点讨论	216
8.3 牛顿第三定律不再成立吗	220
8.4 摩擦力做功的深度思考	223
8.5 电容器的储能	229

第3辑 感悟与超越——概念与规律的深刻辨析

9 以讹传讹	237
9.1 几个似是而非的问题	237

9.2	走楼梯，支持力对你做功吗	247
9.3	光子的能量变化了吗	253
9.4	美丽的错误	257
9.5	聪明的光线	261
10	并非钻牛角尖	267
10.1	物理概念的严密性	267
10.2	氢气球为什么能飘上天	278
10.3	从单摆说起	284
10.4	电流产生的磁场究竟有多大	287
11	知其然更要知其所以然	290
11.1	万有引力中的几个问题	290
11.2	物理规律解答数学题	296
11.3	物理学史应该如何考	302
11.4	三种不同的耗能、储能方式	308
11.5	答案究竟是多少	311
11.6	安全用电	319



第 1 辑

深度与高度

——居高临下审视错题错解

教师在无休止地命题，学生在不知疲倦地做题。可是，试卷和资料中大量的物理题究竟是不是一个真命题？有人混淆是非，有人深信不疑，如果没人出来拨乱反正，那么，学生得到的永远是颠倒黑白的知识！

不排除某些试题本身就是错的。如已知条件不自洽而自相矛盾，胡乱捏造数据蔑视实验规律，物理过程缺乏严密数学推导而匆忙下结论，或者我们脑海中储存的物理概念历来就是片面和固执的，这类试题失去了训练物理思维、巩固物理知识的起码价值，要慎做或者少做，当然更不能照搬到试卷中进行选拔和甄别。要戳穿这类隐蔽性极高的错题错解面纱，物理教师既要有思维的深度，更要站在专业的高度对各种题型进行审视。

“只在此山中，云深不知处。”

1 已知条件不自洽

当试题的已知条件设计不合理甚至相互冲突时,就可能导致物理试题本身不自洽,就是说根据题目提供的已知条件进行逻辑推理的话,自己可以证明自己是矛盾或者错误的。中学物理试题已知条件不自洽的问题颇多,如变加速运动问题滋生了大量隐蔽性较强的错题,基本都属于已知条件不自洽。

1.1 初始条件决定运动过程^①

牛顿力学认为,一个系统的初始条件一旦确定,此后的运动过程就必然确定,它甚至可以不考虑初始条件的复杂性和随机性。例如,在确定的高度以一定的初速度抛出一物体,它的轨道就能精确确定,初始条件变化,它的运动过程就会发生相应的改变(图 1.1)。



图 1.1 牛顿力学的运动观

1.1.1 机车定功率启动问题

在地面某处水平抛出一个物体,根据平抛规律,如果知道初速度和抛出点的位置,那么,物体扔出去以后,你不用刻意去关注和观察,它会听话地按照既定的轨迹运动,这就是初始条件决定运动过程。现在我们列举中学物

^① 参见:熊志权.谈变加速运动的自洽性[J].中学物理教学参考,2011(8):46-48.略有改动。

理常见的机车定功率启动和电磁感应现象等问题进行辨析。

题1^① 质量 $m = 500 \text{ t}$ 的机车，以恒定的功率从静止出发，经 $t = 5 \text{ min}$ 行驶 $s = 2.25 \text{ km}$ 后，速度达到最大值 $v_m = 54 \text{ km/h}$ ，试求：机车的功率。

机车定功率启动，在高中是一个热门话题，教师甚至视为重点必考知识。在平时的模拟考试和资料中，也多次遇到这一系列的问题，可怕的是，命题者别出心裁变出了五花八门的题目，而这些题目大多违背基本运动规律。因此，我们有必要为机车的定功率启动“正名”。

文献①将此题作为典型的“利用 $W = Pt$ 求解变力做功问题”，附有详细的解答如下，我总觉得这个解答过程怪怪的。

解 设牵引力 F 做的功为 W_F ，阻力 f 做功为 W_f ，由动能定理可知：

$$W_F - W_f = Pt - fs = \frac{1}{2}mv_m^2 - 0$$

机车速度达到最大时，有 $P = Fv = fv_m$

代入数据即可求出 $P = 375 \times 10^3 \text{ W}$ ，还可以求出恒定的阻力 $f = 25 \times 10^3 \text{ N}$ 。

此题的解答过程看似天衣无缝，但是，你会不会站到全局的高度思考一下这么一个问题：质量为 500 t 、功率为 375 kW 恒定的机车，运动 5 min 后，位移是不是肯定为 2.25 km ？速度是不是一定达到了最大速度 54 km/h ？

答案或许不是这样。

因为，初始条件确定（机车功率、初速度、质量、阻力），经过一段时间 t 后，它的结果必然是唯一的，由不得命题者随心所欲！下面进行两个方面的推导。

1. 找出定功率启动的速度和时间关系

设机车功率恒定为 P ，牵引力为 F ，阻力恒定为 f ，机车最终能达到的最大速度为 v_m ，则有

$$P = Fv = fv_m$$

根据牛顿第二定律有

$$F - f = \frac{P}{v} - f = ma = m \frac{dv}{dt}$$

① 参见：徐辉，江楚桥，等. 利用 $W = Pt$ 求解变力做功问题//高中物理解题方法与技巧 [M]. 武汉：湖北教育出版社，2006：64-66.

为找出速度和时间关系，我们对上式积分，当然也可以直接利用积分公式^①进行代换

$$\int_0^t dt = -\frac{m}{f} \int_0^v dv + \int_0^v \frac{mP}{Pf - f^2v} dv$$

则当速度达到 v (此时 $v < v_m$) 时，所需要的时间为

$$t = -\frac{mv}{f} - \frac{mP}{f^2} \ln\left(1 - \frac{fv}{P}\right)$$

我理想找出速度对时间的表达式，可是这个方程似乎不让我朝此方向思考，因为速度的表达式不是初等函数，就是说，结果不能表示成有限幂级数或者初等函数的积分形式等。但有上式已经足够了，我们确定一个 v 就可以求出一个 t (当然，这有点违背物理思维方式，时间应该是自变量，速度是因变量，但我们可以进行纯数学处理，将 v 视为自变量， t 视为因变量，这一处理也是出于无可奈何，因为我们实在是找不到 v 对 t 的表达式)。

考察上式，当 $v \rightarrow v_m$ 时， $\ln\left(1 - \frac{fv}{P}\right) = \ln\left(1 - \frac{v}{v_m}\right) \rightarrow -\infty$ ，这说明，要使速度达到最大 v_m ，需要经历无限长的时间才能实现。根本不是题中所谓“经过 5 min 后速度达到最大”。我们可以通过 Excel 进行计算和图像描述，如表 1.1 和图 1.2。

表 1.1 机车定功率启动速度和时间的关系

m (kg)	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5
f (N)	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
v_m (m/s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
v (m/s)	0.1	1.9	2.5	4.3	6.1	8.5	9.1	10.9	11.5	12.1	12.62	13.3	14.5	14.9
t (s)	0.007	2.631	4.696	15.34	34.6	80.87	97.93	171.1	206.6	251	299.9	387.2	730.4	1205

① $\int \frac{xdx}{ax+b} = \frac{1}{a^2} [(ax+b) - b \ln|ax+b|] + c$

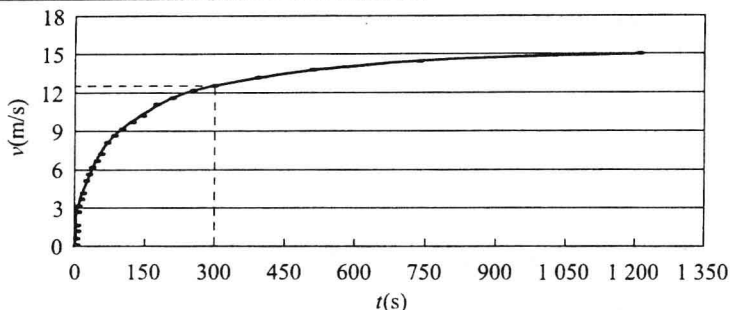


图 1.2 机车定功率启动速度-时间图像

从图表中可知，经过 5 min 后（横轴中的 300 s），机车速度不是达到最大，而是 12.62 m/s，速度的最大值 15 m/s 是一条渐近线，不可能达到。

2. 找出定功率启动的位移和速度关系

同样根据牛顿第二定律有

$$F - f = \frac{P}{v} - f = ma = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dt} \cdot \frac{ds}{ds} = mv \frac{dv}{ds}$$

上式进行了一个小小的变换，目的是找出位移和速度之间的关系，所以我们要将时间消去，方程的右边乘了一个 1，即 $\frac{ds}{ds}$ 。

变形整理后有

$$ds = \frac{mv^2}{P - fv} dv$$

我们根据积分公式^①，代入初始条件，可以求得此微分方程的解

$$s = \frac{m}{2f} \left(2v_m^2 \ln \frac{v_m}{v_m - v} - v^2 - 2v_m v \right)$$

上式表示机车定功率启动过程中，当速度达到 v 时，机车运动的位移。同理，我们无法找出速度 v 对位移 s 的表达式，根据上式，我们可以找出速度和位移的对应关系。

① $\int \frac{x^2 dx}{ax+b} = \frac{1}{a^3} \left[\frac{1}{2}(ax+b)^2 - 2b(ax+b) + b^2 \ln|ax+b| \right] + c$

考察上式，当 $v \rightarrow v_m$ 时， $\ln \frac{v_m}{v_m - v} \rightarrow +\infty$ ，位移并不随着速度（或者时间，

因为时间增加速度增大）的增加而收敛，就是说，位移不会像速度一样趋向于某一个常数，而是无限增加，甚至趋近于无穷大。那么，题中“经过 2.25 km 速度达到最大”也就无从谈起。通过 Excel 进行计算和图像描述如表 1.2 和图 1.3。

表 1.2 机车定功率启动速度和位移的关系

m (kg)	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5	5×10^5
f (N)	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
v_m (m/s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
v (m/s)	0.1	1.9	3.1	4.9	5.5	6.1	7.9	8.5	9.1	10.9	11.5	12.05	13.3	14.5	14.9
s (m)	4×10^{-4}	3.371	15.7	69.72	102.9	146.9	371.7	490.6	640.8	1 379	1 776	2 251	4 039	8 853	15 858

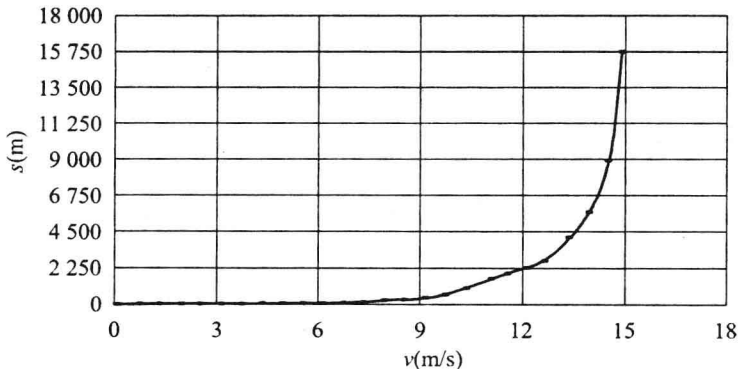


图 1.3 机车定功率启动位移-速度图像

从图表中可以看出，当位移为 2.25 km 时，机车的速度为 12.05 m/s，根本没有达到最大速度 15 m/s。因此，试题提供的数据不自洽。

常见的高考物理复习资料中还有如下一些题，题干本身就错了，那还需要我们去做什么？

题 2 质量为 10^5 kg 的机车，以 18 km/h 的初速度保持恒定的功率运行，经 4 min 前进了 1.8 km，这时机车达到最大速度 72 km/h，机车所受的阻力不变。则机车的功率为 ___ W，所受阻力大小为 ___ N。

题 3 电动机通过绳子吊起质量为 8 kg 的物体，绳能承受的最大拉力为 120 N，电动机的额定功率为 $P_0 = 1\,200$ W，要将物体由静止用最快的方式提升到

90 m 高处(物体接近 90 m 处时已经以最大速度上升),求下列情况下所需的时间。

- (1) 先以恒定的加速度 a_0 匀加速运动,直至电动机功率达到额定功率 P_0 ;
- (2) 以额定功率 P_0 加速上升,直至物体达到最大速度 v_m ;
- (3) 物体以最大速度 v_m 匀速上升,发动机的功率仍是额定功率。

以上两题,大家思考一下,错在哪里?

机车的定功率启动问题,除了题目已知条件相冲突外,中学物理题中涉及的“阻力不变”几乎不可能实现,机车行驶过程中阻力主要是空气阻力,与速度、高度相关,并且阻力与速度还不仅仅局限于正比关系,可能是更高阶关系。保持“功率恒定”则更加不可能,试想,机车启动瞬间的加速度应为无穷大,要知道这是绝对不可能实现的,死亡加速度也只有 500g 啊,无人驾驶还差不多,但也不行,车身无法承受这么大的抗拉或抗压强度而会被内力撕压成碎片^①!

读完以后,你是不是会觉得很失落?“定功率启动”这个重要知识点是不是和热情的师生开了一个玩笑?

定功率启动问题之所以被中学老师视为重点,其原因之一就是物理过程是一个典型的变加速运动过程(加速度减小的加速运动),对训练学生思维、理解运动过程很有帮助,特别是启动过程中: $v \uparrow \rightarrow F \downarrow \rightarrow a \downarrow$ 的动态变化分析过程,足可以使师生陶醉,并且还有一个趋于完美的结论——“速度达到最大后,机车匀速直线运动”。

如果机车运动的最大速度不是太大,或者阻力不是足够小,定功率启动时速度的增加是很快的,如图 1.2 所示,汽车在前 730 s 内速度就达到了 14.5 m/s,在此基础上,如果要使速度再增加 0.4 m/s,则付出的时间为 295 s,可见,速度的增加越来越困难。我们完全可以承认速度接近最大速度时,就视为匀速直线运动了。这时,我们可以理直气壮地说,机车速度达到了最大。

命题者在题干中千万不能同时提供速度、位移、时间三个物理量的具体数据,初始条件确定的题干中,如果这三个物理量定义了具体的数据,那么这个题基本上死定了。有经验的命题教师则通过用字母来表示物理量的值,回避了这个不自洽的问题。

综观这类不自洽问题,有一个特点,基本上都是变加速过程,需要用高等数学知识求解。高中学生数学水平没有跟上,质疑较少,否则早就穿帮了

① 江西樟树三中的席桑田老师认为,汽车发动的“出力”必须通过活塞、连杆、离合、轴等机械构件传递到车轮上,构件的强度均限制了汽车的最大加速度,同时,对地面驱动轮的摩擦力也是有限的。实际上,司机都知道,汽车启动都是先保持牵引力不变,基本是匀加速启动。另外,汽车不可能一启动就达到额定功率,而是小于额定功率。

(多年教学经历证明,高中物理的错题基本上都是学生发现的)。一些中学老师和命题老师可能教了多年高中,所谓“教高中就只有高中水平”、“教小学就只有小学水平”,大学物理和高等数学等专业武功早废了,于是,这类题便有了广阔的衍生市场。

1.1.2 电磁感应和磁场问题

下面再以电磁感应和磁场问题进行补充,说明一些已知条件不自洽问题,因为高中物理习题中,不自洽的问题好像很多。

题 4^① 如图 1.4 所示,匀强磁场 $B = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{T}$, 方向竖直向下,正方形线框每边长为 0.4 m , 总电阻为 0.16Ω 。 ad 、 dc 、 cb 三边为细金属线,质量可忽略。其中 dc 边固定不动, ab 边质量为 0.1 kg , 将线框拉至水平后释放, ab 边经 0.4 s 到达最低位置,求此时线框中感应电流的瞬时值。

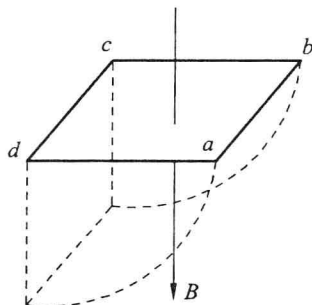


图 1.4 金属框在匀强磁场中摆动

此题提供的解析:线框以 dc 边为轴从水平位置转到竖直位置的过程中,能量发生了转化, ab 边的重力势能一部分转化为动能,另一部分由于线圈中磁通量的变化转变为电能,根据能量守恒

$$E_p = E_k + E_{\text{电}}$$

$$\text{即} \quad mgl = \frac{1}{2}mv^2 + \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta tR}\right)^2 R\Delta t$$

$$\text{式中} \quad \Delta\phi = BS = Bl^2$$

$$\text{解得} \quad v = 2 \text{ (m/s)}$$

$$i = \frac{Blv}{R} = 3.54 \text{ (A)}$$

这道题犯了两个致命的错误:

(1) 题目本身不自洽。初始条件确定后,“将线框拉至水平后释放, ab

^① 参见:林荣养(广东省吴川市第一中学).能的转化和守恒定律在电磁感应现象中的应用[J].中学物理教学参考,1999(6).又见:布正明,姚跃涌.高考物理复习指南[M].3版.广州:广东教育出版社,2004:239.尽管题目中的数据有变,但也不自洽。