**2022年春季《热学B》期中考试答案**

一、选择题、填空题（18分）

**[1]; [2] B; [3]10m ; [4]D ; [5]C ; [6]240.67K。**

二、讨论题（16分）

【1】M-B能量分布律:当系统在力场中处于平衡时，其坐标介于，同时速度介于内的粒子数为,式中表示势能为0处单位体积内的粒子数，为总能量；;。

取垂直于海平面的方向为轴的方向，海平面，则由M-B能量分布律，分布在高度处单位体积元内的分子数为；

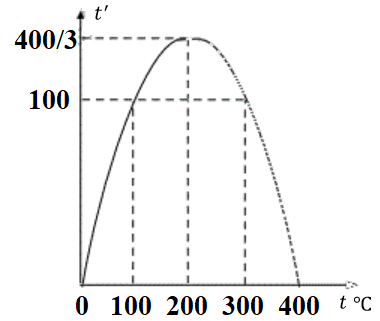
因此,对于氮气，分子量，,又,。当时可算得。

【2】

得出与的关系为

规定冰点的; 规定汽点的

于是与的关系为



曲线如图所示，与之间并非一一对应，且有极限值。

三、证明题（16分）

【1】 ，（1分）  （1分）

 （2分）

而，因此

 （3分）

 （1分）

【2】对于范德瓦尔斯气体，其状态方程为：，内能，对状态方程两边取，得

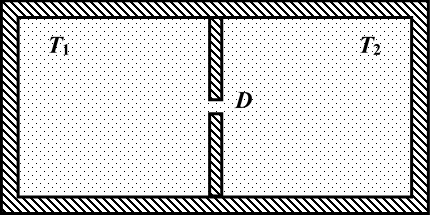
（4分）

 （3分）

当*V*趋向于无穷大时

 （1分）。

四、计算题（50分）

1.（12分）一容器被隔板分隔成相等的两部分，隔板上有一直径为D的小孔，容器两部分中都装有氦气，它们分别通过自己的容器壁使得开始时温度分别被维持在和。如图所示。这两部分氦气的平均自由程分别为、，试问：（1）当同时时，稳恒状态下的为多少？（2）当同时时，稳恒状态下的又为多少？

解：（1）当同时时，分子将以泻流方式从左边穿过小孔进入右边（或反之），

利用气体分子碰壁数公式得，d*t*时间内从左边泻流进入右边的分子数为

1分

同理，d*t*时间内从右边泻流进入左边的分子数为

1分

达到稳恒状态时， 1分

即： 1分

平均自由程公式为：，其中为分子碰撞截面，为常量。

所以，说明平均自由程反比于分子数密度： 2分

又 1分

可以知道： 1分

（2）当同时时，气体分子从左边容器流动到右边容器，达到稳恒状态时，两侧容器内的压强相等，即 1分

由理想气体公式，有 1分

所以，有 2分

2.（12分）已经某种气体等压提膨胀系数和等温压缩系数，其中*a*是常数；是气体摩尔数；*R*为气体常数。试求这种气体的状态方程。

解；由和的定义可知

1分

1分

对(1)式积分得

(3) 2分

对上式在*T*不变时对*p*求偏导

2分

将(2)式代入可得

解得 *B*(*p*) = -*ap*2/2 + *C* 2分

代入(3)式可得

*pV* = *RT* -*ap*2/2 + *C* 1分

考虑到气体无限稀薄时为理想气体，即*p*→0 时， *C*=0。 2分

所以气体状态方程为：

*pV* = *RT* -*ap*2/2 1分

3. (12分)一空气泡自深为的海底浮出海面，海水的温度与深度的关系为。已知在海面上气泡体积为，压强为，海水的密度为，求气泡上浮过程中对外做的功及吸收的热量。

解：设气泡的质量为，视气泡中气体为理想气体，气泡上升为准静态过程，气泡内的压强和温度随深度的变化由下列方程给出

取微分得

1分

1分

气泡在海水中和在海平面上的状态方程分别为

1分

1分

由状态方程求微分得

1分

对上式从*h*=*H*积分到，得到气泡从海底升到海平面对外做的功

2分

气泡的内能增加为

2分

取空气的及，代入得

1分

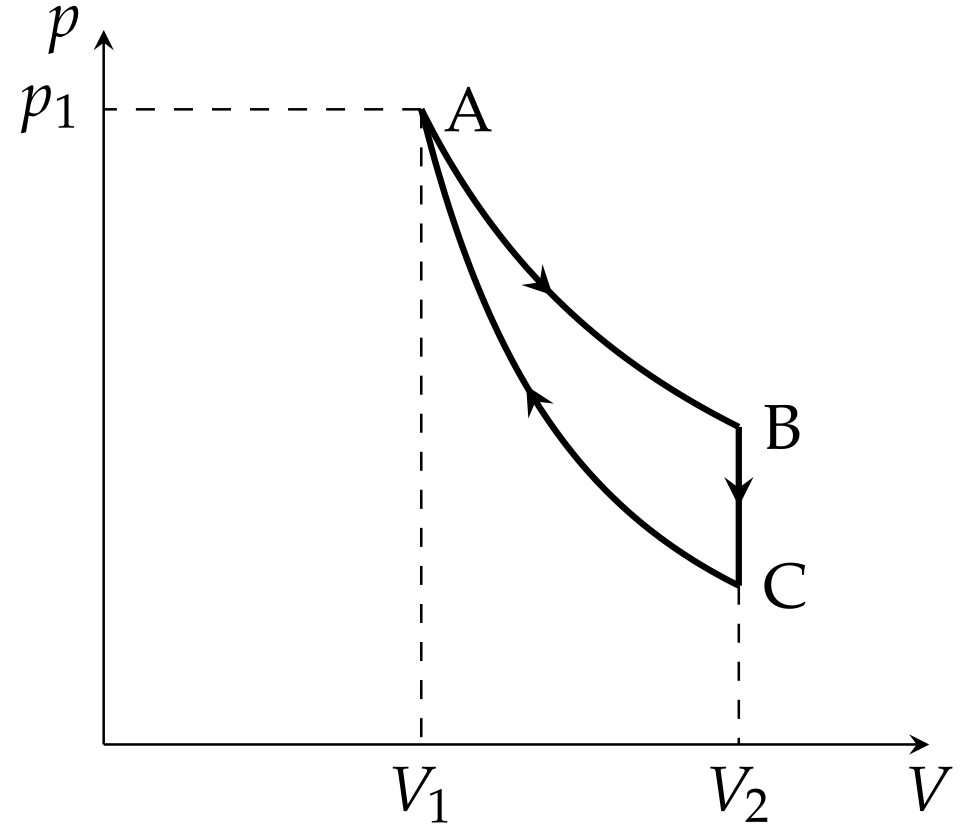
气泡从海底升到海平面吸收的热量

2分

4.（14分）如图所示，1mol室温下的氮气经历准静态循环过程ABCA，其中AB为等温过程（高温热源吸热），BC为等容过程，CA为绝热过程。已知状态A的状态参量为（*p*1, *V*1），状态B的体积*V*2=2*V*1。

（1）试求该循环过程的效率；

（2）考察该循环过程中熵的变化，给出温度与熵的函数关系，由此作温熵图。



解：（1）AB等温过程，其温度用题给条件给出为

 (1) 1分

其中*R*为气体普适常量。

AB过程中吸热等于气体对外作功：

 (2) 1分

CA绝热过程不吸热，满足过程方程

 (3)

其中*γ*为绝热指数。氮气为双原子分子，在室温下其摩尔热容量为*，* 绝热指数。按式(3)，

 (4)

则得

 (5) 2分

BC等容过程，放出的热量：

 (6) 1分

于是该循环过程对外做功

 (7) 1分

该循环过程的效率

 (8) 3分

（2）AB过程，

 (9)

所以

 1分

BC过程，由

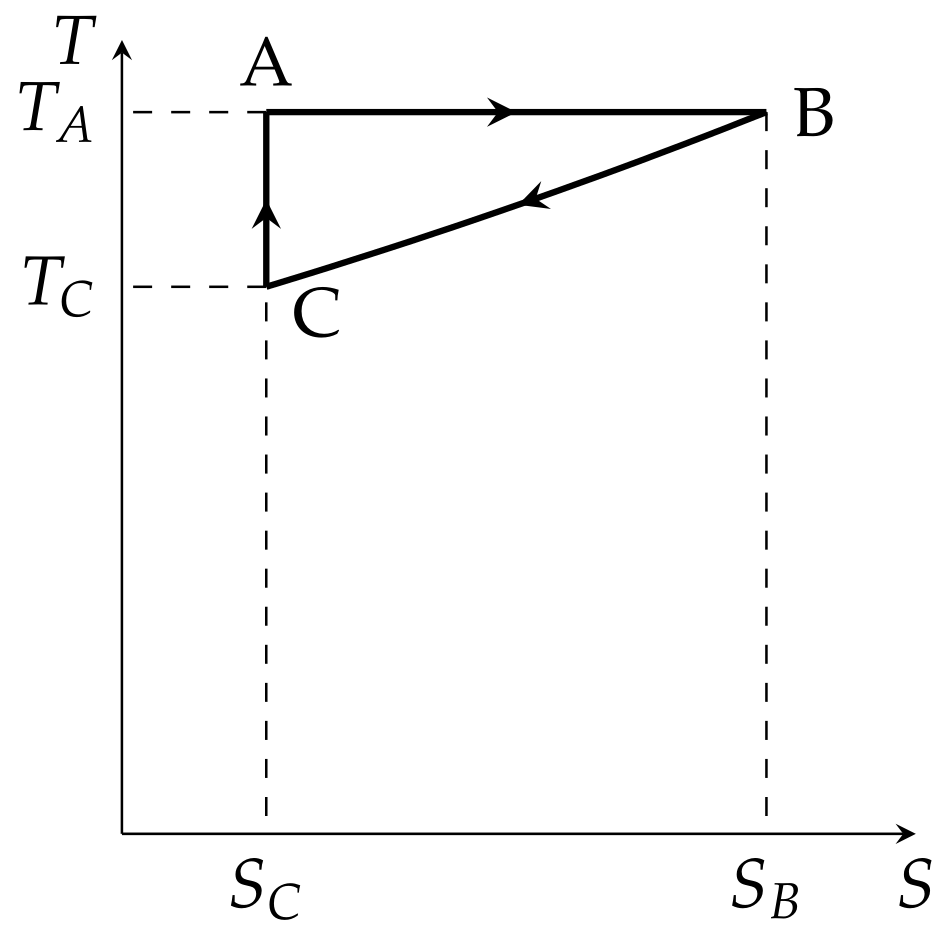
 (10)

于是

 (11) 1分

CA准静态绝热过程，熵不变。 1分

综上，做温熵图如下（注：做出下图即可得分） 2分



其中AB等温过程以及CA绝热过程都是线段，BC等容过程是由式(11)所绘的曲线，但是与线段相当接近。在BC段，按式(8)以及知，式(11)指数肩膀上的量变化范围为大约-0.28到0，于是该指数很接近按级数展开到一阶的结果，从而在BC段*T-S*很接近线性关系。

[说明]在温熵图上，循环过程封闭曲线包围的面积即系统对外所做功，

(12)

与第(1)小题对*p*-*V*图上求循环对外做功的式(7)结果一致，如所画的温熵图所示，其中两项也即第(1)小题中的*Q*1与*Q*2。