

基于生成式物理实验课堂教学模式探究 ——以“实验：探究加速度与力、质量的关系” 改进设计为例

吴晓雯^{1*}， 濮玉芳¹， 关锋²

(^{1*} 湖北省沙市中学, 湖北 荆州 434100 ;² 湖北省荆州市教育科学研究院, 湖北 荆州 434100)

摘要： 高中物理学习模式主要以教师灌输，学生被动学习为主，在实验中更是如此，本文以生成式教学模式为契入点，探究该学习方法在高中物理实验课堂教学“实验：探究加速度与力、质量的关系”中的实际应用，通过实验，培养学生的学习兴趣，增强学生的思维的发散性和对知识主动探究的能力。

关键字： 生成式教学；高中物理实验；主动探究

Exploring the Generative Physical Experiment Classroom Teaching Model ——An Improved Design Based on the Experiment: "Investigating the Relationship Between Acceleration, Force, and Mass"

Wu Xiaowen^{1*}, Pu Yufang¹, Guan Feng²
(^{1*} Shashi High School, Jingzhou 434100, Hubei Province, China)

(² Jingzhou Academy of Educational Sciences, Jingzhou 434100, Hubei Province, China)

Abstract: The high school physics learning model is primarily characterized by teacher-led instruction and passive student reception, particularly in experimental settings. This paper adopts the generative teaching model as a pivotal approach to explore its practical application in the high school physics experiment classroom—specifically in the experiment "Investigating the relationship between acceleration, force, and mass." Through this experimental redesign, the study aims to cultivate students' learning interest, enhance their divergent thinking, and strengthen their capacity for proactive knowledge exploration.

Keywords: Generative Teaching; High School Physics Experiment; Active Inquiry

引言

生成式教学模式最早起源于十八世纪的教育家卢梭，其认为“孩子的天性不能被束缚，教育应该回归自然，顺应孩子的兴趣爱好使其自然成长”。卢梭的观点虽然理想化，但其中却具有生

成式教学的雏形^[1]。20 世纪美国教育心理学家威特罗克提出生成式学习模式，他没有对教师指导地位进行极端的否认，而是表明该模式对教师和学生都具有指导意义。对教师而言是引导学生采用另一种方式体会知识的过程，对学生而言则是提供了一种学习方法，即在个人认知特点的基础上进行新知识的建构，与自身的经验相互呼应。这一观点的提出为生成式教学的发展提供了启示作用。

与传统教学相比，生成式教学模式更能启发学生的思维能力与科学素养，以传统教学为例，教师在课堂上‘满堂灌’，整节课以教师为中心，学生只会被动地接受知识，例如记笔记、刷题等。而生成式教学模式是一种学生主动对知识进行建构的过程。学生可以通过探究、讨论、实践生成新的实验方案、知识点或解决方案，将知识内化为个人认知体系。

首先学生可根据现有的实验知识与实验器材，对实验中的相关问题进行理解并提出相应问题。其次学生可根据现有实验器材与实验原理设计出对应原创实验方案，教师从旁辅助，让学生做课堂的主人。再实验过程中如果发现问题可以采取小组合作、教师从旁协助方式进行解决。试验结束后，对整体实验过程进行总结，以及根据实验结论进行教学总结，并思考有无创新方案。

整个生成式教学模式突破传统课堂模式，变为以学生为主导，已解决问题为主旨，以学生主动收获知识和获取成果满足为结果，构建了新型教学教学模式。

本文以“实验：探究加速度与力、质量的关系”改进设计为例，通过生成式教学模式，充分展现学生的主体地位，培养学生科学探究、主动探究的全过程。

1.教材分析

“实验：探究加速度与力、质量的关系”是培养学生科学素养与实验技能的重要内容。该实验的指导思想为《2017 普通高中物理课程标准》，该标准以学科核心素养为主导，学生在学习中学会并形成正确的价值观、品格以及相关核心能力。本实验的教学不仅要介绍实验结论，更要让学生体会到科学探究方法，逐步培养物理思维^[2]。

依据大单元教学视角，本节实验选自人教版 2019 年高中物理必修一第四章第二节，本节课的内容主要是探究加速度与力、质量的关系，在学生已经对运动学及受力分析有了知识积累的基础上，后续阶段学生将会对牛顿第二定律进行学习，所以本节实验属于牛顿运动定律进阶认知中不可或缺的一环，起到承上启下的作用。

人教版 2019 年物理《教师教学用书》中对本节实验进行分析，并提出该实验需要从思路设计、物理量的测量、实验过程和数据分析几个方面应到学生完成探究。本实验中的实验思路对于学生而言并不困难，所以整个教学过程应当更加重视学生体会探究的实质，在此基础上，鼓励学生提出科学问题，设计更多实验方案（并不一定全部实施）^[3]；引导学生解决实验中遇到的问题；尝试用多种方法处理数据，并基于实验数据得出结论；以及培养学生对探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力^[1]。

本实验要求为：通过生成式教学模式，培养学生主动思考、主动探究的能力，强化学生科学思维培养学生价值观。并通过该实验引导学生探究加速度与力、质量之间的定量关系。

2.学情分析

从知识构成上看，学生前期已经对运动学，牛顿第一定律，牛顿第三定律进行学习，加深了“力不是维持物体运动状态的原因，力是改变物体运动的原因”这一知识点的理解，并得出“力是加速度产生的原因”这一结论，具有一定的知识储备。

在实践技能方面，学生学习过如何用天平测质量，练习使用打点计时器，滑动摩擦力大小的影响因素等探究性实验中，掌握了基础的实验操作技能。在之前的学习中，教师对图像法进行普及，学生普遍学会了使用坐标纸作图，对实验结论的把控更为准确。

在学生认知层面，高一学生对新事物存在好奇心理，学生喜欢动手做实验，并且对于合作探究实验不抗拒。但以前的实验案例中只是教师教学，学生观察，自己动手做，没有从自身探究出发得出结论，所以本次实验将会是学生实验探究领域的一次重大突破。由于本节实验属于大型探究实验，至少需要 2 课时才能完成该实验，为了引导学生完成教学目标，突破重难点，本节实验将会在实验室进行，实验持续 120 分钟以便学生开展探究过程。

3. 教学目标

根据学生的具体情况和课标要求，本节课被分为以下三个教学目标，逐步培养学生探究性学习的能力。

3.1. 明确物理观念，以自身实际情况出发探究物理问题

明确实验所需各种器材、设备，会观察小车的运动情况，理解加速度与力和质量之间的定量关系，补偿阻力，探究钩码质量与小车所受拉力之间的关系。

3.2. 发展科学思维和实验探究能力，改进物理数据处理方法

提出探究加速度与物体受力、物体质量之间的关系这一实验的实验方案，针对实验中多个变量问题，采用控制变量法自主设计实验。能根据实验方案设计表格，根据表格中的数据绘制图像，运用图像法对数据进行处理。针对实验误差可以进行定性分析，制定实验措施减小出现的实验误差。

3.3. 培养科学态度与责任，培养学生对物理学习的深入认识

在实验方案设计和实验实施过程中，通过不断引领学生想出更多的试验方案，培养学生的探究能力，对学生进行分组，以小组形式展开实验，由学生选择感兴趣的实验方式，培养学生与他人合作的意识以及学习物理的兴趣。在实验过程中不断发现实验重难点，培养学生观察思考、交流分析的能力。学生基于实验数据和图表得出结论，分析实验误差，培养学生实事求是的科学态度^[4]。

4. 设计思路

本实验旨在探究加速度与力、质量的定量关系，实验方案设计具有极大的开放性。教师需要引导学生对实验方案进行设想，根据相关经验引导学生理解控制变量法。学生需要在教师的引导下，进行实验，对实验数据进行测量，得出本实验的实验结论。两者之间相辅相成，共同完成本节实验课。

《教师教学用书》中提到，该实验重点在于理解实验原理和设计；让学生主动经历加速度与力、质量的定量关系的探究过程，体会探究的本质，培养学生提出问题、解决问题、交流合作的能力。难点是引导学生在猜想的基础上进行实验设计；提出实验方案并使实验方案合理；采用图像法进行实验数据的处理和分析，提升自己处理信息的能力^[5]。

5. 实验实施

5.1. 创设情境、明确实验目的

本实验通过货车空载和满载时启动快慢，以及人使用不同的力推购物车运动快慢不同进行引入，设置三个问题：

通过观察，你发现货车启动快慢与什么因素有关？

购物车运动快慢与什么因素有关？

这些情境对应改变的物理量分别是哪些？

由此导出加速度大小与什么因素有关？

5.2. 提出假设、进行大胆预测

该过程结合前面的问题，再次设置三个问题：

1、加速度与力是什么关系？

2、加速度与质量是什么关系？

3、加速度与力和质量有什么样的定量关系

通过连续设问，引导学生回答加速度与力和质量之间的定性关系，并针对加速度与力和质量的定量关系大胆提出自己的猜想，在此基础上提出控制变量法，加深学生对物理方法的了解。

5.3. 设计思路、确定实验方案

该过程教师需引导学生明确两个问题，一是本实验需要什么样的实验场景，学生首先联想到自由落体运动，对于学生而言，自由落体运动比较熟悉。但需要引导学生了解自由落体运动比较特殊，不具有普遍性，由此联想到稳定的匀变速直线运动实验情境。

二是怎样设计实验？在该情境基础上对相关物理量，加速度 a 、力 F 、小车质量 m 进行测量。质量 m 可以用天平测量， a 和 F 如何测量呢？教师可以将这个较为开放的问题留给学生思考，学生提出不同的实验方案可能会引发不同的实验装置。

加速度的测量有三种，分别是：光电门，加速度传感器和打点计时器，拉力的测量有两种：分别是弹簧测力计和力传感器。

用力传感器和弹簧测力计测拉力，用打点计时器和光电门等测加速度本质上没有任何区别，学生可以根据自己的想法，选择自己喜欢的实验器材。根据学生选择的实验器材制定相应的实验方案，教师对学生提出的实验方案进行交流与讲解。

方案一：采用木板、打点计时器和力传感器进行实验，由于只受一个力的物体是不存在的，所以用力传感器测小车受到的拉力作为合外力显然不现实，那么应该如何将绳上拉力转变为唯一合外力呢？

此处学生会根据自己此前的学习经验，回答采用气垫导轨进行实验，以达到消除摩擦力的作用，在此处教师还可以引导学生采用抬高斜面的方式，使得小车沿斜面方向分力与阻力大小一致，从而将绳上拉力转变为唯一合外力。

此处根据力传感器上的示数，与小车钩码重力之间进行比对，发现两者并不相等。但随着钩码个数减少，可以带领学生发现，当钩码质量远小于小车质量时，可将钩码重力近似等于绳上拉力，这是学生学习本实验后最大的疑惑[7]。由此完成对基本实验中要点的突破。图 1-图 6 为方案一-方案六实验装置示意图[3]：

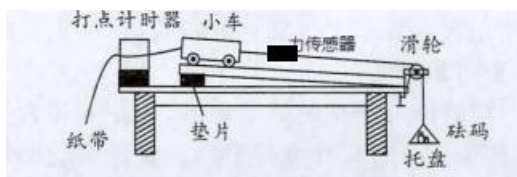


图 1

方案二：采用木板、光电门和力传感器进行实验，光电门安装方便，实验操作较为方便。

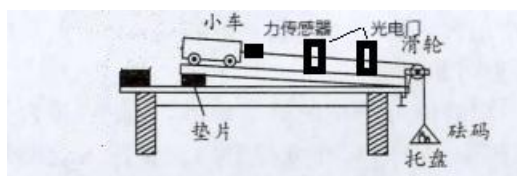


图 2

方案三：教师在此处引导学生思考：若实验中无力传感器，学生会将目光自然而然地投向弹簧测力计，但是弹簧测力计与力传感器不同，测的一般是静力，在此处可以引导学生将弹簧测力计反接，直接测量绳上的静力。

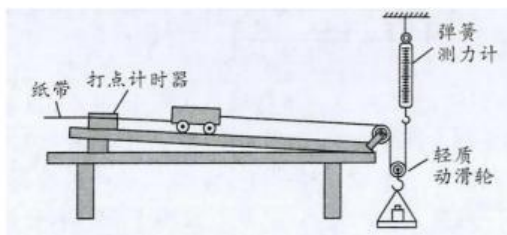


图 3

方案四：若实验中既无力传感器，也无弹簧测力计，则需采用间接法对合力进行测量，教师引导学生注意当小车质量 M 远大于钩码质量 m 时，钩码重力近似等于绳上拉力。

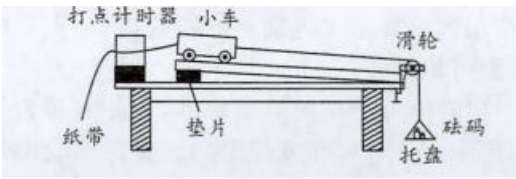


图 4

方案五：若学生不想对加速度进行测量，则利用初速度为零的匀加速直线运动的特点，将加速度之比转化为位移之比，测量方式更加简便。此处可将模板换成数字化轨道，在距离读取上更为简便，以达到减小实验误差的目的。

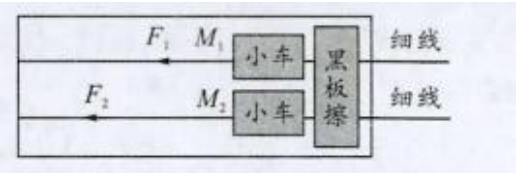


图 5

在此前的基础上，教师可向学生介绍加速度传感器和手机智能软件 phyphox，这两种装置都可直接获得加速度的大小，采用数字化轨道和力传感器，该实验方式实验过程阻力小，且合外力直观，用于验证加速度和力以及质量之间的关系。



图 6

5.4. 实验探究及实验结论呈现

实验探究

在此前提出的六种实验方案中，笔者选择方案一和方案二，将学生分为两个组，进行实验，笔者演示方案六。

实验一：（1）根据方案一实验步骤，设计数据表格，如表 1 和表 2 所示：

表 1 方案一 探究加速度与合力之间的定量关系数据表格

小车质量 $M = 290\text{ g}$				
次数	小车质量(M/g)	拉力大小 (F/N)	钩码质量 (m/g)	加速度 ($a/\text{m/s}^2$)
1	290	0.38	50	1.31
2	290	0.44	60	1.53
3	290	0.49	70	1.73
4	290	0.53	80	1.93
5	290	0.63	90	2.20
6	290	0.68	100	2.32

表 2 方案一 探究加速度与质量之间定量关系的数据表格

钩码质量 $m = 50\text{ g}$				
次数	小车质量(M/g)	拉力大小 (F/N)	钩码质量 (m/g)	加速度 ($a/\text{m/s}^2$)

1	290	0.38	50	1.31
2	340.1	0.40	50	1.16
3	390.1	0.41	50	1.04
4	490.2	0.45	50	0.90
5	540.1	0.43	50	0.82
6	590.2	0.46	50	0.78

(2) 补偿阻力时, 应将纸带接在小车上进行该操作, 根据纸带打出的点是否均匀判断该小车是否做匀速直线运动。

(3) 实验中获取纸带较多, 需要将纸带进行编号, 并在纸带上填写对应的钩码质量及小车质量。

(4) 实验中可以观察到随着小车质量与钩码质量比值越来越大, 力传感器上的拉力越接近钩码重力, 由此可以验证方案五。

实验二: (1) 根据方案二的实验步骤, 设计数据表格, 如表 3 和表 4 所示:

表 3 方案二 探究加速度与合力之间的定量关系数据表格

两个光电门之间的距离 $L = 50\text{ cm}$, 挡光条宽度 $\Delta x = 10.15\text{ mm}$, 小车质量 $M = 175\text{ g}$						
次数	小车质量(M/g)	拉力大小(F/N)	钩码质量(m/g)	光电门 1 挡光时间(t_1/ms)	光电门 2 挡光时间(t_2/ms)	加速度($a/\text{m/s}^2$)
1	175	0.40	50	26.59	7.52	1.68
2	175	0.45	60	25.61	7.064	1.91
3	175	0.50	70	24.35	6.976	1.94
4	175	0.53	80	23.49	6.78	2.05
5	175	0.63	90	21.16	6.368	2.31

表 4 方案二 探究加速度与质量之间定量关系的数据表格

两个光电门之间的距离 $L = 50\text{ cm}$, 挡光条宽度 $\Delta x = 10.15\text{ mm}$, 钩码质量 $m = 50\text{ g}$						
次数	小车质量(M/g)	拉力大小(F/N)	钩码质量(m/g)	光电门 1 挡光时间(t_1/ms)	光电门 2 挡光时间(t_2/ms)	加速度($a/\text{m/s}^2$)
1	375	0.38	50	34.75	9.59	1.03
2	325.1	0.44	50	29.1	9.236	1.09
3	274.9	0.49	50	28.49	8.744	1.22
4	225	0.53	50	27.74	8.568	1.27
5	175	0.40	50	26.59	7.52	1.68

(6) 本实验中采用光电门测量小车运动的加速度, 获取加速度过程更加简便。

(7) 补偿阻力时，需要调整木板倾斜程度，使得小车通过两个光电门的时间一致。

完成实验的过程需要小组同学沟通合作完成，教师从旁进行指导，学生设计实验和数据表格，将其中物理量进行客观展现，学生主体地位得到最大体现，学生的参与感被调动，学习兴趣得以激发。通过控制变量法，理解探究实验中多个变量之间的关系时采用恰当方法控制实验条件，通过这种方法降低实验难度，帮助学生完成实验。

5.5 数据处理

笔者此时引导学生将表格数据进行转化，联想在前序章节中学习到的“ $x-t$ ”图像“ $v-t$ ”图像，将表格数据转换到坐标纸上，通过画出的图像判断加速度与力和质量之间的定量关系。

根据表 1、2 可以将数据转化为如图 7、8 所示的坐标表示形式：

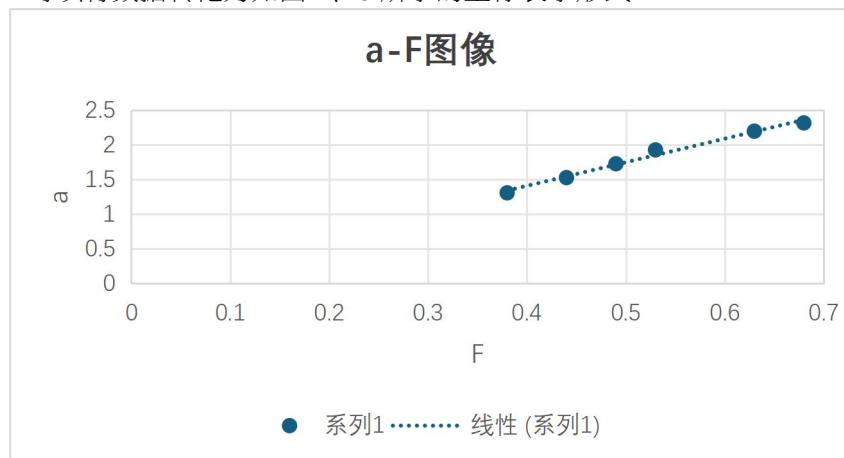


图 7 加速度与合力的定量关系图像

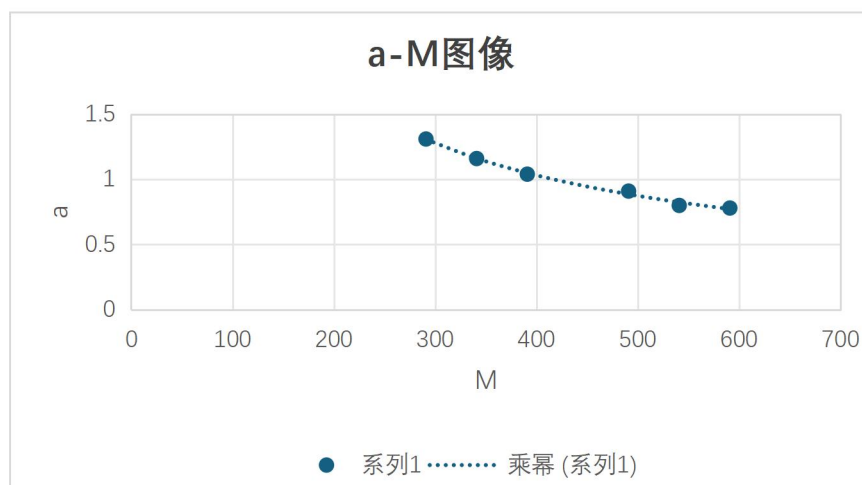


图 8 加速度与质量的定量关系图像

根据图 7 可以得出在小车质量 M 一定的情况下，小车加速度 a 与其所受合力 F 成正比，但根据图 8 可以得出相关结论吗？显然不能。反比的图像形似双曲线，二次方的反比图像、四次方的反比图像同样形似双曲线，此时，笔者需引导学生转换思维方式，将 $a-M$ 图像进行转换，转换为 $a-1/M$ 图像，由此得到图 9：

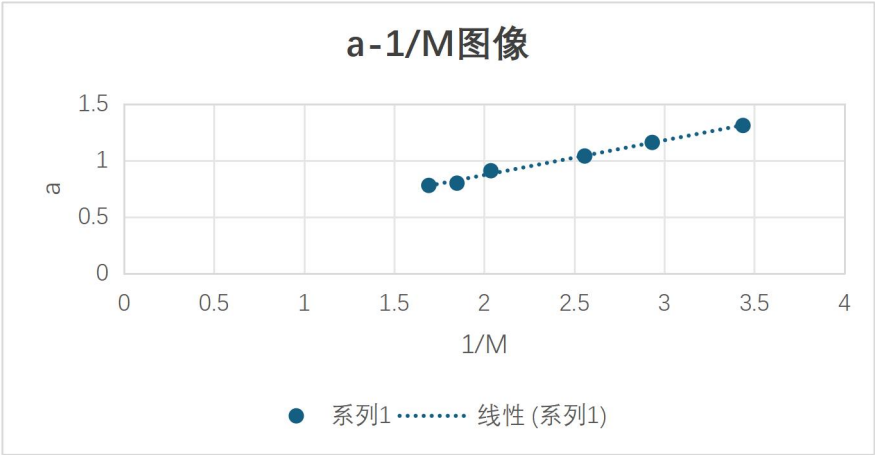


图 9 加速度与质量的倒数的定量关系图像

此时，笔者可以将方案二实验数据处理交由学生完成，由此得到图 10、11、12：

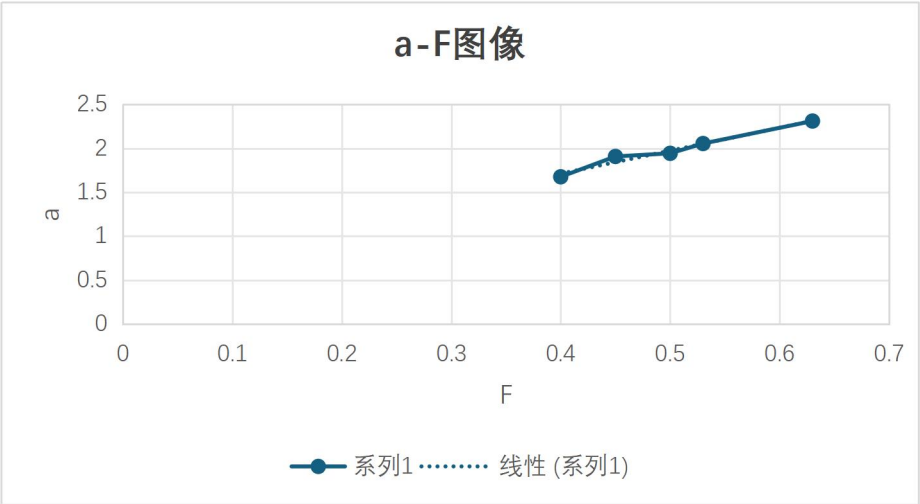


图 10 加速度与合力的定量关系图像

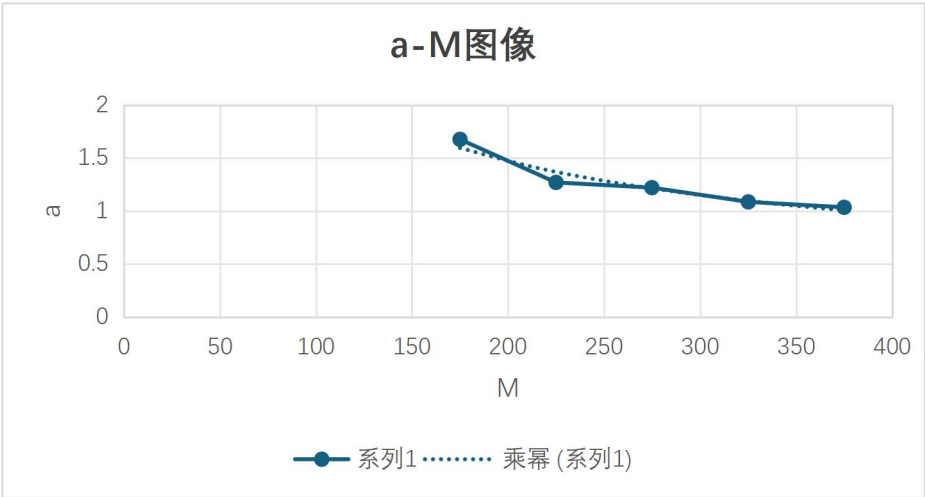


图 11 加速度与质量的定量关系图像

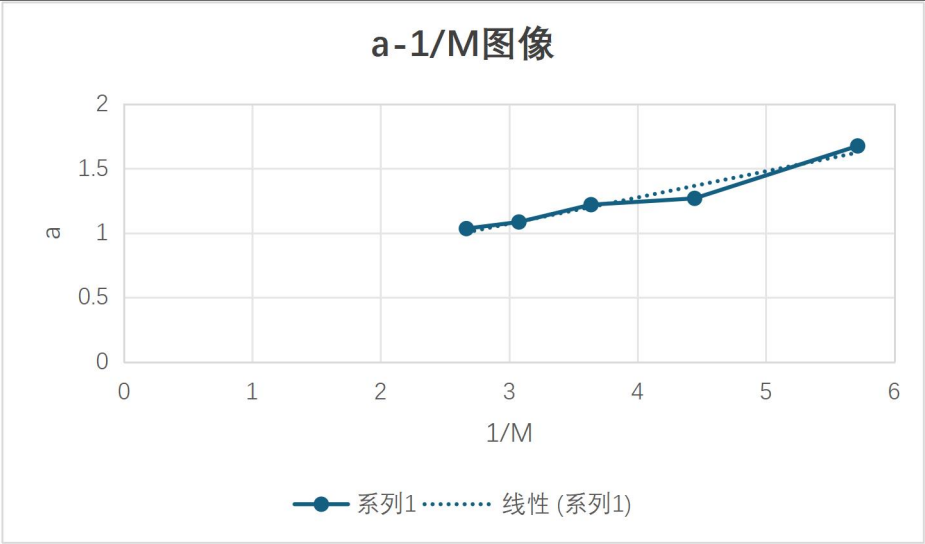


图 12 加速度与质量的倒数的定量关系图像

同时，在学生处理实验数据时，笔者准备方案六实验器材，同时得出实验数据分析实验结论。

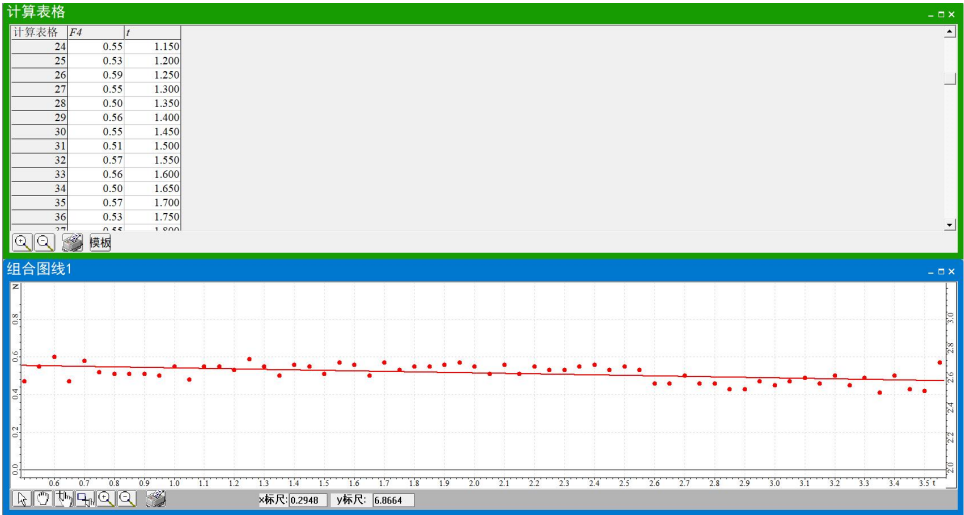


图 13 DIS 反应力传感器示数

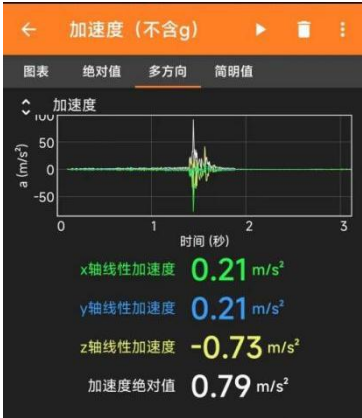


图 14 Phyphox 测量加速度

根据完成的实验方案及得到的实验数据，可以得出以下实验结论。在物体质量 M 一定时，物体加速度 a 与物体所受合外力 F 成正比；在物体所受合外力 F 一定时，物体加速度 a 与物体质量 M 成反比。由此证实实验猜想，学生知识点得到扩充，对实验认识更深入，把握更强。

6. 误差分析

实验结论得到以后，可以进而分析实验中所存在的误差，引导学生归纳常见实验误差，教师可以从旁辅助补充，误差主要分为以下4点：

- ①打点计时器测量引起的误差；
- ②补偿阻力时引起的误差；
- ③实验的系统误差；
- ④数据处理的不规范引起的误差，笔者应结合实验，对其中的②进行重点讲解，

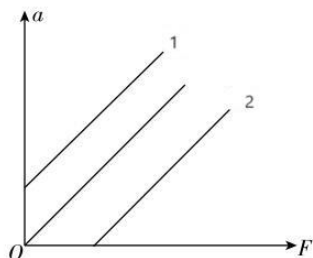


图 15 加速度与合力数据误差图像

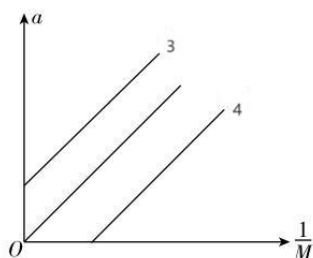


图 16 加速度与质量倒数数据误差图像

图 15 中 1 表示没有合力时，小车仍有加速度，图 16 中 3 表示小车质量很大时，小车仍有加速度，两者均表示平衡摩擦力时，斜面倾角过大；图 15 中 2 表示刚有合力时，小车没有加速度，当合力较大时，小车才有加速度，图 16 中 4 表示小车质量减小到某一值时，小车才有加速度，两者均表示平衡摩擦力时，斜面倾角较小或未平衡摩擦力。

为了让学生了解本次误差产生原因，笔者可以学生完成实验时，指导学生体会斜面倾角过大和斜面倾角过小带来的不同实验现象，以及对相关实验数据进行处理，对实验误差的理解更为深刻。

7. 交流学习

教师提问：本节实验课中你学到了哪些知识和学习探究的方法？

学生回答：在本节实验课中，我学习到了加速度与力和质量之间的关系，重点学习了书上的实验方法，也通过小组合作的方式探索了其中更加有趣的方法，在学习的过程中，我将控制变量法应用于求解三个自变量的关系之中，得出了当其中一个变量不变的情况下，剩下两个变量之间的关系，由此我得出当‘质量一定时，加速度与力成正比；当力一定时，加速度与质量成反比的结论’，在得到结论的过程中，我还掌握了‘化曲为直’的方法，对实验数据的处理更加准确。

设计意图：学生得出的结论具有普遍性，主要表现为拿到‘反比例函数图像形式就认为两个变量之间成反比，而实际上反比例函数图像形式还包括多种关系在内’，学生通过‘化曲为直’的形式将实验结果加以转化，以更正确的处理方式的到实验结果，有效增强实验结果的说服力。在此前的学习过程中，学生还不能清楚的掌握‘控制变量法’，本实验将三个实验变量白在学生面前，引导学生探究三个变量之间的关系，对后续实验课的进行提供良好的基础。

8. 教学反思

本实验结束后应当对本实验要点进行说明，并对实验过程进行反思。该实验应当遵循以下两点原则：

8.1. 实验过程应当更加开放，课堂呈现内容应当真实

实验是高中物理学习过程中较重要的环节，学生在实验的基础上可以更加真实地感受到前人总结物理规律、得出物理结论的不易。通过实验内容，更加深入理解物理规律，更深层次的掌握相关物理知识。在本节课的学习过程中，学生以自身为主题，自己提出实验方案，教师从旁辅助整理实验方案，学生自己完成实验，教师从旁辅助实验过程顺利进行，最终学生得出结论，形成实验误差分析与结果展示，在此过程中，学生以探究性实验为路径，逐步探索新知识，加深对知

识的掌握。实验课堂较为开放，学生在探究过程中比较容易，实验过程较为完整。学生自己动手做实验，得出实验数据，并运用图像法对实验数据进行分析，针对实验误差进行梳理归纳，这是对实验的进一步深化，同时，学生学会了多种数据处理方式，了解物理实验数据处理的基本流程，对于后续选用更规范的实验处理方式奠定了基础。

8.2. 实验应当注重培养学生价值观，学生在实验中体会物理知识的美丽

实验成功离不开学生自身以及同伴、教师的帮助，学生在此过程中体会自我思考与合作学习的异同，通过本次实验，加深与同学之间的情谊。在此过程中采用科学的实验方法以及更为开放的探究方式，实验数据的处理更加完美，实验教学贯穿整个物理教学体系，学生由实验出发，以课本为基础，以习题为指引，对整个物理体系学习更加完善，并在其中逐步体会物理学的科学魅力。

参考文献:

- [1] 文凤.基于学习进阶培养物理学科能力的教学实践研究[D].云南师范大学,2020.
- [2] 李佳欣,崔雪梅.基于核心素养的高中物理课程内容分析[J].教育观察,2021,10(15):89-92.
- [3] 孔兴隆.基于学习进阶理论的实验教学——以“实验:探究加速度与力、质量的关系”为例[J].中学物理教学参考,2024,53(05):73-78.
- [4] 吴娟.落实实验报告培养学生核心素养[J].物理教学探讨,2017,35(06):58-60.
- [5] 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书教师教学用书物理必修第一册[M].北京:人民教育出版社,2019,7:111.