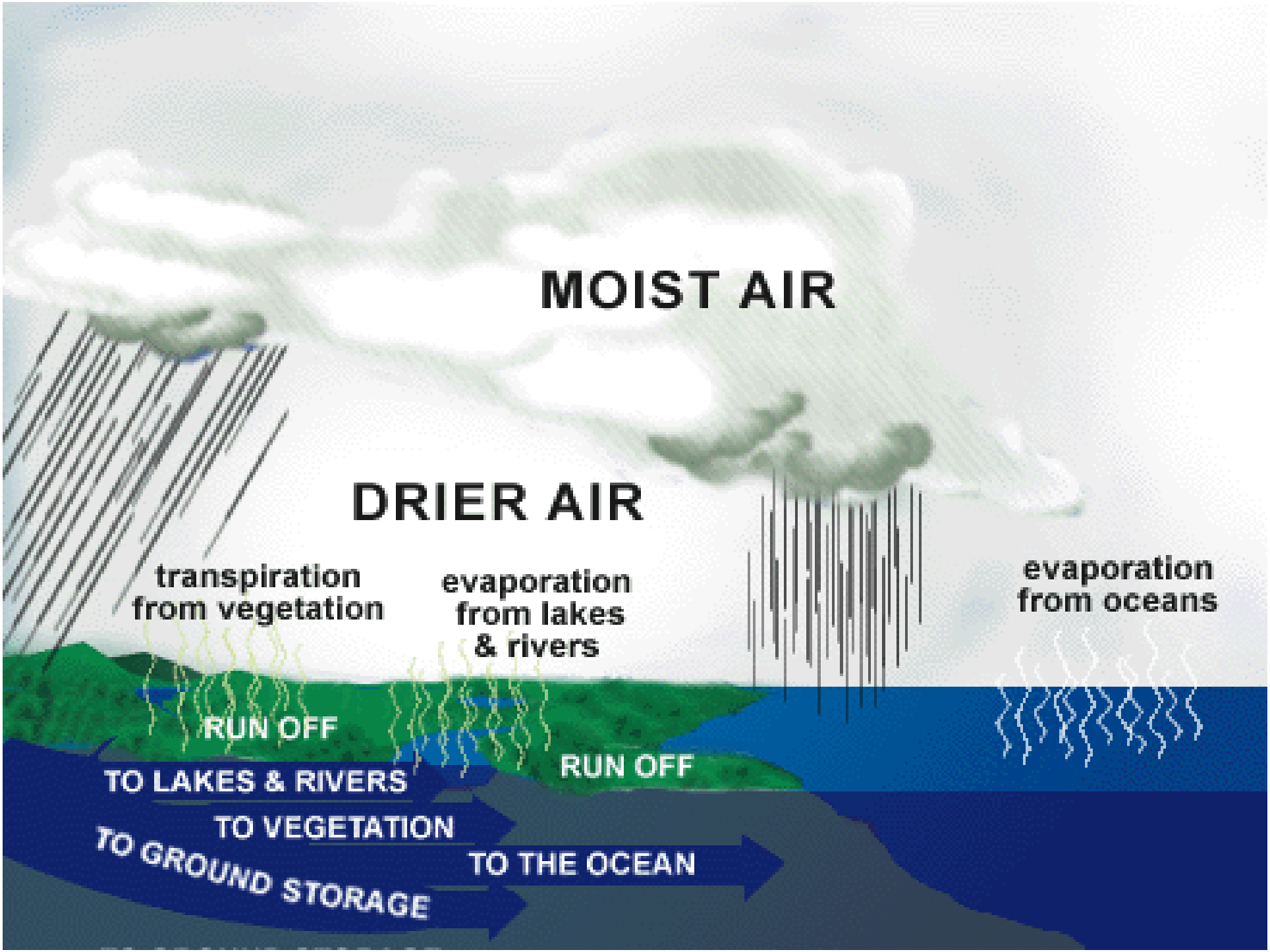
الباب السابع
بخار الماء في الجو
WATER VAPOUR IN THE ATMOSPHERE

دورة المياه
مخزون المياه على هيئة ثلج وجليد
مخزون المياه في الغلاف الجوي
التكاثف
التساقط
نتح
التبخر
جريان الثلج الذائب في جداول
التدفق في الأنهار
الجريان السطحي
رشح
المياه الجوفية
ينبوع
مخزون المياه العذبة
مخزون المياه في المحيطات
تصريف المياه الجوفية


MOIST AIR
DRIER AIR
transpiration
from vegetation
evaporation
from lakes
& rivers
evaporation
from oceans
RUN OFF
RUN OFF
TO LAKES & RIVERS
TO VEGETATION
TO GROUND STORAGE
TO THE OCEAN

مصادر بخار الماء:

لا يخلو جو الأرض من بخار الماء فهو موجود دائما وإن لوجوده أهمية عظمى بالرغم من صغر كميته كما أنه يعمل على ضغط الحرارة بعامل الإمتصاص

وتكون عمليات التبخر على أشدها في المناطق الحارة ويحمل بخار الماء الذي يتولد في هذه المناطق الحرارة الكامنة للبخر عندما ينتقل بواسطة الرياح إلى المناطق المعتدلة ليتكاثف هناك وتنطلق منه هذه الحرارة وبذلك يعمل بخار الماء أيضا على تلطيف المناخ وتوزيع الحرارة بصورة عادلة على مختلف بقاع الأرض.

وأهم مصادر بخار الماء في الجو المحيطات والبحار ويبلغ متوسط ما يتبخر من كل سم٢ على سطح الأرض نحو ٢ ملم في اليوم فإذا اعتبرنا مساحة سطح الأرض ٥ مليون مليون مليون سم مربع فإن متوسط ما يتبخر يعادل في اليوم الواحد نحو ألف مليون مليون كجم من الماء وبديهى أن نفس هذا المقدار من بخار الماء يجب في المتوسط أن يتكاثف يوميا ويسقط في صورة أمطار يعود ماؤها إلى البحار والمحيطات مرة أخرى لتبدأ الدورة من جديد.

والرطوبة الجوية توجد في الجو على صورة صقيع أو ثلج أو على شكل قطرات من الماء يختلف حجومها باختلاف الأحوال وتظهر في صورة ندى أو ضباب أوسحاب أو على شكل بخار غير منظور مختلط بالهواء.

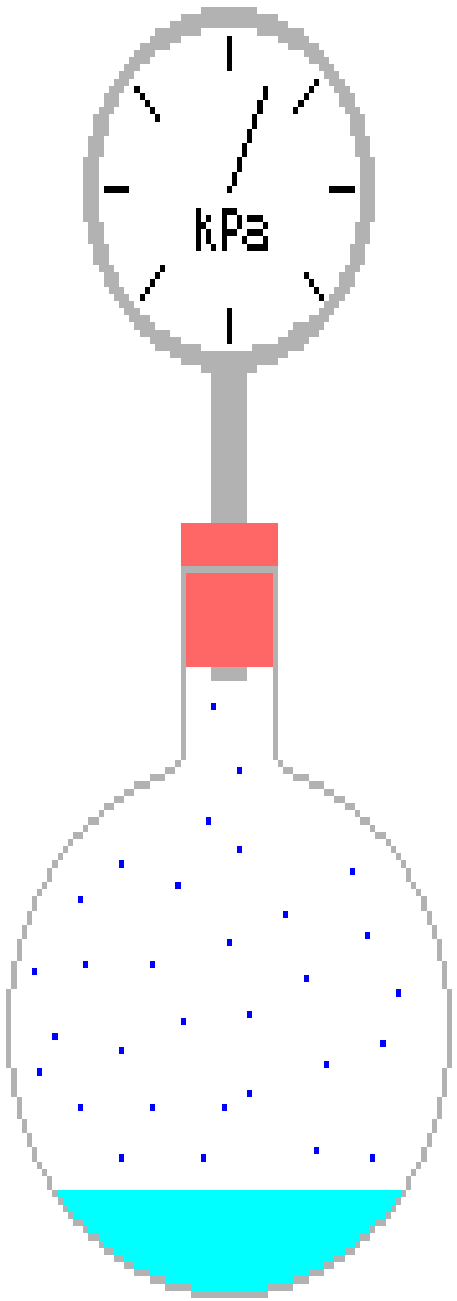
ويصل بخار الماء إلى الهواء عن طريق عملية التبخر وهي أن السائل يتحول في حالته السائلة إلى حالته الغازية في درجة حرارة الغليان (١٠٠ ٥م)

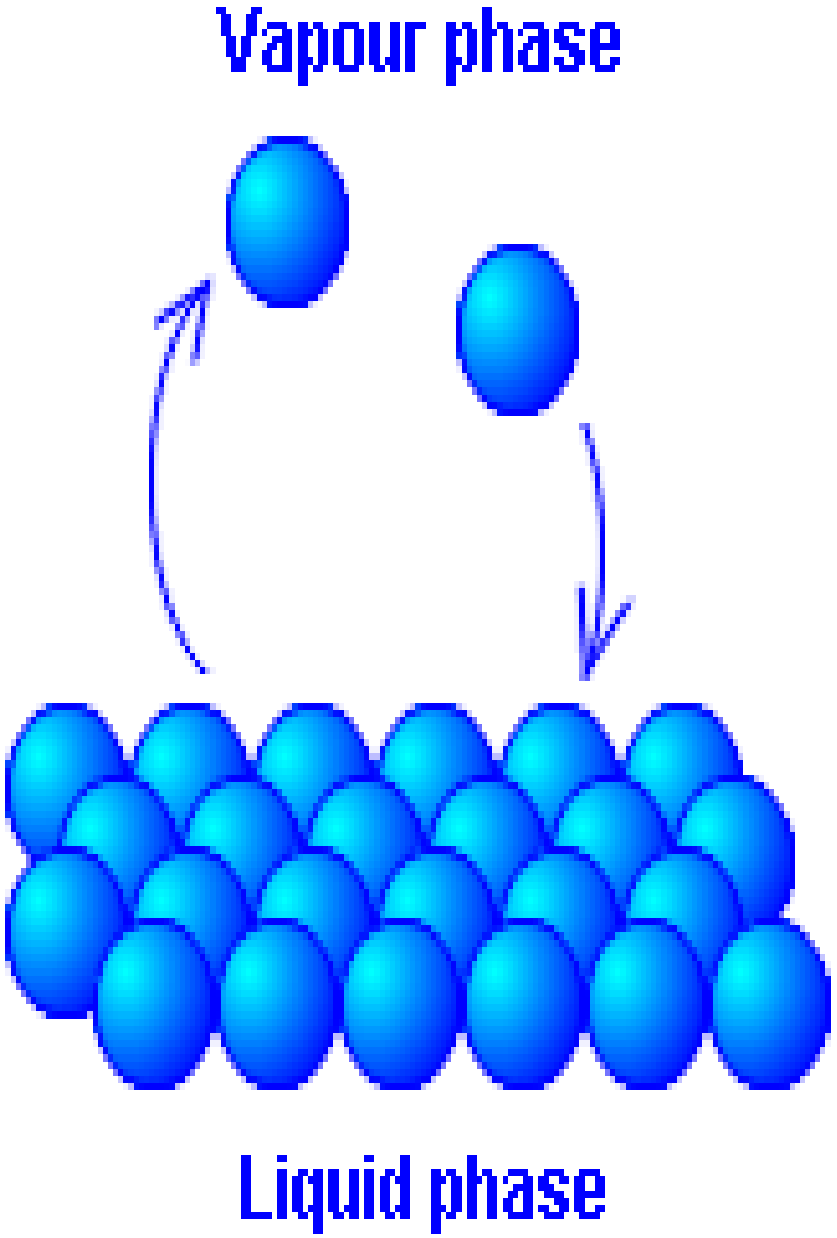
أما المقصود بالبخر فهو تحول الماء إلى بخار ماء في درجة الحرارة العادية ولكي يتحول الماء من حالته السائلة إلى الحالة الغازية سوء عن طريق الغليان أو البخر فإنه يحتاج إلى كمية من الحرارة تسمى الحرارة الكامنة للبخر وهي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الماء من حالته السائلة إلى الحالة الغازية وهي ٦٠٠ كالوري/جم

ويوجد بخار الماء في الجو نتيجة لعملية التبخر من كافة الأسطح المائية الحرة والتي تغطى حوالي ٤/٥ الكرة الأرضية أو من الأسطح المبللة بالإضافة إلى فقد الماء من سطوح التربة الخالية من النباتات فإن الفقد يحدث أيضا نتيجة لعملية النتح من المزروعات التي تغطى سطح التربة والعملية المشتركة لفقد الماء من سطح التربة والنبات يعرف باسم البخر-نتح أو الاستهلاك المائى للنباتات.

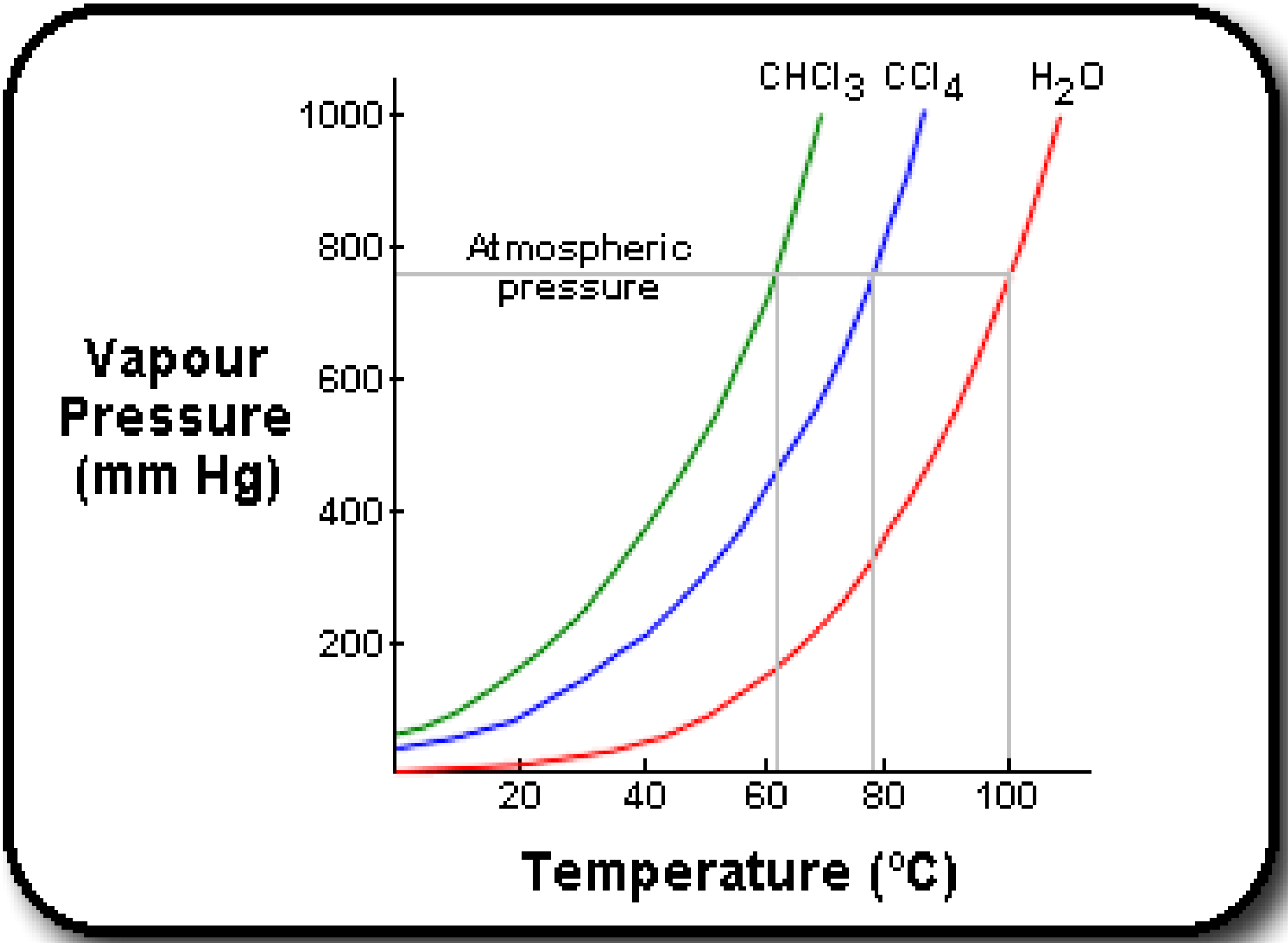
الضغط البخاري Vapour Pressure

نتيجة لعملية تحول السائل إلي بخار Vaporization التي أساسها نظرية الحركة الذاتية للجزيئات Kinetic Energy حيث جزيئات السائل دائمة الحركة وحركتها تؤدي إلى خروجها خارج السائل- وتولد جزيئات السائل في الجو وهي على صورة بخار ضغطا لما لها من قدرة على الحركة وهذا الضغط يتناسب طرديا مع زيادة عدد جزيئات السائل الذي يتوقف بدوره على درجة الحرارة ودرجة التشبع


kPa

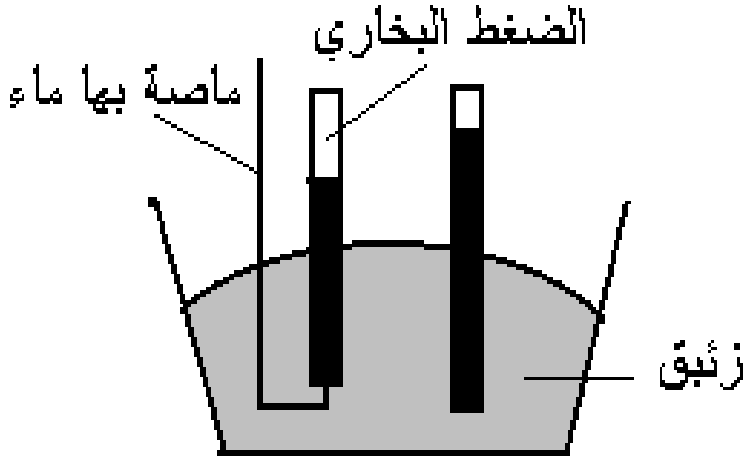

Vapour phase
Liquid phase

ولكل سائل إذا تبخر ضغطا لبخاره يتوقف على نوع السائل ودرجة الحرارة وهو ضغط ثابت لكل سائل عند كل درجة حرارة ثابتة ولما كان الضغط مشبع للماء في درجات الحرارة المختلفة يدخل في كثير من القياسات لذلك ترى الجدول الآتي جدول رقم (٣) يبين ضغط بخار الماء المشبع بالمليمتر زئبق في درجات الحرارة المختلفة.


CHCl3
CCl4
H2O
1000
800
600
400
200
Atmospheric pressure
Vapour Pressure (mm Hg)
20
40
60
80
100
Temperature (°C)

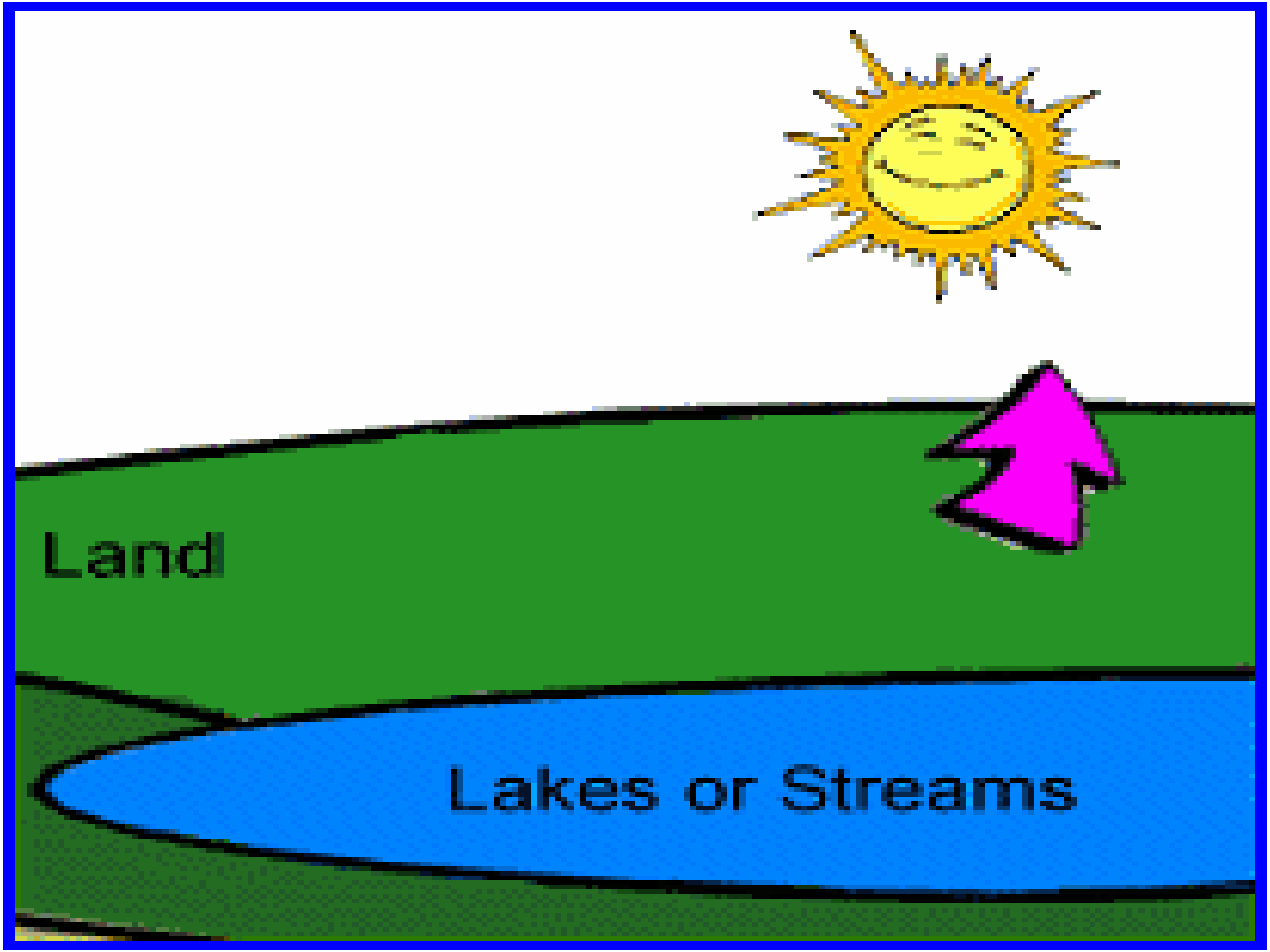
ولقياس ضغط البخار المشبع في درجات الحرارة المختلفة تدخل بعض القطرات قطرة قطرة من السائل (الماء) بواسطة سحاحة إلى أسفل أنبوبة تورشيللي المملوءة با لزئبق فينخفض سطح الزئبق تدريجيا بدخول قطرات الماء في فراغ تورشيللي حتى يصبح الجو في أعلا أنبوبة تورشيللي مشبعا تماما بالماء وتبقى نقطة من الماء عالقة على سطح الزئبق في صورة سائل وليس في صورة بخار ماء.

يقاس ارتفاع الزئبق في أنبوبة تورشيللي قبل وبعد إضافة الماء ويحسب مقدار انخفاض سطح الزئبق في أنبوبة تورشيللي متأثرا بضغط بخار الماء المشبع عند درجة الحرارة وقت التجربة (درجة حرارة المعمل).



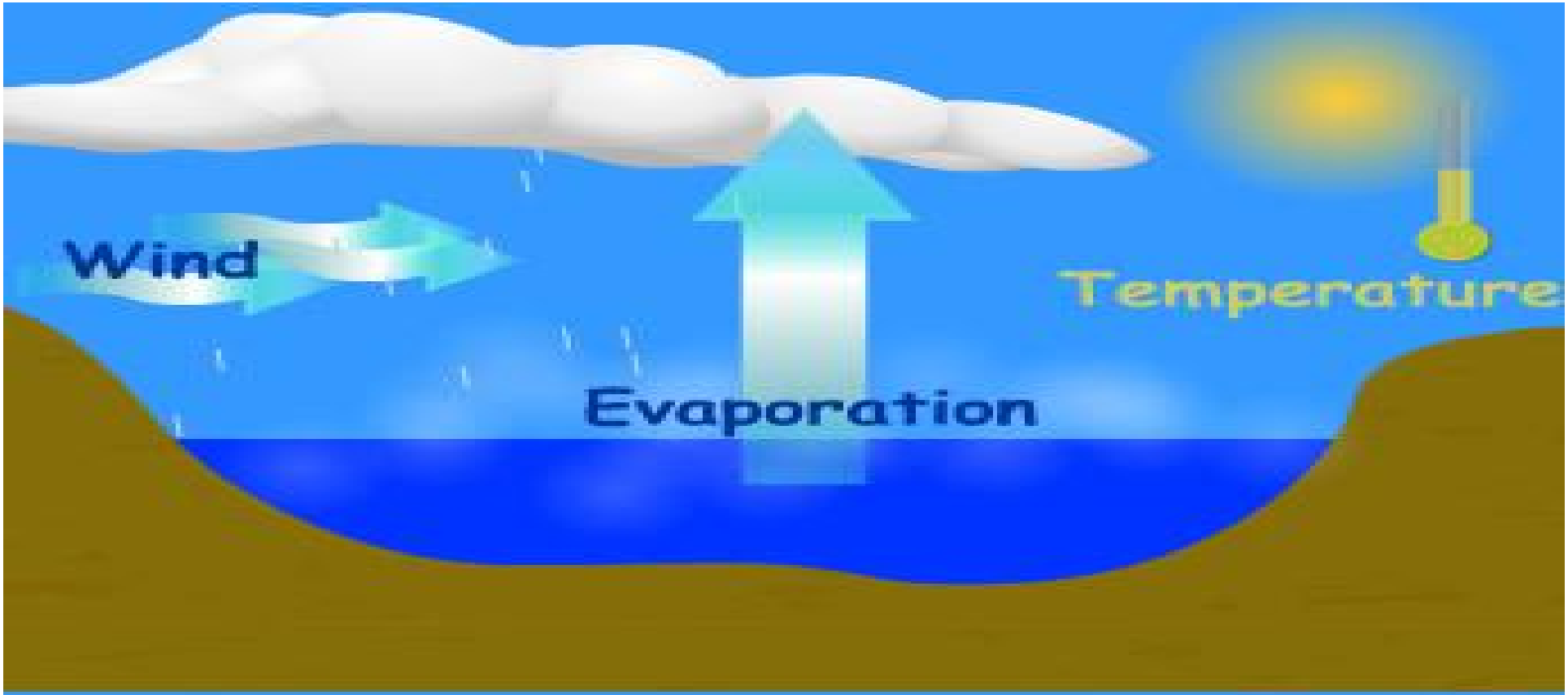
التبخر:

هو عملية انتشار بخار الماء في الجو من سطح مائى في الحالة السائلة أو الصلبة إلى الوسط الهوائى المحيط به عند درجة حرارة أقل من نقطة الغليان.


Land
Lakes or Streams

التبخر الممكن:

- هو كمية بخار الماء التي من الممكن أن تنتشر في الجو من سطح مائي نقي لوحدة المساحات وفي وحدة الزمن تحت الظروف لجوية العادية.



Wind

1 2 3

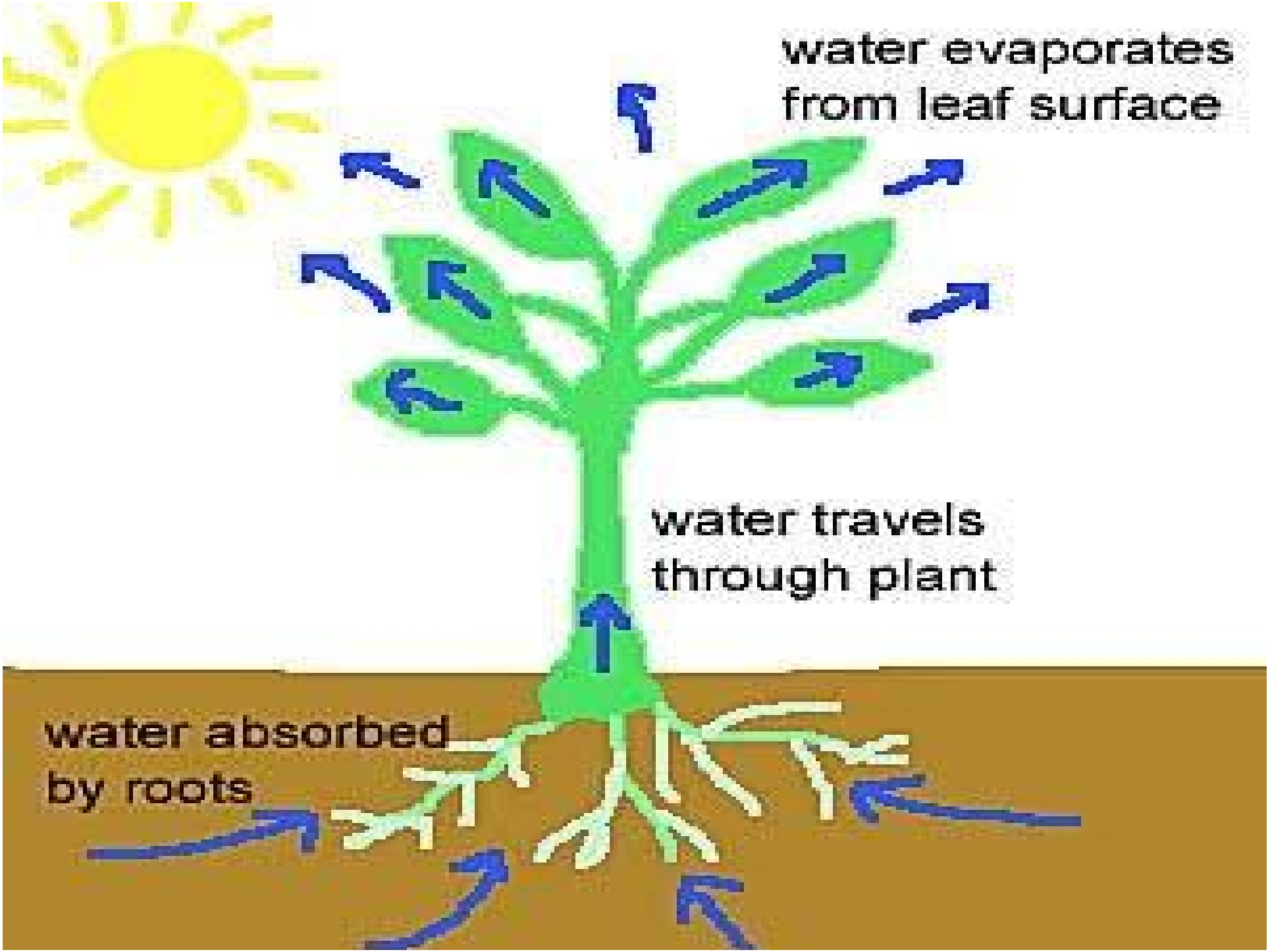
Temperature

1 2 3

Humidity

1 2 3

النتح: هو فقد الماء للجو على هيئة بخار ماء من خلال مسام ثغور أوراق النبات.


water evaporates
from leaf surface
water travels
through plant
water absorbed
by roots

البخر نتح الفعلي: هو مجموع كميات بخار الماء الناتج من تبخر الماء من التربة ومن عملية نتج النبات تحت ظروف جوية عادية ورطوبة تربة عادية.

البخر نتح الممكن: هو أكبر كمية من الماء ممكن أن تفقد على هيئة بخار ماء تحت ظروف مناخية عادية من تربة ونبات بحيث تكون التربة في حالة تشبع دائم بالماء وان يكون النبات يغطي التربة تماما وهذا لا بد أن يشمل التبخر من التربة و النتح من النبات بمساحة معينة ولفترة زمنية معينة.

لا بد أن نعلم أن البخر نتح عوملية قائمة بنفسها ولا يمكن العير عنها أنها تساوي مجموع التبخر من تربة مكشوفة و النتح من النبات لأن التظليل الناتج عن أوراق النبات يساعد على أن تكون التربة في حالة تشبع لمدة طويلة وهذا يعطي كمية تبخر كبيرة ولكن النتح من النبات يجعل التربة غير مشبعة وهذا يقلل من سرعة التبخر وعلى هذا لا بد من اعتبار أن البخر نتج عملية متكاملة.

العوامل المؤثرة على التبخر:

أ- عوامل جوية

١-الطاقة الشمسية والإمداد بالحرارة.

٢-الفرق في ضغط بخار الماء.

٣- درجة الحرارة.

٤-الحرارة المختزنة.

٥- سرعة الرياح.

٦-التغير في الضغط الجوي.

ب- عوامل تعتمد على طبيعة السطح المعرض للتبخر:

١- مساحة وحجم سطح التبخر.

٢- حالة الأجسام المحيطة.

٣- حركة الماء وفعل الأمواج.

٤- وجود أملاح.

٥- وجود شوائب ومزروعات.

العوامل المؤثرة على التبخر من سطح تربة جرداء:

- رطوبة التربة: مصادر رطوبة التربة هي مياه الأمطار أو الري والمياه الجوفية فإذا كانت التربة مبللة تماما أي وصلت إلى درجة التشبع ففي هذه الحالة تمر التربة بثلاث مراحل على النحو التالي:

أ- المرحلة الأولى: وهي التي يحدث فيها التبخر من تربة مشبعة ويعامل هذا التبخر على أنه تبخر من سطح مائي وتؤثر عليه نفس العوامل التي تؤثر على السطح المائي.

ب- المرحلة الثانية: وتبدأ عندما تجف التربة قليلا بحيث تكون التربة رطبة بفعل الخاصة الشعرية والعوامل التي تؤثر على التبخر في هذه الحالة هي العامل الجوية السائدة.

ج- المرحلة الثالثة: تبدأ عندما تعجز الخاصية الشعرية عن توفير الماء لحدوث التبخر وفي هذه الحالة يتكون على سطح التربة طبقة جافة ويتأثر التبخر في هذه الحالة بالحرارة داخل التربة.

٢-عمق مستوى الماء الأرضى:

وجد نتيجة لعدة تجارب أنه إذا كان مستوى الماء الأرضي عند عمق ١.٢٥ مترا أو أكثر فإن الخاصية الشعرية لا تستطيع توفير الماء ويتبع التبخر في هذه الحالة المرحلة الثالثة (ج) من رطوبة التربة وعندما يكون مستوى الماء الأرضي قريب بحيث يكفي أن تكون الطبقة من سطح التربة مشبعة فإن التبخر في هذه الحالة يتبع المرحلة الأولي (أ) من رطوبة وعندما يكون مستوى الماء الأرضي بين هاتين الحالتين فإن التبخر في هذه الحالة يتبع المرحلة الثانية (ب)من رطوبة التربة .

٣- تماسك مكونات التربة:

تعتمد الخاصية الشعبة على تماسك التربة وعلى هذا فإن العمق الذي يجب أن يكون عنده مستوى الماء الأرضي الذي يجعل التربة مشبعة يتوقف على العوامل الجوية وتماسك مكونات التربة معا.

العوامل المؤثرة على البخر نتح :

أولا: العوامل الطبيعية

جميع العوامل الطبيعية التي تؤثر على التبخر والتي سبق الحديث عنها هي أيضا تؤثر على البخر نتح .

ثانيا: العوامل النباتية:

المسام (الثغور) يتأثر النتح بنفس العامل الجوية التي تؤثر على التبخر من سطح مائي، وكلما زاد نمو النبات زاد التوريق وبالتالي يزداد النتح .

عمق منطقة الجذور، كلما نما النبات فإن مجموعة الجذور تنمو أيضا لأعماق أكثر لتمكن النبات من الحصول على الماء اللازم لها بقدر الإمكان حتى ولو بدأت رطوبة التربة في النقصان في الطبقات السطحية.

نوع النبات لكل نبات مسام وجذور تختلف من نبات لآخر وعلى هذا يتوقف النتح على نوع النبات وشكل أوراق المغطى للسطح.

القياسات المباشرة للتبخر

أولا جهاز بيشى :

يتكون من أنبوبة زجاجية رفيعة مدرجة طولها حوالي ٢٢سم واحد طرفيها مغلق يثبت عند الطرف المفتوح للأنبوبة قرص من ورق الترشيح بواسطة ماسك معدني دائري الشكل بقطر أكبر قليلا من القطر الخارجي للأنبوبة وتتم معملية تثبيت اقرص الترشيح بوضعه بعد ملئ الأنبوبة بالماء على فتحة الأنبوبة. وبعد أن يتشبع قرص الورق تؤخذ قراءة ارتفاع عمود الماء داخل الأنبوبة ويحسب التبخر بطرح قراءتين متتاليتين والناتج هو التبخر خلال الفترة الزمنية بين القراءتين المتتاليتين.

مزايا وعيب جهاز بيشى :

من العيوب الأساسية لتشغيل هذا الجهاز هو عدم إمكان المحافظة على نظافة ورقة التبخر وهذا الاتساخ له تأثير واضح على سرعة التبخر كما أنه سهل الكسر ولهذا فإنه يوضع داخل كشك الأرصاد ونتيجة لذلك فإن قيم التبخر المقاسة لا تمثل التبخر الصحيح حيث أنها غير معرضة للإشعاع الذي هو عنصر هام في عمليات التبخر . أما مميزاته فهو صغير الحجم وقليل التكلفة واحتياجه قليل للماء.

ثانيا: أوعية التبخر:

١- الوعاء القياسى الأمريكى

هو وعاء اسطواني الشكل مصنوع من الحديد المجلفن قطره الداخلي ١.٢ متر وعمقه من الداخل ٢٥سم ويوضع الوعاء على قاعدة خشبية ارتفاعها حوالي ١٥سم من سطح الأرض ويجب أن يكون الارتفاع لمستوى الماء داخل الوعاء باستمرار يقع بين ٥سم، ٧.٥سم من الحافة العليا للوعاء.

ويقاس التبخر من الوعاء بواسطة ميكرومتر يوضع على بئر موضوع داخل الوعاء على بعد ٣٠سم من جدار الوعاء من جهة الشمال الجغرافي ويسمى هذا البئر (بالبئر الساكن) حيث يكون تأثير الأمواج بالوعاء الناتجة من الرياح الشديدة ضعيف داخله حيث يسهل أخذ قراءات مستوى سطح الماء داخله بسهولة. ويحسب التبخر خلال الفترة الزمنية بطرح قراءة الميكرومتر عند نهاية الفترة من القراءة عند بداية الفترة.

- الوعاء الروسى:

هو وعاء اسطواني الشكل قاعدته مخروطية، مصنوع من شرائح حديد مجلفن . قطره الداخلي ١٧٠سم ومساحة سطح الوعاء ٣٠٠٠سم٢ وعمق الوعاء من الداخل عند الجدار ٦٠سم وعند المركز ١٨.٥سم. يوضع الوعاء داخل التربة بحيث يكون حافته العليا على بعد ٧.٥سم من سطح الأرض. ويوحد بوسط الوعاء عمود من الحديد بنهاية سن مدبب لتحديد مستوى الماء بالوعاء ويقاس التبخر بإضافة الحجم اللازم من الماء إلى أن يصل مستوى سطح الماء بالوعاء إلى مستوى السن المدبب. وهذا الحجم يمثل الماء الذي فق في التبخر خلال مدة محددة.

مزايا وعيوب قياس التبخر :

أولا: الأوعية الموضوعة أعلى التربة:

تمتاز بسهولة تشغيلها كما أن اختيار الرشح منها وتفريغها سهل.

العيب الأساسي هو تعرض الأوعية لتأثير الإشعاع على الجوانب والقاع مما يسبب زيادة في سرعة التبخر .

ثانيا: الأوعية الموضوعة داخل التربة:

تمتاز تلك الأوعية بأن تأثير الإشعاع والرياح عليها يشابه تأثيرها على أسطح البحيرات. وعيوبها هي

يصعب الكشف عن رشح وتهرب الماء منها

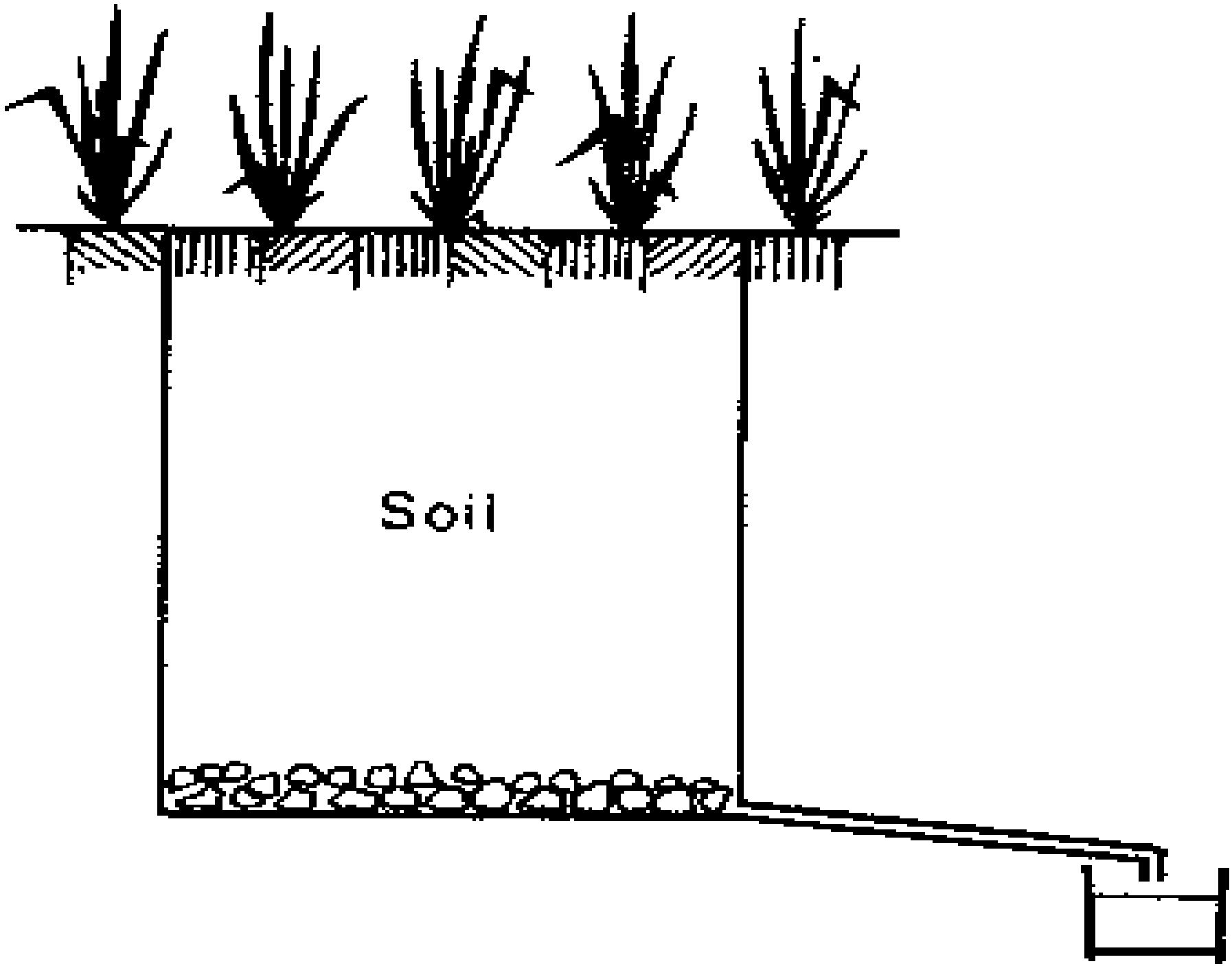
معرضة لتجمع الأتربة والشوائب حيث أنها قريبة من سطح الأرض

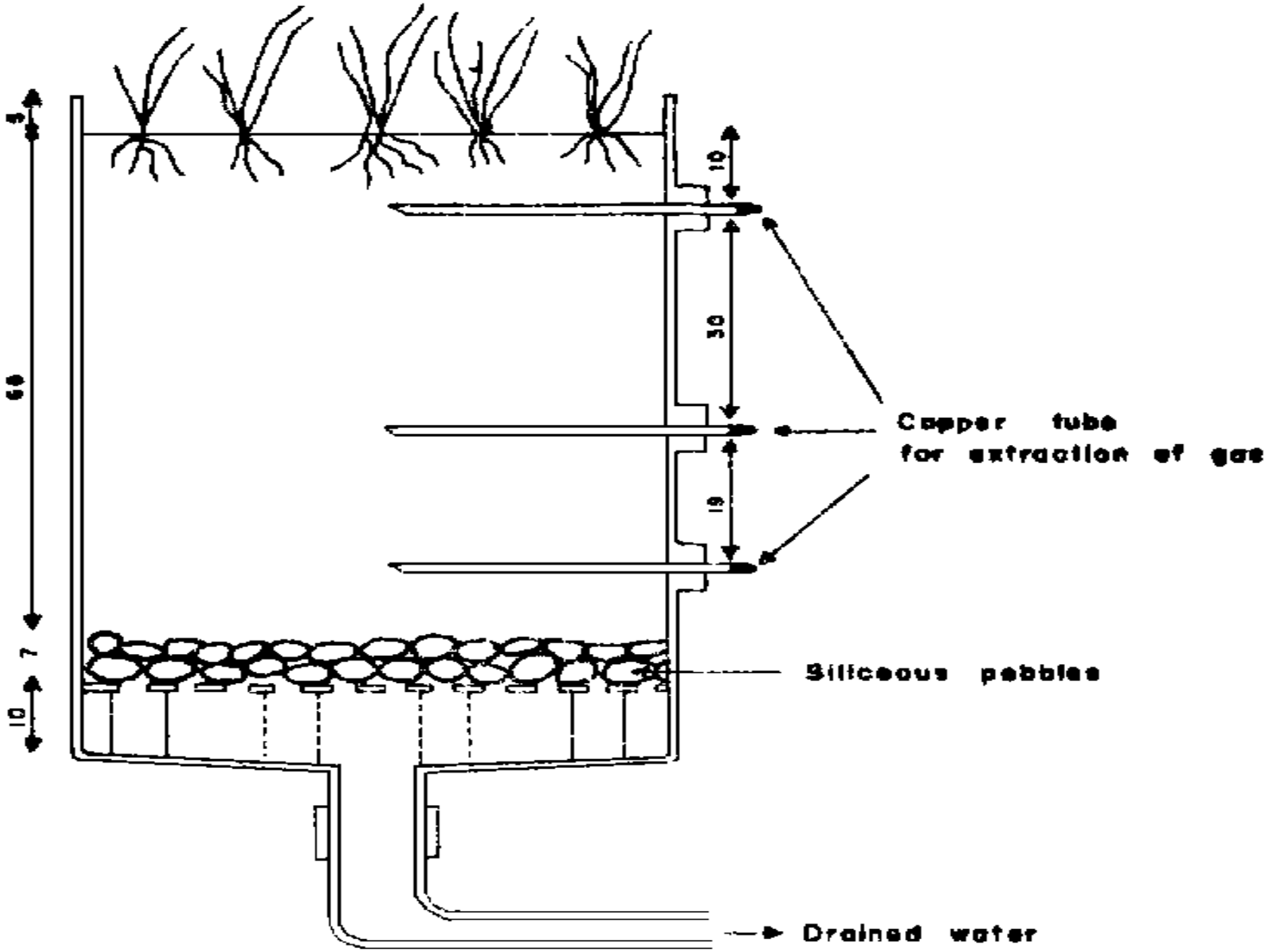
يصعب تنظيفها.

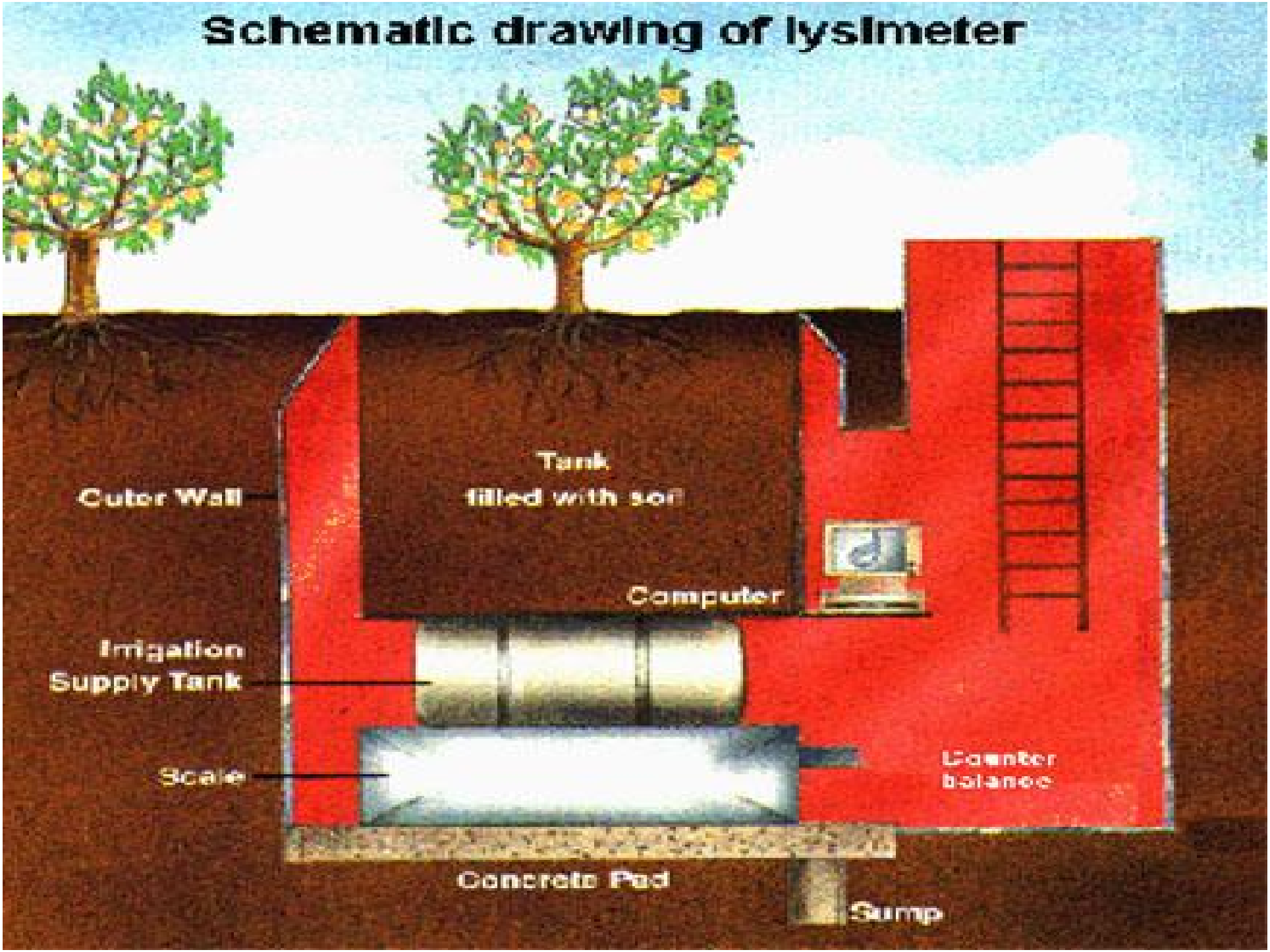
القياسات المباشرة للبخر نتح

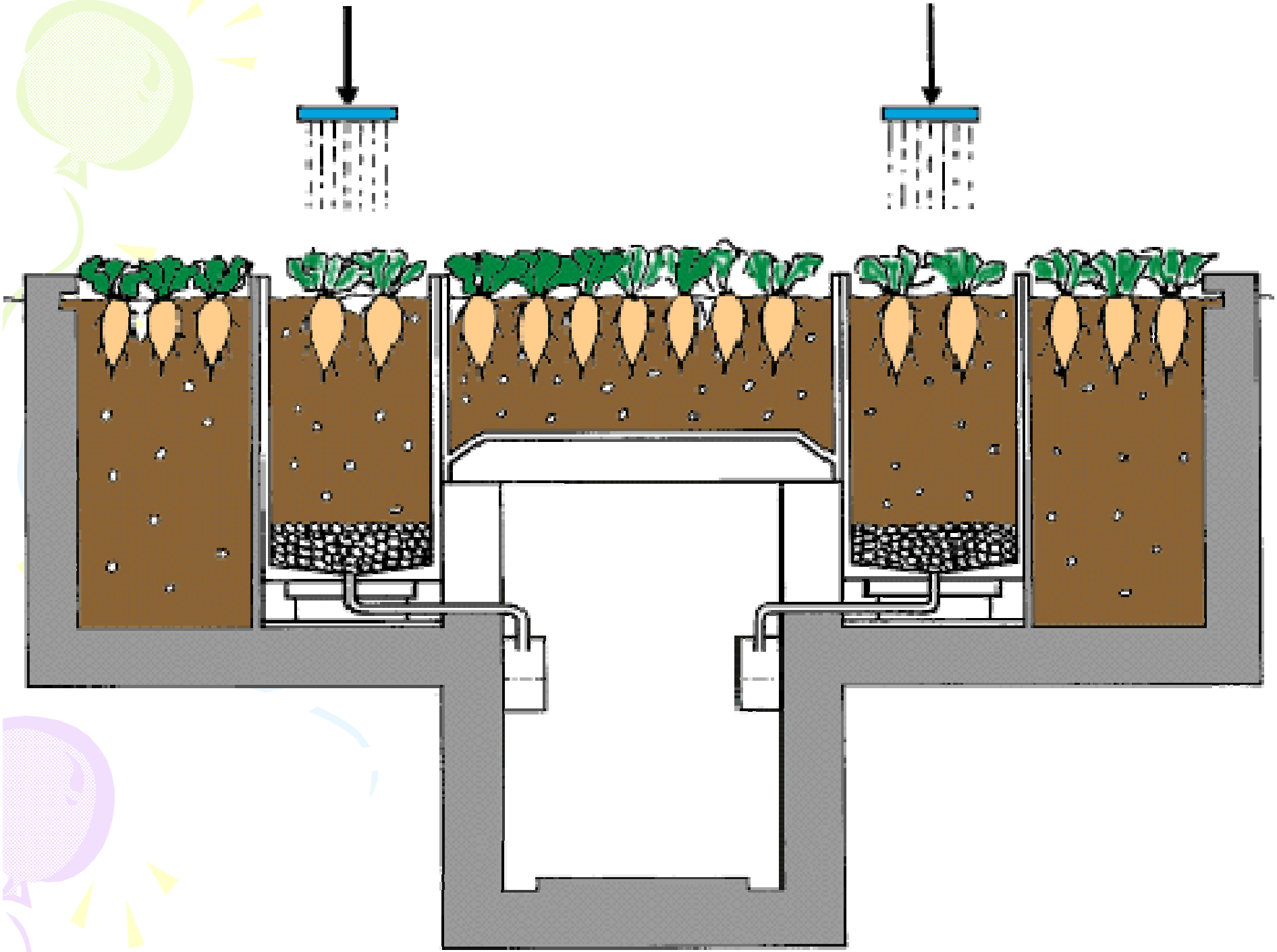
طريقة الوزن:

يستخدم في تلك الطريقة أجهز ة حساسة مرتفعة التكاليف تسمى ليزومتر وهي معقدة التصميم ل١اذا فهي تستعمل في أغراض الأبحاث وفي القياسات المطلوب فيها دقة كبيرة مع وضع جميع الشروط اللازمة وأنواع الليزمترات كثيرة منها ما يكون الوعاء الحاوي للتربة اسطواني الشكل أو متوازي مكعبات ومنها ما هو ذوي ميزان يوزن عدة أوعية عليه ورفعها ووزناها ثم إعادتها إلى مكانها ويحسب التبخر نتح من التغيرات التي تطرأ على كتلة التربة داخل وعاء الجهاز.

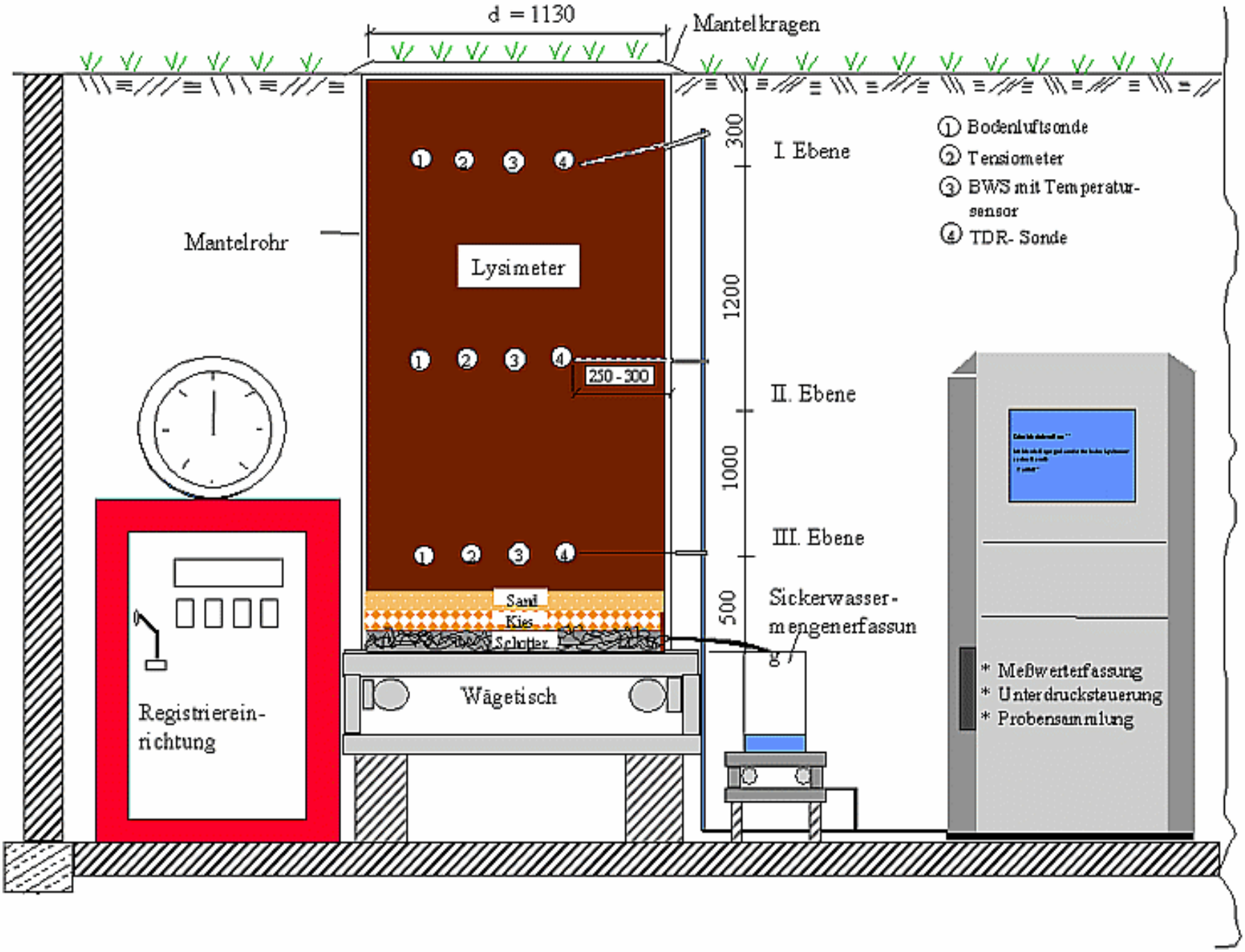

Soil


3
60
10
7
10
10
30
19
Copper tube
for extraction of gas
Siliceous pebbles
Drained water


Schematic drawing of lysimeter
Outer Wall
Tank
filled with soil
Computer
Irrigation
Supply Tank
Scale
Counter
balance
Concrete Pad
Sump



ACE
ACE


d = 1130
Mantelkragen
Mantelrohr
Lysimeter
250 - 300
300
1200
1000
500
I. Ebene
II. Ebene
III. Ebene
① Bodenluftsonde
② Tensiometer
③ BWS mit Temperatur-sensor
④ TDR- Sonde
Sand
Kies
Schotter
Wägetisch
Registrierein-richtung
Sickerwasser-mengenerfassung
* Meßwerterfassung
* Unterdrucksteuerung
* Probensammlung

الشروط الواجب توافرها لدقة قياسات البخر نتح

يجب أن يكون الجهاز المستخدم مصمم بحيث لا يحدث أي تلف للمنطقة التي يتم تشغيله فيها.

يجب أن يكون النبات الموجود بالمنطقة التجارب ممثلا تمام التمثيل للنبات في الحقل الذي تجرى فيه القياسات .

يجب أن تكون مساحة الوعاء كبيرة بدرجة مناسبة لكي تعط تمثيلا صحيحا للغطاء النباتي بها وتقليل تأثير الدوامات الهوائية بسبب الحائط.

يجب أن يكون الوعاء ذا عمق يسمح بالنمو الطبيعي لجذور النبات.

يجب أن يكون الوعاء ذا عمق يسمح بالنمو الطبيعي لجذور النبات.

يجب أن يكون النبات المزروع داخل الوعاء هو نفس النبات المزروع حله و متماثل في الكثافة والارتفاع.

لتقليل تأثير الانتقال السطحي للحرارة والرطوبة فإنه يجب وضع الجهاز في وسط الحلق أو على مسافة كافية عن جدود الحقل المواجه للرياح بحيث يكون الهواء القادم إلى الجهاز قد اكتسب خواص الهواء الواقع فوقه.

يجب أن تكون التربة داخل وخارج الوعاء في مستوى واحد.

يجب ن تكون التربة بداخل الوعاء هي نفس التربة خارجه ومتماثلة في تركيبها الطبقي.

يجب أن يكون ارتفاع الحافة الوعاء عن سطح الأرض أقل ما يمكن.

يجب أن تتم عمليات الري والنظم الزراعية المختلفة مثل (المسافة بين الخطوط- عدد النباتات لوحدة الأطوال بالصف- التسميد) داخل وخارج الوعاء في وقت واحد.

تقدير التبخر من سطح الماء:

- يتم تقدير التبخر من الأسطح المائية بطرق مختلفة نذكر منها بإيجاز الطرق الآتية:
- ١- طريقة الاتزان المائى:
- وهي من أبسط الطرق المستخدمة لتقدير التبخر من الأسطح المائية ويمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية: $I + P - O - E = DS$
- حيث I = حجم الماء الداخل إلى الخزان.
- P = حجم المطر الساقط على سطح الخزان
- O = حجم الماء الخارج من الخزان
- E = حجم الماء المتبخر من الخزان.
- DS = التغير في حجم الماء المحتوى عله الخزان خلال فترة زمنية.

٢- طريقة اتزان الطاقة:

إن التعيين الدقيق للتبخر لأي نوع من الأسطح يعتمد أساسا على معرفة جميع العناصر الداخلة في التوازن الحراري عند هذا السطح ويمكن تمثيل عناصر الطاقة بالصورة الآتية: $R = L E + H + G$

حيث R= صافي الإشعاع الواصل إلى السطح.

LE= الحرارة الكامنة المنبعثة من السطح.

L= الحرارة الكامنة للتبخر.

H= الحرارة المحسوسة.

G= الزيادة في الحرارة المختزنة بالخزان.

٣- طريقة ديناميكا الهواء:

وهي طريقة بسيطة تعتمد على سرعة الرياح ورطوبته ويمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية: $E = NU (es - ea)$

حيث E= التبخر .

N= ثابت يعتمد على مساحة السطح المائي وطبيعة التضاريس المحيطة به.

U= سرعة الرياح.

es= ضغط بخار الماء المشبع عند درجة حرارة سطح الماء.

ea= ضغط بخار الماء عند درجة حرارة الهواء.

تقدير البخر نتح للمحاصيل:

- تستخدم الطرق السابق ذكرها في تقدير التبخر من سطح مائي في تقدير البخر من للمحاصيل وإن كانت طريقة الاتزان المائي يصعب استخدامها في تقدير البخر نتح بسبب صعوبة تقدير التبخر في الماء الأرضي وكذلك الرشح من التربة.

طريقة بلاني وكريدل Blany and Criddle

ت = أ (د × س)

حيث ت = البخر نتح بالمليمتر.

أ = معامل المحصول وتتغير قيمته من محصول لآخر.

د = المتوسط الشهري لدرجة حرارة الهواء.

س = نسبة عدد ساعات النهار الشهرية لسطوع الشمس إلى عدد السطوح السنوية

= (عدد ساعات النهار الشهرية ÷ عدد ساعات النهار السنوية)

الرطوبة الجوية Humidity

الرطوبة الجوية اصطلاح يقصد به الصورة الغازية من H2O أي بخار الماء الموجود في الجو والطرق كثيرة للتعبير عنها فمثلا الرطوبة المطلقة وهي عبارة عن كمية بخار الماء في حجم معين من الهواء بالوزن والرطوبة النسبية Relative or specific humidity هي نسبة كتلة بخار الماء الموجودة فعلا في حيز معين من الهواء في درجة حرارة معلومة إلى كتلة بخار الماء الذي يشبع نفس الحيز في نفس درجة الحرارة وتحت نفس الظروف فإذا قلنا أن الرطوبة النسبية صفر% يعنى أنه لا يوجد بخار ماء في الجو أما الرطوبة النسبية ٩٠% فمعناها أن الجو قد قارب التشبع ببخار الماء ويطلق على الجو أنه مشبع بالرطوبة Saturated عندما يحتوي الجو على أقصى كمية من الرطوبة وهو قادر على أن يحملها في درجة حرارة ما وعند ضغط بارومیتري محدد. على العموم فإن الاصطلاح العلمي الأكثر تداولا هو الرطوبة النسبية Relative Humidity فمثلا يقال الرطوبة النسبية ١٠٠% في حالة التشبع.

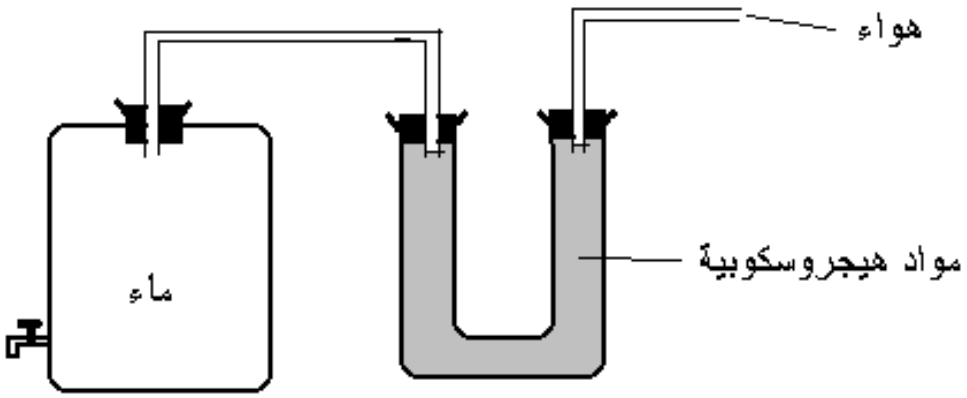
قياسات الرطوبة الجوية:

ليس من السهل قياس كمية الرطوبة الموجودة فعلا في الجو لذلك فالمتبع أن تستخدم قيما تدل علي الرطوبة من السيكرومترات Sychrometers كذلك قد تستخدم الهيجرومترات التي أساسها تقدير نقطة الندي مثل هيجرومتر دانيال Danyiells hygrometer و هناك الهيجرومترات الكيماوية.

و لما كانت قياسات الرطوبة من الأهمية بمكان لذلك لا يخلو معمل حديث أو مصنع من واحد من هذه الأجهزة فمثلا: في المحالج ومصانع النسيج وكثير من مصانع الأغذية تتطلب رطوبة جوية مناسبة يمكن تحديدها عن طريق الهيدروميترات Hygrometers وفيما يلي نسوق بعض أجهزة قياس الرطوبة الأكثر استعمالا والأرخص ثمنا.

١-الهيجروميتر الكيماوي:

هذا الهيجروميتر في أبسط صوره عبارة عن جاذب هواء يستخدم في سحب حجم معلوم من الهواء خلال مجموعة من الأنابيب الموزونة التي تحتوي على مواد هيجروسكوبية قوية مثل $CaCl_2$ و H_2SO_4 أو خامس أكسيد الفوسفور P_2O_5. وبعد وزنها بعد امرار الهواء يعرف مقدار الرطوبة في حيز معلوم. ثم نكرر التجربة مرة أخرى بأن ندخل الأنابيب هواء مشبعا سبق إمراره تحت سطح الماء في الزجاجة أو برج زجاجي وتقدر ما به من رطوبة وتحسب الرطوبة النسبية كالآتي:

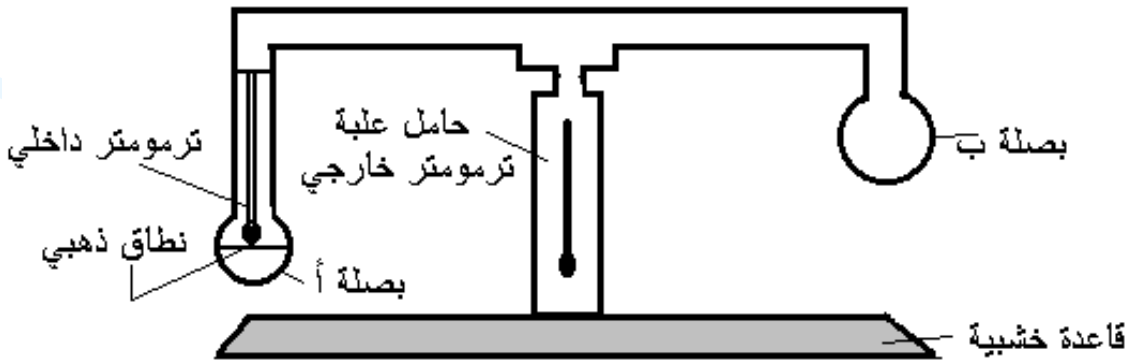


الهيجرومتر الكيماوي

٢-هيجروميتر دانيال :Danyall's hygrometer

عرفت أن الرطوبة النسبية = (ك \ ك١) × ١٠٠ وسبق لك معرفة أن (ض) ضغط البخار تتناسب مع عدد جزيئات بخار الماء السائل الموجود في وحدة الحجم من الغاز أي أنها تتناسب طرديا مع كتلة البخار أي أن الرطوبة النسبية RH تحسب كالآتي: RH = (ض\ ض١) × ١٠٠

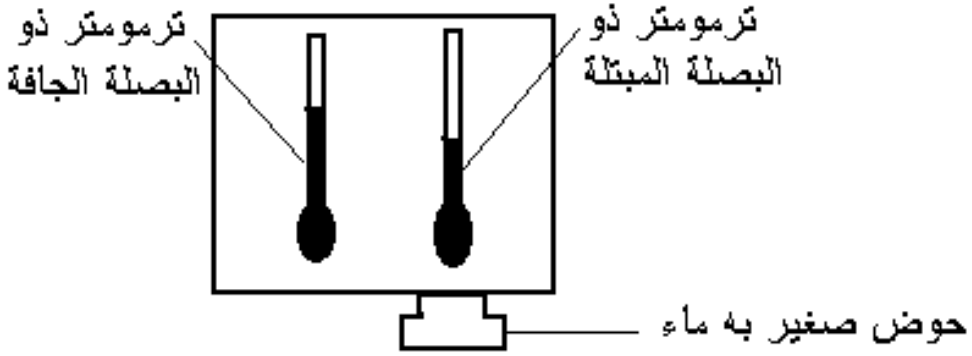
حيث (ض) ضغط بخار الماء الموجود فعلا في الجو عند درجة حرارة القياس و(ض١) هي ضغط بخار الماء الذي يشبع نفس الحيز من الجو عند هذه الدرجة من الحرارة ولما كان من الصعب التوصل إلى ض (ضغط البخار غير المشبع) لذلك نعمد إلى خفض حرارة الجو صناعيا حتى يصبح مشبعا بما فيه من رطوبة (يطلق على هذه الحالة نقطة الندى). ثم نقيس درجة الحرارة عند نقطة الندى وتوجد من الجداول ضغط بخار الماء المشبع عند نقطة الندى فيكون هو ضغط البخار الغير مشبع في درجة الحرارة العادية والجهاز الذي يستخدم لهذا القياس هو هيجروميتر دانيال الذي يستخدم لقياس نقطة الندى. ويتركب الجهاز من أنبوبة عريضة كما في الشكل وينحني طرفاها كل على شكل زاوية قائمة وينتهي كل طرف منها ببصلة أو انتفاخ بحيث يكون أحد الطرفين طويل يتسع لوجود ترمومتر به انتفاخ.



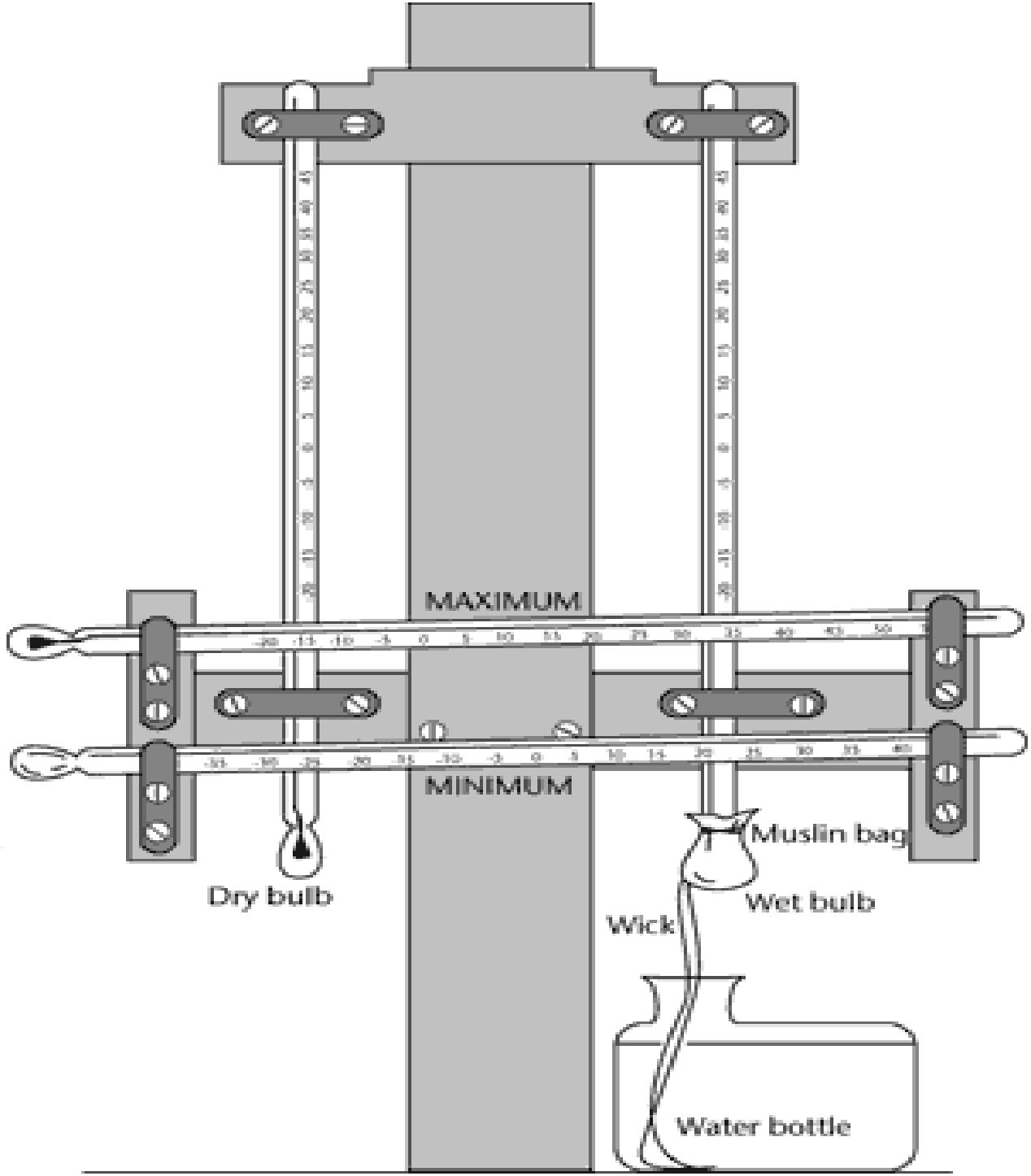
Danyall's Hygrometer هيجرومتر دانيال

٣-سيكرومتر سلنج: Sling Sychrometer:

هذا الهيجرومتر هو هيجرومتر الفقاعتين الجافة والمبتلة Wet & Dry Bulb Hygrometer والجهاز عبارة عن لوحة كبيرة مثبت عليها ترمومتران متساويان في القراءة يغطى مستودع أحدهما قطعة من الموسلين (الشاش) مغموسة في حوض صغير به ماء بحيث يصعد الماء خلال قطعة الموسلين بالخاصية الشعرية ليحيط بمستودع هذا الترمومتر بينما يظل الترمومتر الثاني بدون تغطية لذلك يقرا درجة حرارة الجو العادية أما الترمومتر المبتل فيتعرض مستودعه إلى التبريد نتيجة التبخير للماء من على سطح المستودع لذلك يقرأ درجة الحرارة التي قد تبدو منخفضة أحيانا.

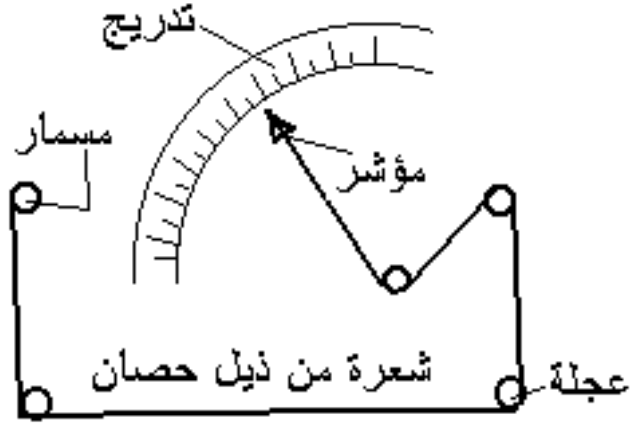


سيكرومتر سلنج Sling Sychrometer


MAXIMUM
MINIMUM
Dry bulb
Muslin bag
Wet bulb
Wick
Water bottle

٤- الهيجرومتر الشعرى :Hair Hygrometer

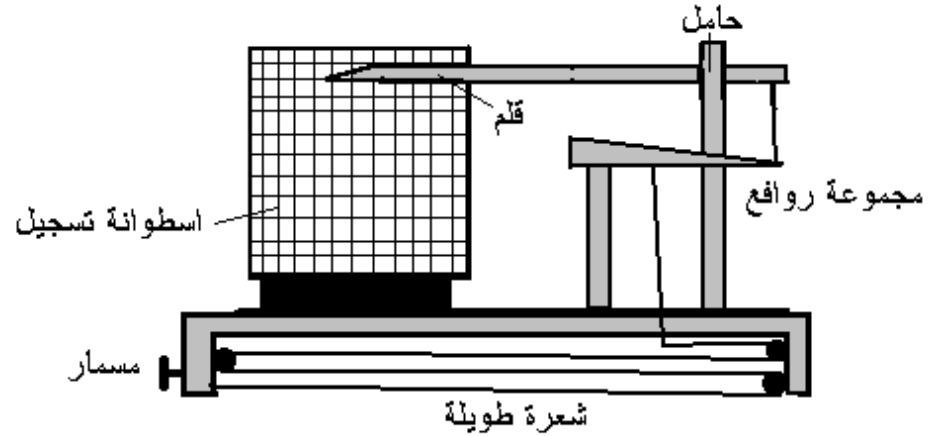
من الملاحظ أن بعض المواد العضوية كالصوف والشعر تتأثر بالرطوبة الجوية فبعضها يستطيل والبعض الآخر يقصر وينكمش إذا زادت نسبة الرطوبة ووجد أن شعر ذيل الفرس ينكمش عندما تزيد الرطوبة لذلك استغلت هذه الظاهرة في عمل الهيجرومتر الشعري وهو عبارة عن شعرة من زيل الحصان مثبتة في أحد طرفيها مسمار محوي والطرف الآخر يتصل بمؤشر يتحرك على تدريج يقرأ الرطوبة النسبية وحتى يعود المؤشر إلى وضعه الطبيعي عند استطالة الشعرة ويركب محرك يحرك المؤشر ليرجع لحالته الأولي ولسهولة حركة الشعرة تحرك على عجلة صغيرة.



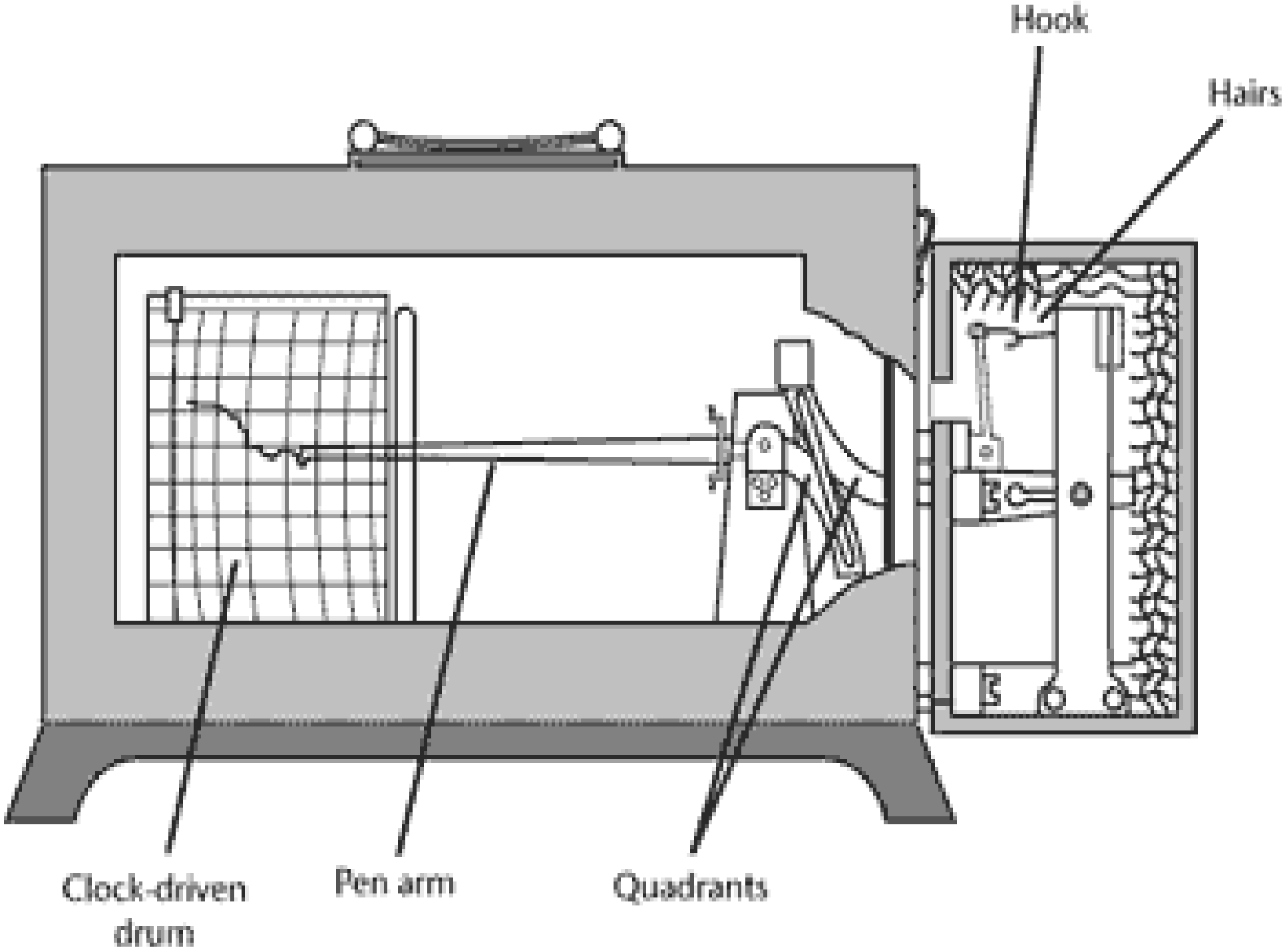
الهيجرومتر الشعري Hair Hygrometer

٥- الهيجروجراف :Hygrograph

يستعمل الهيجروجراف في تسجيل الرطوبة النسبية في الجو على مدار مدة طويلة في العادة كل أسبوع والفكرة الأساسية فيه استعمال شعرة طويلة من ذيل الفرس تثبت في مسمار محوي لضبط الجهاز أما طرفها الآخر فيحرك ساقا متصلة بقلم يتحرك مرتفعا ومنخفضا على اسطوانة التسجيل المثبتة على جهاز التسجيل كما في الشكل تضبط قراءة الهيجروجراف على الورقة بحيث يطابق الزمن الوقت على الساعة ويطابق قراءة الرطوبة قراءة الهيجرومتر ويترك الجهاز لمدة أسبوع لتركيب ورقة تسجيل جديدة مع ضبط الجهاز كل أسبوع عند تغيير الورقة وأهم مصادر بخار الماء في الجو المحيط والبحار يبلغ متوسط ما يتبخر من سطح الأرض ٢مليمتر في اليوم يعود ليتكاثف ويسقط في صورة أمطار تعود إلى البحار والمحيطات وهي في دورة مستمرة.



الهيجروجراف Hygrograph


Hook
Hairs
Clock-driven drum
Pen arm
Quadrants