



جامعة تكريت
كلية التربية للبنات
قسم الكيمياء

المرحلة الثالثة

الكيمياء العضوية

الفصل السادس

التعويض النيوكليوفيلي

NUCLEOPHILIC SUBSTITUTION

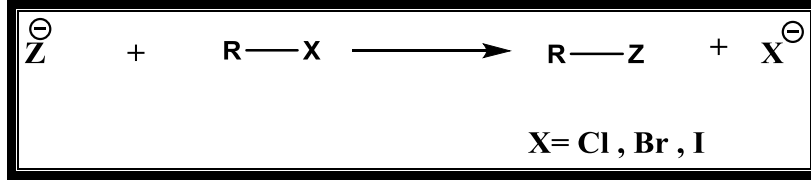
الاستاذ الدكتور

فوزي حميد جمعة

Email:fawzi.99883@tu.edu.iq

التعويض النيوكليوفيلي على ذرة كربون مشبعة Nucleophilic (SP³-C) Substitution

التفاعل العام للتعويض النيوكليوفيلي على ذرة كربون مشبعة يعبر عنه كما يلي :



صنف العالم انكولد تفاعلات التعويض النيوكليوفيلي على ذرة كربون مشبعة الى قسمين

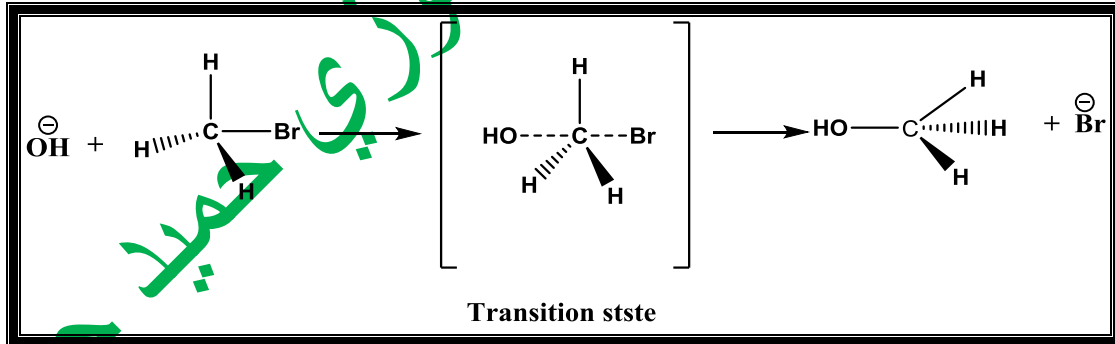
1- تعويض نيوكليوفيلي ثنائي الجزيئة S_N2

Substitution Nucleophilic Bimolecular

تكون سرعة التفاعل من المرتبة الثانية لأنها تعتمد على تركيز هاليد الألكيل

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

وتركيز النيوكليوفيل .
ان التحلل المائي لبرومييد الميثيل (Bromomethane) في قاعدة مائية يسير التفاعل وفق ميكانيكية S_N² حيث يساهم كل من هاليد الألكيل وأيون الهيدروكسيد في الخطوة المحددة لسرعة التفاعل (وهي الخطوة البطيئة) لتعطي حالة انتقالية يصبح فيها أيون الهيدروكسيد مرتبط جزئياً بذرة الكربون المتفاعلة قبل ان ينفصل أيون البرومييد بصورة تامة عنها. ويتبع التفاعل الميكانيكية المقترحة من قبل السير كريستوفر انكولد سنة 1930 من جامعة لندن.

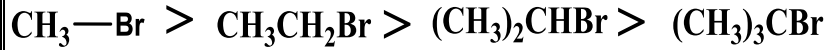


Transition state

يحصل انقلاب في الشكل الفراغي للمادة الناتجة بحيث يكون الترتيب الفراغي لها معاكساً تماماً للترتيب الفراغي للمادة المتفاعلة وهذا يعزى الى ان الكاشف المهاجم يهاجم ذرة الكربون الحاملة للهاليد من الجهة الخلفية بسبب التنافر الالكتروني بين الشحنة السالبة للكاشف المهاجم والشحنة السالبة للمجموعة المغادرة وبالتالي يؤدي الى جعل المسافة بين المهاجم والمجموعة المغادرة اقصى ما يمكن أي على استقامة واحدة

في الحالة الوسطية للحالة الانتقالية وبالنتيجة يكون الناتج معاد ترتيبه بشكل معاكس للمادة المتفاعلة.

وتتبع فعالية هاليدات الألكيل تجاه ميكانيكية SN^2 التسلسل الآتي:



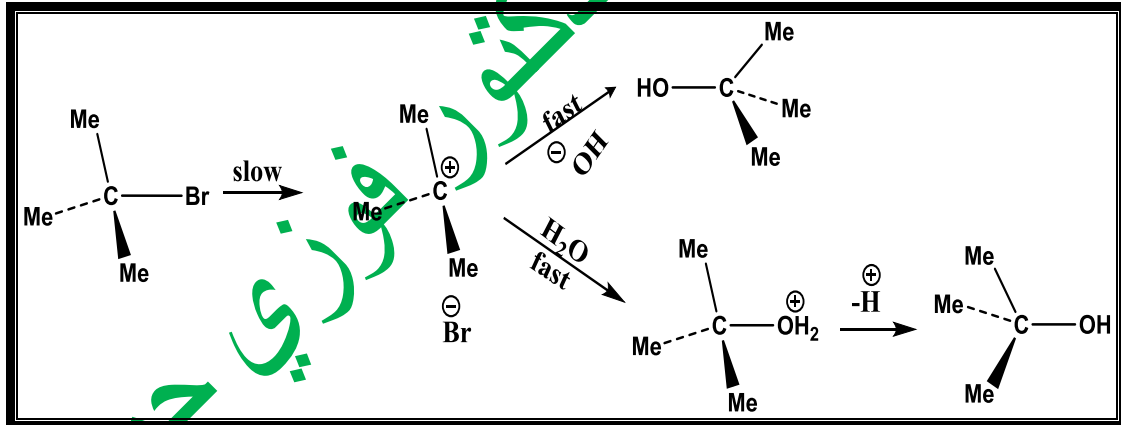
2- تعويض نيوكليوفيلي احادي الجزيئة SN^1

Substitution Nucleophilic Unimolecular

تكون سرعة التفاعل من المرتبة الأولى لأنها تعتمد على تركيز هاليد الألكيل فقط

$$Rate = k_1 [RX]$$

ان التحلل المائي لبروميد البيوتيل الثالثي (*tert-butylbromide*) 2- في وسط قاعدي تتبع سرعة تفاعل ميكانيكية SN^1 مرتبة اولى لان السرعة لا تعتمد على تركيز النيوكليوفيل $[OH^-]$ اي ليس له دور في الخطوة المحددة لسرعة التفاعل (الخطوة البطيئة) بل يحصل تأين بطيء ليكون المزدوج الأيوني R^+Br^- ثم يتبعه هجوم سريع (غير محدد للسرعة) من قبل النيوكليوفيل OH^- أو المذيب وكما موضح في الميكانيكية الاتية:



ان الطاقة اللازمة لحصول التأين تجهز من طاقة تمذوب $Solvation\ energy$ الأيونات المتكونة وان الأيون الموجب هو أيون الكربون الموجب المستقر الذي تكون فيه مجاميع المثلث الثلاثة ابعدا ما يمكن عن بعضها البعض ويهاجم النيوكليوفيل OH^- او المذيب H_2O من كلا الجانبين وتتبع استقرارية هاليدات الألكيل تجاه ميكانيكية SN^1 التسلسل الآتي :



اكثر استقراراً

اقل استقراراً

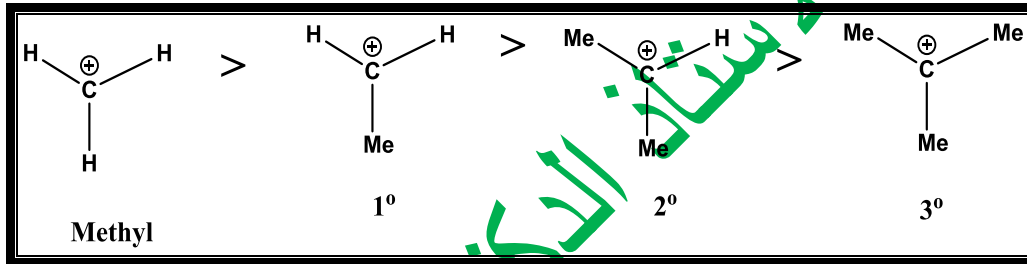
التأثير الإلكتروني والفراغي على الحالة الانتقالية لتفاعل S_N2

1- تأثير الحث الإلكتروني Inductive effect

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^- .

2- التأثير الفراغي Stereo effect

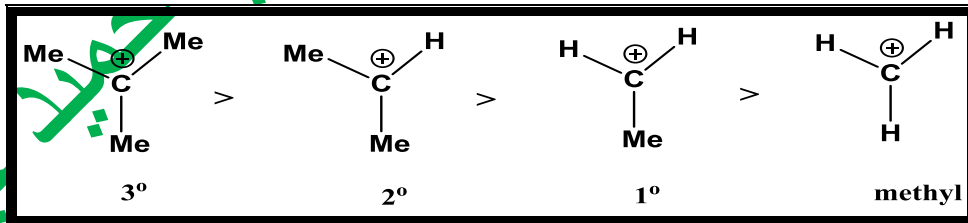
ان مجموعة الهيدروكسيل OH^- ستجد صعوبة في الهجوم على ذرة الكربون الحاملة للهاليد بزيادة عدد مجاميع الألكيل المعوضة في ذرة الكربون حيث يحصل زيادة في الازدحام Crowding عند الانتقال من الهاليد الأصلي (اربع مجاميع) الى الحالة الانتقالية (خمس مجاميع) وكلما يزداد حجم المجاميع الاصلية المعوضة يزداد الازدحام في الحالة الانتقالية فتزداد الطاقة فيصبح تكوينها ابطأ وعليه فان سرعة تفاعل S_N2 ستقل بالانتقال عبر التسلسلة الآتية:



الحالة الانتقالية للتفاعل SN^1 :

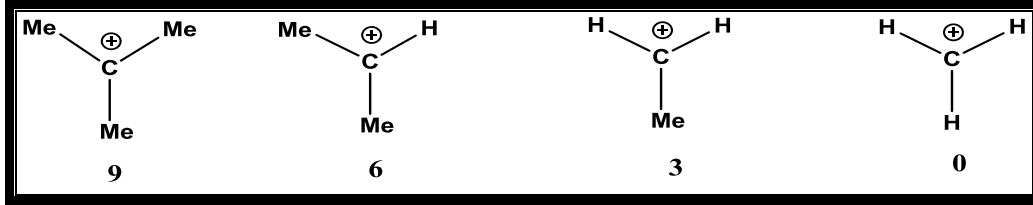
1- تأثير الحث الإلكتروني Inductive effect

يزداد استقرار أيون الكربون الموجب في المزدوج الأيوني R^+Br^- بزيادة مجاميع الألكيل من خلال تأثير الحث الدافع وبالتالي تتبع استقرارية أيون الكربون التسلسل الآتي:



2- تأثير فوق التعاقب Hyperconjugation effect

يحصل تأثير فوق التعاقب عبر ذرات الهيدروجين المتصلة بالكربون الفا ($\alpha-C$) بذرة الكربون الموجبة وكما موضح في التراكيب الآتية:



3- التأثير الفراغي Stereo effect

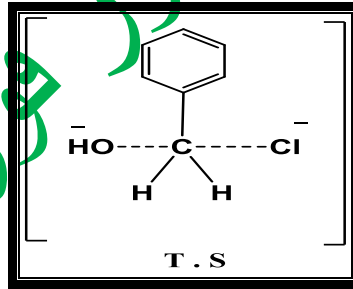
يحصل تقليل بالازدحام عند الانتقال من الهاليد الأصلي (اربع مجاميع SP^3) الى أيون الكربون الموجب (ثلاث مجاميع) SP^2 ان نسبة التقليل في الازدحام سيؤدي الى زيادة الحجم ($H-CH_3$) فيزداد استقرار أيون الكربون الموجب فتزداد سرعة التفاعل S_N1 .

س: رتب المركبات التالية حسب سرعة تفاعلها بميكانيكية S_N1

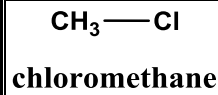
Benzylchloride , Triphenylchloroemethane ,Diphenylchloridemethane
تترتب سرعة تفاعلات المركبات اعلاه بميكانيكية S_N1 حسب الترتيب الاتي:



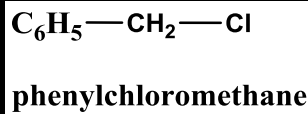
بينما يتفاعل $C_6H_5CH_2Cl$ اسرع بحوالي 100 مرة من CH_3CH_2Cl وفقا لميكانيكية S_N2 والسبب في ذلك هو أن الكربون الذي تهجينه SP^2 يستعمل أوربيتال P_z غير المهجن في الحالة الانتقالية ليتداخل مع الهيدروكسيد OH^- والكلوريد Cl^- ونظام باي (π) لمجموعة الفينيل فيزداد الاستقرار.



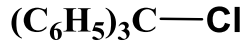
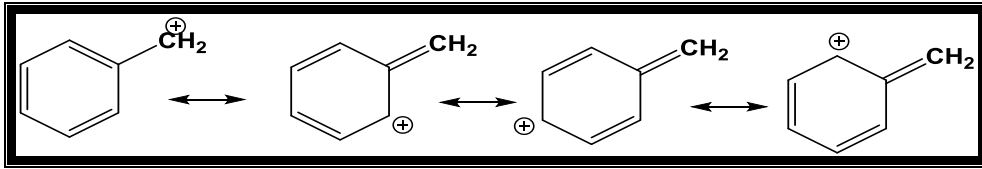
أمثلة :



يتبع ميكانيكية S_N2

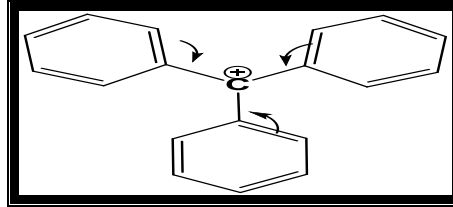


يتبع ميكانيكية S_N1 وليس S_N2 لأنه عندما يتأين يعطي Benzyl cation المستقر بالرنين وكما موضح في الميكانيكية الاتية:



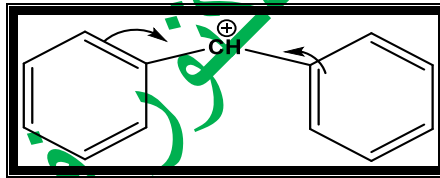
Triphenylchloromethane

يتبع ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ لأنه عندما يتأين يعطي أيون الكاربونيوم الثالثي المستقر بالرنين عبر انتشار الشحنة الموجبة .

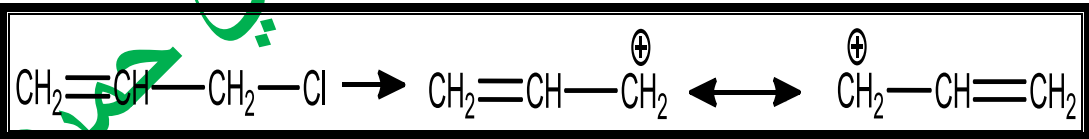


diphenylchloromethane

يتبع ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ لأنه عندما يتأين يعطي أيون الكاربونيوم البنزيلي المستقر بالرنين: Benzylcation



تسلك هاليدات الأليل (Allyl halides) ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ والسبب يعود لاستقرار أيون الكاربون الموجب Carbocation باللاموضعية وكما يلي .



بينما لا تسلك هاليدات الفاينيل (Vinyl halides) ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ أو $\text{S}_{\text{N}}2$ ؟



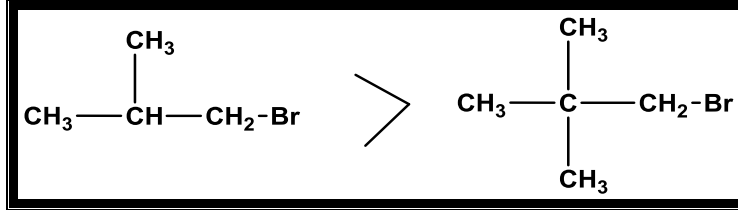
chloroethene

بالنسبة الى ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}1$ ان ذرة الهالوجين في هاليدات الفاينيل مرتبطة بذرة كاربون تهجينها SP^2 لذا يكون المزدوج المكون لأصرة $\text{C}-\text{Cl}$ مسحوبا الى ذرة الكاربون وبما ان هذه الأصرة قوية لا تنكسر بسهولة فيقل الميل للتأين وتكوين أزواج أيونية ثنائية القطب .

اما في ميكانيكية S_N2 ان الكترونات الأصرة المزدوجة باي (π) تمنع اقتراب النيوكليوفيل المهاجم كما ان الأصرة المزدوجة لا تساعد في استقرار الحالة الانتقالية **. T S**

في ميكانيكية S_N2 تقل سرعة تفاعل المركبات حسب الترتيب الاتي:

1-Bromo-2-methylpropane > 1-Bromo-2,2-dimethylpropane

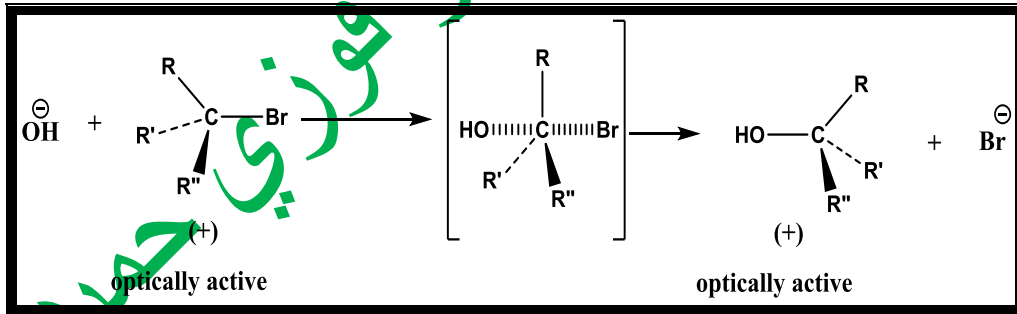


الكيمياء الفراغية لتفاعلات التعويض النيوكليوفيلي S_N Stereochemistry of

Mechanisms

1- ميكانيكية S_N2 انقلاب التوزيع الفراغي :

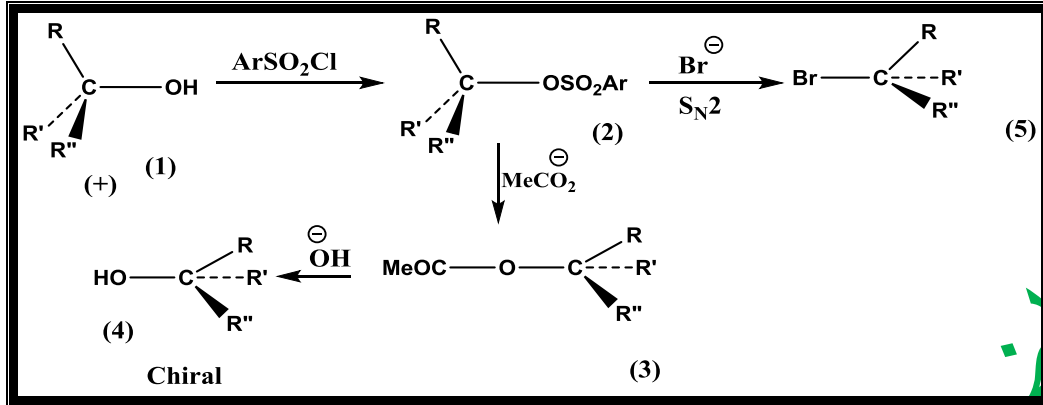
ان التحلل المائي لهاليد كيرالي نشط ضوئياً (**Optically active**) يمر بحالة انتقالية حيث يكون الترتيب الفراغي للنتائج معاكساً تماماً للترتيب الفراغي للمادة المتفاعلة:



يهاجم أيون الهيدروكسيد OH^- المركز الكيرالي **Chiral center** لهاليد الألكيل ليمر بحالة انتقالية **T . S** يعطي الكحول الذي انقلبت فيه المجاميع الثلاث المتبقية المرتبطة بذرة الكربون ، وتوصف ذرة الكربون بأنها مرت بانقلاب في توزيعها الفراغي

. (Inversion of configuration)

تجربة لتعيين واثبات حدوث الانقلاب في التوزيع الفراغي :



يتفاعل الكحول الثالثي الكيرالي (1) مع كلوريد التوسايل **Tosyl chloride** وهذا التفاعل لايشمل كسر آصرة C-O العائدة للكحول ليتكون **توسيلات الأستر** (2) الذي يجب ان يكون له نفس التوزيع الفراغي للكحول الأصلي .

يتفاعل الأستر (2) مع النيوكليوفيل MeCOO^- ليحصل تفاعل تعويض فتزاح خلاله مجموعة ArSO_2 وتحل محلها MeCOO^- اي تنكسر الآصرة C-O لذا سيحصل انقلاب في التوزيع الفراغي ليتكون الناتج (3) **Acetate** .

عند إجراء تفاعل التحلل القاعدي للأسترات 3 ← 4 لا تنكسر الآصرة O-C^* لذا فالكحول الناتج (+) له نفس التوزيع الفراغي للأسترات (3) .

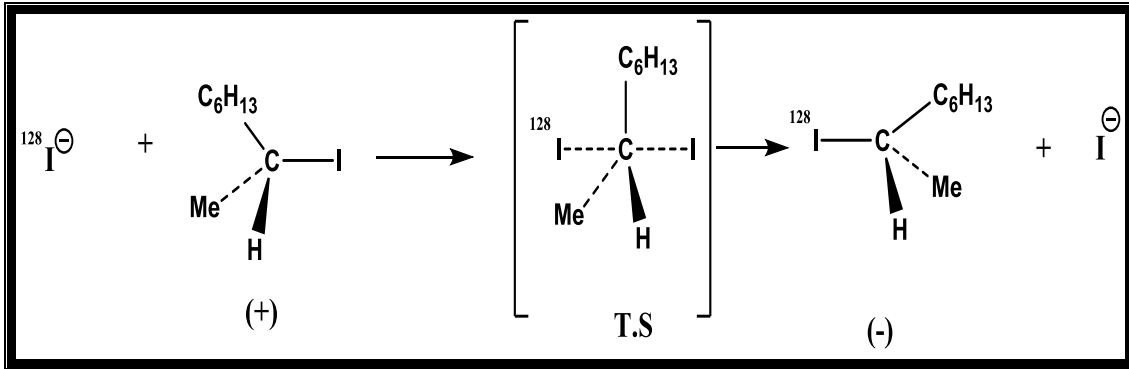
بما ان الكحول (4) هو صورة مرآوية للمادة الأولية (1) اي لها اتجاه تدوير الضوء المستقطب بالاتجاه المعاكس (1) (+) ← (4) (-) اذا حصل انقلاب في التوزيع الفراغي .

يتفاعل التوسيلات (2) مع النيوكليوفيل 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 ($\text{S}_{\text{N}}2$) التي يصاحبها انقلاب في التوزيع الفراغي **Inversion of configuration** .

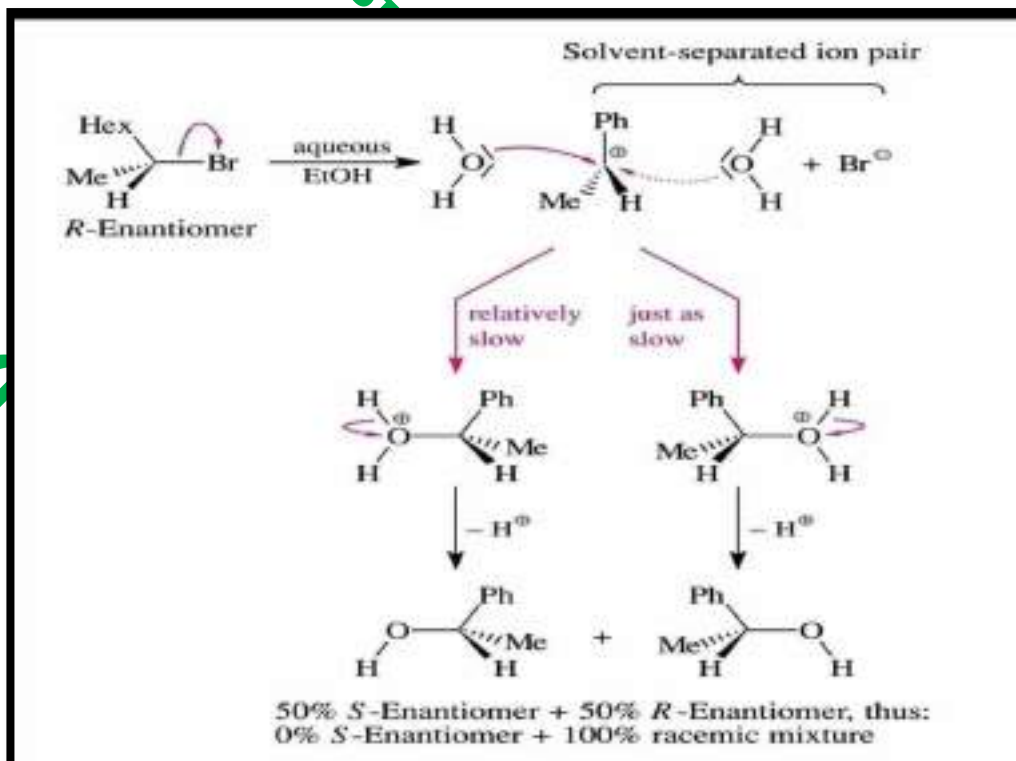
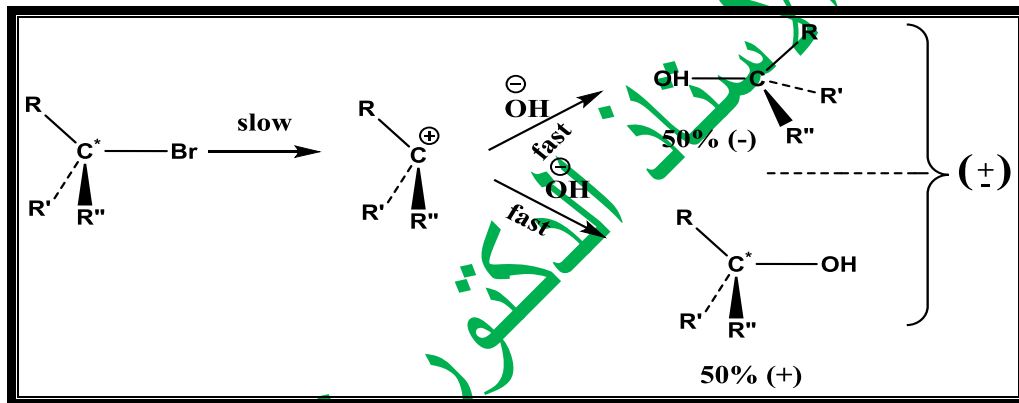
التجربة العبقرية :

هي تجربة لإثبات ان تفاعلات الاستبدال الثنائية الجزيئية $\text{S}_{\text{N}}2$ مصحوبة بانقلاب التوزيع الفراغي حيث يتفاعل هاليد الألكيل النشط ضوئيا تفاعل استبدال بنفس أيون الهاليد المؤشر نظائريا I^- (نيوكليوفيل) وكما موضح في التفاعل الاتي:



تم مراقبة التفاعل باستعمال مقطاب **Polarimeter** ولوحظ ان النشاط الضوئي للمحلول سيتناقص الى الصفر اي الناتج هو راسيمي (**Racemic**) بسبب انقلاب التوزيع الفراغي للجزيئة .

Racemization mechanism ميكانيكية S_N1 الراسيمية



الخطوة الأولى:

يتكون أيون الكربون الموجب المستوي في الخطوة البطيئة المحددة لمعدل السرعة.

الخطوة الثانية :

يهاجم النيوكليوفيل HO^- او المذيب H_2O الخطوة السريعة وبصورة متساوية (\pm) من كلا جانبي الكربون الموجب المستوي ليتكون مزيج 50 : 50 لمكونين احدهما له نفس التوزيع الفراغي للمادة الأولية والثاني له عكس التوزيع الفراغي للمادة الأولية ، اي يحصل راسيمية (**Racemization**) والنتائج غير نشط ضوئيا. وتعتمد نسبة الناتجين (الانقلاب ولاحفاظ) على ما يلي :

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

2- **المذيب** / اي قابليته كنيوكليوفيل .

يزداد استقرار الراسيمية كلما يزداد استقرار أيون الكربون الموجب ويزداد مقدار الانقلاب في التوزيع الفراغي (**Inversion of configuration**) كلما كان المذيب أكثر نيوكليوفيلية ويتبع التأين المحدد سرعة تفاعل $\text{S}_{\text{N}}1$ الترتيب الآتي :



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

1- مزدوج أيوني مفصول بالمذيب

1- مزدوجات أيونية منفصلة تماما وكل منهما متمذوب لوحده
2-

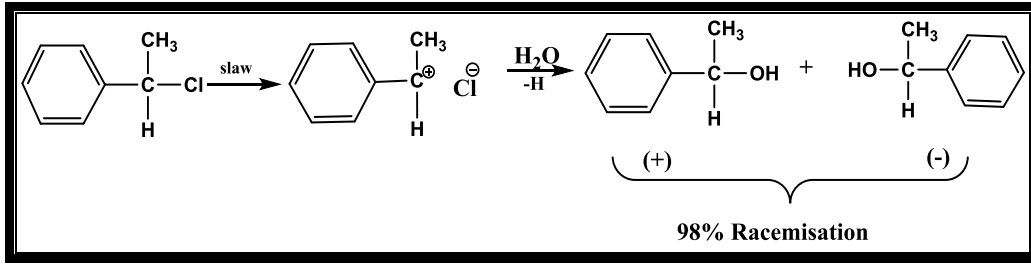
2- الهجوم على R^+ من قبل جزيئات المذيب يؤدي الى انقلاب لكونه مميا من قبل أيون البروميد Br^- اي الجانب الخلفي يحصل ولا يحصل على الجانب الأمامي

2- الهجوم على R^+ من كلا الجانبين ليعطي مزيج الراسيمي

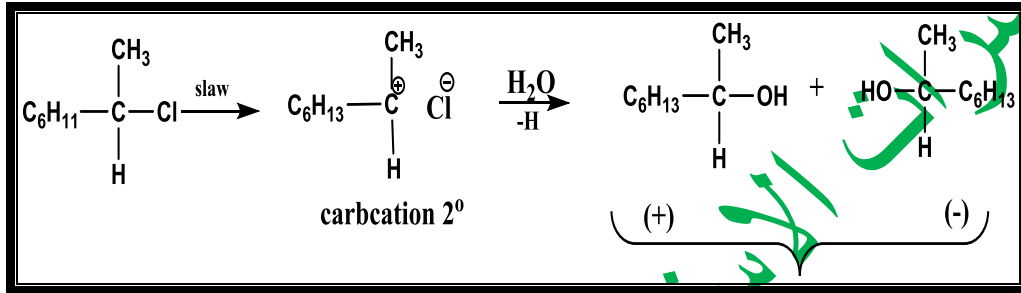
2- الهجوم على R^+ من كلا الجانبين وهو سهل فيزداد مزيج راسيمي وتزداد الراسيمية كلما تطول حياة R^+

ان التحلل المذيبي (التمدوب) **Solvolysis** للمركب النشط ضوئيا $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHMeCl}$ (+) يعطي ناتج راسيمي بنسبة 98% بينما يعطي $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CHMeCl}$ (+) ناتج راسيمي 34% .

ان تكون أيون الكربون الموجب من نوع البنزيل **Benzyl** المستقر باللاموضعية يؤدي الى زيادة استقرارية الأيون الموجب ويطول عمره ويبقى لفترة أطول فتزداد فرصة الهجوم النيوكليوفيلي وتزداد نسبة الراسيمية .

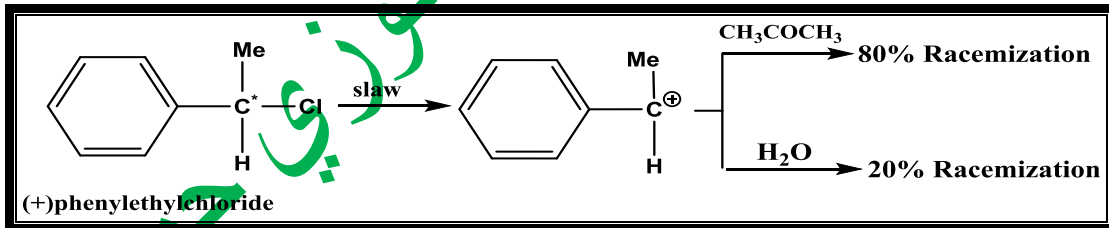


ان تكون أيون الكربون الموجب الثانوي الأقل استقراراً مقارنةً بالبنزيلي يقلل استقرار الأيون الموجب **Carbocation** ويقصر عمره ويبقى فترة قصيرة فتقل فرصة الهجوم النيوكليوفيلي فتقل نسبة الراسيمية .



يؤدي التحلل المذيبى **Solvolyis** للمركب النشط **Phenylmethylchloride** (+) الى نسبة راسيمية مقدارها 80% في الأسيتون و 20% في الماء لماذا؟

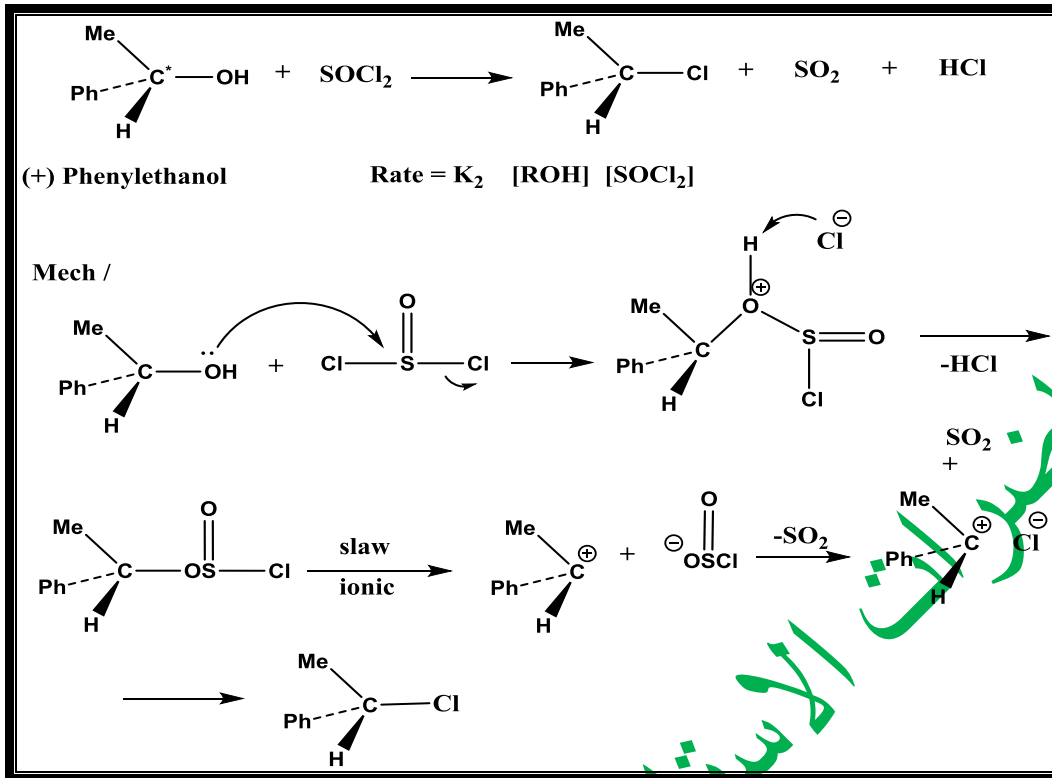
يعد الماء نيوكليوفيل أقوى من الأسيتون وكلما كان المذيب اكثر نيوكليوفيلية كلما يقصر عمر **R+** ويبقى لفترة قصيرة فتقل فرصة الهجوم النيوكليوفيلي وبذلك تقل نسبة الراسيمية عند استخدام الماء كمذيب مقارنةً بالاسيتون وكما يلي :



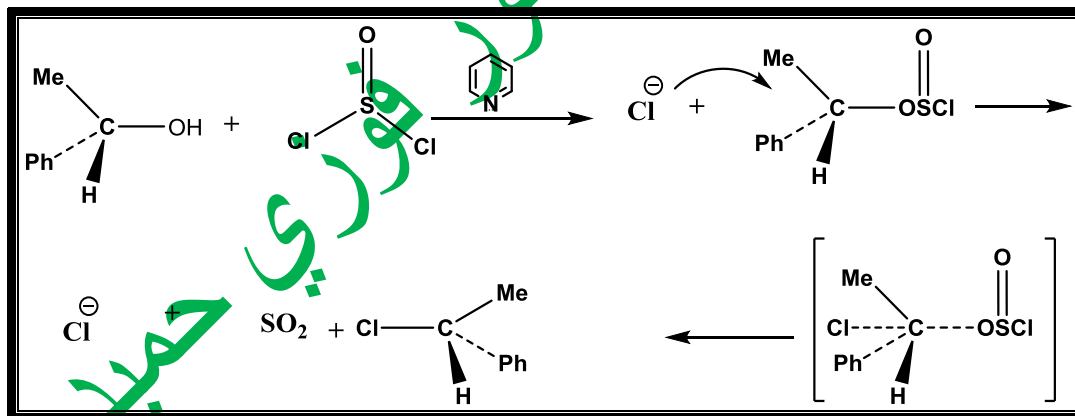
ميكانيكية التعويض النيوكليوفيلي الداخلي

Substitution Nucleophilic Internal Mechanism **SNⁱ**

هي تفاعل تعويض نيوكليوفيلي داخلي (ضمني) اي إبقاء التوزيع الفراغي **Retention of configuration** تحصل تفاعلات **SN_i** مع إبقاء على التوزيع الفراغي ، اي المادة المتفاعلة والناتج لهما نفس التوزيع الفراغي ويعتمد معدل سرعة التفاعل على تراكيز المواد المتفاعلة . مثل تفاعل الكحول مع كلوريد الثايونيل وكما في المعادلة الاتية:



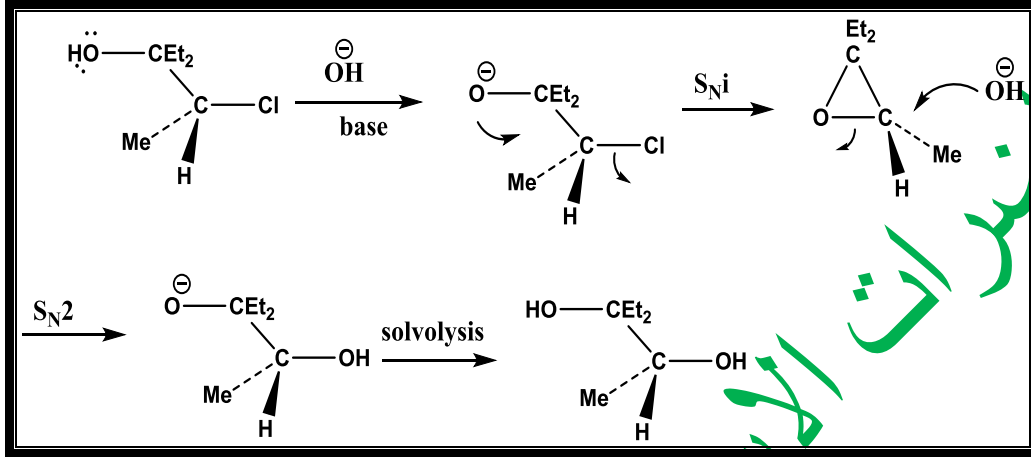
س: يتفاعل كلوريد الثايونيل SOCl_2 مع الكحول ROH بوجود البيريدين ليُعطي الناتج RCl مع انقلاب في التوزيع الفراغي (علل ذلك).



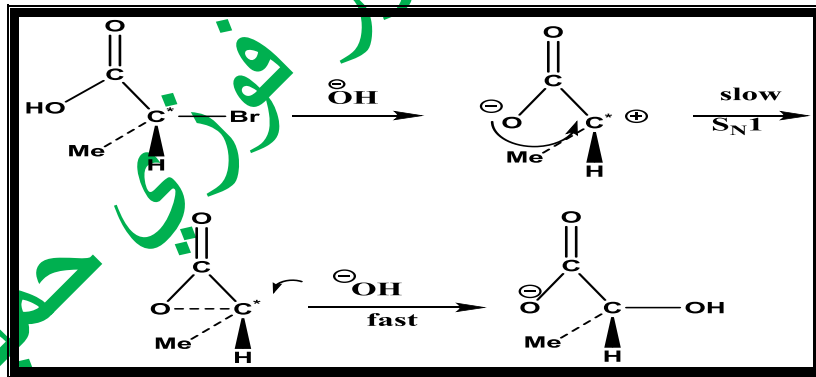
بسبب تفاعل حامض كلوريد الهيدروجين HCl الناتج من هيدروجين الكحول ROH وكلوريد الثايونيل SOCl_2 مع البيريدين ليُعطي ملح البيريدينيوم $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}^+\text{HCl}^-$ ونظراً لكون ايون الكلوريد Cl^- نيوكليوفيل فعال فإنه يهاجم مركب الكيل كلورو سلفات من الخلف بتفاعل $\text{S}_{\text{N}}2$ اعتيادي فيؤدي الى انقلاب التوزيع الفراغي وهذه هي ميكانيكية $\text{S}_{\text{N}}2$.

اشترك المجموعة المجاورة (الإبقاء على التوزيع الفراغي) في تفاعلات التعويض النيوكليوفيلي
Participation of neighboring group in S_{N}

ان وجود ذرة او مجموعة قريبة من الكربون المهاجمة تمتلك مزدوج الكتروني لتشارك به اي تحجب الجانب الخلفي لذرة الكربون (التي يحصل فيها الاستبدال) من هجوم الكاشف النيوكليوفيلي لذا سيحصل الهجوم من الجانب الأمامي فقط فيؤدي الى إبقاء التوزيع الفراغي مثل التحلل المائي القاعدي للمركب النشط ضوئيا يؤدي الى تكوين مركب له نفس التوزيع الفراغي .

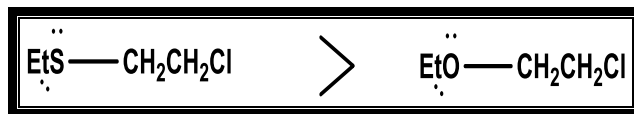


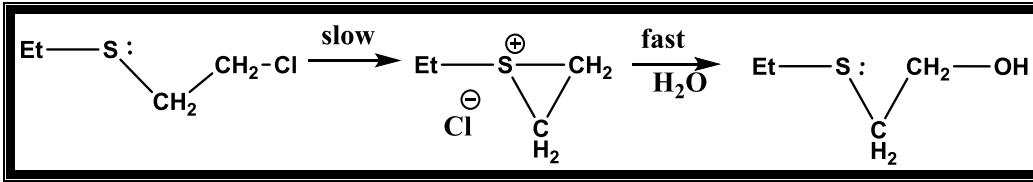
كمان التحلل المائي لأنيون **2-Bromopropanoate anion** باستعمال تركيز واطئ من HO^- حيث تشارك المجموعة المجاورة (ذرة الأوكسجين) فيتم الحصول على الناتج مع بقاء التوزيع الفراغي للمادة المتفاعلة وان سرعة التفاعل لا تعتمد على تركيز $[\text{HO}^-]$.



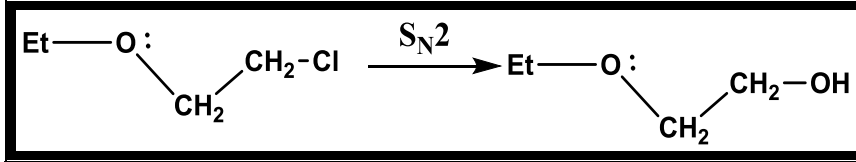
يتحلل المركب $\text{EtSCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ مائيا بمقدار 10^4 أسرع من $\text{EtOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$

بسبب مساهمة المجموعة المجاورة (ذرة الكبريت) التي تهب المزدوج الإلكتروني بسهولة الى ذرة الكربون الحاملة للهاليد .

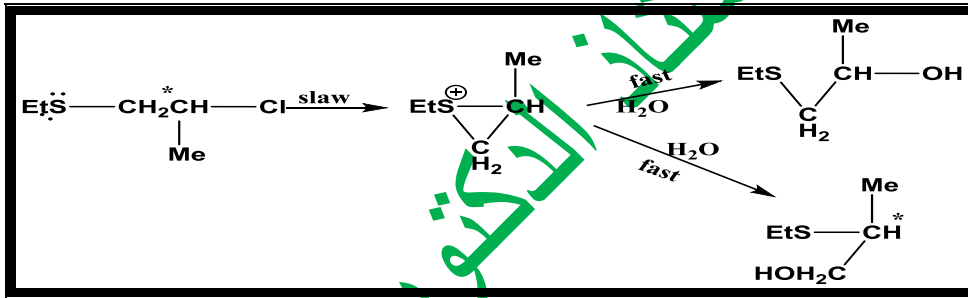




اما المجموعة المجاورة (ذرة الأوكسجين) التي لها كهروسالبية عالية بحيث لا تعطي المزدوج الإلكتروني لذا فالتحلل المائي يحصل بواسطة نيوكليوفيل خارجي (S_N2).

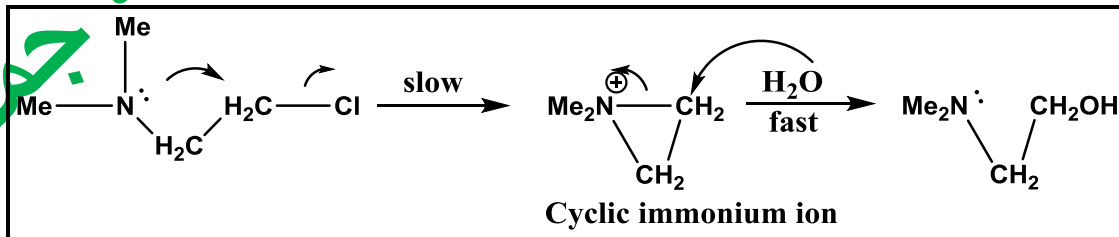


ان التحلل المائي للمركب النشط ضوئياً EtSCH₂CHMeCl يعطي ناتجين مختلفين. بسبب مساهمة المجموعة المجاورة (ذرة الكبريت) التي تهب المزدوج الإلكتروني بسهولة إلى ذرة الكربون الحاملة للهاليد. كما يعتمد الناتج أيضاً على موقع هجوم جزيئة الماء على ذرة الكربون الكيرالية وكما موضح في التفاعل الآتي:



اشترك المجموعة المجاورة (ذرة N):

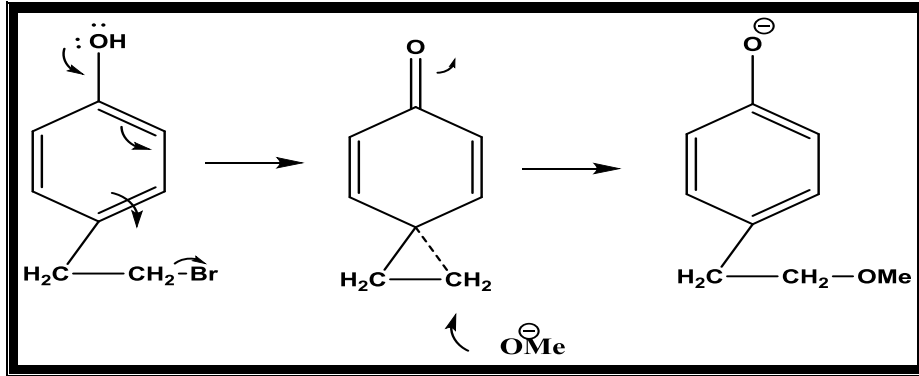
التحلل المائي للمركب Me₂NCH₂CH₂Cl يعطي الكحول الأميني. بسبب مساهمة المجموعة المجاورة (ذرة النايروجين) التي تهب المزدوج الإلكتروني بسهولة إلى ذرة الكربون الحاملة للهاليد. كما ان معدل سرعة التفاعل ابطاً بكثير مما هو في مركب الكبريت بسبب الاستقرار العالي للوسطي (أيون الأمونيوم الحلقية). وكما موضح في التفاعل الآتي:



اشترك المجموعة المجاورة (نظام الأوربيتال باي (π) لحلقة البنزين).

بسبب مساهمة المجموعة المجاورة (الاصرة المزدوجة) التي تهب المزدوج الإلكتروني بسهولة إلى ذرة الكربون الحاملة للهاليد. هذا تفاعل تحلل مائي (MeOH او H₂O)

ويتضح تأثير المجموعة المجاورة نظام باي (π) **لحلق البنزين** ليتكون الوسطي الجسري المستقر **باللاموضعية** وكما موضح في التفاعل الآتي:



تأثير المجموع الداخلة والمغادرة **Effect leaving and entering groups**

1 - المجموعة الداخلة: **Entering group:**

ان النيوكليوفيل (**Nu**) في ميكانيكية **S_N1** لا تأثير له على معدل سرعة التفاعل لأن الخطوة المحددة لسرعة التفاعل تعتمد على تركيز هاليد الألكيل فقط وكما يلي:

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

في ميكانيكية **S_N2** يسرع التفاعل كثيرا كلما كان الكاشف النيوكليوفيلي أكثر نيوكليوفيلية

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

ما الفرق بين القاعدية والنيوكليوفيلية ؟

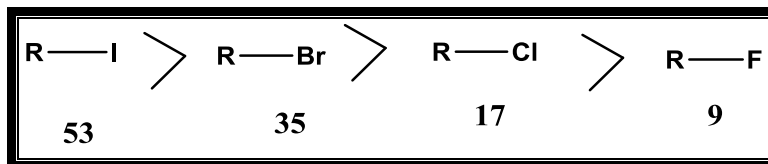
القاعدية : B	النيوكليوفيلية : Nu
1- إعطاء المزدوج الإلكتروني الى ذرة الهيدروجين	1- إعطاء مزدوج الكتروني الى ذرة اخرى ناقصة الكترونياً وغالبا ما تكون الكربون
2- تتأثر بالتأثيرات الفراغية قليلا	2- تتأثر بالتأثيرات الفراغية كثيرا
3- يوجد نوعين من القواعد : a- القواعد الصلدة hard bases هي التي تكون فيها الذرة الواهبة ذات كهروسالبية عالية واستقطاب قليل ويصعب أكسدتها مثل H⁺O , OR⁻ , R₃N: ; b- القواعد اللينة soft bases هي التي تكون فيها الذرة الواهبة ذات	3- يوجد نوعين من النيوكليوفيلات : a- نيوكليوفيلات قوية وهي التي مزدوجها الإلكتروني غير مشغول مثل H₂O ، NH₃ b- نيوكليوفيلات ضعيفة هي التي مزدوجها الإلكتروني مشغول مثل

<p>كهروسالبية واطنة واستقطاب عالي ويسهل أكسدتها مثل RS ، I⁻ ، SCN⁻ - ولكونها قاعدة لينة لذلك تزداد نيوكليوفيليتها</p> <p>4- كلما كانت القاعدة أقوى كلما النيوكليوفيل أقوى EtO⁻ > PhO⁻ > MeCO₂⁻ > NO₃⁻</p>	<p>Ph-OCH₃ و Ph-NH₂</p> <p>4- عند تغير النيوكليوفيل ستتغير الميكانيكية فالأزاحة S_N1 مع EtOH ، CO₃ ، HCO₃ ، H₂O ستصبح S_N2 مع HO⁻ EtO⁻</p> <p>5- تتأثر النيوكليوفيلية بحجم الذرة المهاجمة في النيوكليوفيل I > Br > Cl فالحجم والكهروسالبية يتحكمان بالاستقطاب فكلما يزداد حجم الذرة سيقبل جذب النواة للإلكترونات الخارجية فتزداد نيوكليوفيليتها وقدرتها على الأرتباط من مسافات نواتية متباعدة</p> <p>6- كلما يزداد حجم النيوكليوفيل كلما تقل طاقة التمدوب اي يسهل تحوله الى نيوكليوفيل فعال غير متمدوب</p>
--	--

يعد ايون اليوديد **I⁻** نيوكليوفيل أفضل بكثير من **F⁻**
لأن أيون اليوديد كبير الحجم عالي الاستقطاب وقليل التمدوب وكلما يزداد حجم
الأيون السالب يقل جذب النواة للإلكترونات الخارجية فتزداد قابلية هذه الإلكترونات على
الاستقطاب مؤديا للارتباط بالمسافات البعيدة وتقل طاقة التمدوب ولا يميل لتكوين أواصر
هيدروجينية مع المذيب لذا يصبح نيوكليوفيل فعال. أما أيون الفلوريد صغير الحجم صعب
الاستقطاب وكثير التمدوب اي يميل للتأصر الهيدروجيني مع المذيب الهيدروكسيلي لذا
يصبح نيوكليوفيل ضعيف.

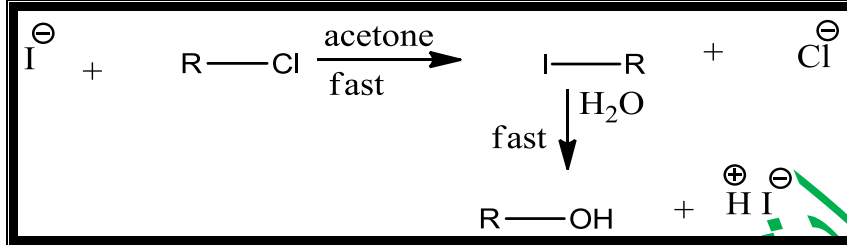
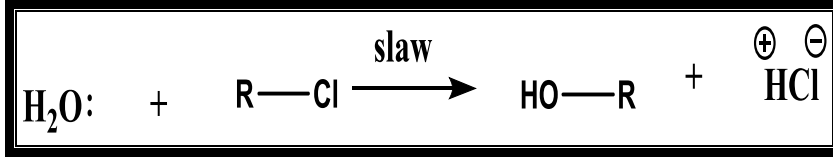
2 - المجموعة المغادرة Leaving group

في الميكانيكة **S_N2** ترتب فعالية الهاليدات حسب الترتيب الاتي :

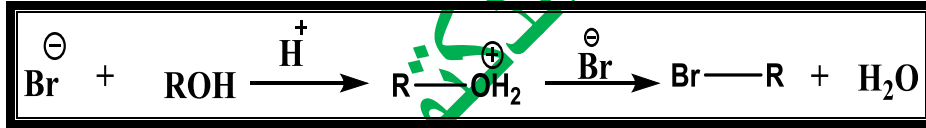


ولأن أيون اليود له استقطابية عالية لذا فهو مجموعة داخلة ومغادرة جيدة.

ان تفاعل الماء مع هاليد الألكيل بطيء وصعب لأن الماء نيوكليوفيل ضعيف لذا يجب ان نحول ايون الكلوريد Cl^- الى مجموعة مغادرة جيدة وذلك باستبدال الكلور باليود وكما موضح في التفاعلات الآتية:



التعويض النيوكليوفيلي المحفز بالحامض (Nucleophilic acid catalysis) تكون ازالة المجموعة المغادرة أصعب كلما كانت القاعدة أقوى وأصلد لذا فالمجاميع OH^- , OR^- , NH_2^- المرتبطة بالكربون بذرات صغيرة ذات كهروسالبية عالية واستقطابية قليلة صعبة المغادرة لذا يجب ان نحولها الى مجاميع مغادرة سهلة بالبرتنة مثلا لجعل القاعدة القوية قاعدة ضعيفة لينة يسهل ازاحتها وكما يلي:



إزاحات نيوكليوفيلي أخرى S_N Another تفاعلات التعويض النيوكليوفيلي S_N على ذرة كربون مشبعة يشمل انيونات نيوكليوفيلية مثل الهيدروكسيد OH^- او فصائل متعادلة مثل الماء H_2O تهاجم جزيئات هاليدات الألكيل وكما في التفاعلات الآتية:

