



重要通知

本周四晚上6点至6点25分，我们进行雨课堂在线考试的测试，请大家准备好电脑和摄像头，装好PC端雨课堂

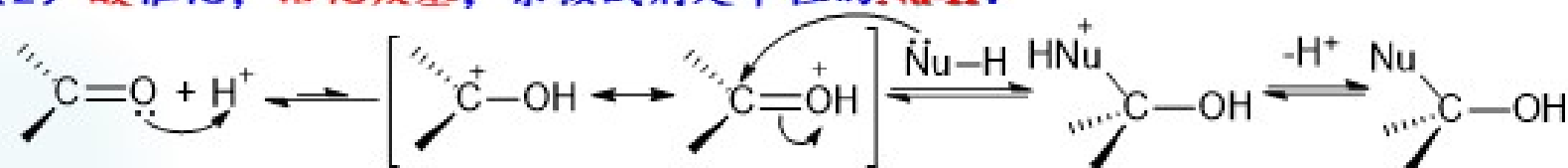
知识回顾与作业点评

1. 亲核加成反应

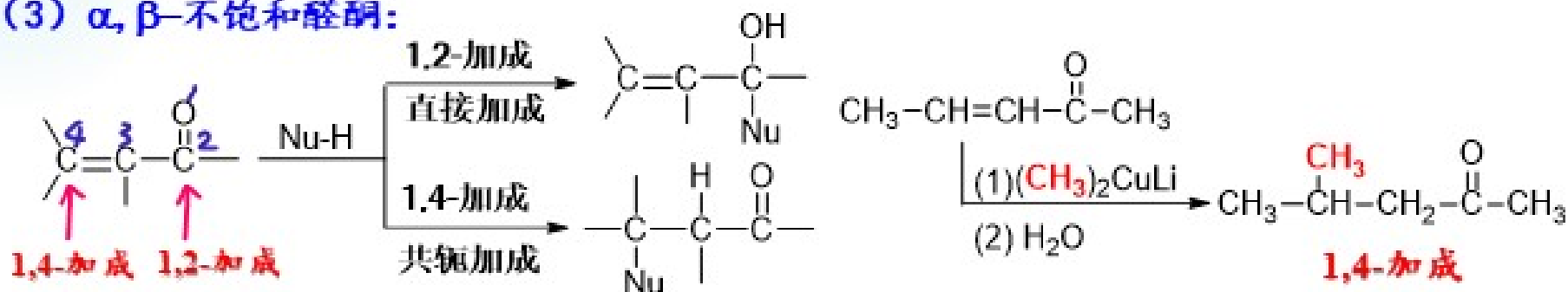
(1) 碱催化，活化亲核试剂，亲核试剂是阴离子型的Nu⁻：



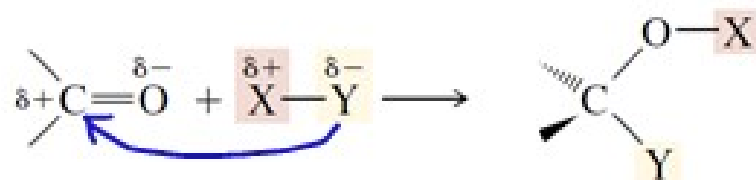
(2) 酸催化，活化羰基，亲核试剂是中性的Nu-H：



(3) α, β-不饱和醛酮：



知识回顾与作业点评



(1) 羰基上有拉电子基团时，使亲核加成反应更容易进行；

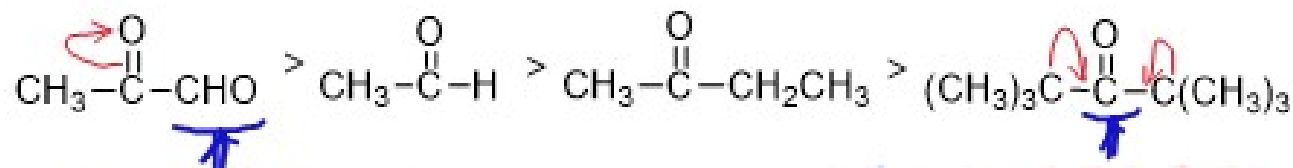
(2) 羰基上有“大体积基团”时，使亲核加成反应更困难进行。

一般反应活性：

甲醛 > 醛 > 酮

甲醛 > 脂肪醛 > 芳香醛 > 脂肪酮 > 芳香酮

下列各组化合物按其羰基的活性排列成序：

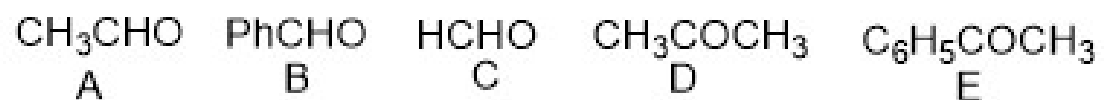


羰基上有拉电子基团时

羰基上有“大体积基团”的拉电子基团时

单选题 2分

下列化合物按其羰基的活性排列成序，正确的是（ ）。



多选题 4分

下列化合物与HCN发生加成反应时，活性最高的是（ ）；最低的是（ ）。

A 苯甲醛

B 乙醛

C 丙酮

D 苯乙酮

单选题 2分

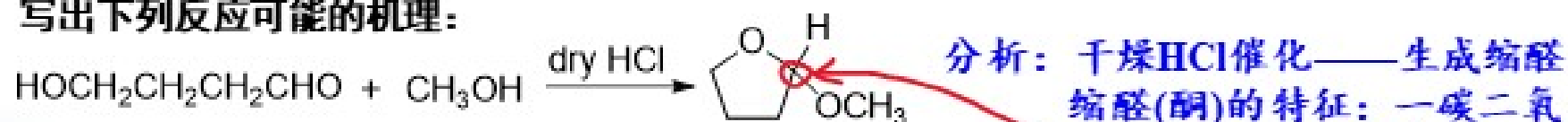
下列哪一种化合物能与 NaHSO_3 起加成反应 () ?

- ☒ A $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$
- ☐ B $\text{C}_2\text{H}_5\text{COC}_2\text{H}_5$
- ☐ C $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_2\text{H}_5$
- ☐ D $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_5$

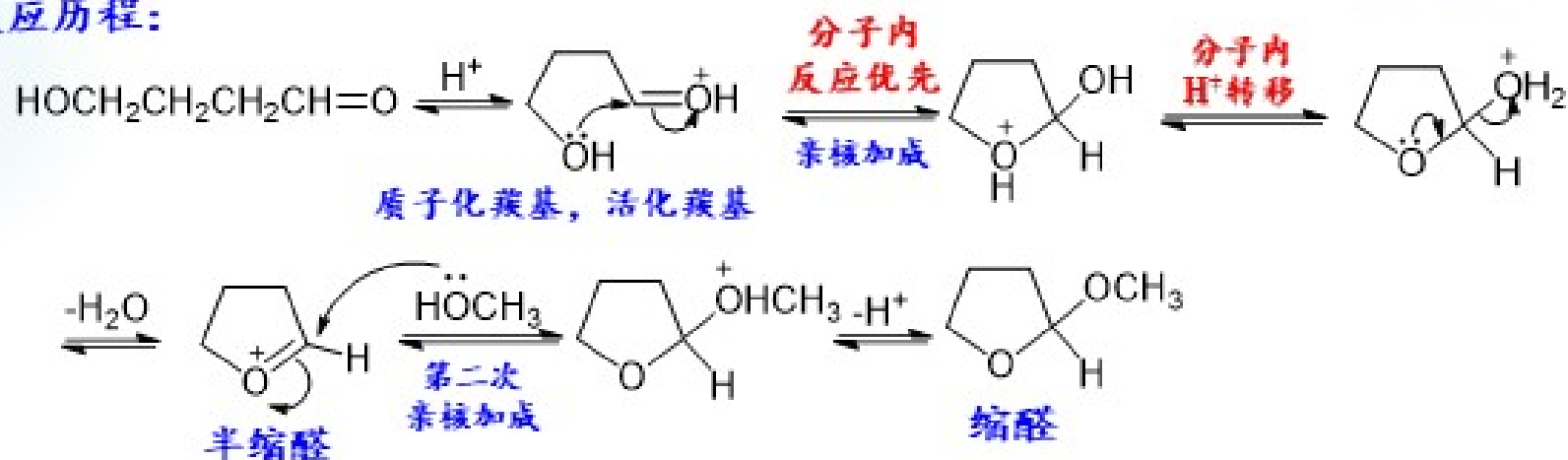
知识回顾与作业点评



写出下列反应可能的机理：

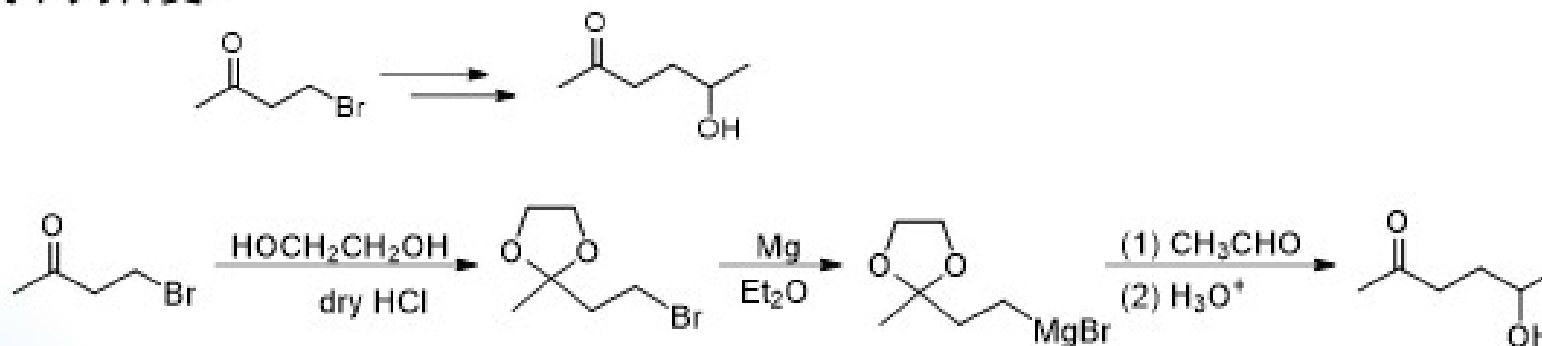


反应历程：



知识回顾与作业点评

完成下列转变：



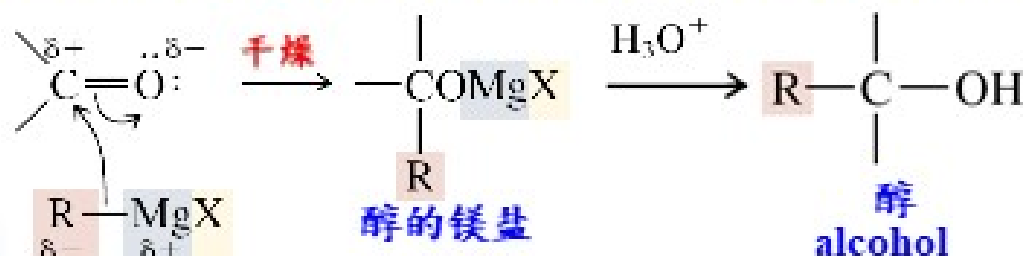
复杂化合物的合成过程中，注意各官能团是否会相互影响——保护策略

10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

10.4.1.6 与金属有机试剂加成

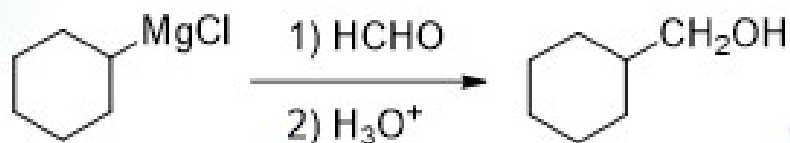
醛、酮与格氏(Grignard)试剂发生亲核加成,经稀酸或氯化铵水溶液水解而生成醇:



注意:

- (1) 格氏试剂遇活泼氢即分解!
- (2) 反应必需分步进行。

这一反应已经成为制备醇的经典方法。例如:



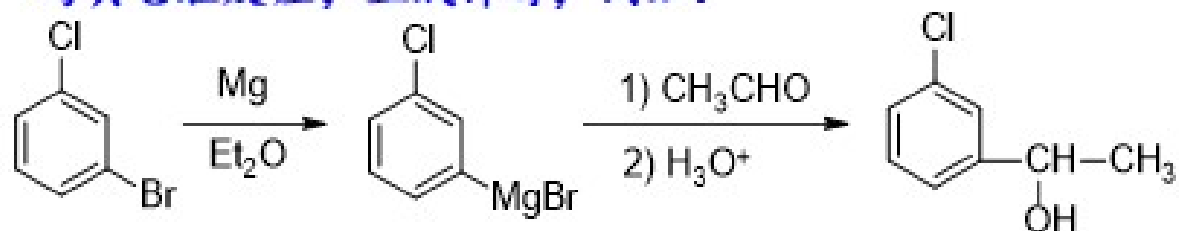
甲醛与格氏试剂的反应可以制备伯醇。

反应必需分步进行

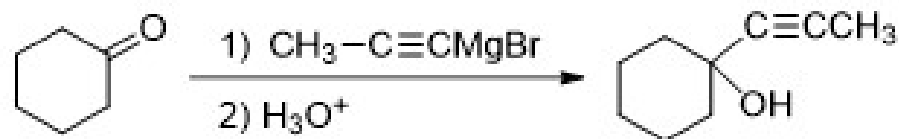
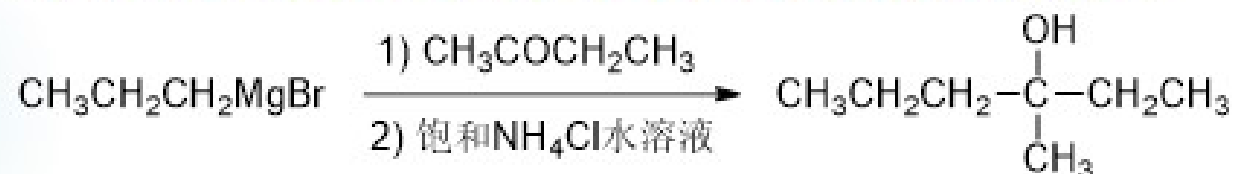
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

与其它醛反应，生成仲醇，例如：



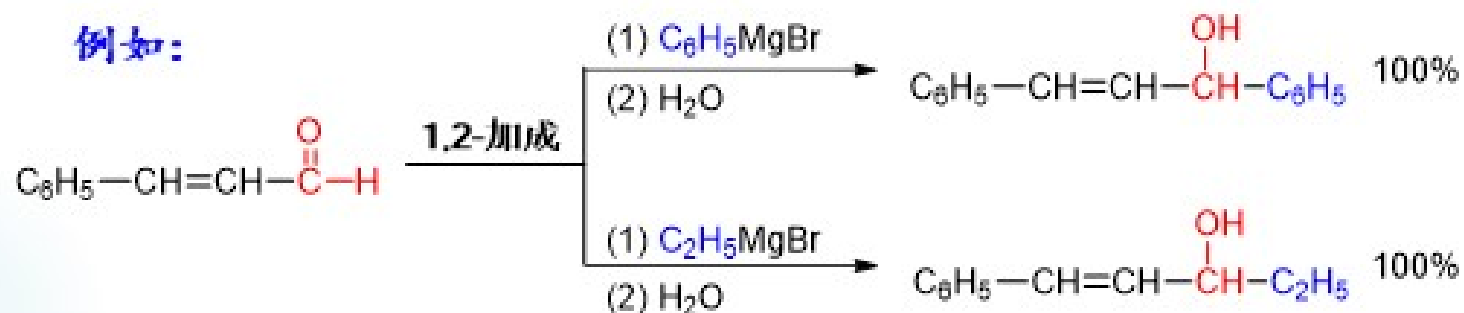
与酮反应，生成叔醇，这是合成叔醇的重要方法，例如：



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

δ, β -不饱和醛、酮与格氏试剂加成时，其加成方式（1,2-加成还是1,4-加成）主要受空间位阻的影响，涉及羰基的空间位阻和格氏试剂的空间位阻。

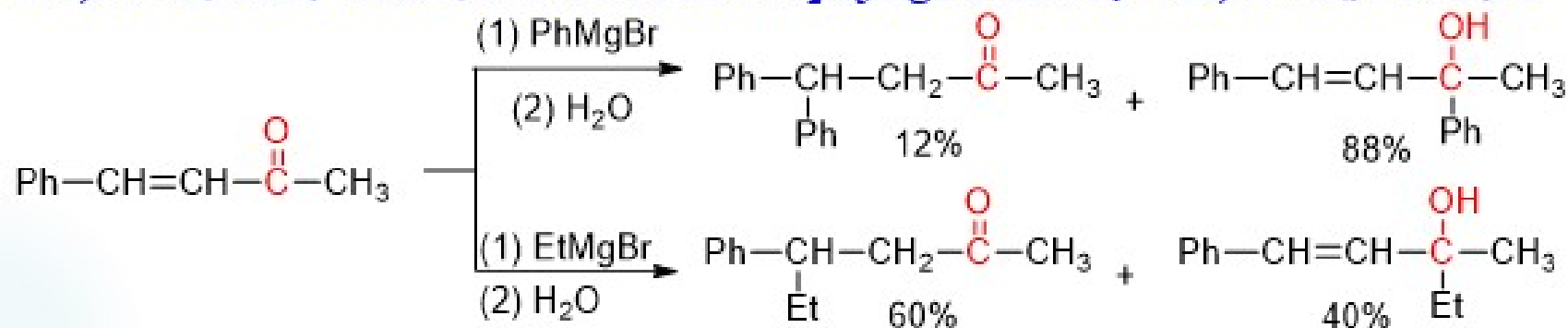
例如：



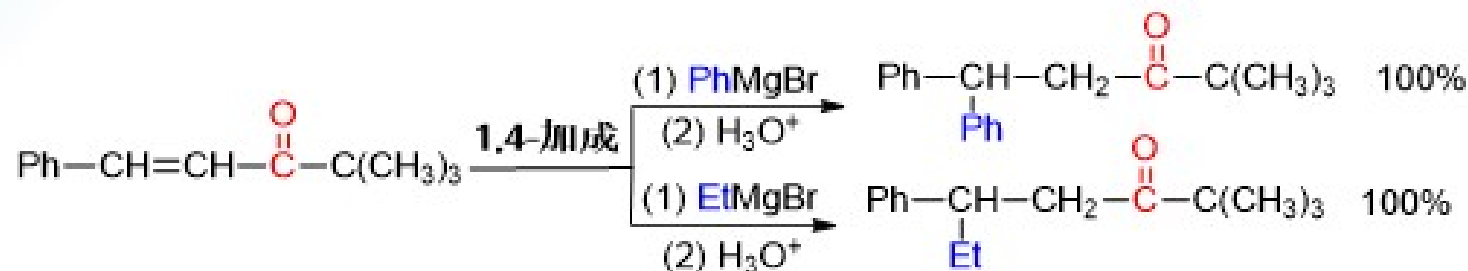
δ, β -不饱和醛分子中，羰基上氢原子的位阻很小，与格氏试剂加成时一般生成1,2-加成产物。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

δ, β -不饱和酮反应时，受格氏试剂的体积影响较大。与体积大 PhMgBr 反应时，以1,2-加成为主；而当与体积相对较小的 $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$ 反应时，则1,4-加成产物略多。

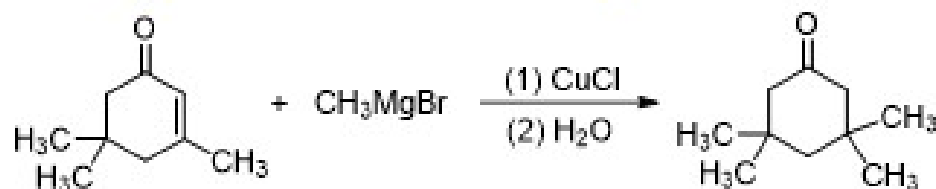


若羰基相连着体积很大的基团（如叔丁基）时，则发生1,4-加成：



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

在亚铜盐催化下， α,β -不饱和醛、酮与Grignard试剂反应也生成1,4-加成产物：

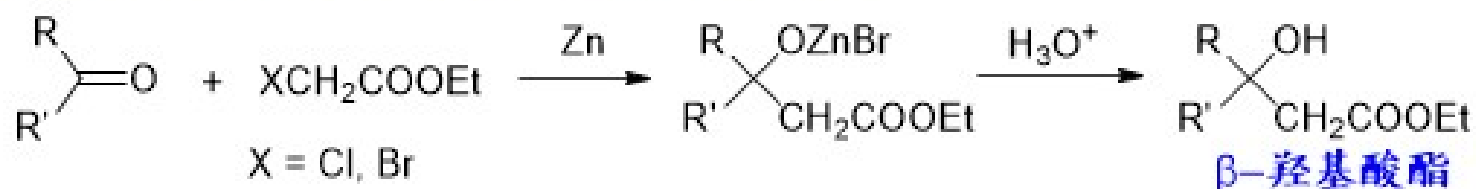


格氏试剂与 α,β -不饱和醛酮1,4-加成反应属于迈克尔加成反应 (Michael addition reaction)，于1887年由A. Michael首先发现，是有机合成中增长碳链的常用方法之一。

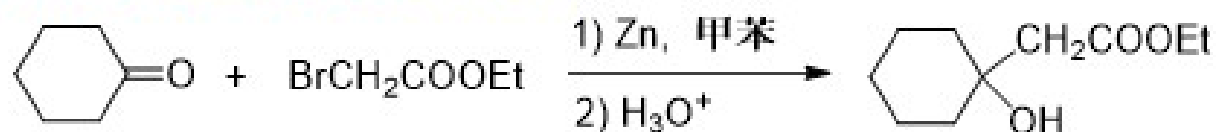
增大羰基和亲核试剂中碳负离子的周围的空间位阻将有利于迈克尔加成；反之，则将增加1,2-加成的概率。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

醛、酮在**锌粉**存在下与 **α -卤代酸酯**反应，再经水解生成 **β -羟基酸酯**，该反应称为**瑞福马斯基 (Reformatsky) 反应**。

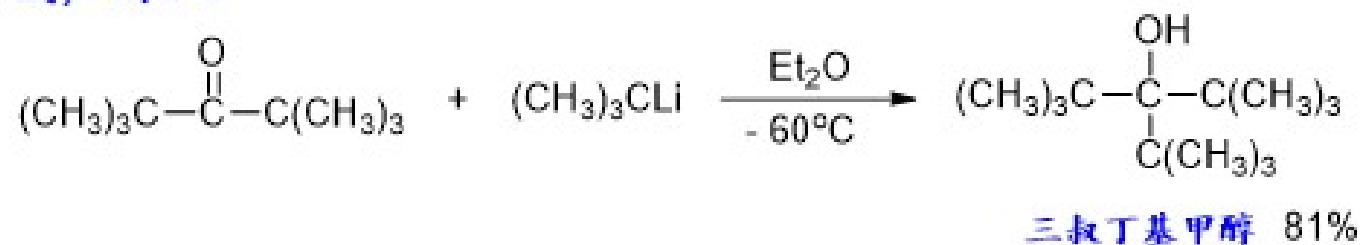


该反应中，锌粉首先与 **α -卤代酸酯**反应生成**有机锌试剂** ($\text{XZnCH}_2\text{COOEt}$)，其亲核性比格氏试剂差，只能与醛或酮的羰基加成，而不能与酯羰基发生加成。是合成 **β -羟基酸酯**的重要方法。例如：

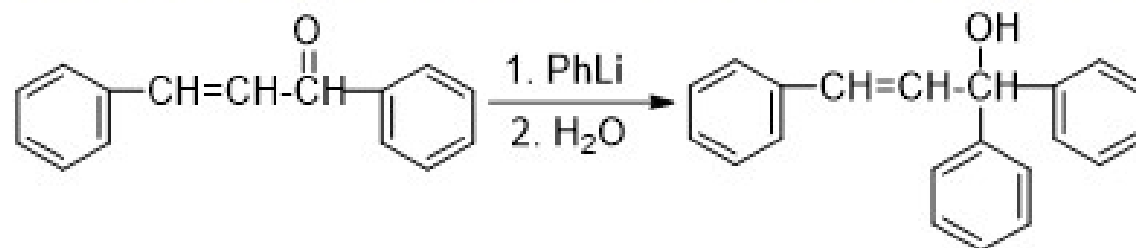


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

与格氏试剂相比，有机锂试剂的活性更高、反应的产率高，可用于大体积叔醇的合成，例如：

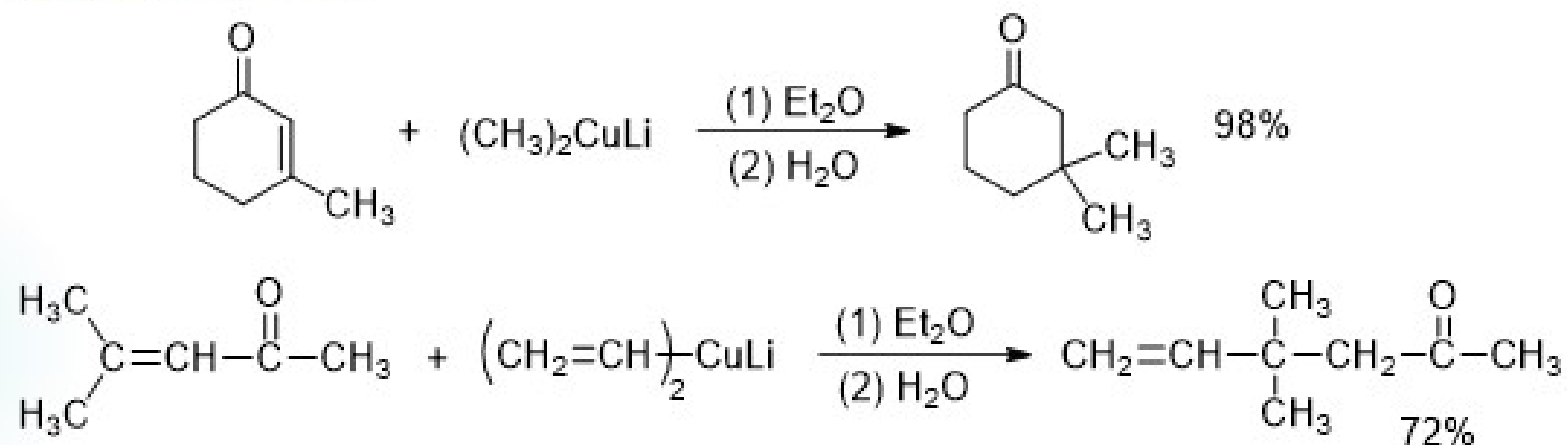


α,β -不饱和醛、酮与有机锂试剂反应，主要是发生1,2-加成，例如：



10. 醛和酮 10.7 不饱和羰基化合物

α, β -不饱和醛、酮与二烷基铜锂反应为1,4-加成，这是这类试剂的一个突出的特点。例如：

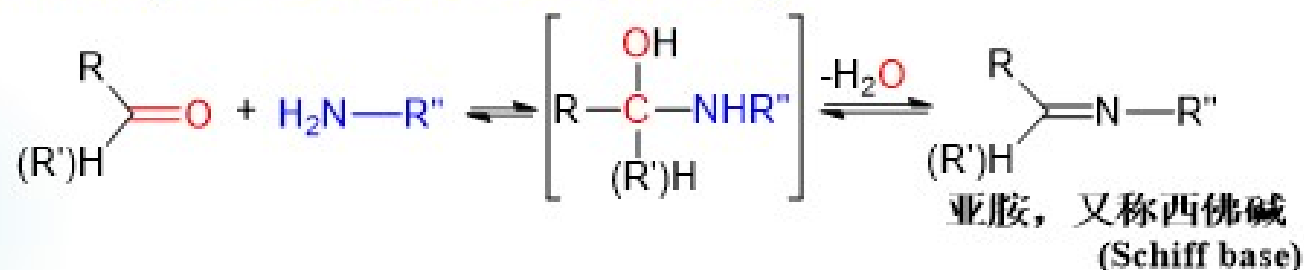


10. 醛和酮

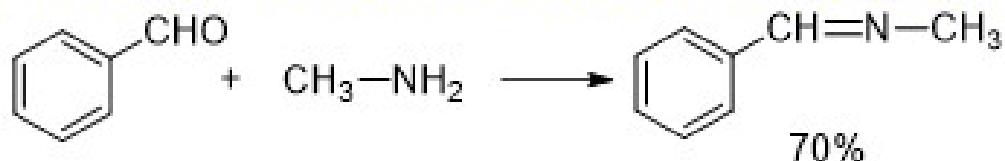
10.4 醛酮的化学性质

10.4.1.7 与氨及其衍生物的加成反应

- 伯胺 RNH_2 与羰基发生亲核加成生成亚胺(imines), $\text{R}_2\text{C}=\text{NR}$;
- 仲胺 R_2NH 与羰基发生亲核加成生成烯胺(enamines), $\text{R}_2\text{N}-\text{CR}=\text{CR}_2$;
- 叔胺 R_3N 一般不与羰基发生亲核加成;



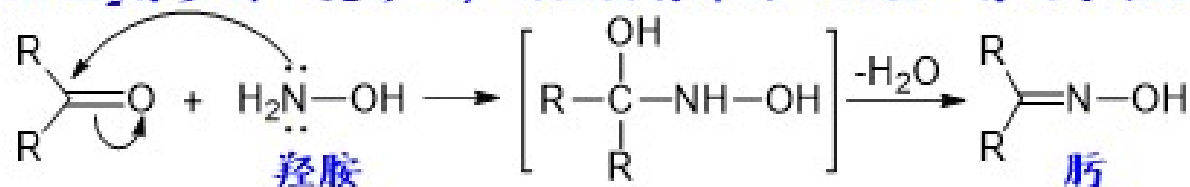
当R或R'中至少有一个为芳基时, 形成的亚胺较稳定, 比较容易制备:



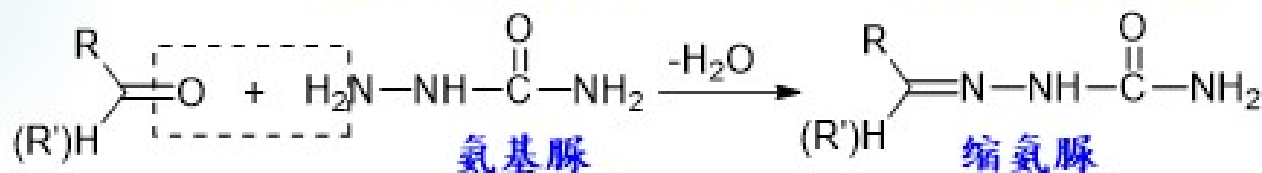
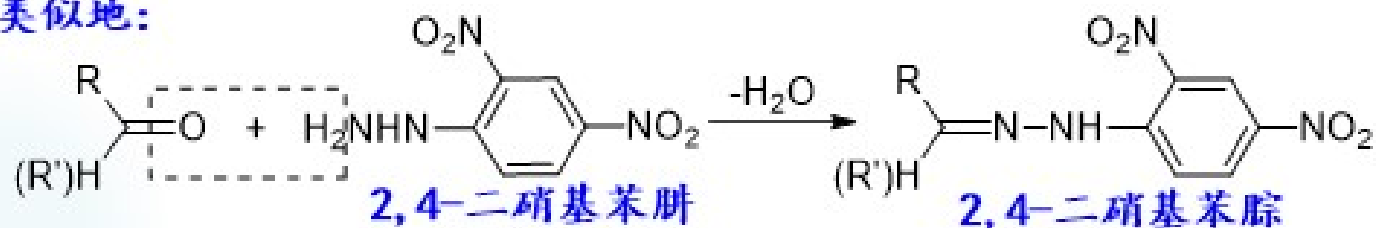
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

RNH_2 有多种“变形”，衍生出特殊的“亚胺”有助于醛酮鉴别，例如：



类似地：

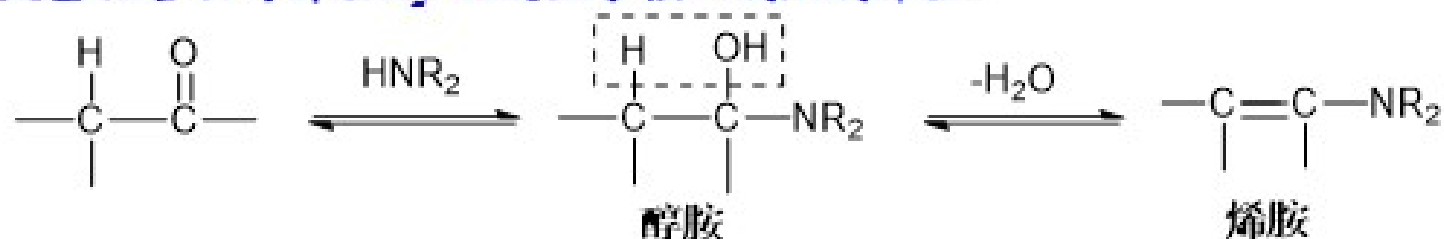


显微熔点测定仪

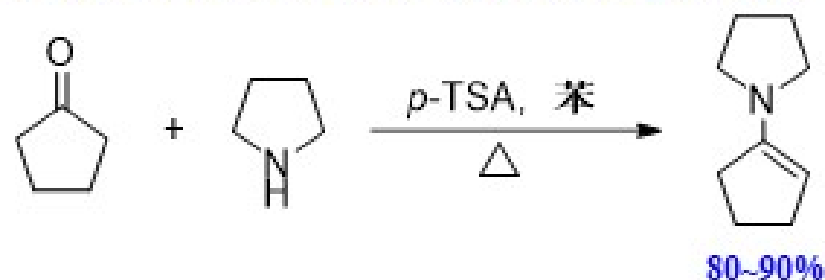
这些亚胺类产物极易结晶、熔程短，根据它们的熔点可确定已知醛、酮的结构。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

羰基化合物与仲胺 R_2NH 发生亲核加成生成烯胺：



在形成烯胺的过程中脱去了一分子水，所以该反应一般需要共沸除水，或者使用干燥剂除水；同时亦需要酸（如对甲苯磺酸，简称 p -TSA，或硫酸）催化。例如：



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

在制备烯胺中，常用的仲胺有：



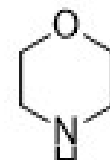
二甲胺



四氢吡咯

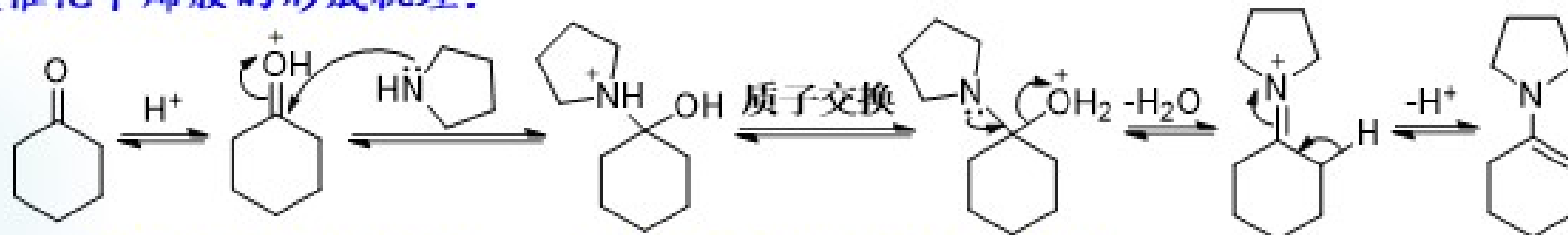


六氢吡啶(哌啶)

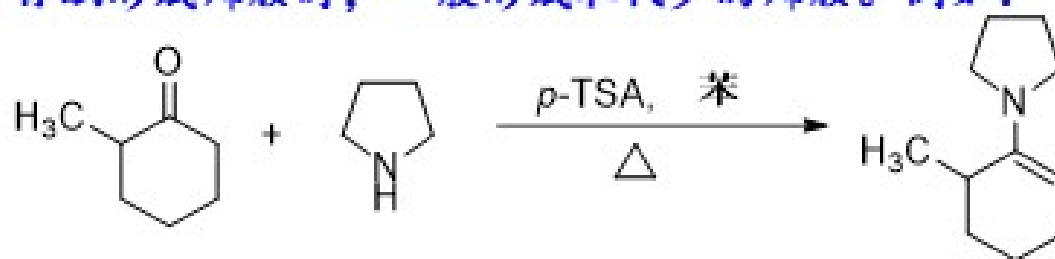


吗啉

酸催化下烯胺的形成机理：



非对称酮形成烯胺时，一般形成取代少的烯胺。例如：



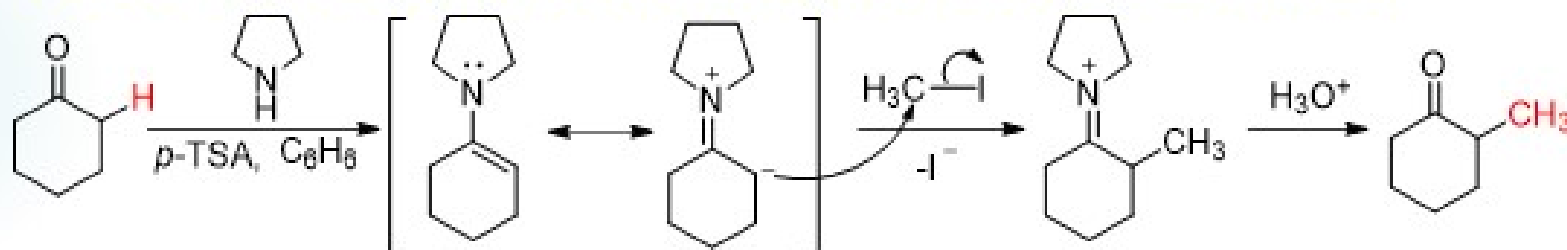
10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

根据**共振论**的观点，烯胺分子中氮原子上带有未共用电子对，碳原子上也可带负电荷：



共振极化式

因此，烯胺可以作为亲核试剂，实现对酮的 α -H的烷基化，例如：

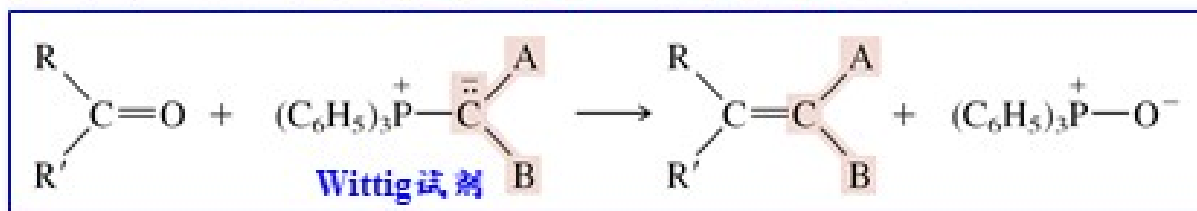


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

10.4.1.8 与磷叶立德的加成：维蒂希(Wittig)反应

醛、酮与磷叶立德 (又称Wittig试剂)的亲核加成反应称为维蒂希(Wittig)反应。

维蒂希反应是从醛、酮出发选择性合成烯烃的非常有效方法。



Georg Wittig
1898-1987

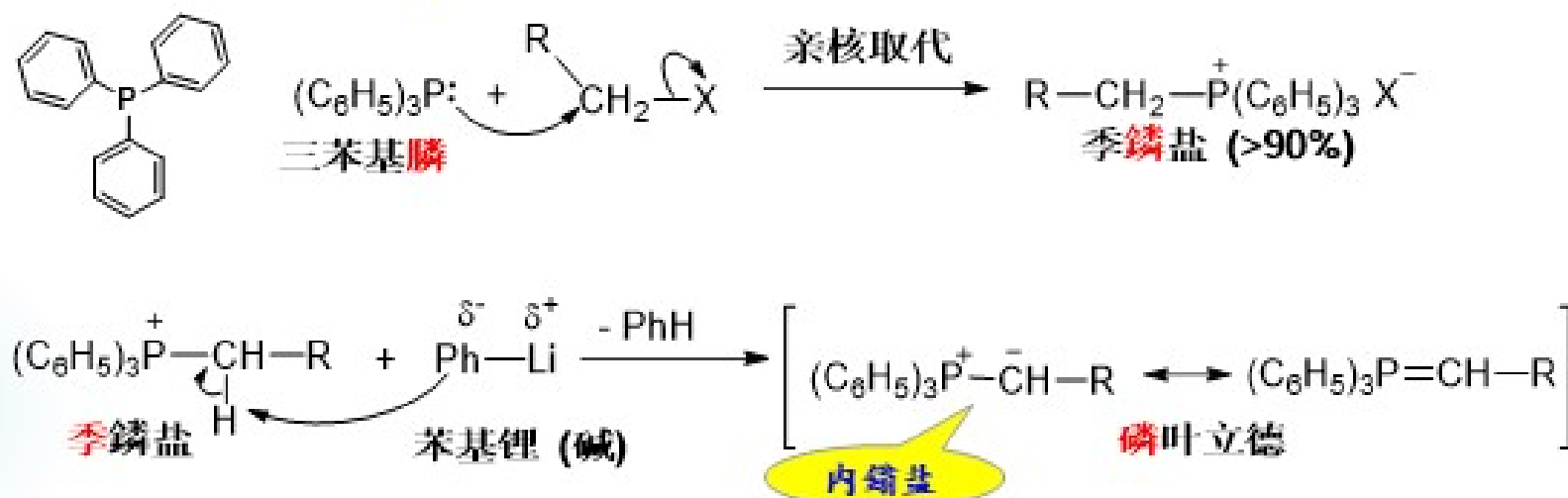


格奥尔格·维蒂希(G. Wittig), 德国有机化学家, 他涉猎广泛, 取得的最重要成就是发现了以他的名字命名的“维蒂希(Wittig)反应”。1979年因将磷化合物用于有机合成中与美国化学家赫伯特·布朗分享了诺贝尔化学奖。

10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

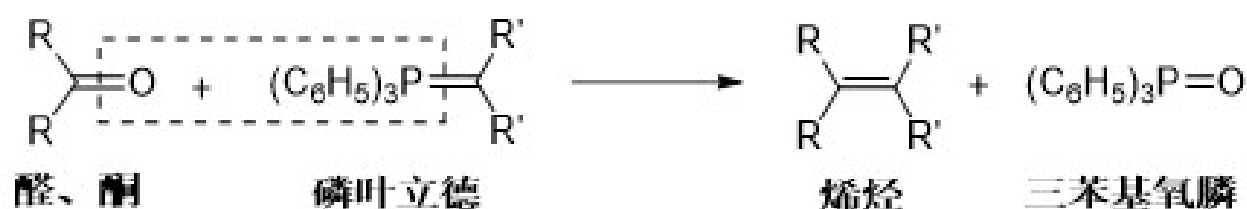
磷叶立德（又称Wittig试剂）的制备：



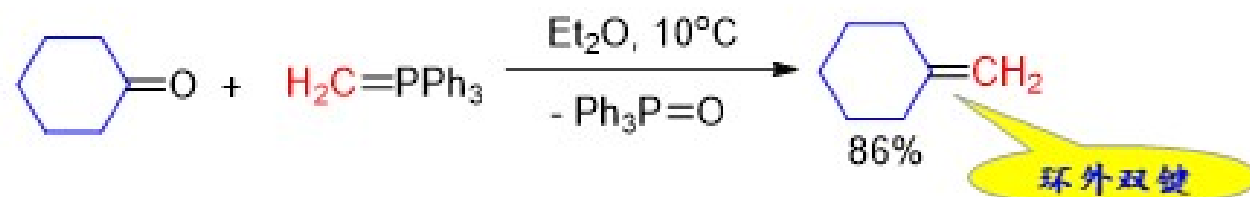
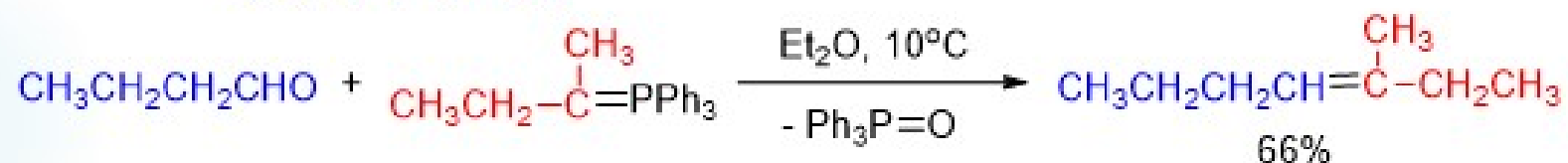
生成的Wittig试剂主要以内鎓盐的形式存在，内鎓盐亦称叶立德（ylide）。因而Wittig试剂亦称磷内鎓盐或磷叶立德。

10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

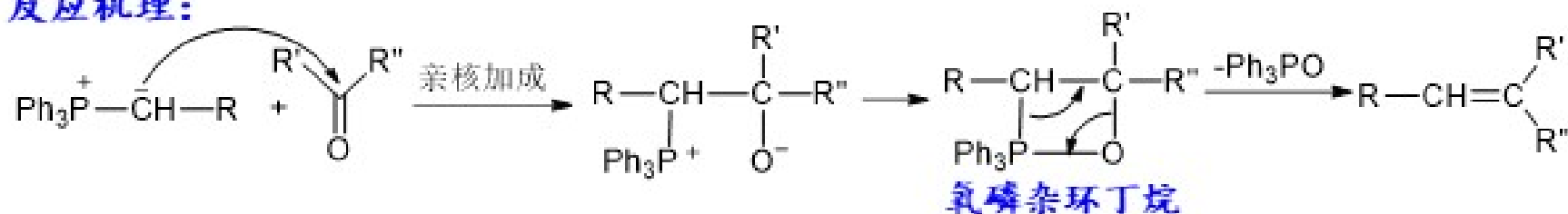


反应特点：在特定位置形成C=C键，不发生重排，特别是可形成其它反应难以形成的环外双键。



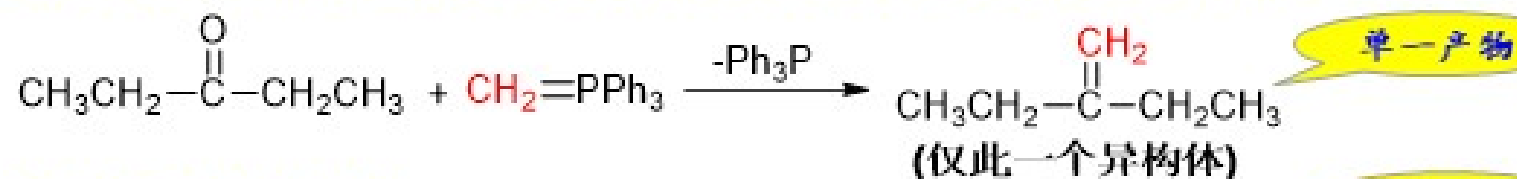
10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

反应机理:

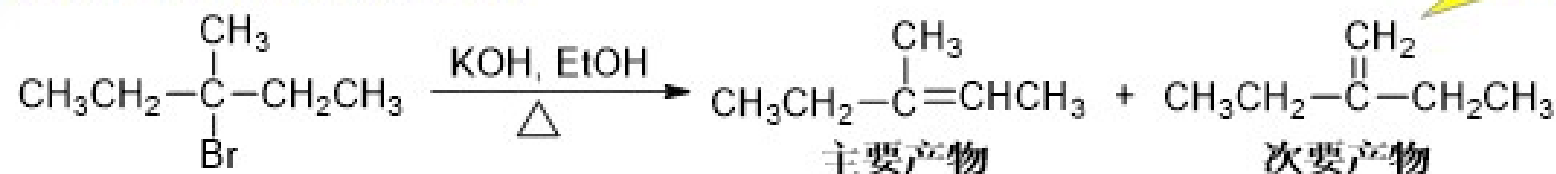


因此, 利用Wittig反应制备烯烃时, C=C键的位置是确定的, 不存在异构体。

例如:



若用消除反应制备烯烃:

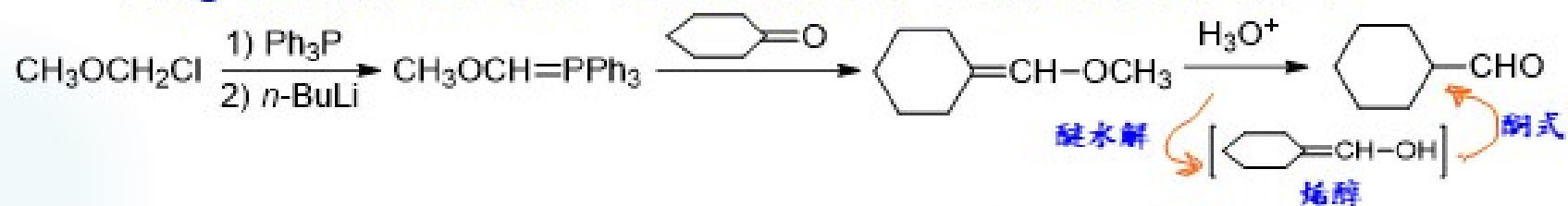


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

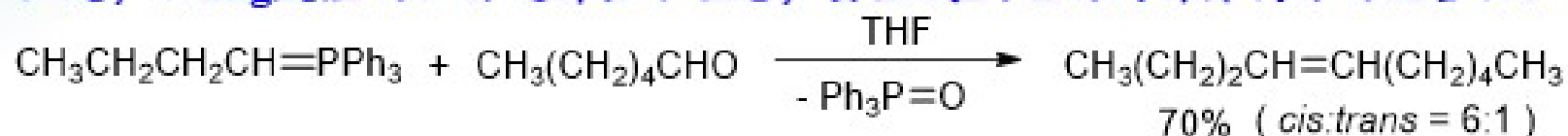
在利用Wittig反应制备烯烃时，分子中含有的酯基、双键、氨基、卤素等均无影响。例如：



Wittig反应条件还可合成一些用其它方法难以制备的醛等。例如：

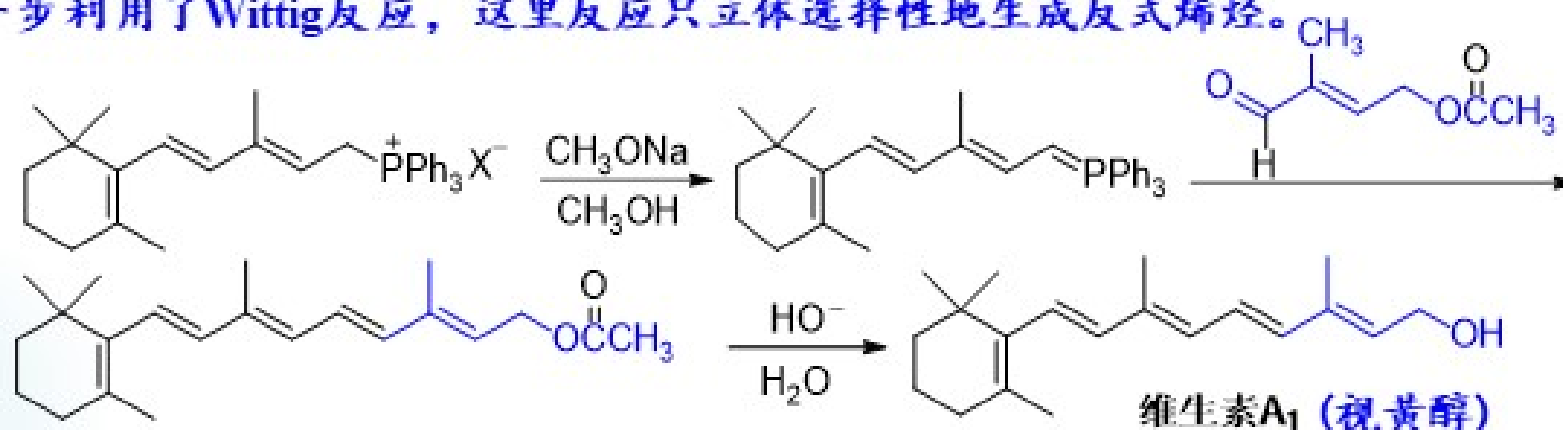


但是，Wittig反应的立体选择性不理想，会生成*E*和*Z*的两种异构体的混合物：



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

Wittig反应在工业上也有广泛的应用，德国BASF公司合成维生素A₁时，关键的一步利用了Wittig反应，这里反应只立体选择性地生成反式烯烃。



维生素A包括A₁及A₂，维生素A₁的活性要比维生素A₂的高得多，由美国科学家在1912~1914年之间发现，是第一个被发现的人体新陈代谢所必需的脂溶性维生素，胡萝卜素在小肠粘膜内可变为维生素A，缺乏会导致眼膜和眼角膜硬化症和夜盲症。

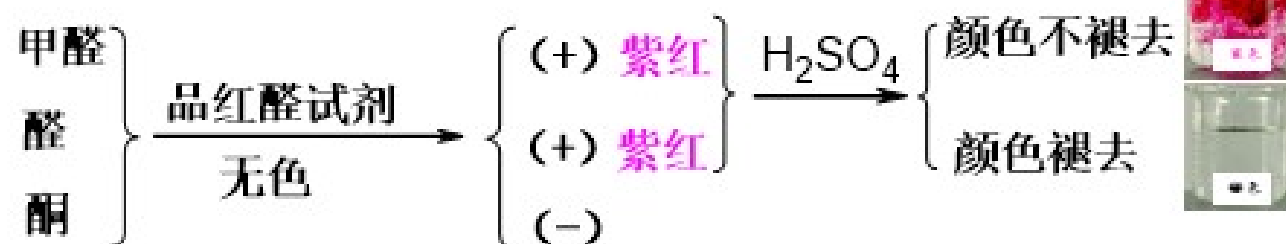


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

10.4.1.9 与席夫 (Schiff) 试剂的反应

品红醛试剂：通 SO_2 于品红溶液中则得到无色的溶液，也叫席夫(Schiff)试剂。

作用：品红醛试剂可用于区别甲醛、其它醛和酮。例如：



品红醛试剂与醛类作用显紫红色，而酮类则不起反应，因此也可用Schiff试剂来区别醛与酮。

甲醛遇品红醛试剂所显的颜色加硫酸后不消失，而其它醛所显的颜色则褪去。

10. 醛和酮

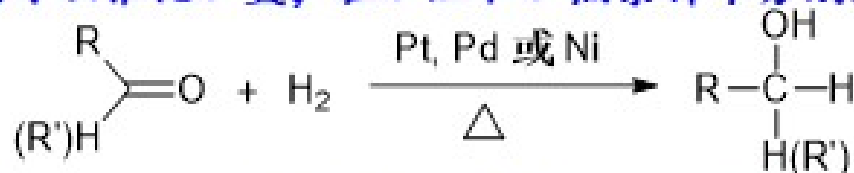
10.4 醛酮的化学性质

10.4.2 还原反应

10.4.2.1 还原成醇

1. 催化加氢

醛、酮可以催化加氢，在加压和加热条件下分别生成伯醇和仲醇。



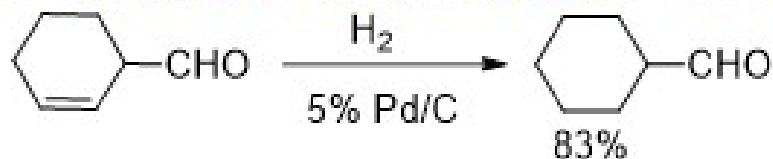
便宜的金属
选择性差

如选择 H_2/Ni 还原，分子中如存在双键同时也被还原。例如：



昂贵的金属
选择性好

如选择 $\text{H}_2/\text{Pd/C}$ 还原，则只还原双键而不还原羰基。例如：



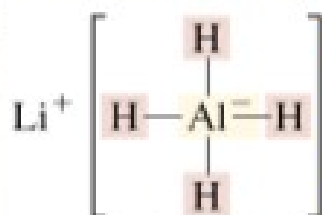
Pd/C——钯碳，
钯粉负载到活性碳上

10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

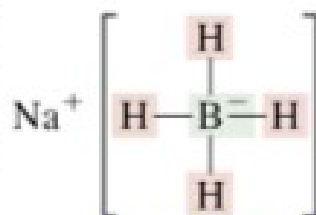
2. 用金属氢化物还原

常用的氢化铝锂(LiAlH_4)或硼氢化钠(NaBH_4) 均能使醛、酮还原成醇。



白色晶状固体

LiAlH_4 是强还原剂，不仅能使醛、酮的羰基还原，而且能使羧酸、酯中的羰基还原。它遇水则爆炸性水解，所以通常只能在无水乙醚或THF中使用。



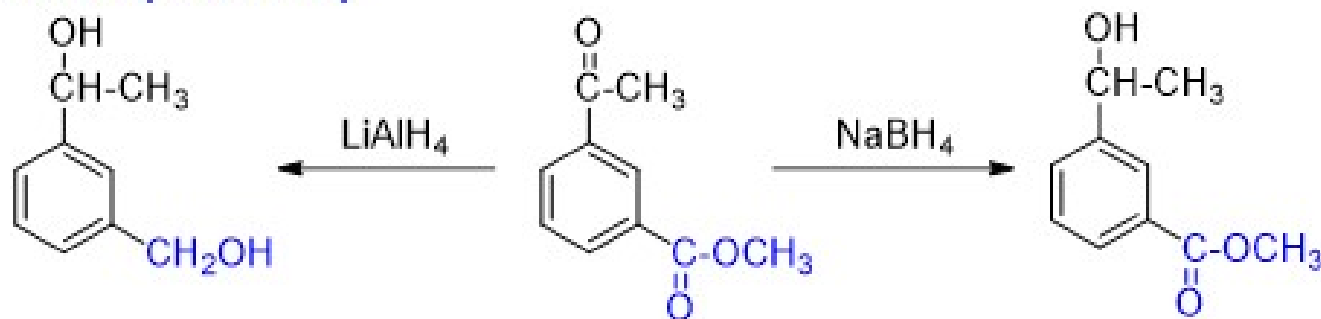
白色细结晶粉末

NaBH_4 是中等强度的还原剂，只能使醛、酮、酰氯中的羰基还原，不影响共存的 $-\text{NO}_2$ 、 $-\text{COOR}$ 、 $-\text{CN}$ 等基团，对水也不敏感，可在水溶液或醇溶液中使用。

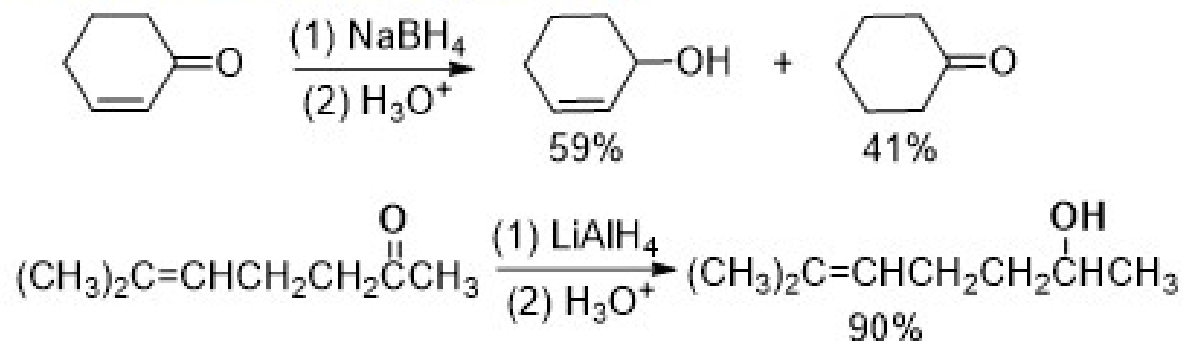
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

➤ 还原能力: $\text{LiAlH}_4 > \text{NaBH}_4$



➤ 还原 $\text{C}=\text{C}$ 双键的能力: $\text{NaBH}_4 > \text{LiAlH}_4$



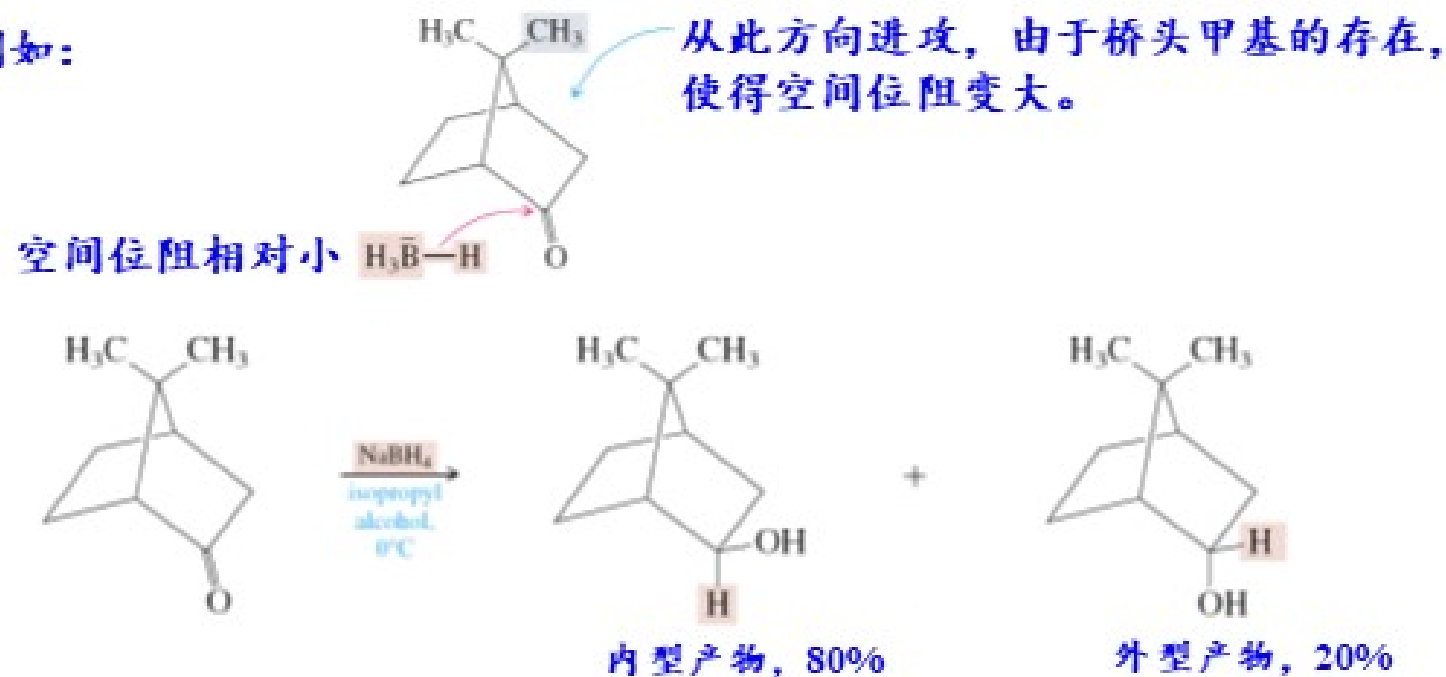
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

反应机理：以 H^- 作为亲核试剂的亲核加成反应。

➤ H^- 的进攻方向主要取决于羰基的空间位阻

例如：

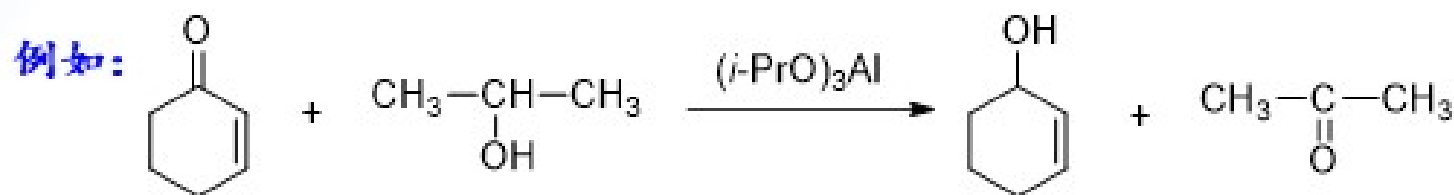
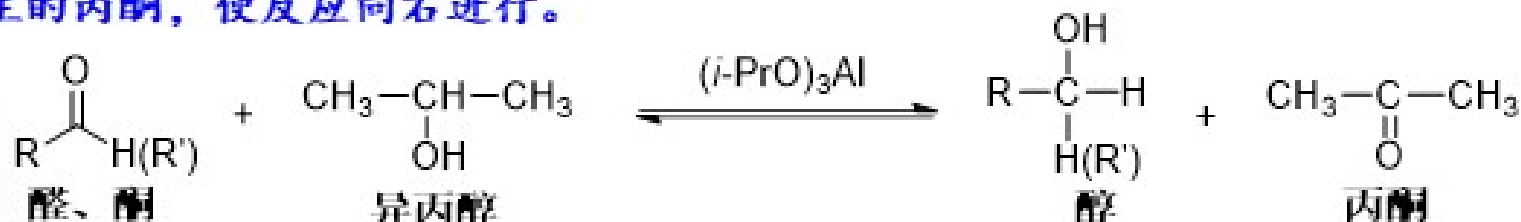


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

3. 麦尔外因—庞多夫—维尔莱 (Meerwein-Ponndorf-Verley) 还原反应

在异丙醇铝作用下，以异丙醇作溶剂，可以使醛、酮还原成醇，而异丙醇被氧化成丙酮的反应。

反应异丙醇为大过量，既作反应物又作溶剂，反应过程中不断蒸馏出反应产生的丙酮，使反应向右进行。

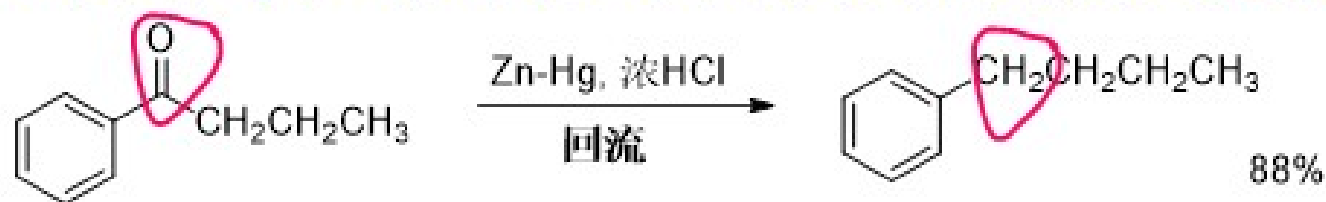


10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

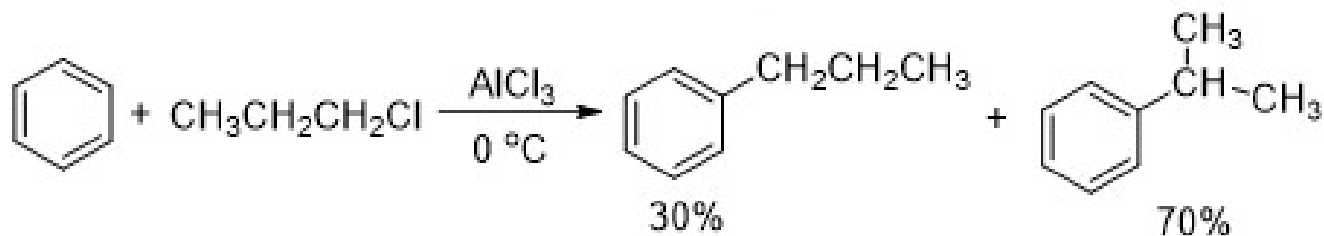
10.4.2.2 直接还原成烃

1. 克莱门森 (Clemmensen) 还原

在锌汞齐 Zn(Hg) 和浓盐酸一起加热回流下，酮的羰基直接还原成亚甲基的反应。这是将 C=O 还原成 CH_2 的一种较好的方法，在有机合成中常用于合成直链烷基苯。



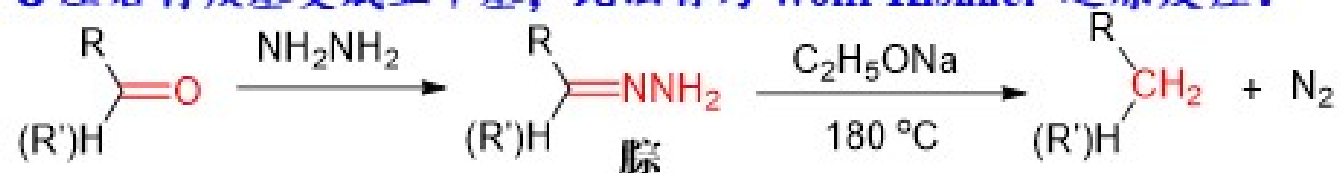
相比较，傅-克烷基化反应主要生成支链烷基苯：



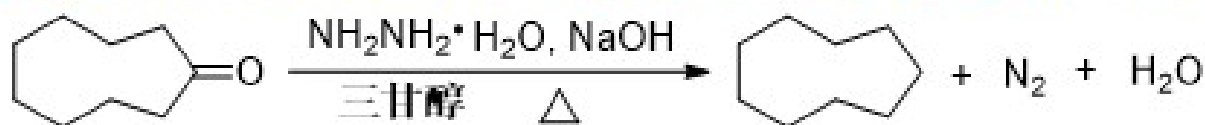
10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

2. 沃尔夫—凯西纳 (Wolff-Kishner)—黄鸣龙还原

将醛或酮与纯肼作用变成腙，然后将腙和乙醇钠及无水乙醇在高压釜中加热到 180°C 左右将羰基变成亚甲基，此法称为 Wolff-Kishner 还原反应：



我国化学家黄鸣龙在1946年改进了这个方法，利用水合肼和高沸点溶剂(如二甘醇)，将醛、酮变成腙，避免了使用纯肼，反应在常压下可顺利进行。这种改进的方法称为沃尔夫-凯西纳-黄鸣龙还原。例如：



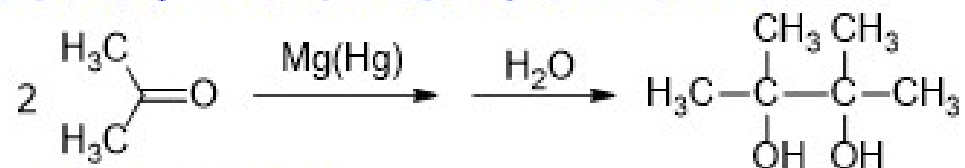
黄鸣龙
1898-1979年

反应在碱性条件下进行的，是酸性条件下的Clemmensen还原的一个互补。

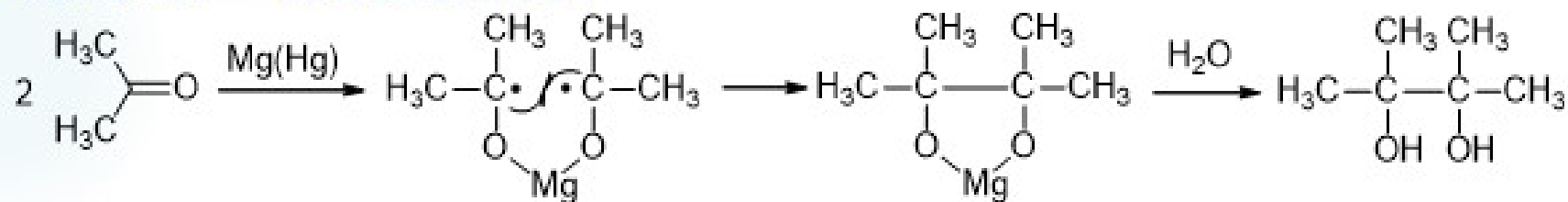
10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

10.4.2.3 酮的双分子还原反应

在非质子性溶剂（如甲苯、二甲苯等）中，醛或酮与活泼金属（如镁）作用，发生双分子还原偶联，经水解生成频哪醇。例如：



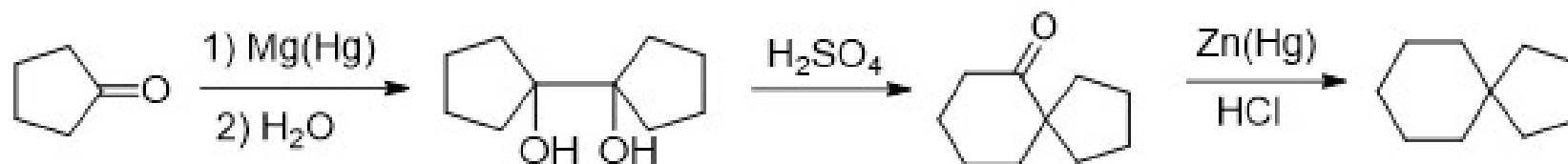
反应机理——自由基反应历程：



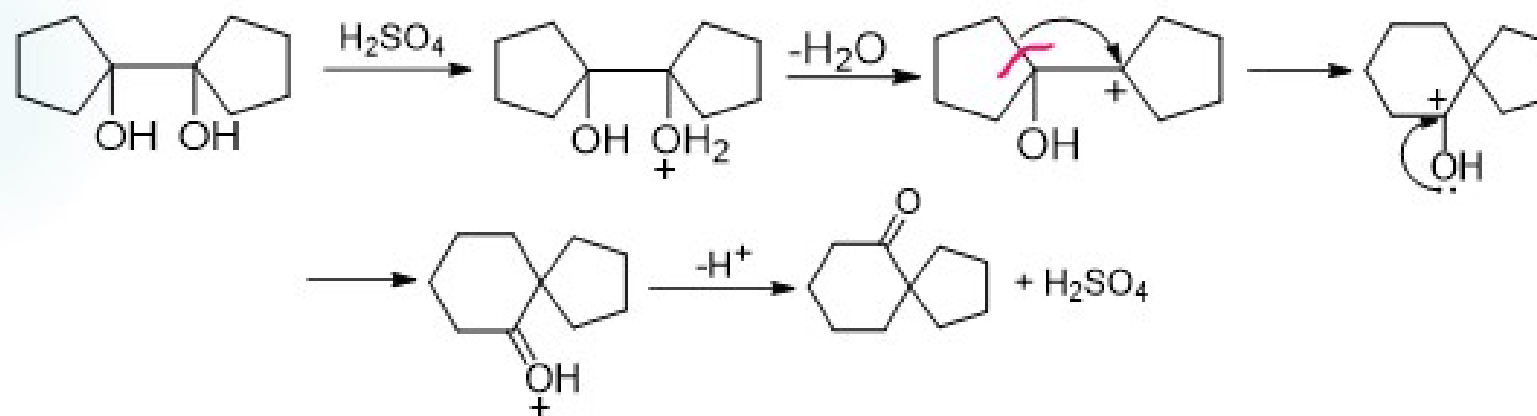
这是有机合成上制备对称邻二醇的主要方法，为**频哪醇重排**反应提供原料。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

写出下列反应的产物：



频哪醇重排反应历程：



10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

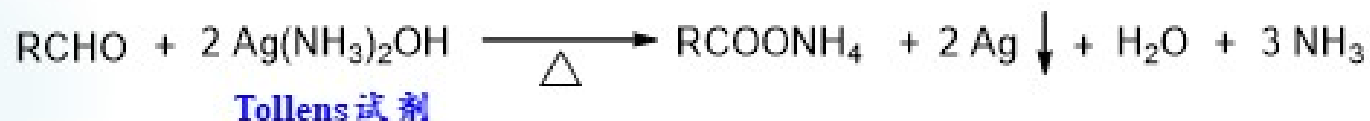
10.4.3 氧化反应

氧化反应活性：醛 >> 酮

应用：(1) 弱氧化剂可以氧化醛为羧酸，但不能氧化酮。

常用弱氧化剂：托伦（Tollens）试剂、费林（Fehling）试剂。

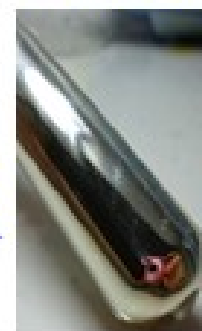
Tollens试剂：硝酸银的氨溶液（简称银氨溶液），一般仅氧化醛，由德国有机化学家伯哈德-托伦斯（B. Tollens）发明。



因为反应会在洁净试管内壁形成银镜，所以该反应常称为**银镜反应**。所有的醛（包括脂肪醛、芳香醛）都能发生银镜反应，因此可以利用该反应来**区别醛和酮**。许多工业制镜和热水瓶镀银等过程就是利用这个反应。

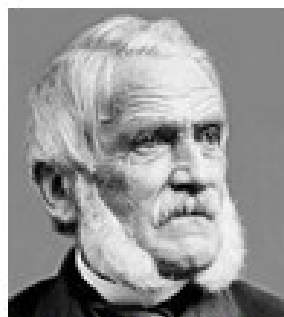


Bernhard Tollens
(1841-1918)



10. 醛和酮

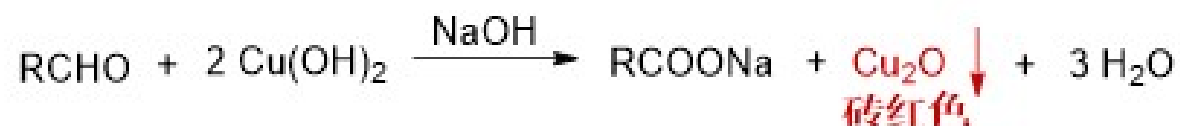
10.4 醛酮的化学性质



Hermann von Fehling
(1812—1885)

1849年，德国化学家赫尔曼·冯·斐林 (H.Fehling) 发明了斐林试剂。

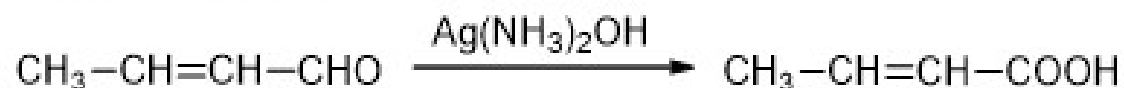
Fehling试剂：硫酸铜溶液与酒石酸钾钠碱溶液混合而成，
作为弱氧化剂的是 Cu^{2+} ：



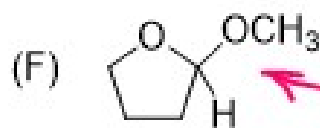
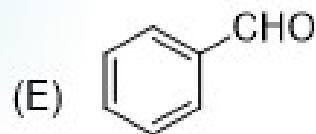
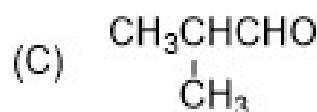
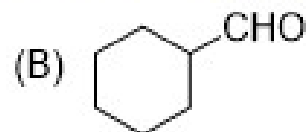
Fehling试剂可以区别脂肪醛和芳香醛。糖尿病人的尿中含有多量的葡萄糖，葡萄糖是五羟基己醛，医院里也是用Fehling试剂来检验尿中的葡萄糖。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

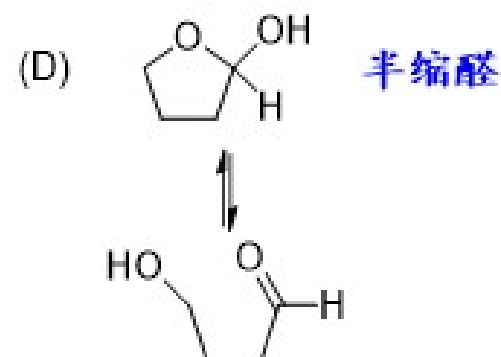
当醛分子中有C=C键和C≡C键时，选用弱氧化剂可选择性地将醛氧化成酸，而C=C键或C≡C键则不变。例如：



练习：下列化合物中，哪些能发生银镜反应？



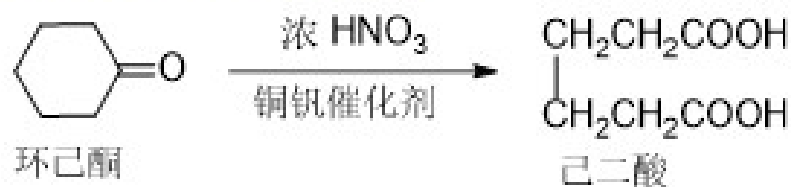
缩醛，
碱性条件下稳定



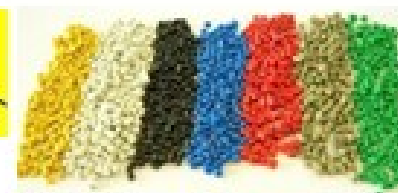
解答：能发生银镜反应的有：(B)、(C)、(D)、(E)

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

醛/酮氧化反应的应用:



尼龙-66



这是工业生产己二酸的方法，用作尼龙-66 (Nylon-66) 的原料。

尼龙66是最高开发成功的尼龙制品，1939年美国杜邦公司实现工业化生产。目前，尼龙66可代替金属材料做机器外壳、齿轮、汽车发动机叶片等，也可用于制合成纤维。

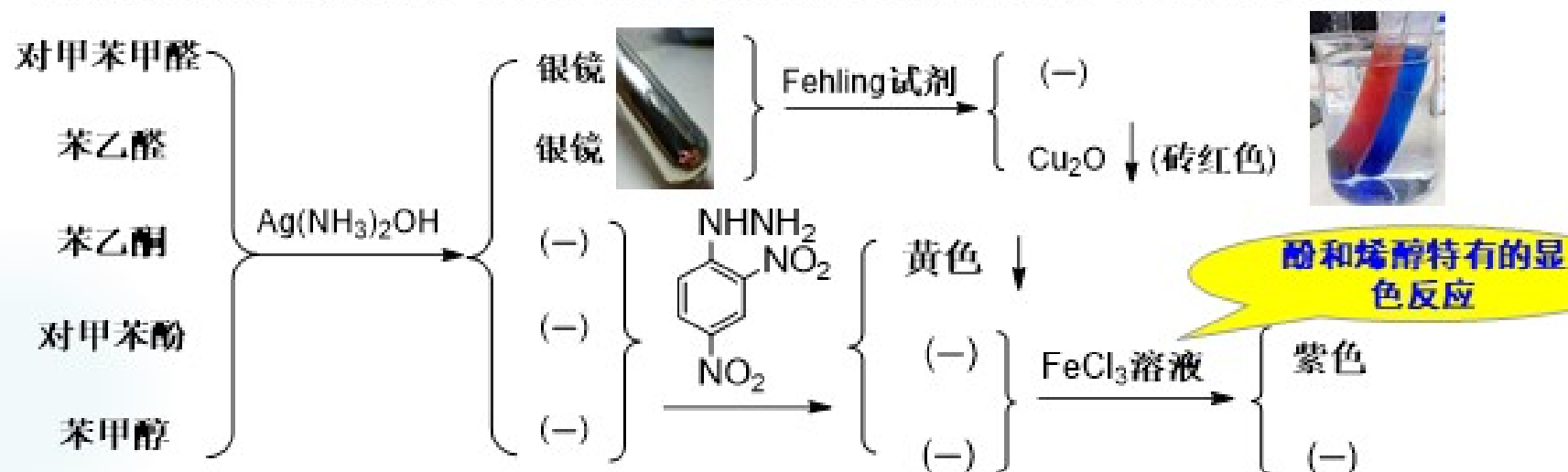


英威达
INVISTA
尼龙-66的权威制造商



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

鉴别下列化合物：对甲基苯甲醛、苯乙醛、苯乙酮、对甲基苯酚、苯甲醇



危险的方法：用Na鉴别对甲苯酚——酚的酸性比水强，反应剧烈易燃烧！

鉴别反应的要求：安全、易操作；反应迅速、现象明显。

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

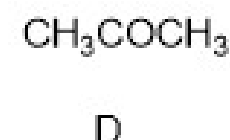
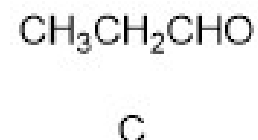
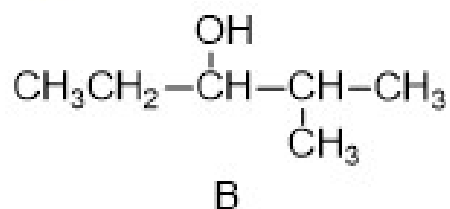
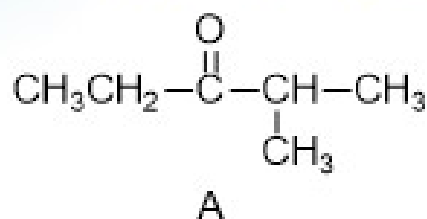
某化合物A分子式为 $C_6H_{12}O$ ，能与羟胺作用生成肟，但不起银镜反应，在铂催化下进行加氢，则得到一个醇B，此醇经过脱水、臭氧化、还原水解等反应后得到两种液体C和D。化合物C能起银镜反应，但不起碘仿反应。化合物D能起碘仿反应，而不能使Fehling试剂还原。试推测出化合物A、B、C、D的结构。

分析：(1) A具有羰基，但不是醛——A是酮；

(2) A还原为醇——B，醇脱水转变为烯烃；烯烃臭氧化水解变为羰基化合物；

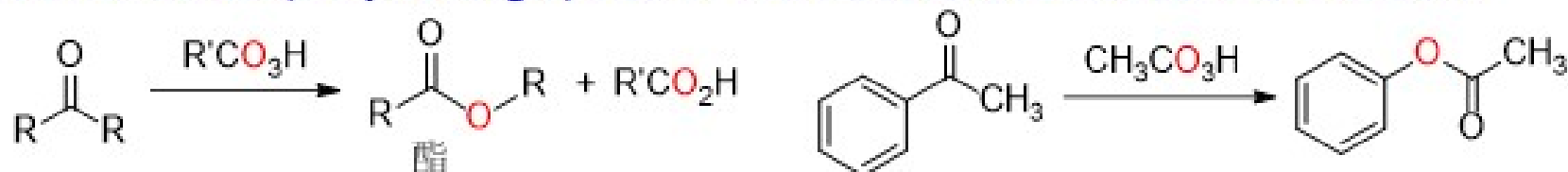
(3) C是醛，但不是乙醛——C是丙醛；

(4) D是酮，是丙酮；



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

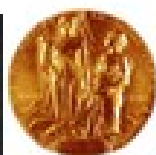
拜依尔-维利格(Baeyer-Villiger) 反应：酮在过氧酸作用下被氧化成酯的反应。



基团迁移能力：三级碳 > 二级碳 > 苯基 > 一级碳 > 甲基

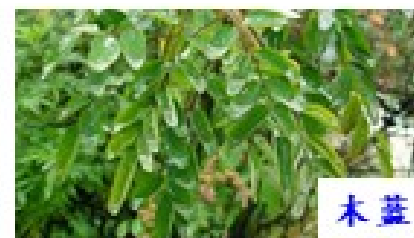


Adolf von Baeyer
(1835—1917)

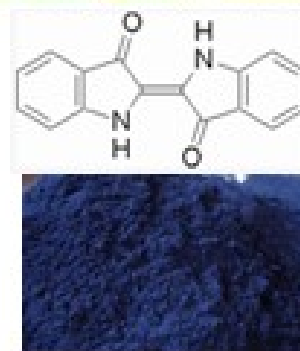


“青出于蓝而胜于蓝”

阿道夫·冯·贝耶尔 (A. Baeyer) 是德国有机化学家，成功分析出吲哚的结构，首次合成了靛蓝，对有机合成染料和芳香族化合物的研究作出重要贡献，大大促进了有机化学与化学工业的发展，由此获得1905年诺贝尔化学奖。



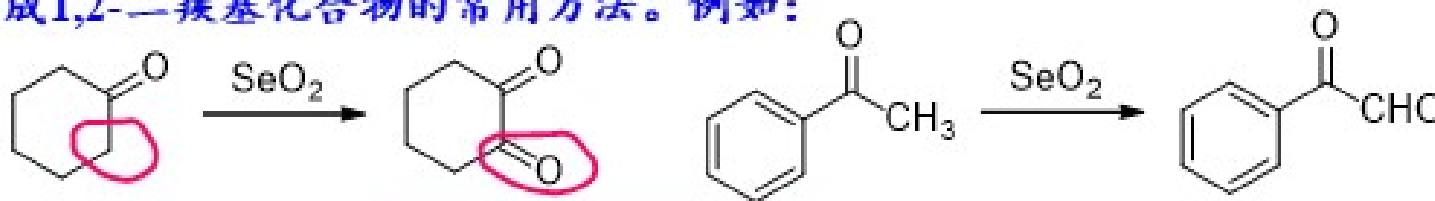
木蓝



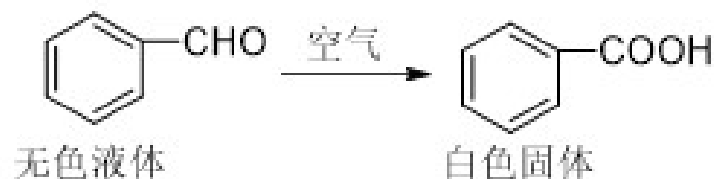
靛蓝

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

用二氧化硒 (SeO_2) 作氧化剂, 可将与羰基相邻的亚甲基或甲基氧化成羰基, 是合成1,2-二羰基化合物的常用方法。例如:



附注: 许多醛 (如乙醛、苯甲醛等) 在空气中可被氧化, 这叫自氧化反应。



保存时间长了, 瓶中和瓶口会出现白色固体——苯甲酸

10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

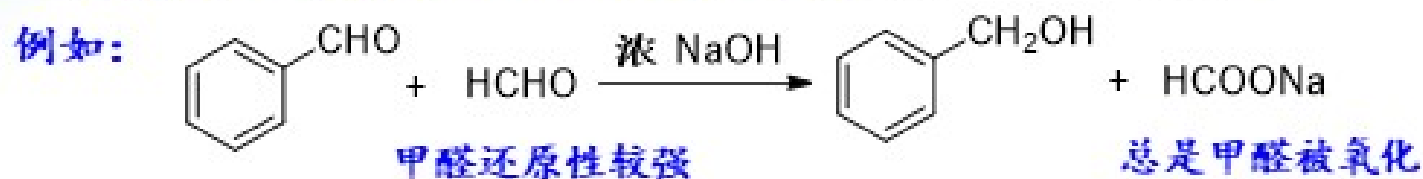
10.4.4 歧化反应——康尼查罗(Cannizzaro)反应

浓碱作用下，不含 α -H的醛发生的自身氧化还原反应，即一分子醛被氧化成羧酸，在碱溶液中生成羧酸盐，而另一分子醛被还原成醇。



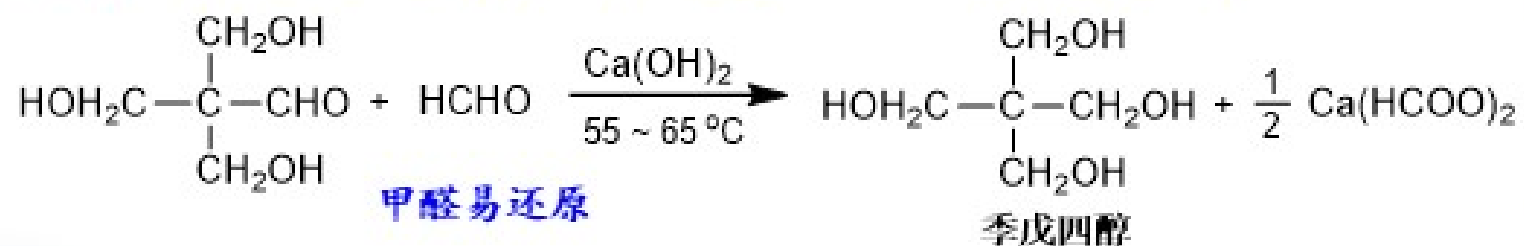
这种同时发生氧化和还原的反应通常称为歧化反应 (disproportionation)。

不同分子间进行的Cannizzaro反应称为交错Cannizzaro反应。



10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

应用：用于合成一些特殊结构的醇，如工业上制备季戊四醇。



季戊四醇

季戊四醇为白色结晶或粉末，是具有广泛用途的化工原料，大量用于涂料工业生产醇酸树脂、合成高级润滑剂、增塑剂、表面活性剂以及医药、炸药等原料。



涂料



高级润滑剂

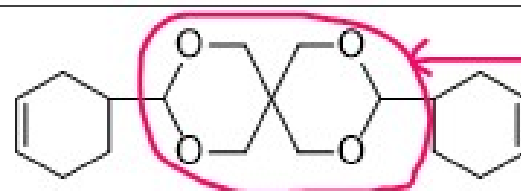


增塑剂

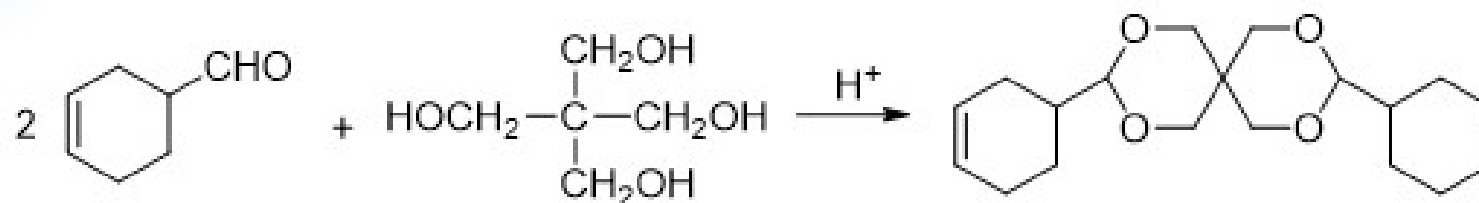
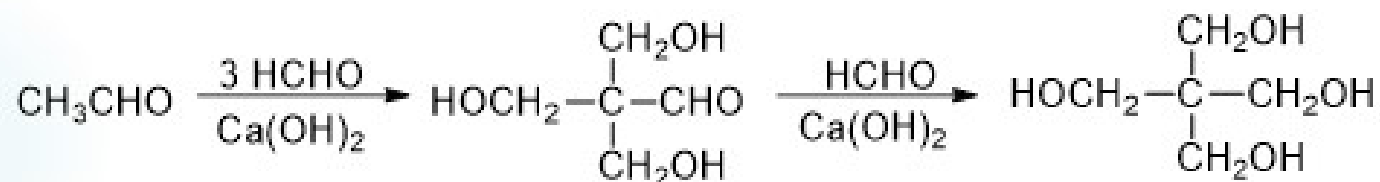
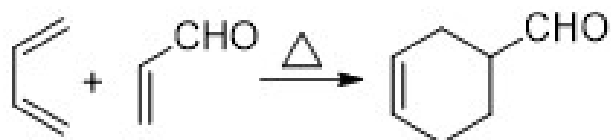
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

练习：由四个碳及以下有机试剂合成



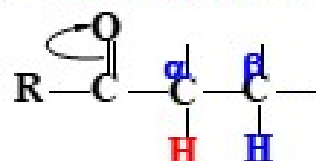
季戊四醇



10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

10.4.5 α -氢原子的反应

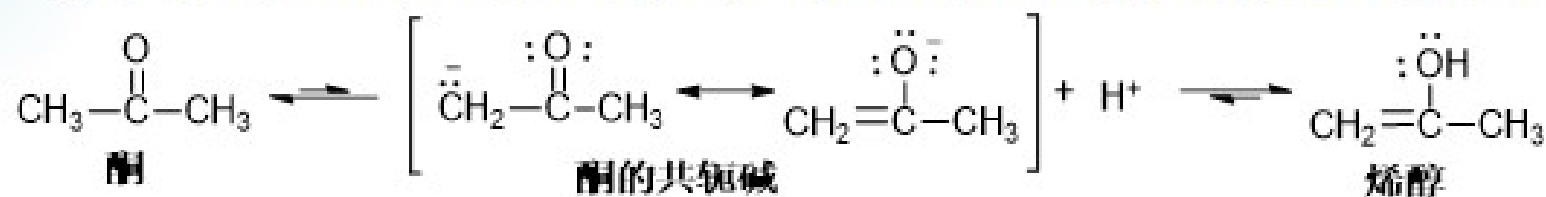


受到羰基的影响， α -H具有一定的酸性。

化合物	<chem>CH3CHO</chem>	<chem>CH3COCH3</chem>	<chem>C1CCCCC1=O</chem>	<chem>c1ccccc1C(=O)C</chem>	<chem>CH3OH</chem>	<chem>H2O</chem>
α -H 的 pK_a	17.0	20.0	17.0	16.0	15.6	15.7

10.4.5.1 酮-烯醇平衡

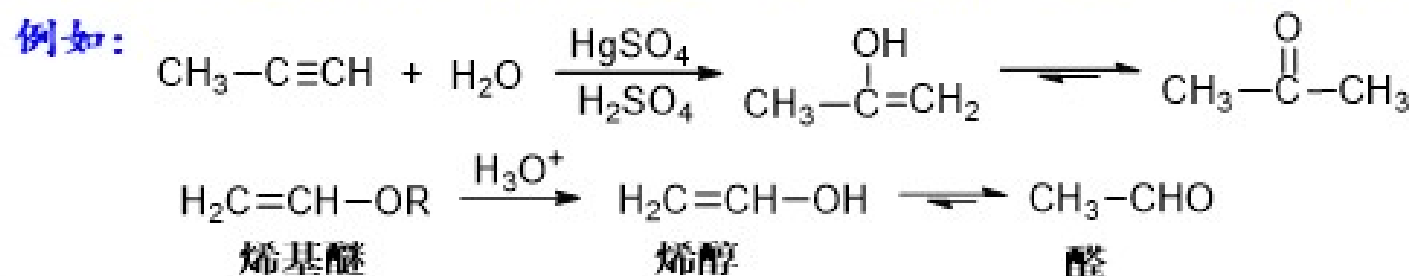
具有酸性的 α -H可以发生电离，例如丙酮电离后生成丙酮的共轭碱和质子：



检测到烯醇——羰基的 α -H有酸性

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

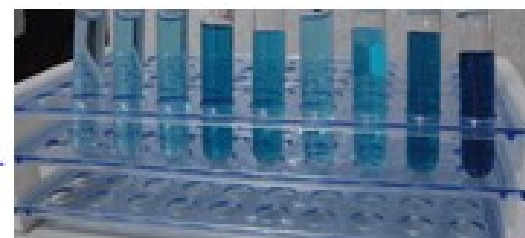
在合成反应中，有时本应得到烯醇，而实际上得到的是它的互变异构体—醛或酮。



Ar-OH

苯酚以及其他酚具有类似的烯醇式结构

} FeCl₃显色反应



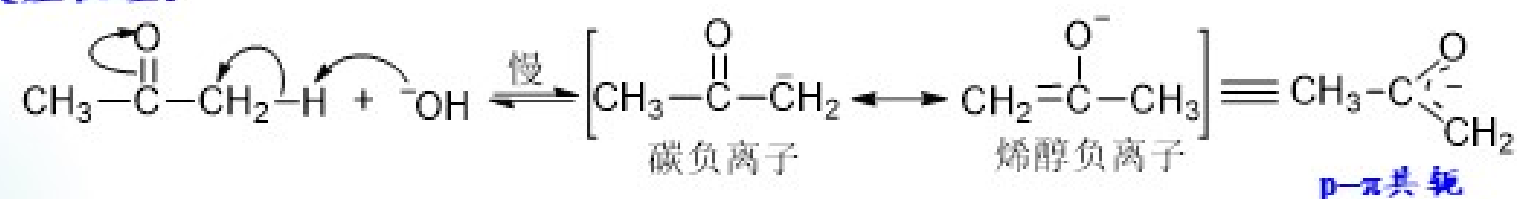
凡是具有烯醇式结构的化合物都可发生这种反应

10. 醛和酮 10.4 醛酮的化学性质

丙酮用稀NaOH水溶液处理，由于水的酸性比丙酮强，只要极少量的丙酮转变成烯醇盐：



反应机理：



大体积的强碱（进攻羰基受阻）可以使醛、酮完全转变成烯醇盐：



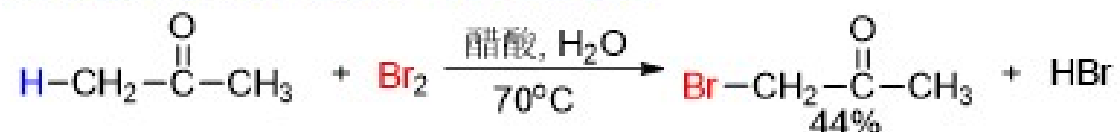
10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

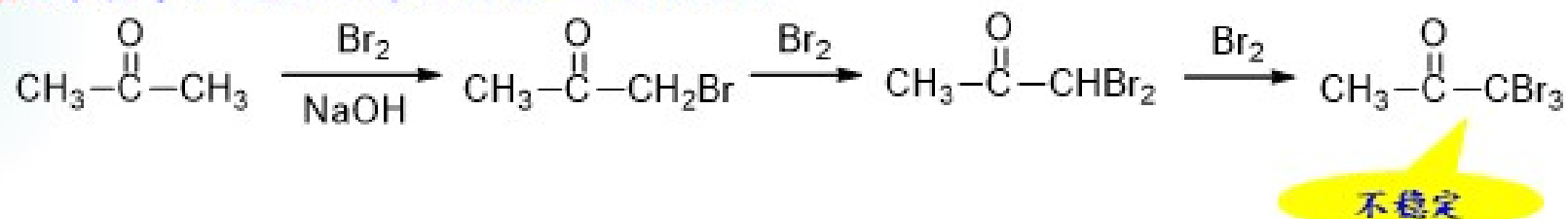
10.4.5.2 卤代反应

羰基的 α -H通过烯醇化可发生卤代反应，进行的程度取决于酸还是碱催化。

酸性介质中：反应可以停留在一卤代阶段。



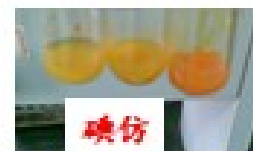
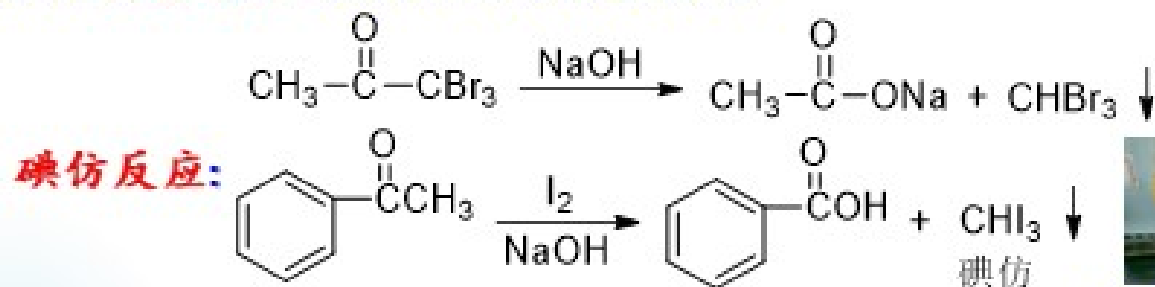
碱性介质中：反应不易停留在一卤代阶段



10. 醛和酮

10.4 醛酮的化学性质

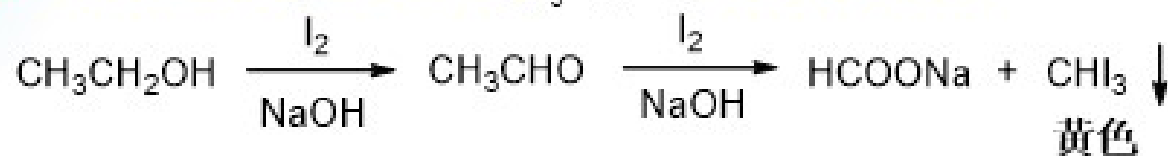
α, α, α -三卤代醛、酮在碱性溶液中不稳定、分解生成三卤甲烷（卤仿），该反应称为**卤仿反应**（haloform reaction）。



有特殊气味，易识别

碘仿有消毒作用，也是常用的牙科抗龋类药物

应用: (1) 鉴别甲基酮和含 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{—}$ 结构的有机物。

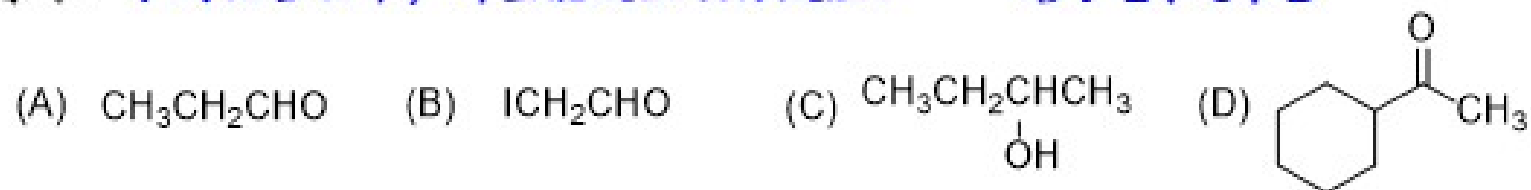


I_2 有氧化性，可将醇氧化为相应的羰基化合物。

10. 醛和酮

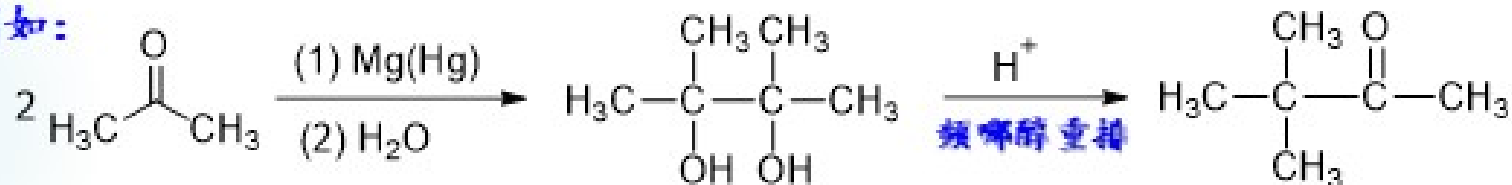
10.4 醛酮的化学性质

练习：下列化合物中，哪些能发生碘仿反应？ 答：B、C和D

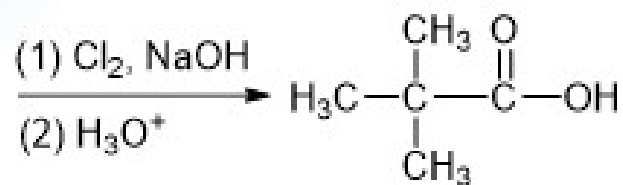


应用：(2) 合成用其它方法难以合成的羧酸酯化合物。

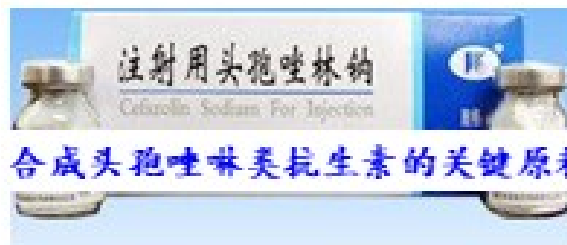
例如：



“引入季碳”



新戊酸



合成头孢唑林类抗生素的关键原料