**《大学物理II》作业 No.09 热力学第一定律 （C卷）**

**班级 \_\_\_\_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_\_\_**

-------------------------------------------------------------------------------------------------------

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*本章教学要求\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

1. 理解体积功、热量、内能、准静态过程等概念，并熟练掌握其计算。
2. 理解并掌握热力学第一定律。
3. 能分析、计算理想气体在各种等值过程和绝热过程中的功、热量、内能改变 量。
4. 理解循环过程的概念和卡诺定理的特征，能分析和计算卡诺循环以及其它各种循的效率。

-------------------------------------------------------------------------------------------------------

**一、选择题（6题）:**

1．关于高热容的物体，下列哪种说法是正确的？**[ D ]**

（A）总是很热； （B）需要很强磁场来磁化；

（C）总是很重； （D）需要很多能量来变热。

**解**：由定义可知D正确。

2．热力学第一定律表明[  **C** ]。

（A）系统对外做的功不可能大于系统从外界吸收的热量；

（B）系统内能的增量等于系统从外界吸收的热量；

（C）不可能存在这样的循环过程，在此循环过程中，外界对系统做的功不等于系统传给外界的热量；

（D）热机的效率不可能等于1。

**解**：由热力学第一定律，循环过程*ΔE*=0，则*Q*=*A*，（C）正确。

3．一定质量的理想气体经历了下列哪一个变化过程后, 它的内能是增大的: **[D]**

（A）等温压缩； （B）等体降压；

（C）等压压缩； （D）等压膨胀。

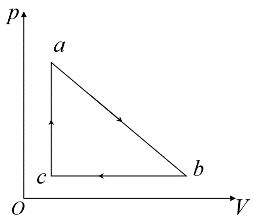
**解：**等温过程内能不变；等体降压，温度降低内能减小；等压压缩，温度降低内能减小；等压膨胀，温度升高，内能增加。（D）正确。

4．不等量的氢气和氦气从相同的初态作等压膨胀，体积均变为原来的两倍，在这一过程中，氢气和氦气对外做功的比为 [ **B** ]

（A）1:2; (B)1:1; (C)2:1; (D) 1:4

**解：**等压过程中气体做功*A*=*pΔV*，两种气体的压强和体积变化都相等，所以

它们对外做功也相等，故选B。

5．一循环过程*abca*如图所示，曲线所围面积表示 [ **C**  ]

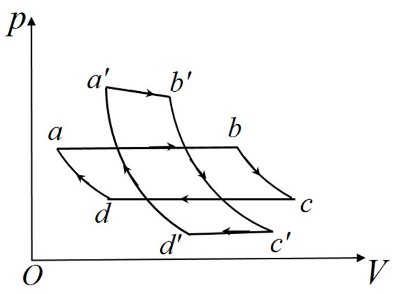
（A）*a*态到*b*态过程中所做的功；

（B）*b*态到*c*态过程中所做的功；

（C）*abca*循环过程中系统对外界所做的净功；

（D）外界对系统所做的功。

**解：**从*a*态到*b*态过程中，气体对外界做正功，大小等于*ab*下方的面积。从

*b*态到*c*态过程中，气体对外界做负功，功的绝对值等于直线*bc*下方的面积。从*c*态到*a*态过程中，气体对外不做功。综上所述，曲线*abcd*所围面积等于循环过程中系统对外界所做的净功。故选C。

6．一定量的理想气体，分别进行如图所示的两个卡诺循环*abcda*和*a’b’c’d’a’*，若在*p-V*图上这两个循环过程曲线所围的面积相等，则这两个循环的[ **D** ]

（A）效率相等；

（B）从高温热源吸收的热量相等；

（C）向低温热源放出的热量相等；

（D）在每次循环中对外做的净功相等。

**解：***p-V*图上循环曲线所围的面积表示在该循环过程中系统对外所做的功，两个循环都是顺时针，而且面积相等，所以每次循环中对外所做的净功相等。故选D。

1. **判断题（6小题）**

1．对热力学系统， 在*p*-*V*图上的一个点表示一个平衡态。[ **T** ]

解：由定义可知表述正确。

2．当系统处于热平衡态时，系统的宏观状态参量和微观状态参量都不随时间改变。[ **F** ]

**解：**处于热平衡态的热力学系统，宏观量一定，但微观状态不断变化，是一种动态平衡。

3．热力学系统的内能是温度的单值函数。[ **F** ]

**解：**仅针对理想气体，非理想气体的内能还与体积有关。

4．热力学第一定律表明：对于一个循环过程，外界对系统作的功一定等于系统传给外界的热量。[ **T** ]

**解：**循环过程，内能不变，由热力学第一定律可得。

5．在等温过程中，如果系统从外界吸收热量，那么系统的内能一定增加。[ **F** ]

**解：**温度不变，内能不变。

6．给自行车打气时，气筒会变热，主要是活塞与气筒壁摩擦的结果。[ **F** ]

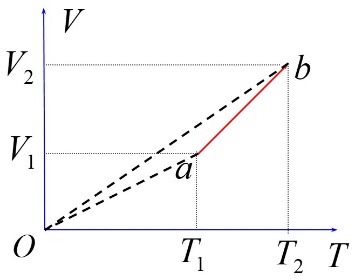
**解：**一般打气筒内壁和活塞上都涂有起封闭气体和润滑作用的润滑油，这就使得在打气过程中，活塞往返推拉时不会因摩擦而产生多少热。所以筒壁变热的主要原因是，在用打气筒将大量空气压入车胎内的过程中，用力很大且多次压缩气体对其做功，外界做功转换为气体的内能，气体温度升高，气体传热给筒壁，筒壁变热。

1. **填空题（6小题）**

1．热力学第一定律的实质是（涉及机械运动和热运动范围内的能量转换和守恒定律）。其数学表达式为（ ），式中关于做功*A*和热量*Q*的正负约定是：系统对外做功，*A*取（正），外界对系统做功*A*取（负）；系统吸热，*Q*取（正），系统放热，*Q*取（负）。

2．正循环过程，系统从（高温热源）吸热*Q*1，对（外界）做功*A*，同时向（低温热源）放热*Q*2，其效率可表示为（ ）。逆循环过程中，系统通过（外界）做功*A*，从（低温热源）吸热*Q*2，同时向（高温热源）放热*Q*1，其致冷系数可表示为（ ）。



3．一定量的理想气体，其状态在*V*－*T*图上沿着一条直线从平衡态*a*改变到平衡态*b*(如图)。这是一个（吸热降压）过程。

（选填：吸热、放热、升压或降压）

解：由气体状态方程：,,

因此 ，因而从*a*到*b*是一降压过程。此外从*a*到*b*，气体温度升高（内能增加），体积增大（对外做正功），一定是一吸热过程。

4．设热源的热力学温度是冷源的热力学温度的*n*倍，则在一个卡诺循环过程中，气体将把从热源得到的热量*Q*1中的 热量传递给冷源。

解：卡诺热机的效率为，又，可得。

5．1mol理想气体的初始温度和体积分别为*T*0和*V*0，经过可逆等温膨胀过程体积变化到*V*1，若比热容，R为摩尔气体常数，则气体所做的功为 。

**解：**理想气体等温过程做功。

6．压强、体积和温度都相同的氢气和氦气 (均视为刚性分子的理想气体)，它们的质量之比为 （1:2），它们的内能之比为（5:3），如果它们分别在等压过程中吸收了相同的热量，则它们对外做功之比为（5:7）。

(各量下角标1表示氢气，2表示氦气)

解：由气体状态方程： ，

可知：，；

氢气是双原子分子，其自由度为5，而氦气是单原子分子，其自由度为3，因此氢气与氦气的内能分别为：, ，所以；

氢气与氦气的等压热容分别为：, ，当它们吸收相同的热量，意味着它们的温度变化之比为：，则等压过程中两种气体做功之比为： 。

1. 计算题（3小题）

1、3mol氧气在压强为2atm时的体积为40L，先将它绝热压缩到体积的一半，而后再令它等温膨胀回原来的体积。求在这一过程中，(1)氧气吸收的热量；(2)对外界所做的功；(3)内能的变化。（本题目中取1atm=1.013×105 (Pa), R=8.31(J/(mol﹒K))）

**解**：设初态为状态1，绝热压缩到一半体积时为状态2，等温膨胀到原体积时为状态3。

状态1时   *p*1*V*1 = 3 R *T*1

解得 *T*1= *p*1*V*1 /(3R) = 324 (K)

对刚性双原子分子理想气体，泊松比

故绝热压缩到一半体积时 *p*1*V*11.4 = *p*2*V*21.4

解得 *p*2 = (*V*1/ *V*2) 1.4 *p*1= 5.33×105 (Pa)

*T*2= *p*2*V*2 /(3R) = 427 (K) *p*2*V*2= *p*3*V*3

解得 *p*3 = *p*2*V*2 /*V*3 = 2.67×105 (Pa)

在这一过程中，

(1) 氧气吸收的热量为等温过程中的吸热，即*Q* = 3 R*T*2 ln(*V*3/ *V*2) = 7.41×103 (J)

(2) 内能的变化为Δ*E* = *n* *C*VΔ*T* = 3×2.5R×(427 - 324) = 6.42×103 (J)

(3) 对外界所做的功为 *A* = *Q* –Δ*E* = 0.99×103 (J)

2、1mol氢气，在压强为1atm ，温度为20℃时，体积为*V*0。现使氢气经历如下过程：先保持体积不变，加热使其温度升高到80℃，然后令其作等温膨胀，直至体积变为原体积的两倍。求出上述过程中气体的吸热，作功和内能的变化量，并作出*p*-*V*图（氢气可视为理想气体，氢分子可被视作刚性双原子分子。普适气体常量R=8.31(J/(mol﹒K)。

**解：**

等容过程 *A*1 = 0



等温过程：

***B***

***A***

***C***

**2** *V*0

*V*0

***V***

***p***

***O***



***T*1=20 ℃**

***T*2=80 ℃**



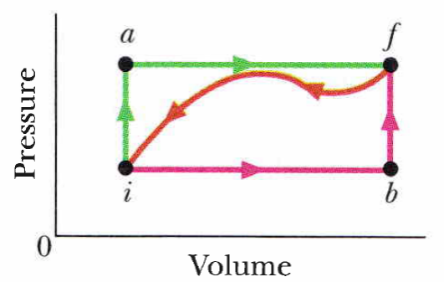


在整个过程中，







3、一个系统如图从状态*i*经历*i a f*过程线到达状态*f*。该过程中系统吸热50 J，对外做功20 J。若沿着过程线*i b f*到达*f*，则吸热36 J。求：

（1）*ibf*过程系统对外所做的功；

（2）若沿着*f i*过程线从*f*返回*i*状态时系统对外做功

-13 J，求该过程的吸热；

（3）若系统在初态*i*的内能为10J，求系统在终态*f*

的内能；

（4）若系统在状态*b*的内能为22J，分别求系统在经历*ib*过程和*bf*过程时吸

收的热量。

（5）若*iafi*循环对应为一个热机的循环，求该循环的效率。

解：（1）*iaf*过程系统内能的增量为：

Δ*E*int = *Q* – *A* = 50 J – 20 J = 30 J

*ibf*过程系统对外所做的功为

*W* = *Q* – Δ*E*int = 36 J – 30 J = 6.0 J

(2) *f i*过程系统内能的增量为 –30 J

该过程吸收的热量为：

*Q* = Δ*E*int + *A* = –30 J – 13 J = – 43 J，负号表明系统向外界放热

(3) 令 Δ*E*int = *E*int, f – *E*int, i. 则, *E*int, f = Δ*E*int + *E*int, i = 30 J + 10 J = 40 J

(4) *bf*过程中系统对外做功为 0, 则 *Q*bf = *E*int, f – *E*int, b = 40 J – 22 J = 18 J

对于*ibf*过程, *Q* = 36 J，因此*Q*ib = *Q* – *Q*bf = 36 J – 18 J = 18 J

(5) *η* =*A*静／*Q*吸 = (20 J-13 J)/50 J = 14%