

物理

分类攻克“压力与压强”问题

北京市第十二中学 林国嵘

“一模”结束后,考生要做好试卷分析,将问题归类,重点攻克错题、难题,这样才能有效提高成绩。下面,笔者就以海淀区“一模”试题为例,深入剖析一下困扰众多考生的“压力与压强”问题。

原题再现

【例】(2026年北京市海淀区“一模”第23题)

盛有盐水的薄壁杯子静止在水平桌面上,杯子上宽下窄、杯口直径大于杯底直径、底面积为 S 。如图所示,将一个鸡蛋轻放入杯内的盐水中(盐水未溢出),鸡蛋悬浮。与放入鸡蛋前相比,鸡蛋悬浮时,盐水对杯底的压力增大了 ΔF_1 ,杯子对桌面的压力增大了 ΔF_2 。请分析并判断 ΔF_1 与 ΔF_2 的大小关系。



分析与解答

要判断 ΔF_1 与 ΔF_2 的大小关系,考生首先要列出 ΔF_1 、 ΔF_2 的表达式,找到相关影响因素后再进行比较。

鸡蛋放入后,盐水对杯底的压力之所以增加,是因为盐水液面上涨,导致杯底所处深度增大,盐水对杯底的压强也随之增大,从而致使压力增大。其表达式为: $\Delta F_1 = \Delta P_1 S = \rho_{\text{盐水}} g \Delta h S$ 。此时, $\Delta h S$ 是否等于鸡蛋悬浮时的 $V_{\text{排}}$?由图1可知,由于杯子上宽下窄, $V_{\text{排}}$ 对应的是两次液面之间所围成的圆台体积,而 $\Delta h S$ 是以 S 为底的圆柱体积,显然 $\Delta h S < V_{\text{排}}$ 。由于 $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{盐水}} g V_{\text{排}}$,鸡蛋悬浮时, $F_{\text{浮}} = G_{\text{蛋}}$,所以 $\Delta F_1 < G_{\text{蛋}}$ 。鸡蛋放入后,杯子对桌面的压力之所以增大,是因为压力等于支持力,而支持力等于桌面所支撑物体的总重,总重增大,故压力增大。由于 $\Delta F_2 = G_{\text{蛋}}$,因此 $\Delta F_1 < \Delta F_2$ 。

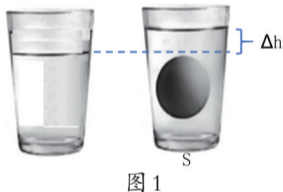


图1

解答此类问题时,考生首先要判断压力的施力物是固体还是液体。若为液体,则先求压强 $P = \rho gh$,再求压力 $F = PS$ 。若为固体,则先求压力 F ,压力的求解方法是根据相互作用力大小相等的原理,即 $F = F_{\text{支}}$,通过对受支持力的物体进行受力分析,求得支持力,从而求得压力的大小;然后求压强 $P = \frac{F}{S}$ 。

考生常遇到的典型问题是:盛有液体的容器放置于水平桌面,求液体对容器底的压力、压强以及容器对桌面的压力、压强。不少考生误以为液体对容器底的压力一定等于液体所受的重力,但如果我们运用上述方法分析就会发现,液体对容器底的压力与液重的关系与容器的形状有关。如图2所示,因为液体具有流动性,它对容器侧壁施加压力,而物体间力的作用是相互的,容器侧壁对液体施加了支持力,支持力垂直于容器侧壁;由于容器形状不同,支持力的方向各异,考生可在图2中画出支持力的方向,即可理解图2中液体对容器底的压力与液重的关系。

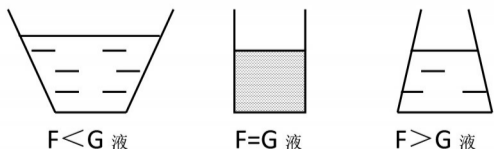


图2

而容器对水平桌面压力的施力物是固体,考生要对受支持力的物体进行受力分析,以容器和所盛液体总体为研究对象进行分析,根据二力平衡, $F_{\text{支}} = G_{\text{总}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}}$,压力 $F = F_{\text{支}}$,与容器形状无关。

变式训练

如果将物体放入液体中,那么液体对容器底的压力及容器对水平桌面的压力该如何求解?物体放入前后压力变化了多少?压力的变化量与什么有关?

物体在液体中的状态多样(如沉底、漂浮、悬浮、细绳悬吊、细针压入等)。下面,笔者就以图3情景为例,介绍分析方法。

如图3所示,用轻质细线(细线质量、体积不计)悬吊物体浸没于液体中时,液体对容器底的压力 $F_1 = PS = \rho_{\text{液}} ghS$,而 hS 是以 S 为底 h 为高的柱状体积, $\rho_{\text{液}} ghS$ 是这部分体积液体所受的重力。放入物体前后,液体对容器底的压力变化量等于与物体体积相等的液重,即物体排开液体的重力,也等于此时物体所受的浮力。

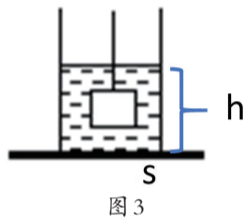


图3

考生要求容器对水平桌面的压力,则要先对受支持力的物体进行受力分析,这里以容器、液体和浸入的物体整体为研究对象进行分析,这样便可不考虑三者间的作用力(整体处于三力平衡状态:竖直向下的总重力、细线施加竖直向上的拉力、桌面施加竖直向上的支持力)。故有: $F_{\text{支}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + G_{\text{物}} - F_{\text{拉}}$ 。

此时容器对桌面的压力 $F_2 = F_{\text{支}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + G_{\text{物}} - F_{\text{拉}}$,若考生以浸入的物体为研究对象进行受力分析,其受到重力、浮力和拉力三力平衡: $G_{\text{物}} - F_{\text{拉}} = F_{\text{浮}}$ 。放入物体前后,容器对桌面的压力增加量等于物体所受浮力。那么由此,考生能否得出“物体放入容器前后,液体对容器底的压力增加量总等于容器对水平桌面的压力增加量,且等于物体所受的浮力”?答案是否定的,考生还要分析其他情况,如容器形状、物体在液体中的不同状态等。

如果盛装液体的容器如图4所示,那么,液体对容器底的压力 $F_1 = PS = \rho_{\text{液}} ghS$, hS 是以 S 为底 h 为高的柱状体积, $\rho_{\text{液}} ghS$ 是柱状液体所受的重力,物体放入前后,液体对容器底的压力增加量 $\Delta F_1 = \Delta P_1 S = \rho_{\text{液}} g \Delta h S$,由于 $\Delta h S < V_{\text{排}}$ (参看图1及相关证明),故 $\Delta F_1 < F_{\text{浮}}$ 。容器对水平桌面的压力求解方法同上,与容器形状无关,物体放入前后,容器对桌面压力的增加量 $\Delta F_2 = F_{\text{浮}}$,此时 $\Delta F_1 < \Delta F_2$ 。

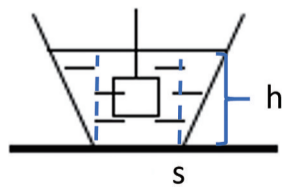


图4

如果盛装液体的容器如图5所示,同理可

证,物体放入前后,液体对容器底的压力增量 ΔF_1 与容器对桌面的压力的增量 ΔF_2 的关系是: $\Delta F_1 > \Delta F_2$ 。可见,容器形状会影响液体对容器底的压力,但不影响容器对水平桌面的压力。

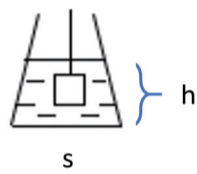


图5

那么,是否容器对桌面的压力增量总等于物体所受浮力的大小呢?同样不能轻易下此结论,考生还要讨论物体在液体中的不同情景。

如图6所示,物体沉入容器底,液体对容器底的压力 $F_1 = PS = \rho_{\text{液}} ghS$,等于以 S 为底 h 为高的柱状液体所受的重力。由于容器上下口径相同,所以物体放入前后,液体对容器底的压力增加量 $\Delta F_1 = F_{\text{浮}}$,容器对水平桌面的压力 $F_2 = F_{\text{支}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + G_{\text{物}}$,容器对桌面的压力的增加量 $\Delta F_2 = G_{\text{物}}$ 。由于沉底的物体三力平衡, $G_{\text{物}} = F_{\text{浮}} + F_{\text{支}}$,所以 $\Delta F_1 < \Delta F_2$ 。

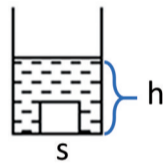


图6

考生还可以尝试分析图7(用轻质细线系于容器底)、图8(用细针将物体压入液体中)、图9(物体漂浮于液体中)这三种情景中,液体对容器底的压力 F_1 及增量 ΔF_1 ,容器对水平桌面的压力 F_2 及增量 ΔF_2 ,并比较二者大小关系。

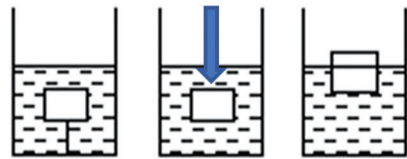


图7

图8

图9

图7、图8、图9中, $F_1 = PS = \rho_{\text{液}} ghS$,等于以 S 为底 h 为高的柱状液体所受的重力,由于容器上下口径相等,所以物体放入前后,液体对容器底的压力增量 $\Delta F_1 = F_{\text{浮}}$ 。

图7、图9中,容器对水平桌面的压力 $F_2 = F_{\text{支}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + G_{\text{物}}$ (以容器和液体及浸入的物体整体为研究对象进行受力分析时,三者彼此间的作用力不作分析,细线体积和质量不计)。容器对桌面的压力的增量 $\Delta F_2 = G_{\text{物}}$ 。由于图7中浸入液体的物体处于三力平衡 $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}} + F_{\text{拉}}$,所以 $\Delta F_1 > \Delta F_2$;而图9中物体漂浮,二力平衡 $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}}$,所以 $\Delta F_1 = \Delta F_2$ 。

图8中,容器对水平桌面的压力 $F_2 = F_{\text{支}} = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + G_{\text{物}} + F_{\text{针}}$,此时液体中的物体处于三力平衡 $F_{\text{浮}} = G_{\text{物}} + F_{\text{针}}$,因此 $F_2 = G_{\text{容}} + G_{\text{液}} + F_{\text{浮}}$,容器对桌面的压力的增加量 $\Delta F_2 = F_{\text{浮}}$,所以 $\Delta F_1 = \Delta F_2$ 。