



# 基于思维型课堂基本原理的习题教学实践与思考

——以屈膝下蹲过程中运动与相互作用关系为例

钟志鹏

(无锡市玉祁高级中学 江苏 无锡 214183)

曹俊

(无锡市玉祁初级中学 江苏 无锡 214183)

(收稿日期:2019-08-25)

**摘要:**思维型课堂是培育物理学科核心素养的有效途径,习题教学是培育物理学科核心素养的重要载体.围绕思维活动这一核心将认知冲突、自主建构、自我监控和应用迁移有机融入到习题教学全过程.以屈膝下蹲过程中运动与相互作用关系为例,就习题课教学的目标叙写、凸显思维的教学流程、围绕思维互动的教学实践提出了实施建议.

**关键词:**思维型课堂 物理学科核心素养 习题教学 自主建构

## 1 思维型课堂的内涵和习题教学

### 1.1 思维型课堂内涵概述

林崇德、胡卫平教授提出思维型课堂教学理论,以聚焦思维结构的智力理论为基础,着眼于课堂教学中的思维活动,意在提高课堂的教学质量.

思维型课堂教学理论包括认知冲突、自主建构、自我监控和应用迁移 4 方面的基本原理.通过认知

冲突,诱发思维结构的动态性,提供积极思维和主动学习的动力.自主建构包括认知建构和社会建构,认知建构强调学习积极主动建构的过程;社会建构强调在师生互动、生生互动的过程中,情感互动是基础,行为互动是表现,思维互动是核心.自我监控能力是教师教学能力和学生学习能力的核心,尤其是教学反思环节,教师都要引导学生对学习对象、学习过程、思维方式进行总结、反思和评价,形成认知策

感应电荷面密度受到角度  $\theta$  变化的影响,感应电荷分布关于  $x$  轴对称.在  $\theta=0$  处,也就是球壳内表面距离点电荷最近的地方,可以取得最大值.这与前面分析所得情况也是符合的.

在速度-位置关系图中可以看出,点电荷在向接地导体球壳运动时,速度不断增大,速度的变化率也迅速增大.

## 3 结论

基于理论推导和数值积分绘图,我们可以得出一致的结论:点电荷在接地导体球壳内时,内表面感应电荷均为负电荷.球壳内表面靠近点电荷一侧的

电荷面密度的绝对值明显较大.所以电场大多集中在球壳内靠近点电荷的一侧.

在点电荷和球壳内表面感应电荷共同激发的电场中,若将点电荷静止释放,将做加速度增大的变加速运动.

### 参考文献

- 1 郭硕鸿.电动力学[M].北京:高等教育出版社,1992
- 2 Kevin L Haglin. Point charge dynamics near a grounded conducting plane[J]. American Journal of Physiology, 2010
- 3 江俊勤.基于 Mathematica 的数字化物理学[M].北京:科学出版社,2015

略,发展认知结构,提高自我监控能力.应用迁移是指将已掌握建立概念、规律、形成知识、分析问题、解决问题的方法,应用到新的问题情境和解决新问题的过程中.

## 1.2 思维型课堂和习题教学的关系

思维型课堂是培育物理学科核心素养的有效途径,习题教学是培育物理学科核心素养的重要载体.新课标要求要从培养物理学科核心素养的视角审视习题教学的目的,应通过习题教学,使学生在科学思维、探究能力、实践意识、科学态度等方面得到有效提升.习题教学的作用不仅仅是为了得到答案,而是要全面提高学生的问题解决能力.而思维型课堂恰是以提升思维品质和实际问题解决能力为核心的课堂教学样式,强调教会学生如何去思考,而不仅仅是教会思考的内容,促进学生学会学习,培养学生的问题解决能力、创造性思维和批判性思维能力.思维型课堂的内涵为习题教学发挥在培育学科核心素养中的作用指明了方向.

## 2 基于思维型课堂基本原理的习题教学策略

以屈膝下蹲作为问题情境,本节课的教学设计如下.

### 2.1 基于学生的习题教学目标叙写

教学目标的确和叙写要更多地站在“学生本

位”来阐述学生怎么学,以及经历学习所发生的变化.本节习题课的目标可以这样定位和叙写.

#### (1) 形成物理观念

能深入理解力和运动的关系,以此为出发点来分析共点力平衡问题和超重、失重问题.

#### (2) 培养科学思维

针对实际问题,能合理地选择研究对象(整体或隔离),建立模型,进行物理分析.掌握解决力和运动一类问题的一般步骤:确定对象,受力分析,确定状态,列出方程(平衡方程或牛顿第二定律方程)并求解,对结果的合理性进行分析.

#### (3) 培养科学探究意识

就人下蹲和起身的过程,能制定探究方案,设计实验记录表格,记录关键数据,能分析数据,把力和运动的加速度  $a$  联系起来,形成结论,定义超重、失重.结合探究活动的实践,能理解弹力随时间变化图像.

#### (4) 树立科学态度与责任

敢于发表自己的意见,善于与人交流与合作;在交流过程中能从已有的经验或数据出发来论证.通过实际问题的解决,获取成功的体验,激发学习物理的内在动机,形成理论与实际相联系的意识.

### 2.2 突出思维核心的习题教学流程

以教学目标为指引,本节课的具体流程如表1所示.

表1 以“屈膝下蹲”为情境的习题教学流程设计

1 创设情境	2 提出问题	3 自主探究	4 合作交流	5 总结反思	6 应用迁移
一阶:屈膝下蹲(静止状态)	静止状态,求地面对人的支持力 $N$	确定对象、状态与受力分析、方程求解、得出结论,解释与反思	对象选取,表达式中物理量的处理和理解等	对象的合理选择;对平衡思想求力和力的分解求力的合理性的认识等	深蹲时,膝盖不要超过脚尖的解释
二阶:屈膝下蹲(非平衡状态)	下蹲、起身过程,体重计示数的变化?	提出问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论	数据记录整理;对力和运动变化的比较分析;对超重失重的理解等	从力与运动的关系来理解超重、失重现象	老人起身容易闪了膝关节的解释

### 2.3 设置认知冲突激发思维动机

选取屈膝下蹲作为典型例题情境来展开,在情境创设中激发认知冲突,诱发学生学习的心理动因.

**【例1】**如图1所示,人屈膝下蹲时,膝关节弯曲的角度为  $\theta$ ,设此时大小腿部的肌肉群对膝关节的作用力  $F$  的方向水平向后,且大腿骨和小腿骨对膝关节的作用力大致相等,那么脚掌所受地面竖直向

上的弹力约为( )

A.  $\frac{F}{2\sin\frac{\theta}{2}}$       B.  $\frac{F}{2\cos\frac{\theta}{2}}$

C.  $\frac{F}{2\tan\frac{\theta}{2}}$       D.  $\frac{F}{2\cot\frac{\theta}{2}}$

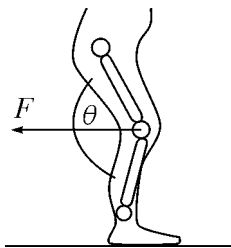


图1 例1题图

学生解答:

**解法1:**采用力的分解的方法.如图2(a)所示,设大腿骨和小腿骨的作用力分别为 $F_1$ 和 $F_2$ .由力的平行四边形定则 $F_1 = F_2$ ,先按效果分解 $F$ 易知

$$F_2 \cos \frac{\theta}{2} = \frac{F}{2}$$

再对 $F_2$ 进行正交分解,如图2(b)所示有

$$F_{2y} = F_2 \sin \frac{\theta}{2}$$

解得

$$F_{2y} = \frac{F}{2} \tan \frac{\theta}{2} = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}}$$

则脚掌所受地面竖直向上的弹力 $N = F_{2y}$ ,D选项正确.

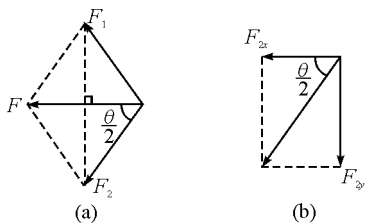


图2 例1解法1分析图

**解法2:**如图3(a)所示,采用共点力平衡的方法.问题导向以脚为研究对象,进行受力分析,分解力 $F_2$ ,如图3(b)所示,列平衡方程.水平方向, $F_{2x} = f$ ;竖直方向

$$N = F_{2y} + G = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}} + G$$

没有相符的答案.

**教师引导:**显然结果比选项D多一个重力 $G$ ,这是什么原因?该如何理解和处理此处的重力 $G$ 呢? $G$ 是人的重力吗?

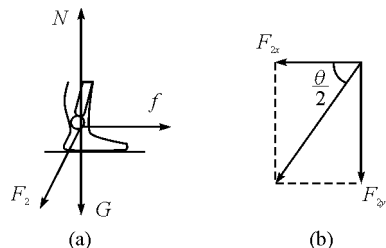


图3 例1的解法2分析图

**学生活动:**以人整体为研究对象,屈膝静止时,上题中 $F$ 为内力不作考虑,脚底所受的支持力 $N = G_{人}$ ,显然与结论不相符合,而只有隔离出人的脚这一部分作为研究对象,才会考虑小腿对脚部的作用力 $F_2$ 的作用.因此 $G$ 只能理解为是隔离出来的脚的重力,可以考虑把脚底隔离出贴地的“薄薄的一层”作为研究对象,忽略其重力.

如此则有

$$N = F_{2y} + G = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}} + G$$

忽略 $G$ ,得到

$$N = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}}$$

选择选项D.

## 2.4 侧重自主建构引发思维动力

### 2.4.1 在类比迁移中将体验内化为能力

在认知冲突的解决中,体验了选取研究对象、建构物理模型、进行受力分析的思维过程.体验要进一步内化为解决问题的能力,还需要在问题解决中加以锻炼提高.

**【例2】**如图4所示,由两根短杆组成的一个自锁起重吊钩,将它放入被吊的空罐内,使其张开一定的夹角压紧在罐壁上,当钢绳匀速向上提起时,两杆对罐壁越压越紧,若摩擦力足够大,就能将重物提升起来,罐越重,短杆提供的压力越大,称为“自锁定装置”.若罐质量为 $m$ ,短杆与竖直方向夹角 $\theta = 60^\circ$ ,求吊起该重物时,短杆对罐壁的压力(短杆质量不计).

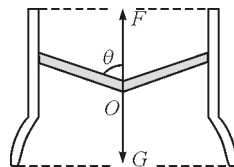


图4 例2题图

**学生活动:**首要问题是研究对象的选择.

整体受力分析如图4所示,  $F=G$ , 短杆对罐壁的压力为内力, 整体平衡方程中不出现.

隔离对吊钩受力分析如图5(a)所示,  $F=2f$ , 则由上可知  $f=\frac{G}{2}$ , 但是罐壁对短杆的弹力  $N$  左右抵消, 合力为零, 也无法解出.

至此只有隔离半边吊钩, 受力分析如图5(b)所示,  $F_1 \cos \theta = f$ ,  $F_1 \sin \theta = N$ , 其中

$$F_1 \cos \theta = \frac{G}{2}$$

得到  $F_1 \sin \theta = N = \frac{G}{2} \tan \theta$

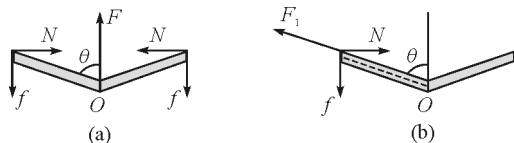


图5 例2分析图

**教师引导:**题干特别说明, 短杆质量不计, 对我们选取隔离半边吊钩有何帮助? 与例题1中隔离出脚底贴地的“薄薄的一层”作为研究对象, 忽略其重力思想是否一致?

#### 2.4.2 在课堂生成中完成知识自主建构

例1中将人视为处于一个屈膝的静止状态, 视为平衡状态求解. 屈膝下蹲也可能正处在屈膝向下运动过程, 而非静止状态. 此时地面对人的支持力又是多少呢?

**【例3】**如图6所示是某同学站在力板传感器上做下蹲、起立的动作时, 记录的压力  $F$  随时间  $t$  变化的图线. 由图线可知该同学( )

- A. 体重约为 650 N
- B. 做了两次下蹲——起立的动作
- C. 做了一次下蹲——起立的动作, 且下蹲后约 2 s 起立
- D. 下蹲过程中先处于超重状态后处于失重状态

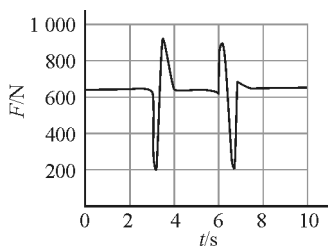


图6 例3题图

**教师引导:**从静止到下蹲起立经历了怎样的运动过程? 运动状态的不同对应应在受力情况上有何不同?

**学生活动:**实验探究方案, 请学生站在体重计上亲自实验验证. 理论探究方案, 依据牛顿运动定律, 进行受力和运动分析. 在运动分析和人所受支持力变化的对应比较上, 逐步深入探究力和运动的关系, 进而理解通过加速度方向来判断超失重的缘由.

面对学生的质疑, 生成新的问题情境, 有意识引导学生经历从问题出发, 找到关键要素, 寻求证据支撑分析论证、得出结论的科学探究过程. 通过教师引导、合作学习, 形成学习共同体, 在科学探究过程中落实情感互动、行为互动和思维互动达成社会建构.

#### 2.5 立足教学反思进行思维监控

教学反思的目标是掌握本节课的知识、方法, 反思经验教训, 形成认知策略, 发展认知结构. 尤其注意对经验教训的总结.

引导学生总结运动与相互作用的关系, 立足实际问题从物理学视角形成运动与相互作用关系的基本认识.

引导学生突出模型建构、科学推理和论证等科学思维的总结. 在屈膝下蹲的分析中, 引导学生对脚底再隔离构建了贴地的“薄薄的一层”的理想模型来说明; 在研究体重计上人的下蹲起立过程, 将人抽象为初位置在重心处的质点模型, 来帮助简化过程分析. 在研究对象选取的环节引导学生从人转换到脚, 到最后重力忽略不计; 从起重挂钩和货物为整体转换到挂钩, 到最后考虑挂钩的一半. 在实验探究环节, 引导学生兼顾实验现象的定性表述和实验典型数据的定量测量, 让学生依据实验数据, 把力的变化和运动的变化联系起来, 逐步聚焦到加速度  $a$ .

引导学生加深对问题解决策略的理解. 例1的解决突出脚掌所受地面竖直向上的弹力这一问题出发, 在共点力平衡的前提下, 选取脚掌为对象用受力平衡的方程求解. 而不是直接用力分解的方法求解. 坚持问题解决导向, 力的分解、平行四边形定则不过是解决共点力问题的计算手段. 新课标特别指出, 用共点力的平衡条件分析日常生活中的问题, 而不是用力的分解<sup>[2]</sup>, 学生解决问题的实践选择和新课标的观点是高度一致的.

## 2.6 解决实际问题达到灵活迁移

知识和方法的应用和迁移,对学生加深理解知识,提高思维能力,培养分析问题和解决问题的能力以及创造力,具有重要的作用.本节课应用和迁移环节选取了两则材料呈现给学生.

**材料 1:**如图 7 所示,不管是徒手训练还是负重训练,在进行深蹲动作时,常会听到教练说:“不让你的膝盖超过脚尖”,否则膝盖容易受伤,这是为什么呢?

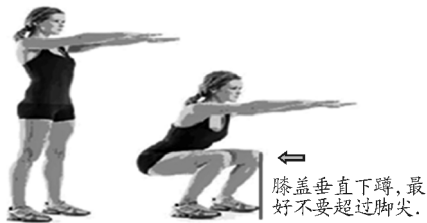


图 7 材料 1 图示

**材料 2:**陈大爷看完电视起身,感觉膝关节扭了一下,膝盖后边的筋好像别住了,特别难受.骨科医生说,陈大爷这种病跟闪腰盆气是一类,只不过这回闪的是膝关节.这又有何科学道理呢?

**教师引导:**比较分析以上两则材料,引导学生先后聚焦两个问题.

(1) 两则材料都是屈膝状态,膝盖受伤是受力过大导致的,这个力和屈膝时膝关节角变小有无关系?

(2) 屈膝下蹲和起身是运动过程,屈膝蹲住了是静止状态.不同状态下膝盖受力情况是否也不一样呢?

### 学生活动:

(1) 如图 8 所示,膝盖超过脚尖会导致膝关节角  $\beta$  (膝关节角) 过大,其补角  $\theta$  过小.

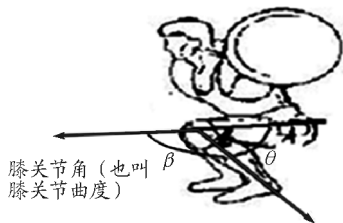


图 8 下蹲过程分析

以屈膝静止状态为例,由例 1 中的结论:隔离脚,其所受的支持力

$$N = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}}$$

其中  $F$  为膝关节受力,整体对人,所受的支持力,  $N = mg$ ; 则

$$mg = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}}$$

得到

$$F = 2mg \cot \frac{\theta}{2}$$

显然下蹲的蹲位越深,  $\theta$  就越小,则  $\cot \frac{\theta}{2}$  越大,膝盖受力  $F$  就越大.再加上大负荷的负重,极易造成运动伤害.

(2) 依据上面的结论,结合看完电视起身瞬间对应的超重状态可知

$$N = \frac{F}{2 \cot \frac{\theta}{2}} > mg$$

得到

$$F > 2mg \cot \frac{\theta}{2}$$

超重状态导致膝盖受力  $F$  比静止状态更大.老年人的关节老化僵硬,也就更易受伤.所以医生建议,中老年人下蹲准备起立时,最好借助周围物体,扶着“撑一把”站起来,以减少膝关节的“压力”.

当前的习题教学现状,学生更多的是学得惰性的知识,只是“储蓄罐”式“拥有”.而物理学科核心素养的习得,有显著的内在性和主观性.基于思维型课堂教学理论的基本原理,指导思维型习题教学实践,是发挥习题教学作用,落实核心素养培育的有效途径.

### 参考文献

- 1 林崇德,胡卫平.思维型课堂教学的理论与实践[J].北京师范大学学报(社会科学版),2010(1):29~36
- 2 王长江.中学物理“思维型”课堂教学研究[M].北京:科学出版社,2015
- 3 王长江,胡卫平.中学物理“思维型”课堂中概念的教学探讨[J].物理教师,2015(7):2~6
- 4 任虎虎,赵强.思维型课堂的基本特征及构建策略[J].物理教学,2016(6):9~11
- 5 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