热力学第一定律涉及等压变化问题要注意条件的自洽

南京市江宁区教学研究室 郑永圣 211100

**[内容摘要]**在热力学第一定律涉及等压变化问题的习题中不时会碰到一些题设条件“不自洽”的题目，所谓“不自洽”是指某一逻辑推理的过程和结果不能与逻辑条件相互呼应，出现了相互矛盾的现象，有些命题老师在设计等压变化中功、内能变化和吸放热的数据时没有注意到这三者之间有定量关系，因而编撰出来的数据有时就会出现题设条件不自洽的问题。

**[关键词]** 热力学第一定律、习题命制、自洽

在热力学第一定律涉及等压变化问题的习题中不时会碰到一些题设条件“不自洽”的题目，所谓“不自洽”是指某一逻辑推理的过程和结果不能与逻辑条件相互呼应，出现了相互矛盾的现象，有些命题老师在设计等压变化中功、内能变化和吸放热的数据时没有注意到这三者之间有定量关系，因而编撰出来的数据有时就会出现题设条件不自洽的问题。

习题1：一定质量的理想气体变化情况如图所示．已知在状态*B*时，气体温度*T*B=300K．

①求气体在状态*A*时的温度；

②气体由状态*D*→*B*的过程中放出热量为4.5×102J，则此过程中气体内能增量为多少？

本文主要讨论第②问。

教辅资料提供的解答如下：

②由D到B过程中外界对气体做功为

*W*=$P\_{B}∆V$=1$×10^{5}×3×10^{-3}$J=300J

由热力学第一定律得：气体内能增量为△*U* =*W* +*Q*=300-4.5×102J= -150J

上面习题是高三模拟题，如果只是就题做题，不仔细深入分析的话好像没有问题，但如果认真探究一下就会发现问题，请往下看：

气体等压压缩时外界对气体做的功为**，理想气体的状态方程为$PV=nRT$，其中n为气体的物质的量。联立上面两式可得$W=nR∙ΔT$。

理想气体的内能$U=n\frac{i}{2}RT$，从状态A到状态B的过程中，内能的变化为$ΔU=n\frac{i}{2}R⋅ΔT$。对于单原子分子气体*i*=3, 对于双原子分子气体*i*=5, 对于多原子分子气体*i*=6。

气体等压压缩时，外界对气体做的功和气体温度降低所减少的内能都转化为向外放出的热量。即$Q=W+ΔU$，可得$Q=nR⋅ΔT+n\frac{i}{2}R⋅ΔT$。

综合上面的分析有$ΔU=n\frac{i}{2}R⋅ΔT=\frac{i}{2}W$和$Q=(1+\frac{i}{2})nR⋅ΔT=(1+\frac{i}{2})W$

（1）如果上题中是单原子分子气体，则气体由状态*D*→*B*的过程中，外界对气体做的功*W*=$P\_{B}∆V$=1$×10^{5}×3×10^{-3}$J=300J，内能减小量$ΔU=\frac{3}{2}W=450J$，气体放出的热量为$Q=(1+\frac{3}{2})W=\frac{5}{2}W=750J$

（2）如果上题中是双原子分子气体，则气体由状态*D*→*B*的过程中，外界对气体做的功*W*=$P\_{B}∆V$=1$×10^{5}×3×10^{-3}$J=300J，内能减小量$ΔU=\frac{5}{2}W=750J$，气体放出的热量为$Q=(1+\frac{5}{2})W=\frac{7}{2}W=1050J$

（3）如果上题中是多原子分子气体，则气体由状态*D*→*B*的过程中，外界对气体做的功*W*=$P\_{B}∆V$=1$×10^{5}×3×10^{-3}$J=300J，内能减小量$ΔU=\frac{6}{2}W=900J$，气体放出的热量为$Q=(1+\frac{6}{2})W=4W=1200J$

故此气体由状态D→B的过程中放出热量不可能为450J，因而习题1中所给的数据是不自洽的，是命题老师杜撰出来的。

我们在设计热力学第一定律涉及等压变化问题的习题时，只要注意下面三点就能够避免题设条件不自洽的问题。

第一点，如果是设计数据运算类的习题，在设计题设条件时，外界对气体做功（或气体对外做功）W、气体内能的变化$ΔU$以及气体的吸放热*Q*之间一定要满足$ΔU=\frac{i}{2}W$和$Q=(1+\frac{i}{2})W$，如果对于单原子分子气体*i*=3, 对于双原子分子气体*i*=5, 对于多原子分子气体*i*=6。

比如2012年江苏省高考物理试题第12题第(3)问：如图所示,一定质量的理想气体从状态A经等压过程到状态B. 此过程中,气体压强p=1.0×105Pa,吸收的热量Q=7.0×102J,求此过程中气体内能的增量.

解：因为等压变化，所以$\frac{V\_{A}}{T\_{A}}=\frac{V\_{B}}{T\_{B}}$，可求得$V\_{B}=$8$×10^{-3}m^{3}$ ,

气体对外做的功$W=P\left(V\_{B}-V\_{A}\right)$=2.0×102J,

根据热力学第一定律$ΔU=Q-W$,已知*Q=*7.0×102J

可解得$ΔU=5.0×10^{2}J$。本题中$ΔU=\frac{5}{2}W$，$Q=\frac{7}{2}W$，说明题中为双原子分子气体。

第二点，不单独考查等压变化过程中的功、内能变化以及气体吸放热情况，而是将气体多个过程合在一起去考查求解。

比如2018年江苏省高考物理试题第12题第(3)问：如图所示,一定质量的理想气体在状态*A*时压强为2.0×105 Pa,经历A→B→C→A的过程,整个过程中对外界放出61.4 J热量. 求该气体在*A*→*B*过程中对外界所做的功.

解：整个过程中，外界对气体做功

$W=W\_{AB}+W\_{CA}$且$W\_{CA}=P\_{A}\left(V\_{C}-V\_{A}\right)$,由热力学第一定律$ΔU=W+Q$,可得$W\_{AB}=-\left(Q+W\_{CA}\right)$,代入数据得$W\_{AB}=-138.6$J，即得气体对外界做的功为138.6J。

第三点，直接设计成字母运算类的习题。

比如2011年江苏省高考物理试题第12题第(2)问： 如图所示，内壁光滑的气缸水平放置。一定质量的理想气体被密封在气缸内，外界大气压强为P0。现对气缸缓慢加热，气体吸收热量Q后，体积由V1增大为V2。则在此过程中，气体分子平均动能\_\_\_\_\_\_\_\_\_(选增“增大”、“不变”或“减小”)，气体内能变化了\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

解：气体等压膨胀，温度升高，气体分子平均动能增大。

气体等压膨胀，对外做的功$W=-P\_{B}\left(V\_{2}-V\_{1}\right)$,

根据热力学第一定律$ΔU=W+Q$，

可得$ΔU=Q-P\_{0}\left(V\_{2}-V\_{1}\right)$

中学教师是习题的主要命制者或改编者，教师命制或改编习题时主要着眼于题目能否达到巩固知识和训练能力的目的，但有些知识在中学阶段没有那么高的要求，不要求学生学习掌握，就象习题1中的情形，内能的公式在中学阶段不做要求，有些老师又没细致考虑到等压变化中功、内能变化和吸放热三者是有定量关系的，因而对这些物理量随意进行赋值，不加推敲，忽视对题设条件的科学性进行验证，因此在教辅材料中出现了不少错题。通过上面案例的分析给我们提出了一个警示，即命制或改编习题时不能想当然，更不能随意编造数据，一定要仔细推敲，认真考虑，一定要注意题设条件的自洽性，否则容易编出错题，错题对教学的危害是不言而喻的，希望得到各位习题编制者的高度重视。

全文总字数:1999。

作者姓名：郑永圣zhengyongsheng、工作单位：南京市江宁区教学研究室

通讯地址: 南京市江宁区东山街道河滨路26号江宁区教学研究室

邮政编码：211100、联系电话:15850690073、E-mail：zys@jnsms.com