أسس الخصائص الفيزيائية للتربة

ان اصطلاح التربة يعود الى المواد المعرضة لعملية التجوية التي تقع ضمن القشرة الخارجية من سطح الأرض. وتتكون مبدئيا من تحلل وتكسر الصخور بواسطة العمليات الفيزيائية والكيميائية، وتتأثر بواسطة النشاط وتجمع بقايا بعض الأصناف البايولوجية. يمكن ان تدرس التربة وتوصف من اوجه مختلفة؛ وعليه فعلم التربة في الحقيقة عبارة عن مجموعة من العلوم المنفصلة التي قد تكون معتمدة على بعضها البعض.

مجال تعاملنا مع التربة في هذا الكتاب سوف يكون مقتصرا على النواحي الفيزيائية للتربة والتي تعد احدى فروع علم التربة الذي يتطرق الى الصفات الفيزيائة للتربة فضلا عن وصف هذه الصفات، قياسها او التنبؤ بقيمها، والسيطرة على العمليات الفيزيائية والتي تحدث في التربة. كفيزياء يمكن التعامل مع المادة والطاقة التي تتضمن أشكالها والترابط فيما بينها، وعليه فيزياء التربة تتعامل مع حالة وحركة المواد وكذلك التدفق وتحولات الطاقة في التربة.

من جهة ثانية، دراسة فيزياء التربة يهدف الى فهم التربة والوصول الى الاساسيات من خلال النظر الى النظام الجيوفيزيائي للقشرة السطحية، بجميع علاقاتها ودورة العمليات في الطبيعة مثل دورة المياه وتبادل الطاقة. ان تطبيقات فيزياء التربة يهدف الى استعمال الالات الخاصة في ادارة التربة من خلال عمليات الري والبزل، وصيانة التربة والمياه وحراثة التربة وبناء التربة عن طريق تحسين التهوية، وتنظيم حرارة التربة، فضلاً عن ا ـ ال التربة كمواد بناء وشق الطرق.

يمكن النظر الى فيزياء التربة كعلم أساسي وتطبيقي بمداه الواسع وضمن الرغبات المطلوبة، وفروعه المتعددة تشارك بقية فروع علم التربة مجتمعة مع العلوم الاخرى مثل الهيدرولوجي والمناخ والبيئة والجيولوجي والمحاصيل الحقلية.

اذن التربة تعد وسط ملائم لنمو النبات معتمدة على وجود كمية المغذيات الكيميائية وعلى حالة وحركة الماء والهواء والتوزيع الميكانيكي للتربة ونظمها الحرارية . حيث ان التربة يجب ان تكون هشة وناعمة بدرجة عالية لكي تسمح للجذور النباتية بالتطور بدون أي عائق ميكانيكي ، مسامات التربة باحجامها واشكالها المختلفة متوزعة بانتظام لكي تعطي الفرصة الكافية لحركة كل من الماء والهواء لسد حاجات النبات .

نظم او أطوار التربة

النظم في الطبيعة قد تتكون من مادة واحدة أو أكثر ، أو قد تتكون من طور واحد أو عدة اطوار. فالنظام الذي يتكون من مادة واحدة او مادة منفردة يُعد أحادي الطور اذا كانت صفات اجزائه متماثلة مثال ذلك جزيئات الماء عند انجمادها ، وهذا النظام يكون متماثلا. أما النظام ذي التركيب الكيميائي المتماثل قد يكون متعدد الاطوار اذا كانت المواد الداخلة في تركيبه ذات صفات واطوار مختلفة ضمن النظام الواحد ، وعليه فيطلق اصطلاح الحالة على النطاق الواقع داخل كل نظام والذي يكون داخليا متماثلا في الصفات الكيميائية ، مثال ذلك مزيج الثلج والماء يتكون من حالتين وذلك لكونه متماثلا في الصفات الكيميائية ومختلف الصفات الفيزيائية. من هذا نستنتج بأن النظام المتكون من عدة مواد قد يكون أحادي الطور مثل محلول الملح والماء حيث يكون سائلا متماثلا،وقد يكون متعدد الاطوار نتيجة لتكونه من عدة مواد ، وتكون صفات هذا النظام مختلفة ليس فقط بين حالة واخرى لكن بين اجزائها الداخلية لكل طور والحدود المشتركة بين سطوح الاطوار المتجاورة. حيث ان السطوح المتجاورة لها بعض الظواهر المعنية مثل الادمصاص ، الشد السطحي ، الاحتكاك ، والتي تنتج من التداخل بين الحالات المتجاورة ، وعليه فلا تدخل ضمن الأطوار المتعددة نفسها . اذن المهم في هذه الظواهر ضمن النظام ككل هو نسبتها الى حجم المساحة الداخلية لكل وحدة حجم من النظام .

أما النظام المشتت فيكون عبارة عن النظام المكون من حالة مقسمة الى اجزاء صغيرة والتي عند ارتباطها مع بعضها تكون ذات مساحة كبيرة مثال ذلك الغطول الغروي والمادة الهلامية والضباب والدخان

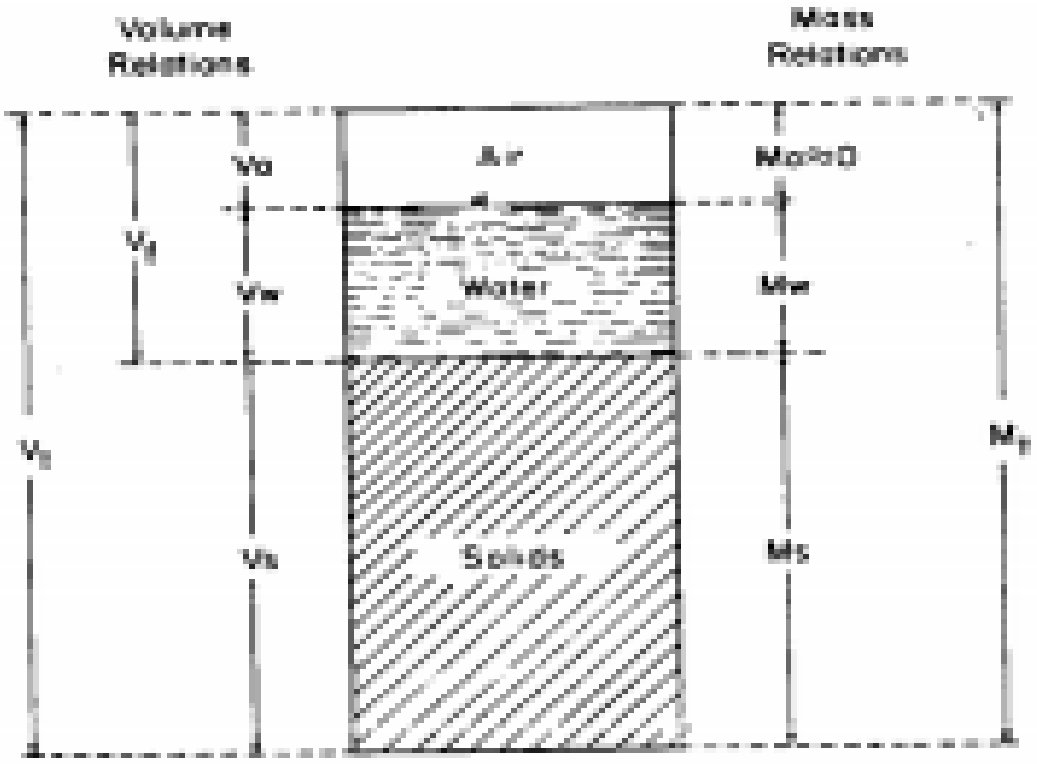
من هذا نستنتج بأن التربة تكون عبارة عن نظام متعدد الاطوار، كالطور الغروي المسامي ذي السطوح الداخلية الكبيرة لكل وحدة حجم، وطبيعة معلق التربة ونشاطها الداخلي مثال للنظام المشتت، كالتمدد والانكماش والتفرقة والتجميع والتلاصق والادمصاص والتبادل الايوني الخ. وعليه، فالحالات الطبيعية الثلاث للتربة هي الحالة الصلبة والمتمثلة بدقائق التربة، الحالة السائلة متمثلة بماء التربة والمواد الذائبة فيه والحالة الغازية متمثلة بهواء التربة. لذا يمكن النظر الى التربة بأنها نظام معقد هيكلها الصلب يتكون من دقائق مختلفة بتركيبها الكيميائي والمعدني فضلا عن الحجم والشكل. تنظيم هذه الدقائق في التربة يقدر خصائص حجم المسامات التي تسيطر على انتقال الماء والهواء. لذلك لايمكن فصل هذه الحالات نتيجة لحدوث التفاعل بينها بقوة.

علاقة حجم ومكونات التربة

الشكل (١) يمثل مخطط التربة التي تسهل فهم علاقة كل من حجم وكتلة حالات التربة الثلاث. فالشكل بصورته الكاملة يمثل الحجم والكتلة الكلي للتربة والمقسمة الى ثلاث مقاطع غيرمتساوية في كميتها، فالمقطع السفلي يمثل الحالة الصلبة والوسطي يمثل الحالة السائلة والعلوي للحالة الغازية. رموز كتلة هذه المكونات موضحة في الجهة اليمنى وتتمثل بـ m_a, m_w, m_s, m_t لكل من كتلة الهواء،الماء، الجزء الصلب، والكتلة الكلية على التوالي. وغالبا مايعبر عن هذه الكتل بوحدة الوزن والتي يحصل عليها من ضرب الكتلة في التعجيل الارضي. حجوم نفس المكونات موضحة في الجهة اليسرى من المخطط وتتمثل بـ V_a, V_w, V_s, V_t لحجوم كل من الهواء، الماء، الجزء الصلب والحجم الكلي على التوالي، حجم المسام يكون عبارة عن حاصل جمع حجوم الجزء المشغول بالهواء والماء. ويمكن ربط هذه العلاقة بالمصطلحات الفيزيائية الاتية :

الوزن = الكتلة × التعجيل الارضي.

حجم العينة = حجم المشغول بالهواء + حجم المشغول بالماء



١ – كثافة الجزء الصلب (معدل كثافة الدقائق) Density of Solids ρ_s

يمكن تعريفها بانها النسبة بين كتلة الجزء الصلب الى حجم نفس الجزء ، ووحدة قياسها هي غم/سم^3(ميكاغرام/م^3). معظم التربة المعدنية، معدل كثافتها محصور بين ٢,٦–٢,٧ غم / سم^3. ويمكن حسابها بالقانون الاتي

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

ان وجود المادة العضوية يؤدي الى تقليل من قيمة كثافة الجزء الصلب وذلك لارتفاع حجم المادة العضوية مقارنة بكتلها الواطئة. احيانا يمكن التعبير عن الكثافة بالوزن النوعي والتي تمثل نسبة كثافة المادة الى كثافة الماء عند درجة حرارة ٤°م وتحت الضغط الجوي، وفي وحدات النظام المتري كثافة الماء وحدة واحدة، لذلك فالوزن النوعي يكون مساوياً لكثافة المادة تحت هذه الظروف.

٢ – الكثافة الظاهرية الجافة Dry Bulk Density ρ_b

وهي عبارة عن النسبة بين كتلة الاجزاء الصلبة والجافة الى الحجم الكلي للتربة (المتضمنة حجم الدقائق اضافة الى المسامات) والتعبير الرياضي لذلك يكون القانون $\rho_b = \frac{M_s}{V_t}$،

وتكون اصغر من كثافة الجزء الصلب. فالتربة التي تكون المسامات فيها نصف الحجم ρ_b تكون نصف ρ_s وتكون قيمتها العددية بين ١,٣-١,٤غم/سم^3. الترب الرملية قد تصل كثافتها الظاهرية الى ١,٦ غم/سم^3، اما الترب الحاوية على تجمعات غرينية وطينية فتصل الى ١,١ غم/سم^3. بصورة عامة تتأثر الكثافة الظاهرية ببناء التربة، درجة رص وانضغاط التربة، اضافة الى خاصية التمدد والانكماش والتي تكون معتمدة على درجة ترطيبها. وكحد فاصل وقطعي للترب المرصوصة والمحببة ربما تكون كثافتها الظاهرية متقاربة، لكنها لاتصل حدود قيم كثافتها الحقيقة، مهما كانت درجة رص التربة، فالدقائق لاتتلاحم بصورة تامة ولكنها تبقى ذات مسامية معينة. اما الترب المتمددة، فكثافتها الظاهرية تختلف باختلاف المحتوى الرطوبي.

٣- الكثافة الظاهرية الكلية (الرطبة) Total Bulk Density ρ_t

يمكن استخدام هذا الاصطلاح للتعبير عن الكتلة الكلية للتربة الرطبة لكل وحدة حجم حيث ان الكثافة الظاهرية الكلية تمثل رياضيا بالمعادلة $\rho_t = \frac{M_t}{V_t}$

$$\therefore \rho_t = \frac{(M_s + M_w)}{(V_s + V_a + V_w)}$$

تعتمد الكثافة الظاهرية الكلية على المحتوى الرطوبي للتربة بدرجة اكبر من اعتماد الكثافة الظاهرية الجافة.

٤- الحجم النوعي الجاف Dry Specific Volume V_b

يعبر عن وحدة كتلة التربة الجافة (سم^3/غم) والتي تمثل كما يأتي:

$$V_b = \frac{V_t}{M_s}$$

وتستعمل كدليل لدرجة نعومة، هشاشية ورص التربة

٥- المسامية الكلية Porosity f

وتعبر عن النسبة بين حجم المسام المشغولة بكل من الماء والهواء الى الحجم الكلي للتربة كما في المعادلة الاتية:

$$f = \frac{V_f}{V_t} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_a + V_w + V_s)}$$

وتستعمل المسامية كدليل نسبي لحجم الفراغات الموجودة في التربة، قيمة المسامية لمعظم التربة تقع ضمن المديات ٠,٣-٠,٦ (٣٠-٦٠٪). فالترب ذات النسجة الخشنة تميل لأن تكون اقل مسامية من الترب ذات النسجة الناعمة، رغم أن معدل حجم المسامات المفردة تكون كبيرة في التربة ذات النسجة الخشنة عند مقارنتها مع التربة ذات النسجة الناعمة. الترب الطينية تمتاز بمساميتها المختلفة وذلك بسبب قدرتها على التمدد والانكماش والتجميع والتفرقة والانضغاط والتشقق. رغم ان المسامية الكلية تعود الى حجم اجزاء الفراغات، لكن هذه القيم يجب أن تكون مساوية الى معدل المسامية الهوائية (جزء من المسام المتمثل في مساحة المقطع العرضي)، اضافة لذلك معدل المسامية الطولية (الجزء الطولي من الفراغات المتداخلة عن طريق الخطوط المارة خلال التربة في اي اتجاه). ان المسامية الكلية لاتمثل توزيع حجوم الفراغات التي تُعد صفة مهمة والتي سوف تشرح لاحقا.

٦- نسبة الفراغات e Void Ratio

وهي تعبر عن نسبة حجم المسام المملؤة بالماء والهواء الى حجم الجزء الصلب وتمثل رياضيا كما يأتي :

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_t - V_v)}$$

ويستخدم هذا الاصطلاح كدليل نسبي لحجم الفراغات أو المسامات في التربة، لكنها تنسب الى حجم الجزء الصلب بدلا من الحجم الكلي للتربة، حيث أن تغيير حجم الفراغات سوف يؤدي الى تغيير بسط ومقام المعادلة عند حساب المسامية على حين يغير بسط المعادلة في حساب نسبة الفراغات. وبصورة عامة يُعد هذا الاصطلاح ذا اهمية

ودليل يعتمد عليه بالنسبة للمشتغلين في هندسة التربة والميكانيك، بينما المسامية تكون دليل خاص بالمشتغلين في مجال فيزياء التربة الزراعية. تتراوح قيم نسب الفراغ بين (٠,٣–٢).

٧– رطوبة التربة Soil Wetness θ_m

يمكن التعبير عن رطوبة التربة أو المحتوى المائي النسبي بطرق مختلفة.

أ– نسبة الى كتلة الجزء الصلب.

ب– نسبة الى الكتلة الكلية.

جـ– نسبة الى حجم الجزء الصلب.

د– نسبة الى الحجم الكلي.

هـ– نسبة الى حجم الفراغات.

وان طرق التعبير عن المحتوى الرطوبي الأكثر استعمالا هي :

أ– على اساس الكتلة Mass Wetness θ_m

والذي يعبر عن كتلة الماء نسبة الى كتلة دقائق التربة الجافة، والتي غالبا ماتعبر عن المحتوى الرطوبي الوزني. يطلق اصطلاح التربة الجافة على التربة التي تفقد معظم جزيئات الماء عند درجة ١٠٥°م، وعليه فالترب الطينية غالبا ماتحتوي على كميات كافية من الماء عند تلك الحالة من الجفاف في درجات الحرارة العالية. ان تجفيف التربة هوائيا (طبيعيا) يعني ان تكون التربة حاوية على نسبة من بخار الماء اكثر من ظروف استخدام الفرن عند درجة ١٠٥°م، ولغرض تجفيف نفس الكمية من التربة، يلاحظ ان الترب المعدنية عند تشبعها بالماء، تصل قيم المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة بين ٢٥ – ٦٠٪ اعتمادا على الكثافة الظاهرية.بصورة عامة درجة تشبع الترب الطينية تكون أعلى من الترب الرملية، وتزيد هذه القيمة في بعض الأحيان عن ١٠٠٪ في حالة الترب العضوية (البيت والمك). يمكن تمثيل المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة رياضيا.

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

ب- على أساس الحجم θ_v Volume Wetness

غالبا ما يعبر عن المحتوى الرطوبي على أساس الحجم استنادا الى الحجم الكلي للتربة بدلا من الحجم الخاص بالدقائق نفسها. عند تشبع الترب الرملية ،فان محتواها الرطوبي على أساس الحجم يقع ضمن المديات ٤٠- ٥٠ ٪ ، أما الترب المتوسطة النسجة فمحتواها الرطوبي يكون نسبيا أعلى من الترب الرملية ، بسبب أن الترب الطينية تتمدد عند الترطيب ، فاستعمال تعبير المحتوى الرطوبي على أساس الحجم بدلا من التعبير الوزني للمحتوى الرطوبي يكون اكثر شيوعاً في التطبيق وذلك لانه يحور مباشرة للتعبير عن حجم التدفق وكمية الماء المضافة الى التربة سواءا عن طريق الري أو الامطار وكذلك يعبر عن كمية الماء المفقودة عن طريق التبخر أو النزل. وتمثل طريقة الحساب رياضيا كما يأتي :

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{(V_a + V_w + V_s)}$$

جـ- درجة التشبع θ_s Degree of Saturation

ويطلق على هذا الاصطلاح في بعض الاحيان بالتشبع ، ويعبر عن حجم الماء الموجود في التربة نسبة الى حجم الفراغات فيها. وتتراوح قيم درجة التشبع بين الصفر في حالة الترب الجافة الى ١٠٠ ٪ في حالة الترب المشبعة تماما. وعلى كل حال من الصعوبة الوصول الى درجة التشبع ١٠٠ ٪ وذلك بسبب وجود الهواء في المسامات البينية والذي يعمل على اعاقة ذلك في الترب المبللة. من جهة اخرى ، لايمكن الاعتماد على هذا الدليل في حالة الترب المتمددة. والتي يحصل تغير في مساميتها مع عملية ترطيبها. وطريقة حساب المحتوى الرطوبي عند درجة التشبع يمكن تمثيلها رياضيا بالآتي :

$$\theta_s = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{(V_a + V_w)}$$

٨- المسامية الهوائية (محتوى الهواء النسبي) f_a Air Filled Porosity

الذي يعبر عن قياس المحتوى النسبي لمحتوى هواء التربة ، والذي يُعد ذا أهمية كبيرة في تهوية التربة ويكون هذا الدليل ذي ارتباط سلبي مع درجة التشبع وتمثل رياضيا حساب المسامية الهوائية والعلاقة مع درجة التشبع كما يأتي :

$$f_a = \frac{V_a}{V_t} = \frac{V_a}{V_a + V_w + V_s}$$

٩- العلاقات الأخرى :

من التعاريف الاساسية السابقة للخصائص الفيزيائية ، يمكن اشتقاق علاقات أخرى تربط المصطلحات الآنفة الذكر بعضها البعض ،نورد أهم هذه العلاقات ذات الفائدة في هذا المجال :

١- علاقة المسامية الكلية مع نسبة الفراغات

$$f = \frac{e}{1+e} \qquad e = \frac{f}{1-f}$$

٢- علاقة درجة التشبع مع حجم الترطيب (المحتوى الرطوبي على أساس الحجم)

$$\theta_v = \frac{\theta_w}{f}$$

٣- علاقة المحتوى الرطوبي على أساس الحجم والكتلة .

$$\theta_w = \theta_m \left(\frac{\rho_b}{\rho_w}\right)$$

وفي هذه العلاقة ، عندما تكون كثافة الماء ρ_w والتي هي عبارة عن نسبة كتلة الماء الى حجمه وحدة واحدة ، وبسبب ان كثافة التربة الظاهرية اكبر من كثافة الماء عند درجة حرارة ٤ م وضغط جوي واحد فان المحتوى الرطوبي الحجمي يكون $\theta_v = \theta_m \rho_b$

ومن المعقول أن يكون المحتوى الرطوبي على أساس الحجم أكبر من المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة اعتماداً على كثافة التربة الظاهرية.

٤ – علاقة المسامية مع الكثافة الظاهرية

$$f = \rho_s - \frac{\rho_b}{\rho_s} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

٥ – علاقة المسامية الهوائية بالمحتوى الرطوبي.

$$f_a = f - \theta_v = f(1 - \theta_s)$$

من هذا يستنتج بأن اكثر التعابير الفيزيائية الانفة الذكر استعمالاً هي مسامية التربة وكثافتها الظاهرية والمحتوى الرطوبي على أساس الحجم.

مثال (١)

اذا كان لديك تربة على هيئة مكعب ابعادها (١٠× ١٠×١٠ سم) وزن التربة الرطب ١٤٦٠ غم ووزن الماء فيها ٢٦٠ غم. اذا علمت بأن كثافة التربة الحقيقية هي ٢,٦٥ غم/سم^3 وأن كثافة الماء ١غم/سم^3 اوجد كل مما يأتي :

١ – المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة.
٢ – المحتوى الرطوبي على أساس الحجم.
٣ – النسبة المئوية للرطوبة على أساس الكتلة.
٤ – النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم.
٥ – عمق الماء.
٦ – الكثافة الظاهرية.
٧ – مسامية التربة.
٨ – المسامية الهوائية.

يلاحظ عند حل هذا المثال يمكن الاعتماد على العلاقات الفيزيائية الواردة في هذا الفصل فلايجاد المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة نلاحظ أن :

$$\text{المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة} = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كتلة التربة الجافة}}$$

$$= \frac{\text{٢٦٠غم}}{\text{١٤٦٠غم} - \text{٢٦٠غم}} = ٠,٢١٧$$

النسبة المئوية للرطوبة على أساس الكتلة= المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة× ١٠٠ ٪

$$= ٠,٢١٧ \times ١٠٠٪ = ٢١,٧٪$$

$$\text{المحتوى الرطوبي على اساس الحجم} = \frac{\text{حجم الماء}}{\text{حجم التربة}}$$

$$\text{حيث أن حجم الماء} = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كثافة الماء}}$$

$$= \frac{\frac{\text{٢٦٠غم}}{\text{١ غم/سم}^٣}}{\text{١٠سم} \times \text{١٠سم} \times \text{١٠سم}} = ٠,٢٦٠$$

النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم= المحتوى الرطوبي على أساس الحجم × ١٠٠ ٪

$$= ٠,٢٦٠ \times ١٠٠٪ = ٢٦٪$$

عمق الماء = حجم الماء / المساحة السطحية للتربة = كتلة الماء / كثافة الماء / المساحة السطحية = ٢٦٠غم / ١غم/سم٣ / ١٠٠سم٢ = ٢,٦ سم

أما الكثافة الظاهرية للتربة = وزن التربة الجاف / حجم التربة الكلي = ١٤٦٠ غم – ٢٦٠ غم / ١٠٠٠سم٣

= ١٢٠٠ غم / ١٠٠٠ سم٣ = ١,٢ غم/سم٣

مسامية التربة = ١ – الكثافة الظاهرية / الكثافة الحقيقية = ١ – ١,٢ غم/سم٣ / ٢,٦٥ غم/سم٣ = ٠,٥٤٧

وهناك طريقة اخرى لايجاد مسامية التربة عن طريق عمق الجزء الصلب وعمق الجزء المشغول بالهواء وذلك من المعلومات الموجودة في المثال.

عمق الجزءالصلب = حجم الجزء الصلب / المساحة السطحية للتربة = كتلة الجزء الصلب / الكثافة الحقيقية / المساحة السطحية للتربة

= ١٤٦٠غم – ٢٦٠ غم / ٢,٦٥ غم/سم٣ / ١٠٠سم٢ = ٤,٥٣سم

عمق الجزء المشغول بالهواء = العمق الكلي − (عمق الجزء الصلب + عمق الماء)

= ١٠ سم − (٤,٥٣ + ٢,٦٠ سم)

= ٢,٨٧ سم

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم المسام المشغول بالماء والهواء}}{\text{الحجم الكلي للتربة}} = \frac{\text{المساحة السطحية للتربة} \times (\text{عمق الماء} + \text{عمق الهواء})}{\text{الحجم الكلي للتربة}}$$

$$= \frac{١٠٠ \text{ سم}^٢ \times (٢,٨٧ \text{ سم} + ٢,٦٠ \text{ سم})}{١٠٠٠ \text{ سم}^٣} = ٠,٥٤٧$$

$$\text{اما المسامية الهوائية} = \frac{\text{حجم المسام المشغول بالهواء}}{\text{الحجم الكلي للتربة}} = \frac{\text{عمق الهواء}}{\text{عمق التربة الكلي}}$$

$$= \frac{٢,٨٧ \text{ سم}}{١٠ \text{ سم}} = ٠,٢٨٧$$

$$\text{يمكن ايجاد التشبع النسبي} = \frac{\text{عمق الماء}}{\text{عمق الماء + عمق الهواء}} = \frac{٢,٦٠ \text{ سم}}{٢,٦٠ \text{سم} + ٢,٨٧ \text{سم}} = ٠,٤٧٥$$

مثال (٢)

اذا علمت بان وزن التربة الرطب ٢٢٠ كغم وأن المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة هي ٠,١٨ فما هي كتلة الجزء الصلب وكتلة الماء.

$$\text{المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة} = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كتلة الجزء الصلب}}$$

$$\frac{\text{كتلة التربة الرطبة} - \text{كتلة الجزء الصلب}}{\text{كتلة الجزء الصلب}}$$

$$\frac{٢٢٠ \text{ كغم} - \text{س}}{\text{س}} = ٠,١٨$$

$$٠,١٨ \text{ س} = ٢٢٠ \text{ كغم} - \text{س}$$

$$١,١٨ \text{ س} = ٢٢٠ \text{ كغم}$$

$$\text{س} = \frac{٢٢٠ \text{ كغم}}{١,١٨} = ١٨٦,٤ \text{ كغم}$$

حيث أن س تمثل كتلة الجزء الصلب

كتلة الماء = كتلة التربة الرطب - كتلة التربة الجافة (الجزء الصلب)

= ٢٢٠ كغم - ١٨٦,٤ = ٣٣,٦ = ٣٤ كغم

مثال (٣)

أوجد الحجم الكلي للتربة (الحجم الظاهري). اذا علمت بأن وزن التربة الرطب ١٠٠ غم ووزن الماء المرتبط فيها ١٨ غم وأن كثافة التربة الظاهرية ١,٢ غم/سم^{٣}.

بما أن كثافة التربة الظاهرية $= \frac{\text{كتلة التربة الجافة}}{\text{الحجم الكلي للتربة}}$

$$\text{١,٢ غم/سم}^3 = \frac{\text{١٠٠ غم} - \text{١٨ غم}}{\text{س}}$$

$$\text{١,٢٠ غم/سم}^3 \times \text{س} = \text{٨٢ غم}$$

$$\text{س} = \frac{\text{٨٢ غم}}{\text{١,٢ غم/سم}^3} = \text{٦٨,٣ سم}^3 \text{ الحجم الكلي للتربة}$$

مثال (٤)

عينة تربة حجمها ١٠٠ سم^3 وزن التربة قبل تجفيفها ١٥٠ غم وأصبح وزنها ١٣٠ غم بعد التجفيف وحجم الجزء المشغول بالهواء ٢٨ سم^3. احسب حجم المسام المشغول بالماء، الكثافة الحقيقية وكذلك الكثافة الظاهرية ؟

بما أنه كل ١غم يعادل ١ سم^3 لذلك فان

١٥٠غم – ١٣٠ غم= ٢٠ غم

كل ٢٠ غم ≡ ٢٠ سم^3

$$\text{حجم المسام المشغولة بالماء} = \frac{\text{حجم الماء}}{\text{حجم التربة الكلي}} = \frac{\text{٢٠ سم}^3}{\text{١٠٠ سم}^3} = \text{٠,٢}$$

$$\text{الكثافة الظاهرية} = \frac{\text{وزن التربة الجافة}}{\text{حجم التربة}}$$

$$= \frac{\text{١٣٠ غم}}{\text{١٠٠ سم}^3} = \text{١,٣ غم/سم}^3$$

الحجم الكلي= حجم الجزء المشغول بالماء+ حجم الجزء المشغول بالهواء+ حجم الجزء الصلب

١٠٠سم^{٣}= ٢٠سم^{٣} + ٢٨سم^{٣} + س

س= ٥٢ سم^{٣} حجم الجزء الصلب.

$$\text{الكثافة الحقيقية} = \frac{\text{كتلة الجزء الصلب}}{\text{حجم الجزء الصلب}}$$

$$= \frac{١٣٠ \text{ غم}}{٥٢ \text{سم}^{٣}}$$

$$= ٢,٥ \text{ غم/سم}^{٣}$$

مثال (٥)

اعطيت المسامية الكلية للتربة ٤٠ ٪ والمسام المشغولة بالماء ٢٠ ٪ والكثافة الحقيقية هي ٢,٦ غم/سم^{٣} ماهي الكثافة الظاهرية والمسام المشغولة بالهواء. وماهو الحجم الحقيقي للجزء الصلب عندما يكون الحجم الظاهري للنموذج ٥٠٠ سم^{٣} ؟

$$\text{المسامية الكلية} = ١ - \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}}$$

$$٤٠ ٪ = ١ - \frac{\text{س}}{٢,٦ \text{ غم/سم}^{٣}}$$

$$= ٠,٤٠ - \frac{٢,٦ \text{ غم/سم}^{٣} - \text{س}}{٢,٦ \text{ غم/سم}^{٣}}$$

١,٠٤ غم/ سم^{٣} = ٢,٦غم/سم^{٣} — س

س= ١,٥٦ غم/سم^{٣}

اما المسام المشغولة بالهواء= المسام الكلية– المسام المشغولة بالماء

$$= ٪٤٠ - ٪٢٠ = ٪٢٠$$

حجم المسام المشغول بالماء والهواء= ٥٠٠ × ٠,٤ = ٢٠٠ سم^٣

الحجم الحقيقي= ٥٠٠سم^٣– ٢٠٠ سم^٣= ٣٠٠ سم^٣

مثال (٦)

تربة غير مضغوطة حجم المادة الصلبة فيها ٥٠ سم^٣ وحجم الماء ٢٠سم^٣ وحجم هواء التربة ٢٠ سم^٣ ، ثم ضغط التربة الى أن أصبح حجم الهواء فيها ١٠ سم^٣. اوجد النسبة المئوية لنقصان المسام الهوائية.

$$f_a = \frac{V_a}{V_t} = \frac{V_a}{V_a + V_w + V_s}$$

الحالة البدائية

$$\text{مسام الهواء} = \frac{٢٠ \text{ سم}^٣}{٢٠ \text{ سم}^٣ + ٢٠ \text{ سم}^٣ + ٥٠ \text{ سم}^٣} = \frac{٢٠ \text{ سم}^٣}{٩٠ \text{ سم}^٣} = ٠,٢٢٢$$

الحالة النهائية

$$\text{مسام الهواء} = \frac{١٠ \text{ سم}^٣}{١٠ \text{سم}^٣ + ٢٠ \text{ سم}^٣ + ٥٠ \text{ سم}^٣} = \frac{١٠ \text{سم}^٣}{٨٠ \text{ سم}^٣} = ٠,١٢٥$$

النسبة المئوية لنقصان مسام الهواء

$$\text{النسبة المئوية لنقصان مسام الهواء} = \left\{ \frac{\text{المسامية في الحالة الاولى} - \text{المسامية في الحالة الثانية}}{\text{المسامية في الحالة الاولى}} \right\} \times ١٠٠$$

$$= \left\{ \frac{٠,٢٢٢ - ٠,١٢٥}{٠,٢٢٢} \right\} \times ١٠٠$$

$$= |(٠,٤٤)| \times ١٠٠$$

$$= ٤٤٪$$