

高中化学教学问答

(一)

北京市教育局教材编写组

1977.11.

说 明

根据广大化学教师的要求，我们编写了《高中化学教学问答》，供新任课的高中化学教师参考使用。

《高中化学教学问答》分两册。参加本册编写的有北京10中、11中、14中、15中、26中、29中、50中、66中、102中、108中、122中、150中、165中、垂杨柳一中、分司厅中学、反修路中学、和平街二中、北海中学、北纬路中学、雅宝路中学、“二七”中学、“十一”学校、朝阳师范等校部分化学教师。对于他们的大力支持，我们表示感谢。

由于时间仓促，编审工作不细，可能存在不少缺点和错误，请广大教师提出批评。

北京市教育局教材编写组化学组

1977. 11.

目 录

1. 氯气为什么容易液化?	(1)
2. 氢气能在氯气中燃烧,但氢气和氯气混和点燃就爆炸,如何解释?	(3)
3. 新制氯水和久置氯水的成分有什么不同? ..	(4)
4. 漂白粉的有效成分是什么? 漂白粉和氯水漂白的原理是什么?	(5)
5. 怎样解释碘的升华现象?	(7)
6. 碘遇淀粉变蓝的反应原理是什么?	(9)
7. 氢氟酸的电离度为什么比其它氢卤酸的电离度小得多?	(10)
8. 从物质结构的观点如何解释F、Cl、Br、I物理性质的变化规律?	(12)
9. 亚佛加得罗常数是怎样测定的?	(14)
10. “摩尔”是怎样一种单位?	(19)
11. 什么是氧化—还原当量?	(21)
12. 怎样划分强、弱电解质?	(24)
13. 什么是表观电离度? 它和真实电离度的区别是什么?	(32)
14. 电渗析的工作原理是什么?	(36)
15. 三氯化铁为什么能净化水?	(38)
16. 什么叫溶度积?它在化学上有什么应用?	(40)
17. 在中和滴定中怎样选择指示剂?	(44)
18. 根据元素周期表的位置能推测出元素的哪些性质?	(48)

19. 周期表中各周期元素的数目和原子结构的关系是怎样的?	(51)
20. 什么叫过渡元素?	(55)
21. 105号元素以后又发现了哪些元素?	(56)
22. 稀有元素包括哪些元素? 它们的主要用途是什么?	(59)
23. 放射性同位素有哪些重要应用?	(63)
24. 近些年来基本粒子有哪些新的发现?	(65)
25. 平衡理论在弱电解质电离、沉淀溶解及水解等方面有什么应用?	(70)
26. 影响化学反应速度的因素有哪些? 为什么催化剂能加快反应速度?	(73)
27. 金属的导电性与结构有什么关系?	(77)
28. 为什么铜、银、金的导电、导热能力强?	(82)
29. 怎样解释金属的颜色和光泽?	(85)
30. 一价铜盐和二价铜盐的稳定性如何?	(88)
31. 不锈钢为什么不易生锈?	(90)
32. 铝阳极氧化时铝阳极是否溶解?	(93)
33. 怎样解释白铁和马口铁的耐腐蚀性?	(97)
34. 怎样解释金属互化物中的化合价?	(99)
35. 过氧化钾的结构如何? 过氧化钾具有何种性能?	(101)

1. 氯气为什么容易液化?

氯气容易液化,在常压下冷却到 -34.6°C 或在常温下加压6—8个大气压,就能使它液化成黄绿色油状液体。

气体变成液体的过程叫做气体的液化。液化是有条件的,这就是需要一定的温度和压力。要使某气体液化,首先必须把温度降低到某一定值,若高于这个温度,无论加压到多大,此气体也不能液化,这个温度叫做临界温度。而在临界温度,使这一气体液化所需要的最低压强,叫做气体的临界压强。

关于氯气和一些气体单质的临界温度、临界压强如下:

气 体 名 称	氯气	氢气	氮气	氧气	氟气	氯气
临 界 温 度($^{\circ}\text{C}$)	-267	-239.9	-147.1	-118.8	-129	144
临界压强(大气压)	2.3	12.8	33.5	49.7	55	76

从上表比较可知,在这些气体单质中,氯气的临界温度最高,是 144°C ,而其余皆在零下一、二百度。所以在常见的气体单质中,氯气只要在常温下,加压压缩就能液化。例如:在 30°C 需8.75大气压;在 10°C ,需4.96大气压;在 0°C 时,仅需3.66大气压。若在常压下,也只需要降温至 -34.6°C 就可使氯气液化,这在一般实验室能够办到。因此,比较而言,氯气比常见的氢气、氧气、氮气等液化要容易得多。所以一般说“氯气是容易液化的”。

气体在降到临界温度以下,加压压缩可以液化的事实,

可以从分子运动理论得到说明。在真实气体分子间，都存在着相互对立的两种作用力，一种是由分子动能所产生的热运动，使分子互相分离，另一种是分子间吸引力，使分子相互聚集。降低温度，就是减小了分子的动能，减弱分子热运动，使分子分离的趋势降低。加压压缩，就减小了分子间距离，使分子相互接近，在一定距离范围内，使分子间吸引力增大，分子聚集在一定暂时的平衡状态，成为液体。

由于各种气体分子内部结构的不同，分子间引力也不相同，这也就从内因方面决定了它们液化难易的差别。

分子间作用力或叫范德华引力，现在认为本质上有三种。一种是静电力，即在极性分子（如 H_2O 、 HCl 、 NH_3 ）永久偶极间产生的静电相互作用。这种作用，分子极性愈大，产生的引力也愈大。另一种是诱导力，是极性分子永久偶极与受其电场影响而产生的诱导偶极之间的作用。诱导力大小与分子极性大小、分子的极化度（在外电场作用下，分子的变形性大小）有关。第三种是色散力。例如 Cl_2 、 N_2 、 O_2 、 H_2 等非极性分子，当它们接近时，由于每个分子（或原子）内的电子的不断运动和核的振动，经常发生电子云和原子核之时的相对位移，因而产生瞬时偶极，虽然它存在的时间很短，但却不断地重复发生着。这些瞬时偶极的相互作用产生的作用力叫色散力。各种分子都有色散力存在，但它是非极性分子的主要作用力。

色散作用的强弱程度，主要依赖于相应分子的极化度（变形性）大小，而一般分子量愈大，电子愈多，往往就愈容易极化。所以，化学上一系列相似物质中，极化度随分子量增大而加大，分子间色散力也加强，气态物质也就比较地

容易向液态转化。

气 体	H ₂	N ₂	O ₂	F ₂	Cl ₂
分 子 量	2	28	32	38	71
沸 点	-252.8	-196	-183	-187.9	-34.6

从上表可以看出，随着这些相似的非极性分子分子量的增大，沸点也相应升高。在这里氯气分子量最大，分子变形性大，容易极化，色散力作用较强，所以相对地说，氯气比较容易聚集成液态。

2. 氢气能在氯气里燃烧，但氢气与氯气混和点燃就爆炸，如何解释？

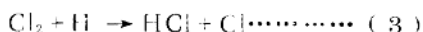
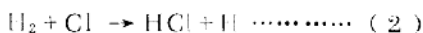
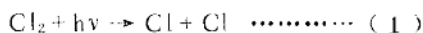
无论发生那种爆炸，必须有三个条件：①极快的反应速度；②放出大量热；③产物是气体。若缺其一都不会发生爆炸。

当氢气在氯气中燃烧以及氢气与氯气混和点燃爆炸时，虽然两者都放热并产生气体，但两者反应速度不同，前者慢而后者快，因而呈现两种不同的化学现象——燃烧与爆炸。

氢气在氯气中燃烧，仅在氢与氯接触的界面上发生反应，只要氢氯一接触，则立即反应。但是，氢气与氯气的接触而毕竟是很小的，而大量的氢气与氯气仍没有相互接触，没有反应。这时燃烧的速度取决于气体的扩散速度，要想使全部的氢与氯接触是不可能的，因为，氢与氯一接触立即反应，扩散速度永远赶不上燃烧速度，反应由扩散控制而比较

缓慢地进行。燃烧时，热量与气体产物不断散失，不能聚集，因此，它不可能发生爆炸。

当氢气与氯气以5%—8%(氯气所占百分比)混和好，点燃便发生一系列链锁反应。首先 Cl_2 分子被解离成活化原子 Cl ，然后以 Cl 原子做链反应的传递物，使(2)、(3)两反应交错进行：



每一个自由原子和作用物分子发生反应后，又生成一新的原子，即每一个 Cl 原子经反应后能生成一个 H 原子，而每一个 H 原子又可以再生一个 Cl 原子，依次进行，成一直链反应，直到活化原子消失，使链反应终止。

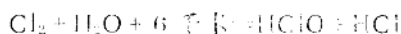
这时大量氢与氯发生反应，因此，燃烧的速度就不取决于气体的扩散速度，而取决于化学反应速度。这个直链反应在一瞬间完成，反应后产生的热量不象燃烧情况那样随着反应而散失，而是聚集在一有限空间。由于气体受热后急剧膨胀，产生了很大的压力，结果发生爆炸。

选自北京师范大学编《中学化学教学问题解答》

3. 新制氯水和久置氯水的成分有什么不同？

氯水是由多种物质组成的水溶液。

氯气和水发生缓慢的可逆反应：



氯气在水中溶解度2.3—2.5体积/1体积水；当大约1/2溶于水的氯气与水作用后反应就达到平衡（有的书记载为1/3）。因此氯水中除氯和水分子外，总还有相当大量的盐酸和次氯酸。经计算氯占64%，HCl占18%，HClO占18%，HClO是一种比 H_2CO_3 还弱的酸，在这样浓度中可部分地分解出氧，受日光照射更加速分解 $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{照光}} 2\text{HCl} + \text{O}_2$

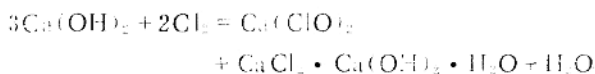
氯气和水能形成水合物 $\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，在0℃氯的饱和水溶液中能分出黄色晶体 $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。

因此新制氯水中除 Cl_2 和 H_2O 外还有 HClO 、 H^+ 、 Cl^- 、 O_2 、氯的水合物等。

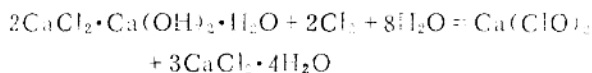
久置的氯水由于 HClO 的分解，促使平衡向右移动，盐酸逐渐增多而其他成份逐渐减少。

4. 漂白粉的有效成分是什么？漂白粉和氯水漂白的原理是什么？

漂白粉是 Cl_2 通入潮湿消石灰(或干消灰)中制成的，消石灰氯化为漂白粉的主要反应：



在较高级漂白粉中氯化可按式进行得较为完全：



漂白粉是混合物，有效成份为次氯酸钙 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 。

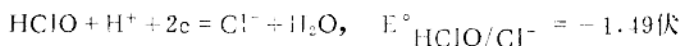
市售漂白粉往往含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCl_2 ，亚氯酸钙和游离氯等杂质。

漂白粉有效成份次氯酸钙的性质很不稳定。遇少量水就会分解， $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HClO}$ 漂白粉溶液里溶解 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 越多，漂白作用越迟缓，要短时间内收到漂白的效果，必须除去 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，所以工业上使用漂白粉要加入少量酸性比较弱的酸类，例如醋酸，硼酸等或加入少量稀 H_2SO_4 。家庭使用不必加酸，因空气里的 CO_2 溶在水中也会起弱酸作用。



氯水中，一部分氯气与水发生水解反应：

$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 漂白粉和氯水的漂白原理都是因为产生次氯酸。



从标准电极电位来看， HClO 是很不稳定的，次氯酸根中的正一价氯很容易还原成负一价的氯离子，所以次氯酸是一个很强的氧化剂，足以使某些染料和许多有机色质因氧化而褪色。所以漂白作用并不是次氯酸放出新生态氧的作用。漂白粉和氯水都是氧化性漂白剂，由于氧化力强可破坏动物性纤维组织（由氨基酸组成），但它对植物性纤维（由淀粉组成）则不破坏，所以用它们来漂植物性纤维如棉、麻、纸浆。

还可利用它们来杀死病原微生物如伤寒菌、赤痢菌、霍乱菌等作为污水坑、厕所的消毒剂。氯气的消毒作用就是由于氯与水生成次氯酸强氧化剂，使许多微生物细胞的许多酶中

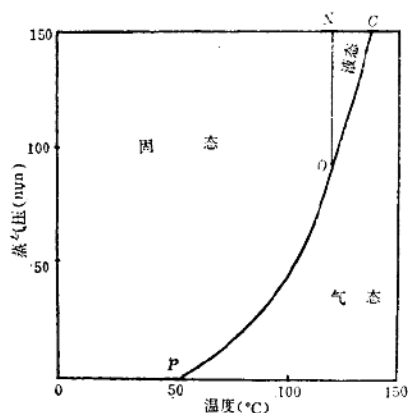
的—SH 巯基氧化成—S—S— 硫硫键，使许多酶失去活性。

空气中含氯量不得超过0.001毫克/升。氯气主要通过呼吸道侵入人体，生成次氯酸和盐酸，使组织受到强氧化作用和局部盐酸烧伤。即使少量氯气也会刺激呼吸道粘膜，引起严重的咳嗽、胸部疼痛、喘息、头痛，并刺激眼粘膜及其他后果。重时会发生肺水肿，引起循环困难窒息而死。经常小量氯中毒，引起面部呈淡绿色，支气管发炎，厉害的消瘦和过早地衰老。但伤风感冒时吸少量 Cl_2 是有益的（第一次世界大战德国首先使用氯气为军事毒剂。）

含氯不多条件下工作时，可用浸海波的溶液的毛巾戴防毒面具贴在鼻或口上，不能用毛巾浸碱液，碱会腐蚀皮肤。解毒原理： $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{HCl} + \text{S} \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。 Cl_2 中毒后一方面离开有 Cl_2 场所使病人保持安静、保温。另方面让病人吸入少许酒精乙醚混和蒸气或吸入氮气。病人咳嗽和喘气时最好吃牛奶或适量的吗啡和可卡因。据有些资料介绍认为吸烟也可解除 Cl_2 的中毒。

5. 怎样解释碘的升华现象？

由于固体碘的蒸气压很大，在加热时，通常就升华。可以根据碘的物态图解，进一步说明。任何物质都能建立物态图解。一个体系中的均匀部分称为相，例如固体碘为一相，碘蒸气是另外一相。下图中，OP、ON、OC 曲线及其交点分别表示固体碘—蒸气、固体碘—液态碘、液态碘—碘蒸气共存的条件。图中 O 点代表碘、液态碘和碘蒸气成平衡的温度和压力，称之为三相点。



碘的物态图解

90 m.m., 所以通常在敞口容器里加热碘的固体, 由于碘的蒸气跑掉, 蒸气压达不到 90 m.m., 固体不熔化, 而直接升华。

如要得到液态碘, 就必须创造使其蒸气的分压超过 90 m.m. 的条件, 即用足够大量的固体碘在细颈蒸馏瓶中加热。

固体碘的蒸气压 (用气流法测定) 抄录于下供参考

温度 °C	0	10	20	30	40	50	60
蒸气压 m.m.Hg	0.02981	0.0798	0.1988	0.4643	1.0235	2.1419	4.278
温度 (°C)	70	80	90	100			
蒸气压 m.m.Hg	8.179	15.047	26.71	45.89			

如果一个可熔化的物质处于低于其熔点的蒸气压下时, 加热则不能熔化, 但可立即变为气态。

由此, 液态碘仅仅在压力大于其蒸气压时才存在, 当压力小于其蒸气压时, 碘则仅以气体存在。

由上图可以看出,

碘的三相点: 116°C,

6. 碘遇淀粉变蓝的反应原理是什么？

淀粉是由两部分组成的，在热水中可溶的叫颗粒淀粉（直链）（约占10—20%）；在热水中不溶的叫皮质淀粉（支链）（约占80—90%）。直链淀粉遇碘作用呈蓝色；支链淀粉遇碘呈紫至紫红色。

多年来对碘遇淀粉形成蓝色物质有不同解释，现证明这是一种管道形的包合物。包合物是分子化合物的一种形式，是以大分子包小分子借分子间的范德华力结合起来的化合物。

在中性或酸性溶液中，直链淀粉形成螺旋状结构，约每6个葡萄糖单元组成一个螺旋圈。整个长的螺旋线圈，绕成一个管道，螺距8 Å，外径约13—13.7 Å。碘以碘链形式塞在螺旋管道中，形成一个“管道包合物”。

碘链中碘原子不是以 σ 键而是以多电子大 π 键结合起来的，由于这种结构使包合物的体系的能量与未成包合物时的能量发生了很大的变化，改变了吸收光的性能。也就是说，此包合物具有与碘和淀粉显著不同的吸收光谱，吸收可见光中的橙色、红色及荧光，而呈现蓝色。

支链淀粉也能与碘作用而显紫红色，但因直链淀粉的无分支的长链对碘有较大的亲和力，所以碘加入淀粉液时，首先跟直链淀粉发生作用。

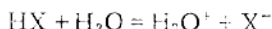
此外，在时间放长已经变质的淀粉液中加碘不变色。在热淀粉中加入碘不变色，待淀粉液冷却后，可发生上述变化而显蓝色。再有，不要把淀粉液煮的时间过长，否则，由于

直链淀粉遭到破坏，淀粉逐步发生水解，首先转变为分子较小的糊精，这时遇碘呈现紫红色；然后变成麦芽糖；最后变成分子更小的葡萄糖，遇碘不变色。

7. 氢氟酸的电离度为什么比其它 氢卤酸的电离度少得多？

氟、氯、溴、碘都能与氢直接化合，生成气态氢化物（HF、HCl、HBr、HI），称为卤化氢。这些气态氢化物极容易溶于水中。在0℃时，1升水可溶解约500体积的氯化氢和差不多相等体积的溴化氢和碘化氢，至于氟化氢实际上可以很大限度地溶解于水中。其水溶液都是酸，称为氢卤酸，属于典型的酸类，分别称为氢氟酸、氢氯酸（盐酸）、氢溴酸和氢碘酸。

卤化氢的分子本身都是极性分子，它们和极性的水分子发生极化作用，便生成水合氢离子 H_3O^+ ，所以卤化氢的水溶液都呈现酸性：



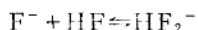
氢卤酸的酸性从氢氟酸、氢氯酸、氢溴酸到氢碘酸有着规律性的变化，其酸性的强弱是按照HF—HCl—HBr—HI的顺序逐渐地增强。其中氢碘酸、氢溴酸和氢氯酸都是强酸，而氢氟酸却是弱酸

实验测得，在0.1N的氢氟酸溶液中，氢氟酸的电离度是10%，氢氯酸（盐酸）的电离度是92.6%，氢溴酸的电离度是93.5%，氢碘酸的电离度是95.0%，显而易见在氢卤酸中只有氢氟酸的电离度最小，酸性最弱，其余的氢卤酸都呈

强酸性。

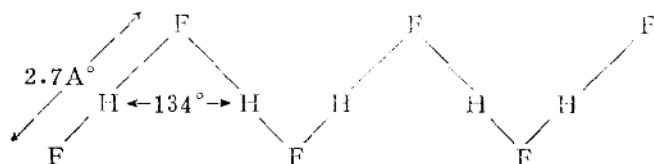
氢氟酸的酸性所以比其它的氢卤酸显著地减弱，是因为氟化氢表现出明显而强烈的缔合作用。不仅自由状态的氟化氢分子是由几个HF分子借氢键维系起来，即使在水溶液中HF也部分地成缔合分子存在着。

氟化氢的气体很容易缔合，形成 $(\text{HF})_2$ 、 $(\text{HF})_3$ 、 $(\text{HF})_4$ 、 $(\text{HF})_5$ 、 $(\text{HF})_6$ 等链状缔合分子。在 20°C 和压力为 745 mmHg 时有 80% 氟化氢分子存在着这种聚合状态。在氢氟酸中氟化氢分子以氢键相维系紧密地缔合着形成缔合分子。在较浓的氢氟酸溶液中一部分氟离子 F^- 与未离解的氟化氢分子相结合，在溶液中有如下的平衡关系：



平衡常数 $K = [\text{HF}_2^-] / [\text{F}^-][\text{HF}] = 5.1$ （在氢氟酸的稀溶液中平衡常数 $K = [\text{H}^+][\text{F}^-]/\text{HF} = 7.2 \times 10^{-4}$ ），显然在氢氟酸的浓溶液中 HF_2^- 占有很大的百分数（在氢氟酸的稀溶液中分子状态的HF占很大优势），因而大大地降低了氢氟酸的电离度。

当氟化氢呈液态时，氟化氢分子之间的缔合能力增强了，缔合度增大，形成长链。固体的氟化氢则是由更多的氟化氢分子以氢键相维系，缔合在一起，由很长的HF链所组成：



氟化氢分子间以氢键而产生的缔合作用是其它卤化氢所

不具有的。这种缩合作用降低了氢氟酸的电离度，直接影响着氢氟酸的酸性，是氢氟酸酸性弱于其它氢卤酸的原因。

8. 从物质结构的观点如何解释 F、Cl、Br、I、物理性质的变化规律？

随着核电荷数的增加，卤素的物理性质有着规律性的变化。它们的物理状态由气态变化到固态；颜色由浅变深；熔点和沸点也逐渐升高。

一、关于卤素的颜色：

在气态时，卤素的颜色：氟，在常温常压下几乎是无色的气体浓度大时呈淡黄色；氯，黄绿色，溴，红棕色；碘，紫色。随着聚集状态的改变，由气态、液态到固态，颜色加深。液态的溴和碘不透明，只有在极薄的液层能观察到明显的颜色，固态碘则是暗灰色。

气态卤素的颜色之所以随着元素核电荷的增大而加深，是由于吸收带波长的移动。氟对于光的吸收带在紫外区，在可见光范围内，只吸收掉少许光谱的紫色部分，因此，透射的光为补色，即显黄色。氯的吸收带在兰色部分，即向较长的波长方向移动；直到碘，吸收带移到可见光谱的中间部分，红色光和紫色光透射过去，就是碘蒸气的颜色。

从原子结构的观点来看，光的吸收是和吸收光的物质的某一部分的电子，从一“轨道”跃迁到另一“轨道”直接关联的，吸收的光线供给实现这种跳跃所需要的能量（光波愈短，光能愈大；紫外光的能量比光谱中可见部分的光线能量要大些）。吸收光波的长短是与分子内电子结合得松紧有关。

游离态卤素的颜色从 F_2-I_2 颜色深度依次增强，是因形成卤素分子的二个原子间价键的电子轨道的稳定性按同一顺序递减来说明的。氟单质分子中二个氟原子间电子结合得紧密，其内的电子不易被激发，从一“轨道”跳跃到另一“轨道”需要较大的能量，因此，氟吸收波长较短、能量较大的紫外光。碘单质分子中的情况恰与氟相反，其分子内的电子结合得松，吸收波长较长的光便可较容易地实现分子内的激发，红色光就担负着这一任务，使碘呈紫红色。

二、从 F_2-I_2 熔点和沸点随着分子量的增大而升高

一般说来，物质熔点转变的难易程度依赖于晶体中晶格结点上各质点间作用力的大小。

卤素的单质分子都是双原子组成的非极性分子。卤素的单质在固态时成分子晶体，在晶格结点上排列着的是卤素单质分子。分子和分子之间由于电子层的相互作用存在着斥力，同时分子间也存在着引力，通过分子间吸引和排斥的相互作用连系起来形成晶体。这种分子晶体虽然占据在晶格结点上的共价型分子内部原子间，结合得相当牢固（共价键相连系），但分子间的结合力却比较微弱（比一般化学键要小几十倍到几百倍）。在此种分子之间的作用力，是由运动着的电子和原子核间经常发生瞬时的相对位移，使得正电荷中心和负电荷中心发生暂时的不重合，产生了瞬时偶极，二个分子间由于瞬时偶极的相互作用，而在这些质点之间普遍地存在着吸引力—色散力。从 F_2-I_2 随着分子量的增大，最外层电子和核的联系逐渐减弱，这些分子的变形性也依次逐渐增大。分子变形性的增大，也就是瞬时偶极的极性略大，表现在分子之间的相互作用上就是色散力的加强。当液体气化或