

提升逻辑思辨能力 培养物理核心素养

——以“压强变化”主题复习为例

刘 建

(华东师范大学第二附属中学 上海 200241)

(收稿日期:2021-12-15)

摘要:压强变化分析是初中物理知识体系的重要组成部分,固体压强主要包含有切割、叠加、施力等内容,液体压强则主要包含有倒入、抽出、加入物块等常见类型.本专题具有很强的综合性,难度较大,压强变化的多种形式对学生整体能力要求很高.从归纳、总结的6种模型出发,帮助学生整合知识、厘清思路,在强化学生逻辑推理能力的同时,提高学习效率.

关键词:压强变化 主题复习 思辨能力

物理学学科的核心素养之一是培养学生的科学探究和逻辑思辨能力.科学探究和逻辑思辨能力是学生进行深度学习和高阶思维的前提,其重要性不言而喻.因此,在日常的教学过程中,教师要有意识地引导学生,培养学生科学探究、理性思辨、归纳总结和举一反三的能力.通过压强变化这一重要知识板块的复习教学^[1],激发学生的探究热情,提升学生科学推理和逻辑思辨的能力.同时,力求使原本碎片和零散的知识体系变得系统化和灵活化,以期为主题复习的教学提供参考.

1 培养学生建立模型的思辨能力

压强变化主要围绕着形状规则的柱状物体展开,这类柱状物体多为质量分布均匀的实心柱形固体(如正方体、长方体、圆柱体等)或柱形容器所装液体,如图1所示.通常涉及一个或多个柱状物体放在水平面上的压强变化,或柱形容器内液体对容器底部或对水平面的压强变化问题.

压强变化分析要求学生有对压强概念有深刻的理解,并且要求在熟练掌握基本公式的基础上,如公式

$\Delta p = \frac{\Delta F}{S}$, $\Delta p = \rho g \Delta h$, $p' = p_0 \pm \Delta p$,能够对压强的变化进行定性分析,常用的方法有解析法、三态法、极限法、割补法、赋值法等.

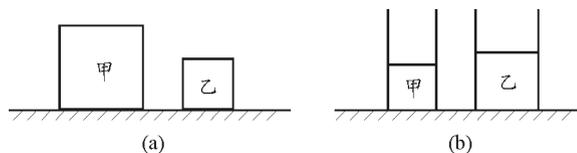


图1 实心柱形固体压强和柱形容器中的液体压强

1.1 模型一 切割问题

1.1.1 竖直切割

此类问题较为简单.质量分布均匀的实心柱形固体的压强,由密度和高度决定.竖直切割时,密度和高度两个物理量均保持不变,所以切割之后,压强不变,压力变小.

1.1.2 水平切割

水平切割通常以两个压强相等而边长不等的正方体作为母体进行变型,如图2所示,已知放在水平地面上的均匀实心正方体甲、乙对地面的压强相等.现将两物体均沿水平方向切去一部分.此种切割共分为3种情况,归纳如下:

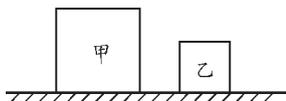


图2 均匀正方体甲、乙的压强相等

(1) 切去相同的厚度

根据已知条件可以推出,甲、乙的密度关系为

$\rho_{\text{甲}} < \rho_{\text{乙}}$,它们的质量关系为 $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$.

切去相同的厚度,显然切去的体积 $\Delta V_{\text{甲}} > \Delta V_{\text{乙}}$;对水平面压强的变化量 $\Delta p = \rho g \Delta h$,可得压强变化量关系 $\Delta p_{\text{甲}} < \Delta p_{\text{乙}}$.

剩余部分的压强 $p' = p_0 - \Delta p$,可得 $p'_{\text{甲}} > p'_{\text{乙}}$.

剩余部分的压力 $F' = p'S$,可得 $F'_{\text{甲}} > F'_{\text{乙}}$,也就是质量 $m'_{\text{甲}} > m'_{\text{乙}}$.

切去的质量 $\Delta m = \rho h^2 \Delta h$,根据初始状态压强相等可得 $\rho_{\text{甲}} h_{\text{甲}} = \rho_{\text{乙}} h_{\text{乙}}$,推出 $\Delta m_{\text{甲}} > \Delta m_{\text{乙}}$.

(2) 切去相同的质量

切去的体积 $\Delta V_{\text{甲}} > \Delta V_{\text{乙}}$,切去的厚度 $\Delta h_{\text{甲}} < \Delta h_{\text{乙}}$,对水平面压强变化量 $\Delta p_{\text{甲}} < \Delta p_{\text{乙}}$.剩下的高度 $h'_{\text{甲}} > h'_{\text{乙}}$,剩下的体积 $V'_{\text{甲}} > V'_{\text{乙}}$,剩余部分的压力 $F'_{\text{甲}} > F'_{\text{乙}}$,也就是质量 $m'_{\text{甲}}$ 大于 $m'_{\text{乙}}$,剩余部分的压强 $p'_{\text{甲}} > p'_{\text{乙}}$.

(3) 切去相同的体积

切去的质量 $\Delta m_{\text{甲}} < \Delta m_{\text{乙}}$,切去的厚度 $\Delta h_{\text{甲}} < \Delta h_{\text{乙}}$,对水平面压强变化量 $\Delta p_{\text{甲}} < \Delta p_{\text{乙}}$.剩下的高度 $h'_{\text{甲}} > h'_{\text{乙}}$,剩下的体积 $V'_{\text{甲}} > V'_{\text{乙}}$,剩余部分的压力 $F'_{\text{甲}} > F'_{\text{乙}}$,也就是剩余部分的质量 $m'_{\text{甲}} > m'_{\text{乙}}$,剩余的压强 $p'_{\text{甲}} > p'_{\text{乙}}$.

1.2 模型二 叠放问题

叠放问题可分为不切割直接叠放(图3)和切割之后交叉叠放(图4)的情况.物体叠放之后一般为不规则物体,所以压力、压强的关系以 $p = \frac{F}{S}$ 为主.

此时(a)、(b)两种不同方式对地的压力大小都是两物体的重力之和,压力之比为1:1.要求压强关系,则可以关注两者的底面积之比.如果直接比较两者的压强关系有困难,还可以将初始状态的压强作为

桥梁,最终得出叠放后压强的大小关系.

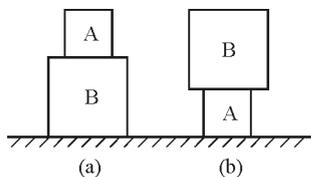


图3 两个正方体不同的叠放方式

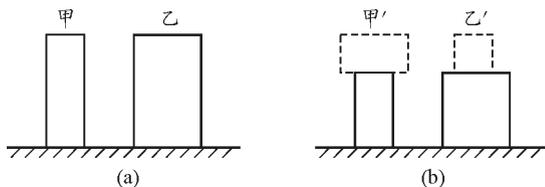


图4 柱形体切割之后交叉叠放

【示例1】如图5所示,甲、乙两个实心正方体放置在水平桌面上,它们对水平地面的压强相等.若沿水平方向分别切去体积为 ΔV 的部分,然后将切去部分交换叠放在剩余部分上,这时它们对水平地面的压强分别为 $p_{\text{甲}}$ 和 $p_{\text{乙}}$,则()

- A. $p'_{\text{甲}} = p'_{\text{乙}}$ B. $p'_{\text{甲}} > p'_{\text{乙}}$
C. $p'_{\text{甲}} < p'_{\text{乙}}$ D. 都有可能.

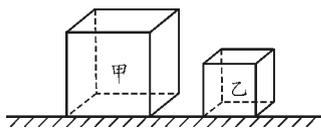


图5 正方体的切割、叠放

辨析:初始压强 p_0 相等而 $h_{\text{甲}} > h_{\text{乙}}$,所以 $\rho_{\text{甲}} < \rho_{\text{乙}}$.切除的质量 $\Delta m_{\text{甲}} < \Delta m_{\text{乙}}$,交换叠放之后,甲的压强变大,乙的压强变小,即 $p'_{\text{甲}} > p_0 > p'_{\text{乙}}$.正确答案为选项 B.

1.3 施加外力问题

由于施加竖直方向的外力导致压强变化的情况,需考虑外力竖直向上和竖直向下的两种情况.然后结合 $\Delta p = \frac{\Delta F}{S}$ 加以分析.

【示例2】甲、乙、丙3个质量相同的实心均匀正方体分别放在水平地面上,它们对水平地面的压强关系是 $p_{\text{甲}} < p_{\text{乙}} < p_{\text{丙}}$,若分别在3个正方体上表面中央施加一个小于它们重力的竖直方向的力,使3

个正方体对水平地面的压强相同,则力 $F_{甲}$, $F_{乙}$, $F_{丙}$

的大小关系是()

A. 一定是 $F_{甲} < F_{乙} < F_{丙}$

B. 一定是 $F_{甲} = F_{乙} = F_{丙}$

C. 可能是 $F_{甲} > F_{乙} > F_{丙}$

D. 可能是 $F_{甲} = F_{乙} = F_{丙}$

辨析: 初始状态质量相同而压强 $p_{甲} < p_{乙} < p_{丙}$, 可以得出, 甲的边长最大, 丙的边长最小. 最终状态压强相等, 丙的压力最小. 所以有两种可能, F 向上时, $F_{甲} < F_{乙} < F_{丙}$; F 向下时, $F_{甲} > F_{乙} > F_{丙}$. 正确答案为选项 C.

1.4 液体倒入和抽出问题

液体的倒入、抽出问题, 可以归纳为以下 3 类问题:

(1) 已知初始状态液体的高度、体积、压强或压力关系, 求倒入或抽出部分液体后, 最终状态液体的各物理量间的关系.

(2) 已知初始状态液体各物理量间的关系, 求倒入或抽出部分液体后, 倒入或抽出部分液体参量间的关系, 或剩余部分液体参量间的关系.

(3) 已知最终状态液体的各物理量间的关系, 逆推倒入或抽出部分液体之前, 初始状态的液体各物理量间的关系.

处理此类问题, 应明确液体压力压强产生的原因和原理, 明确液体压强概念 $p = \rho gh$ 和 $\Delta p = \rho g \Delta h$, 逐步分析, 并灵活使用结论: 对柱形容器, 液体对容器底部压力大小, 等于液体本身的重力大小.

【示例 3】 在图 6 中, 底面积不同的甲、乙圆柱形容器 ($S_{甲} > S_{乙}$) 分别装有不同的液体, 两液体对甲、乙底部的压强相等. 若从甲、乙中抽取液体, 且被抽取液体的体积相同, 则剩余液体对甲、乙底部的压力 $F_{甲}$, $F_{乙}$ 与压强 $p_{甲}$, $p_{乙}$ 的大小关系为()

A. $F'_{甲} < F'_{乙}$, $p'_{甲} > p'_{乙}$

B. $F'_{甲} < F'_{乙}$, $p'_{甲} = p'_{乙}$

C. $F'_{甲} > F'_{乙}$, $p'_{甲} > p'_{乙}$

D. $F'_{甲} > F'_{乙}$, $p'_{甲} < p'_{乙}$

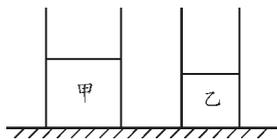


图 6 柱形容器抽取部分液体后压强的变化

辨析: 初始状态两液体压强相等, 由液体的压强公式 $p = \rho gh$, 可得出结论 $\rho_{甲} < \rho_{乙}$. 抽取的液体体积相等, 甲中抽出的液体高度小, 液体压强的变化 $\Delta p = \rho g \Delta h$, $\Delta p_{甲} < \Delta p_{乙}$, 最终状态压强 $p'_{甲} > p'_{乙}$, 压力 $F'_{甲} > F'_{乙}$. 正确答案为选项 C.

1.5 液体中放入和取出物块问题

此种模型的关键是区分最终状态是液体对容器底部的压力、压强, 还是容器对桌面的压力、压强. 前一种问题属于液体的压力、压强问题, 应该先求液体压强 $p = \rho gh$, 再由压强求压力 $F = pS$. 应当注意, 根据力的相互性, 液体对容器底部的压力变化量, 等于物体受到的浮力. 后一种问题属于固体的压力、压强问题, 应该先求固体压力 $F = G$, 再由压力求压强 $p = \frac{F}{S}$.

【示例 4】 甲、乙两个底面积不同的轻质圆柱形容器放在水平地面上, 分别盛有质量相等的水, 如图 7 所示. 现有铁、铝两个金属实心小球 ($m_{铁} > m_{铝}$, $V_{铁} < V_{铝}$), 从中选一个浸没在某容器的水中 (水不溢出), 能使容器对地面压强最大的方法是()

A. 将铁球放入甲中

B. 将铁球放入乙中

C. 将铝球放入甲中

D. 将铝球放入乙中

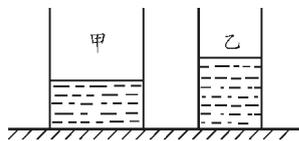


图 7 柱形容器加入物体后压强的变化

辨析: 首先判断, 此问题属于固体的压力、压强. 应当先算压力, 再算压强.

压力 $F = G$, 压强 $p = \frac{F}{S}$. 为使压强最大, 应使压

力最大,底面积最小,所以将铁球放在乙容器内. 正确答案为选项 B.

1.6 固体与液体压强对比

柱形固体甲和柱形容器乙中盛有液体,已知初始状态的物理量之间的关系,求加入固体或截取(抽取)一部分后,截取(抽取)部分或剩余部分各物理量之间的关系.

【示例 5】如图 8 所示,均匀圆柱体甲和盛有液体乙的圆柱形容器放置在水平地面上,甲、乙质量相等. 现有物体丙分别放在物体甲上和浸没在液体乙中(液体没有溢出),甲对地面压强的增加量大于乙对容器底部压强的增加量. 若甲、乙和丙的密度分别是 $\rho_{\text{甲}}$, $\rho_{\text{乙}}$, $\rho_{\text{丙}}$, 则()

- A. $\rho_{\text{甲}}$ 可能等于 $\rho_{\text{乙}}$
- B. $\rho_{\text{丙}}$ 一定大于 $\rho_{\text{乙}}$
- C. $\rho_{\text{丙}}$ 可能小于 $\rho_{\text{甲}}$
- D. $\rho_{\text{丙}}$ 一定小于 $\rho_{\text{乙}}$

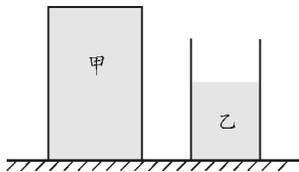


图 8 增加新物体后,固体压强与液体压强变化

辨析:首先判断,甲、乙质量相等, $V_{\text{甲}} > V_{\text{乙}}$, 则 $\rho_{\text{甲}} < \rho_{\text{乙}}$. 再次,甲属于固体压强,乙属于液体压强.

$\frac{G_{\text{丙}}}{S_{\text{甲}}} > \frac{F_{\text{浮}}}{S_{\text{乙}}}$, 即可得 $\rho_{\text{丙}} > \rho_{\text{乙}}$. 3 个物体的密度排序为

$\rho_{\text{丙}} > \rho_{\text{乙}} > \rho_{\text{甲}}$, 正确答案为选项 B.

2 激发学生突破升华的创新力

通过对压强变化的各种变式分析,不仅帮助学生理清了复杂的知识网络,增强了学习的信心和热情,而且初步培养了学生归纳推理、演绎推理和类比推理的能力,使学生具备了一定自主探索新知的的基础. 在教学过程中受到学生极大的欢迎.

在已有模型的基础之上,鼓励学生不断对模型进行加工、探索和突破,达到融会贯通、举一反三的

效果^[2]. 尝试对同一问题得出多种不同的解决方案,并从中选取最优化方案,使学生在知识学习的同时,激发探索热情和求知欲望,达成培养学生高阶思维的能力和培养学生核心素养的目标^[3].

2.1 物理问题常改常新

对正方体固体压强的切割问题,除用 1.1.2 解析法分析之外,可以尝试从物理概念出发,应用旋转法,使问题得到简化. 此外,搭配使用极限法,可能会有意想不到的惊喜.

【示例 6】如图 9 所示,放在水平地面上的均匀实心正方体甲、乙对地面的压强相等. 现将两物体均沿水平方向切去一部分,则()

- A. 若切去相等质量,甲剩下的厚度一定大于乙
- B. 若切去相等质量,甲剩下的厚度可能小于乙
- C. 若切去相等体积,甲对地面的压强一定小于乙
- D. 若切去相等体积,甲对地面的压强可能小于乙

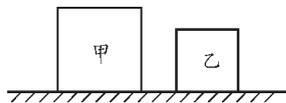


图 9 均匀正方体甲、乙对地面压强相等

辨析:若切去相等的质量,可以考虑将甲、乙切去部分各旋转 90° , 因为初始的压强相等,则旋转后两者的压强也相等. 切去的质量相等,则旋转后两者对应的底面积相等,此时底面积大小为 $h\Delta h$, 因为 $h_{\text{甲}} > h_{\text{乙}}$, 所以 $\Delta h_{\text{甲}} < \Delta h_{\text{乙}}$, 则 $h'_{\text{甲}} > h'_{\text{乙}}$. 正确答案为选项 A.

此外,用极限的思想. 初始状态, $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$, $V_{\text{甲}} > V_{\text{乙}}$. 假设将乙全部质量或体积切去,很容易得到最终状态时,甲仍然具有厚度和压强,厚度和压强均大于乙.

2.2 单位高度质量的引入

在固、液压强的变化中,若两物体初始状态的质量相等,求加入或去除一部分后,终态压强和压力的变化关系. 此时引入单位高度质量的概念,可能会起到事半功倍的效果.

(下转第 100 页)

参考文献

- 1 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
- 2 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究

- 开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理(选择性必修三)[M]. 北京:人民教育出版社,2019. 36 ~ 37
- 3 文婷. 浅谈量筒中液体液面的凹凸[J]. 中学物理,2019, 37(20):23 ~ 24

Teaching Design on High School Physics Based on the Core Accomplishment

—Taking *Infiltration and Non - Infiltration* as an Example

Zhang Junpu Liu Zhuqing

(School of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi 716000)

Wen Ting

(Beixin Bashu Secondary School, Chongqing 401520)

Abstract: "Infiltration and non - infiltration", as a non - hot topic in high school, is generally ignored in classroom teaching. However, this part of knowledge has the function of reviewing old knowledge and connecting new knowledge. It is not only closely connected with daily life, but can also be applied to manual creation. Understanding its phenomenon and the reasons behind it will help cultivate students' core competence, so this article will design and innovate this part of the content based on the cultivation of students' core competence and the perspective of fusion of subjects.

Key words: core accomplishment; infiltration and non - infiltration; teaching design

(上接第 75 页)

【示例 7】如图 10 所示,放在水平地面上的均匀正方体甲、乙对地面的压力相等,若在两物体上部沿水平方向切去一定的厚度,使剩余部分的高度相等,则剩余部分对地面的压力 $F'_甲$ 和 $F'_乙$ 、压强 $p'_甲$ 和 $p'_乙$ 的关系是 ()

- A. $F'_甲 > F'_乙$, $p'_甲 > p'_乙$
- B. $F'_甲 = F'_乙$, $p'_甲 = p'_乙$
- C. $F'_甲 < F'_乙$, $p'_甲 > p'_乙$
- D. $F'_甲 = F'_乙$, $p'_甲 > p'_乙$

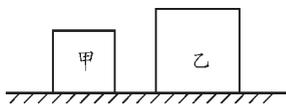


图 10 均匀正方体甲、乙对地面压力相等

辨析:初始状态时质量相等,考虑到甲、乙都是规则、均匀的柱形体,且 $h_甲 < h_乙$,可以考虑引入单位高度的质量这一概念,即相同高度时甲的质量大于乙的质量,则剩余高度相同时, $m'_甲 > m'_乙$,即 $F'_甲 >$

$F'_乙$. 又因为 $S_甲 < S_乙$,所以 $p'_甲 > p'_乙$.

3 结束语

在压强变化专题复习中,首先通过归纳总结,概括常见的物理模型,帮助学生熟悉概念,加深理解,整合知识,激发学生的探索热情和思辨能力,为后期学生的自主学习和创造性思维培养打下基础.更进一步,通过对压强变化各物理量间的逻辑关联,揭示各变式模型的特征及规律,引导和鼓励学生对已有问题不断进行研究和探索,在反复思考和日积月累的过程中,使得学生的科学思辨能力和物理学科素养不断得到升华.

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准[S]. 北京:北京师范大学出版社,2011
- 2 徐学福. 科学探究与探究教学[J]. 课程·教材·教法, 2002(12):20 ~ 23
- 3 吴刚. 在习题教学中培养学生的高阶思维能力[J]. 物理教师,2019(1):87 ~ 89