

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الكيمياء

الكيمياء العضوية (المرحلة الثالثة)

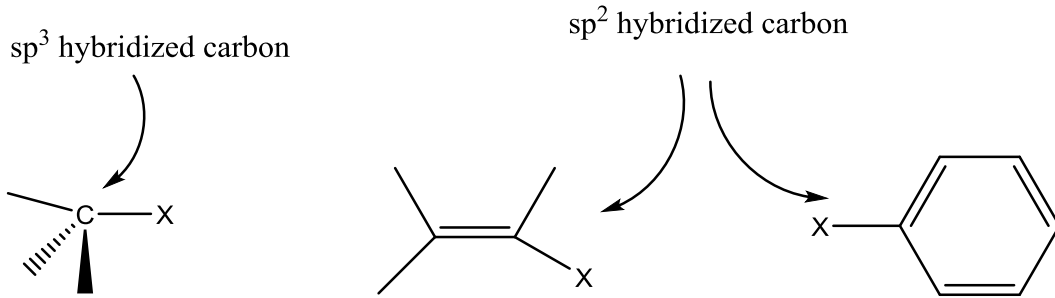
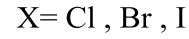
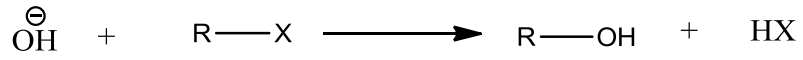
# Nucleophilic Substitution

مدرس المادة

طارق الحمداني

**التعويض النوكليوفيلي على ذرة كربون مشبعة (SP<sup>3</sup>-C) Nucleophilic Substitution**

مثال :-تفاعل الأزاحة بتحويل هاليد الألكيل (alkyl halide) الى كحول بتأثير قاعدة مائية



تقسم التفاعلات من هذا النوع الى قسمين :-

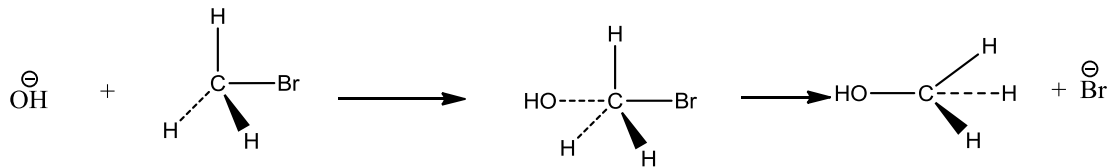
1- S<sub>N</sub>2 وفيه سرعة التفاعل تعتمد على تركيز هاليد الألكيل وتركيز النيوكلوفيل

$$\text{Rate} = k_2 [\text{RX}] [\text{Nu}]$$

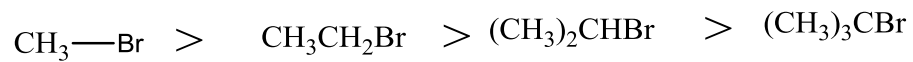
2- S<sub>N</sub>1 وفيه سرعة التفاعل تعتمد على تركيز هاليد الألكيل فقط

$$\text{Rate} = k_1 [\text{RX}]$$

مثال :- التحلل المائي للهاليد الميثيلي (bromomethane) في قاعدة مائية يسير وفق النوع الأول S<sub>N</sub>2 حيث يساهم كل من هاليد الألكيل وآيون الهيدروكسيد في الخطوة المحددة لسرعة التفاعل ( وهي أبطأ خطوة ) لتتكون حالة أنتقالية يصبح فيها آيون الهيدروكسيد مرتبط جزئيا بذرة الكربون المتفاعلة قبل ان ينفصل آيون البروميد بصورة تامة عنها

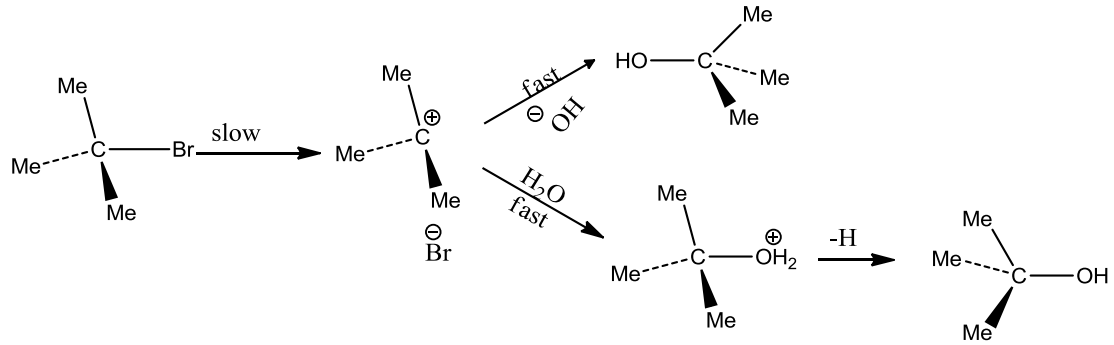


في الحالة الأنتقالية يصبح OH مرتبط جزئيا وتنتشر الشحنة السالبة من الهيدروكسيد الى البروم وتصبح ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرة الكربون في مستوى واحد SP<sup>2</sup> وان جزء من الطاقة اللازمة لكسر أصرة C-Br تجهز من تلك الناتجة من تكوين أصرة C-OH ويدعى هذا النوع من الميكانيكية S<sub>N</sub>2 اي تعويض نيوكلوفيلي ثنائي الجزيئة Substitution Nucleophilic Bimolecular تتبع هاليدات الألكيل التسلسل الآتي



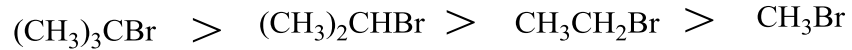
مثال :- ان التحلل المائي للهاليد الثالثي ( 2-bromo-2- methylpropane (t-butylbromide) في قاعدة يتبع ميكانيكية S<sub>N</sub>1 حيث لاتعتمد السرعة على تركيز النيوكلوفيل [OH] اي ليس له دور في الخطوة المحددة

لسرعة التفاعل (الخطوة البطيئة) بل يحصل تأين بطيء ليتكون المزدوج الأيوني  $R^{\oplus} Br^{\ominus}$  ثم يتبعه هجوم سريع (غير محدد للسرعة) من قبل النيوكلوفايل  $OH^-$  أو المذيب



ويدعى هذا النوع من الميكانيكية  $S_N1$  اي تعويض نيوكلوفايلي احادي الجزيئة Substitution Nucleophilic Unimolecular

ان الطاقة اللازمة لحصول التأين يجهز من طاقة تمزق الأيونات المتكونة وان الأيون الموجب هو أيون الكربون الموجب المستوي المستقر الذي تكون فيه مجاميع المثلث ابعدها ما يمكن عن بعضها البعض ويهاجم النيوكلوفايل  $OH^-$  او المذيب  $H_2O$  من كلا الجانبين وتتبع هاليدات الألكيل التسلسل الآتي

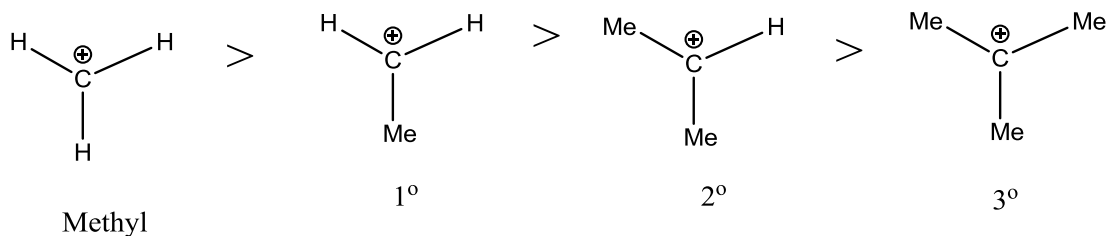


**التأثير الإلكتروني والتأثير الفراغي على الحالة الانتقالية S<sub>N</sub>2**

في الحالة الانتقالية للتفاعل  $S_N2$  :-

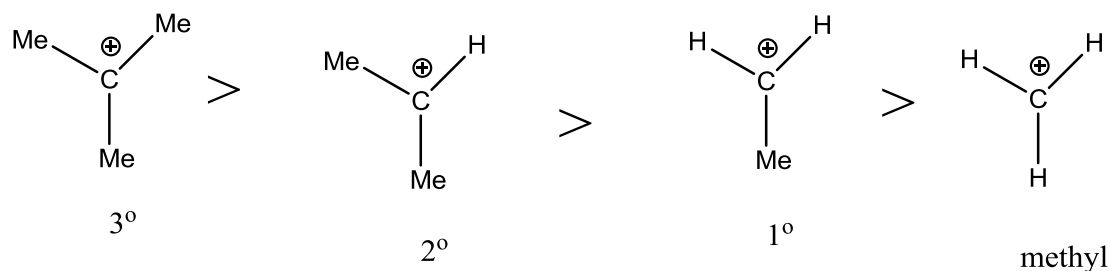
تأثير الكروني / ان تأثير الحث الإلكتروني الدافع لمجاميع الألكيل (R) يجعل ذرة الكربون الحاملة للهاليد (X) أكثر سالبية (ذات استقطاب موجب اقل) لذا فإنها تهاجم بصعوبة من قبل  $OH^-$

تأثير فراغي / ان مجموعة الهيدروكسيل  $OH^-$  ستجد صعوبة متزايدة في الهجوم على ذرة الكربون الحاملة للهاليد بزيادة عدد مجاميع الألكيل المعوضة في ذرة الكربون حيث يحصل زيادة في الأزدحام (crowding) عند الانتقال من الهاليد الأصلي (اربع مجاميع) الى الحالة الانتقالية (خمس مجاميع) وكلما يزداد حجم المجاميع الاصلية المعوضة كلما يزداد الأزدحام في الحالة الانتقالية فتزداد الطاقة فيصبح تكوينها ابطأ وعليه فأن سرعة التفاعل  $S_N2$  ستقل بالانتقال عبر السلسلة

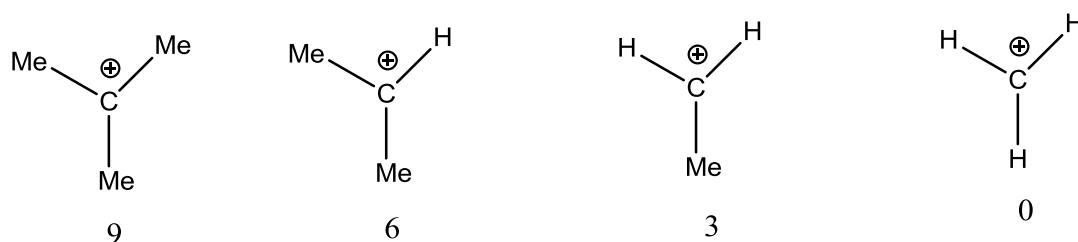


في الحالة الانتقالية للتفاعل  $S_N1$  :-

يزداد استقرار أيون الكربون الموجب في المزدوج الأيوني  $Br^-$  من خلال تأثير الحث الدافع  $R^+$



وتأثير فوق التعاقب :- عبر ذرات الهيدروجين المتصلة بالكاربونات الفا  $\alpha-C$  بذرة الكربون الموجبة

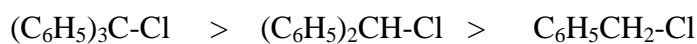


## التأثير الفراغي Stereo effect :-

يحصل تقليل بالأزدحام عند الانتقال من الهاليد الأصلي (اربع مجاميع  $SP^3$ ) الى أيون الكربون الموجب (ثلاث مجاميع  $SP^2$ ) ان نسبة التقليل في الأزدحام سيؤدي الى زيادة الحجم ( $H-CH_3$ ) فيزداد استقرار أيون الكربون الموجب Carbocation فتزداد سرعة التفاعل  $S_N1$

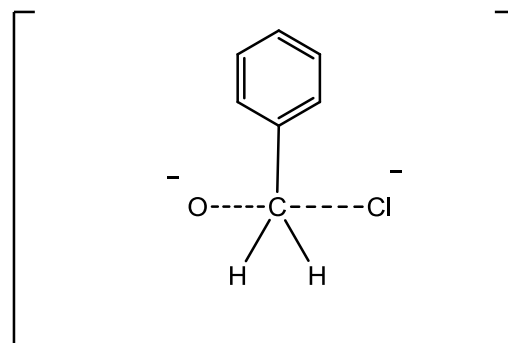
س/ رتب المركبات التالية حسب سرعة تفاعلها بميكانيكية  $S_N1$

Diphenylmethylchloride , Benzylchloride , Triphenylchloridemethane



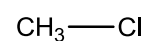
الأسرع Triphenylchloridemethane بسبب اللاموضعية العالية وانتشار الشحنة الموجبة

لذلك يتفاعل  $C_6H_5CH_2Cl$  اسرع بحوالي 100 مرة من  $CH_3CH_2Cl$  وفقا لميكانيكية  $S_N2$  والسبب في ذلك هو أن الكربون الذي تهجينه  $SP^2$  يستعمل أوربيتال  $P_z$  غير المهجن في الحالة الانتقالية ليتداخل مع الهيدروكسيد  $OH^-$  والكلوريد  $Cl^-$  ونظام  $\pi$  لمجموعة الفينيل فيزداد الاستقرار

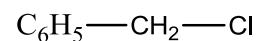


T . S

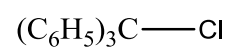
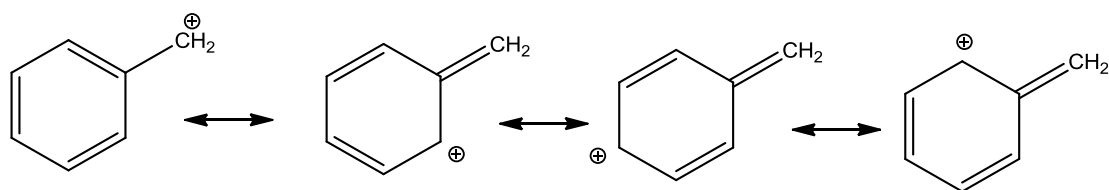
أمثلة :-



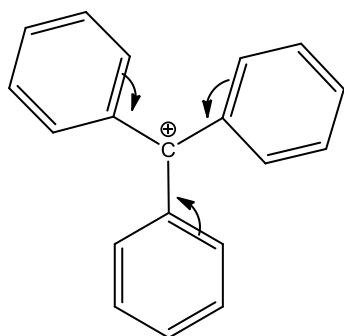
chloromethane يتبع ميكانيكية  $S_N2$



phenylchloromethane يتبع ميكانيكية  $S_N1$  وليس  $S_N2$  لأنه عندما يتأين يعطي Benzyl cation المستقر بالرنين

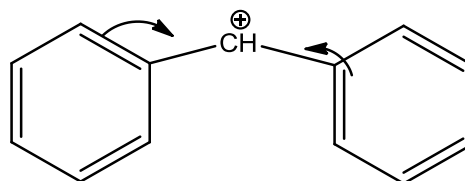


Triphenylchloromethane يتبع ميكانيكية  $S_N1$  لأنه عندما يتأين يعطي أيون الكربون الموجب المستقر عبر أنتشار الشحنة الموجبة

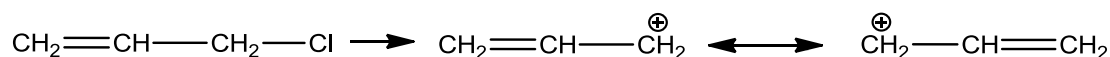




diphenylchloromethane  
بالرئين Benzylcation  
يتبع ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}1$  لأنه عندما يتأين يعطي أيون الكاربون البنزيلي المستقر



تسلك هاليدات الأليل (allyl halides) ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}1$  والسبب يعود لاستقرار أيون الكاربون الموجب  
باللاموضعية Carbcation

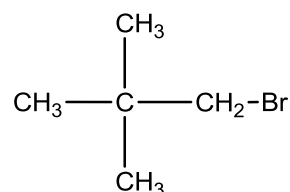
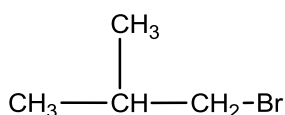


بينما لاتسلك هاليدات الفاينيل (vinyl halides) ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}1$  أو  $\text{S}_{\text{N}}2$  ؟  
chloroethene

ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}1$  / لأن ذرة الهالوجين مرتبطة بكاربون  $\text{SP}^2$  التهجين لذا يكون المزدوج المكون لأصرة C-Cl مسحوبا الى الكاربون ولأن هذه الأصرة قوية لاتتكسر بسهولة فيقل الميل للتأين وتكوين أزواج أيونية ثنائية القطب dipole

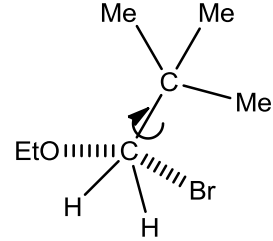
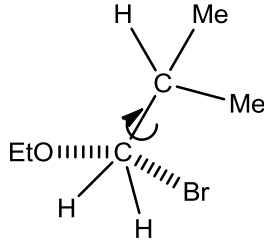
ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}2$  / لأن الكترولونات الأصرة المزدوجة  $\pi$  تمنع اقتراب النيوكلوفيل المهاجم وان الأصرة المزدوجة لن تساعد في استقرار الحالة الانتقالية T . S

في ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}2$  تقل سرعة المركب 1-bromo-2,2-dimethylpropane > 1-bromo-2-methylpropane



الحال الانتقالية مزدحمة لكن يمكن ان يحصل دوران  
عندها الذي يعترض النيوكلوفيل EtO هو H فقط

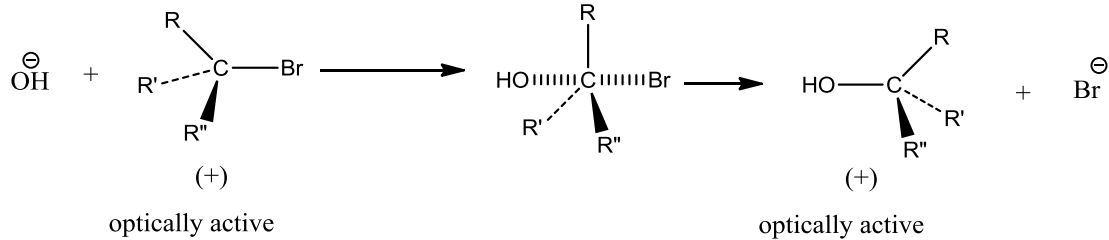
الحالة الانتقالية مزدحمة جدا ولا يوجد تقليل  
مماثل لأزدحام الحالة الانتقالية لذا ستكون الحالة  
الانتقالية ذات طاقة عالية فتقل سرعة التفاعل



### الكيمياء الفراغية لتفاعلات التعويض النيوكلوفيلي Stereochemistry of $S_N$ Mechanisms

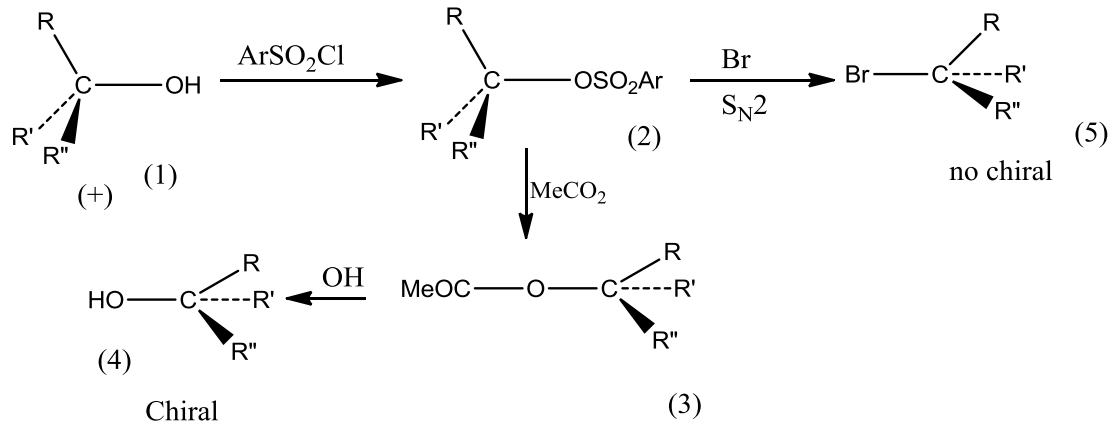
#### 1- ميكانيكية $S_N2$ انقلاب التوزيع الفراغي :-

مثال / التحلل المائي لهاليد كيرالي نشط ضوئيا (Optically active)



يهاجم أيون الهيدروكسيد OH المركز الكيرالي chiral center لهاليد الكيل ليمر بحالة أنتقالية T . S . يعطي الكحول الذي أنقلبت فيه المجاميع الثلاث المتبقية المرتبطة بذرة الكربون ، وتصف ذرة الكربون بأنها مرت بأنقلاب في توزيعها الفراغي (Inversion of configuration)

#### تجربة لتعيين وأثبت حدوث الانقلاب في التوزيع الفراغي



يتفاعل الكحول الثالثي الكيرالي (1) مع توسايل Tosyl وهذا التفاعل لا يشمل كسر أصرة C-O العائدة للكحول ليتكون الأستر توسيلات (2) الذي يجب ان يكون له نفس التوزيع الفراغي للكحول الأصلي .

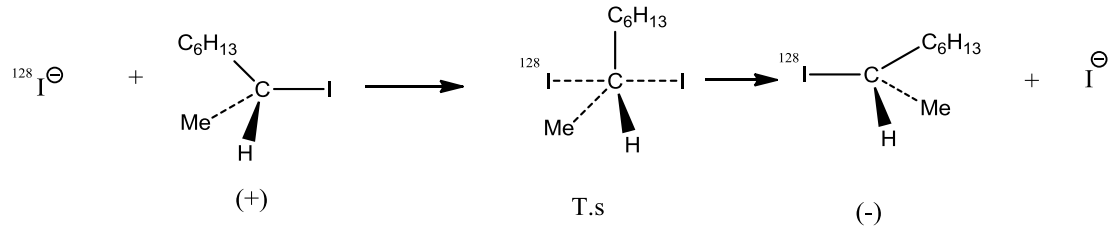
يتفاعل الأستر (2) مع النيوكلو فيل  $\text{MeCOO}^-$  ليحصل تفاعل تعويض مزاح خلاله مجموعة  $\text{ArSO}_2$  وتحل محلها  $\text{MeCOO}^-$  اي تنكسر الأصرة C-O لذا سيحصل انقلاب في التوزيع الفراغي ليتكون الناتج (3) acetate .

عند إجراء تفاعل التحلل القاعدي للأسيتات 3  $\leftarrow$  4 لا تنكسر الأصرة  $\text{O-C}^*$  لذا فالكحول الناتج (+) له نفس التوزيع الفراغي للأسيتات (3) .

بما ان الكحول (4) هو صورة مرآوية للمادة الأولية (1) اي لها اتجاه تدوير الضوء المستقطب بالاتجاه المعاكس (1)  $\leftarrow$  (4) (-) اذا حصل انقلاب في التوزيع الفراغي .

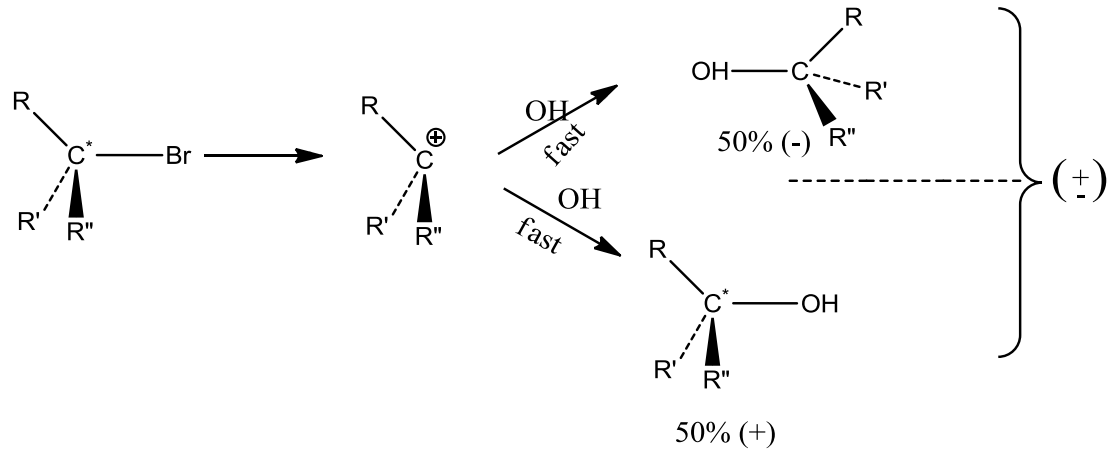
يتفاعل التوسيلات (2) مع النيوكلو فيل Br ليحصل انقلاب في التوزيع الفراغي للمركب الناتج (5) نستنتج من ذلك :- ان التوسيلات (2) تتفاعل مع عدد من الأنيونات لتعطي انقلاب التوزيع الفراغي في كل حالة ( $\text{S}_{\text{N}}2$ ) اي مركب البروميد (5) يشبه المركب اسيتات (3) كلاهما له توزيع فراغي معاكس للكحول الكيرالي الأصلي (1) ويسيران وفقا لميكانيكية ( $\text{S}_{\text{N}}2$ ) لذلك ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}2$  تصاحبها انقلاب التوزيع الفراغي Inversion of configuration

**التجربة العبقرية :-** هي تجربة لأثبت ان تفاعلات الاستبدال الثنائية الجزيئة  $\text{S}_{\text{N}}2$  مصحوبة بأنقلاب التوزيع الفراغي حيث يتفاعل هاليد الألكيل النشط ضوئيا تفاعل استبدال بنف س آيون الهاليد لكنه مؤشر نظائريا (نيوكلو فيل) كما في المثال :-



تم مراقبة التفاعل بأستعمال مقطاب polarimeter ولوحظ ان النشاط الضوئي للمحلول سينتاقص الى الصفر اي الناتج هو راسيمي (Racemic) بسبب انقلاب التوزيع الفراغي للجزيئة

### ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ الراسيمية Racemization :-





**الخطوة الأولى:-** خطوة التفاعل البطيئة المحددة لمعدل السرعة يتكون أيون الكربون الموجب Carbocation المستوي .

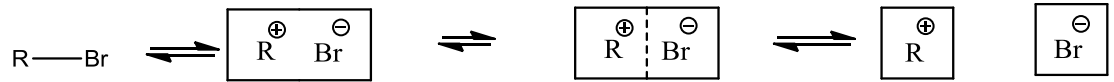
**الخطوة الثانية :-** خطوة التفاعل السريعة يهاجم النيوكلوفيل OH او المذيب H<sub>2</sub>O وبصورة متساوية من كلا جانبي الكرب كتيون المستوي ليتكون مزيج 50 : 50 لمكونين احدهما له نفس التوزيع الفراغي للمادة الأولية والثاني له عكس التوزيع الفراغي للمادة الأولية ، اي يحصل راسيمية (Racemisation) والنتائج غير نشط ضوئيا (+)

وتعتمد نسبة الناتجين ( الانقلاب والأحتفاظ) على مايلي :-

1- شكل الهاليد / اي نسبة استقرار أيون الكربون الموجب الذي ينشأ عنه

2- المذيب / اي قابليته كنيوكلوفيل

يزداد استقرار الراسيمية كلما يزداد استقرار أيون الكربون الموجب ويزداد مقدار الانقلاب في التوزيع الفراغي (Inversion of configuration) كلما كان المذيب أكثر نيوكلوفيلية ويتبع التأين المحدد لسرعة تفاعل S<sub>N</sub>1 الترتيب الآتي



مزدوج أيوني متقارب تكون فيه الأيونات المتمذوبة متقاربة جدا لبعضها ولا تفصلها جزيئات المذيب

مزدوج أيوني مفصول بالمذيب

مزدوجات أيونية منفصلة تماما وكل منهما متمذوب لوحده

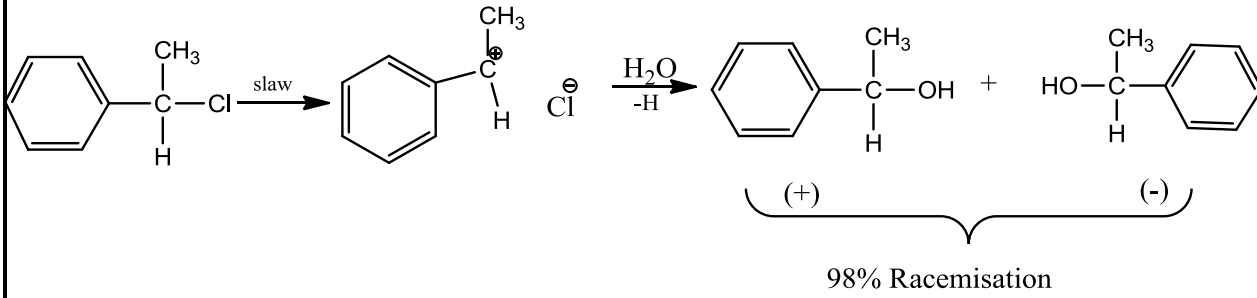
الهجوم على R<sup>+</sup> من قبل جزيئات المذيب يؤدي الى انقلاب لكونه محميا من قبل أيون البروميد Br<sup>-</sup> اي الهجوم يحصل على الجانب الخلفي ولا يحصل على الجانب الأمامي

الهجوم على R<sup>+</sup> من كلا الجانبين ليعطي مزيج راسيمي

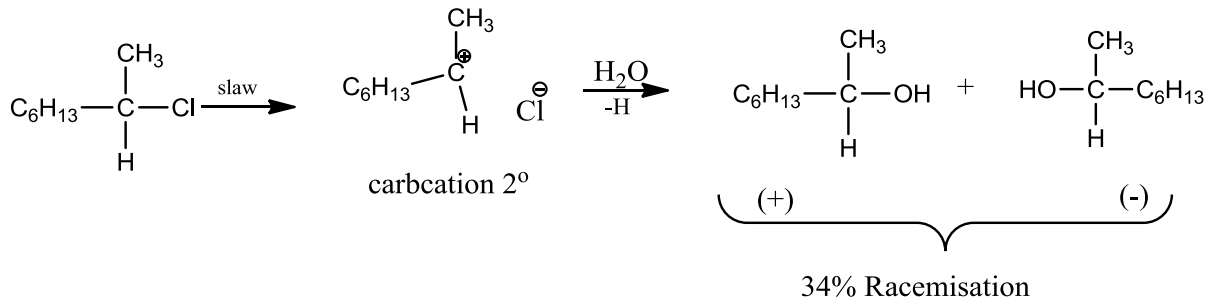
الهجوم على R<sup>+</sup> من كلا الجانبين وهو سهل فيزداد تكون المزيج الراسيمي وتزداد الراسيمية كلما يطول حياة R<sup>+</sup>

يطول عمر R<sup>+</sup> إذا زاد إستقراره ويقصر عمر R<sup>+</sup> إذا كان المذيب أكثر نيوكلوفيلية

التحلل المذيبي Solvolysis للمركب النشط ضوئيا  $C_6H_5CHMeCl$  (+) يعطي ناتج راسيمي بنسبة 98%  
بينما يعطي  $C_6H_{13}CHMeCl$  (+) ناتج راسيمي 34%



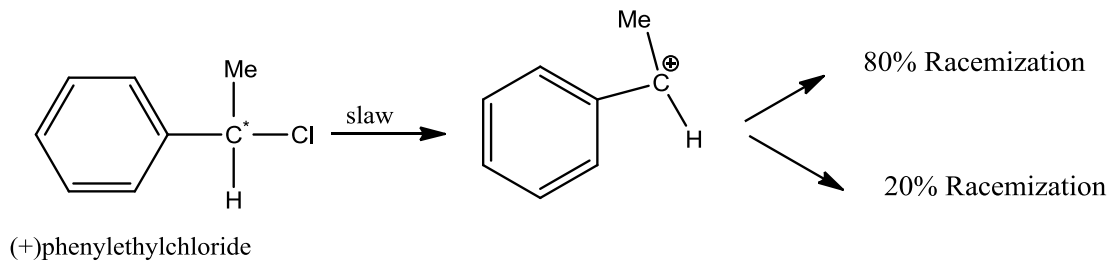
بسبب تكون أيون الكربون الموجب من نوع Benzyl المستقر باللاموضعية فكلما يزداد استقرار الأيون الموجب carbocation كلما يطول عمره ويبقى لفترة أطول فتزداد فرصة الهجوم النيوكلفيلي وتزداد نسبة الراسيمية



بسبب تكون أيون الكربون الموجب من نوع الثانوي الأقل استقرار مقارنة بالبنزيلي فكلما يقل استقرار الأيون الموجب carbocation يقصر عمره ويبقى فترة قصيرة فتقل فرصة الهجوم النيوكلفيلي فتقل نسبة الراسيمية

يؤدي التحلل المذيبي Solvolysis للمركب النشط phenylmethylchloride (+) الى نسبة راسيمية مقدارها 80% في الأسيتون و 20% في الماء ؟

يعد الماء نيوكلفيل أقوى من الأسيتون وكلما كان المذيب أكثر نيوكلفيلية كلما يقصر عمر  $R^+$  ويبقى لفترة قصيرة فتقل فرصة الهجوم النيوكلفيلي فتقل نسبة الراسيمية

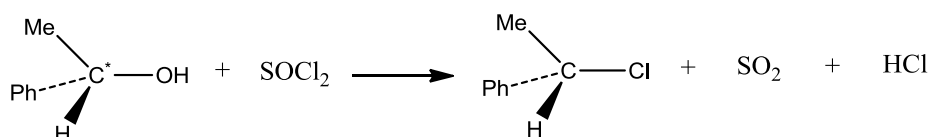


## ميكانيزمة $S_Ni$ إبقاء التوزيع الفراغي Retention of configuration

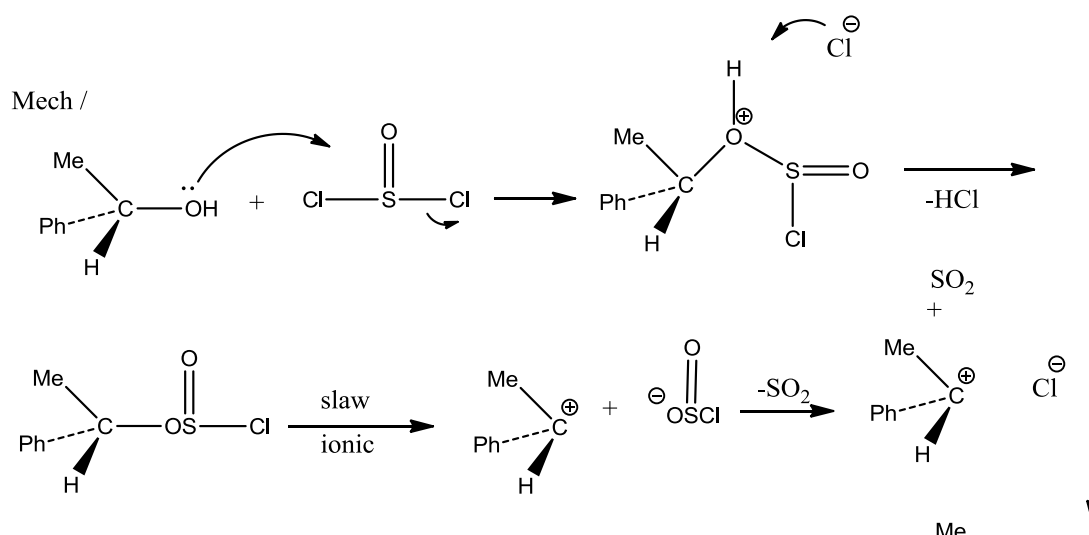
هي تفاعل تعويض نيوكلوفيلي داخلي (ضمني) Substitution Nucleophilic Internal  $S_N2$  تفاعلات تحصل مع إبقاء على التوزيع الفراغي ، اي المادة والنتائج لهما نفس التوزيع الفراغي ويعتمد معدل سرعة التفاعل على تراكيز المواد المتفاعلة



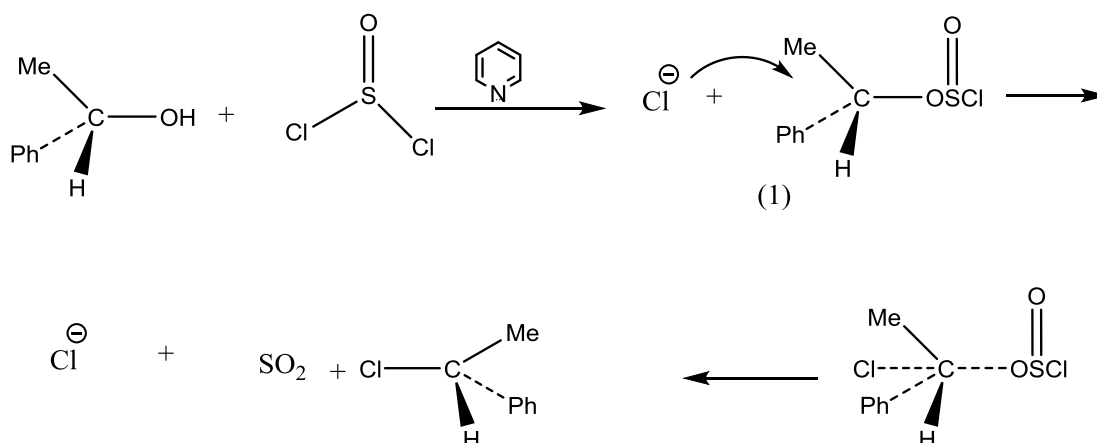
$$\text{Rate} = K_2 [\text{ROH}] [\text{SOCl}_2]$$



(+) Phenylethanol

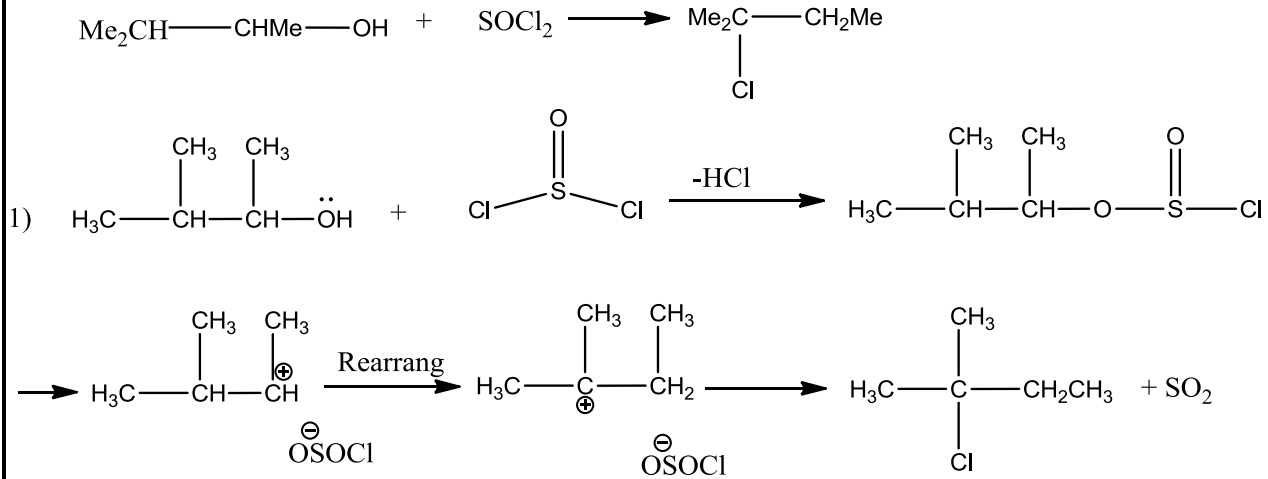


يتفاعل  $\text{SOCl}_2$  مع  $\text{ROH}$  بوجود البيريدين سيكون الناتج  $\text{RCl}$  مع انقلاب في التوزيع الفراغي (علل ذلك)



بسبب تحول  $\text{HCl}$  الناتج خلال تكوين المركب (1) من الكحول و  $\text{SOCl}_2$  بواسطة البيريدين القاعدة القوية الى الملح  $\text{C}_5\text{H}_5\text{NHCl}^-$  ولكون  $\text{Cl}^-$  نيوكلوفيل فعال فإنه سيهاجم (1) من الخلف بتفاعل  $\text{S}_\text{N}2$  اعتيادي فيؤدي الى انقلاب التوزيع الفراغي وهذه هي ميكانيكية  $\text{S}_\text{N}2$  مع انقلاب التوزيع الفراغي

### ميكانيكية $\text{S}_\text{N}1$ مع الاحتفاظ بالتوزيع الفراغي :-

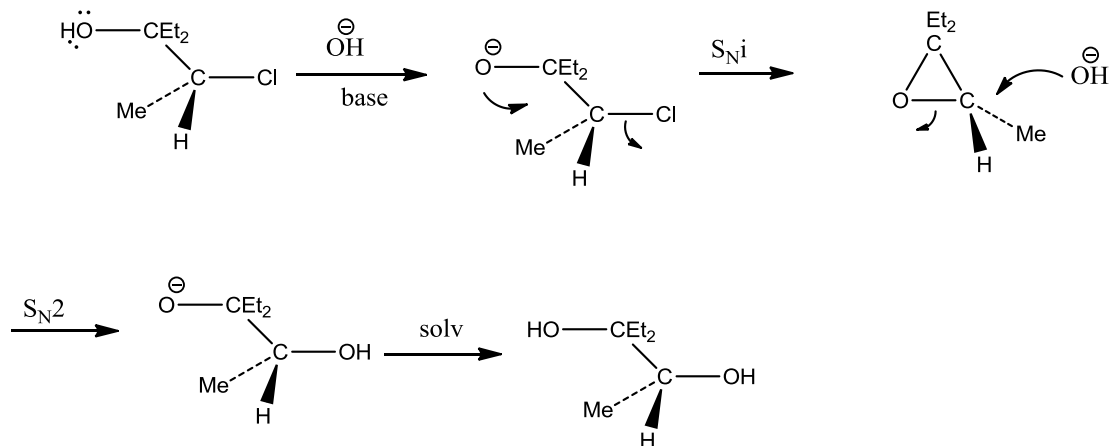


إشتراك المجموعة المجاورة (الأبقاء على التوزيع الفراغي) في تفاعلات التعويض النيوكلوفيلي

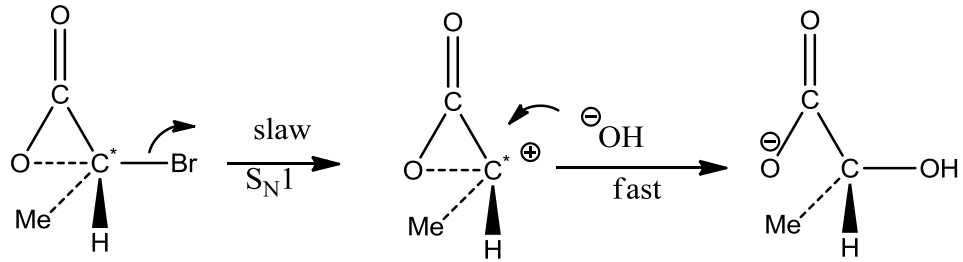
### Participation of neighbouring group in $\text{S}_\text{N}$

هو وجود ذرة او مجموعة قريبة من الكاربون المهاجمة تمتلك مزدوج الكتروني لتشارك به اي تحجب الجانب الخلفي لذرة الكاربون (التي يحصل فيها الاستبدال) من هجوم الكاشف النيوكلوفيلي لذا سيحصل الهجوم من الجانب الأمامي فقط فيؤدي الى إبقاء التوزيع الفراغي

**مثال :-** التحلل المائي القاعدي للمركب النشط ضوئياً يؤدي الى تكوين مركب له نفس التوزيع الفراغي



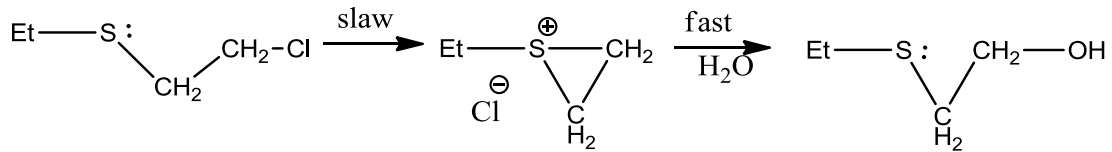
**مثال :-** التحلل المائي لأنيون 2-bromopropanoate باستعمال تركيز واطئ من  $\text{OH}^-$  حيث تشارك المجموعة المجاورة (ذرة الأوكسجين) فيتم الحصول على ناتج مع الأبقاء على التوزيع الفراغي وأن سرعة التفاعل لاتعتمد على تركيز  $[\text{OH}]$



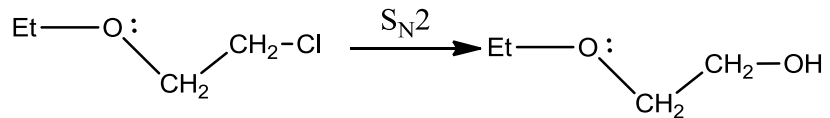
المركب  $\text{Et}\ddot{\text{S}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$  يتحلل مائيا بمقدار  $10^4$  أسرع من  $\text{Et}\ddot{\text{O}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$



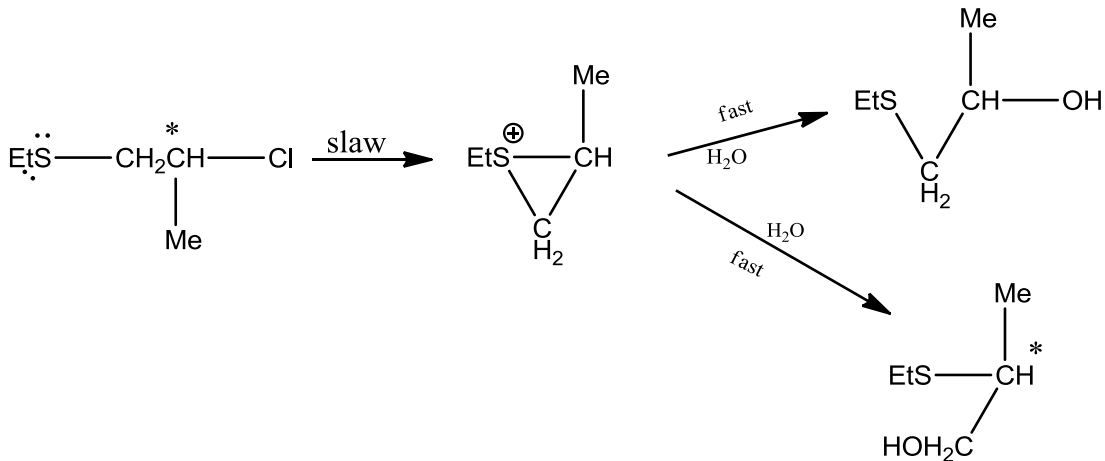
بسبب مساهمة المجموعة المجاورة (ذرة S) التي تهب المزدوج الألكتروني بسهولة



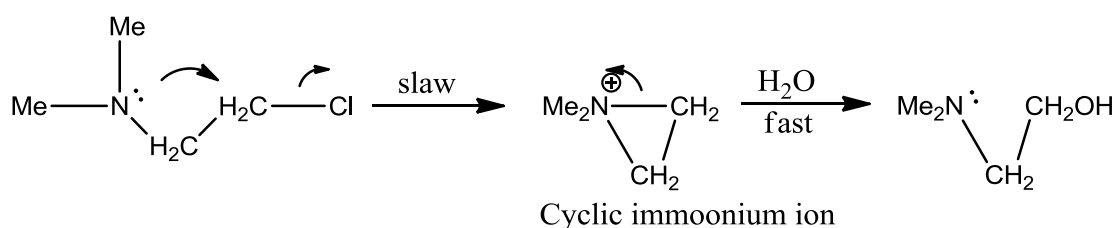
اما المجموعة المجاورة (ذرة الأوكسجين) التي لها كهروسالبية عالية بحيث لاتعطي المزدوج الألكتروني لذا فالتحلل المائي يحصل بواسطة نيوكلوفيل خارجي ( $\text{S}_{\text{N}}2$ )



التحلل المائي للمركب النشط ضوئيا  $\text{Et}\ddot{\text{S}}-\text{CH}_2\text{CH}^*(\text{Me})-\text{Cl}$

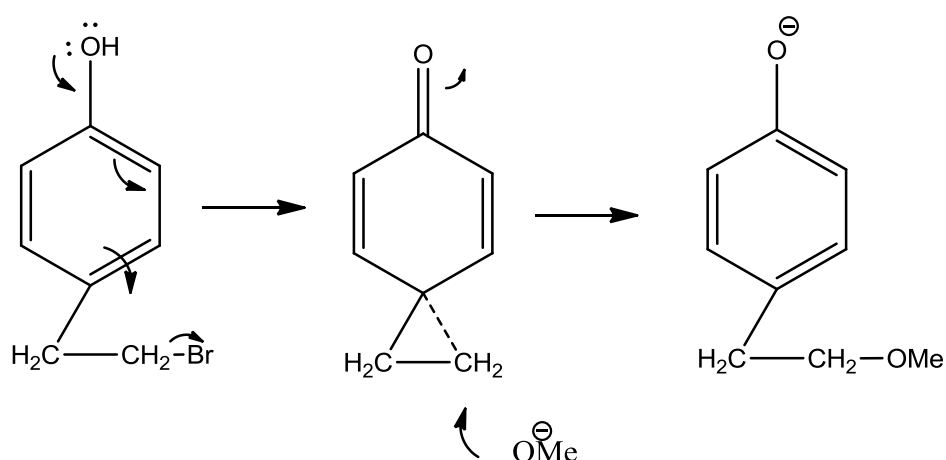


اشترك المجموعة المجاورة (ذرة N): - مثل التحلل المائي للمركب  $\text{Me}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$



ان معدل سرعة التفاعل ابطأ بكثير مما هو في مركب الكبريت بسبب الاستقرار العالي للوسطي (أيون الأمونيوم الحلقي)

اشترك المجموعة المجاورة (نظام الأوربيتال  $\pi$  حلقة البنزين)



هذا تفاعل تحلل مذببي ( $\text{H}_2\text{O}$  او  $\text{MeOH}$ ) ويتضح تأثير المجموعة المجاورة (نظام  $\pi$  لخلق البنزين ليتكون الوسطي الجسري المستقر باللاموضعية

### تأثير المجاميع الداخلة والمغادرة Effect Leaving and Entering groups

**1 - المجموعة الداخلة Entering group:-** مثل النيوكوفيل (Nu) في ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}1$  لا تأثير للكاشف النيوكوفيلي على معدل سرعة التفاعل لأن الخطوة المحددة لسرعة التفاعل تعتمد على تركيز هاليد الألكيل فقط

$$\text{Rate} = K_1 [\text{RX}]$$

في ميكانيكية  $\text{S}_{\text{N}}2$  يسرع التفاعل كثيرا كلما كان الكاشف النيوكوفيلي أكثر نيوكوفيلية

$$\text{Rate} = K_2 [\text{RX}] [\text{Nu}]$$

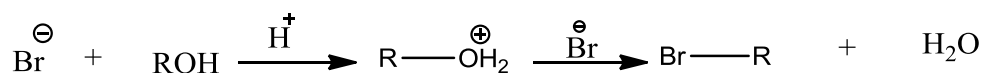
ويجد فروقات بين القاعدة والنيوكلو فيل من أهمها مايلي :-

القاعدية : B	النيوكلو فيلية : Nu
1- إعطاء مزدوج الألكتروني الى ذرة الهيدروجين	1- إعطاء مزدوج الكتروني الى ذرة اخرى ناقصة للألكترونات وغالبا ماتكون الكربون
2- تتأثر بالتأثيرات الفراغية قليلا	2- تتأثر بالتأثيرات الفراغية كثيرا
3- يوجد نوعين من القواعد :-	3- يوجد نوعين من النيوكلو فيلات :-
a- القواعد الصلدة hard bases هي التي تكون فيها الذرة الواهبة ذات كهروسالبية عالية وأستقطاب قليل	a- نيوكلو فيلات قوية وهي التي مزدوجها الألكتروني غير مشغول مثل $\text{H}_2\text{O}$ ، $\text{NH}_3$
ويصعب أكسدتها مثل $\text{OH}^-$ ، $\text{OR}^-$ ، $\text{R}_3\text{N}^-$	b- نيوكلو فيلات ضعيفة هي التي مزدوجها الألكتروني مشغول مثل $\text{Ph-OCH}_3$ ، $\text{ph-NH}_2$
b- القواعد اللينة soft bases هي التي تكون فيها الذرة الواهبة ذات كهروسالبية واطئة وأستقطاب عالي	4- عند تغير النيوكلو فيل ستتغير الميكانيكية فالأزاحة $\text{EtOH}$ ، $\text{CO}_3$ ، $\text{HCO}_3$ ، $\text{H}_2\text{O}$ مع $\text{S}_{\text{N}}1$ ستصبح $\text{EtO}^-$ ، $\text{OH}^-$ مع $\text{S}_{\text{N}}2$
ويسهل أكسدتها مثل $\text{I}^-$ ، $\text{RS}^-$ ، $\text{SCN}^-$ ولكونها قاعدة لينة لذلك تزداد نيوكلو فيليتها	5- تتأثر النيوكلو فيلية بحجم الذرة المهاجمة في النيوكلو فيل $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl}$ فالحجم والكهروسالبية يتحكمان بالأستقطاب فكلما يزداد حجم الذرة سيقل جذب النواة للألكترونات الخارجية فتزداد نيوكلو فيليتها وقدرتها على الارتباط من مسافات نواتية متباعدة
4- كلما القاعدة أقوى كلما النيوكلو فيل أقوى $\text{EtO}^- > \text{PhO}^- > \text{MeCO}_2^- > \text{NO}_3^-$	6- كلما يزداد حجم النيوكلو فيل كلما تقل طاقة التمدوب اي يسهل تحوله الى نيوكلو فيل فعال غير متمدوب

س/ يعد  $\text{I}^-$  نيوكلو فيل أحسن بكثير من  $\text{F}^-$  ؟

لأن أيون الأيوديد كبير الحجم عالي الأستقطاب وقليل التمدوب وكلما يزداد حجم الأيون السالب سيقل جذب النواة للألكترونات الخارجية فتزداد قابلية هذه الألكترونات على الأستقطاب مؤديا للارتباط بالمسافات البعيدة وتقل طاقة التمدوب ولا يميل لتكوين أواصر هيدروجينية مع المذيب لذا يصبح نيوكلو فيل فعال

أما أيون الفلوريد صغير الحجم صعب الأستقطاب كثير التمدوب اي يميل للتأصر الهيدروجيني مع المذيب الهيدروكسيلي





إزاحات نيوكلوفيلي أخرى  $S_N$  :- Another

تفاعلات التعويض النيوكلوفيلي  $S_N$  على ذرة كاربون مشبعة يشمل انيونات نيوكلوفيلية مثل OH أو فصائل متعادلة مثل  $H_2O$  تهاجم جزيئات هاليدات الألكيل

