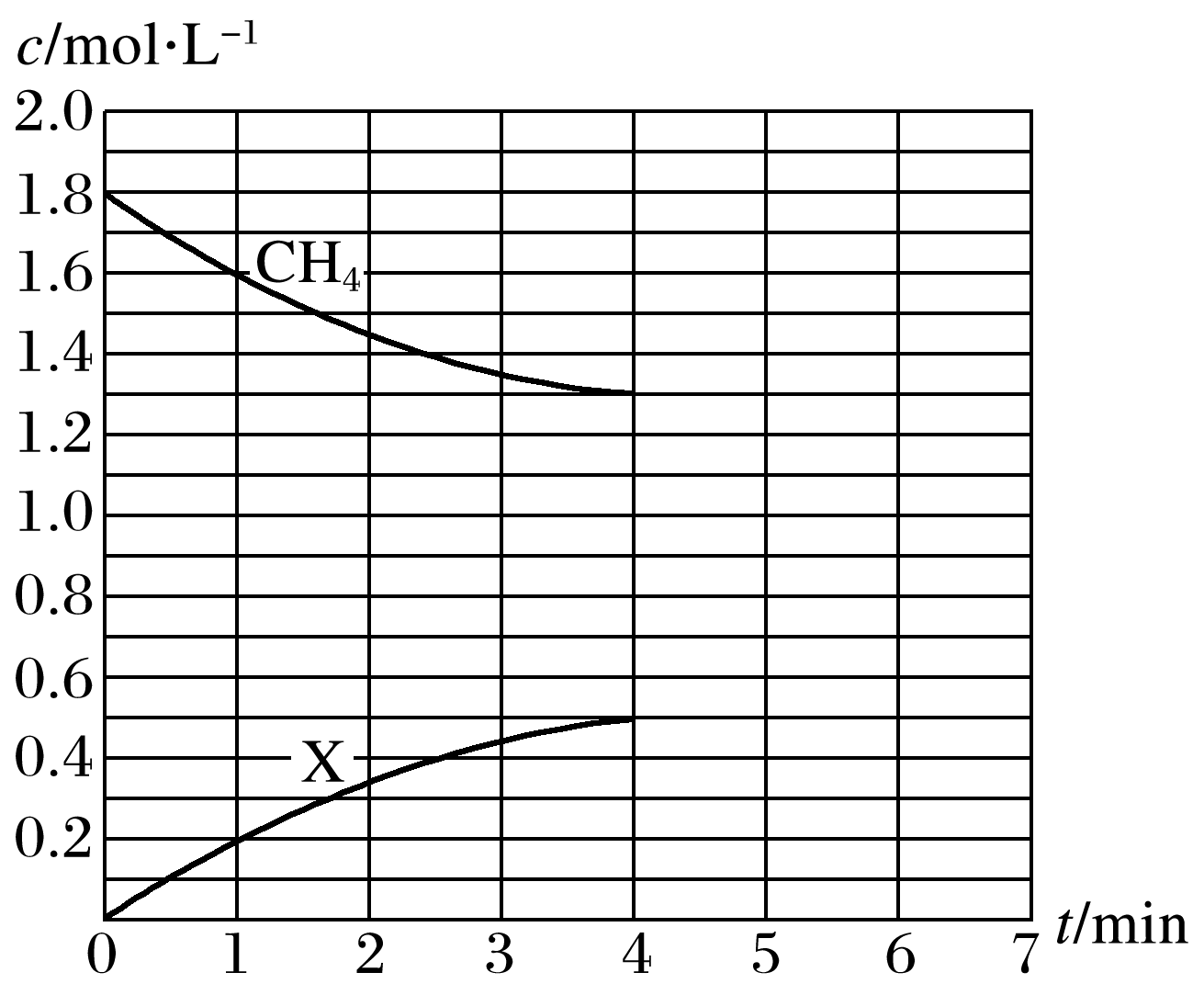
**培优点十四 化学反应速率与化学平衡图象题的破解策略**

**一**．**化学平衡的相关计算**

**1**．**平衡常数的计算**

典例1．某1L恒容密闭容器中，CH4、H2O(g)的起始浓度分别为1.8mol·L－1和3.6mol·L−1，二者反应生成CO2和H2，该反应的部分物质的浓度随时间变化的关系如图所示(部分时间段的浓度变化未标出)，其中第6min开始升高温度。下列有关判断正确的是( )



A. X是H2

B. 增大压强，平衡逆向移动，平衡常数减小

C. 第一次平衡时的平衡常数约为0.91

D. 若5min时向容器中再加入0.7mol的CH4和0.7mol的CO2，则平衡正向移动

【答案】C

【解析】根据图像0～4min CH4减少0.5mol·L－1，X增加0.5mol·L－1，则X为CO2，A项错误；温度不变时，增大压强，平衡常数不变，B项错误；4min时，反应第一次达到平衡状态： CH4(g)＋2H2O(g)www.dearedu.comCO2(g)＋4H2(g)

起始/mol·L－1 1.8　　 3.6　　 　0　　 0

转化/mol·L－1 0.5　　 1.0　　 　0.5　 2.0

平衡/mol·L－1 1.3　　 2.6　　　 0.5　 2.0

平衡常数*K*＝≈0.91，C项正确；若5min时向容器中再加入0.7mol的CH4和0.7mol的CO2，则浓度商*Q*＝≈1.42＞0.91，反应逆向移动，D项错误。

**2**．**转化率的计算**

典例2．某温度下，将2molA和3molB充入一密闭容器中，发生反应：*a*A(g)＋B(g)

www.dearedu.comC(g)＋D(g)，5min后达到平衡。已知该温度下其平衡常数*K*＝1，若温度不变时将容器的体积扩大为原来的10倍，A的转化率不发生变化，则( )

A. *a*＝3 B. *a*＝2

C. B的转化率为40% D. B的转化率为60%

【答案】C

【解析】温度不变，扩大容器体积(相当于减小压强)时，A的转化率不变，说明反应前后气体的体积不变，即*a*＝1，A、B两项均错误；假设达到平衡时，B的转化量为*x*mol，则A、B、C、D平衡时的物质的量分别为(2－*x*)mol、(3－*x*)mol、*x*mol、*x*mol，设容器体积为1L，则平衡常数*K*＝＝1，解得*x*＝1.2，B的转化率为×100%＝40%，所以C项正确、D项错误。

**3**．**平衡时浓度的计算**

典例3．向恒温恒容(2L)的密闭容器中充入2mol SO2和一定量的O2发生反应：2SO2(g)＋O2(g) 2SO3(g)　Δ*H*＝－197.74kJ·mol－1，4min后达到平衡，这时*c*(SO2)＝0.2mol·L−1，且SO2和O2的转化率相等。下列说法中，不正确的是( )

A. 2min时，*c*(SO2)＝0.6mol·L－1

B. 用O2表示4min内的反应速率为0.1mol·L－1·min－1

C. 再向容器中充入1mol SO3，达到新平衡，*n*(SO2)∶*n*(O2)＝2∶1

D. 4min后，若升高温度，平衡向逆反应方向移动，平衡常数*K*减小

【答案】A

【解析】设氧气的初始浓度是*x* mol·L－1，则

2SO2(g)＋O2(g)2SO3(g)

初始浓度(mol·L－1) 1 *x* 0

变化浓度(mol·L－1) 0.8 0.4 0.8

平衡浓度(mol·L－1) 0.2 *x*－0.4 0.8

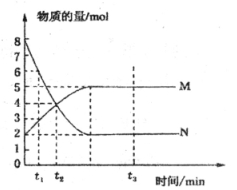
SO2和O2的转化率相等，则0.4/*x*＝0.8，解得*x*＝0.5。

A项，0～4 min内，二氧化硫的反应速率＝0.8mol·L－1÷4 min＝0.2mol·L－1·min－1，前2 min反应速率大于0.2mol·L－1·min－1，所以2 min时，*c*(SO2)＜0.6mol·L－1，错误；B项，用O2表示4 min内的反应速率为0.4mol·L－1÷4 min＝0.1mol·L－1·min－1，正确；C项，再向容

器中充入1mol SO3，生成二氧化硫和氧气的物质的量之比不变，达到新平衡，二者的物质的量之比不变，即*n*(SO2)∶*n*(O2)＝2∶1，正确；D项，正反应是放热反应，4 min后，若升高温度，平衡向逆反应方向移动，*K*会减小，正确。

**4**．**气体的平均分子量的计算**

典例4．在一定温度下，将两种气体M和N通入容积为VL的密闭容器中进行反应，M和N的物质的量与时间的关系如图所示，下列说法正确的是( )



A．0～t2内用M表示的平均反应速率是2/t2（mol·(L·min) -1）

B．t1～t2内容器内的压强逐渐减小

C．该反应的方程式为Nwww.dearedu.com2M

D．t2与t3时刻的混合气体的平均相对分子质量相等

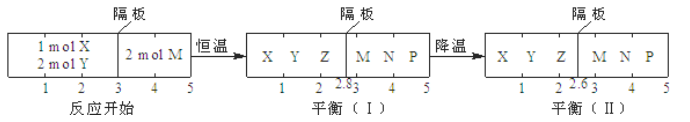
【答案】B

【解析】图像看出反应从开始到平衡，N的物质的量减小，应为反应物，M的物质的量增多，应为是生成物，结合反应的方程式可计算相关物质的反应速率以及物质的量浓度关系。N的物质的量减小，应为反应物，平衡时物质的量变化值为8mol-2mol=6mol，M的物质的量增多，应为生成物，平衡时物质的量的变化值为5mol-2mol=3mol，则有n(N)∶n(M)=6mol：3mol=2∶1，可知反应的化学方程式为2Nwww.dearedu.comM。则A．0～t2内M的物质的量增加了4mol－2mol＝2mol，则用M表示的平均反应速率是2mol/(VL·t2min)=2/Vt2 mol·(L·min) -1，A错误；B．t1～t2内容器发生反应2Nwww.dearedu.comM，N转化为M，物质的量减少，所以容器内的压强逐渐减小，B正确；C．根据以上分析可知反应的化学方程式为2Nwww.dearedu.comM，C错误；D．t2与t3时刻的混合气体的总物质的量不同，分别为8mol和7mol，则平均相对分子质量不等，D错误；答案选B。

**5**．**体系压强的计算**

典例5．可逆反应①X(g)+2Y(g)www.dearedu.com2Z(g)、②2M(g)www.dearedu.comNg)+P(g)分别在密闭容器的

两个反应室中进行，反应室之间有无摩擦、可滑动的密封隔板。反应开始和达到平衡状态时有关物理量的变化如图所示，下列判断不正确的是（ ）



A．反应①的正反应是放热反应

B．达平衡(I)时体系的压强与反应开始时体系的压强之比为10∶11

C．达平衡(I)时，X的转化率为20％

D．在平衡(I)和平衡(II)中，M的体积分数不相等

【答案】C

【解析】A. 降温由平衡（Ⅰ）向平衡（Ⅱ）移动，同时X、Y、Z的总物质的量减少，说明平衡向右移动，正反应放热，逆反应为吸热反应，故A正确；B. 平衡时，右边物质的量不变，由图可以看出达平衡（Ⅰ）时体系的压强与反应开始时体系的压强之比为：，故B正确；C. 达平衡（Ⅰ）时，右边气体的物质的量不变，仍为2mol，左右气体压强相等，设平衡时左边气体的物质的量为xmol，则有：，x=mol，即物质的量减少了(3-)mol=mol，所以达平衡（Ⅰ）时，X的转化率为，故C错误；D. 由平衡（Ⅰ）到平衡（Ⅱ），化学反应②发生平衡的移动，则M的体积分数不相等，故D正确；答案选C。

**二**．**对点增分集训**

1．在20℃、5.05×105Pa条件下，某密闭容器中进行反应2A(g)＋*x*B(g)www.dearedu.com4C(g)，达平衡时*c*(A)＝1.00mol·L−1，现将压强减小到1.01×105 Pa，建立平衡后，*c*(A)＝0.18mol·L−1，则下列说法正确的是（ ）

A．系数*x*>2

B．若增大该体系的压强，平衡向左移动，化学平衡常数变小

C．若增大该体系的压强，平衡向右移动，化学平衡常数不变

D．该反应的化学平衡常数表达式是*K*＝

【答案】D

【解析】在5.05×105 Pa条件下达平衡时*c*(A)＝1.00mol·L−1，现将压强减小到1.01×105 Pa，压强为原来的，若平衡不发生移动，则建立平衡后，A的浓度也应该为原来的，即*c*(A)＝0.20mol·L−1，但是*c*(A)＝0.18mol·L−1，说明减小压强，平衡正向移动。根据平衡移动原理，减小压强，平衡向气体体积增大的方向移动，所以2＋*x*<4，所以*x*＝1，A错误；若增大该体系的压强，平衡向气体体积减小的方向，即向左移动，但是化学平衡常数只与温度有关，温度不变，化学平衡常数也不变，B、C错误；化学平衡常数是可逆反应达到平衡状态时各生成物浓度幂指数的乘积与各反应物浓度幂指数乘积的比，对该反应来说，其化学平衡常数表达式是*K*＝，D正确。

2．在25℃时，密闭容器中X、Y、Z三种气体的初始浓度和平衡浓度如下表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物质 | X | Y | Z |
| 初始浓度/ mol·L－1 | 0.1 | 0.2 | 0 |
| 平衡浓度/ mol·L－1 | 0.05 | 0.05 | 0.1 |

下列说法错误的是（ ）

A．反应达到平衡时，X的转化率为50%

B．增大压强，使平衡向生成Z的方向移动，平衡常数增大

C．反应可表示为X＋3Y⮀2Z，其平衡常数为1600

D．改变温度可以改变此反应的平衡常数

【答案】B

【解析】A. 反应达到平衡时，X的转化率为：（0.1mol/L−0.05mol/L）/0.1mol/L×100%=50%，故A正确；B. 增大压强平衡向生成Z的方向移动，但平衡常数不变，故B错误；C. K=c2(Z)/[c(X)⋅c3(Y)]=(0.1mol/L)2/[(0.05mol/L)×(0.05mol/L)3]=1600(mol/L)−2，故C正确；D.平衡常数只受温度的影响，温度改变时，化学平衡常数一定变化，故D正确。

3．一定温度下，体积为2 L的密闭容器中X、Y、Z三种气体的初始物质的量和平衡物质的量如下表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物质 | X | Y | Z |
| 初始物质的量/mol | 0.2 | 0.2 | 0 |
| 平衡物质的量/mol | 0.1 | 0.05 | 0.1 |

下列说法正确的是（ ）

A. 反应可表示为，其平衡常数为8000

B. 增大压强使平衡向生成Z的方向移动，则平衡常数增大

C. 若将容器的体积压缩至1 L，则X的体积分数减小，浓度增大

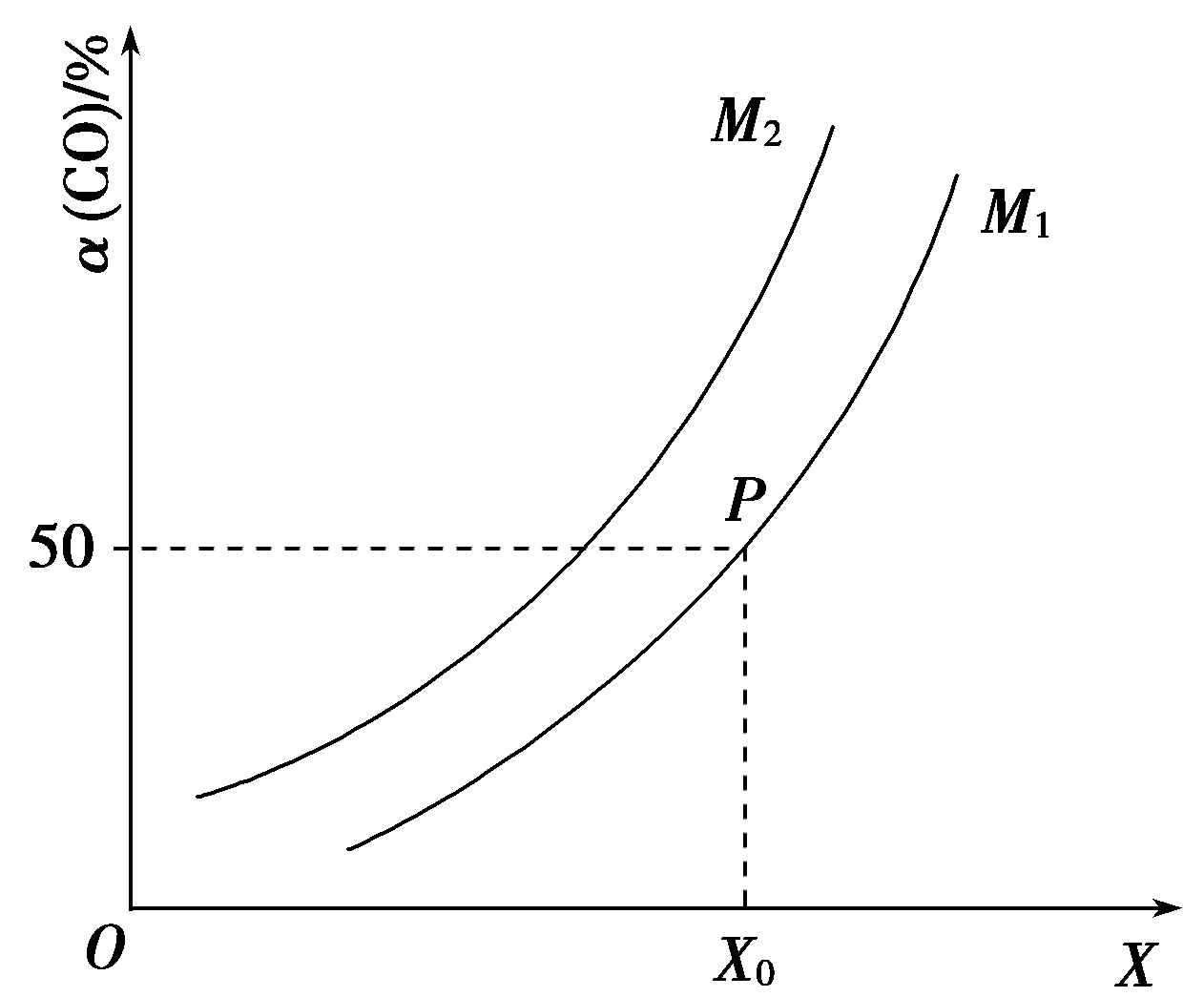
D. 若升高温度，Z的浓度增大，则温度升高时正增大，逆减小

【答案】C

【解析】A. 根据分析可知，该温度下，平衡常数，A项错误；B. 平衡常数只受温度影响，改变压强，平衡常数不变，B项错误；C. 压缩体积，平衡右移，X的体积分数减小，浓度增大，C项正确；D. 升高温度，正、逆反应速率均增大，D项错误。

4．在2 L恒容密闭容器中充入1mol CO、2mol H2，在一定条件下发生如下反应：2H2(g)+

CO(g)www.dearedu.comCH3OH(g) Δ*H*=﹣90.1kJ·mol−1；CO的平衡转化率与温度、压强之间的关系如图所示。下列推断正确的是（ ）



A. 工业上，利用上述反应合成甲醇，温度越高越好

B. 图象中*X*代表温度，

C. 图象中*P*点代表的平衡常数*K*为

D. 温度和容积不变，再充入1mol CO、2mol H2，达到平衡时CO的转化率减小

【答案】C

【解析】A. 该反应的正反应是放热反应，温度升高，平衡向左移动，甲醇的产率降低，应根据催化剂来选择合适的温度，A项错误；B. 该反应的正反应是放热反应，又是气体分子数减小的反应，从图象看出，随着*X*增大，CO的转化率增大，所以*X*代表压强，*M*代表温度，温度越高，CO的平衡转化率越低，所以，B项错误；C. *P*点时CO的转化率为50%，用“三段式”法进行计算：

2H2(g)+CO(g)www.dearedu.comCH3OH(g)

起始浓度/（） 1 0.5 0

变化浓度/（） 0.5 0.25 0.25

平衡浓度/（） 0.5 0.25 0.25

（单位可省），C项正确；D. 温度不变，平衡常数不变，容积不变，再充入1mol CO、2mol H2，相当于增大压强，平衡向右移动，H2、CO的转化率都增大，D项错误。

5．某温度下，在一个1L的密闭容器中，加入2molA和1molB进行如下反应：2A(g)+2B(g)3C(?)+D(?)。反应一段时间后达到平衡，测得生成0.6molC，且反应前后压强之比为15∶11(相同温度下测量)，则下列说法正确的是（ ）

A．该反应的化学平衡常数K约为0.043

B．增加C的物质的量，B的平衡转化率不变

C．增大该体系的压强，平衡正向移动，化学平衡常数增大

D．A的平衡转化率是40%

【答案】B

【解析】 2A(g)+2B(g)⇌3C(？)+D(？)

反应前(mol) 2       1        0      0

反应了(mol) 0.4    0.4      0.6    0.2

平衡后(mol) 1.6    0.6       0.6    0.2

据气体物质的量之比等于压强之比可得反应后气体物质的量为：×(2+1)=2.2mol，所以CD都不是气体。A. 该反应的化学平衡常数K==1.04，故A错误；B、C不是气体，增大C的量，对平衡没有影响，B的平衡转化率不变，故B正确；C. 平衡常数只受温

度影响，故C错误；D. A的转化率为：×100%=20%，故D错误；故选B。

6．平衡体系mA(g)+nB(g)www.dearedu.compC(g)+qD(g) Δ*H* =bkJ·mol-1，下列结论中错误的是（ ）

A．若温度不变，将容器的体积缩小到原来的一半，达到新平衡时A的浓度为原来的2.2倍，则m+n＜p+q

B．若平衡时，A、B的转化率相等，说明反应开始时，A、B的物质的量之比为m∶n

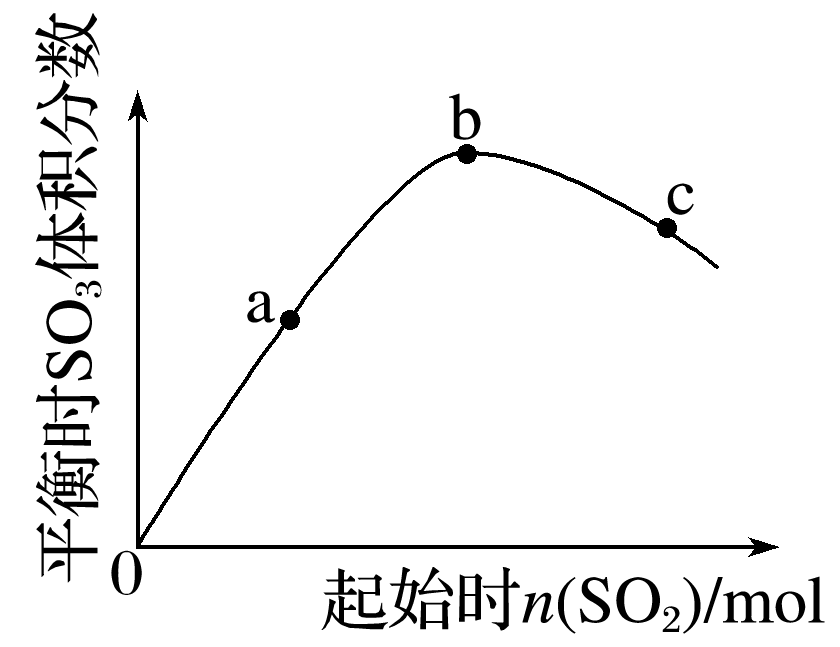
C．保持其它条件不变，升高温度，D的体积分数增大说明该反应的Δ*H*＜0。

D．若m+n=p+q，则向含有a mol气体的平衡体系中再加入a mol的B，达到新平衡时，气体的总物质的量等于2a mol

【答案】C

【解析】A. 温度不变，将容器的体积缩小到原来的一半，A的浓度变为原来的2倍，平衡移动，若到新平衡A的浓度为原来的2.2倍，说明该反应逆向移动，则m+n＜p+q，故正确；B. 若平衡时，A、B的转化率相等，说明反应开始时，A、B的物质的量之比满足化学计量数比，为m∶n，故正确；C.保持其它条件不变，升高温度，D的体积分数增大，说明反应正向移动，则该反应的正反应为吸热反应，即说明该反应的Δ*H*>0，故错误；D. 若m+n=p+q，则向含有a mol气体的平衡体系中再加入a mol的B，达到新平衡时总物质的量不变，仍为2a mol，故正确。故选C。

7．在一定温度下，发生如下反应：2SO2(g)＋O2(g)www.dearedu.com2SO3(g)　Δ*H*<0。改变起始时*n*(SO2)对反应的影响如图所示。下列说法正确的是(　　)



A. SO2的起始量越大，混合气体中SO2的体积分数越大

B. a、b、c三点中，a点时SO2的转化率最高

C. a、b、c三点的平衡常数：*K*b>*K*c>*K*a

D. b、c点均为化学平衡点，a点未达平衡且反应正向进行

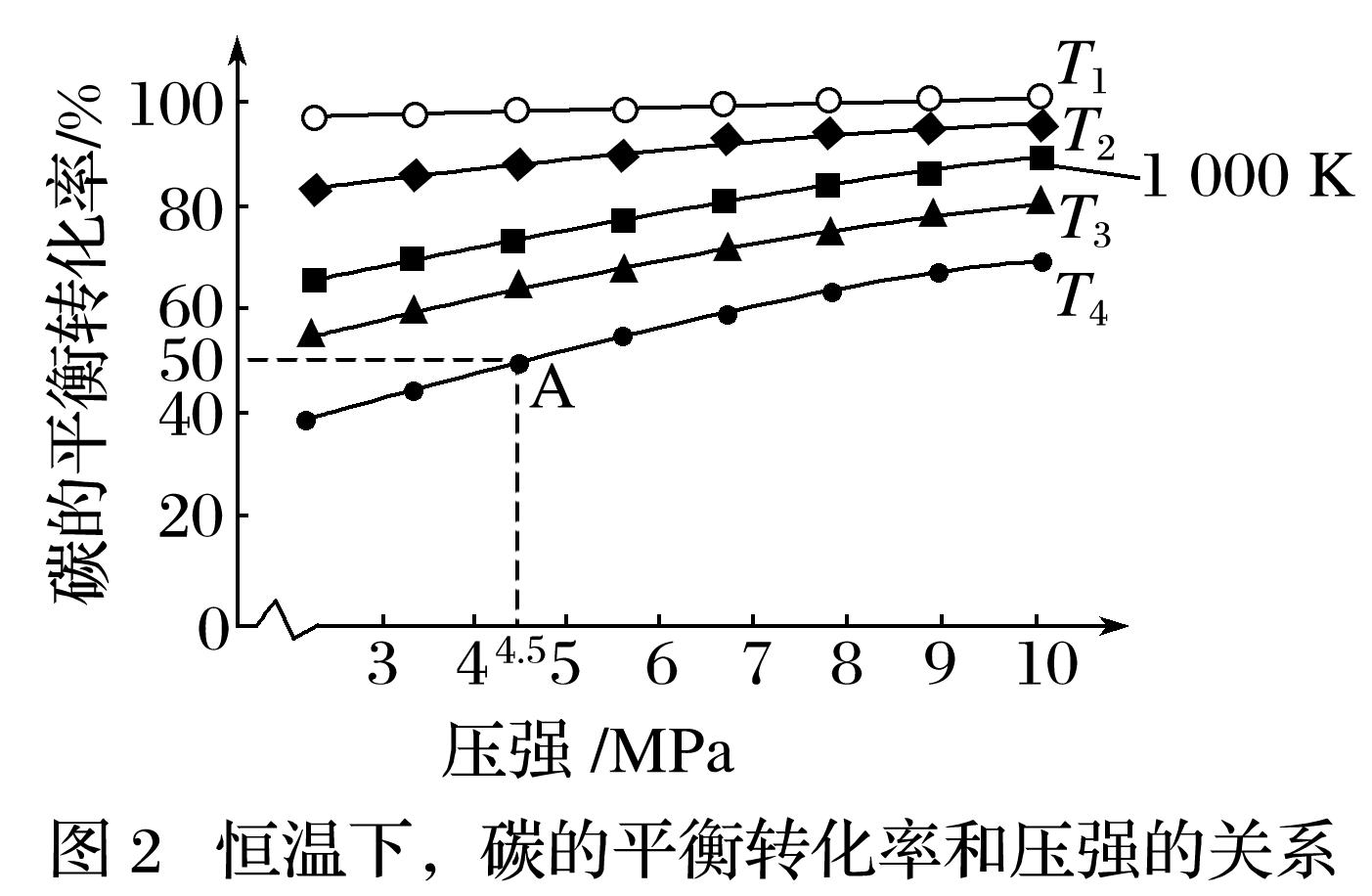
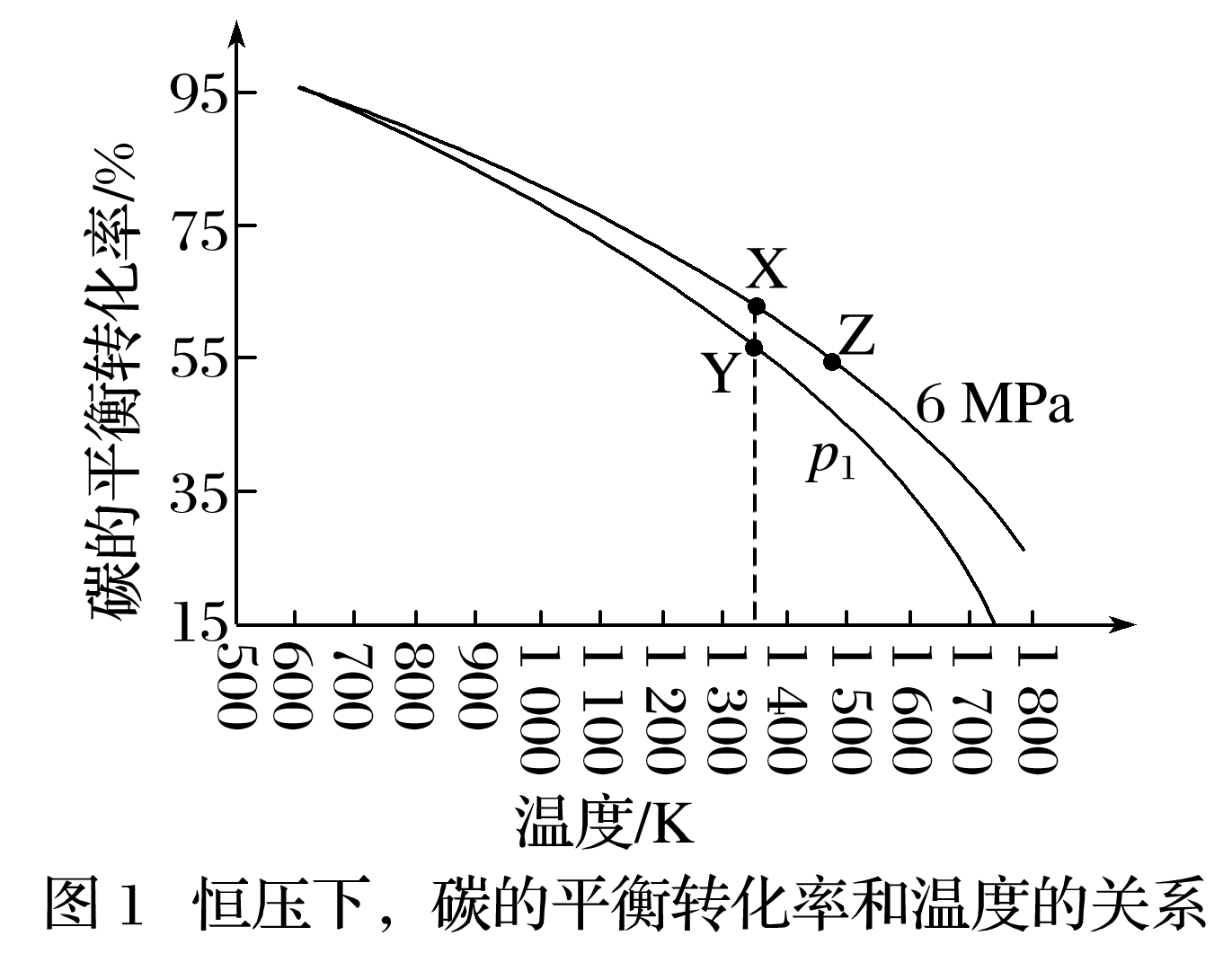
【答案】B

【解析】A项，根据图像可知SO2的起始量越大，混合气体中SO2的体积分数不一定越

大，错误；B项，二氧化硫越少，氧气越多，则二氧化硫的转化率越大，a点转化率最大，正确；C项，平衡常数只与温度有关系，a、b、c三点的平衡常数均相等，错误。

8．煤炭属于不可再生资源，高效、清洁地利用煤炭资源至关重要。请回答下列问题：

(1)煤的气化。原理是C(s)＋2H2(g)www.dearedu.comCH4(g)　Δ*H*。在1L密闭容器中投入1mol碳，并充入2mol H2，测得相关数据如图所示：



①有关图1、图2的说法正确的有\_\_\_\_\_\_\_\_(填字母)。

A. 氢气的反应速率*v*(Z)>*v*(X) >*v*(Y)

B. *T*1<1000K

C. 平衡常数*K*(X)＝*K*(Y)>*K*(Z)

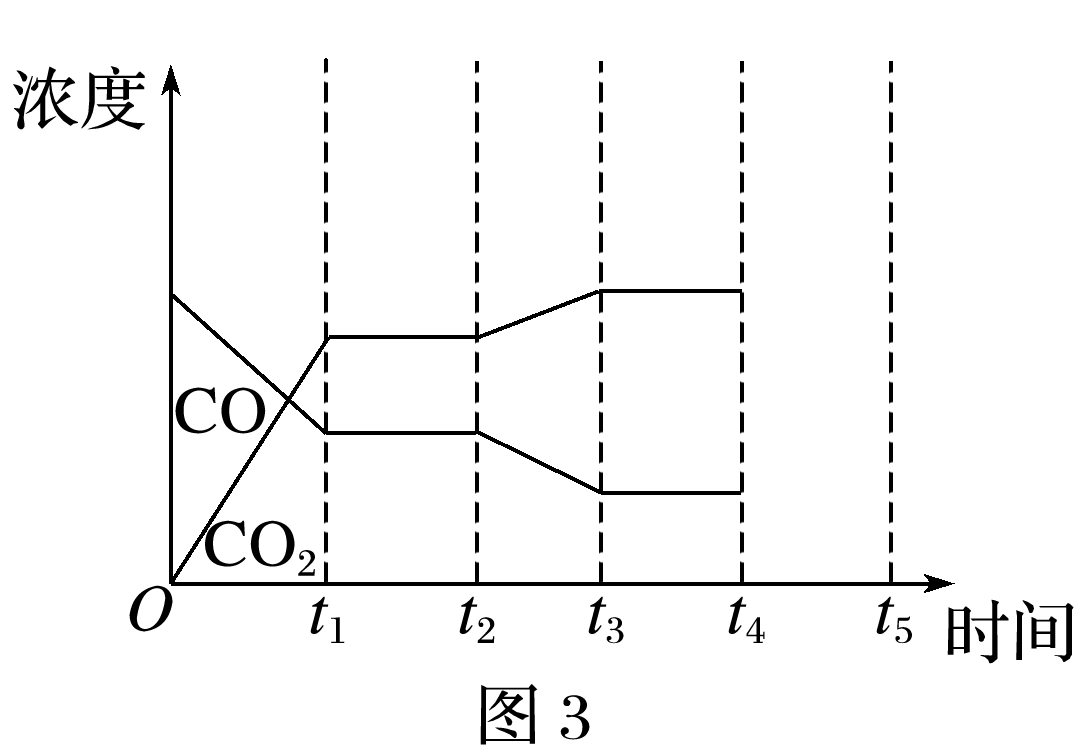
D. 工业生产中，当温度为*T*2时，压强越高，经济效益越好

②图2中A点对应的平衡常数*K*p＝\_\_\_\_\_\_\_\_(用平衡分压代替平衡浓度计算，分压＝总压×物质的量分数)。

(2)煤生产水煤气和半水煤气。

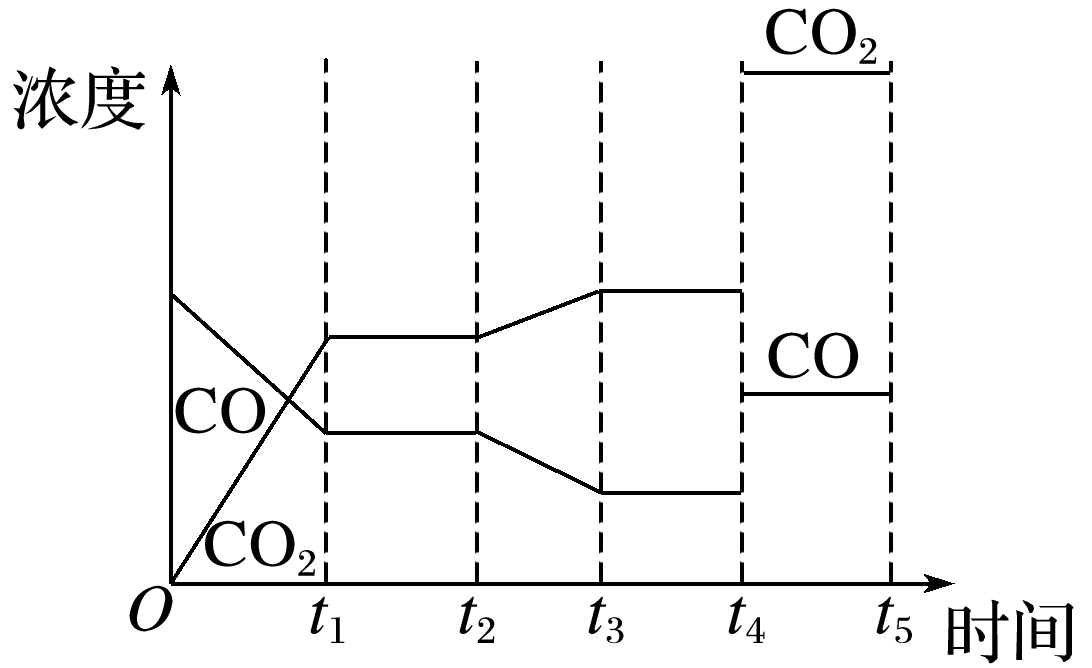
①工业上用煤生产作为合成氨原料气的水煤气，要求气体中(CO＋H2)与N2的体积之比为3.1～3.2，发生的反应有C(s)＋H2O(g)www.dearedu.comCO(g)＋H2(g)，C(s)＋1/2O2(g)www.dearedu.comCO(g)。从能量角度考虑，通入空气的目的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

②如图3是反应CO(g) ＋H2O(g)www.dearedu.comH2(g)＋CO2(g)　Δ*H*<0中CO和CO2的浓度随时间发生变化的曲线，则*t*2时刻改变的条件可能是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(写出1种即可)。若*t*4时刻通过改变容积的方法将压强增大为原来的2倍，在图中*t*4～*t*5区间内画出CO、CO2浓度变化曲线，并标明物质(假设各物质状态均保持不变)。



【答案】(1)①ABC　②1/6

(2)①前者是吸热反应，通入空气后发生的是放热反应，可维持体系的热平衡

②降低温度(或增大水蒸气的量，减少氢气的量) 　

【解析】(1)①根据C(s)＋2H2(g)www.dearedu.comCH4(g)，增大压强，平衡正向移动，因此压强越大，碳的转化率越高，因此*p*1＜6MPa，根据图1，升高温度，碳的转化率减小，说明平衡逆向移动，因此Δ*H*＜0。A项，温度越高，压强越大，反应速率越快，氢气的反应速率*v*(Z)>*v*(X)>*v*(Y)，正确；B项，根据图2，*T*1时碳的转化率大于1 000 K时碳的转化率，根据Δ*H*＜0，温度越高，碳的转化率越低，因此*T*1＜1000 K，正确；C项，温度不变，平衡常数不变，平衡常数*K*(X)＝*K*(Y)，升高温度，平衡逆向移动，平衡常数减小，因此平衡常数*K*(X)＝*K*(Y)>*K*(Z)，正确；D项，压强越高，对设备的要求越高，会大大的增加成本，经济效益反而减小，错误。

②图2中A点对应的碳的转化率为50%，压强为4.5MPa。

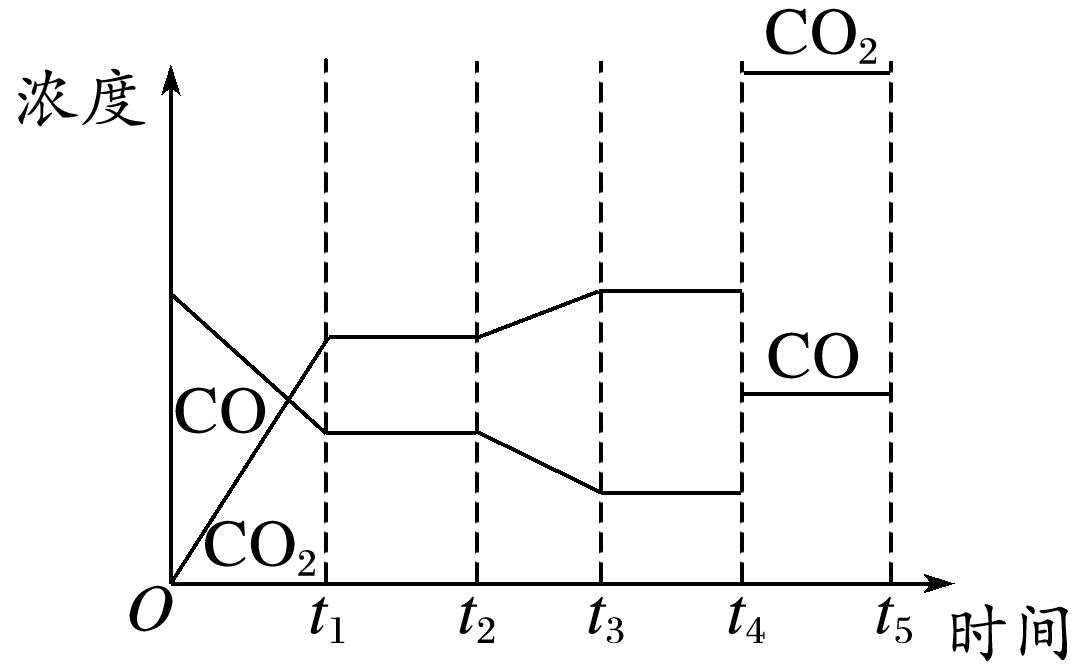
　　　　　C(s)＋2H2(g)www.dearedu.comCH4(g)

起始(mol) 1 2 0

反应(mol) 0.5 1 0.5

平衡(mol) 0.5 1 0.5

平衡常数*K*p＝＝。(2)①C(s)＋H2O(g)www.dearedu.comCO(g)＋H2(g)是吸热反应，通入空气后发生C(s)＋1/2O2(g)www.dearedu.comCO(g)，该反应为放热反应，可维持体系的热平衡，因此工业上用煤生产作为合成氨原料气的水煤气。②在*t*2时刻CO的浓度减小、CO2浓度增大，平衡向正反应方向移动，且CO和CO2浓度变化有接触点，所以可以通过降低温度、增大水蒸气的量或减少氢气的量实现；*t*4时刻通过改变容积的方法将压强增大为原先的两倍，则体积变为原来的一半，故浓度分别增大为原来的2倍，又反应前后气体系数相等，平衡不移动，所以图

像仅仅是浓度分别变为原来的2倍并且保持不变，如图为。

9．工业合成氨反应为Nz(g)+3H2(g)2NH3(g)，对其研究如下：在773K时，分别将2mol N2和6mol H2充入一个固定容积为1L 的密闭容器中，随着反应的进行，气体混合物中n(H2)、n(NH3)与反应时间t的关系如下表;

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*/min | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| *n*（H2）/mol | 6.00 | 4.50 | 3.60 | 3.30 | 3.03 | 3.00 | 3.00 |
| *n*（NH3）/mol | 0 | 1.00 | 1.60 | 1.80 | 1.98 | 2.00 | 2.00 |

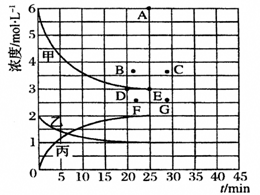
(1)前10min中利用N2表示的反应速率为\_\_\_\_\_\_\_\_

(2)该温度下，此反应的平衡常数K=\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(3)该温度下，若向同容积的另一容器中投入的N2、H2、NH3的浓度分别为3mol·L-1、3mol·L−1、3mol·L-1，则此时v正\_\_\_\_\_\_\_v逆(填“>”、“<”或“=”)。

(4)该温度下，在上述平衡体系中再通入2mol NH3，一段时间后，达到新的平衡。此时c(H2)\_\_\_\_ 4.5mo1/L(填“>”、“<”或“=”)。

(5)由上表中的实验数据计算得到“浓度-时间”的关系可用右图中的曲线表示，表示c(N2)-t的曲线是\_\_\_\_\_\_。在此温度下，若起始充入4mol Nz和12mol Hz，则反应刚达到平衡时，表示c(H2)-t的曲线上相应的点为\_\_\_\_\_\_\_。



【答案】（1）V(N2)=0.08mol·L-1·min-1

（2）K=4/27(mol/L)-2

（3）>

（4）<

（5）乙 B

【解析】(1)前10min中生成氨气是1.6mol，消耗氮气是0.8mol，浓度是0.8mol/L，则用N2表示的反应速率为0.8mol/L÷10min＝0.08mol·L-1·min-1；(2)平衡时生成氨气是2mol，消耗氮气是1mol，剩余氮气是1mol，因此该温度下，此反应的平衡常数K=；(3)该温度下，若向同容积的另一容器中投入的N2、H2、NH3的浓度分别为3 mol·L-1、3 mol·L−1、3 mol·L-1，则此时浓度熵是＜4/9，平衡向正反应方向进行，则v正>v逆。(4)如果平衡时氢气是4.5mo1/L，则又消耗氨气是1mol/L，氨气浓度是3mol/L，氮气的浓度是2.5mol/L，此时＜4/9，所以平衡时氢气的浓度必须小于4.5mo1/L；(5)由反应方程式可知变化量之比等于对应物质的化学计量数之比，而△n甲∶△n乙∶△n丙=3∶1∶2，所以表示c(N2)～t的曲线是乙；在此温度下，若起始充入4mol N2和12mol H2，相当于在原来基础上增加压强，平衡正向移动，所以比原平衡的两倍小，而且达平衡的时间缩短，则应是点B。