



对一道“鱼浮沉”试题解析的质疑

邓天华

(西北师范大学教育学部 甘肃 兰州 730070;

西北师范大学附属中学 甘肃 兰州 730070)

傅敏

(西北师范大学教育学部 甘肃 兰州 730070)

(收稿日期:2022-10-06)

摘要:2022年山东普通高中学业水平等级考试物理第15题通过建构模型,从理想气体状态方程的角度对“鱼浮沉”进行了探讨.原解析应在第(1)问中补充“密度不变”这个必要步骤,第(2)问从动力学关系分析“鱼浮沉”的运动过程也发现错误,从而反思命题的科学性妥协,也给跨学科教学带来启示.

关键词:“鱼浮沉”;等级考试;解析;质疑

1 原题和解析

【题目】(2022年山东普通高中学业水平等级考试物理卷第15题)某些鱼类通过调节体内鱼鳔的体积实现浮沉.如图1所示,鱼鳔结构可简化为通过阀门相连的A、B两个密闭气室,A室壁厚、可认为体积恒定,B室壁薄,体积可变;两室内气体视为理想气体,可通过阀门进行交换.质量为 M 的鱼静止在水面下 H 处,B室内气体体积为 V ,质量为 m ;设B室内气体压强与鱼体外压强相等,鱼体积的变化与B室气体体积的变化相等,鱼的质量不变,鱼鳔内气体温度不变.水的密度为 ρ ,重力加速度为 g .大气压强为 p_0 ,求:

(1)鱼通过增加B室体积获得大小为 a 的加速度,需从A室充入B室的气体质量 Δm ;

(2)鱼静止于水面下 H_1 处时,B室内气体质量 m_1 .

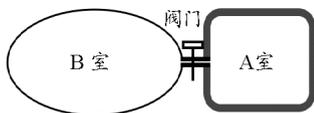


图1 鱼鳔结构示意图

参考答案及解析:(1)由题意开始时鱼静止在水面下深度 H 处,设此时鱼的体积为 V_0 ,有

$$Mg = \rho g V_0 \quad (1)$$

且此时B室内气体体积为 V ,质量为 m ,则

$$m = \rho_{\text{气}} V \quad (2)$$

鱼通过增加B室体积获得大小为 a 的加速度,则有

$$\rho g (V_0 + \Delta V) - Mg = Ma \quad (3)$$

联立解得需从A室充入B室的气体质量为

$$\Delta m = \rho_{\text{气}} \Delta V = \frac{Mma}{\rho g V} \quad (4)$$

(2)当鱼静止在 H 深处时,B室内的气体压强为

$$p = \rho g H + p_0 \quad (5)$$

当静止于 H_1 处时,则有

$$p_1 = \rho g H_1 + p_0 \quad (6)$$

由于鱼鳔内气体温度不变,根据玻意耳定律有

$$pV = p_1 V_1 \quad (7)$$

联立式(5)、(6)、(7)得

$$V_1 = \frac{p_0 + \rho g H}{p_0 + \rho g H_1} V \quad (8)$$

则此时B室内气体质量为

$$m_1 = \rho_{\text{气}} V_1 = \frac{p_0 + \rho g H}{p_0 + \rho g H_1} m \quad (9)$$

2 问题和探讨

2.1 密度不变 解析正确

原解析中认为B室气体的密度不变,如式(2)、(4)、(9).事实上,解析过程应明确说明这一隐含条件.根据理想气体状态方程

$$pV = nRT \quad (10)$$

摩尔质量 M_{mol} 保持不变,得

$$p = \frac{m}{V} \frac{1}{M_{\text{mol}}} RT = \rho_{\text{气}} \frac{1}{M_{\text{mol}}} RT \quad (11)$$

鱼在水面下 H 处,由题意和式(5)知压强 p 和温度 T 都不变,则B室内气体的密度 $\rho_{\text{气}}$ 不变,才有式(2)、(4).而鱼静止于 H_1 处, p 变为 p_1 ,由式(11)知其密度 $\rho_{\text{气}}$ 发生了变化了.故第(1)问答案正确,但需要呈现式(10)、(11)的必要步骤,即密度不变的原因.

2.2 密度变化 解析有异

鱼静止于水面下 H_1 处,和静止 H 处均受力平衡,满足式(1),即鱼体积不变,则B室内气体体积也不变,且温度不变,由式(11)知压强 p 与质量 m 成正比,联立式(5)、(6)得

$$m_1 = \frac{p_0 + \rho g H_1}{p_0 + \rho g H} m \quad (12)$$

这明显与原解析答案式(9)有异.

究其原因,原解析中认为B室气体密度仍然不变,而式(11)显示其气体密度 $\rho_{\text{气}}$ 变化了.原解析B室体积由 V 变化为 V_1 而引起鱼体积由 V_0 变化为 V'_0 (不等于 V_0),则在 H_1 处

$$Mg \neq \rho g V'_0 \quad (13)$$

鱼在 H_1 处就不能静止,显然与题设矛盾.

2.3 过程分析 助力解惑

鱼在两处都静止,讨论当 $H_1 > H$ 时,鱼从 H 到 H_1 的运动过程,先做加速运动再做减速运动,如图2所示.

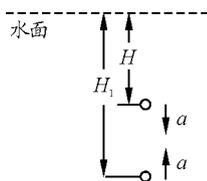


图2 探讨鱼下沉

(1) 鱼先向下做加速直线运动,要求 $Mg > \rho g V'_0$,则B室气体体积减小.原解析情况如下:由式(11)知B室气体质量增加,其密度增加,与原解析“密度不变”矛盾;或由式(11)知,若密度不变,则压强也不变,与下降过程中的“压强增加”也矛盾.新解析:压强增加,密度增加,质量增加,与式(12)相符.

(2) 当 $Mg = \rho g V_0$,加速度为零,速度达到最大.

(3) 鱼向下做减速直线运动,要求 $Mg < \rho g V'_0$,则B室气体体积增加.原解析情况如下:由式(11)知B室气体质量如果增加,其密度不一定变化,可能与原解析“密度不变”相符;由式(11)知,若密度不变,则压强也不变,与下降过程中的“压强增加”又矛盾.新解析:压强增加,密度增加,质量增加,与式(12)相符.

综上所述知,鱼向下加速和减速过程中,B室气体质量都应该增加,而原解析结论式(9)显示 $m_1 < m$.因此新解析答案 $m_1 > m$ 是合乎过程分析和状态分析的.还可以分析鱼上浮,即 $H_1 < H$ 时,鱼向上先加速再减速运动,与 $H_1 > H$ 的分析过程相似,质量减少,结论应 $m_1 < m$.

3 反思和启示

很多资料也认为“某些鱼类通过调节体内鱼鳔的体积实现浮沉”,八年级物理教科书也有这样的介绍^[1].本题给出模型建构,引导学生从理想气体状态方程的角度进行分析,体现了学科核心素养的科学思维和科学探究等方面.但两种解析结果迥异,表明该模型建构本身是有问题的.实际上,鱼的浮沉是依靠身体的摆动及鱼鳍的配合,鱼鳔的作用是调整身体体积以保持悬浮状态或减缓浮沉的速度以保证自身的安全^[2].为了符合学生认知规律和针对学生的实际情况,中学物理教学,往往在科学性上进行妥协^[3].然而,这一妥协,往往就会出现教学中的“不自洽”——教学和命题上如何适当妥协又是一大难点.

本题的命制还有跨学科教学之意蕴.为促进生物物理学核心素养的发展,课程学习中要倡导基于项目的学习或整合学习等方法,促进学生基于真

对一道经典平行板电容器动态分析题目的探究

汤 勇

(安徽省宁国中学 安徽 宣城 242300)

(收稿日期:2023-03-06)

摘 要:对一道经典平行板电容器动态分析题目的解法提出质疑,给出题目原型,分析问题逻辑,提出误谬来源,呈现解决方案.

关键词:平行板电容器;动态分析;解题方法

平行板电容器是一种电容器的常见结构,它由两个平行的金属板组成,中间有一层绝缘材料.由于电容器的特性,它可以用来存储电荷,并在需要时释放出来.平行板电容器的动态行为受到电容器的特性和外部环境的影响.电容器的特性决定了它的电容,其中影响因素包括正对面积 S 、板间距离 d 以及介质的相对介电常数 ϵ_r . 外部环境,如电压、电流等,也会影响电容器的动态行为.但同时也要考虑到电容大小及外界电阻会影响到它的充放电速率.很多题目就是忽略了它的充放电速率对题目的影响.

1 题目原型

如图1所示,两块较大的金属板A、B相距为 d ,平行放置并与一电源相连,S闭合后,两板间恰好有一质量为 m 、带正电荷量为 q 的油滴处于静止状态,若将A向左平移一小段位移,则油滴将做怎样的运动?

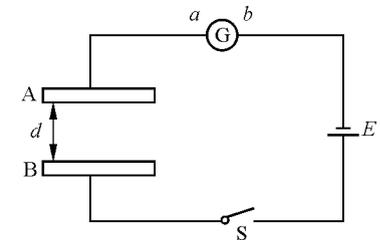


图1 原题图

2 解法探究

原解析:对于平行板电容器,有

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} \quad (1)$$

由式(1)可知,A向左平移一小段位移会使 S 减小, C 减小.

平行板电容器与电源相连, U 不变,由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, E 不变.

$F_{\text{电}} = Eq$ 知, $F_{\text{电}}$ 不变.故粒子仍然保持静止的

实情境下学科和跨学科问题解决能力的发展,促进学生素养的发展^[4].跨的目的是从整体上实现学科核心素养的培育和提升.但跨学科教学和跨学科实践(包括试题的命制)至少要注意以下两个方面.一是跨得确切,即各学科的知识素养如何建立联系,有必要才可以跨,不能为了跨而跨.二是跨的不变与变,包括跨多少的问题,要把握好度,不能丢掉主学科,主学科的核心概念、核心素养等方面不能变,可以变的是实现形式和方式等,但仍要坚持分清主次.

参 考 文 献

- [1] 吴祖仁.义务教育教科书物理(八年级下册)[M].北京:教育科学出版社,2021:66.
- [2] 裴建华.鱼的浮沉与鱼鳔的作用的另一种解释[J].物理教师,2006(6):30.
- [3] 蒋炜波.初中物理教学如何做好科学性妥协[J].物理教学,2021,43(5):39-43,34.
- [4] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020:73-74.