**培优点十三 化学反应速率与化学平衡图象题的破解策略**

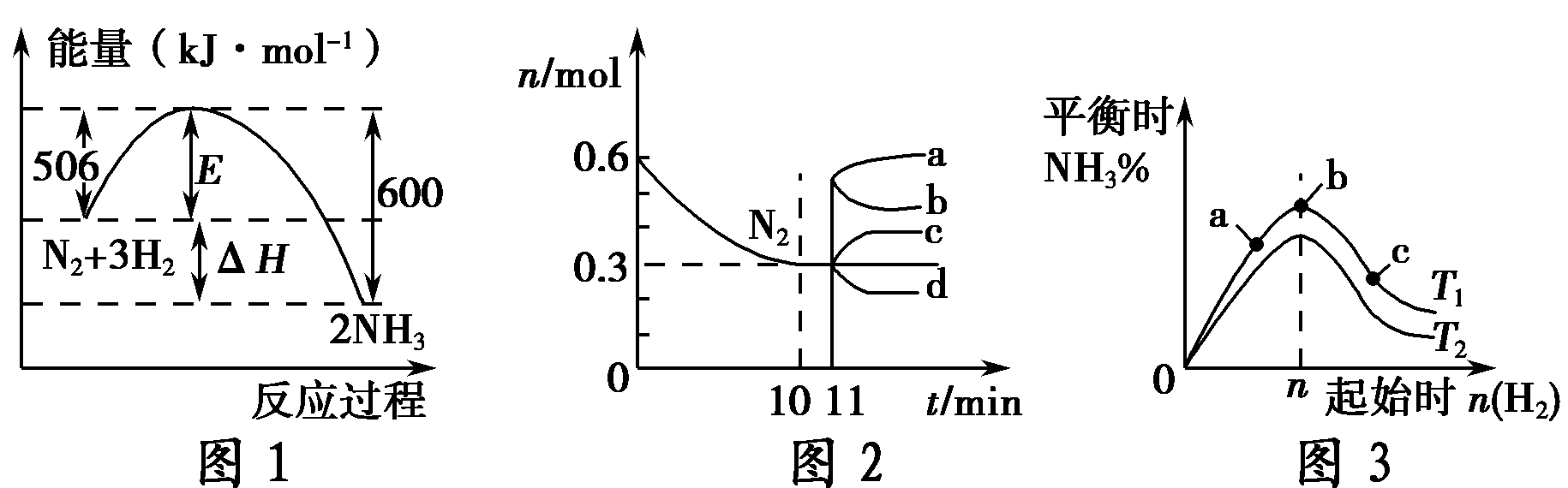
**书写**

**法**

**一**．**化学反应速率和化学平衡图像**

**1**．**速率—温度（或压强）图像**

典例1．合成氨反应为：N2(g)＋3H2(g)www.dearedu.com2NH3(g)。图1表示在一定的温度下此反应过程中的能量的变化。图2表示在2 L的密闭容器中反应时N2的物质的量随时间的变化曲线。图3表示在其他条件不变的情况下，改变起始物氢气的物质的量对此反应平衡的影响。



下列说法正确的是( )

A．该反应为自发反应，由图1可得加入适当的催化剂，*E*和Δ*H*都减小

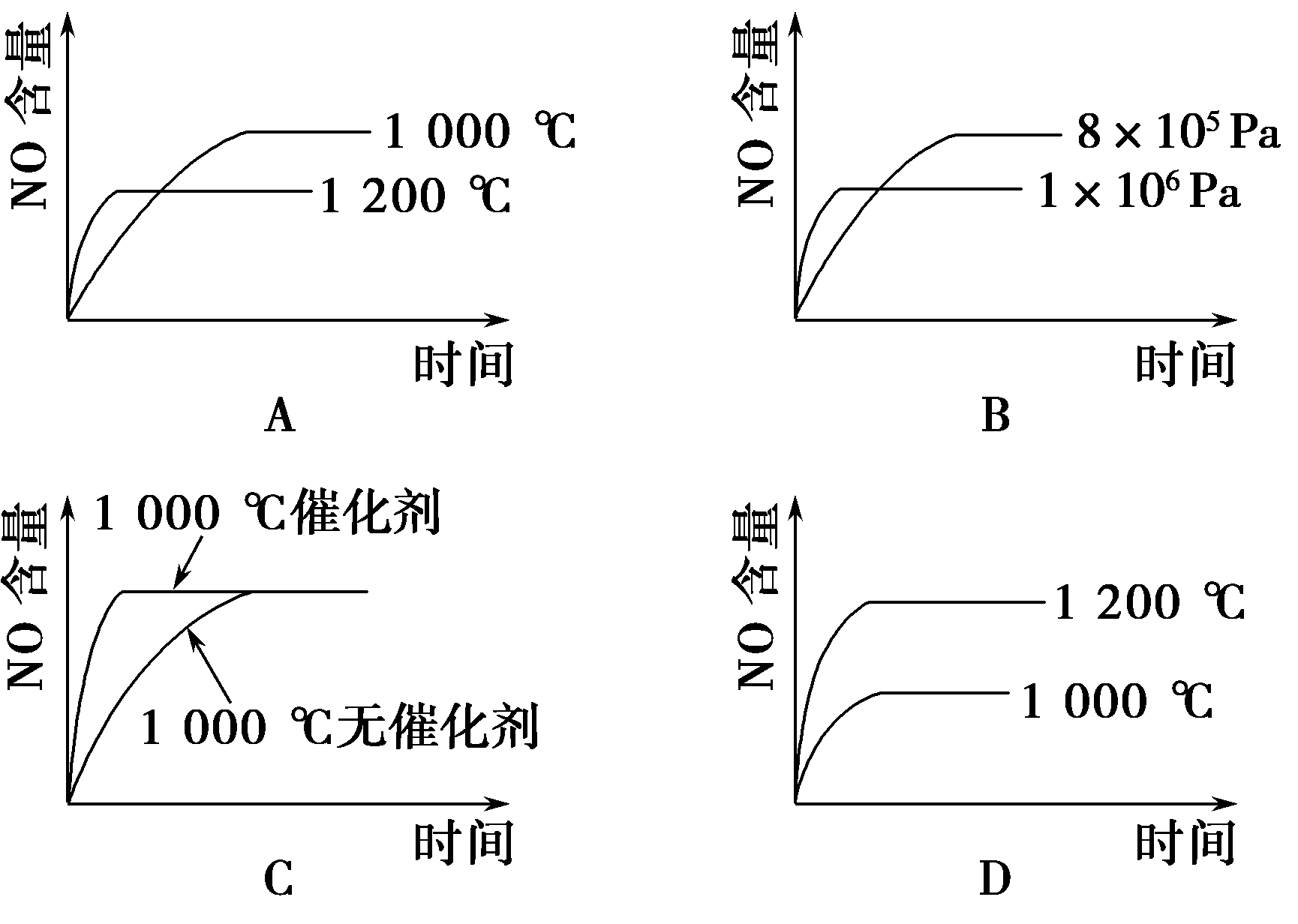
B．图2中0～10 min内该反应的平均速率*v*(H2)＝0.045 mol·L－1·min－1，从11 min起其他条件不变，压缩容器的体积为1 L，则*n*(N2)的变化曲线为d

C．图3中a、b、c三点所处的平衡状态中，反应物N2的转化率最高的是b点

D．图3中*T*1和*T*2表示温度，对应温度下的平衡常数为*K*1、*K*2，则：*T*1>*T*2，*K*1>*K*2

**2**．**含量—时间—温度（压强）图像**

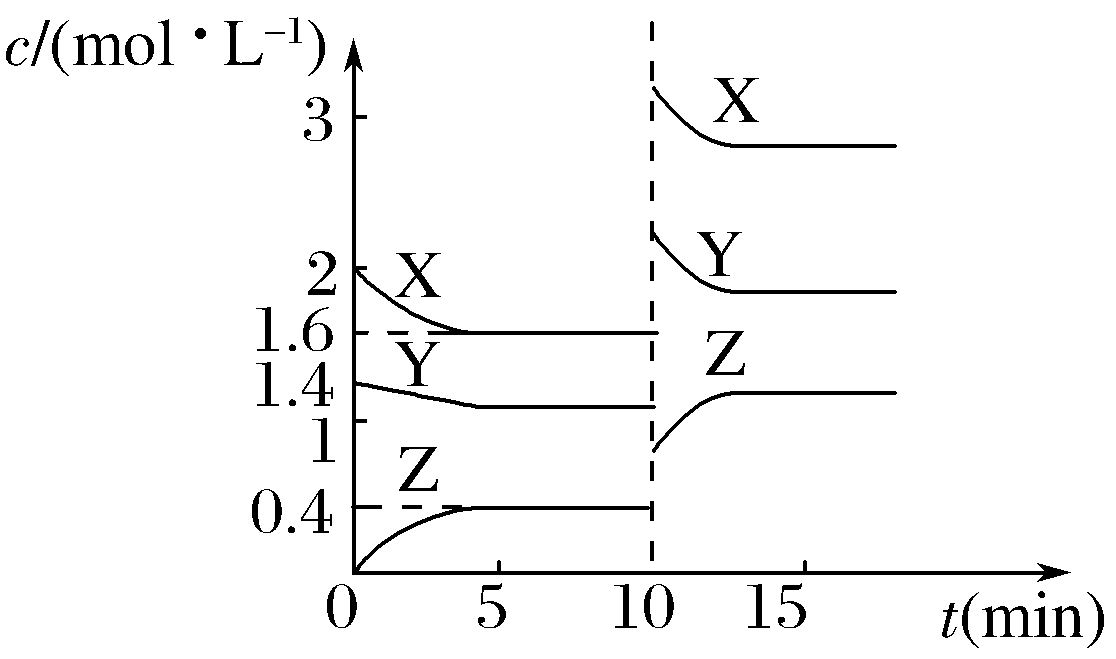
典例2．已知可逆反应：4NH3(g)＋5O2(g)www.dearedu.com4NO(g)＋6H2O(g)　Δ*H*＝－1025kJ·mol−1。若反应物起始物质的量相同，下列关于该反应的示意图不正确的是(　　)



**3**．**物质的量（或浓度）—时间图像**

典例3．已知反应X(g)＋Y(g)www.dearedu.com*n*Z(g)　Δ*H*＞0，将X和Y以一定比例混合通入密闭

容器中进行反应，各物质的浓度随时间的变化如图所示。下列说法不正确的是(　　)



A．反应方程式中*n*＝1

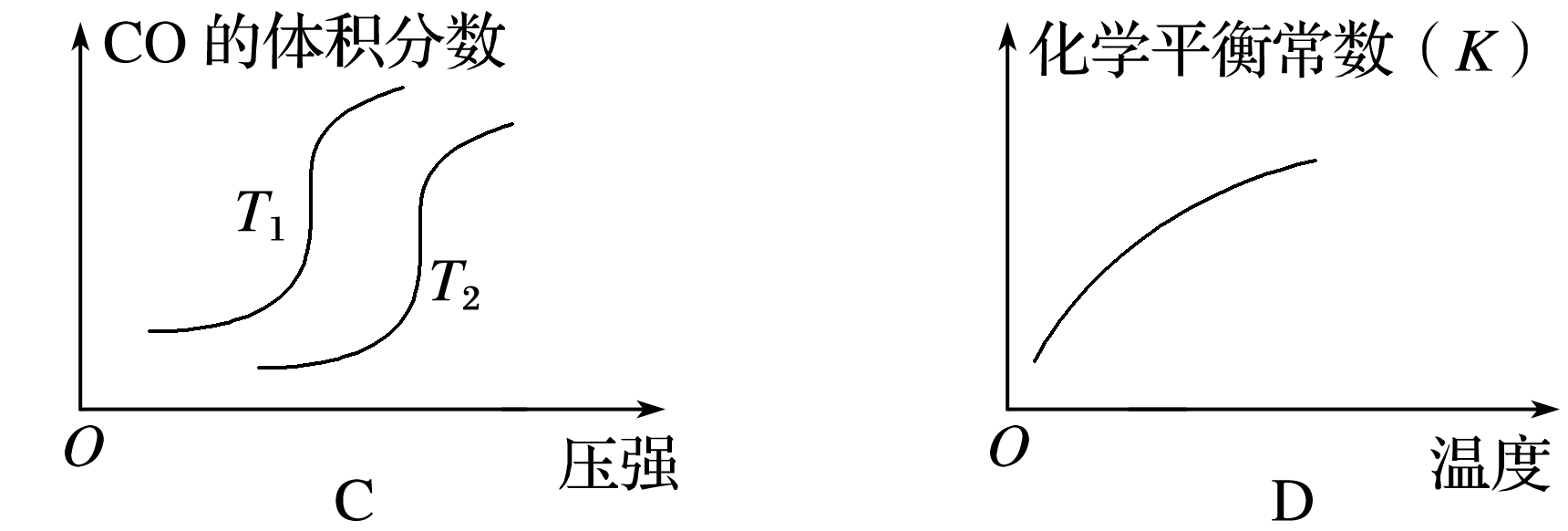
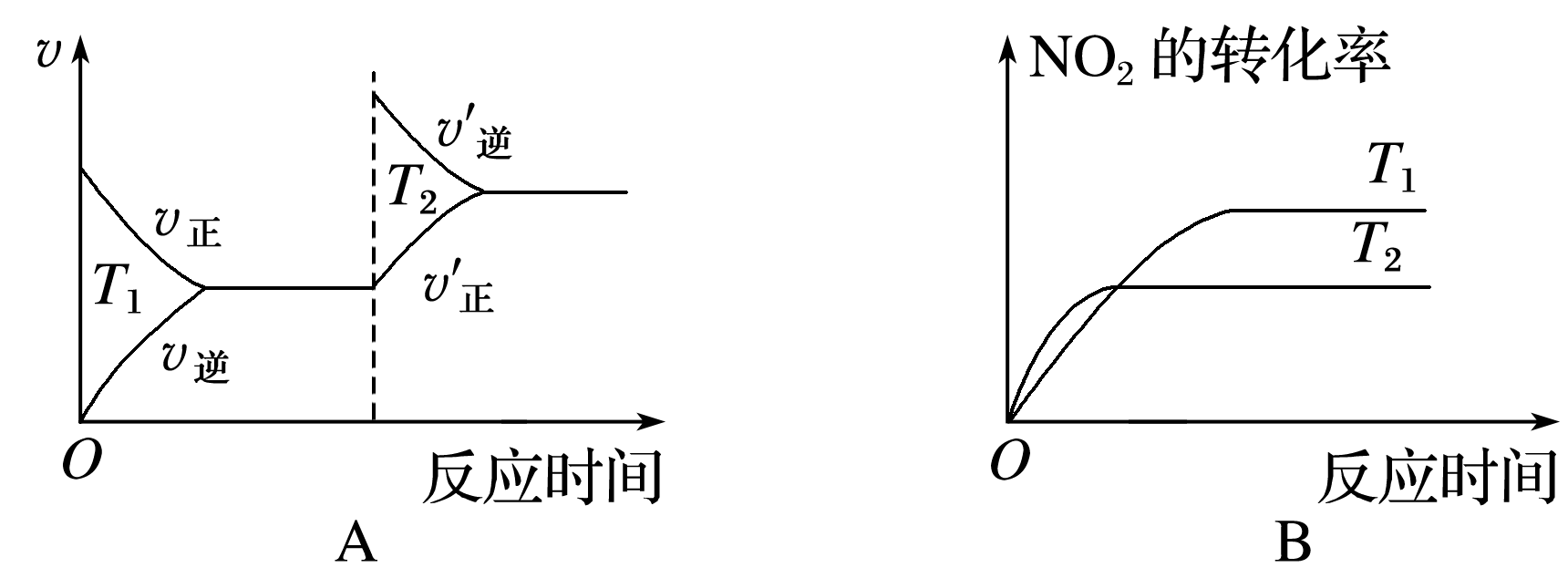
B．10min时，曲线发生变化的原因是升高温度

C．10min时，曲线发生变化的原因是增大压强

D．0～5min内，用X表示的反应速率为*v*(X)＝0.08 mol·L－1·min－1

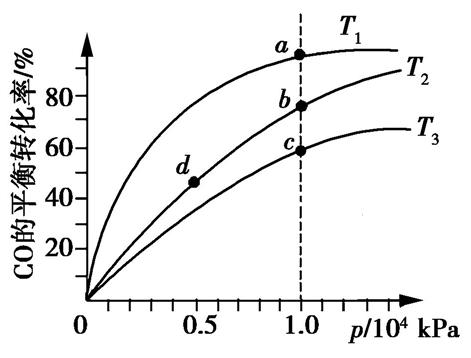
**4**．**其他图像**

典例4．近年来，我国北京等地出现严重雾霾天气，据研究，雾霾的形成与汽车排放的CO、NO2等有毒气体有关。对汽车加装尾气净化装置，可使有毒气体相互反应转化为无毒气体，反应的化学方程式为4CO(g)＋2NO2(g)www.dearedu.com4CO2(g)＋N2(g) Δ*H*＝−1200kJ·mol−1。对于该反应，温度不同(*T*2>*T*1)、其他条件相同时，下列图像正确的是（ ）



**二**．**对点增分集训**

1．用CO合成甲醇(CH3OH)的化学方程式为CO(g)+2H2(g)CH3OH(g)　Δ*H*<0，按照相同的物质的量投料，测得CO在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图所示。下列说法正确的是（ ）



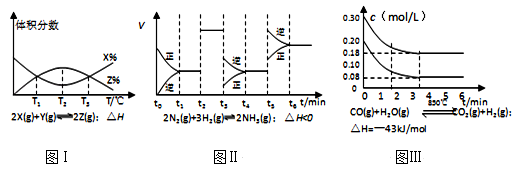
A．温度：*T*1*>T*2*>T*3

B．正反应速率：*v*(*a*)*>v*(*c*)，*v*(*b*)*>v*(*d*)

C．平衡常数：*K*(*a*)*>K*(*c*)，*K*(*b*)*=K*(*d*)

D．平均摩尔质量： (*a*)*<* (*c*)，(*b*)*>*(*d*)

2．根据如图有关图象，说法正确的是（ ）



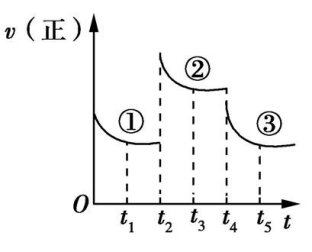
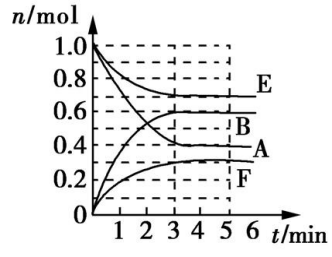
A．由图Ⅰ知，反应在T1、T3处达到平衡，且该反应的Δ*H*＜0

B．由图Ⅱ知，反应在t6时刻，NH3体积分数最大

C．由图Ⅱ知，t3时采取降低反应体系温度的措施

D．图Ⅲ表示在10L容器、850℃时的反应，由图知，到4min时，反应放出51.6kJ的热量

3．某温度时，在体积为2 L的密闭容器中，气态物质A、B、E、F的物质的量*n*随时间*t*的变化情况如图所示，在一定条件下反应达到平衡状态，反应进程中正反应速率随时间的变化情况如图所示，在*t*2、*t*4时刻分别只改变一个条件(温度、压强或某反应物的量)。下列说法错误的是（ ）



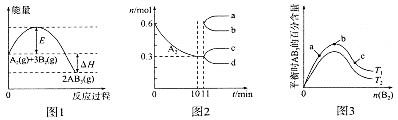
A．此温度下，该反应的化学方程式为2A(g)+E(g)2B(g)+F(g)

B．若平衡状态①和②对应的温度相同，则①和②对应的平衡常数*K*一定相同

C．*t*2时刻改变的条件是增大压强

D．*t*4时刻改变的条件是降低温度

4．在一定条件下A2和B2可发生反应：A2(g)+3B2(g)figure2AB3(g)。图1表示在一定温度下此反应过程中的能量变化，图2表示在固定容积为2L的密闭容器中反应时A2的物质的量随时间变化的关系，图3表示在其他条件不变的情况下，改变反应物B2的起始物质的量对此反应平衡的影响。下列说法错误的是（ ）



A．该反应在低于某一温度时能自发进行

B．10min内该反应的平均速率v(B2)=0.045mol/(L·min)

C．11min时，其他条件不变，压缩容器容积至1L，n(A2)的变化趋势如图2中曲线d所示

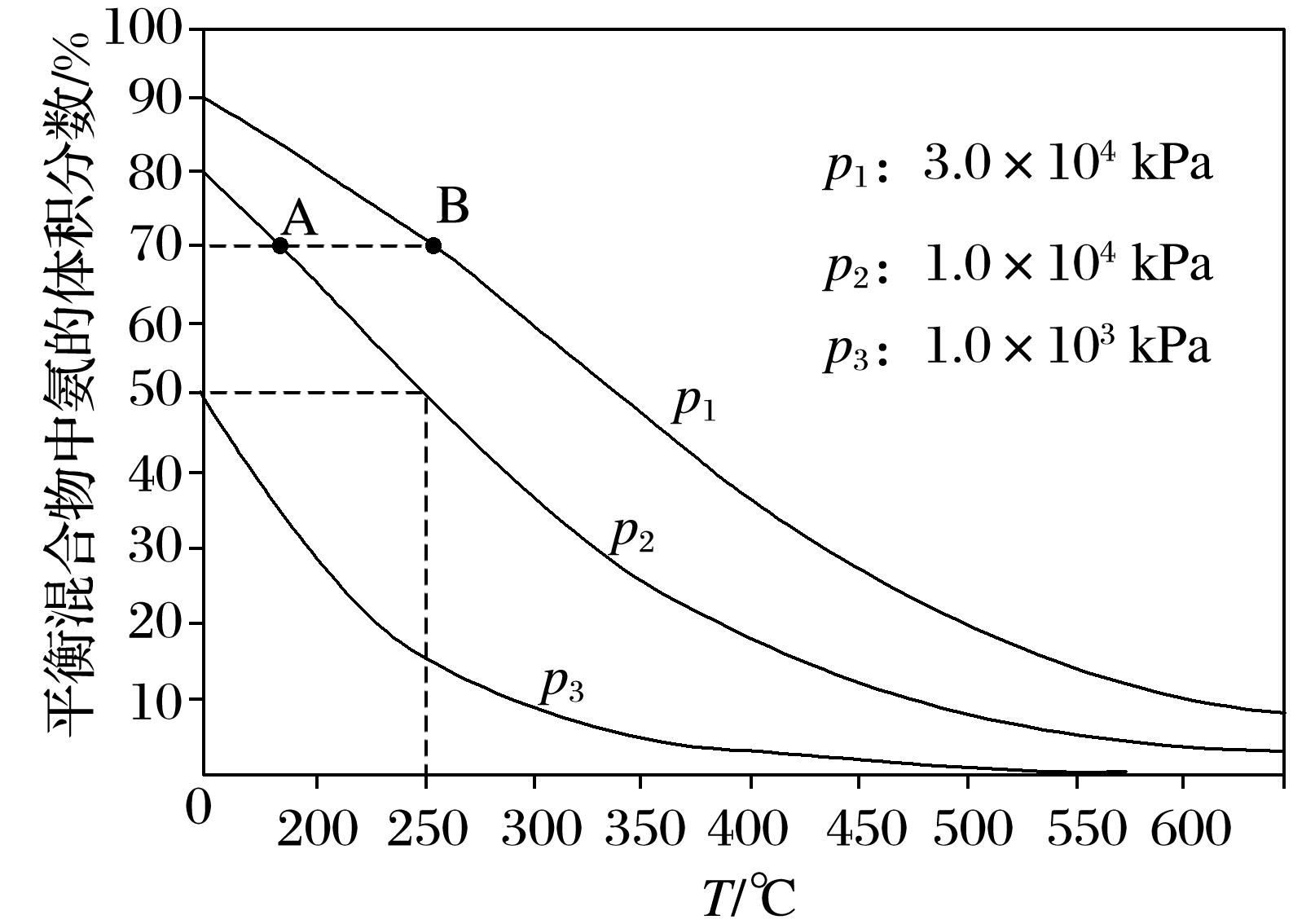
D．图3中T1<T2，b点对应状态下A2的转化率最高

5．德国化学家哈伯从1902年开始研究由氮气和氢气直接合成氨，反应原理为N2(g)＋3H2(g)www.dearedu.com2NH3(g) Δ*H*＝－92.4kJ·mol−1。

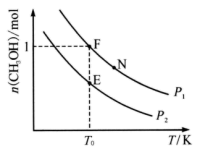
（1）在恒温恒容条件下，向反应平衡体系中充入氮气，达到新平衡时，*c*(H2)将\_\_\_\_\_\_\_\_(填“增大”“减小”“不变”或“无法判断”，下同)，*c*(N2)·*c*3(H2)将\_\_\_\_\_\_\_\_。

（2）工业上可用CH4与水蒸气制氢气：CH4(g)＋H2O(g)www.dearedu.comCO(g)＋3H2(g)。在200℃时2L的密闭容器中，将1mol CH4和1mol H2O(g)混合，达到平衡时CH4的转化率为80%。则200℃时该反应的平衡常数*K*＝\_\_\_\_\_\_(保留一位小数)。

（3）如图为合成氨反应在不同温度和压强、使用相同催化剂条件下，初始时氮气、氢气的体积比为1∶3时，平衡混合物中氨的体积分数。若分别用*v*A(NH3)和*v*B(NH3)表示从反应开始至达平衡状态A、B时的化学反应速率，则*v*A(NH3)\_\_\_\_\_\_\_\_(填“>”“<”或“＝”)*v*B(NH3)。



6．(1)在密闭容器中充入2mol CH4 (g)和1mol O2 (g)，在不同条件下反应：2CH4(g)+O2(g)2CH3OH(g)。实验测得平衡时甲醇的物质的量随温度、压强的变化如图所示。



①P1时升高温度，n(CH3OH)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填“增大”、“减小”或“不变”）；

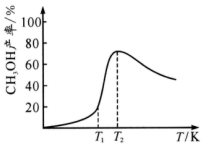
②E、F、N点对应的化学反应速率由大到小的顺序为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（用V(E)、V(F)、V(N)表示）；

③下列能提高CH4平衡转化率的措施是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（填序号）

a. 选择高效催化剂 b. 增大投料比 c. 及时分离产物

④若F点n (CH3OH)=1mol，总压强为2.5MPa，则T0时F点用分压强代替浓度表示的平衡常数Kp=\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；

(2)使用新型催化剂进行反应2CH4(g)+O2(g)2CH3OH(g)。随温度升高CH3OH的产率如图所示。



①CH3OH的产率在T1至T2时很快增大的原因是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；

②T2后CH3OH产率降低的原因可能是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

7．碳及其化合物与人类生产、生活密切相关。请回答下列问题：

CO可用于合成甲醇，反应方程式为CO(g)＋2H2(g)www.dearedu.comCH3OH(g)。

①CO在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图1所示，该反应的Δ*H*\_\_\_\_\_\_\_\_(填“＞”或“＜”)0。

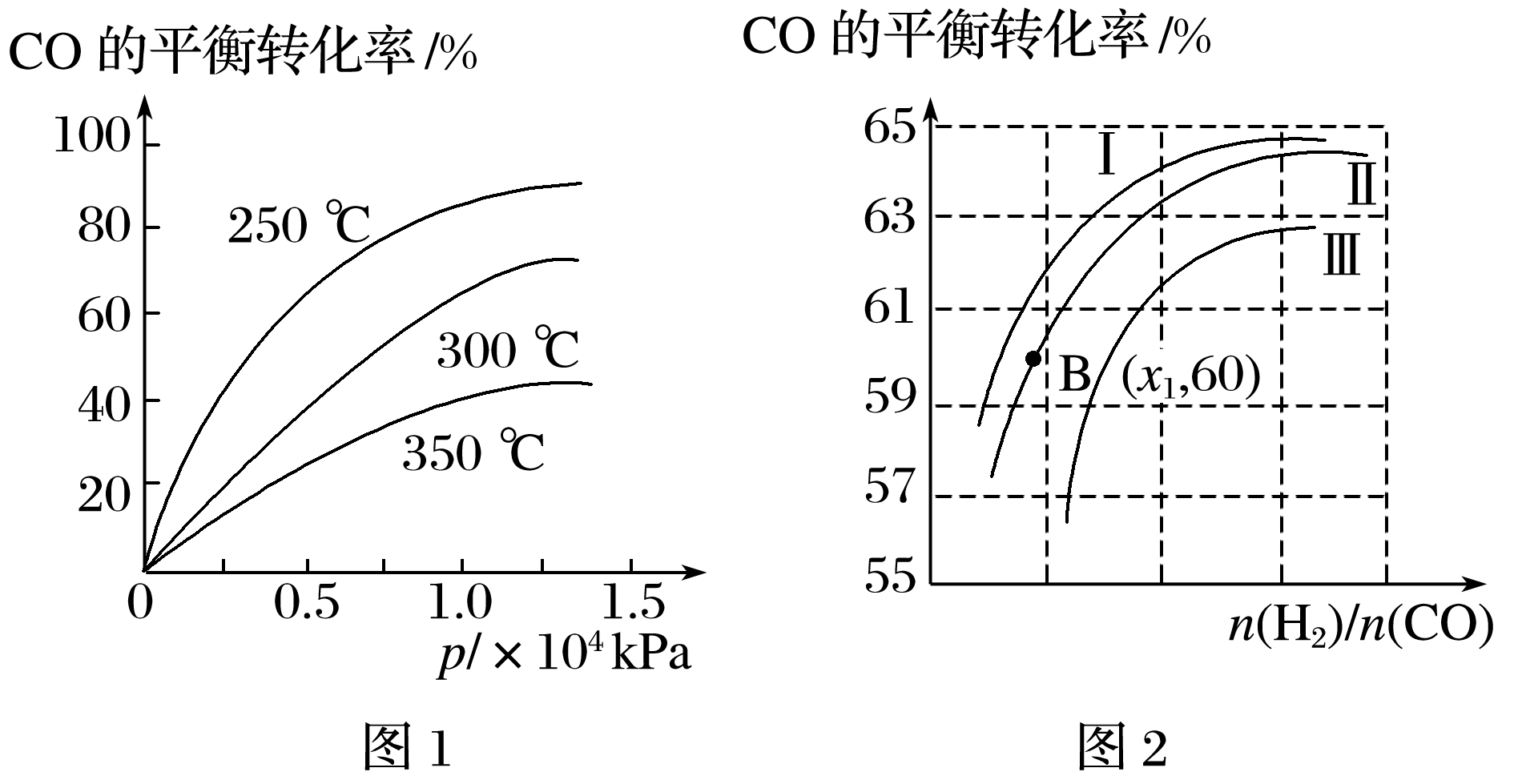


图2表示CO的平衡转化率与起始投料比[]、温度的变化关系，测得B(*x*1，60)点氢气的转化率为40%，则*x*1＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

②一定条件下，将2mol CO和2mol H2置于容积为2L固定的密闭容器中发生上述反应，反应达到平衡时CO与H2体积之比为2∶1，则平衡常数*K*＝\_\_\_\_\_\_\_\_。

参考答案

**一、化学反应速率和化学平衡图像**

典例1．【答案】B

【解析】加入催化剂，活化能*E*减小，但反应热Δ*H*不变，A错；图2中0～10 min时，*v*(H2)＝3*v*(N2)＝3×＝0.045 mol·L－1·min－1，压缩体积，压强增大，平衡正向移动，*n*(N2)逐渐减小，即为d曲线，B正确；图3中c点起始时加入的H2最多，N2的转化率最高，C错；因合成氨正反应是放热反应，升高温度，平衡左移，图3中当*n*(H2)相同时，*T*1温度下达到平衡时NH3%高于*T*2温度下达到平衡时NH3%，所以*T*1<*T*2，温度升高，平衡逆向移动，则*K*1>*K*2，D错。

典例2．【答案】D

【解析】升高温度，平衡向逆反应方向移动，平衡时一氧化氮的含量小，且达到平衡时需要的时间短，故A正确，D错误；增大压强，平衡向逆反应方向移动，平衡时一氧化氮的含量小，且达到平衡时需要的时间短，故B项正确；有无催化剂只影响到达平衡状态的时间，不影响平衡移动，故C项正确。

典例3．【答案】B

【解析】根据图像可知，反应进行到5 min时，X、Y和Z的浓度不再发生变化，反应达到平衡状态。此时X的浓度减少了2.0 mol/L－1.6 mol/L＝0.4 mol/L；Z的浓度增加了0.4 mol/L，所以根据浓度的变化量之比等于化学计量数之比可知，*n*＝1，A正确；10 min时，X、Y、Z的浓度均增大，但平衡向正反应方向移动。该可逆反应的正反应是吸热反应，升高温度，平衡向正反应方向移动，但反应物的浓度降低，因此改变的条件一定不是温度，B不正确；由于该可逆反应的正反应是气体分子总数减小的反应，因此根据图像可知，10 min时，

曲线发生变化的原因是增大压强，C正确；0～5min内，用X表示的反应速率为*v*(X)＝＝0.08mol·L－1·min－1，D正确。

典例4．【答案】B

【解析】升温正、逆反应速率同时加快，达到平衡时间缩短，平衡向逆反应方向移动，CO的体积分数增大，NO2的转化率降低，化学平衡常数减小；压强增大，CO的体积分数降低，对比图像可知，只有选项B符合。

**二、对点增分集训**

1. 【答案】C

【解析】A. 化学方程式为CO(g)+2H2(g)CH3OH(g)　Δ*H*<0可知，该反应为放热反应，温度越低，CO的转化率越大，则*T*1＜*T*2＜*T*3，故A错误；B. 由图像可知，a、c两点压强相同，平衡时a点CO转化率更高，该反应为放热反应，温度越低，CO的转化率越大，所以温度*T*1＜*T*3，温度越高，反应速率越快，则*v*(*a*)＜*v*(*c*)，b、d两点温度相同，压强越大，反应速率越大，b点大于d点压强，则*v*(*b*)*>v*(*d*)，故B错误；C. 由图可知，a、c两点压强相同，平衡时a点CO转化率更高，该反应为放热反应，所以温度*T*1＜*T*3，降低温度平衡向正反应方向移动，则K(a)＞K(c)，平衡常数只与温度有关，b、d两点温度相同，平衡常数相同，则K(b)=K(d)，故C正确；D. CO转化率的越大，n总越小，由M=m/n可知，a点n总小，则M(a)＞M(c)，M(b)＞M(d)，故D错误。综上所述，本题正确答案为C。

2. 【答案】D

【解析】A. 根据图I，T2℃下反应物体积分数达到最小，生成物的体积分数达到最大，T2℃反应达到平衡，T1℃没有达到平衡，T2℃以后，X的体积分数增大，Z的体积分数减小，随着温度的升高，平衡向逆反应方向进行，正反应方向为放热反应，即Δ*H*＜0，故A错误；B. t2时刻正逆反应速率相等，平衡不移动，根据图像Ⅱ，t3后，反应向逆反应方向进行，NH3的量减少，即t1～t3时刻，NH3体积分数最大，故B错误；C. 根据图像Ⅱ，t3时，正逆反应速率都降低，改变的因素是降低温度，或减小压强，根据图像Ⅱ，t3时，反应向逆反应方向移动，如果降低温度，该反应为放热反应，降低温度，平衡向正反应方向移动，即v正＞v逆，不符合图像，t3时刻采取的是减小压强，故C错误；D. 根据图Ⅲ，0到4min变化的物质的量为0.12mol·L-1×10L=1.2mol，即放出的热量为1.2mol×43kJ·mol-1=51.6kJ，故D正确。

3. 【答案】C

【解析】由图甲分析可知，各物质发生变化的物质的量等于化学方程式的化学计量数之比，此温度下该反应的化学方程式为2A(g)+E(g)⇌2B(g)+F(g)，故A正确；平衡常数K只与温度有关，平衡状态①和②的温度相同，故K相等，故B正确；该反应前后气体的体积不变，若改变压强，平衡不会发生移动，故t2时刻不可能是增大压强，故C错误；根据方程式知，前后气体体积不变，故不可能是压强的变化，t4时刻速率减小，且变化的点不连续，因此是降低温度的结果，故D正确；故选C。

4. 【答案】D

【解析】A. 体系的自由能ΔG=Δ*H*-TΔS，根据图示可知，该反应为放热反应，Δ*H*<0，由于该反应的正反应是气体体积减小的反应，所以ΔS<0。当温度较低时，ΔG=Δ*H*-TΔS <0，

反应能够自发进行；当温度较高时，TΔS>Δ*H*，即ΔG>0，反应不能自发进行，A正确； B.10min内该反应的平均速率v(A2)=Δc/Δt=mol/(L·min)，根据方程式可知v(B2)=3v(A2)=0.045mol/(L·min)，B正确；C. 11min时，其他条件不变，压缩容器容积至1L，由于物质的浓度增大，化学平衡正向移动，不断消耗A2，所以n(A2)的物质的量会进一步减少，n(A2)变化趋势如图2中曲线d所示，C正确；D. 在温度不变时，增大某种反应物的浓度，化学平衡正向移动，可以使其它反应物的转化率提高，故当T1<T2，c点由于n(B2)最大，故其对应状态下A2的转化率最高，D错误；故合理选项是D。

5. 【答案】（1）减小　增大

（2）69.1

（3）<

【解析】（1）恒温恒容条件下，向反应平衡体系中充入氮气，平衡将向正反应方向移动，故达到新平衡时，*c*(H2)减小。温度不变，平衡常数*K*＝不变，达到新平衡后，*c*(NH3)增大，*K*不变，故*c*(N2)·*c*3(H2)也会增大。（2）根据三段式法进行计算：

CH4(g) ＋ H2O(g) www.dearedu.comCO(g) ＋ 3H2(g)

起始(mol·L−1) 0.5　　 0.5 0　　 0

转化(mol·L−1) 0.5×80% 0.5×80% 0.5×80% 0.5×80%×3

平衡(mol·L−1) 0.1　　　 0.1 0.4　　 1.2

则平衡常数*K*＝＝≈69.1。（3）由题图可知，B所处的温度和压强均大于A，故*v*A(NH3)<*v*B(NH3)。

6. 【答案】（1）减小 V(N)>V(F)>V(E) c 2MPa-l

（2）温度升高反应速率加快，且在此温度下催化剂活性增强

该反应是放热反应，升高温度，平衡逆向移动，CH3OH产率降低

【解析】(1)①根据图象可知：在压强不变时，升高温度，平衡时甲醇的物质的量减小；②对于反应2CH4(g)+O2(g)2CH3OH(g)，升高温度，甲醇的平衡物质的量减小，说明升高温度，平衡逆向移动，逆反应为吸热反应，则该反应的正反应为放热反应；在温度为T0时，F点甲醇的物质的量大于E点，说明平衡正向移动，由于该反应的正反应为气体体积减小的反应，增大压强，平衡正向移动，甲醇物质的量增大，所以压强p1>p2，反应速率V(F)>V(E)；

F、N两点压强相同，由于温度N>F，升高温度，化学反应速率加快，所以V(N)>V(F)，因此E、F、N三点的速率大小关系为：V(N)>V(F)>V(E)；③a.催化剂不能使平衡发生移动，因此选择高效催化剂对甲烷的平衡转化率无影响，a错误；b.增大投料比，相对于O2的浓度不变，增大甲烷的浓度，平衡正向移动，但平衡移动的趋势是微弱的，总的来说甲烷的

转化率降低，b错误；c.及时分离产物，即降低生成物的浓度，平衡正向移动，甲烷的转化

率提高，c正确；故合理选项是c；

④可逆反应 2CH4(g)+O2(g)2CH3OH(g)

n(开始)mol 2 1 0

n(变化)mol 1 0.5 1

n(开始)mol 1 0.5 1

n(总)=1mol+0.5mol+1mol=2.5mol，平衡分压：Kp(CH4)==1Mpa；Kp(O2)==0.5Mpa；Kp(CH3OH)==1Mpa，所以该反应用平衡分压表示的化学平衡常数Kp==2MPa-l；(2)①根据图象可知：在T2以前，反应未达到平衡，温度升高，化学反应速率加快，更多的反应物变为生成物甲醇，且在此温度下催化剂活性增强，因此甲醇的产率提高；②该反应的正反应为放热反应，升高温度，化学平衡向吸热的逆反应方向移动，因此甲醇的产率降低。

7. 【答案】①＜；3

②4.5

【解析】①由于温度越高CO的平衡转化率越低，则可推出温度升高平衡向逆反应方向移动，则正反应放热，即Δ*H*＜0。令CO起始物质的量为1mol，H2的起始物质的量为*x*1 mol，当CO变化0.6mol时，H2变化1.2mol，则有×100%＝40%，解得*x*1＝3。②列出三段式，先根据两种气体体积比为2∶1，可列式求出平衡浓度*c*(CH3OH)＝mol·L−1，*c*(CO)＝mol·L−1，*c*(H2)＝mol·L−1，然后列式计算*K*＝＝4.5。