**基于教学评一致性及针对优生的教学设计**

----探究匀速圆周运动的向心加速度

 **徐平川[[1]](#footnote-0) 黎国胜[[2]](#footnote-1)**

 **（西华师范大学，四川南充，637002；四川双流中学，成都双流，610200）**

 **发表于《湖南中学物理》杂志2021年第7期**

 关键词：教材分析，学情分析，目标设计，评价任务

摘要：通过对教材的全面分析和学情的精准分析，制定了三个学习目标，针对学习目标设计了评价任务及教学环节。

一、教材分析：

“向心加速度”是高中物理必修二《圆周运动》中最重要、最难理解的一个物理量。教育科学出版社2004版物理必修二、人民教育出版社2019版及2002版等材的处理方法基本一致：先通过实验做感受圆周运动的物体必受到向心力的作用，再通过实验探究向心力的大小与质量、角速度、半径的关系，最后给出向心力计算公式：。讲完向心力再由牛顿第二定律推导出向心加速度公式：。这种讲法的缺点是：向心力公式通过实验定性演示说明，不能定量，学生被动接受。教材为了弥补这一缺陷，在发展空间给出了公式的推导。

美国主流高中物理教材“科学发现者---物理原理与问题”的处理方法是：先介绍描述圆周运动的物理量，接着分析圆周运动的向心加速度，再由牛顿第二定律得出向心力公式。

人民教育出版社2004版必修二也采用了美国教材的处理方法。

人民教育出版社2004版进行了修订，2019版又回到2002版的处理方法。

通过上述教材的分析可以发现，在《圆周运动》一章的教学中向心加速度与向心力的处理一定有值得研究的地方。从知识的逻辑顺序看，先学习向心加速度要优于先学习向心力；从知识的可接受性看，先通过实验定性感受向心力的存在，认识向心力的效果，再由牛顿第二定律过渡到向心加速度，似乎更容易让学生理解。

笔者认为在基础比较好的班级，完全可以进行教学尝试：先推导出向心加速度公式，再由牛顿第二定律得出向心力公式，这样向心力公式的得出就非常自然，然后再通过实验感受向心力，定性验证向心力公式。匀速圆周运动存在加速度学生容易理解，因为教材第一章学生就知道了“曲线运动是变速运动、曲线运动一定存在加速度”这一观念。学生有了这样的认识，再提出如何计算匀速圆周运动的加速度这一问题也顺理成章，这样处理有利于培养优生的逻辑推理能力和论证能力，开拓优生的视野，帮助学生理解教材前后的逻辑联系、建立知识结构。

著名教育心理学家布鲁纳认为，任何学科知识都是具有结构的，结构反映事物之间的联系和规律性，不论教什么学科，务必使学生理解该学科的基本结构，新知识要附着在旧知识上，才有利于学生对新知识的理解。

向心加速度、向心力是本章的核心概念，也是学习下一章《天体运动》的必备基础，也是高考的必考点。

本节教材蕴含丰富的核心素养元素：在物理观念方面体现了运动与力的观念，在科学思维方法体现了物理建模-----匀速圆周运动、科学推理与论证，在科学探究方面重在理论探究------特别是微元法和等效替代的科学思想方法，在科学态度与社会责任方面，求真、主动探索自然规律。因此，在教学设计过程中力图让科学素养落实到教学的各个环节，贯穿到整个教学过程中。

二、学情分析：

双流中学高2020级15班是双流中学的一类班，学生整体基础好，学习自觉性高，自主性强，有较强的自学能力和运用数学知识解决物理的能力，普遍具有较强的理论探究欲望，遇到问题喜欢追究为什么。

**学生已有的物理基础**：曲线运动的条件-----合外力与速度不共线，轨迹在速度与合外力之间且偏向合外力，曲线运动是变速运动，曲线运动一定有加速度，解决曲线运动问题的思想方法是分解合成法。平抛运动是曲线运动的一个特例，学生已掌握了应用分解合成的方法解决平抛运动的相关问题。

**学生已有的数学基础**：矢量的加减法运算，三角函数，直角三角形等。

通过本节课的学习，让前面学习的知识、思想方法贯穿到圆周运动中来，帮助学生将圆周运动的知识纳入已有的知识结构中，不断扩充和丰富原有的知识结构。

三、学习目标：

 **学习目标1**：在老师的提示和帮助下用加速度的定义式推导出向心加速度公式，加深对加速度定义式、矢量运算的理解。

**学习目标2**：在老师的提示和帮助下用平抛运动的方法（正交分解法）推导出向心加速度公式，加深对运动分解、合成这一等效思想的理解，体会微元法的思想和操作步骤。

拓展阅读：用分解位移的方法推导出向心加速度公式，加深对运动分解、合成这一等效思想的理解，体会微元法的思想和操作步骤。

**学习目标3**： 应用向心加速度公式比较向心加速度的大小，认识到向心加速度的矢量性。

四、评价任务：

**评价任务1**：用加速度定义式推导向心加速度公式

**评价任务2**：将极短时间内圆周运动分解初速度方向的匀速直线运动和指向圆心的匀加速直线运动，借助平抛运动的知识及数学工具推导向心加速度公式。

拓展阅读：用分解位移的方法推导向心加速度。

**评价任务3**： 通过讨论认识到向心加速度的矢量性，会在实际问题中用公式比较加速度大小。

 五、教学环节

  **教学环节一：利用加速度概念推导向心加速度公式**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **学生活动** | **教师活动** | **设计意图** |
| 回顾加速度的定义式 | 提出问题：匀速圆周运动的速度大小不变，是否存在加速度？如果有怎么求？引导学生思考。给出预备的数学知识当时间极短时，角度极小，$θ=sinθ=tanθ$，角度要以弧度为单位。组织学生展示、交流，分享推导结果 | 解决学生数学知识不足的障碍，为顺利推导公式铺路。 |
| 在匀速圆周运动中取极短一段时间，画出初末速度的矢量图，计算速度的变化量 | 培养学生的语言表达能力，增强学生的自信，学会分享、质疑和评价等高阶思维能力。进一步加深对加速度概念、矢量运算法则的理解，更加熟练地应用数学工具及极限思想，提升推理论证的能力。 |
| 通过定义式求加速度的大小，指出加速度的方向，自己给出向心加速度的定义。 |

**教学环节二： 利用平抛运动的知识、方法推导向心加速度公式**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 学生活动 | 教师活动 | 设计意图 |
| 画出极短一段时间运动示意图，将圆周运动分解为初速度方向的匀速直线运动，指向圆心方向的匀加速直线运动，利用正交分解法推导向心加速度公式运用数学工具推导向心加速度公式 | 提示：无穷小量的平方或更高次方均可忽略。 提出问题：能否利用平抛运动的方法求解向心加速度？提示：圆周运动可以看成初速度方向的匀速直线运动和指向圆心方向的匀加速度直线运动，建立坐标系，利用正交分解法求解。及时对有困难的学生给予帮助。组织学生展示、交流，分享推导结果 | 解决学生数学知识不足的障碍，为顺利推导公式铺路。 |
| 面向全体，及时提供援助。培养学生的语言表达能力，增强学生的自信，学会分享、质疑和评价等高阶思维能力。 |

**拓展阅读：利用分解位移的方法推导向心加速度。**

**环节三：辨析与比较**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 学生活动 | 教师活动 | 设计意图 |
| 讨论：（1）有人说，匀速圆周运动是匀变速曲线运动，这种说法是否正确？（2）有人说向心加速度的大小与半径成反比，有人说成正比，你的看法是什么？ | 组织学生讨论及时对有困难的学生给予帮助。组织学生展示、交流，分享推导结果 | 认识到向心加速度是矢量，具有方向，匀速圆周运动是变加速曲线运动 |
| 培养学生的语言表达能力，增强学生的自信，学会分享、质疑和评价等高阶思维能力。 |
| 如图所示，比较图中A、B、C、D四点向心加速度的大小，其中AO1=2BO2，C、D为中点，摩擦轮不打滑。 |

**六、作业布置**

1、比较推导向心加速度的三种方法优缺点，整理推导过程，再动手独立推导一遍。

2、再思考，看看还有没有别的方法推导出向心加速度公式。

3、优化检测卷P15第5-6题，预习教材《向心力》部分。

**七：教学反思**

通过实际教学，发现绝大多数学生能够在老师的提示及同学的帮助下快速地推导出向心加速度公式，加深了对向心加速度这一公式的理解，促进了学生对运动合成分解这一等效思想的理解，丰富和扩大了学生原有的知识结构，增强了科学推理和论证的能力。对学优生来讲，今后还要加强理论探索能力的培养，提倡独立地开展研究。

**八：板书设计**

匀束**圆周运动的向心加速度**

1. 用加速度定义推导
2. 用正交分解法（类平抛运动）推导

公式：$a=ωv=\frac{v^{2}}{r}=ω^{2}r$

向心加速度是矢量，方向始终指向圆心。

1. 拓展阅读：
2. 公式应用
3. 科学方法：微元法和等效替代（运动的分解合成）的思想

**九：教学资源**

**推导方法一：用加速度定义推导**

，当时间Δt非常小时，可以看成是瞬时加速度。如图所示，速度的偏向角，速度的变化量

O

V末

V初

C

当时间非常短，速度的偏向角非常小，，代入加速度公式有：

**推导方法二：用类平抛运动法（正交分解法）推导。**

教材首先讲曲线运动，接着讲运动的合成分解，再讲平抛运动与斜抛运动，最后讲圆周运动。教材先讲曲线运动的特点、条件，是为后面平抛运动、斜抛运动、圆周运动作准备，属于总论。接着讲运动的合成分解，也是为后面的抛体运动作准备，作为复杂的曲线运动其一般研究方法就是分解合成。学生掌握了合运动、分运动的性质之后，作为实例研究平抛、斜抛运动。这样，教材前后的顺序就非常清楚，节与节之间的逻辑联系非常明了。但是，一般教材和老师在教学圆周运动时却再也没有提合成分解了。难道合成、分解的方法不适合圆周运动了？圆周运动作为曲线运动，它理应具有一般曲线运动的特点。据此，笔者在所教的A班中采用了正交分解法推导向心加速度公式，因为学生通过平抛、斜抛运动的学习已经非常熟悉正交分解法。

正交分解：把匀速圆周运动看成是切线方向的匀速直线运动，半径方向的匀加速直线运动。

建立好直角坐标系。物体从O点运动到圆周上的B点，水平位移为OA、竖直位移为OC，合位移为OB。位移偏向角等于圆心角的一半，线速度大小为V，半径为R，角速度为ω。有：



Y

X

O

B

A

C

补充一个数学知识：当时间非常短，非常小，。

在右图中，，。当θ非常小时，AC接近弧长AB，OC接近OB，所以有。同时也可给出的数值让学生更加信服。

得出：，再由，得出

O

B

A

C

**拓展阅读：位移分解法推导加速度。**

如图，物体沿圆周上的A点运动到B点，位移为OB，可以分解成水平方向的位移OA和沿半径方向的位移AB，有。在直角三角形OAC中有：，OC＝BC＝R

C

O

A

B

代入后得：

上式中，OA与时间成正比，AB与时间的平方成正比。当时间非常短时，AB2是二阶小量，可以忽略不计。于是得到：，把OA、AB的值代入可得：

**附1**：值表。**可以看出，50以内，三者基本相等**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| θ(度） | θ（弧度） | sinθ | tanθ |
| 1 | 0.0174  | 0.0174  | 0.0174  |
| 2 | 0.0349  | 0.0349  | 0.0349  |
| 3 | 0.0523  | 0.0523  | 0.0524  |
| 4 | 0.0698  | 0.0697  | 0.0699  |
| 5 | 0.0872  | 0.0871  | 0.0874  |
| 6 | 0.1047  | 0.1045  | 0.1051  |
| 7 | 0.1221  | 0.1218  | 0.1227  |
| 8 | 0.1396  | 0.1391  | 0.1405  |
| 9 | 0.1570  | 0.1564  | 0.1583  |
| 10 | 0.1744  | 0.1736  | 0.1762  |
| 11 | 0.1919  | 0.1907  | 0.1943  |
| 12 | 0.2093  | 0.2078  | 0.2124  |
| 13 | 0.2268  | 0.2248  | 0.2307  |
| 14 | 0.2442  | 0.2418  | 0.2492  |
| 15 | 0.2617  | 0.2587  | 0.2678  |

**附2**：**三种推导方法的比较**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 加速度概念法 | 正交分解法 | 分解位移法 |
| 微元法：取极短时间 | 时间非常小 | 时间非常小 | 时间非常小 |
| 补充的数学知识 | （θ很小） | （θ很小） | 二阶小量忽略不计 |
| 解决问题的方法 | 没有用到合成分解法，与教材曲线运动的内容联系不紧。需要学生理解矢量三角形的知识。 | 合成分解法，学生非常熟悉，且成教材衔接紧密，有利于学生运用已有的方法解决新问题 | 合成分解法，学生对任意分解不够熟悉。需要学生回顾矢量三角形的知识。 |
| 向心加速度的方向 | 较难得出向心加速度的方向。 | 非常容易得出向心加速度的方向指向圆心。 | 非常容易得出向心加速度的方向指向圆心。 |
| 优点 | 进一步熟悉矢量三角形运算，巩固加速度的定义。 | 使用正交分解法，使教材前后衔接非常紧密。非常容易理解接受。容易得出向心加速度的方向指向圆心。 | 进一步熟悉矢量三角形的运算，巩固运动的分解与合成的思想方法。容易得出向心加速度的方向。 |
| 存在的问题 | 1.（θ很小）要作好铺垫，这个知识点在高中物理选修课《单摆》一节分析回复力时要用到。2.向心加速度的方向不易得出。3.没有用到曲线运动的一般研究方法——分解合成法。使得学生感觉到圆周运动的研究方法与前面平抛、斜抛运动的研究方法联系不大。 | 1. ，需要作好铺垫。
2. 水平位移OA=vΔt，因为水平方向分解成匀速运动。弧长OB也等于vt，因为物体作匀速率圆周运动。从图中可以看出OA、弧长OB显然不等，会动脑筋的学生容易看出这个矛盾，难以给学生解释清楚疑点。
 | 1. 二阶小量忽略不计，学生在高中还没有接触到，第一次接触需要作为铺垫。
2. 矢量三角形的知识先要作好铺垫。
3. 矢量的任意角度分解要先略作复习。
 |

1. 徐平川，重庆合川人，1973年出生，硕士，副教授，硕士生导师，研究方向：物理学科教学。 [↑](#footnote-ref-0)
2. 黎国胜，男，四川南充人，1965年出生，硕士，四川省特级教师，硕士生导师，研究方向：物理学科教学

 本文是四川省普教科研资助金课题《核心素养视野下的高中物理课堂的评价与改革研究》成果之一，批准文号川教函2018495号。 [↑](#footnote-ref-1)