الفصل الأول

حركة المياه فى الجوامد المنفذة

Water movement in Porous Solids

١-١- الأسطح القطبية Hydrophilic surfaces:

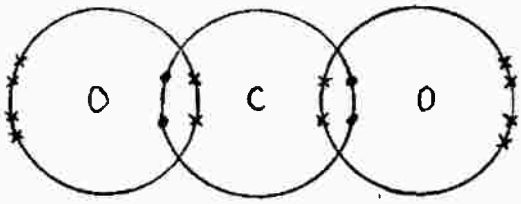
يحتوى الطوب والحجر والمؤن على بللورات Crystals مجموعات الكربونات Carbonates والسيليكات Silicates والألومينات Aluminates أو آكاسيد هذه المجموعات .

كما أن المواد الزجاجيه Vitreous والمواد غير البللورية Non-Crystalline تحتوى أيضا على سيليكات .

أسطح هذه البللورات أو المواد الزجاجية تكون غنية بذرات الأكسجين التى تحمل شحنات كهربية سالبة Negative electrical charges ولهذا السبب فإن الأكسجين يظل عنصرا جاذبا للإلكترونات Electron attracting لذلك عندما يكون الأكسجين روابط مع ذرات آخرى مثل : الكربون أو السيليكون أو الألومنيوم ... الخ .. فإنه يكتسب الكترونين من ذرات هذه العناصر أو يشترك معها ليكون جزيئات مستقرة كيميائيا .

ويدعى زوج الالكترونات المشترك بين ذرتين عادة باسم : الرابطة Bond.

" ويوضح الشكل رقم (١) الروابط بين ذرات غاز ثانى اكسيد الكربون ، حيث يوجد زوجان من الالكترونات مشاركان بين كل ذرة اكسجين وذرة الكربون المركزية فى ثانى اكسيد الكربون مكونة ثمانى الكترونات حول كل ذرة من الذرات الثلاث الموجودة فى المركب ، ويقال أن ثانى اكسيد الكربون به رابطتين مزدوجتين Double bond.



شكل رقم (١) يوضح

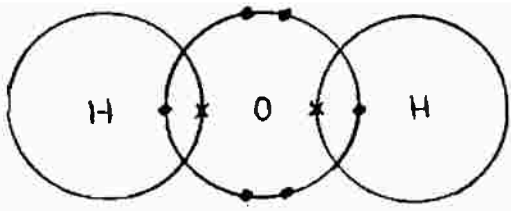
الروابط بين ذرات غاز ثانى اكسيد الكربون

ويلاحظ أن السطح الذى يحتوى على الأكسجين ، يكون الأكسجين فى الغالب مقيدا أو مرتبطا من أحد جوانبه بذرة هيدروجين ، ليكون مجموعة هيدروكسيل Hydroxyl group - O - H..

هذه المجموعة تحمل شحنة كهربية سالبة على الأكسجين O^- وأخرى موجبة على الهيدروجين H^+ ، وذلك لأن ذرة الأكسجين تحتوى على عدد أعلى من الالكترونات السالبة فى مدارها الخارجى ، لذلك فإنها تجذب عدد أكبر من ذرات الهيدروجين .

" مثال ذلك : مايحدث فى جزىء الماء - أنظر الشكل رقم (٢) وحيث أن الأكسجين يحتوى على ستة الكترونات فى مداره الخارجى والهيدروجين يحتوى على ذرة واحده ، فإن ذرة الأكسجين تكون رابطة تساهميه من ذرتين من الهيدروجين ".

ويقال أن جزىء الماء به رابطتين أحاديتين .



شكل رقم (٢) يوضح
الروابط فى جزيىء الماء

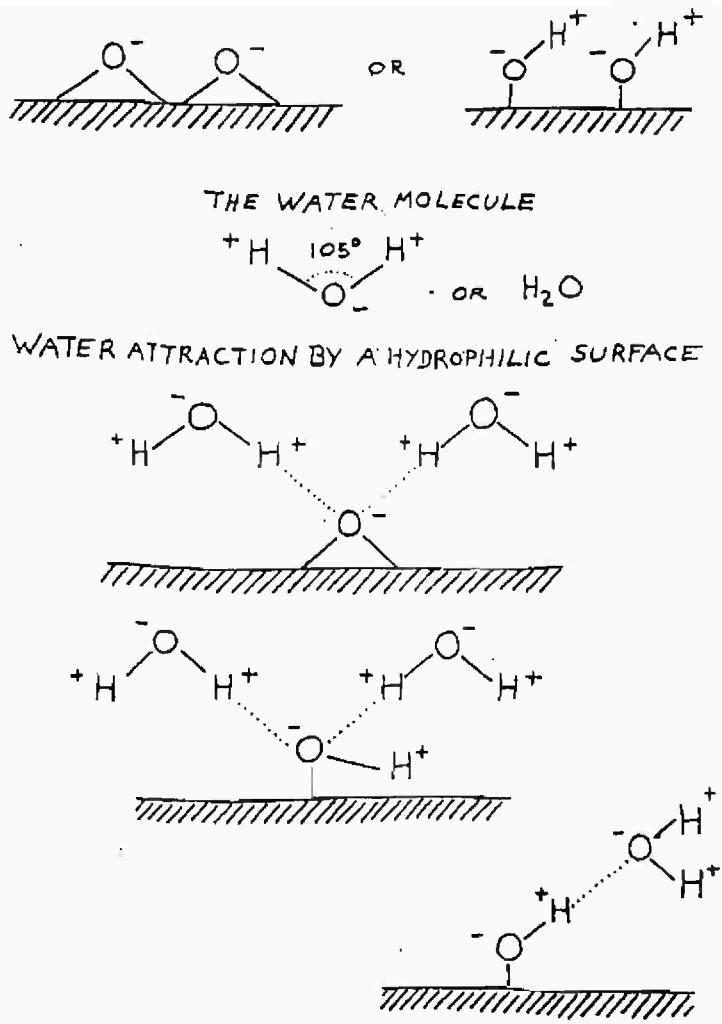
ويحمل طرف الجزىءالأكسجينى شحنة كهربية سالبة، والطرف الهيدروجينى شحنة كهربية موجبة . " لهذا يقال أن جزئ الماء عالى القطبية أو قطب Polar".

والأسطح التى تحتوى على شحنات كهربية . من ذرات الاكسجين ، أو مجموعات الهيدروكسيل ، تسمى : الأسطح القطبية ، ويطلق عليها أيضا مصطلح Hydrophilic أى الأسطح المحبة للماء Water loving وذلك لأنها تجذب جزيئات الماء . انظر الشكل رقم (٣).

وتتولد قوة الجذب الكهربية ، أو مايعرف بالمجال الكهربى Electric Field بواسطة ذرة الهيدروجين ، التى ترتبط مع ذرة الأكسجين ،

التى تختلف معها فى الشحنة، حيث تتكون مجموعة هيدروكسيل تسبب الترابط بين جزىء الماء نفسه، أو جزيئات الماء مع بعضها .

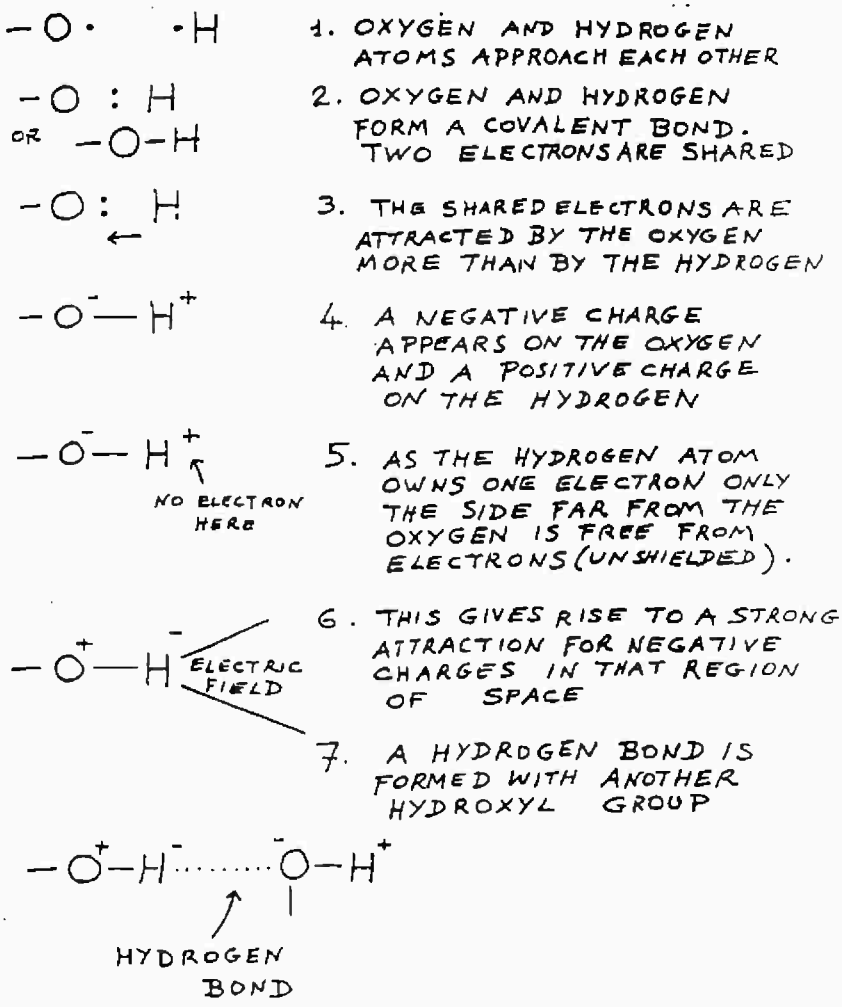
هذا الترابط المباشر الذى يتم بين الهيدروجين والأكسجين يسمى : الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bond.



شكل رقم (٣) يوضح

السطح القطبى وكيفية جذبه لجزيئات الماء

ويبين الشكل رقم (٤) أسلوب وخطوات تكون الرابطة الهيدروجينية .



شكل رقم (٤) يوضح

أسلوب تكون الرابطة الهيدروجينية

وعادة كل ذرة أكسجين تكون رابطتين مع الهيدروجين إلى جانب تكون رابطتين كيميائيتين فى نفس الوقت ، وكل أربعة روابط تكون شكل رباعى يترتب حول ذرة الأكسجين .

وكل ذرة هيدروجين تستطيع تكوين رابطة هيدروجينية واحدة فى الاتجاه المضاد لرابطتها الكيميائية .

والرابطة الهيدروجينية أضعف من الرابطة الكيميائية العادية، والتى تظل قوية ، وتحتاج إلى كمية مناسبة من الطاقة لكى يتم تكسيرها، هذه الطاقة قد تصل إلى ٦٠٠٠٠ جول / ١٨ جم ماء . أى مايعادل واحد وات ساعة / جرام ماء One watt- Hour/gram of water.

- كيفية امتزاز الماء على السطح القطبى :

تمتز جزئيات الماء على السطح بواسطة ذرة الاكسجين التى تدير نفسها ناحية الجانب ناحية الجانب الموجب من السطح نفسه .

(انظر الشكل رقم ٣).

وفى حالة الأسطح القطبية فإن مجموعات الهيدروكسيل ربماتجذب كل من أيون الهيدروجين الموجب ، وأيون الأكسجين السالب ، لكن ارتباط جزئ الماء فى هذه الحالة يظل منتشرا ومستمرا من الجانب الموجب ، أى من ناحية أيون الهيدروجين ،وذلك لأن الاكسجين يستطيع تكوين رابطتين هيدروجينيتين Two Hydrogen bonds فى حين أن الهيدروجين يكون رابطة واحدة فقط .

فى هذه الظروف يتكون نوع من المجال الكهربى المزدوج يتكون من طبقتين كهربيتين .. طبقة موجبة فى الماء الممتز ، وطبقة سالبة على سطح الجامد أو المادة الصلبة The solid surface .

ولو طبقنا نظرية الجهد الكهربى An electric patential على المواد المسامية القطبية عند بللها أو ترطيبها بالماء بأن الماء سوف يتجه نحو القطب السالب The negative electrode " وهذا يعنى أن الماء الممتز فوق سطح الجوامد المنفذة يكون ذو شحنة موجبة " و بهذه الطريقة يمكن ازاحة كمية كبيرة من الماء.

وعلى أية حال ، ليس من الواضح أن الطبقة المزدوجة نفسها هى التى تكون ممتزه لجزيئات الماء التى تستطع أن تتحرك فى إتجاه القطب السالب ، إلا أن هذه الجزيئات تبدو كطبقة ذات شحنة موجبة تتجه ناحية السطح الجامد، بينما جانبها السالب يكون متصلا بجزيئات ماء أخرى . انظر الشكل رقم (٣).

أيضا يمكن تفسير الحركة الكهربية للماء Electrokinesis عن طريق تتبع حركة الأيونات السالبة والموجبة الموجودة فى الماء.

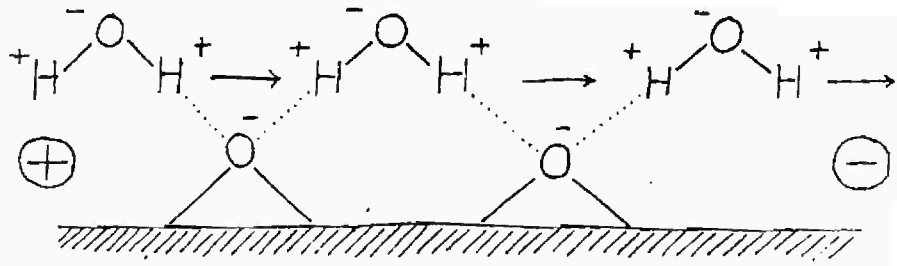
على سبيل المثال : تنشأ شحنة كهربية حول الذرات أو المجموعات الذرية ، نتيجة تحلل الأملاح – مثل: أملاح الكلوريدات التى تتحلل إلى أيون كلورسالب وأيون المعدن الموجب – أو بواسطة تحل الماء نفسه إلى أيون هيدروجين موجب ، وأيون هيدروكسيل سالب . والأيونات الموجبة تكون أقل من الأيونات السالبة ، لذلك يكون لديها القدرة على جذب عدد أكبر من جزيئات الماء ، نظرا لأنها تكون ذات شحنة كهربية عالية .

من أجل ذلك فإن الأيونات الموجبة تكون قادرة على حمل عدد أكبر من جزيئات الماء ، خاصة عندما يبدأ المجال الكهربى فى دفع الأيونات تجاه القطب الكهربى فى نقط متضادة .

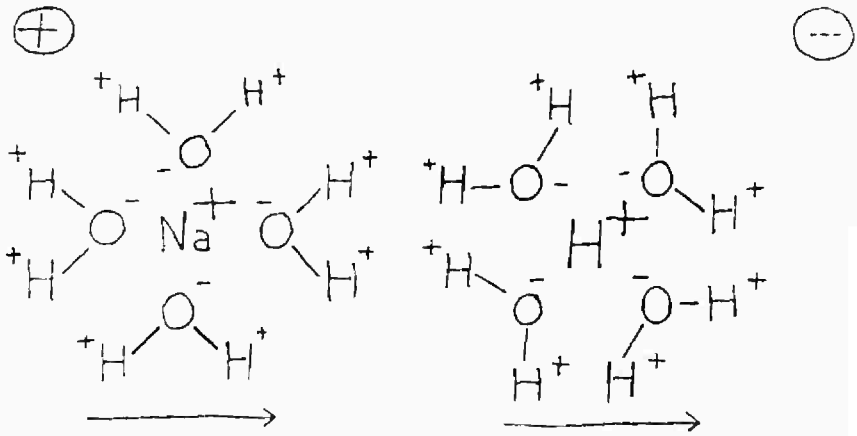
أيضا فإن الماء يبدو متجها نحو القطب الكهربى السالب الذى يستطيع حمل كمية زياة من الماء بواسطة الأيونات الموجبة أكثر من تلك التى تحملها الأيونات السالبة . انظر الشكل رقم (٥) .

ومهما يكن فإن كمية الطاقة اللازمة لتحلل الماء ، وميكانيكية هذا التحلل داخل مسام المواد القطبية قد لاتكون كبيرة فى كثير من الظروف ، وتحت هذه الظروف فإن جزيئات الماء التى تتحلل تستبدل بأخرى جديدة ، حيث تتكون فى المجال راطتين هيدروجينين جديدتين ، وفى نفس الوقت تتولد الطاقة اللازمة لكسر الرابطتين السابقتين .

وتتطلب حركة الماء فى مسام المواد الجامدة المنفذة بعض الطاقة ، لتكسر حاجز الجهد الكامن الذى يحتمل وجوده بين أى موقعين ثابتين لجزنيات الماء بالقرب من السطح الجامد، هذه الطاقة لاتتعدى واحد وات ساعة / جم ماء وإذا لم تزح جزيئات الماء الجديدة ، الجزيئات القديمة فإن كل الطاقة اللازمة لكسر الروابط الهيدروجينية تكون مطلوبة فعليا لحركة المياه داخل المسام .



MOVEMENT OF POSITIVE IONS IN AN ELECTRIC FIELD



HYDRATION WATER IS CARRIED ALONG

NEGATIVE IONS ARE LARGER AND CARRY LESS WATER MOLECULES

شكل رقم (٥) يوضح
حركة الأيونات الموجبة فى المجال الكهربى
ونموذج لتحلل هيدروكسيد الصوديوم

١-٢- انتشارالماء فى مسام المواد القطبية :

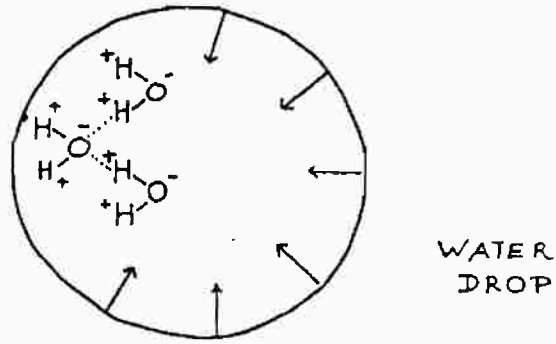
Water distribution in hydrophilic pores:

- قطرة الماء Water drop:

كل جزيئات الماء على سطح قطرة الماء تتجذب نحو الداخل - أى نحومركز قطرة الماء - بواسطة الروابط الهيدروجينية ، التى تربط أيضا جزيئات الماء ببعضها داخل قطرة الماء .

وتكون النتيجة وجود ميل نحو تقليل مساحة السطح ليأخذ الشكل الكروى والذى تظهر عليه نقطة الماء . انظر الشكل رقم (٦)

وهذه الحالة تسمى : التوتر السطحى Surface tension



شكل رقم (٦) يوضح
نقطة المياه وقوى التجاذب بين جزيئاتها

- قطرة الماء على السطح القطبى الجامد :

Water drop on the surface of Hydrophilic solid

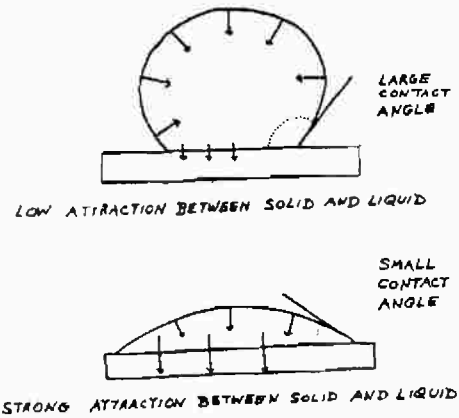
يتحدد شكل قطرة الماء على أسطح المواد القطبية الجامدة ، عن طريق قوى التجاذب بين جزيئات الماء والسطح الجامد.

هذه القوى يمكن معرفتها عن طريق قياس زاوية التماس Contact Angle بين قطرة الماء وسطح الجامد.

"وتعرف زاوية التماس : بأنهاالزاوية الواقعة فى باطن السائل ، والمحصورة بين اتجاه المماس لسطح السائل وسطح المادة الجامدة عند نقطة كلامهما".

فى السوائل القطبية مثل : الماء ، تكون زاوية التماس بينها وبين السطح الحامد كبيرة ، مما يدل على أن قوة التجاذب بين الماء والسطح تكون صغيرة.

على العكس من ذلك إذا كانت زاوية التماس صغيرة ، فإن قوى التجاذب بين الماء والسطح تكون قوية .(انظر الشكل رقم ٧).



شكل رقم (٧) يوضح
قوى التجاذب بين الجامد والسائل القطبى

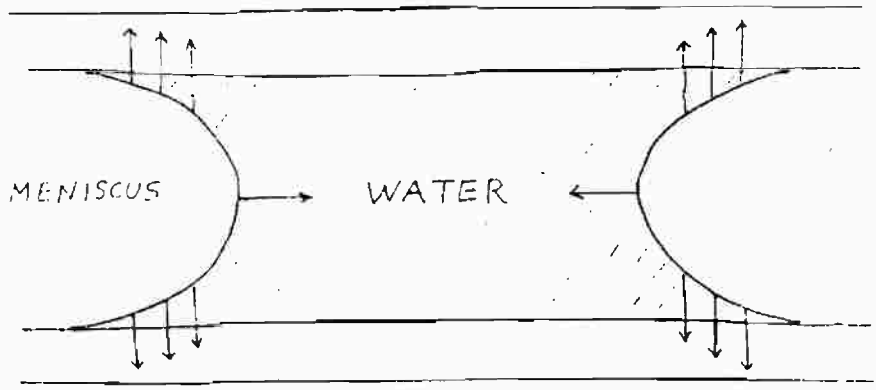
فى السوائل غير القطبية .. دائما ماتكون زاوية التماس بينها وبين أسطح المواد الجامدة صغيرة، وذلك لايرجع إلى قوة جذب الأسطح الجامدة لقطرات السائل، بل يرجع إلى صغر قوى التجاذب الداخلى بين الجزيئات فى السائل نفسه.

أى أن قـــــــوى التوتر السطحى للسائل تكـــــون ضعيفـــة Low surfact tnsion.

- شكل المياه داخل الجوامد القطبية المنفذة

Water inside a Hydrophilic porous solid

يظهر الشكل الهلالى Meniscus لسطح الماء داخل المسام الصغيرة للمواد المنفذة ، عن طريق التجاذب الذى يحدث بين سطح الماء وسطح المسام الدقيقة وفى نفس الوقت يحدث تجاذب فى اتجاه المركز بين جزيئات الماء نفسه. كما هو موضح فى الشكل رقم(٨).



شكل (٨) يوضح
مظهر المياه داخل مسام الجوامد ال
منفذة

" وحيث أن جزئ الماء في باطن السائل يقع تحت تأثير قوى جذب من جميع الاتجاهات ويكون روابط مع الجزيئات المجاورة له أكثر من تلك التي يكونها جزيء آخر بالقرب من سطح السائل. لذلك نجد أن التوتر السطحي في السوائل يعمل على انقاص مساحة سطح السائل المعرض للهواء".

- **المص الشعرى Capillary suction:**

تسمى المسام الصغيرة جدا أو الدقيقة : مسام شعرية Capillary pores أو شعريات Capillaries وأصلها كلمة دقيقة تعنى : شبيه الشعر Har-like.

" وتعرف الخاصة الشعرية Capillarity بأنها حركة المياه داخل الجوامد المنفذة ".

والماء يتحرك داخل المسام الدقيقة لو قوة جذب سطح المسام لجزيئات الماء – أى قوى التلاصق – أكبر من قوى التجاذب بين جزيئات الماء نفسها – أى قوى التماسك .

" ويلاحظ أن قوى التماسك تعمل ضد قوى التلاصق"

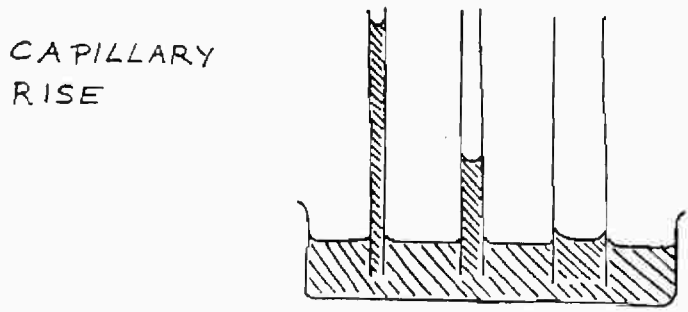
كذلك فإن حجم قوة المص للسوائل يعتمد على :

- طبيعة السطح الماص The nature of the surface

قطر المسامة The diameter of the pore

وعندما يقل قطر المسامه تزداد قوة المص الشعرى . أى أن المياه ترتفع داخل المسام بسرعة عكس الجاذبية الأرضية . وذلك بسبب زيادة قوة الجاذبية الشعرية The capillary force عن قوة الجاذبية الأرضية

The gravity force وتسمى ظاهرة ارتفاع المياه داخل المسام الدقيقة فى المواد المنفذة بظاهرة الارتفاع الشعرى Capillary rise.



شكل رقم (٩) يوضح
الخاصيـــــة الشعريـــــة

" وفى حالة تساوى القوتين - القوة الشعرية وقوة الجاذبية الأرضية - يتوقف الارتفاع الشعرى ".

ولو أن المص الشعرى للماء غير متعادل Not counter balance فى وجود ميكانيكيات أخرى .. مثل: بخار الماء ، داخل مسام مواد البناء المنفذة ، فإن الارتفاع الشعرى ضد الجاذبية الأرضية قد يصل إلى عدة مترات .

من أجل ذلك فإن الارتفاع الشعرى يعتبر ظاهرة طبيعية Spontaneous Phenomenon تحدث بسبب جذب الرابطة الهيدروجينية للماء ناحية بعض الأسطح .

وليس من الضرورى أن نستعين بالطاقة الكامنة الكهربية Electrical potential لكى نفسر حدوث ظاهرة الارتفاع لبخار الماء داخل

مسام مواد البناء . على الرغم من أن التطبيقات العملية للطاقة الكامنة تفسر لنا أسباب الحركات الأخرى لجزيئات الماء.

إلا أنه يجب أن نقرر أن ثمة كوامن مختلفة لها صلة بالتربة، ويمكن قياسها فى مسام المواد بعدما ترتفع المياه داخلها من التربة .

إلى جانب هذه الحقيقة فإن مثل هذه القياسات تكون قليلة الفائدة أو عديمة الجدوى .. مثل: إختلاف الكوامن التى يحتمل أن تعارض خاصية الارتفاع الشعرى أكثر من تساندها .. وذلك طبقا لقاعدة أو مبدأ لوشاتيليه Le chatelier's principle " عندما يؤثر عامل من العوامل فى نظام متزن، يقوم هذا النظام بتعديل نفسه فى الاتجاه الذى يمتص هذا التأثير".

- انتشار الماء فى مسام الجوامد القطبية :

Water distribution in porous Hydrophilic solid

لو أن كمية المياه الموجودة فى مسام الجوامد غير كافية لملئها تماما ، فإن الماء ينتشر فى مثل هذه الحالة حتى تصل طاقته إلى أقل حالة من حالات الطاقة The lowes energy state .

وفى هذه الحالة يحتمل أنها تستفيد استفادة كاملة من قوى التجاذب ، لكن قد يحدث تأثير ممزق لهذه القوى The distruptive effectبسبب الحرارة التى يمكن أن تساعد على وجود حالة من الفوضى ، أو عدم النظام بين جزيئات الماء .

ولكن نوضح عملية انتشار الماء فى مسام الجوامد المنفذة فإننا نضع طريقة ملء المسام تدريجيا على شكل رسم تخطيطى يبين تزايد المحتوى المائى فى أربع مستويات .

- **المستوى الأول :** المادة جافة تماما ، وكل المسام خالية من الماء.

- **المستوى الثانى :**

- المسام الشعرية تمتلىء بالماء.

- أسطح المسام الكبيرة تظل جافة.

- احتمال انتشار الماء وامتصاصه عند قواعد هذه المسام وذلك يحدث طبقا لقطر كل واحد من هذه المسام .

المستوى الثالث :

- كل المسام الشعرية تملأ بالماء .

- تتغطى أسطح الماء الكبيرة بطبقة رقيقة من الماء.

المستوى الرابع :

- كل المسام الشعرية والمسام الكبيرة تملأ بالماء .

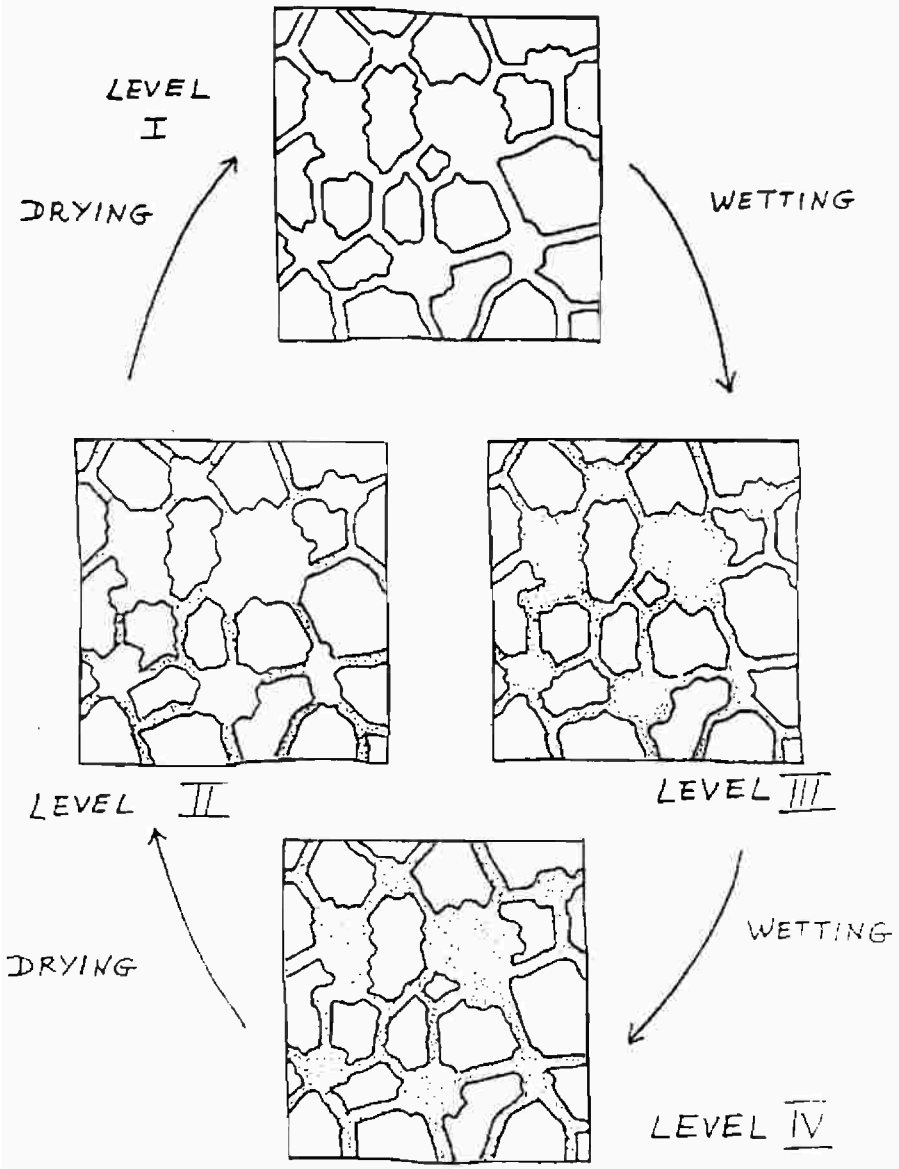
والشكل رقم (١٠) يوضح المستويات الأربع السابقة .

ويجب ملاحظة أنه :

- فى المستوى الثانى تكون المسام أقرب للجفاف ، فى حين أنه فى المستوى الثالث تكون المسام أقرب للبلل .

- نموذج الجفاف والبلل فى كل من المستوى الثانى والثالث يمكن أن يوجد فى كل المستويات .

وبناء عليه فإن التقسيم السابق لحالات بلل وجفاف المواد المسامية عن طريق الانتشار نموذج لحاله مثاليه قد لاتوجد هكذا فى الواقع ".



شكل رقم (١٠) يوضح

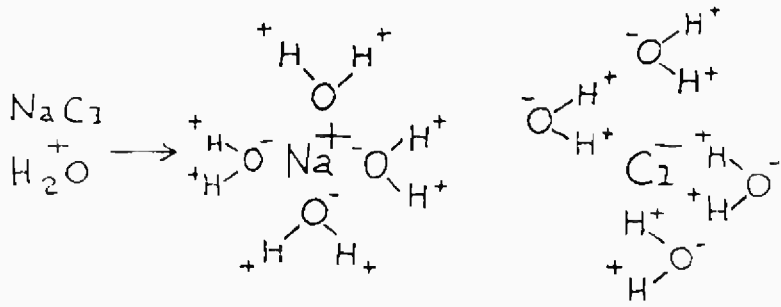
مستويات انتشار الماء فى الجوامد المنفذه القطبية

- محتوى الماء الحرج The critical water content:

ذكر قوس Vos وآخريـــن، أنه إذا زاد المحتـوى المائى للمسام عن المحتوى المائى المناظر للمستوى الثالث ، فإن الماء سوف ينتقل فى الصـورة السائلة .

لذلك فإن المستوى الثالث يعـــــرف بمحتوى المـــاء الحـرج The critical water content ويمكن أن نتعرف على محتوى الماء الحرج من خلال طبيعة المادة والنظام الهندسى لمسامها The geometry of the material porous system ومع ذلك فإن وجود أملاح ذائبة فى الماء يزيد الى حد كبير محتوى المـاء الحـرج ، وذلك بسبب تميو الأمـلاح والخاصـة الهيجروسكوبيه لأيونات الأملاح .

Hydration and Hygroscopicity of the salt ions.



شكل رقم (١١) يوضح

تميـــــؤ الأمـــــلاح

١-٣- حركة المياه فى الحاله السائلة :

Movement of water in the liquid phase

توجد العديد من القوى التى تستطيع تحريك الماء فى الحالة السائلة داخل مسام المواد الجامدة المنفذة .

وفيما يلى نذكر هذه القوى :

أ- المص Suction:

يحدث المص عندما تنتقل المياه داخل مواد البناء المسامية من المنطقة التى بها المحتوى المائى أعلى من المستوى الثالث ، للمنطقة التى بها المحتوى المائى أقل من المستوى الثالث .

" أى أن المص هو حركة المياه من المنطقة التى إمتلأت فيها المسام الشعرية بالماء ، وأيضا بلل أسطح المسام الواسعة به ، إلى المنطقة التى إمتلأت فيها المسام الشعرية بالماء وأسطح المسام الواسعة مازالت جافة ".

مثال ذلك : بلل المادة الصلبه الجافه عندما يتسلل الماء إلى داخل أحد جوانبها عند إتصاله بالمادة الرطبه أو المبلله ، وبعدئذ ينتقل الىالمناطق الجافة.

" أما قوى المص Suction forces فهى القوى التى تساعد الماء على الانتقال أو التحرك من المناطق المشبعة به إلى المناطق الجافة أو قليلة الماء".

ب - الانتشار Diffusion:

يحدث الانتشار عندما يكون المحتوى المائى أعلى من المستوى الثالث على جانبى الحركة On both sides of the Movement بمعنى

تحـرك الميـاه مـن المنطقـــــة ذات المحتـــــوى المائـــــى الأعلـى Higher water content إلـى المنطقـــــة ذات المحتـوى المـائى الأقـل Lower water content.

" أما قوى الانتشار Diffusion forces فهى القوى التى تساعد الماء على التغلغل والانتشار داخل المواد المسامية الجافة أو شبه الجافة".

جـ - الأسموزيه Osmosis:

الأمـلاح القابلـة للذوبـان فىالمـاء ، تـذوب وتفكـك إلـى أيونـات Dissociated into ions وهـذه الأيونـات تكـون ذرات ذات شـحنة كهربيـة Electrically charged atoms .

والملاحظ أن كل الأيونات تجذب جزيئات الماء بواسطة قوى كهربيـة Electrical forces وتسمى هذه العملية .. عملية التميؤ Hydration ونتيجة لذلك فإن الماء يتحرك من المناطق التى تحتوى علـى أيونـات قليلـة - تركيز المالح فيها ضعيـف - إلـى المنـاطق التـى تحتـوى علـى أيونـات كثيرة - أى تركيز الملح فيها عال .

د - الحركة الكهربية Electrokinesis:

تـم توضيـح ذلـك مسبقا - يرجـع ص - حيـث يتجـه المـاء ناحيـة القطـب السـالب ، داخـل الجـامد المنفـذ وذلـك يتوقـف عـل المجـال الكهربـى Electrical field وفى حالة تفكك الأملاح تكون أيونات، هذه الأيونات تتجه ناحية القطب الذى يخالف شحنتها الكهربية حاملة معها هيدروجين الماء.

هذه الظاهرة تسمى : الأسموزيه الكهربية Electro- Osmosis.

هـ - الحرارة Heat:

فى حالة بلل الجوامد المسامية فإن الماء يتحرك من المناطق الساخنة Warmer region فى إتجاه المناطق الأبرد منها Colder region أو الأقل سخونة مع ملاحظة أن ميكانيكية المص The suction Mechanism تتطلب وجود مساحات جافة وأخرى مبللة.

وتعتمد كل الميكانيكيات التى تؤدى إلى حركة الماء فى الصورة السائلة داخل مسام الجوامد المنفذة ، على استمرار وجود ضبقة رقيقة من الماء داخل هذه المسام تتغذى من خلال انتقال جزئيات الماء اليها.

وبناء على ذلك تحدث كل ميكانيكيات حركةالمياه - الانتشار والاسموزيه والحركة الكهربية والحرارة - فقط عندما يكون المحتوى المائى للمسام ، أعلى من كمية المياه المطلوبة لملء المسام الشعريه ، ولتغطية أسطح المسام الواسعة.

أى ينتقل الماء داخل مسام الجوامد المنفذة عندما يصل محتواها المائى إلى محتوى الماء الحر أو إلى المستوى الثالث .

١ - ٤ حركة المياه فى الحالة الغازية :

Movement of water in the vapour phase

أ - التكاثف والامتزاز Condensation & Adsorption:

قد تنتقل جزيئات الماء إلى سطح الجوامد المسامية أو المنفذة وهى فى الحالة الغازيه - بخار مثلا - حيث تتخللها . وتتسرب إلى داخلها من خلال المسام وذلك فى حالتى التكاثف والامتزاز .

- التكاثف Condensation :

يحدث التكاثف عندما تكون درجة حرارة السطح المعرض للهواء أقل من درجة حرارة نقطة الندى The dew-point temperature وبما أن جزيئات الماء فىالحالة الغازية ، توجد حرة فى الهواء فإنه عندما يصطدم بسطح بارد .. أو تنخفض درجة حرارة الجو . تصبح كمية بخار الماء فى الهواء كافية لتشبعه ، وتقل قدرة الهواء على حمل هذا البخار ، فيبدأ فى التكثف.

وعادة يحدث أن تتحد جزيئات الماء مع بعضها على سطح الجامد نفسه، لتكون طبقة رقيقة من الماء فى الحالة السائله A film of liquid water ويتحرك الماء بعد ذلك أو ينتقل إلى داخل المسام بواسطة أحد الميكانيكيات السابق شرحها .

- التكاثف البينى Interstitial condensation :

من الممكن أن تكون درجة حرارة سطح الجوامد المنفذة المعرض للهواء أعلى من درجة حرارة نقطة الندى .. لكن درجة الحرارة داخل هذه المواد أقل من درجة حرارة نقطة الندى ، فى مثل هذه الحالة ، فإن جزيئات الماء تتكثف داخل مسام هذه المواد .

" وهذا يعنى أن الماء فى صورة بخار يتسرب من السطح إلى داخل المواد المنفذة عن طريق المسام .. ويتكثف فى المسام بسبب برودة الداخل".

- انتشار البخار Vapour diffusion:

فى الجوامد المنفذة الجافة نسبيا ، أى ذات المحتوى المائى الأقل من المستوى الثالث ، ينتقل الماء من المناطق التى تحتوى على عدد كبير من

جزئيات الماء عالقة فىالهواء إلى المناطق التى تحتوى على عدد أقل من جزيئات الماء عالقة فى الهواء.

بمعنى أن الماء ينتقل فى صورة بخار من المناطق التى يكون فيها ضغط بخار الماء عال High vapour pressure إلى المناطق التى يكون فيها ضغط بخار الماء أقل Lower vapour pressure.

ونتيجة لذلك فمن الممكن أن يحدث بخر للماء فى بعض المسام وفى مسام أخرى يحدث تكاثف لبخار الماء .

ونستطيع القول بأن حركة المياه فى الحالة الغازية ، أى فى صورة بخار، تحدث عندما يستحيل إنتقال المياه فى الحالة السائلة بآليات أخرى لكن لايتم الانتقال بدرجة كافية Less efficient.

- **الخاصية الهيجروسكوبية Hygroscopicity:**

" الخاصية الهيجروسكوبية هى : قدرة المادة على مص الماء".

ومن المعروف أن أسطح الجوامد القطبية تستطيع جذب جزيئات الماء التى تمتز على السطح Adsorped on the surface حتى ولو كانت درجة حرارة هذا السطح أعلى من درجة حرارة نقطة الندى The dew- point temperature of the air.

ويحدث الامتزاز الهيجروسكوبى Hygroscopic adsorption عندما تكون الرطوبة النسبية فى الهواء أعلى من القيمة الحدية لها A limiting value والتى تعتمد على طبيعة المادة ، وكذلك قطر المسام.

فالمسام الصغيرة تسهل عملية الامتزاز الهيجروسكوبى، وربما تمتلىء هذه المسام بالماء ، إذا كان معدل الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪.

وتتميز الأملاح القابلة للإذابة فى الماء بالخاصية الهيجروسكوبية، إذ يمكنها إمتزاز كميات كبيرة من الماء عندما يكون معدل الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪.

وتتميز الاملاح القابلة للإذابة فى الماء بالخاصية الهيجروسكوبية ، إذ يمكنها إمتزاز كميات كبيرة من الماء عندما يكون معدل الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪.

على سبيل المثال : ملح كلوريد الصوديوم إذا ترك معرضا للهواء ، فإنه يمتز الماء منه ، إذا كان معدل الرطوبة النسبية به أعلىمن ٧٥٪.

من هنا نجد أن المواد القطبية المسامية يزداد محتواها المائى عن طريق تكثف أو إمتزاز بخار الماء من الهواء ، حتى ولو لم تكن هذه المواد على اتصال مباشر بالماء ،وهو فى حالته السائلة Liquid water

ب- البخر والامتصاص Evaporation & desorption :

وجود قوى التجاذب الكهربى بين الأسطح القطبية وجزيئات الماء ، تسهل دخول الماء إلى مسام المواد القطبية أكثر من طردها أو إزاحتها.

" وهذا يعنى أن قوى البخر تعمل عكس قوى التجاذب الكهربى بين جزيئات الماء والأسطح القطبية "

- البخر Evaporation:

مبدئيا تحدث عملية البخر فى الطبقات الرقيقة للماء الموجودة على أسطح الجوامد المنفذة ، عندما تكون الرطوبة النسبية فىالهواء المتصل بالسطح أقل من ١٠٠٪.

وكقاعدة عندما ينخفض معدل الرطوبة النسبية فإن عملية البخر يمكن أن تتم بصورة معتدلة .

أيضاعندما يتحرك الهواء بصورة مستمرة ، فإنه يحمل جزيئات الماء، مما يساعد على تحولها إلى الحالة الغازية أو حالة البخار The vapour phase وفى مسام المواد القطبية يحدث تشبع سريع للهواء الموجود داخل هذه المسام ، أى تصل الرطوبة النسبية إلى ١٠٠٪ وذلك بسبب ضعف دورة المياه بداخلها ، وفى نفس الوقت يصبح السطح الخارجى للجوامد المنفذة هو السطح الذى يحدث فيه عملية البخر، ويظل الماء الموجود داخل المسام باستمرار هو المصدر المغذى للسطح، لكى تستمر عملية البخر بمعدلات جيده.

وعندما ينقص محتوى مسام الجوامد المنفذة منا لماء إلى درجة أقل من المحتوى الحرج للماء داخل المسام ، فإن الماء فى الصورة السائلة لايمكن أن يتحرك تجاه السطح .

وفى هذه الحالة تظل ميكانيكية انتشار بخار الماء Vapour diffusion Mechanism هى الميكانيكية الملائمة فى هذه المرحلة .

كما أن معدل جفاف قطرات الماء فىهذه المرحلة يظل مستمرا وبكميات كبيرة ، أما الجفاف الكامل للمواد فيبقى صعبا إلى حد ما.

- الامتصـــاص De- Sorption :

عندمـا تكـون المـواد متصلـة بـــالهواء الجـوى ذو الرطوبـة النسـبية المنخفضـة ، فإنه من الممكن حدوث عملية إمتصاص للماء الممتز على أسطح هذه المواد .

وفى هذه الحالة أيضا فإن دوره الهواء Air circulation قد تدعم إزالة المياه من على السطح .

أيضا فإن ظاهرة التخلفيه Hysteresis phenomena تجعـل حـدوث عملية الامتصـاص أكثر صـعوبة من تلك التى يمكن تقديرها عن طريق عمليـة الإمـتزاز وذلـك يعنـى أن عمليـة الامتصـاص تظـل دائمـة الحـدوث فـى ظـل إنخفاض درجة الرطوبة النسبية بصورة أكـثر مـن تلـك التـى يحـدث أثناءهـا عملية الامتزاز.

على سبيل المثال: ملح كلوريد الصوديوم ، يمكنه إمتزاز الماء، عندما تصل الرطوبة النسبية فىالهواء إلـى ٧٥٪ فـأكثر ، لكنـه يبـدأ فـى طـرد هـذا الماءعندما تنخفض الرطوبة النسبية عن ٧٠٪.

والحقيقة أن عملية المص Suction وعملية الامتزاز Adsorption تحدثان بسهولة فى المواد المسامية القطبية ، بينما تحدث عمليات الامتصـاص والجفاف Drying & De-sorption ببعض الصعوبة ،وذلك فـى الظـروف الطبيعية The natural condition .

وفى نفس الوقت قد تتكون حالة بلل إذا التقطت المواد القطبية قطرات الماء من الهواء الجوى ، وامتـلأت مسـامها الشـعريه ، وكذلـك تكونـت طبقـة رقيقة من الماء على أسـطح مسـامها الواسـعة أى وصـلت إلـى حـد المسـتوى

الثالث من التقسيم السابق (انظر شكل رقم ١٠) ففى هذه الحالة يصعب جفافها نسبيا ، إذ أ ن عملية الجفاف تحتاج إلى طاقة أعلى ووقت أطول.

علاوة على ذلك فإنه إذا لم تؤخذ الاحتياطات المناسبة ، فإن المواد الجافة المسامية يكون لها مطلق الحرية فى الحصول على الماء بكميات مختلفة ، صغيرة أو كبيرة ، ليوازن محتواها المائى الداخلى مع المحتوى المائى للهواء المحيط فى البيئة الخارجية .

١-٥- الارتفاع الشعرى فىالمبانى المساميه :

Capillary rise in porous masonry

لو أن أساسات المبانى غير معزولة Not- insulated ضد المياه الأرضية " أو أن العزل كان جزئيا أو متهالكا " فإن المياه تتخلل عناصر البناء بواسطة ميكانيكية المص The suction mechanism .

ويعتمد ارتفاع الماء فى المسام ، وكذلك المدى الذى يصل اليه – بصفة أساسية – على قوى التوازن بين الماء الداخل الىالمسام ، والماء المتبخر من سطح الحوائط وعندما تتساوى هذه القوى فإن إرتفاع الماء سوف يتوقف .

أيضا يعتمد إمتصاص الماء على سمك الحوائط ، إذ يزداد ارتفاع الماء فى الحوائط السميكة عندما يقل تأثير قوى الجاذبية الأرضية The gravity forces ، ولايعتد بتأثيرات قوى الجاذبية الأرضية المضادة لإرتفاع الماء ، إذا تعلق الأمر بقوى البخر ، حيث تبدو فى الحالة الأخيرة مهملة .

ويلاحظ أن دورة الهواء بالقرب من السطح تعجل عملية البخر ، وتتسبب فى خفض مستوى الرطوبة .

أيضا فى حالة النشاط المستمر للأملاح الذائبة فإنها تلعب دور الخاصة الشعريـــة ، حيث تتسبب فى ظاهـــرة الإرتفاع الشـــــعرى The capillary Rise لأنها تتراكم على أسطح المبانى بعد تعرضها لعملية البخر .هذا بالاضافة إلى أن تبلور هذه الأملاح يؤدى إلى تلف هذه الأسطح.

كما تجذب الأملاح الماء بالخاصة الأسموزيه Ismosis وقد يؤدى ذلك إلى رفع مستوى الماء إلى حد ما داخل عناصر المبانى .

كما أن تراكم الملح لايتوقف إذا وجدت الأملاح الذائبة ، واستمرت عملية البخر من السطح، وبذلـــك لاتصل إلـــى حالـة التوازن الثابت Stable equilibrium الذى يحدث عند توقف عمليات البخر .

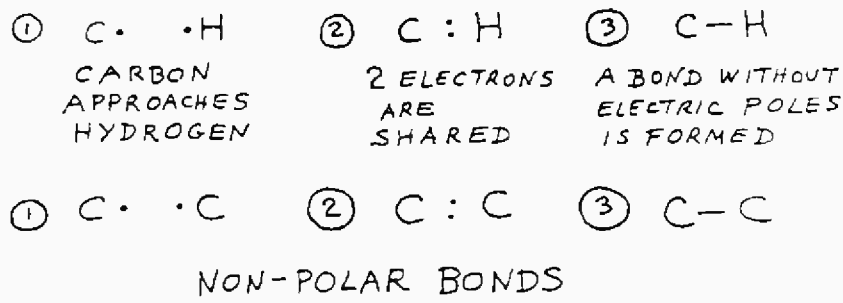
وقد لوحظ أن قدم الحوائط يؤدى إلى زيادة إرتفاع الماء بها ، بالخاصة الشعرية ؛ حيث تزداد نفاذيتها بالقدم.

١-٦- الأسطح غير القطبية Hydrophobic surfaces :

تتركب العديد من المواد العضوية مثل : الزيوت المعدنية Mineral oils والقار Bitumen والدهون Faits والراتنجات الصناعية والطبيعية Synthetic & Natural resins بصفـــة أساسية مـــــن ذرات الكربون والهيدروجين . ولكل من الكربون والهيدروجين غالبا نفس السالبية الكهربية Electro- negativity ولذلك فإنهما يتقاسمان الإلكترونات ليكونا روابط تساهميه لكى تبدو العناصر ثابتة كيميائيا.

نفس الشىء يحدث بين ذرات الكربون حيث تتكون روابط غير قطبية، ولايتكون مجال كهربى No electric pole is formed .

والشكل رقم (١٢) يوضح الروابط غير القطبية بين الكربون والهيدروجين ، وبين الكربون والكربون .



شكل رقم (١٢) يوضح

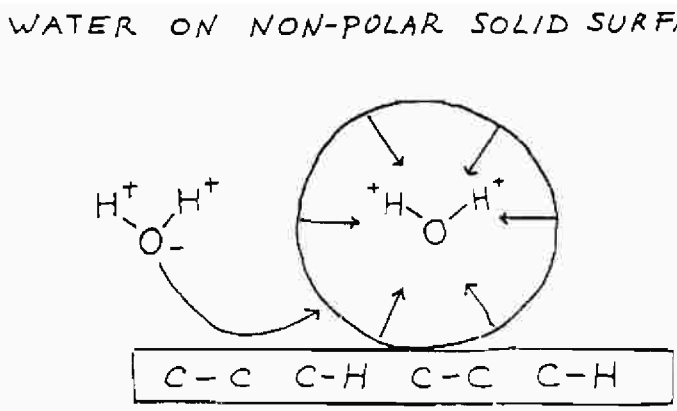
الروابط غير القطبية

والمواد العضوية تسمى : مواد غير قطبية Non - polar وهذه المواد لاتستطيع جذب جزئيات الماء لأنها لاتستطيع تكون روابط هيدروجينية معها .

كما أن جزيئات الماء على الأسطح غير القطبية تجذب بعضها الاخر لتكون قطرات ماء ، لاتنتشر على السطح، ولاتكون غشاء مائى يغطيه .

وبناء عليه فالمياه لاتبلل الأسطح غير القطبية ، إذ تكون زاوية التماس بين قطرات الماء والسطح غير القطبى كبيرة جدا .

انظر الشكل رقم (١٣).



شكل رقم (١٣) يوضح

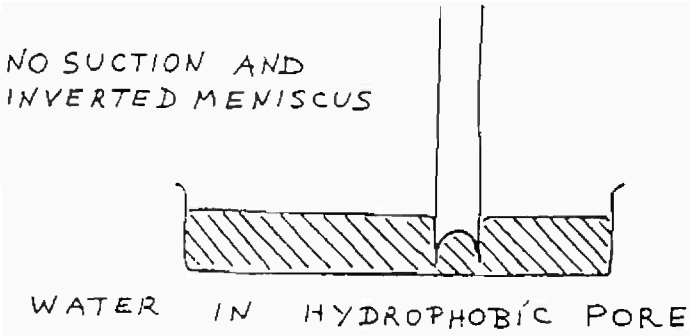
مظهر قطرة الماء على السطح الصلب غير القطبى

ويلاحظ أن المياه التى تظهر مطرودة على أسطح المواد غير القطبية، أكثر من تلك التى تبدو منجذبة اليها . لذلك تسمى هذه الأسطح .. أسطح طاردة للماء Hydrophobic أو كارهة له Water- Hating .

كما يلاحظ أنه فى مسام المواد الكارهة للماء لايوجد إمتصاص عن طريق الخاصة الشعرية ، كما لايوجد قوى تجاذب بين الماء ومسام الحوائط. وفى الواقع فإن الماء يظهر وكأنه يطرد من المسام.

وفى تجربة الارتفاع الشعرى نجد أن مستوى الماء داخل الانبوبه الشعريه ، أقل من مستوى الماء الحر خارج الأنبوبة . انظر الشكل رقم (١٤)

كما يظهر الماء داخل الانبوبة على شكل محدب An inverted meniscus .



شكل رقم (١٤)

مظهر الماء في مسام المواد غير القطبية