



物理实验中创造性思维能力的培养与训练

李德安

华南师范大学物理系

中国广州华南师范大学物理系(510631)

电邮: lida@scnu.ied.cn

内容

- 摘要
 - 实验课题的设计
 - 实验方案的设计
 - 实验资料的处理方法
 - 实验结果分析
 - 结论
 - 参考文献
-

摘要

本文以“橡皮筋的伸长和外力关系”实验的设计与研究为, 探讨小型物理实验课题, 让学生通过对课题的设计与研究来培养他们的观察和实验动手能力、提出问题的能力、科学思维能力、分析和解决问题的能力, 培养学生的创造性思维, 开拓学生的创新意识和创新精神。

在当今世界各国的基础教育改革中, 培养学生的创造力已成为一个重要的课题。创新意识和探索能力是理科教学的重要目标之一。在我国新的高中物理教学大纲中明确提出要“使学生受到科学方法的训练, 培养学生的观察和实



验能力、科学思维能力、分析和解决问题的能力”，“要鼓励学生具有开拓意识和创新精神”，并且要求“必修和限选物理课设置适合于高中学生的课题研究，培养学生独立地研究问题的初步能力”。然而，培养学生的创新意识和初步探索能力却是我国高中物理教学的薄弱环节。在许多中学，普遍采用的是“口授，耳听，笔演”的教学模式，学生获取信息的主要渠道是书本、考卷和教师的讲解，培养能力的途径主要是做大量的习题（其中绝大多数脱离实际）。审视我国高中物理实验教学的状况和中学生的心理思维特点，设计了一个此类型的课题，并让中学物理兴趣小组的学生对此课题进行了一定的研究与探讨。

实验课题的认识

创造活动首先源于问题意识。因为，如果没有问题意识，一个新问题就不可能提出，而创造也就无从谈起。传统的灌输式的教学引导下，很多人失去了问题意识。所以，指导教师应设计出能提高学生问题意识的、能培养学生创造性思维能力的课题，使学生在分析、研究的过程中能提出一些设想和问题，这样学生的创造思维能力才能得到提高。

课题：给你一根较长的橡皮筋，20g 的砝码和 10g 的砝码各一只，制图板一块、坐标纸一张、细线一段、图钉若干，请你设计实验研究橡皮筋伸长和所受拉力的关系，并对实验结果进行分析讨论。

1. 你打算用什么方法获得小于 10g 和大于 30g 的拉力？
2. 你打算如何测量橡皮筋的伸长和拉力的大小？
3. 请你猜想一下橡皮筋的伸长和拉力的图线是什么样的？
4. 你准备怎样处理实验资料？
5. 你作出的图线有什么特点？怎样解释？
6. 在逐渐加大拉力作出一条图线后，再逐渐减小拉力回到原来的初始拉力大小，再作图线，这两条图线是否重叠？这说明了什么问题？

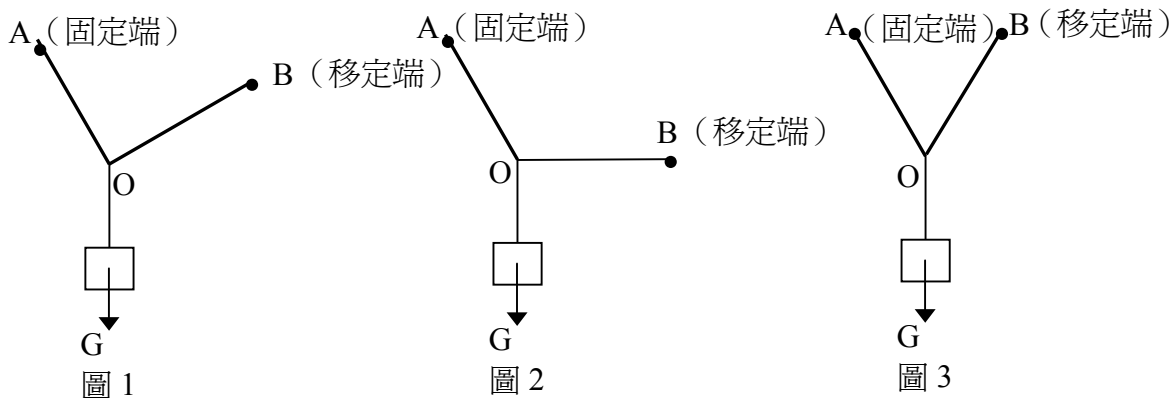
实验方案的设计

学生面对这样的问题，最初的设想多数是在橡皮筋下挂码的方法，但实验中只能得到三组资料，不足以反映橡皮筋的伸长和所受外力的关系。这时他们就会积极地思索，利用所学的知识、所给的器材，运用抽象思维的方法去分析并设想各种实验方案。教师不轻易对学生的方案过早地给予评价，鼓励学



生去尝试自己设计的实验方案(包括难于或不能达到实验目的的方案), 在实验过程中让他们发现方案中存在的缺点和问题。这样学生创造性思维的能力在方案设计阶段就得到了较好的训练。

学生实施的实验方案大概有如下几种:



方案一、如图 1 所示, AO 为橡筋、BO 为皮筋或绳, B 点可在 AOB 平面内随意移动。

方案二、如图 2 所示, AO 为皮筋、BO 为皮筋或绳, OB 始终与重力 G 的方向直。

方案三、如图 3 所示, 橡皮筋原长 AO 等于橡皮筋原长 BO, 且 B 点固定一条经过 A 点的水平直线上移动。

在以上各方案的实施过程中, 只要在坐标纸上定下不同的 B 点和 O 点的位置, 即可提供一组供研究的数据。同时, 在 B 端移动到某点后, 进一步要求学生从此点顺着各点返回, 并定下此时 O' 点的位置, 并要求学生对产生的“异常”现象作进一步的分析与研究。

实验中应注意的几个问题:

1. 图画板必须竖直放置;
2. 最好在坐标纸上定点, 砝码的重力方向与坐标纸的垂直轴平行, 这样更方便定点、读数及测量;
3. 在测量前应让橡皮筋呈松弛状态, 以达到更好的实验效果;
4. 定点必须准确并尽可能快速, 且要一气呵成地完成两条曲线的点轨。



实验资料的处理方法

物理学的许多重大发现都是从分析实验资料中得出的。特别是物理定律的公式基本上都是从实验资料的处理中得到的。实验结果的数据处理包括技术处理和理论分析，它是运用资料揭示事物和现象的本质联系。因此，必须运用数学方法与思维方法相结合，对记录的实验结果加以整理分析，主要包括实验误差的分析、有效数字的运算和实验资料的处理。

在数据处理中，力 F 是根据力的分解与合成的原理求得，但处理的方法也是多种多样的，不同的方法有不同的优缺点，下面就实验方案三进行分析：

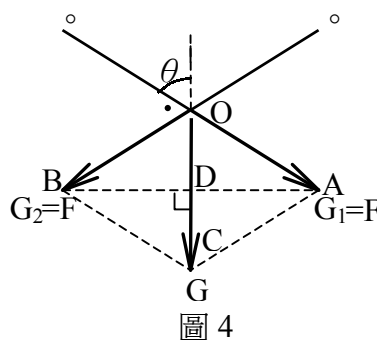
根据力的平行四边形法则（如图 4 所示）， $AOBC$ 是一个对角线相互垂直的菱形，因此可以把它转化为直角三角形的形式来求 F 值，即 $F \cos \theta = G/2$ ， $\cos \theta = OD / \sqrt{OD^2 + DA^2} = OD / OA$ ，只要我们量出 OD 、 OA 的数值，或从坐标纸上读出 OD 和 AD 的数值，都可求出 F 值的大小。

在数据处理中，可简化为如图 5 所示的方法来求得力 F 的大小和橡皮筋在不同

拉力 F 下的长度 l （在此选取不同单位长

度的 O_1D_1 、 O_2D_2 —表示 $G/2$ 的大小）。

如：
$$F_1 = \frac{O_1A}{2O_1D_1} \cdot G = \frac{\sqrt{O_1D_1^2 + D_1A^2}}{2O_1D_1} \cdot G$$



$$F_2 = \frac{O_2A}{2O_2D_2} \cdot G = \frac{\sqrt{O_2D_2^2 + D_2A^2}}{2O_2D_2} \cdot G$$

1. 也可采用力的图标法求得力 F ，以单位长度表示 $G/2$ （如图 6 所示），则

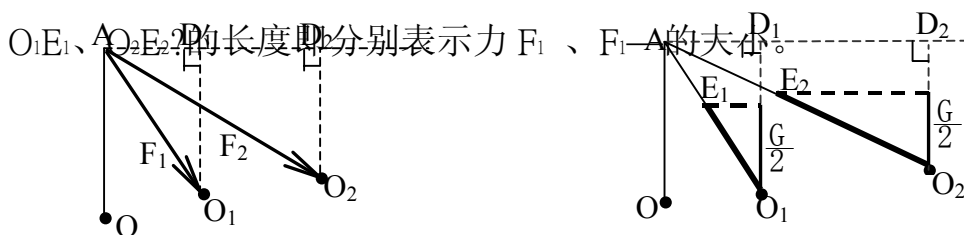


圖 5

圖 6



3. 关于 $F-\Delta l$ 图像的得出, 可有以下几种方法:

1. 先求出 l 、 F 的值, 然后作出 $F-l$ 曲线, 延长曲线交 l 轴于 l_0 , 则 l_0 即为橡皮筋的原长(l_0 也可在测量前量出), 然后把 F 轴向右平移 l_0 , 即得出 $F-\Delta l$ 图像 (如图 7 所示)。

2. 以 A 为主圆心, A 、 B 重合时 AO 的长度 l_0' 为半径画弧, 然后量出 $\Delta l'$ (如图 8 所示) 但用此方法测量 $\Delta l'$ 可能会产生较大的误差。作出 $F-\Delta l'$ 的图像, 然后向右平移 l_0-l_0' , 即得出 $F-\Delta l$ 图像 (如图 9 所示)。

3. 以 A 为圆心, 以不同作用力 F_i 下橡皮筋的长度 l_i 为半径, 利用画弧的方法在坐标纸上量出橡皮筋的长度 l (如图 10 所示), 然后按照“1”的方法作

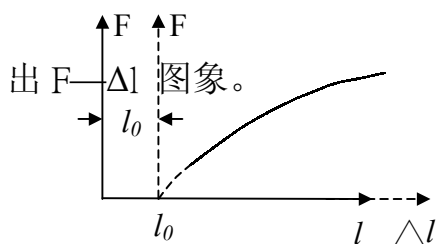


圖 7

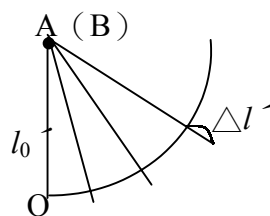


圖 8

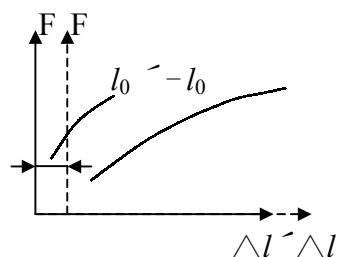


圖 9

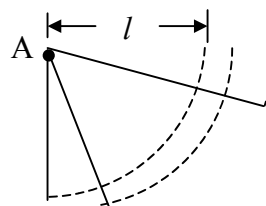


圖 10



下面是运用方案三测得的一组资料:

其中砝码为 30g, 绳原长 (总长) 为 30cm, 不同的力 F_i (F_i') 作用下橡皮筋的伸长量为 Δl_i ($\Delta l_i'$), (F_i' 、 $\Delta l_i'$ 分别为橡皮筋返回时的作用力以及在此作用力下的橡皮筋的伸长量)

F_i/g	15.00	15.12	15.51	16.20	16.66	17.27	18.04	18.92	20.12
$\Delta l_i /cm$	16.00	16.03	16.08	16.13	16.21	16.24	16.35	16.40	16.50
F_i/g	21.60	23.48	25.83	28.88	32.54	36.95	41.39	46.34	
$\Delta l_i /cm$	16.68	16.87	17.13	17.46	17.94	18.55	19.31	20.08	
F_i'/g	15.00	15.13	15.51	16.17	16.63	17.20	17.91	18.83	19.91
$\Delta l_i'/cm$	16.20	16.24	16.34	16.39	16.50	16.57	16.65	16.69	16.85
F_i'/g	21.25	22.97	25.13	27.82	31.40	35.45	40.28	46.34	
$\Delta l_i'/cm$	17.00	17.22	17.38	17.71	18.21	18.76	19.42	20.08	

实验结果分析

作图法的最大特点是它的直观性, 它把物理量之间的相互依赖关系, 形象清晰地反映在图像上, 简化研究过程并从中得出规律。学生作出 $F-\Delta l$ 图像后, 从图像上两条曲线明显不重合, 因此, 他们就会提出各种假设进行分析推理, 从而得出结论。这样他们的创造性思维能力就能得大大的提高。

从 $F-\Delta l$ 图像可知:

1. 当拉力 F 较小时, 曲线接近线性;
2. 当拉力 F 较大时, 曲线向横轴靠近, 表现为非线性。对相同的 ΔF , F 值越大, Δl 也就越大。其中的一个原因是: 实验过程中, 橡皮筋的横截面积变小, 即 K 值变小;



3. 將拉力逐漸加大得到一條圖線, 再將拉力逐漸減少得到另一條圖線, 可以發現, 兩曲線與 X 軸 (Δl 軸) 所圍成的面積不相等。它說明橡皮筋從伸長到返回的兩種狀態過程中的做功值不相等, 即經過一次循環有一定的能力損耗。這種能量的損耗是由於橡皮筋的特殊結構所決定的, 其機械能的減小轉換為橡皮筋的內能。

作出的 $F-\Delta l$ 圖像如圖 11 所示 (包含了橡皮筋返回的曲線)

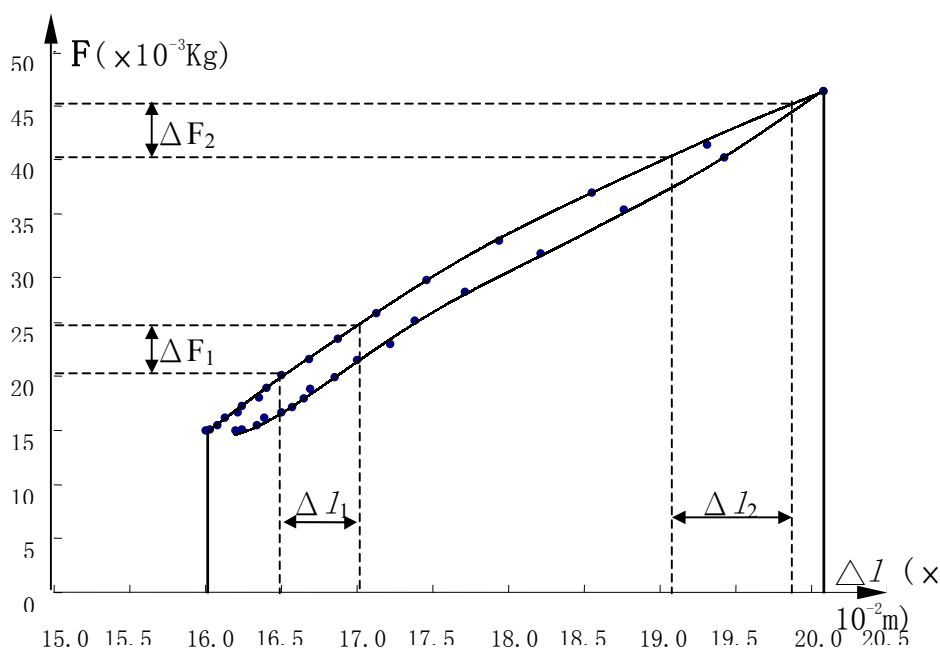


圖 11

结论

设计这一类实验的目的, 旨在培养学生敏锐的观察和提出问题的能力, 能让学生在实验过程中不断提出新的设想, 发展学生的想象和联想能力, 培养学生强烈的好奇心和综合利用信息的能力。主要体现在:

1. 提高学生的实验构思和设计能力以及提出问题、科学分析问题等方面的能力。例如在外力获取方面, 实验器材只给出了 10g 和 20g 的砝码, 但要求学生要得到小于 10g 和大于 30g 的拉力, 学生只能去分析、动脑, 要运用力的分解与合成等方面的综合知识。
2. 打破传统实验的约束, 对提高学生实验的实施能力和培养学生的发散思维有很大的帮助。过去在实验设计方面: 中学物理必修课只要求研究橡皮筋的伸长和所受外力的关系, 而没有要求在伸长到一定程度后按原点返回, 并记录此时橡皮筋的伸长量与外力的关系。
3. 培养学生分析和解决问题的能力。例如在数据处理方面: 中学物理必修课要求的是粗略测量, 是传统的下挂砝码的方法, 然后只测几组资料, 描出一条直线, 而本实验则要求有较精确、详细的实验资料, 要求学生懂得资料的处理方法, 使图线能直观反映物理量的变化规律, 这些处理研究过程。



4. 培养学生的创造性思维能力。例如在实验结果分析方面：要求学生会用作图法分析实验资料，并从中得出结论，在本实验中，从图上看出两条曲线明显不重合，但要探究其原因，对初学者来说也不是一件容易的事，只有通过多方面的分析、设想，发挥学生的想象力，才能得出一定的结果。

参考文献

1. 刘炳升 主编。科技活动创造教育原理与设计。南京师范大学出版社，1999.4。
2. 乔际平 刘甲珉 著。物理创造思维能力的培养。首都师范大学出版社，1998.4。
3. 刘炳升 [英]特·奥索普 主编。中学理科实践教学。高等教育出版社，