چگالی ویژه (وزن مخصوص نسبی) ذرات جامد خاک

وزن مخصوص یک ماده معین به عنوان نسبت وزن یک حجم معین از ماده به وزن حجم مساوی آب مقطر(در دمای ۴ درجه) تعریف می شود. در مکانیک خاک، وزن مخصوص مواد جامد خاک (که اغلب به عنوان وزن مخصوص خاک از آن یاد می شود) یک پارامتر مهم برای محاسبه روابط وزنی- حجمی(همچون نسبت تخلخل و درجه اشباع) است. بنابراین وزن مخصوص، G_s به صورت زیر تعریف می شود:

$$G_s = \frac{\frac{W_s}{V_s}}{\frac{W_w}{V_w}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

در این رابطه:

W_s: وزن مواد جامد خاک

V_s: حجم مواد جامد خاک

W_s: وزن آب

V_s: حجم آب

γ_s: وزن مخصوص قسمت جامد خاک

γ_w: وزن مخصوص آب

محدوده کلی مقادیر G، برای خاک های مختلف در جدول زیر آورده شده است:

نوع خاک	محدوده G_s
ماسه	۲.۶۳-۲.۶۷
سیلت	۲.۶۵-۲.۷
رس و رس سیلت دار	۲.۶۷-۲.۹
خاک های آلی(نباتی)	کمتر از ۲

نکته ۱: به طور کلی هر چه خاک ریزدانه تر باشد خلل و فرج کمتر و در نتیجه G_s بیشتری خواهد داشت.

نکته ۲: در خاک های آلی (نباتی) به علت وجود گیاهان و در نتیجه زیاد بودن خلل و فرج خاک G_s مقدار بسیار کمی خواهد داشت.

نکته ۳: خاک هایی که حاوی کانی هایی سنگین همچون آهن باشند مقدار G_s زیادی خواهند داشت.

پیکنومتر(بطری وزن مخصوص)

پیکنومتر دستگاهی است که به کمک مایعی استاندارد مانند آب مقطر و با استفاده از روابطی می توان چگالی مواد مختلف را با دقت بالا محاسبه کرد. پیکنومتر وسیله ای شبیه به بالن ژوژه و از جنس شیشه است که در شکل های زیر اندازه های مختلف آن نشان داده شده است؛ همان طور که مشاهده می‌شود حجم پیکنومترها روی بدنه آنها درج شده است.

آزمایش تعیین وزن مخصوص ذرات جامد خاک به وسیله پیکنومتر ASTM D854-14

دو روش برای انجام وزن مخصوص ارائه شده است. روش مورد استفاده باید توسط مرجع درخواست کننده مشخص شود، مگر در مواردی خاص که حتما باید از روش مورد نظر استفاده گردد.

روش A-روش برای نمونه های مرطوب؛ این روش برای خاک های ارگانیک، خاکهای بسیار پلاستیکی و دانه ریز، خاک های گرمسیری و خاک های حاوی هالویزیت روش ارجح است و باید از روش A استفاده شود.

روش B-روش برای نمونه های خشک شده در اون،

محدودیت ها:

۱- این روش‌های آزمایشی، تعیین وزن مخصوص جامدات خاکی را که از الک ۴.۷۵ میلی‌متری (شماره ۴) عبور می‌کنند، با استفاده از پیکنومتر آب پوشش می‌دهند. هنگامی که خاک حاوی ذرات بزرگتر از الک ۴.۷۵ میلی متری باشد، روش

آزمایش C ۱۲۷ باید برای مواد جامد خاک باقی مانده در الک ۴.۷۵ میلی متری استفاده شود و این روش های آزمایش باید برای مواد جامد خاکی که از الک ۴.۷۵ میلی متری عبور می کنند استفاده شود.

۲- اصطلاح مواد جامد خاک معمولاً به معنای ذرات معدنی طبیعی یا ذرات خاک مانندی است که به راحتی در آب قابل حل نیستند. بنابراین، وزن مخصوص مواد جامد خاک حاوی مواد خارجی مانند سیمان، آهک و مانند آن، مواد محلول در آب مانند کلرید سدیم و خاک‌های حاوی مواد با وزن مخصوص کمتر از یک، معمولاً نیاز به تصفیه خاصی دارند.

۳- قرائت ترازوها، اندازه جرم پیکنومتر و جرم نمونه برای به دست آوردن نتایج آزمایش با سه رقم تعیین می شوند.

وسایل آزمایش

- ✓ **پیکنومتر (حجم پیکنومتر باید ۲ تا ۳ برابر بیشتر از حجم مخلوط خاک-آب مورد استفاده در بخش هوازدایی آزمایش باشد.)**
- ✓ **دماسنج با دقت ۰.۰۱ درجه سانتی گراد**
- ✓ **ترازو با دقت ۰.۰۱ گرم**
- ✓ **آب مقطر**
- ✓ **دستگاه حذف هوای محبوس شده (پمپ خلا یا چراغ گاز بنسن)**
- ✓ **اون**
- ✓ **الک**
- ✓ **هاون**

شرح آزمایش:

ابتدا برای مشخص کردن G_s خاک یک محل، می توانید آزمایش دانه بندی یا هیدرومتری انجام دهید و نام خاک را مشخص کنید تا نمونه ای مطابق جدول زیر تهیه کنید.

Soil Type	Specimen Dry Mass (g) When Using 250 mL Pycnometer	Specimen Dry Mass (g) When Using 500 mL Pycnometer
SP, SP-SM	60 ± 10	100± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75± 10
Silt or Clay	35 ± 5	50± 10

روش B (روش خشک):

۱. نمونه را تا داخل اون قرار داده و در دمای ۱۱۰+-۵ درجه سانتی گراد خشک کنید. با استفاده از هاون کلوخه های خاک را بشکنید. اگر خاک پس از خشک شدن به راحتی پراکنده نمی شود یا ترکیب آن تغییر کرده است، از روش آزمایش A (روش تر) استفاده کنید.

۲. پیکنومتر تمیز و کاملا خشک برداشته و با استفاده از ترازو وزن کنید.
۳. مقداری خاک داخل پیکنومتر بریزید و وزن آن گرفته شود و وزن خاک را به دست می آوریم.(خاک تا جای ممکن به جداره ها برخورد نکند)
۴. آب مقطر را در پیکنومتر ریخته به نحوی که اولا حداقل تا روی خاک بالا بیاید و دوما به خط نشان پیکنومتر نرسد و سوما در صورتی که جداره ها خیس شد خشک گردد.
پیکنومتر را حداقل ۱۲ ساعت در این حالت قرار دهید تا مطمئن شوید خاک کاملا اشباع شده است.
۵. هوای محبوس شده در مخلوط را می توان با استفاده از حرارت (جوشاندن)، پمپ خلاء و صرفا تکان دادن پیکنومتر (خاک ماسه ای) خارج کرد.
۶. در روش فقط حرارتی (جوش دادن)، به مدت ۱۰ دقیقه نمونه را بجوشانید. مخلوط را در صورت لزوم هم بزنید تا از چسبیدن یا خشک شدن خاک به جداره ظرف جلوگیری شود.
۷. اگر فقط از پمپ خلاء استفاده می شود، پیکنومتر باید حداقل به مدت ۳۰ دقیقه تحت معرض پمپ خلا باشد.
۸. آب مقطر را به نمونه خاک در پیکنومتر ریخته تا سطح آب به خط نشان برسد، سپس وزن را بگیرید؛ لازم به ذکر است که این فرآیند به آرامی و دق زیاد انجام شده تا مجددا هوایی داخل خاک محبوس نشود.
۹. دماسنج را درون آب پیکنومتر قرار داده و دمای پیکنومتر را اندازه گرفته شود.
۱۰. حال پیکنومتر را خالی کرده و این بار صرفا آب تا خط نشان پیکنومتر بریزید و وزن و دما را اندازه بگیرید.

روش A (روش تر):

۱- نمونه خاک با رطوبت طبیعی را داخل پیکنومتر ریخته شود؛ در صورتی که خاک رس باشد بایستی قبل از ریختن آن در پیکنومتر کاملا آن را پراکنده کرد.
۲- هوای محبوس شده در مخلوط را می توان با استفاده از حرارت (جوشاندن)، پمپ خلاء و صرفا تکان دادن پیکنومتر (خاک ماسه ای) که در روش خشک توضیح داده شد، خارج کرد.
۳- مرحله پر کردن پیکنومتر با آب: با وارد کردن آب از طریق یک لوله انعطاف پذیر با قطر کوچک که انتهای خروجی آن درست در زیر سطح مخلوط در پیکنومتر قرار دارد.
۴- آب مقطر را به نمونه خاک در پیکنومتر ریخته تا سطح آب به خط نشان برسد، سپس وزن را بگیرید؛ لازم به ذکر است که این فرآیند به آرامی و دق زیاد انجام شده تا مجددا هوایی داخل خاک محبوس نشود.
۵- دماسنج را درون آب پیکنومتر قرار داده و دمای پیکنومتر را اندازه گرفته شود.
۶- حال خاک درون پیکنومتر را خارج کرده و در ظرف مناسبی ریخته شود.
۷- خاک خارج شده را آزمایش درصد رطوبت انجام شود تا وزن خشک خاک محاسبه گردد.
۸- حال پیکنومتر را خالی کرده و این بار صرفا آب تا خط نشان پیکنومتر بریزید و وزن و دما را اندازه بگیرید.

طریقه محاسبه G_s:

بعد از انجام آزمایش به یکی از دو روش شرح داده شده، G_s خاک **در دمای قرائت شده** از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$G_s = \frac{M_0}{M_0 + (M_a - M_b)}$$

در این رابطه:

M_0: وزن نمونه خشک شده در اون است که بر حسب گرم بیان می‌شود.

M_a: وزن پیکنومتر پر از آب مقطر در دمای قرائت شده است و بر حسب گرم بیان می‌شود.

M_b: وزن پیکنومتر پر از آب و خاک در دمای قرائت شده است و بر حسب گرم بیان می‌شود.

با توجه به اینکه مقدار G_s خاک در دماهای مختلف متغیر است لازم است G_s خاک در دمای استاندارد ۲۰ درجه سلسیوس به دست آید؛ به این منظور لازم است G_s به دست آمده از رابطه بالا، در ضریب اصلاحی K ضرب شده تا مقدار G_s در دمای ۲۰ درجه سلسیوس محاسبه گردد. لذا:

$$G_{s20} = KG_{sreading}$$

مطابق با استاندارد، مقادیر K در دماهای مختلف به شرح زیر است:

Temperature (°C)	Density (g/mL)[B]	Temperature Coefficient (*K*)	Temperature (°C)	Density (g/mL)[B]	Temperature Coefficient (*K*)	Temperature (°C)	Density (g/mL)[B]	Temperature Coefficient (*K*)	Temperature (°C)	Density (g/mL)[B]	Temperature Coefficient (*K*)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

[A]Reference: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993–1994.
[B]mL = cm^3.

به همین ترتیب می‌توان G_s خاک در دماهای دیگر را نیز به دست آورد؛ به این طریق که بعد از محاسبه G_s در دمای ۲۰ درجه، K دمای مدنظر را از جدول بالا به دست آورده و سپس از رابطه صفحه قبل استفاده خواهد شد.