

الفصل الأول

حركة المياه في الجوامد المنفذة

**Water movement in Porous Solids**

obeikandi.com

### ١-١- الأسطح القطبية Hydrophilic surfaces:

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

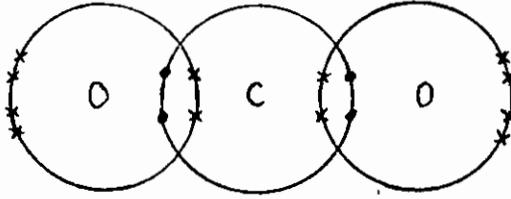
كما أن المواد الزجاجية Vitreous والمواد غير البلورية Non-Crystalline تحتوى أيضا على سيليكات .

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 أخرى مثل : الكربون أو السيليكون أو الألومنيوم ... الخ .. فإنه يكتسب إلكترونين من ذرات هذه العناصر أو يشترك معها ليكون جزيئات مستقرة كيميائيا .

ويدعى زوج الإلكترونات المشترك بين ذرتين عادة باسم : الرابطة

.Bond

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



شكل رقم (١) يوضح

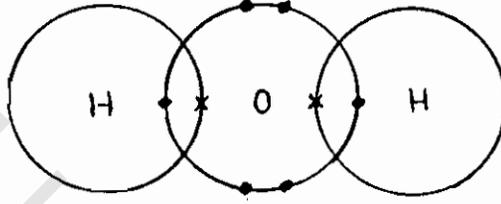
الروابط بين ذرات غاز ثاني اكسيد الكربون

ويلاحظ أن السطح الذي يحتوى على الأكسجين ، يكون الأكسجين في 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 في مدارها الخارجى ، لذلك فإنها تجذب عدد أكبر من ذرات الهيدروجين .

" مثال ذلك : ما يحدث فى جزيء 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 جزيء الماء به رابطتين أحاديتين .



شكل رقم (٢) يوضح  
الروابط في جزيء الماء

ويحمل طرف الجزيء الأوكسجيني شحنة كهربائية سالبة، والطرف الهيدروجيني شحنة كهربائية موجبة . " لهذا يقال أن جزيء الماء عالي القطبية أو قطب Polar".

والأسطح التي تحتوى على شحنات كهربائية . من ذرات الأوكسجين ، 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).

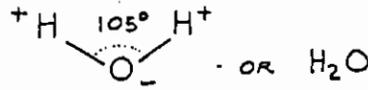
وتتولد قوة الجذب الكهربائية ، أو ما يعرف بالمجال الكهربى Electric Field بواسطة ذرة الهيدروجين ، التي ترتبط مع ذرة الأوكسجين ،

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

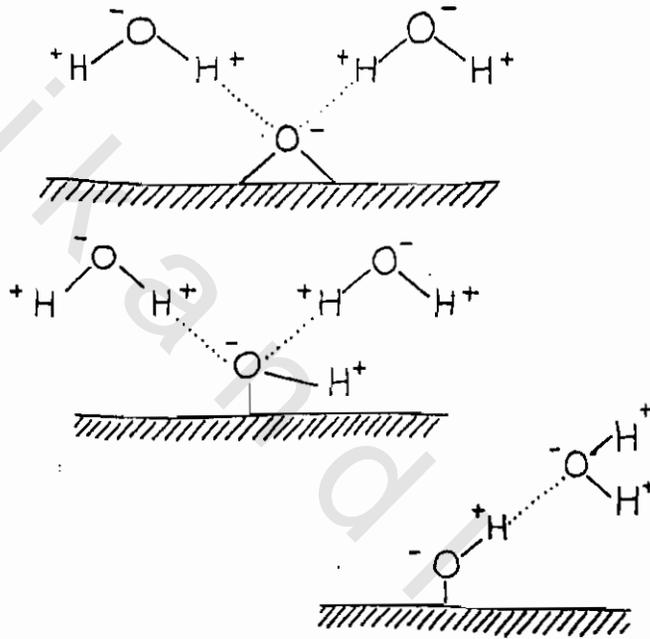
هذا الترابط المباشر الذى يتم بين الهيدروجين والأكسجين يسمى :  
الرابطه الهيدروجينية Hydrogen bond.



THE WATER MOLECULE



WATER ATTRACTION BY A 'HYDROPHILIC' SURFACE



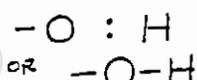
شكل رقم (٣) يوضح

السطح القطبي وكيفية جذبها لجزيئات الماء

وبين الشكل رقم (٤) أسلوب تكوين الرابطة الهيدروجينية .



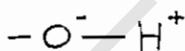
1. OXYGEN AND HYDROGEN ATOMS APPROACH EACH OTHER



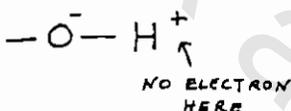
2. OXYGEN AND HYDROGEN FORM A COVALENT BOND. TWO ELECTRONS ARE SHARED



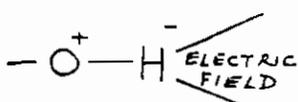
3. THE SHARED ELECTRONS ARE ATTRACTED BY THE OXYGEN MORE THAN BY THE HYDROGEN



4. A NEGATIVE CHARGE APPEARS ON THE OXYGEN AND A POSITIVE CHARGE ON THE HYDROGEN

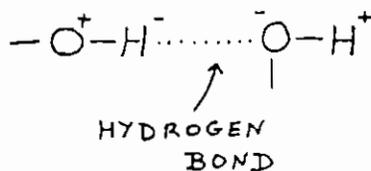


5. AS THE HYDROGEN ATOM OWNS ONE ELECTRON ONLY THE SIDE FAR FROM THE OXYGEN IS FREE FROM ELECTRONS (UNSHIELDED).



6. THIS GIVES RISE TO A STRONG ATTRACTION FOR NEGATIVE CHARGES IN THAT REGION OF SPACE

7. A HYDROGEN BOND IS FORMED WITH ANOTHER HYDROXYL GROUP



شكل رقم (٤) يوضح

أسلوب تكوين الرابطة الهيدروجينية

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

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

والرابطة الهيدروجينية أضعف من الرابطة الكيميائية العادية، والتي  
تظل قوية ، وتحتاج إلى كمية مناسبة من الطاقة لكي 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 القطبي :

تمتد جزئيات الماء على السطح بواسطة ذرة الأكسجين التي تدير  
نفسها ناحية الجانب ناحية الجانب الموجب من السطح نفسه .  
( انظر الشكل رقم ٣).

وفي حالة الأسطح القطبية فإن مجموعات الهيدروكسيل ريمتجذب  
كل من أيون الهيدروجين الموجب ، وأيون الأكسجين السالب ، لكن ارتباط  
جزئ الماء في هذه الحالة يظل منتشرًا ومستمرًا من الجانب الموجب ، أى  
من ناحية أيون الهيدروجين ، وذلك لأن الأكسجين يستطيع تكوين رابطتين  
هيدروجينيتين Two Hydrogen bonds في 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 potential 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 ممتزة لجزيئات الماء التى تستطيع 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 الكهربائية للماء Electrokinesis عن طريق تتبع حركة الأيونات السالبة والموجبة الموجودة فى الماء.

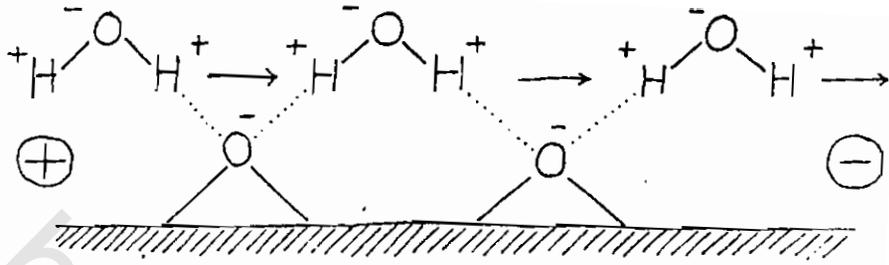
على سبيل المثال : تنشأ شحنة كهربية حول الذرات أو المجموعات الذرية ، نتيجة تحلل الأملاح - مثل: أملاح الكلوريدات التى تتحلل إلى أيون كلورسالب وأيون المعدن الموجب - أو بواسطة تحلل الماء نفسه إلى أيون هيدروجين موجب ، وأيون هيدروكسيل سالب . والأيونات الموجبة تكون أقل من الأيونات السالبة ، لذلك يكون لديها 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 .

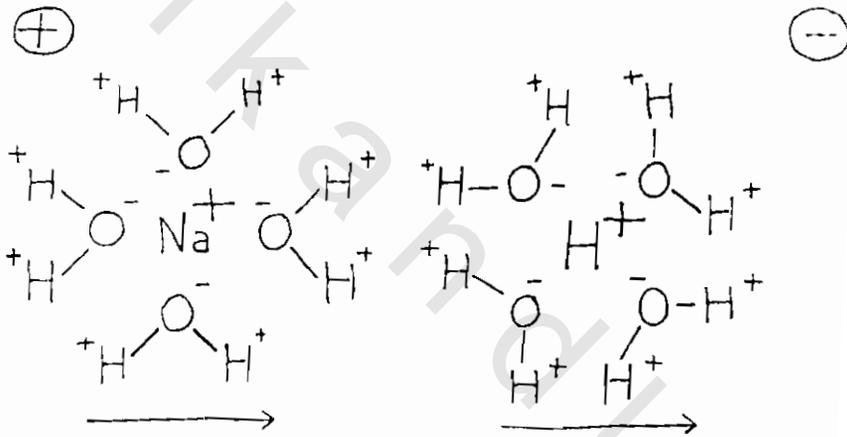
أيضا فإن الماء يبدو متجها نحو القطب الكهربى السالب الذى يستطيع حمل كمية زياة من الماء بواسطة الأيونات الموجبة أكثر من تلك التى تحملها الأيونات السالبة . انظر الشكل رقم (٥) .

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 رابطتين هيدروجيتين 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 لجزيئات 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 في المجال الكهربى  
ونموذج لتحلل هيدروكسيد الصوديوم

## ١-٢- انتشار الماء فى مسام المواد القطبية :

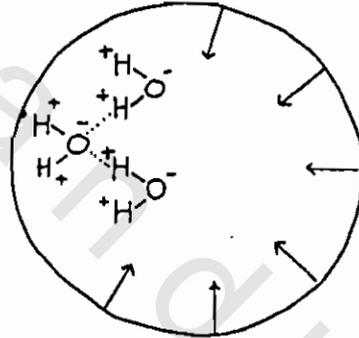
### Water distribution in hydrophilic pores:

#### - قطرة الماء Water drop:

كل جزيئات الماء على سطح قطرة الماء تتجذب نحو الداخل - أى نحو مركز 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



WATER  
DROP

شكل رقم (٦) يوضح

نقطة المياه وقوى التجاذب بين جزيئاتها

#### - قطرة الماء على السطح القطبى الجامد :

### Water drop on the surface of Hydrophilic solid

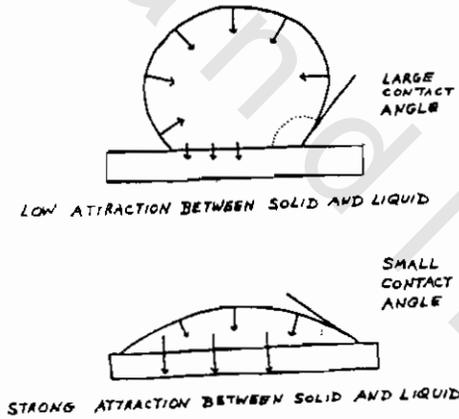
ينحدد شكل قطرة الماء على أسطح المواد القطبية الجامدة ، عن طريق قوى التجاذب بين جزيئات الماء والسطح الجامد .

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

"وتعرف زاوية التماس : بأنها الزاوية الواقعة في باطن السائل ،  
والمحصورة بين اتجاه المماس لسطح السائل و سطح المادة الجامدة عند نقطة  
كلامهما".

في 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 القطبي

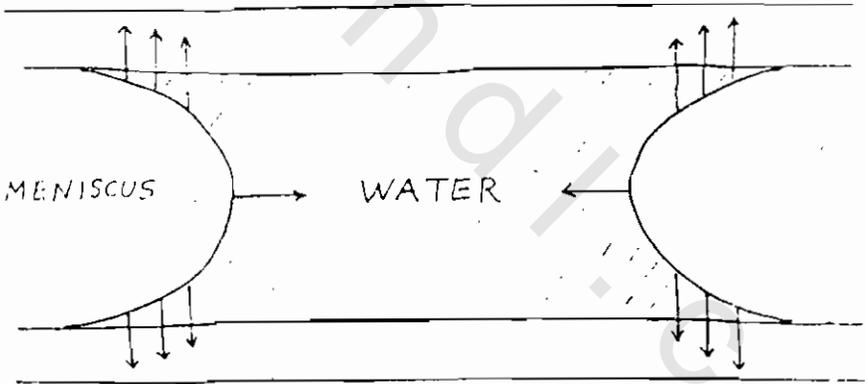
فى السوائل غير القطبية .. دائما ماتكون زاوية التماس بينها وبين أسطح المواد الجامدة صغيرة، وذلك لايرجع إلى قوة جذب الأسطح الجامدة لقطرات السائل، بل يرجع إلى صغر قوى التجاذب الداخلى بين الجزيئات فى السائل نفسه.

أى أن قوى التوتر السطحي للسائل تكون ضعيفة  
.Low surface tension

- 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 جزيء 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 الشعري Capillary suction:

تسمى المسام الصغيرة جداً 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 :

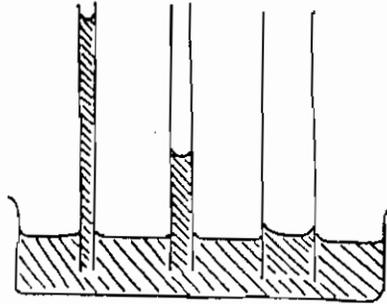
- طبيعة السطح الماص The nature of the surface

قطر المسامة The diameter of the pore

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

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

CAPILLARY  
RISE



شكل رقم (٩) يوضح  
الخاصية الشعرية

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

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

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

وليس من الضروري أن نستعين بالطاقة الكامنة الكهربائية Electrical potential لكي 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 في 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 التي يحتمل أن تعارض خاصية الارتفاع الشعري أكثر من تساندها .. وذلك طبقا لقاعدة أو مبدأ لوشاتيليه " Le chatelier's principle " عندما يؤثر عامل من العوامل في نظام متزن، يقوم هذا النظام بتعديل نفسه في الاتجاه الذي يمتص هذا التأثير".

- انتشار الماء في مسام الجوامد القطبية :

### Water distribution in porous Hydrophilic solid

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

وفي هذه الحالة يحتمل أنها تستفيد استفادة كاملة من قوى التجاذب ، لكن قد يحدث تأثير ممزق لهذه القوى The distructive effect بسبب الحرارة التي يمكن أن تساعد على وجود حالة من الفوضى ، أو عدم النظام بين جزيئات الماء .

ولكن نوضح عملية انتشار الماء في مسام الجوامد المنفذة فإننا نضع طريقة ملء المسام تدريجياً على شكل رسم تخطيطي يبين تزايد المحتوى المائي في أربع مستويات .

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

- المستوى الثاني :

- المسام الشعرية تمتلئ 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 .

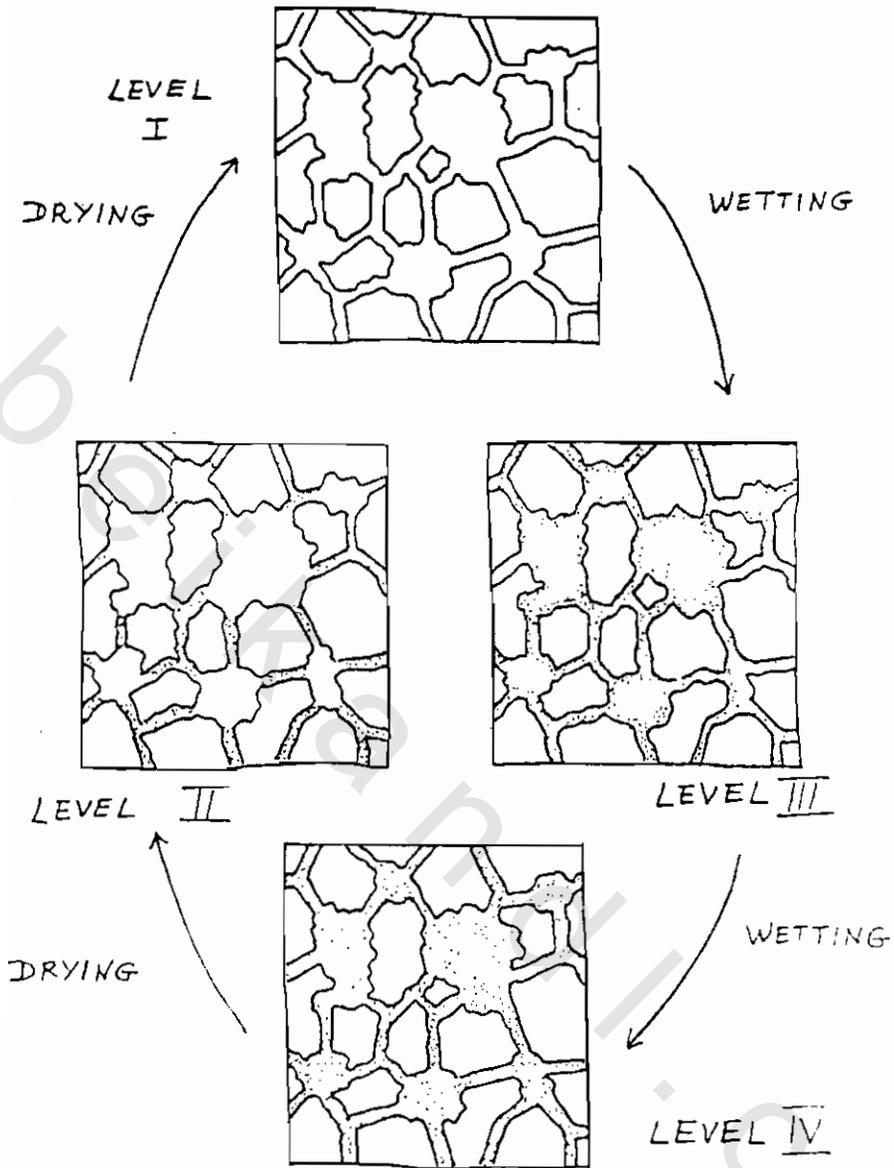
ويجب ملاحظة أنه :

- في المستوى الثاني تكون المسام أقرب للجفاف ، في حين أنه في المستوى الثالث تكون المسام أقرب للبلل .

- نموذج الجفاف والبلل في كل من المستوى الثاني والثالث يمكن أن يوجد في كل المستويات .

وبناء عليه فإن التقسيم السابق لحالات بلل وجفاف المواد المسامية

عن طريق الانتشار نموذج لحاله مثاليه قد لا توجد هكذا في الواقع ."



شكل رقم (١٠) يوضح

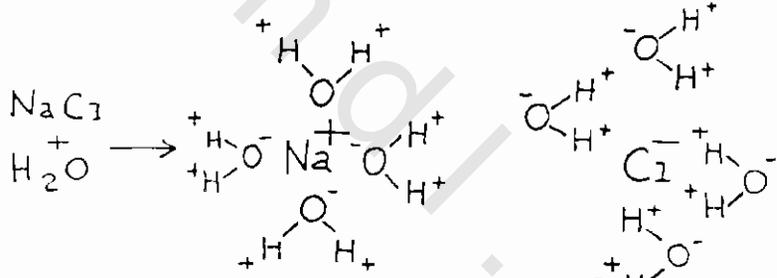
مستويات انتشار الماء في الجوامد المنفذه القطبية

## - محتوى الماء الحرج :The critical water content

ذكر قوس Vos وآخرين، أنه إذا زاد المحتوى المائي للمسام عن المحتوى المائي المناظر للمستوى الثالث ، فإن الماء سوف ينتقل في الصورة السائلة .

لذلك فإن المستوى الثالث يعرف بمحتوى الماء الحرج The critical water content ويمكن أن نتعرف على محتوى الماء الحرج من خلال طبيعة المادة والنظام الهندسي لمسامها The geometry of the material porous system ومع ذلك فإن وجود أملاح ذائبة في الماء يزيد إلى حد كبير محتوى الماء الحرج ، وذلك بسبب تميؤ الأملاح والخاصة الهيجروسكوبية لأيونات الأملاح .

Hydration and Hygroscopicity of the salt ions.



HYDRATION OF IONS

شكل رقم (١١) يوضح

تميؤ الأملاح

### ١-٣- حركة المياه في الحالة السائلة :

#### Movement of water in the liquid phase

توجد العديد من القوى التي تستطيع تحريك الماء في الحالة السائلة داخل مسام المواد الجامدة المنفذة .

وفيما يلي نذكر هذه القوى :

#### أ- المص Suction:

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

" أى أن المص هو حركة المياه من المنطقة التي امتلأت فيها المسام الشعرية بالماء ، وأيضاً بللت أسطح المسام الواسعة به ، إلى المنطقة التي امتلأت فيها المسام الشعرية بالماء وأسطح المسام الواسعة مازالت جافة " .

مثال ذلك : بلل المادة الصلبة الجافة عندما يتسلل الماء إلى داخل أحد جوانبها عند إتصاله بالمادة الرطبة أو المبللة ، وبعدئذ ينتقل إلى المناطق الجافة.

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

#### ب - الانتشار Diffusion:

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

تحرك المياه من المنطقة ذات المحتوى الأعلى للماء إلى المنطقة ذات المحتوى الأقل للماء Higher water content إلى المنطقة ذات المحتوى الأقل للماء Lower water content

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

#### ج - الأسموزية Osmosis:

الأملاح القابلة للذوبان في الماء ، تذوب وتفكك إلى أيونات Dissociated into ions وهذه الأيونات تكون ذرات ذات شحنة كهربائية Electrically charged atoms .

والملاحظ أن كل الأيونات تجذب جزيئات الماء بواسطة قوى كهربائية Electrical forces وتسمى هذه العملية .. عملية التميؤ Hydration ونتيجة لذلك فإن الماء يتحرك من المناطق التي تحتوى على أيونات قليلة - تركيز المالح فيها ضعيف - إلى المناطق التي تحتوى على أيونات كثيرة - أى تركيز الملح فيها عال .

#### د - الحركة الكهربائية Electrokinetic:

تم توضيح ذلك مسبقاً - يرجع ص - حيث يتجه الماء ناحية القطب السالب ، داخل الجامد المنفذ وذلك يتوقف على المجال الكهربى Electrical field وفى حالة تفكك الأملاح تكون أيونات، هذه الأيونات تنتج ناحية القطب الذى يخالف شحنتها الكهربائية حاملة معها هيدروجين الماء . هذه الظاهرة تسمى : الأسموزية الكهربائية Electro-Osmosis.

## ه - 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 طبقة رقيقة من الماء داخل هذه المسام تتغذى من خلال انتقال جزيئات الماء إليها.

وبناء على ذلك تحدث كل ميكانيكيات حركة المياه - 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 الغازية - بخار مثلاً - 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 في الحالة الغازية ، توجد حرة في الهواء فإنه عندما يصطدم بسطح بارد .. أو تنخفض درجة حرارة الجو . تصبح كمية بخار الماء في الهواء كافية لتشبعه ، وتقل قدرة الهواء على حمل هذا البخار ، فيبدأ في التكاثف.

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

## - التكاثف البيني 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 ، في مثل هذه الحالة ، فإن جزيئات الماء تتكاثف داخل مسام هذه المواد .

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

## - انتشار البخار Vapour diffusion :

في الجوامد المنفذة الجافة نسبيا ، أي ذات المحتوى المائي الأقل من المستوى الثالث ، ينتقل الماء من المناطق التي تحتوى على عدد كبير من

جزيئات الماء عالقة في الهواء إلى المناطق التي تحتوي على عدد أقل من جزيئات الماء عالقة في الهواء.

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

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

وتستطيع القول بأن حركة المياه في الحالة الغازية ، أى في صورة بخار، تحدث عندما يستحيل إنتقال المياه في الحالة السائلة بالآليات أخرى لكن لا يتم الانتقال بدرجة كافية Less efficient.

#### - الخاصية الهيجروسكوبية Hygroscopicity:

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

ومن المعروف أن أسطح الجوامد القطبية تستطيع جذب جزيئات الماء التي تتمز 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 الهيجروسكوبي Hygroscopic adsorption عندما تكون الرطوبة النسبية في الهواء أعلى من القيمة الحدية لها A limiting value والتي تعتمد على طبيعة المادة ، وكذلك قطر المسام.

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

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

وتتميز الاملاح القابلة للإذابة في 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 أعلى من ٧٥٪ ، من هنا نجد أن المواد القطبية المسامية يزداد محتواها المائي عن طريق تكثف أو إمتزاز بخار الماء من الهواء ، حتى ولو لم تكن هذه المواد على اتصال مباشر بالماء ، وهو في 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 فى الهواء المتصل بالسطح أقل من ١٠٠٪.

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

أيضا عندما 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 جيدة.

وعندما ينقص محتوى مسام الجوامد المنفذة من الماء إلى درجة أقل من المحتوى الحرج للماء داخل المسام ، فإن الماء فى الصورة السائلة لا يمكن 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 فى هذه المرحلة يظل مستمرا وبكميات كبيرة ، أما الجفاف الكامل للمواد فيبقى صعبا إلى حد ما.

## - الامتصاص De- Sorption :

عندما تكون المواد متصلة بالهواء الجوى ذو الرطوبة النسبية المنخفضة ، 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 التخلف Hysteresis phenomena تجعل حدوث عملية الامتصاص أكثر صعوبة من تلك التى يمكن تقديرها عن طريق عملية الإمتزاز وذلك يعنى أن عملية الامتصاص تظل دائمة الحدوث فى ظل إنخفاض درجة الرطوبة النسبية بصورة أكثر من تلك التى يحدث أثناءها عملية الإمتزاز .

على سبيل المثال: ملح كلوريد الصوديوم ، يمكنه إمتزاز الماء، عندما تصل الرطوبة النسبية فى الهواء إلى ٧٥٪ فأكثر ، لكنه يبدأ فى طرد هذا الماء عندما تنخفض الرطوبة النسبية عن ٧٠٪.

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

وفى نفس الوقت قد تتكون حالة بلل إذا التقطت المواد القطبية قطرات الماء من الهواء الجوى ، وامتلات مسامها الشعريه ، وكذلك تكونت طبقة رقيقة من الماء على أسطح مسامها الواسعة أى وصلت إلى حد المستوى

الثالث من التقسيم السابق ( انظر شكل رقم ١٠ ) ففي هذه الحالة يصعب جفافها نسبيا ، إذ أن 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 في الحصول على الماء بكميات مختلفة ، صغيرة أو كبيرة ، ليوازن محتواها المائي الداخلى مع المحتوى المائي للهواء المحيط في البيئة الخارجية .

١-٥- الارتفاع الشعري في المباني المسامية :

### Capillary rise in porous masonry

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

ويعتمد ارتفاع الماء في المسام ، وكذلك المدى الذى يصل اليه - بصفة أساسية - على قوى التوازن بين الماء الداخلى الى المسام ، والماء المتبخر من سطح الحوائط وعندما تتساوى هذه القوى فإن ارتفاع الماء سوف يتوقف .

أيضا يعتمد امتصاص الماء على سمك الحوائط ، إذ يزداد ارتفاع الماء في الحوائط السميكة عندما يقل تأثير قوى الجاذبية الأرضية The gravity forces ، ولا يعتد بتأثيرات قوى الجاذبية الأرضية المضادة لارتفاع الماء ، إذا تعلق الأمر بقوى البخار ، حيث تبدو في الحالة الأخيرة مهمله .

ويلاحظ أن دورة الهواء بالقرب من السطح تعجل عملية البخار ، وتتسبب في خفض مستوى الرطوبة .

أيضا فى حالة النشاط المستمر للأملاح الذائبة فإنها تلعب دور الخاصة الشعرية ، حيث تتسبب فى ظاهرة الإرتفاع الشعري The capillary Rise لأنها تتراكم على أسطح المباني بعد تعرضها لعملية البخر. هذا بالإضافة إلى أن تبلور هذه الأملاح يؤدي إلى تلف هذه الأسطح.

كما تجذب الأملاح الماء بالخاصة الأسموزية Ismosis وقد يؤدي ذلك إلى رفع مستوى الماء إلى حد ما داخل عناصر المباني .

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

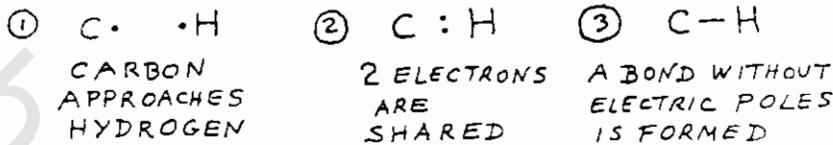
وقد لوحظ أن قدم الحوائط يؤدي إلى زيادة إرتفاع الماء بها ، بالخاصة الشعرية ؛ حيث تزداد نفاذيتها بالقدم.

#### ١-٦- الأسطح غير القطبية Hydrophobic surfaces :

تتركب العديد من المواد العضوية مثل : الزيوت المعدنية Mineral oils والقار Bitumen والدهون Fats والراتجات الصناعية والطبيعية Synthetic & Natural resins بصفة أساسية من ذرات الكربون والهيدروجين . ولكل من الكربون والهيدروجين غالبا نفس السالبة الكهربائية Electro- negativity ولذلك فإنهما يتقاسمان الإلكترونات ليكونا روابط تساهمية لكى تبدو العناصر ثابتة كيميائيا.

نفس الشيء 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

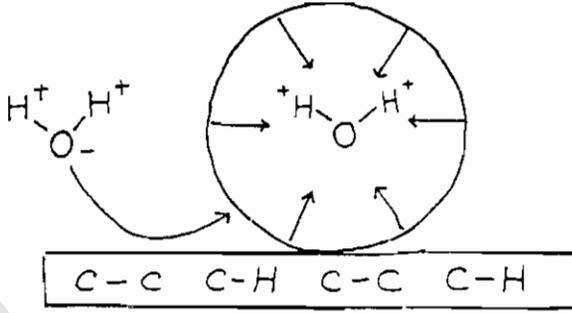
الروابط غير القطبية

والمواد العضوية تسمى : مواد غير قطبية Non - polar وهذه المواد لا تستطيع جذب جزيئات الماء لأنها لا تستطيع تكوين روابط هيدروجينية معها .

كما أن جزيئات الماء على الأسطح غير القطبية تجذب بعضها الآخر لتكون قطرات ماء ، لا تنتشر على السطح، ولا تكون عشاء مائي يغطيه . وبناء عليه فالمياه لا تبلل الأسطح غير القطبية ، إذ تكون زاوية التماس بين قطرات الماء والسطح غير القطبي كبيرة جدا .

انظر الشكل رقم (١٣) .

## WATER ON NON-POLAR SOLID SURFACE



### شكل رقم (١٣) يوضح

#### مظهر قطرة الماء على السطح الصلب غير القطبي

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

كما يلاحظ أنه في مسام المواد الكارهة للماء لا يوجد إمتصاص عن طريق الخاصة الشعرية ، كما لا يوجد قوى تجاذب بين الماء ومسام الحوانط. وفي الواقع فإن الماء يظهر وكأنه يطرد من المسام.

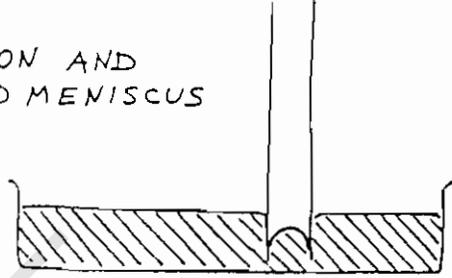
وفي تجربة الارتفاع الشعري نجد أن مستوى الماء داخل الأنبوب الشعريه ، أقل من مستوى الماء الحر خارج الأنبوبة . انظر الشكل رقم (١٤)

كما يظهر الماء داخل الأنبوبة على شكل محدب An inverted

. meniscus

NO SUCTION AND  
INVERTED MENISCUS

WATER IN HYDROPHOBIC PORE



شكل رقم (١٤)

مظهر الماء في مسام المواد غير القطبية