

对甩手原始物理问题的探究及教学应用思考

凌昂

扬州大学物理科学与技术学院

摘要: 文章以探究甩手原始物理问题为例,以产生原始物理问题→分析原始物理问题→解决原始物理问题→升华原始物理问题为主线,展示了解决原始物理问题的四个环节:“根据现象,提出问题”“抽象建模,提出猜想”“实验探究,验证猜想”“联系生活,拓展思维”。将原始物理问题引入教学,培养学生的科学思维,发展学生的物理核心素养。

关键词: 原始物理问题; Tracker; Phyphox

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2024.05.125

引言

杨振宁曾说过:很多学生在物理学习中形成一种印象,以为物理学就是一些演算。演算是物理学的一部分,但不是最重要的部分,物理学最重要的部分是与现象有关的。绝大部分物理学是从现象中来的,现象是物理学的根源^[1]。物理教学不能脱离实际,要与生产、生活、社会相联系,要让学生学会解释物理现象,解决实际问题,让他们从物理学的视角探究客观事物的本质属性、内在规律及相互关系。为此,国内的学者越来越重视原始物理问题,他们在课上使用原始物理问题为学生创设真实的物理情境,在课下以原始物理问题为基础编制真实的物理习题,很好地开拓了其他物理教育工作者的思维。本文就以甩手原始物理问题的探究与教学应用为例,希望能对广大物理教师对原始物理问题的探究和教学有所启发与帮助。

一、根据现象,提出问题

所谓原始物理问题,是指对自然界及社会生活、生产中客观存在且未被加工的物理现象的描述^[2]。原始物理问题具有真实性、生态性、稳定性、迁移性和开放性等特点。它只是对客观现象的描述,没有任何程度的抽象,因此提供给学生的的是一个真实的开放的物理情境^[3]。

在生产生活中,人们形成了许多行为习惯,这些行为背后蕴含着丰富的物理知识。分析这些动作的物理原理对于提高竞技体育成绩或优化科技产品设计都至关重要。尤其对于物理课程的学习者而言,研究人体动作的物理原理有助于增强理论联系实际意识,培养科学思维能力。例如,洗完手后甩去手上的水滴就是我们生活中一种常见的动作。那么为什么我们甩手时能把水滴甩出去呢?这就是一个来源于我们生产生活中的原始物理问题。

二、抽象建模,提出猜想

对甩手动作进行简单分析:它可以分为两个阶段,阶段一手臂由静止做加速运动直至速度最大,阶段二手

臂做减速运动直至速度为零,其中存在一个时刻手臂的速度达到最大值。随后对其进行简单受力分析,水滴总会受到一个竖直向下的重力,手给的弹力,以及手掌给它的黏附力。

为了更细致地对甩手动作进行分析与建立物理模型,我们使用了Tracker软件来辅助研究。通过使用Tracker软件对手机拍摄的每秒30帧视频进行逐帧分析,我们可以更加清楚地看到甩手动作的运动学特征,从而建立相应的物理模型,得到问题的答案。

使用Tracker软件逐帧分析甩手的视频,我们可以清楚地观察到人在甩手时的运动特征,人的手臂可以看作由手掌,前臂和后臂构成,当人在甩手时,可以看作后臂 r_1 保持静止不动,前臂以肘关节 O_2 为圆心、以前臂长 r_2 为半径做圆周运动;手掌以腕关节 O_3 为圆心、以手长 r_3 为半径做圆周运动。基于Tracker软件的分析我们可以建立一个甩手过程的简化模型(图1)。

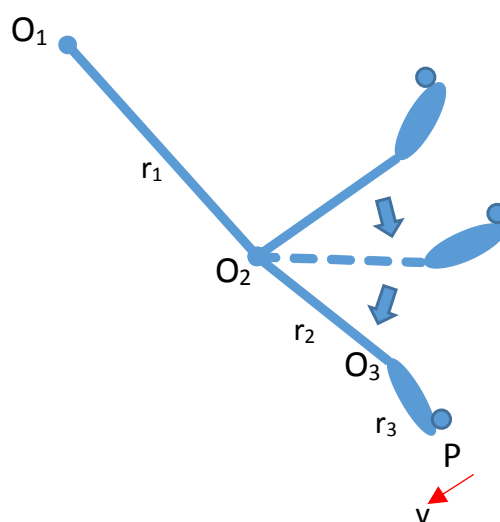


图1 甩手过程简化模型图

以肘关节为原点建立了坐标轴,可以得到甩手过程中每一帧时手指末端的 (x, y) 坐标,其中点2的速度 v_2 可以粗略看作点1到点2这两帧照片的平均速度,计算公

式如下：

$$v_2 = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{t_2 - t_1}$$

下面对甩手过程中速度最大时的这一时刻进行分析，当速度最大时，手掌绕腕关节做圆周运动，前臂绕肘关节做圆周运动，此运动过程是2个圆周运动的叠加，可粗略地把手掌和前臂看作一个整体在做圆周运动，其中手掌加前臂的长度约为43cm，由此可通过公式

$$a_{\text{向}} = \frac{v^2}{r}$$

计算出甩手速度最大时，其向心加速度大小。通过公式 $a_{\text{切}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ ，计算出甩手过程中最大切向加速度的大小。

表1是5次甩手动作的所用时间、最大速度、最大向心加速度与最大切向加速度的平均值：

表1 甩手运动数据

次数	所用时间	最大速度	最大向心加速度	最大切向加速度
1	0.2669	8.5691	170.7662	107.4706
2	0.2669	8.3754	163.1333	112.3389
3	0.2669	8.2511	158.3271	121.0003
4	0.2669	8.6036	172.1440	107.2984
5	0.2669	8.4995	168.0035	112.4425
平均值	0.2669	8.4597	166.4748	112.1101

根据Tracker软件的分析结果，我们可以提出猜想：当人在做甩手动作时，在径向上，水滴有着较大的线速度，由此产生了较大的向心加速度，其大小约为16.6G，在切向上，产生了较大的切向加速度，其大小约为11.2G，所以当水滴与手之间的黏附力不足以提供如此大的力时，水滴将飞离手指。

三、实验探究，验证猜想

为了验证计算的数据是否可信，我们使用手机物理实验软件Phyphox的加速度（不含g）功能，来测量我们做甩手动作时产生的向心加速度大小与径向加速度大小。

通过使用手机物理实验软件Phyphox的加速度（不含g）功能（图2），我们测得在做甩手动作时最大向心加速度大小为：165.80788m/s²、最大切向加速度为123.28307m/s²，实验测量数据与我们的计算数据基本相符。最终我们可以验证猜想得到：甩手动作能让我们手上的水滴甩飞出去，是因为它能在径向上产生庞大的向心加速度，在切向上产生庞大的切向加速度，其所需的力远远超过了水滴所能提供的最大黏附力。

四、联系生活，拓展思维

在上述的探究过程中，我们基于Tracker软件的分析构建了甩手过程的物理模型，并提出了“水滴无法提供庞大的黏附力所以被手甩出”的猜想，随后使用Phyphox软件验证了猜想。最终我们得到如此简单的甩

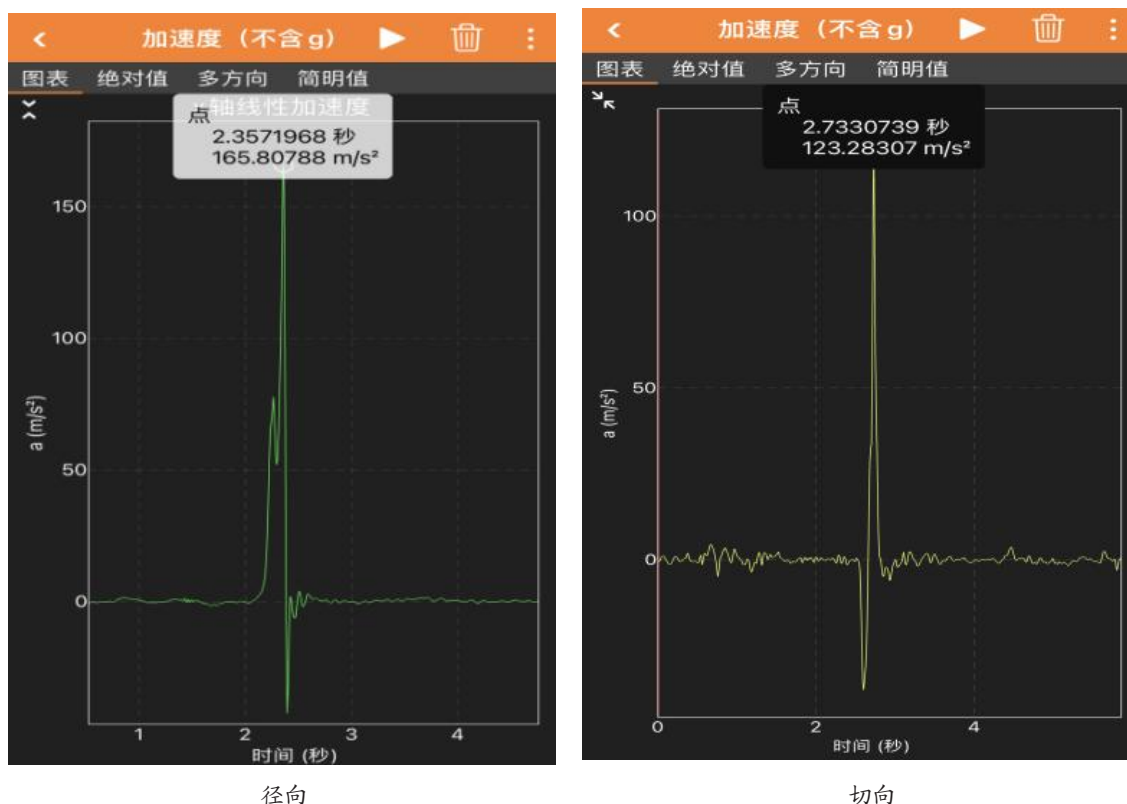


图2 甩手运动加速度传感器测量结果

手运动，其竟然能产生接近 $17g$ 大小的向心加速度与 $11g$ 大小的切向加速度，从而使水滴被手甩飞出去。而物体在做圆周运动时的向心加速度与向心力，在生活中不仅有益处也有坏处，所以我们要做好相应的防止与利用。例如，在车辆转弯时必须减速，这是防止车辆转弯时所需的向心力过大，发生侧滑，危及驾驶员的生命安全。

五、甩手问题应用于原始物理问题教学

甩手问题来源于生活中的常见动作，其运动过程看似简单，其实蕴含着丰富的物理知识，是一个原始物理教学的好素材。本节课题研究活动可以安排在学生学完

高中物理必修二第六章圆周运动后，以便学生使用圆周运动、向心力、向心加速度等知识来解决这个生活中的圆周运动问题。教学流程图如图3所示，整个教学过程有一条明确的主线：产生原始物理问题→分析原始物理问题→解决原始物理问题→升华原始物理问题。不仅符合了新课标创设学生积极参与、乐于探究、善于实验、勤于思考的学习情境，培养和发展学生的自主学习能力^[4]的要求。还通过主线的各个环节分别培养了学生的模型建构、科学推理、科学论证与质疑创新能力，全面发展了学生的科学思维。

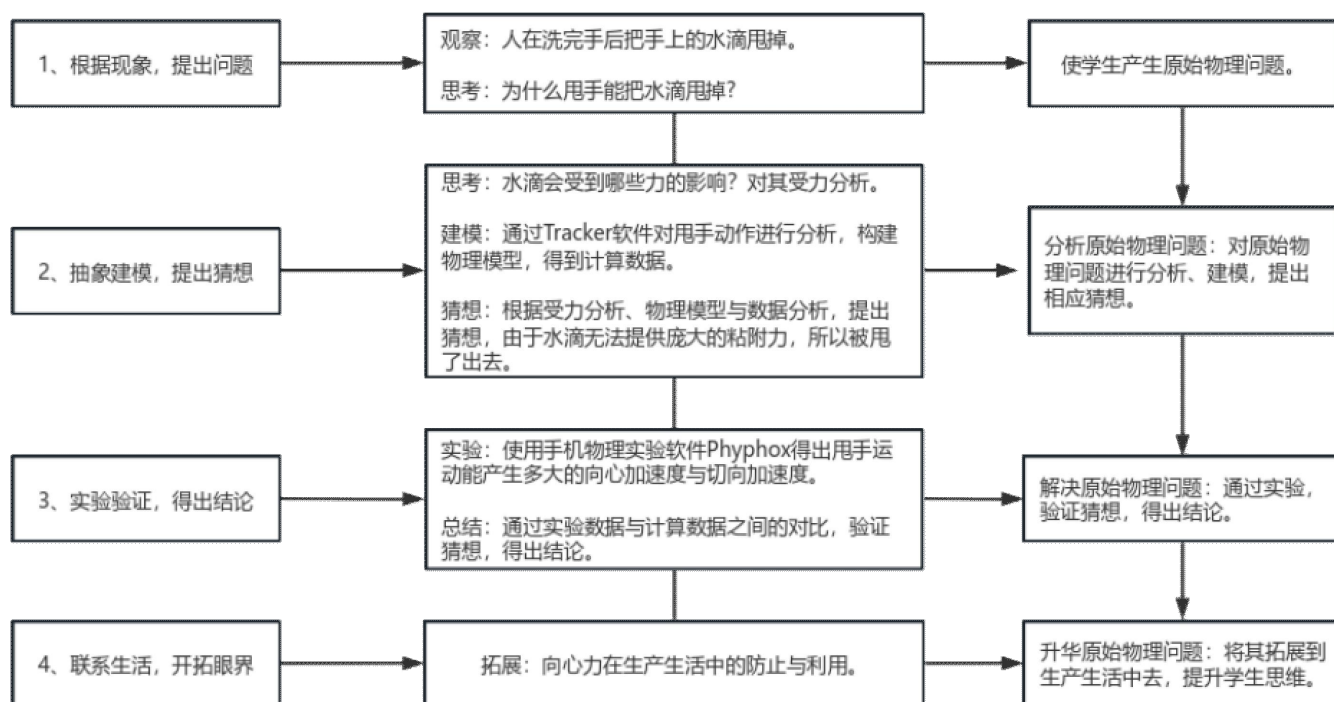


图3 教学流程图

教师首先以生活中常见的甩手动作引入，让学生观察现象并提出问题“为什么甩手能把水滴甩出”，随后对水滴进行受力分析并利用Tracker软件探究甩手动作的特点，构建相应物理模型，引导学生通过科学推理得出“水滴提供不了足够大的黏附力而被甩掉”的猜想，接下来，教师引导学生使用Phyphox软件进行自主实验探究，得到相应实验数据，验证猜想，得出“水滴提供不了庞大的黏附力而被手甩出”这一结论，最后教师引导学生对解决问题的过程进行总结，拓展介绍向心力在生活中的防止与利用，让学生思考讨论向心力在生产生活中是否还有什么新的用途与危害。

结语

科学思维是物理核心素养的重要组成部分，原始物理问题能很好地促进学生科学思维的发展。本文通过甩手原始物理问题的探究，在解决问题过程中培养了学生

的模型建构、科学推理与科学论证的能力，在联系生活中培养了学生的质疑创新能力，符合了新课标对培养学生核心素养的要求。

参考文献

- [1] 杨振宁. 读书教学再十年[M]. 台北: 时报文化出版企业有限公司, 1995.
- [2] 邢红军, 陈清梅. 论原始物理问题的教育价值及其启示[J]. 课程·教材·教法, 2005.
- [3] 葛建光, 滕建强. 基于原始物理问题培养科学思维的探讨[J]. 物理教师, 2023.
- [4] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.

作者简介: 凌昂(2000.1—), 男, 汉族, 江苏苏州人, 扬州大学物理科学与技术学院在读研究生, 研究方向为中学物理教学。