



数值模拟解决中学物理教学中的 学科前沿渗透问题

——以“饱和汽与饱和汽压”教学为例

关善超

(苏州市阳山实验初级中学 江苏 苏州 215151)

(收稿日期:2019-03-30)

摘要:以人教版高中《物理·选修3-3》“饱和汽与饱和汽压”为例,渗透流体空化现象这一学科前沿问题,并通过Fluent软件对这一现象进行数值模拟和结果分析,极大地激发了学生对物理学科的兴趣,提高了学科认同感,有效地降低了物理前沿研究对学生的陌生感和神秘感,使物理学科更接地气,有助于更多的学生把物理作为终身研究方向.

关键词:数值模拟 中学物理 前沿渗透 流体空化

物理学作为一门对社会进步有巨大推动作用的学科拥有其独特的思想和魅力.然而,近些年凡是自由选择高考科目的省份里(如浙江省),选择物理的人数远远小于其他学科,并且有逐年下降趋势.这固然和物理相对其他考试学科难度较大有关,但不可忽视的是,学生对物理的不感兴趣也是一个十分重要的原因,愿意把物理学当成其终身努力方向的学生越来越少.这和中学物理教学过程中枯燥的教学环节、大量的机械练习及相对脱离实际的知识应用有很大关系.教师并没有把物理独特的吸引力展示给学生.学生在学习物理过程中不断得到暗示:物理很难学,科学家都是天才,物理学前沿发现更难,因此我不适合学物理,进而和物理越走越远^[1].

其实,让学生感受到物理学并没有那么“高大上”,物理学家并非想象中的“珍奇生物”,前沿发现也并不是遥不可及是非常重要的.这需要教师有一定的教学策略和手段.通过介绍一些前沿物理学发现和当前学习知识之间的关系,并进行简单的探究,有助于学生了解物理学前沿,确定人生目标,消除对物理前沿研究的误解,让更多的学生愿意主

动登上物理的“贼船”^[2],由于数值模拟技术的出现,很多中学物理中原本并不好做的实验可以通过模拟进行探究,既节约实验成本,又有很好的实验效果^[3,4].

本文以人教版高中《物理·选修3-3》“饱和汽与饱和汽压”为例,渗透物理学前沿发现“流体空化现象”^①,并运用数值模拟技术,帮助学生更清楚地认识理解这一现象.

1 引导铺垫

高中物理教学中运用临界思想解题的题目非常多,如追及问题、传送带划痕问题等.其实临界思想的应用远不止此,很多重要的物理学发现就是基于临界思想.

初中时我们就知道金属的电阻会随温度降低而变小,那么有人就提出来,那我就一直给它降温,它的电阻会不会变成零呢?把这个问题研究下去的人是海克·卡末林·昂内斯,最终他发现了超导现象,并凭借这一发现获得了1913年诺贝尔物理学奖.类似的发现还有居里温度,大家都知道磁体温度越高磁性就越弱,那么能不能一直升高温度直到磁性消

作者简介:关善超(1989-),男,硕士,主要从事现代教育技术的应用和中学物理教学研究.

^① 流体空化现象:流体内部负压区中,液体由于低压汽化进而产生空化泡的现象.空化泡在崩溃过程中会产生高温、高压、发光等作用,是船舶设计、石油勘探、超声工程的热门研究内容.

失呢? 结果大家都知道, 这个温度被命名为居里温度. 这些物理前沿的发现其实都建立在我们初高中就已学过的知识上, 有时候物理学的发现就是再往前多走一步, 突破临界, 就能发现一个新的天地. 今天我们学习的内容“饱和汽与饱和汽压”就和一个非常有趣并且与物理前沿的研究有关.

2 发现之旅

有了之前的铺垫, 教师可以引导学生做以下思考:

- (1) 流体的流速越大压强就越小.
- (2) 压强越小水的沸点就越低.

思考: 当水的流速非常快的时候, 可能会出现什么现象?

由此有些学生能结合本节课的知识推测出: 水的流速越大, 水的压力越小, 则水的沸点越低, 有可能会低到在常温下水达到沸点汽化的现象.

这种现象叫做流体空化现象, 是一种物理前沿研究非常多的物理现象. 该现象的出现是否如学生们所猜测的呢? 下面可以运用 Fluent 软件进行数值模拟.

3 数值模拟

3.1 建立模型

文丘里管为常见的流体空化发生器之一, 本文以此来对空化现象做简单模拟. 使用 Gambit 建立如图 1 所示模型, 并划分网格.

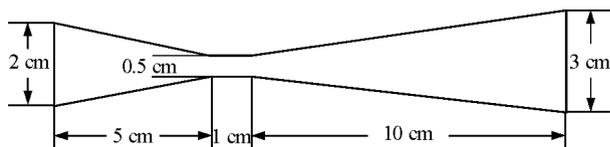


图 1 文丘里管模型

3.2 模拟设置

(1) 进入 General 全局设置, 选择 Transient 瞬态模型, 环境为标准大气压.

(2) 进入 Models 模型设置, 打开 Mixture 混合模型, 黏滞模型选择 K-epsilon 模型.

(3) 进入 Materials 材料设置, 添加水蒸气和液态水两种材料.

(4) 进入 Phases 相设置, 设置液态水为主相, 水蒸气为第二相. 同时在 Interaction 中打开 Cavitation 空化模型.

(5) 进入 Boundary Conditions 设置边界条件. 本文进行了 3 次模拟, 分别在入口施加了 0.2 MPa, 0.5 MPa 和 2 MPa 的压强. 出口设置为普通压力出口. 其他为壁面边界.

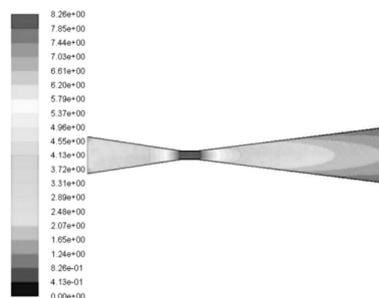
(6) 进入 Solution methods 求解器设置, 压力速度耦合求解器选择 PISO.

(7) 进入 Solution initialization 求解初始化, 选择从全局进行初始化.

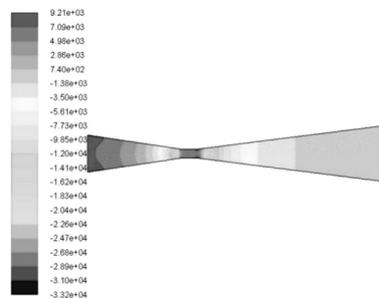
(8) 进入 Run calculation 求解计算, 设置计算时间步长为 0.05 s, 共计算 300 步, 最后点击 Calculate 计算.

3.3 结果分析

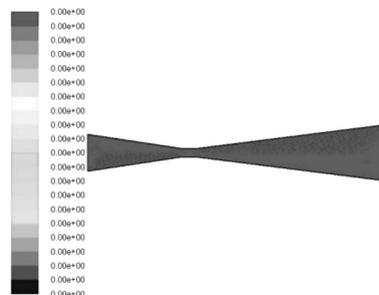
进入后处理模块调取所需结果的速度云图、压力云图及空化云图, 如图 2、图 3 和图 4 所示.



(a) 速度云图

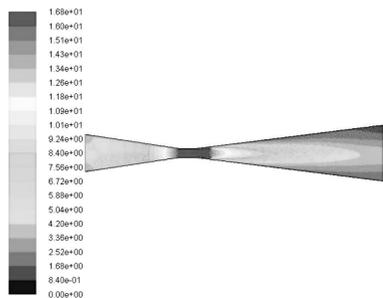


(b) 压力云图

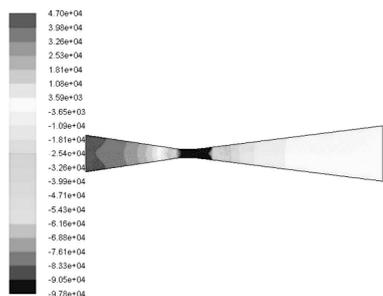


(c) 空化云图

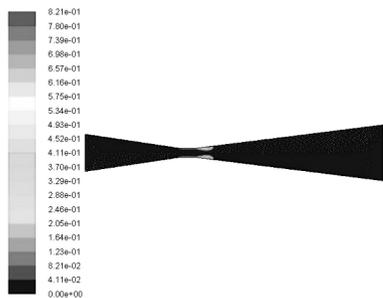
图 2 0.2 MPa 时的速度、压力和空化云图



(a) 速度云图

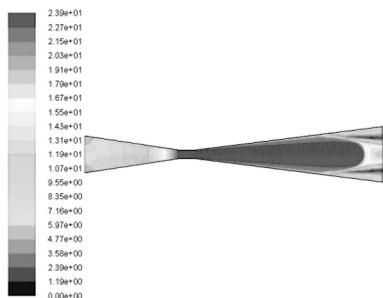


(b) 压力云图

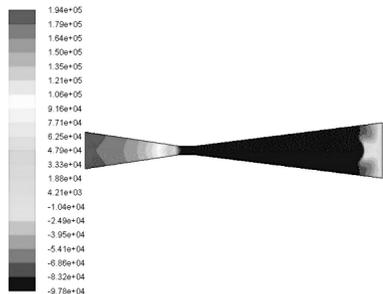


(c) 空化云图

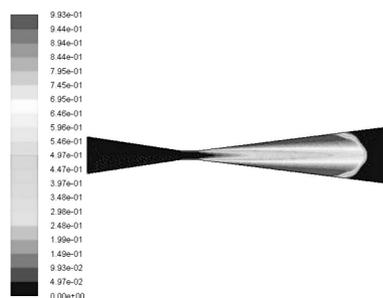
图3 0.5 MPa时的速度、压力和空化云图



(a) 速度云图



(b) 压力云图



(c) 空化云图

图4 2 MPa时的速度、压力和空化云图

分析云图可清楚得出,当入口压力施加的越大时,水的流速就越大,流速越大的区域,液体的压强就越小,因此在压力云图中出现了负压(低于标准大气压的值)区。

当入口压力为 0.2 MPa 时虽然出现了负压区,但由于压力不够低,并未出现空化现象.当入口压力为 0.5 MPa 时,负压区压力明显更低,最终在负压区出现了空化现象.当压力为 2 MPa 时,负压区明显增大,最终空化区域几乎充满了整个文丘里管。

模拟结果表明学生们的猜想是正确的,当流体的流速达到一定速度时,产生的负压足够低时,将会出现流体的空化现象.流速越大,负压区域越广,空化现象越明显,空化现象具体有什么作用,学生们可以课后查阅。

4 结论

在中学物理教学中渗透学科前沿使更多的学生了解物理前沿在研究什么,这些研究能做什么.能极大地激发学生的学习探究欲望,减少对物理学习的恐惧,拉近和物理学科的关系.运用 Fluent 软件模拟流体空化过程,生动直观地引导学生发现流体空化和流体流速及压强间的关系.完成了中学物理中较难完成的实验探究,拓展了学生的视野,为中学物理教学中渗透物理前沿知识时,如何做进一步研究,避免空洞讲述,提供了一种新的途径。

参考文献

- 1 胡志鹏,张伟芬,李兴达.浙江新高考背景下物理选学现状及分析.物理通报,2018(1):96~99
- 2 巩霄鹏.在物理教学中渗透前沿知识.中学物理教学参考,2016(16):55~56
- 3 关善超.运用 Ansys 软件模拟研究桥梁的结构.物理教师,2018(6):64~65
- 4 沈壮志. Ansys 软件在驻波振动教学中的应用.物理通报,2015(5):20~22