مدرسان شریف

فصل اول

«بافت و ساختمان خاک»

مقدمه

تعریف فیزیک خاک: علمی است که از ویژگی‌های فیزیکی خاک و کاربرد قوانین و اصول شناخته شده علم فیزیک، در توجیه فرآیندهای خاک صحبت می‌کند. خصوصیات فیزیکی خاک شامل شکل، اندازه ذرات، بافت، ساختمان و رنگ در این دانش مورد بحث قرار می‌گیرند.

فرآیندهایی چون حرکت آب، تبادل گازها و انتقال دما در فیزیک خاک مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

امروزه تعریف جدیدی که از فیزیک خاک ارائه می‌دهند بدین صورت است: علمی که از وضعیت اجزاء تشکیل دهنده خاک، انتقال انرژی، عکس العمل و رفتار خاک در برابر کار انجام شده بر روی آن صحبت می‌کند.

اجزای تشکیل دهنده خاک

چهار جزء اصلی خاک شامل مواد معدنی، مواد آلی، آب و هوا است.

۱ـ موادمعدنی: ۴۵٪ حجم خاک را تشکیل می‌دهد، از هوادیدگی اولیه تشکیل شده، که ممکن است از ذراتی به قطر چند سانتی متر تا ذرات بسیار ریزی که تنها با میکروسکوپ الکترونی قابل تشخیص است، تشکیل شده باشد و متشکل از کانی‌هایی چون کوارتز، فلدسپار، آلومین سیلیکات‌ها، اکسیدها و غیره است. حدود ۹۵٪ این مواد از چهار عنصر اکسیژن، سیلسیم، آهن و آلومینیوم ساخته شده است.

۲ـ مواد آلی: در یک خاک ایده آل حدود ۵٪ مواد حجمی خاک را مواد آلی تشکیل می‌دهد، که در خاک‌های آلی گاهی تا ۲۰٪ هم وجود دارد. با توجه به مقدار کم آن باید خاطر نشان ساخت که اهمیت آن بسیار بالا است و در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نقش چشمگیری دارد. مواد تجزیه شده و نیمه تجزیه شده گیاهان هستند که عمدتاً از عناصری مانند کربن، هیدروژن و اکسیژن ساخته شده‌اند.

۳ـ آب: آب خاک همواره به صورت محلول یافت می‌شود که به آن محلول خاک یا Soil solution گویند. عناصر غذایی مورد نیاز گیاه پس از حل شدن در محلول خاک جذب ریشه شده و مواد زائد گیاهی به صورت محلول از گیاه دفع می‌شود. پس آب نه فقط به عنوان یک مایع حیاتی برای گیاه اهمیت دارد بلکه در جذب و دفع مواد غذایی نقش قابل توجهی دارد. وقتی خاک از آب اشباع می‌شود کلیه خلل و فرج درشت و ریز آن از آب پر می‌شود، به تدریج که آب خاک کاهش می‌یابد ابتدا خلل و فرج درشت و سپس خلل و فرج ریز از آب تخلیه می‌شوند.

۴ـ هوای خاک: اگر تهویه به خوبی انجام شود ترکیبی مانند هوای اتمسفر دارد ولی در اکثر مواقع چون خاک محیطی متخلخل است، تهویه به خوبی انجام نمی‌شود، در نتیجه مقدار گاز کربنیک و رطوبت خاک بیش از اتمسفر می‌باشد و هرچه رطوبت خاک افزایش یابد (با افزایش مقدار رطوبت میزان O_2 کاهش و میزان CO_2 خاک افزایش می‌یابد) اختلاف فشار CO_2, O_2 بیشتر می‌شود، به دلیل اینکه CO_2 بهتر در آب حل می‌شود و از طرفی رطوبت خلل و فرج را پر می‌کند، راه خروج هوا را می‌گیرد.

بافت خاک

مواد جامدی که خاک را بوجود می‌آورند ذرات معدنی با اندازه و شکل‌های مختلف هستند که با اجسام دیگری مانند ترکیبات بی شکل مواد آلی یا هیدروکسیدهای آهن مخلوط شده اند. از آنجایی که رفتار خاک‌ها تا حد زیادی بستگی به اندازه ذرات دارد. این که خاک از چه نوع ذراتی تشکیل شده و مقادیر نسبی آن‌ها چقدر است حائز اهمیت می‌باشد. برای آنکه بتوانیم خاک‌ها را از این نظر با یکدیگر مقایسه کنیم لازم است معیارهای کمی از اندازه ذرات

خاک در اختیار داشته باشیم. برخی از خصوصیات ذرات خاک **ثابت** (Static properties) هستند، مانند اندازه ذرات که تحت تأثیر عوامل خارجی تغییر نمی‌کند. ولی پاره‌ای از خصوصیات ذرات خاک متغیر و تحت تأثیر عوامل خارجی مانند فشار و رطوبت **تغییر** می‌کنند (Dynamic properties). مثلاً اگر وضع قرار گرفتن یعنی آرایش ذرات را در نظر بگیریم ممکن است نیروهای فشاری که به سطح خاک وارد می‌شود، باعث تغییر آرایش ذرات و جابجایی آن‌ها از وضعی به وضعیت دیگر شود. در اینجا ما توجه خود را فقط به خصوصیات ثابت ذرات خاک مانند بافت، اندازه، توزیع ذرات و سطح ویژه که قابل اندازه گیری و مقایسه هستند، جلب می‌کنیم.

بافت خاک (Texture) نشان دهنده چگونگی **اندازه ذرات** می‌باشد. ذرات خاک را از نظر قطر به سه دسته تقسیم می‌کنیم و این سه دسته شامل **شن، سیلت و رس** هستند.

در تعریف، ذرات **کوچکتر** از **۲ میلی متر** را خاک می‌نامند به همین دلیل است که **حد بالایی شن** در تمامی طبقه‌بندی‌ها ۲ میلی متر می‌باشد و از طرفی چون **خواص کلوئیدی** مربوط به ذرات **کوچکتر** از **۲ میکرون** می‌باشد، پس رس در این طبقه بندی به ذرات کوچکتر از ۲ میکرون گفته می‌شود.

رس‌ها به دلیل دارا بودن سطح ویژه زیاد دارای فعالیت فیزیکی- شیمیایی بسیار قوی بوده و لذا **مهمترین** نقش را در رفتار خاک دارند. مثلاً خاک‌های رسی در اثر جذب آب متورم می‌شوند و یا با از دست دادن رطوبت منقبض می‌گردند. رس‌ها به دلیل اینکه سطوح آن‌ها دارای بار الکتریکی منفی است مولکول‌های آب را جذب کرده و به اصطلاح هیدراته می‌شوند. هیدراته شدن موجب می‌گردد که ذرات رس با یون‌های قابل تبادل موجود در محلول اطراف خود تشکیل لایه مضاعف الکترواستاتیک بدهند.

شن و سیلت در واقع ذرات **بی اثر یا بی خاصیت** هستند و می‌توان آن‌ها را به اسکلت یا استخوان بندی خاک تشبیه کرد و مجموعه ذرات شن، سیلت و رس را **ماتریکس** (matrix) خاک می‌گویند.

در محاورات غیر علمی برای توصیف خاصیت رسی یا شنی بودن یک خاک از واژه‌های خاک سنگین (Heavy soil) برای خاک رس و خاک سبک برای خاک‌های شنی (Light soil) استفاده می‌شود. کاربرد این واژه‌ها تا اندازه‌ای گمراه کننده است، زیرا یک خاک شنی از نظر وزن سنگین‌تر از یک خاک رسی می‌باشد در حالی که به آن خاک سبک گفته می‌شود. زیرا خاک رسی دارای ذرات ریزتری است در نتیجه خلل و فرج ریزی دارد اما تخلخل کل آن بیشتر از خاک شنی است پس وزن کمتری دارد.

مثال۱: کدامیک از ویژگی‌های زیر جزء ویژگی‌های ثابت خاک می‌باشد؟

۱) ساختمان خاک ۲) بافت خاک ۳) دمای خاک ۴) نوع مواد آلی خاک

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» به طور کلی بافت خاک جزء خصوصیات ثابت خاک است که فقط در حد گلدان می‌توان آن را تغییر داد ولی در سطح وسیع مثلاً مزرعه قابل تغییر نمی‌باشد. سایر خصوصیات از قبیل اندازه ذرات و نوع ذرات خاک و سطح ویژه آن‌ها هم که وابسته به بافت خاک هستند قابل تغییر نمی‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۲: یک مترمکعب از کدام یک از خاک‌های زیر در حالت خشک سبک‌تر است؟

۱) شنی ۲) لومی شنی ۳) رسی ۴) رسی سیلتی

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» خاک رسی سبک‌تر است. به دلیل تخلل بالای خاک رسی در یک میزان مشخص از هر دو خاک، خاک رسی نسبت به خاک شنی سبک‌تر می‌شود. پس در حالت کلی می‌توان گفت خاک رسی سبک‌تر است.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: یک سانتی متر مکعب خاک رسی با وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب و یک سانتی متر مکعب خاک شنی با وزن مخصوص ظاهری ۱/۸ گرم بر سانتی متر مکعب در اختیار داریم. در حالت اشباع کدام یک سنگین‌تر است؟ (وزن مخصوص حقیقی خاک ۲/۶ گرم بر سانتی متر مکعب است).

۱) خاک شنی ۲) خاک رسی ۳) با هم برابرند ۴) قابل محاسبه نمی‌باشد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در ابتدا مقدار تخلخل را برای هر دو خاک محاسبه می‌کنیم:

خاک رسی: $F = ۱ - \frac{\rho_b}{\rho_s} = ۱ - (\frac{۱/۳}{۲/۶}) = ۰/۵۰۰ \times ۱۰۰ = ۵۰\%$

خاک شنی: $F = ۱ - \frac{۱/۸}{۲/۶} = ۰/۳ \times ۱۰۰ = ۳۰\%$

در وضعیت اشباع همه خلل و فرج خاک از آب پر شده است پس در مورد خاک رسی، $V_w = ۰/۵ \times ۱cm^۳ = ۰/۵cm^۳$، حجم آب موجود در خاک می‌باشد و چون وزن مخصوص آب برابر ۱ گرم بر سانتی متر مکعب است حجم آن برابر جرم آن است، بدین معنا که ۰/۵ گرم آب در ۱ سانتی مترمکعب از خاک رسی وجود دارد به همین ترتیب ۰/۳ گرم آب در ۱ سانتی متر مکعب خاک شنی وجود دارد. برای محاسبه جزء جامد خاک از وزن مخصوص ظاهری آن‌ها استفاده می‌کنیم.

۱) خاک رسی $\rho_b = \frac{M_s}{V_t} \Rightarrow ۱/۶ = \frac{M_s}{۱cm^۳} \Rightarrow M_s + M_w = ۱/۶ + ۰/۵ = ۲/۱gr$

۲) خاک شنی $۱/۸ = \frac{M_s}{۱cm^۳} \Rightarrow M_s = ۱/۸gr \qquad M_s + M_w = ۱/۸ + ۰/۳ = ۲/۱$

بنابراین در حالت اشباع وزن دو خاک با حجم‌های یکسان برابر است.

مثال۴: کدام یک از ذرات خاک فعال‌ترین جزء خاک به حساب می‌آید؟

۱) رس ۲) سیلت ۳) شن ۴) مواد آلی

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» ذرات رس به دلیل اندازه کوچکی که دارند دارای خواص کلوئیدی می‌باشند و به خاک امکان تورم و چسبندگی، جذب آب و عناصر غذایی را می‌دهند و به علاوه نسبت به سایر ذرات خاک سطح ویژه بالاتری دارند، درحالیکه ذرات شن و سیلت فاقد این خواص می‌باشند.

تجزیه مکانیکی خاک

معمولاً در تجزیه مکانیکی خاک **درصد گروه‌های اندازه‌ای خاک** مشخص و اعلام می‌شود. در تجزیه مکانیکی خاک دو عمل مختلف را انجام می‌دهیم:
۱ـ جداسازی ذرات معدنی خاک از یکدیگر ۲ـ تعیین درصد ذرات بوسیله روش‌های هیدرومتری و پی‌پت

جداسازی ذرات خاک: برای جداکردن و پراکنده ساختن (Dispersion) خاکدانه‌ها باید ملات‌ها یا عوامل خاکدانه سازی را از بین ببریم. ملات‌های متداول خاک، مواد آلی، کربنات کلسیم یا آهک می‌باشد.از جمله ملات‌های دیگر شامل کربنات‌ها، اکسیدهای آهن و املاح محلول است.
متداول‌ترین روش **فیزیکی** استفاده از **Shaker یا دستگاه مافوق صوت (ultrasonic)** می‌باشد و از روش‌های **شیمیایی** استفاده از املاح حاوی سدیم مانند **هگزامتا فسفات سدیم** است. بعد از آنکه جداسازی ذرات به خوبی انجام گرفت، بوسیله هیدرومتر یا پی‌پت می‌توان درصد شن و سیلت و رس را جدا کرد.

مثال۵: پایدارترین خاصیت فیزیکی خاک کدام است؟

۱) رنگ ۲) درجه حرارت ۳) ساختمان ۴) بافت

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» پایدارترین خصوصیت خاک، بافت خاک است. سایر خصوصیات آورده شده در تست جزء خصوصیاتی هستند که بسته به شرایط محیطی تغییر می‌کنند اما بافت خاک را به خصوص در سطح وسیع نمی‌توان تغییر داد.

حذف مواد چسباننده خاک

اولین مرحله برای به دست آوردن منحنی توزیع ذرات خاک، جداکردن ذرات اولیه تشکیل دهنده خاکدانه‌ها از یکدیگر می‌باشد. خاک‌ها معمولاً دارای مواد آلی، اکسیدهای آهن، کربنات‌ها و املاح محلول می‌باشند، که باعث اتصال ذرات خاک به یکدیگر می‌شود. ذرات خاک را به دو روش فیزیکی و شیمیایی می‌توان از یکدیگر جدا نمود. دلایلی که باعث می‌شود مواد آلی، اکسیدهای آهن، کربنات‌ها و املاح محلول را از خاک خارج کنیم و سپس توزیع اندازه‌ای ذرات را بررسی کنیم به ترتیب زیر می‌باشد:
ـ خاک‌های رسی با خاکدانه‌های پایدار؛ ذرات رس به صورت خاکدانه‌های پایدار بوده و همانند ذرات شن عمل می‌کنند.
ـ اگر چه شن یا خاک‌های شنی دارای نفوذ پذیری زیاد می‌باشند، ولی شن‌هایی وجود دارد که نفوذ پذیری آب در آن‌ها بسیار کمتر از خاک رسی می‌باشد و این به دلیل وجود **پوشش واکس مانند مواد آلی** در اطراف ذرات شن می‌باشد.
ـ املاح محلول می‌تواند باعث هماور شدن سوسپانسیون شود.
ـ اکسیدهای آهن و آلومینیوم باعث چسبیدن ذرات رس به یکدیگر می‌شود و موجب می‌گردد که این خاکدانه‌ها جزء ذرات اولیه خاک محسوب شوند.
۱ـ حذف مواد آلی: مواد مختلفی از جمله آب اکسیژنه $(H_۲O_۲)$، سدیم هیپو کلریت، سدیم پربرومایت، پرمنگنات پتاسیم جهت خارج کردن مواد آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی **آب اکسیژنه** به صورت استاندارد جهت اکسیداسیون مواد آلی توصیه شده است.
۲ـ خارج کردن اکسید آهن: استفاده از بی‌کربنات سدیم و سدیم دی تیونات سیتریت برای خروج اکسید آهن توصیه می‌شود. چون سدیم دی تیونات سیتریت پس از ترکیب با اکسید آهن مقادیر قابل توجه OH^- را در محلول رها می‌سازد، باید با استفاده از سدیم بی کربنات، pH را بافر کرد. این عمل باعث به حداقل رساندن تشکیل سولفیدها، سولفید آهن و اکسالات روی و یا سایر رسوبات ناخواسته می‌شود. در خاک‌هایی که اکسیدآهن قسمت اعظم کانی‌های خاک را تشکیل می‌دهد، خارج کردن اکسیدهای آهن به علت از بین بردن قسمت عمده رس توصیه نمی‌شود.

۳ـ خارج کردن املاح محلول: معمولاً برای خارج کردن املاح از عمل شستشو به وسیله آب مقطر استفاده می‌شود. عمل شستشو باید تا جایی ادامه یابد که محلول خروجی دارای غلظت **کمتر از ده میلی مولار** باشد.

پس از خروج مواد یاد شده باید پس از بهم زدن مکانیکی، از یکی از ترکیبات سدیم استفاده شود تا ذرات خاک را کاملاً پراکنده کنند. سدیم به علت **شعاع هیدراته بالایی** که دارد، باعث ایجاد فاصله بین ذرات رس و پراکندگی آن‌ها می‌شود. در این مورد می‌توان از هگزا متا فسفات سدیم (نام تجاری کالگن) $NaBr$، Na_2O_3 ، $NaOH$، Na_2PO_7 استفاده کرد. معمولاً در روش پی‌پت ۰/۵ گرم در لیتر و در روش هیدرومتر ۵ گرم در لیتر کالگن مورد نیاز می‌باشد. علت تفاوت، در روش‌های بکار برده شده جهت خروج مواد متصل کننده ذرات خاک در روش پی پت نسبت به روش هیدرومتر می‌باشد.

محلول کالگن از طریق جایگزینی با یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} (باعث هماوری ذرات می‌شوند) و افزایش ضخامت لایه دو گانه و همین طور خنثی شدن بارهای مثبت روی لبه‌های رس از طریق جذب آنیونی هیدروکسیل یا آنیون‌های فسفات، پراکنده شدن ذرات خاک را انجام می‌دهد.

نکته۱: در خاک‌های اسیدی به علت اشباع رس از یون H^+، می‌توان از هیدروکسید سدیم استفاده کرد.

نکته۲: در خاک‌های شور و سدیمی که غلظت املاح محلول(EC) آن‌ها بالاست، قبل از استفاده از کالگن باید حداقل یک یا دو بار بسته به میزان بالا بودن EC، خاک را با آب مقطر شستشو داد. سپس از کالگن جهت پراکنده نمودن ذرات استفاده نمود.

مثال۶: کدام یک از موارد زیر برای حذف مواد آلی معمولاً استفاده می‌شود؟

۱) کالگن ۲) پرمنگنات پتاسیم ۳) آب اکسیژنه ۴) هگزا متافسفات سدیم

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» آب اکسیژنه چون توانایی اکسید کردن مواد آلی را دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از پرمنگنات پتاسیم هم می‌توان استفاده کرد ولی استفاده از آب اکسیژنه **متداول‌تر** است. هگزا متافسفات سدیم نام دیگر کالگن می‌باشد که در مرحله نهایی برای پراکنده ساختن ذرات رس و خاکدانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مثال۷: کدام خصوصیت یون سدیم باعث می‌شود که از آن برای جداسازی ذرات خاک استفاده شود؟

۱) تک ظرفیتی بودن ۲) بزرگ بودن شعاع هیدراته ۳) فعالیت بالا ۴) کوچک بودن شعاع یون سدیم

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» چون کاتیون‌ها از نظر ظرفیت و شعاع و خصوصیات لایه آبگیری متفاوت هستند لذا درجه تمایل آن‌ها برای مبادله متفاوت است. بطور کلی هرچه شعاع یون کوچکتر و ظرفیت آن بالاتر باشد زودتر و قویتر جذب ذرات رس می‌شود. از طرف دیگر چنانچه لایه آبگیری یون ضخیم‌تر باشد این یون کمتر و ضعیف‌تر به سطوح جذب کننده می‌چسبد. مثلاً شعاع یون سدیم در حالت لخت بودن ۰/۹۸ آنگستروم است اما همین یون هنگامی که در آب قرار می‌گیرد با جذب مولکول‌های آب و هیدراته شدن شعاع مؤثر آن ۸ برابر افزایش می‌یابد و به این دلیل است که شعاع یون سدیم کوچک است در حالی که تراکم بار الکتریکی روی آن زیاد می‌باشد در نتیجه به راحتی جذب مولکول‌های آب شده، به صورت یون هیدراته در می‌آید و شعاع یون هیدراته آن بالا می‌رود. این یون نسبت به سایر کاتیون‌ها شعاع هیدراته بالاتری دارد و وقتی بین ذرات خاک یا رس‌ها قرار می‌گیرد باعث ایجاد فاصله بین آن‌ها می‌شود و آن‌ها را از یکدیگر پراکنده می‌سازد. ترتیب شعاع یون هیدراته کاتیون‌ها به صورت زیر می‌باشد:

$$Li^+ > Na^+ > K^+ > Cs^+$$

مثال۸: به کدام یک از دلایل زیر قبل از تعیین بافت خاک املاح محلول را خارج می‌کنیم؟

۱) کاتیون‌های محلول باعث هماوری ذرات رس می‌شوند. ۲) از این طریق سدیم را از خاک خارج می‌کنیم.
۳) پایین آوردن EC خاک ۴) موارد ۱و ۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» کاتیون‌های محلول خاک به استثنای یون سدیم باعث به هم چسبیدن ذرات خاک می‌شوند. زیرا وقتی کاتیون‌ها به خود آب جذب می‌کنند تا حد معینی، شعاع هیدراته آن‌ها افزایش می‌یابد و باعث هماوری ذرات رس می‌شود ولی در مورد یون سدیم این افزایش شعاع هیدراته بیش از حد صورت می‌گیرد و باعث پراکنده شدن ذرات رس می‌گردد، به همین علت است که برای تعیین بافت خاک هدایت الکتریکی را که نماینده حضور کاتیون‌های محلول خاک است پایین می‌آوریم. معمولاً خاک‌های شور ـ سدیمی بهتر از خاک‌های سدیمی برای کشاورزی می‌باشند. این هم به دلیل این است که خاک‌های شور سدیمی به غیر از سدیم شامل سایر کاتیون‌ها نیز می‌باشند که باعث هماور شدن ذرات رس و تشکیل خاکدانه می‌شود، پس این خاک‌ها نسبت به خاک‌های سدیمی که کاتیون محلول آن‌ها بیشتر از سدیم تشکیل شده است ساختمان بهتری دارند.

تشخیص بافت خاک

یکی از قدیمی‌ترین روش‌های اندازه‌گیری بافت خاک روش **لمسی** است که به علت عدم دقت زیاد امروزه چندان کارایی ندارد. در کل به دست آوردن منحنی توزیع اندازه ذرات کار نسبتاً مشکل و وقت گیری است برای این منظور از روش‌های موسوم به غربال و رسوبگذاری استفاده می‌شود. غربال‌ها از تورهایی که قطر نافذ آن‌ها اندازه‌های متفاوت دارد تشکیل یافته است. ذرات عبور کرده از الک ۲۰ میلی متری ابتدا وارد ظرف آبی که در آن عامل پراکنده شدن ذرات اضافه شده باشد، می‌گردند و پس از بهم زدن محلول به دست آمده روی الک ۲ میلی متری ریخته می‌شوند، آنچه روی الک باقی می‌ماند پس از خشک شدن وارد یک سری الک دیگر می‌گردد. این عمل برای ذرات کوچکتر از ۲ میلی متر نیز تکرار می‌شود. ریزترین الک دارای اندازه منافذ ۶۳ میکرومتر است. در روش الک اگر می‌توانستیم الک‌هایی با قطرهای مختلف بسازیم ذرات تشکیل دهنده خاک از هم قابل تفکیک بودند. ولی چون از ۰/۰۵ میلی متر کمتر، امکان ساختن الک وجود ندارد. تعیین اندازه این ذرات و یا ریزتر از آن با آزمایش الک امکان پذیر نبوده و روش‌های رسوبگذاری موسوم به پی‌پت و هیدرومتری بکار برده می‌شود. در این دو روش از قانون ته نشینی که توسط استوک ارائه شده است استفاده می‌کنیم.

قانون استوکز: در این قانون نشان داده است که **سرعت** سقوط یک ذره کروی در یک مایع متناسب با **مجذور شعاع** آن ذره است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که اگر ذره کروی با شعاع r و وزن مخصوص حقیقی ρ_s، جرم m، در سیالی با وزن مخصوص ρ_f و لزوجت η رها شود، تحت تأثیر جاذبه g قرار گرفته و سه نیرو بر آن همزمان عمل می‌کند. ۱ـ نیروی جاذبه که سبب ته نشینی آن می‌شود. ۲ـ نیروی غوطه وری (شناوری)۳ـ اصطکاک(لزوجتی). دو نیروی آخر **برخلاف جهت نیروی جاذبه** عمل می‌کند.

جدول اثر بافت خاک بر خصوصیات دیگر خاک

خصوصیات	شن	لوم	لوم سیلتی	رسی
تشخیص‌در حالت مرطوب	سست	کمی چسبنده	اثر انگشت باقی می‌ماند	حالت‌درخشندگی دارد
نفوذپذیری	سریع	تقریباً سریع	متوسط	کم تا متوسط
آب قابل استفاده	کم	متوسط	زیاد	متوسط تا زیاد
قابلیت شخم	آسان	آسان	متوسط	مشکل
تولید روان آب	کم	کم تا متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد
جداشدن توسط آب	زیاد	متوسط	متوسط	کم
قابلیت انتقال یا فرسایش آبی	کم	متوسط	زیاد	زیاد
تراکم پذیری	کم	متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد

۱ـ نیروی جاذبه: نیروی وزن ذره که جهت آن به طرف ته ظرف می‌باشد از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

رابطه (۱) $$F_g = M_s g = \frac{۴}{۳}\pi r^۳ \rho_s g$$

۲ـ نیروی غوطه وری: بر طبق قانون ارشمیدس این نیرو مساوی وزن آب هم حجم ذره است و برخلاف جهت جاذبه عمل می‌کند که به صورت زیر قابل محاسبه است:

رابطه (۲) $$F_b = M_L g = \frac{۴}{۳}\pi r^۳ \rho g$$

۳ـ نیروی اصطکاک: چون ذره در حال سقوط است، نیروی اصطکاکی بین ذره جامد و محیط سیال همواره وجود دارد که برخلاف جاذبه عمل کرده و این نیرو با لزوجت سیال و سرعت ذره متناسب است. در اینجا V سرعت سقوط ذره و η لزوجت مایع می‌باشد.

رابطه (۳) $$F_d = -۶\pi r \eta V$$

سرعت ذره در ابتدای ورود به آب کمی کاهش می‌یابد و سپس به تدریج افزایش یافته تا به حد سرعت ثابتی می‌رسد و به آن **سرعت حد** می‌گویند که در این حالت برآیند نیروهای فوق برابر صفر می‌باشد. طبق **اصل اول دینامیک** می‌توان نوشت $F_g - F_b - F_d = ۰$ اگر هرکدام از نیروهای فوق را در رابطه بالا جایگزین کنیم و معادله را برای سرعت ذره حل نماییم، نتیجه به صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۴) $$V = \frac{d^۲ g(\rho_s - \rho_l)}{۱۸\eta}$$

معمولاً سرعت سقوط ذره را نسبت به تغییرات قطر ذره به دست می‌آورند، در این صورت می‌توان گفت در این رابطه که معادله Stock نامیده می‌شود، نشان داده شده که سرعت سقوط ذره متناسب با مجذور شعاع یا قطر آن است. در اینجا قطر ذره برحسب cm، g شتاب ثقل برابر $۹۸۱\frac{cm}{s^۲}$ و ρ_s وزن مخصوص حقیقی ذره برابر $۲/۶\frac{gr}{cm^۳}$، ρ_l وزن مخصوص آب برابر $۱\frac{gr}{cm^۳}$ می‌باشد و η لزوجت آب برحسب پواز برابر $(۰/۰۰۸ poise)$ در دمای $۲۵^\circ C$ است. اگر این مقادیر را در رابطه فوق قرار دهیم به صورت تقریبی V برابر $۵۰۰۰۰r^۲$ خواهد شد. در حالتی که سرعت ذره به سرعت حد برسد معادله **حرکت یکنواخت** ذره را می‌توانید به صورت مقابل بنویسید $t=\frac{h}{v}$ در این جا h، برحسب cm، ارتفاع سقوط ذره و t زمان لازم برای طی کردن ارتفاع h برحسب ثانیه می‌باشد. مقدار V را در رابطه فوق قرار می‌دهیم، همانطور که رابطه نشان می‌دهد، **زمان** ته‌نشین شدن ذرات نسبت **عکس** با **مجذور قطر** آن‌ها دارد: $t=\frac{h\eta}{d^۲g(p_s-p_l)}$ ،این قانون با توجه به برخی استثناها امروزه قابل استفاده می‌باشد. این قانون برخی مفروضات دارد که در عمل رعایت نمی‌شود:

فرض اول: ذره جامد باید کروی باشد که در مورد ذرات رس چنین نیست، اکثراً به شکل بشقابی یا میله‌ای هستند.

فرض دوم: اندازه ذرات جامد از اندازه مولکول‌های آب باید به اندازه کافی بزرگتر باشد تا ته نشینی آن‌ها به راحتی صورت گیرد.

فرض سوم : در قانون Stock، وزن مخصوص حقیقی ذرات جامد خاک $۲/۶\frac{gr}{cm^۳}$ در نظر گرفته می‌شود که عملاً گاهی اوقات برخی از اکسیدهای فلزی مانند اکسید آهن یا هماتیت وزن مخصوصی در حدود $۵\frac{gr}{cm^۳}$ دارد.

فرض چهارم: سقوط ذرات جامد در مایع باید آزادانه صورت گیرد و غیر از این سه نیرو، نیروی دیگر اثر نگذارد. این شرط زمانی تحقق می‌یابد که غلظت محلول بین $۳۰-۵۰\frac{gr}{lit}$ باشد. قطر استوانه حاوی حداقل ۱۰ برابر قطر بزرگترین ذره خاک باشد.

فرض پنجم: ظرف محتوی مایع همواره باید در حال سکون باشد تا تلاطم آب مانع از ته نشینی ذرات نشود ولی عملاً به دلیل تغییر دما تلاطم در آب ایجاد شده و رسوب گذاری با مشکل مواجه خواهد شد.

مثال۹: بر اساس قانون استوکز، زمان مورد نیاز جهت سقوط ذرات شن با اندازه ۵۰ میکرون در صورتی که $\rho_L=۱$ و $\rho_s=۲/۶۵$ و $\eta=۰/۰۰۸ Cpoise$ و $g=۹۸۱\frac{cm}{s^۲}$ باشد در عمق ۲۰ سانتی متری، چه مقدار است؟

۱) ۷۱s ۲) ۸۰s ۳) ۹۰s ۴) ۸۵s

☑ **پاسخ:** گزینه «۱»

$$t=\frac{۱۸\times ۲۰\times(۸\times ۱۰^{-۳})}{(۵۰\times ۱۰^{-۴})\times ۲\times ۹۸۱\times(۲/۶۵-۱)}=۷۱$$

مثال۱۰: کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟

۱) سرعت ته نشین شدن ذره با مجذور شعاع نسبت عکس دارد.
۲) زمان ته نشین شدن ذره با مجذور شعاع نسبت مستقیم دارد.
۳) سرعت ته نشین شدن ذره با مجذور شعاع نسبت مستقیم دارد.
۴) زمان ته نشین شدن ذره با لزوجت مایع نسبت عکس دارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» همانطور که در معادلات بالا آورده شده است سرعت ته نشین شدن ذره با مجذور شعاع نسبت مستقیم دارد.

مثال۱۱: بر طبق قانون استوک سرعت سقوط ذره‌ای به قطر ۱۰۰ میکرون چند سانتی متر بر ثانیه است؟

۱) ۱/۵ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۲/۲۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» شعاع این ذره برابر ۵۰ میکرون خواهد بود و هر میکرون برابر $۱۰^{-۴}$ سانتی متر است.

$$r=۵۰\times ۱۰^{-۴}=۵\times ۱۰^{-۳}\ cm \quad V=۵۰۰۰۰r^۲=۵۰۰۰۰(۵\times ۱۰^{-۳})^۲=۱/۲۵\frac{cm}{s}$$

مثال۱۲: با استفاده از قانون استوک، زمان لازم برای ته نشست کلیه ذرات با قطر ۲۰۰ میکرون در عمق ۴۰ سانتی متری یک محلول سوسپانسیون و درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد چند ثانیه است؟

۱) ۱۰ ۲) ۳۰ ۳) ۱۲ ۴) ۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» شعاع این ذره برابر ۱۰۰ میکرون است که برابر با $۱۰^{-۲}$ سانتی متر می‌شود.

$$V = ۵۰۰۰۰r^{۲} = ۵۰۰۰۰(۱۰^{-۲})^{۲} = ۵\frac{cm}{s}$$

$$t = \frac{h}{V} = \frac{۴۰}{۵} = ۸s$$

مثال۱۳: اگر ذرات با قطر ۰/۰۲ میلی متر در محلول آبی با سرعت ۳ سانتی متر در ثانیه رسوب می‌کنند. سرعت ذرات از همان جنس که قطر آنها ۰/۰۶ میلی متر باشد، در همان محلول و همان شرایط چند سانتی متر بر ثانیه است؟

۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۲۷ ۴) ۱۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» قطر ذره ۳ برابر شده است و می‌دانیم که سرعت سقوط ذره با مجذور شعاع ذره متناسب است. $V = ۵۰۰۰۰r^{۲}$

تناسب برای این دو ذره به صورت مقابل در می‌آید: $\frac{V_۲}{۳} = \frac{(۰/۰۳)^{۲}}{(۰/۰۱)}$ $V_۲ = ۲۷$

سرعت در مورد ذره با قطر ۰/۰۶ میلی متر برابر ۲۷ سانتی متر بر ثانیه است و نسبت به ذره ۰/۰۲ میلی متری سرعت ۹ برابر شده است.

مثال۱۴: اگر ذرات با شعاع ۰/۰۶ میلی متر در محلول آبی با سرعت x سانتی متر بر ثانیه سقوط کند، سرعت سقوط ذره با شعاع ۰/۰۲ میلی متر چند x است؟

۱) ۹ ۲) $\frac{۱}{۹}$ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) ۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» مشابه تست بالا تناسب برای نسبت سرعت سقوط دو ذره به هم به صورت مقابل می‌باشد: $\frac{x}{y} = \frac{(۰/۰۶)^{۲}}{(۰/۰۲)^{۲}} = ۹$

اگر x سرعت سقوط ذره با شعاع ۰/۰۶ میلی متر باشد، y سرعت سقوط ذره با شعاع ۰/۰۲ میلی متر است. پس $y = \frac{۱}{۹}x$ است.

تعیین درصد اندازه ذرات

روش پی پت: روش پی پت، روش مستقیم نمونه برداری از سوسپانسیون خاک می‌باشد. در این روش نمونه از عمق h در زمان t با قطر کوچکتر از D برداشت می‌شود. پس از خشک کردن و توزین نمونه می‌توان درصد وزنی ذرات کوچکتر از D را بدست آورد. D اندازه بزرگترین ذره، در عمق نمونه برداری است که از قانون استوکز بدست می‌آید. با استفاده از قانون استوکز می‌توان زمان رسوب ذرات رس را در دما و عمق معین بدست آورد. این مقادیر از جداول مربوطه معمولاً استخراج می‌شود.

روش هیدرومتر: هیدرومتر برای سنجش چگالی مخلوط آب و خاک به کار می‌رود. در یک مخلوط خاک و آب به علت عمل ته‌نشینی ذرات، چگالی مخلوط در هر عمق نسبت به زمان تغییر می‌کند. هیدرومتر چگالی مخلوط آب و خاک را در عمقی که مرکز حباب هیدرومتر قرار دارد در یک زمان معین نشان می‌دهد. اندازه بزرگترین ذره موجود در این عمق را می‌توان با استفاده از قانون استوکز به دست آورد. رابطه مورد استفاده به شرح زیر می‌باشد:

رابطه (۵) $D = \theta\, t^{-۰/۵}$

θ پارامتر رسوب‌گذاری و تابعی از عمق مرکز حجم هیدرومتر، لزوجت جرم حجمی محلول و جرم حجمی ذرات خاک می‌باشد. معادله بالا می‌تواند به صورت مقابل باشد.

رابطه (۶) $D = [\frac{(۱۸\eta h')}{g(P_s - P_l)}]^{۰/۵}\ t^{-۰/۵}$

در نتیجه:

رابطه (۷) $\theta = (\frac{۱۸\eta h'}{g(P_s - P_l)}]^{۰/۵}$

h، عمق مرکز حجم هیدرومتر برحسب سانتی متر می‌باشد. عمق مرکز حجم هیدرومتر بیان کننده عمق مؤثر سقوط ذرات با قطر D می‌باشد. این عمق را می‌توان به قرائت هیدرومتر (R) ربط داد. ابعاد هیدرومتر را می‌توان از رابطه زیر تخمین زد:

رابطه (۸) $$h' = L_1 + 1/2(\frac{L_2 - V_b}{A})$$

در این رابطه: L_1 ،عبارتست از طول ساق هیدرومتر از بالای حباب با محل قرائت هیدرومتر برحسب سانتی متر، L_2، طول حباب هیدرومتر برحسب سانتی متر، V_b، حجم حباب هیدرومتر بر حسب cm^3 و A، سطح مقطع استوانه رسوب گذاری برحسب cm^2 می‌باشد.

مثال۱۵: سرعت سقوط ذره‌ای با قطر ۱۲۰ میکرون در یک محلول سوسپانسیون استاندارد چند سانتی متر بر ثانیه می‌باشد؟

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۱/۸ ۴) ۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» سرعت سقوط ذره‌ای با قطر ۱۲۰ میکرون $1/8(\frac{m}{s})$

$$V = 50000r^2 = 50000(6\times10^{-3}) = 1/8\frac{cm}{s}$$

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۱۶: قانون استوکز نشان می‌دهد که زمان لازم برای اینکه یک ذره خاک ارتفاع مشخصی را در داخل آب سقوط کند با قطر ذره خاک:

۱) نسبت مستقیم دارد. ۲) نسبت معکوس دارد.

۳) با مجذور قطر نسبت مستقیم دارد. ۴) با مجذور قطر نسبت معکوس دارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» طبق قانون استوکز که در زیر آمده است، t، زمان سقوط ذره با مجذور قطر ذره d نسبت عکس دارد.

$$t = \frac{18h\eta}{d^2 g(\rho_s - \rho_L)}$$

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۱۷: در کاربرد قانون استوکز برای اندازه گیری قطر ذرات خاک فرض می‌شود:

۱) ذرات به اندازه کافی کوچک هستند که حرکات ارتعاشی مولکول‌های آب تأثیری بر آن نداشته باشد .

۲) دانسیته ذرات خاک با آب یکسان است.

۳) ذرات خاک کروی هستند.

۴) ذرات خاک صاف هستند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در قانون استوکز فرض بر این است که ذرات خاک کروی هستند.

◆ ◆ ◆ ◆

محاسبه درصد رس، لای و شن

روش بایکوس (Bouyoucos) در آزمایشگاه‌ها جهت تخمین درصد ذرات شن، لای و رس با استفاده از هیدرومتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قرائت اول هیدرومتر ۴۰ ثانیه بعد از اتمام هم زدن، درصد رس و سیلت خاک را نشان می‌دهد. در این هنگام شن درشت و ریز ته نشین شده اند. قرائت دوم هیدرومتر دو ساعت پس از هم زدن می‌باشد. عدد قرائت شده روی هیدرومتر در این زمان مقدار رس را نشان می‌دهد. چون در این زمان ذرات سیلت هم ته نشین شده اند. اگر قرائت اول هیدرومتر را A و قرائت دوم هیدرومتر را B فرض کنیم، رس + سیلت = A و رس= B در نتیجه: سیلت =A-B و چون در طی آزمایش از ۵۰ گرم خاک استفاده کردیم، شن = A−۵۰

چون اعداد هیدرومتر یا چگالی سنج، مقدار و وزن ذرات را در دمای ۶۷ درجه فارنهایت نشان می‌دهد، باید اعداد قرائت شده را نسبت به درجه حرارت مخلوط خاک و آب هنگام آزمایش تصحیح کرد. برای این منظور باید به ازای هر درجه حرارت بیش از ۶۷ درجه فارنهایت ۰/۲ اضافه و برای کمتر از ۶۷ درجه فارنهایت ۰/۲ کسر گردد. چون وقتی دما بالا می‌رود غلظت مایع کم می‌شود و میزان سقوط بیشتر می‌شود. به همین دلیل تصحیح دمایی صورت می‌گیرد.

سپس از روابط زیر برای تعیین درصد سیلت و رس و شن استفاده می‌شود.

$$\text{درصد سیلت و رس} = \frac{\text{قرائت اول هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

$$\text{درصد رس} = \frac{\text{قرائت دوم هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

درصد شن = ۱۰۰- درصد سیلت و رس

درصد سیلت = درصد سیلت و رس − درصد رس

مثال۱۸: اگر قرائت اول هیدرومتر برابر ۷۵ و قرائت دوم هیدرومتر برابر ۲۰ بعد از تصحیح دمایی باشد برای ۱۵۰ گرم خاک خشک درصد رس و شن و سیلت را محاسبه نمایید؟

۱) ۳۳% و ۶۰% و ۷% ۲) ۳۳% و ۵۰% و ۱۷% ۳) ۲۰% و ۵۰% و ۳۰% ۴) ۴۰% و ۲۰%و ۴۰%

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$\text{درصد سیلت و رس} = \frac{\text{قرائت اول هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times ۱۰۰ = \frac{۷۵}{۱۰۰} = ۵۰\%$$

$$\text{درصد رس} = \frac{\text{قرائت دوم هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times ۱۰۰ = \frac{۳۰}{۱۵۰} \times ۱۰۰ = ۳۳\%$$

درصد شن = ۱۰۰- درصد سیلت و رس = ۱۰۰ − ۵۰ = ۵۰%

درصد سیلت و رس = درصد رس − درصد سیلت = ۵۰ − ۳۳ = ۱۷%

مثال۱۹: ۱۲۰ گرم خاک مرطوب را با رطوبت وزنی ۱۰% درآون خشک کرده و سپس به روش هیدرومتری درصد شن آن ۲۵% می‌باشد. قرائت اول هیدرومتر قبل از تصحیح دمایی؟

۱) ۳۷/۵ ۲) ۴۰ ۳) ۴۵ ۴) ۸۶/۶۷

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» ابتدا باید وزن خاک خشک را به دست آوریم.

$$\theta_m = (\frac{M_w}{M_s}) \times ۱۰۰ \qquad ۰/۱ = \frac{M_w}{۱۲۰ - M_w} \qquad M_w = ۴/۴۴gr \qquad ۱۲۰ - ۴/۴۴ = ۱۱۵/۵۶gr$$ خاک خشک

درصد رس و سیلت = ۱۰۰ − ۲۵ = درصد سیلت و رس = ۱۰۰ − درصد شن

= درصد سیلت و رس ۷۵

$$\text{درصد سیلت و رس} = \frac{\text{قرائت اول هیدرمتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times ۱۰۰ \qquad ۰/۷۵ = \frac{\text{قرائت اول هیدرمتر بعد از تصحیح}}{۱۱۵/۵۶}$$

= قرائت اول هیدرومتر بعد از تصحیح دمایی ۸۶/۶۷

مثال۲۰: در تست بالا مقادیر رس و شن و سیلت را بر حسب گرم محاسبه نمایید؟

۱) ۶۰، ۴۰، ۵۰ ۲) ۷۵ ،۴۰،۳۵ ۳) ۴۹/۵ ، ۲۵/۵ ، ۷۵ ۴) ۸۰ ، ۴۰ ، ۳۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

مقدار رس: $\frac{۳۳}{۱۰۰} \times ۱۵۰ = ۴۹/۵gr$

مقدار شن: $\frac{۵۰}{۱۰۰} \times ۱۵۰ = ۷۵gr$ مقدار سیلت: $\frac{۱۷}{۱۰۰} \times ۱۵۰ = ۲۵/۵gr$

مثال۲۱: اگر خاکی به حجم ۱۰۰ سانتی متر مکعب و وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب را مورد آزمایش تعیین بافت قرار دهیم و قرائت اول و دوم هیدرومتر پس از تصحیح دمایی به ترتیب ۷۵ و ۳۵ باشد، درصد رس و شن و سیلت را به دست آورید؟

۱) ۲۰%، ۵۵%، ۲۵% ۲) ۳۰%، ۴۵%، ۲۵% ۳) ۲۷%، ۴۳%، ۳۰% ۴) ۱۵%، ۴۵%، ۴۰%

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

$$\rho b = (\frac{M_s}{V_t}) \qquad ۱/۳ = \frac{M_s}{۱۰۰} \qquad M_s = ۱۳۰gr$$

درصد رس و سیلت را از فرمول مقابل به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد رس و رسیلت} = \frac{\text{قرائت اول هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times ۱۰۰ = \frac{۷۵}{۱۳۰} \times ۱۰۰ = ۵۷\%$$

$$\text{درصد رس} = \frac{\text{قرائت دوم هیدرومتر بعد از تصحیح}}{\text{وزن خاک خشک}} \times ۱۰۰ = \frac{۳۵}{۱۳۰} \times ۱۰۰ = ۲۷\%$$

درصد شن = ۱۰۰- درصد سیلت و رس = ۱۰۰ − ۵۷ = ۴۳%

درصد سیلت و رس = درصد رس − درصد سیلت = ۵۷ − ۲۷ = ۳۰%

سپس: درصد رس را محاسبه می‌کنیم و بعد برای به دست آوردن درصد سیلت، مقدار درصد سیلت و رس را از درصد رس کم می‌کنیم. جواب به دست آمده درصد رس و شن و سیلت می‌باشد.

روش پی پت به دلیل دارا بودن امتیازات زیر به عنوان روش استاندارد اندازه گیری چگالی با جرم مخصوص مخلوط پذیرفته شده است.زیرا:

۱ـ خطای ناشی از رسوب ذرات خاک بر روی شانه‌های هیدرومتر را ندارد.

۲ـ روش پی‌پت به ۲۰ گرم و روش هیدرومتر به ۵۰ گرم خاک نیاز دارد. این بدین معنی است که احتمال هماور شدن ذرات خاک در روش پی‌پت کمتر از روش هیدرومتر (در اثر برخورد ذرات با همدیگر)می‌باشد.

۳ـ در روش پی‌پت عمق اندازه‌گیری را می‌توان از قبل تعیین کرد در حالی که هیدرومتر براساس چگالی سوسپانسیون در عمق خاص شناور شده و امکان اندازه گیری در عمق دیگر وجود ندارد.

۴ـ حداکثر عمق قابل اندازه‌گیری به وسیله پی‌پت در سوسپانسیون غلیظ، بیش از هیدرومتر است.

مثال۲۲: درصورتی که یک نمونه خاک دارای ۱۴۰ گرم شن (قطر ۰/۵ تا ۲ میلی متر)، ۳۸ گرم سیلت(قطر ۰/۵ تا ۰/۰۰۲ میلی متر) و ۳۲ گرم رس (قطر کمتر از ۰/۰۰۲) میلی‌متر باشد. درصد ذرات ماسه، سیلت و رس را محاسبه نمایید؟

۱) ۴۰٪، ۳۸٪، ۲۲٪ ۲) ۷۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ ۳) ۳۵٪، ۴۳٪، ۳۲٪ ۴) ۷۰٪، ۱۹٪، ۱۶٪

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» ابتدا وزن کل نمونه را به دست می‌آوریم برای این کار مقدار شن، سیلت و رس را جمع می‌کنیم.

در مرحله‌ی بعد درصد شن را به دست می‌آوریم. به همین ترتیب مقدار سیلت و رس را هم به دست می‌آوریم.

وزن کل نمونه: $۱۴۰+۳۸+۳۲=۲۰۰gr$

درصد رس: $\frac{۳۲}{۲۰۰}\times۱۰۰=۱۶\%$ درصد سیلت: $\frac{۳۸}{۲۰۰}\times۱۰۰=۱۹\%$ درصد شن: $\frac{۱۴۰}{۲۰۰}\times۱۰۰=۷۰\%$

اهمیت بافت خاک

کلاس بافتی خاک از طریق درصد شن، سیلت و رس تعیین می‌شود، خاک‌ها می‌توانند به صورت چهار کلاس بافت اصلی طبقه‌بندی شوند:۱ـ شن ۲ـ سیلت ۳ـ لوم ۴ـ رس. بافت‌های سبک شامل شن، شنی لومی، لوم شنی و بافت‌های متوسط عبارتند از «لوم»، «لوم سیلتی»، «سیلتی»، «لوم» و بافت‌های سنگین شامل «رسی شنی»، «رسی سیلتی»، «لومی رسی»، «لوم رسی شنی» و «رس» می‌باشد.

مثلث بافت خاک

مثلثی متساوی‌الاضلاع است که اضلاع آن هر یک براساس درصدهای شن، سیلت و رس درجه‌بندی شده است. و کلاس‌های مختلف بافت خاک را نشان می‌دهد. و برای تعیین بافت خاک به کار می‌رود. درصد ذرات اندازه‌گیری شده برای شن، سیلت و رس را روی اضلاع مثلث مشخص کرده و محل تلاقی خطوط مربوطه کلاس بافت خاک را نشان می‌دهد که خاک مورد نظر از نظر بافت در چه کلاسی قرار می‌گیرد. در مثلث بافت خاک از چپ به راست بافت سنگین‌تر می‌شود و همچنین از بالا به پایین نیز بافت سنگین می‌شود.

تشریح کلاس‌های بافت بدین صورت است که مثلاً کلاس clay۱۰am دارای خواص ۱۰am و رس است. که بیشتر خصوصیات ۱۰am را دارد یعنی خواص ۱۰am غالب است.

برای ترجمه بافت به صورت فارسی باید ابتدا ترجمه کلمه سمت راست را نوشت و در واقع ترجمه از راست به چپ صورت می‌گیرد. مثلاً بافت sandy clay۱۰am معادل سوم رسی شنی است. در این خاک خواص ۱۰am بیشترین تأثیر را داشته و بعد از آن به ترتیب خواص رس و بعد شن غالب‌اند.

نکته۳: در طبقه بندی USDA حد پایین ذرات شن ۰/۰۵ میلی‌متر و در طبقه‌بندی ISSS، ۰/۰۰۲ میلی‌متر است.

بافت خاک خصوصیتی **پایدار** است که معمولاً در سطوح بزرگ قابل تغییر نیست مگر در حد محدودی چون گلدان. عمدتاً هر چه خاکی رسی‌تر باشد نگهداری آب، جذب عناصر غذایی، انبساط پذیری و خصوصیات دیگر در آن به چشم می‌خورد ولی در خاک‌های شنی چنین ویژگی‌هایی دیده نمی‌شود، بنابراین با توجه به پایدار بودن بافت خاک باید با اعمال روش صحیح مدیریتی بهترین محصول را در خاک کاشت.

چندین خصوصیت خاک از بافت خاک تأثیر می‌پذیرد:

زهکشی، ظرفیت نگهداری آب، تهویه، فرسایش پذیری، محتوای ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC)، ظرفیت بافری، pH، شخم پذیری خاک.