



INSO
1686
1st. Revision
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۶۸۶
تجدیدنظر اول
۱۳۹۴

خاک - اندازه‌گیری وزن مخصوص ذرات
جامد به وسیله پیکنومتر آبی - روش آزمون

Soil - Specific Gravity of Solids by Water
Pycnometer – Test Method

ICS:93.020

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۰۲۶ (۳۲۸۰۶۰۳۱) - ۸

دورنگار: ۰۲۶ (۳۲۸۰۸۱۱۴)

ایمیل: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنهام رجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهایی ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضا یک کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته‌های مرتبط با آن رشتہ طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران‌چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته‌ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهایی ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرفکنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباریکند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباریکند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی‌سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها ناظر است. ترویج دستگاه بین‌المللی‌بکارها، واسنجی و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهایی ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« خاک - اندازه گیری وزن مخصوص ذرات جامد به وسیله پیکنومتر آبی - روش آزمون »

سمت و / یا محل اشتغال:

رئیس:

عضو هیئت علمی دانشگاه بیرجند

سیاری، محمد حسن

(دکترای شیمی - خاکشناسی)

دبیر:

معاون استاندارد سازی استاندارد استان خراسان جنوبی

مالکی بیرجندی، مهدی

(کارشناسی شیمی)

اعضا: (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

مدیر کنترل کیفیت آزمایشگاه همکار شرق آزمای کویر

احسانی، امین ...

(کارشناسی ارشد عمران)

مدیر کنترل کیفیت جامعه متخصصان کنترل کیفیت استان
خراسان جنوبی

اسلامی، سید احمد

(کارشناسی ارشد عمران)

رئیس اداره تایید صلاحیت استاندارد استان یزد

اکرم زاده، مجتبی

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

کارشناس صنایع کاشی نیلوفر ۲ و ۳

ساجد، امیر

(کارشناسی شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان خراسان جنوبی

شربتدار، مهدی

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند

علی‌آبادی، مجید

(دکترای شیمی تجزیه)

کارشناس صنایع کاشی نیلوفر ۲

کاظمی، وحیده

(کارشناسی شیمی)

معاون آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک خراسان جنوبی

مخلصی، جواد

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

مدیر شرکت خاور سازه شرق کویر

مالکی بیرجندی، علی

(کارشناسی عمران)

ویراستار:

رئيس اداره آموزش و تدوین استاندارد خراسان جنوبی

فرجی، احمد

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

فهرستمندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول کلی
۴	۵ وسائل
۶	۶ مواد و/یا واکنشگرها
۶	۷ آزمونه
۶	۸ واسنجی پیکنومتر
۸	۹ روش اجرای آزمون
۱۳	۱۰ روش محاسبه
۱۴	۱۱ گزارش آزمون
۱۷	۱۲ دقت و اریبی

پیش‌گفتار

استاندارد «خاک - اندازه‌گیری وزن مخصوص ذرات جامد به وسیله پیکنومتر آبی - روش آزمون» که نخستین بار در سال ۱۳۵۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در شش صد بیست و هشتمنی اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۴/۱۱/۲۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ایمیلی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ایمیلی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادیکه برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردنظر قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۶: سال ۱۳۵۵ می‌شود.

منبع و مأخذی (منابع و مأخذی) که برای تهییه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D854:2014, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

خاک - اندازه‌گیری وزن مخصوص ذرات جامد به وسیله پیکنومتر آبی - روش آزمون

هشدار - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ذرات جامد خاک به وسیله پیکنومتر آبی^۱ است.

این استاندارد برای ذرات جامد خاک عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴) کاربرد دارد.

این استاندارد برای ذرات جامد خاک باقیمانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر کاربرد ندارد.

یادآوری ۱- ذرات جامد خاک باقیمانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۲ آزمون شوند.

این استاندارد برای خاکی که محتوی ذراتی است که طی مراحل آزمون مشخص شده در این استاندارد دچار تغییر می‌شوند، یا آلوده به موادی است که در این استاندارد منع شده‌اند، یا حاوی مقدار زیادی از ذرات آلی از قبیل الیاف شناور بر روی آب هستند، کاربرد ندارد.

یادآوری ۲- برای اندازه‌گیری وزن مخصوص خاک، ذرات جامدی که به آسانی در آب حل شده یا روی آب شناور می‌شوند، یا در مواردی که استفاده از آب امکان‌پذیر نیست، می‌توان مطابق استاندارد **ASTM D5550** آزمون نمود.

در این استاندارد دو روش برای اندازه‌گیری وزن مخصوص مشخص شده است. به جز در مورد انواع خاک‌هایی که در بند ۴-۱ مشخص شده، توصیه می‌شود روش آزمون توسط مشتری مشخص می‌شود.

۲ مراجع الزامی^۲

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

1 - Water pycnometer

2 - Normative references

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۵۵، الکهای آزمون- تور فلزی، صفحه فلزی مشبک و ورق الکتروفرمی- اندازه اسمی چشمehا
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۲، روش آزمون تعیین وزن مخصوص انبوهی و جذب آب سنگدانه های درشت
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۲۸، خاک- روش آماده سازی نمونه های تر و خشک خاک برای دانه بندی و تعیین ثابت های خاکی- آبین کار
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳، خاک - تعیین درصد رطوبت - روش آزمون

- 2-5 ASTM D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- 2-6 ASTM D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or
- 2-7 Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and onstruction
- 2-8 ASTM D4753 Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Scales for Use in Soil, Rock, and Related Construction Materials Testing
- 2-9 ASTM D5550 Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Gas Pycnometer
- 2-10 ASTM D6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data
- 2-11 ASTM E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
- 2-12 ASTM E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D653، اصطلاح و تعریف زیر نیز به کار می رود:

۱-۳

وزن مخصوص ذرات جامد خاک

G_s نسبت جرم واحد حجم ذرات جامد خاک به جرم همان حجم از آب مقطر بدون هوا در دمای ۲۰ درجه سیلسیوس.

۴ اصول کلی

در این استاندارد دو روش برای اندازه‌گیری وزن مخصوص مشخص شده است.

۱-۴ روش الف

این روش برای آزمونهای مرطوب کاربرد دارد، که در بند ۲-۹ شرح داده شده است. این روش بر روش ب ارجحیت دارد. برای خاک‌های آلی، خاک‌های ریزدانه با خاصیت خمیری بالا، خاک‌های ریزدانه، خاک‌های مناطق گرمسیری (استوایی) و خاک‌های حاوی گل هالوسیت^۱ باید از این روش (الف) استفاده شود.

۲-۴ روش ب

این روش برای آزمونهای خشک شده در گرمخانه کاربرد دارد، که در بند ۳-۹ شرح داده شده است.

۳-۴ همه مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده باید با ارقام معنادار و راهنمای گرد کردن که در استاندارد ASTM D6026 مشخص شده، مطابقت داشته باشد.

۱-۳-۴ روش استفاده شده در این استاندارد برای مشخص کردن چگونگی جمع آوری، ثبت و محاسبه داده‌ها به عنوان استاندارد صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، این ارقام معرف ارقام معناداری است که معمولاً باید نگهداشته شود. روش اجرایی مورد استفاده، تنوع مواد، هدف از به دست آوردن داده‌ها، مطالعات با اهداف خاص یا لحاظ نمودن اهداف کاربر را در نظر نمی‌گیرد و آیین کار عادی برای کاهش و یا افزایش ارقام معنادار داده‌های گزارش شده، متناسب با این ملاحظات است. بررسی اعداد معنادار مورذ استفاده در روش‌های تجزیه برای طراحی مهندسی خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است.

۴-۴ وزن مخصوص ذرات جامد خاک در محاسبات روابط بین فازی خاک از قبیل نسبت تخلخل و درجه اشباع استفاده می‌شود.

۱-۴-۴ وزن مخصوص ذرات جامد خاک برای محاسبه چگالی ذرات خاک استفاده می‌شود که از ضرب کردن وزن مخصوص آن در دانسیته آب (در دمای مناسب) به دست می‌آید.

۵-۴ اصطلاح ذرات خاک معمولاً برای ذرات مواد معدنی طبیعی یا ذرات مشابه خاکی که به آسانی در آب حل نمی‌شوند، استفاده می‌شود. بنابراین، وزن مخصوص ذرات خاک حاوی مواد خارجی، از قبیل سیمان، آهک و امثال آن، مواد محلول در آب، هم چون نمک (سدیم کلراید) و خاک‌هایی حاوی موادی با وزن مخصوص کمتر از یک، معمولاً به آماده‌سازی خاص (یادآوری ۱ را ببینید) یا تعریف مشروطی از وزن مخصوص آنها، نیازمند است.

۶-۴ ترازو، اندازه پیکنومتر و جرم آزمونه ها طوری انتخاب می‌شوند که نتایج آزمون با سه رقم معنادار به دست آید.

یادآوری- کیفیت نتیجه حاصل از این استاندارد، به صلاحیت کارشناسان اجرایی آن، و مناسب بودن امکانات و تجهیزات استفاده شده بستگی دارد. سازمان‌هایی که معیارهای استاندارد **ASTM D3740** را برآورده می‌کنند قابلیت و مهارت و توانایی آزمون/ نمونه برداری/ بازرگی/ غیره دارا می‌باشند. به کاربران این استاندارد هشدار داده می‌شود که انطباق با استاندارد **ASTM D3740** به خودی خود، به نتایج اعتبار نمی‌بخشد. اعتبار نتایج به عوامل زیادی بستگی دارد. استاندارد **ASTM D3740** برخی از این عوامل ارزیابی را تعیین می‌کند.

۵ وسایل

۱-۵ پیکنومتر، پیکنومتر آبی باید یکی از انواع بالن درب‌دار، بالن یُدی درب‌دار یا بالن حجم‌سنجدی با گنجایش حداقل 250 ml باشد. حجم پیکنومتر باید (۲ تا ۳) مرتبه بزرگ‌تر از حجم مخلوط آب - خاک مورد استفاده در طی فرآیند هوازدایی آزمون باشد.

۱-۱-۵ بالن درب‌دار به صورت مکانیکی حجم را تنظیم می‌کند. بالن یُدی درب‌دار دارای حلقه قیفی شکل است که اجازه قرار گرفتن درب به صورت زاویه دار در طول فرایند تعادل دمایی را فراهم می‌نماید و هنگام قرار دادن درب، مانع ریختن آب روی دیواره بالن می‌شود. خیس شدن جداره بیرونی بالن مطلوب نیست، زیرا باعث ایجاد تغییر در تعادل دمایی می‌شود. هنگام استفاده بالن درب‌دار، مطمئن شوید که درب آن با بالن مربوطه برچسب‌گذاری یا علامت گذاری شده‌اند.

۲-۵ ترازو، مطابق با استاندارد **ASTM D4753** با تقریب $1\text{ g} \pm 0.1\text{ g}$ باشد. در صورت استفاده از پیکنومترهای 250 ml میلی‌لیتری، باید از ترازوئی با حداقل ظرفیت 500 g گرم و در صورت استفاده از پیکنومترهای 500 ml ، از ترازویی با حداقل ظرفیت 1000 g استفاده نمایید.

۳-۵ گرم‌خانه، با قابلیت تنظیم دما، حفظ و نگهداری دما $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$) که به صورت یکنواخت تامین نماید. این الزامات معمولاً با استفاده از گرم‌خانه‌ای با گردش هوا تامین می‌گردد.

۴-۵ وسایل اندازه‌گیری دما، توانایی اندازه‌گیری دما در محدوده آزمون، با زینه 10°C و حداقل خطای مجاز 0.5°C را دارا باشد. باید امکان غوطه‌وری در محلول‌های واسنجی^۱ از عمق 25 ml تا 80 ml را داشته باشد. از دماسنجهای با غوطه‌وری کامل نباید استفاده کرد. برای اطمینان از درستی وسایل اندازه‌گیری دما، باید آن را با مقایسه با وسایل سنجش دمای قابل ردیابی NIST واسنجی نمود. واسنجی باید شامل حداقل یک قرائت دمایی در محدوده آزمون باشد. دماسنجه باید هر ۱۲ ماه یک بار واسنجی شود.

۵-۵ خشکانه^۱، یا محفظه مناسب با اندازه مطلوب حاوی رطوبت‌گیر مناسب مانند سلیکاژل یا کلسیم سولفات.

یادآوری ۱- یشنهد می‌شود از رطوبت‌گیری استفاده شود که هنگام نیاز به بازیابی، تغییر رنگ دهد.

۶-۵ تجهیزات حذف هوای محبوس شده، برای هوازدایی یکی از روش‌های زیر را اجرا کنید:

۶-۶ صفحه داغ^۲ یا چراغ بونزن، با قابلیت دمای مناسب برای جوشاندن آب؛

۶-۷ سامانه خلاء، پمپ خلا یا مکنده آب، با توانایی ایجاد خلا جزئی ۱۰۰ میلی متر جیوه (Hg) یا فشار کمتر از مطلق.

یادآوری ۲- خلا جزئی ۱۰۰ میلی متر جیوه، فشار مطلق معادل تقریباً فشار ۶۶۰ میلی متر جیوه خوانده شده از فشارسنج خلا در سطح دریا است.

۷-۵ محفظه عایق‌دار، محفظه‌ای درب‌دار از جنس پلی استایرن و یا محفظه‌ای معادل آن که بتوان بین سه تا شش پیکنومتر به همراه بشر (یا بطری) حاوی آب هوازدایی شده و دماسنجد را در آن قرار داد. این محفظه برای نگهداری محیط دمای کنترل شده که تغییرات دمایی آن باید یکنواخت و تدریجی باشد، الزامی است.

۸-۵ قیف، با سطح صاف و غیر خورنده، با لوله‌ای که تا بعد از خط نشانه بالن حجم‌سنجی یا درپوش آب‌بند بالن‌های درب‌دار امتداد داشته باشد. قطر لوله قیف باید به اندازه کافی بزرگ باشد که ذرات جامد خاک به راحتی از آن عبور کند.

۹-۵ لوله پرکن پیکنومتر با منافذ جانبی تخلیه هوا (اختیاری)، یک وسیله‌ای که به اضافه کردن آب هوازدایی شده به پیکنومتر، بدون ایجاد تلاطم در مخلوط آب - خاک کمک می‌کند. این ابزار به شرح ذیل باید ساخته شود:

یک انتهای لوله پلاستیکی با قطر ۶ml تا ۱۰ml را مسدود کنید و دو خروجی^۳ کوچک دقیقاً در بالای محل انسداد ایجاد کنید. توصیه می‌شود منافذ، عمود بر محور لوله و در مقابل یکدیگر باشند. انتهای دیگر لوله را به یک شیر وصل کنید. شیر باید به یک منبع تامین آب هوازدایی شده متصل باشد.

۱۰-۵ الک، با اندازه ۴,۷۵ میلی متر (شماره ۴)، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۵

۱۱-۵ مخلوط کن (اختیاری)، مجهر به تیغه‌هایی (پره‌ها) که در کف ظرف مخلوط کن قرار گرفته‌اند.

1 - Desiccator

2 -Hot Plate

3- vent

۱۲-۵ تجهیزات متفرقه، از قبیل رایانه یا ماشین حساب (اختیاری)، سینی آزمونه، دستکش مناسب.

۶ مواد و/یا واکنشگرها

۱-۶ آب، در این استاندارد از آب مقطر استفاده می‌شود.

۷ آزمونه

۱-۷ آزمونه می‌تواند خاک مرطوب یا خشک شده در گرمخانه باشد و باید نماینده کل ذرات جامد خاک عبوری از الک ۴/۷۵ (شماره ۴) باشد. توصیه جهت تعیین جرم خاک خشک با توجه به نوع خاک و اندازه پیکنومتر در جدول ۱ ارائه شده است.

۱-۱-۷ دو عامل مهم در خصوص مقدار ذرات جامد خاک مورد آزمون به شرح زیر است:

۱- حاصل تقسیم جرم ذرات خاک بر وزن مخصوص آن چهار رقم معنادار خواهد داشت.

۲- در طی فرآیند هوازدایی، مخلوط ذرات جامد خاک و آب، دوغاب است و سیالی با گرانزویی بالا نیست (رنگ تیره).

جدول ۱- جرم توصیه شده برای آزمون

جرم خشک آزمونه وقتی از پیکنومتر ۵۰۰ میلی لیتری استفاده می‌شود (گرم)	جرم خشک آزمونه وقتی از پیکنومتر ۲۵۰ میلی لیتری استفاده می‌شود (گرم)	نوع خاک
۱۰۰±۱۰	۶۰±۱۰	SP, SP-SM
۷۵±۱۰	۴۵±۱۰	SP-SC, SM, SC
۵۰±۱۰	۳۵±۵	گل یا ماسه

۸ واسنجی پیکنومتر

۱-۸ جرم پیکنومتر خشک و تمیز را با درستی $1g/0\%$ (معمولتاً پنج رقم معنادار) اندازه‌گیری نمایید. این اندازه‌گیری را پنج مرتبه تکرار کنید. برای تمام اندازه‌گیری‌های جرم، از یک ترازو استفاده کنید. میانگین و انحراف استاندارد را محاسبه کرده و یادداشت کنید. انحراف استاندارد باید کمتر یا مساوی $2g/0\%$ باشد. اگر انحراف استاندارد بزرگ‌تر بود، تعداد اندازه‌گیری‌ها را افزایش دهید، یا از ترازوی دقیق‌تر یا پایدارتر (کم نوسان‌تر) استفاده کنید.

۲-۸ پیکنومتر را با آب هوازدایی شده تا بالا یا زیر خط نشانه پر کنید. این عمل بسته به نوع پیکنومتر و اولویت آزمایشگاه در افرودن یا کم کردن آب انتخاب می‌شود.

۳-۱ توصیه می‌شود آب را تا رسیدن سطح آن به خط واسنجی خالی کنید. روش تخلیه آب، احتمال تغییر تعادل دمایی را کاهش می‌دهد که به دلیل کاهش تعداد دفعات باز شدن درب محفظه عایق است.

۳-۲ آب باید هوازدایی شود تا مطمئن شوید حباب هوایی در آب وجود ندارد. هوازدایی آب را می‌توان با جوشاندن، ایجاد خلا، ترکیب خلا و حرارت، یا وسایل هوازدایی انجام داد. آب هوازدایی شده را تا زمانی که با دمای محیط به تعادل نرسیده، نمی‌توان استفاده کرد. همچنین آب باید مطابق بند ۶-۹ به پیکنومتر اضافه شود.

۳-۳ حداکثر شش پیکنومتر در هر محفظه عایق می‌تواند واسنجی شود. پیکنومتر(ها) به همراه دماسنجد (یا قسمت حسگر وسایل دما)، بشر (یا بطری) آب هوازدایی شده، درب پیکنومتر (در صورت استفاده از پیکنومتر درب‌دار)، پی‌پت یا قطره چکان را داخل محفظه عایق قرار دهید. اجازه دهید تا پیکنومتر(ها) به تعادل دمایی برسند (برای حداقل سه ساعت). تعادل دمایی باید در محدوده 4°C دمای اتاق و بین 15°C و 30°C باشد.

۴-۱ محفظه عایق را به نزدیک ترازو انتقال دهید یا از ترازوی نزدیک محفظه عایق استفاده کنید. محفظه را باز کرده و یک پیکنومتر را خارج کنید. فقط لبه پیکنومتر باید لمس شود تا از تغییر در تعادل دمایی در اثر حرارت دست جلوگیری شود. جهت تنظیم سطح آب، درون محفظه کار کرده یا پیکنومتر را روی بلوك عایق (پلی استایرن) قرار دهید.

۴-۲ اگر از بالن حجم‌سنجی به عنوان پیکنومتر استفاده می‌کنید، دقیقاً آن را تا خط نشانه، به طوری که سطح هلالی (مقعر) آب کاملاً بر خط نشانه منطبق شود، از آب پر کنید. اگر می‌خواهید آب اضافه کنید، از آبی که داخل محفظه عایق به تعادل دمای رسیده، استفاده کنید. اگر آب باید خالی شود، از یک قطره چکان برای مکش یا از دستمال کاغذی استفاده کنید. قطرات آب را از گلوبی پیکنومتر یا بدنه بیرونی بالن، حذف نمایید. جرم پیکنومتر و آب را با تقریب 1 g $\pm 0.1\text{ g}$ اندازه‌گیری کنید.

۴-۳ اگر از بالن درب‌دار استفاده می‌کنید، آب را طوری تنظیم کنید تا هنگام بستن درب، زیر آن هوا محبوس نشود. اگر آب باید اضافه شود، از آبی که داخل محفظه عایق به تعادل دمای رسیده، استفاده کنید. سپس درب بالن را ببندید. اگر آب باید خارج شود، قبل یا بعد از گذاشتن درب، از قطره چکان استفاده کنید. لبه را با استفاده از دستمال کاغذی خشک کنید. مطمئن شوید که سطح خارجی بالن خشک است. جرم پیکنومتر و آب را با تقریب 1 g $\pm 0.1\text{ g}$ اندازه‌گیری کرده و ثبت کنید.

۵-۸ دمای آبی که در محفظه عایق به تعادل رسیده، با استفاده از دماسنجد با تقریب 1°C ، اندازه‌گیری کرده و ثبت کنید. دماسنجد را تا عمق مناسبی فروبری نمایید (بند ۵-۴ را ببینید). پیکنومتر را به محفظه عایق دار برگردانید. اندازه‌گیری را برای تمام پیکنومترهای داخل محفظه عایق دار تکرار کنید.

۶-۸ سطح آب هر پیکنومتر را تا خط واسنجی تنظیم کنید. در صورت نیاز پیکنومتر را خالی کرده یا تا خط واسنجی پر کنید. اجازه دهید پیکنومترها به تعادل دمایی برسند (برای حداقل سه ساعت). سطح آب را تا خط واسنجی با برداشتن یا پر کردن پیکنومتر با آبی که داخل محفظه عایق به تعادل دمای رسیده، تا خط واسنجی تنظیم کنید. جرم و دمای پیکنومتر را اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید.

۷-۸ فرآیند شرح داده شده در بند ۶-۸ را تکرار کنید تا ۵ اندازه‌گیری مستقل برای جرم پیکنومتر پرشده و قرائت‌های دما، به دست آید. لازم نیست دماها در یک محدوده دمایی مشخص قرار داشته باشد.

۷-۸ با استفاده از هر یک از این پنج داده، حجم واسنجی شده هر یک از پیکنومترها، V_p ، را از معادله زیر محاسبه نمائید:

$$V_p = \frac{(M_{pw,c} - M_p)}{\rho_{w,c}} \quad (1)$$

که در آن :

جرم پیکنومتر و آب در دمای واسنجی، بر حسب گرم؛ $M_{pw,c}$

میانگین جرم پیکنومتر خشک در دمای واسنجی، بر حسب گرم؛ M_p

حجم آب در دمای واسنجی، بر حسب ml/g (جدول ۲).

۸-۸ میانگین و انحراف استاندارد پنج حجم پیکنومتر را محاسبه کنید. انحراف استاندارد باید کوچک‌تر یا مساوی 0.05 ml باشد (تا دو رقم بعد از اعشار گرد کنید). اگر انحراف استاندارد بزرگ‌تر از 0.05 ml باشد. فرآیند واسنجی دارای تغییرات زیادی بوده که اندازه‌گیری دقیق وزن مخصوص، میسر نخواهد شد. شرایط بهینه‌سازی احتمالی (تنظیم حجم تا واسنجی، رسیدن به دمای تعادل، اندازه‌گیری دما، روش هوازدایی یا تغییر بالن درب دار) را ارزیابی کرده و فرآیند را اصلاح کنید، تا انحراف استاندارد کوچک‌تر یا مساوی 0.05 ml شود.

۹ روش اجرای آزمون

۹-۹ جرم پیکنومتر را با استفاده از همان ترازویی که پیکنومتر با آن واسنجی شده، اندازه‌گیری نمایید. برای این که جرم پیکنومتر در محدوده 0.06 g از میانگین جرم واسنجی آن است صحه‌گذاری نمایید. در غیر این صورت، جرم خشک پیکنومتر را دوباره واسنجی نمایید.

۲-۹ روش الف

برای آزمونهای مرطوب استفاده می‌شود.

۱-۲-۹ مقدار رطوبت نمونه را مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳ اندازه‌گیری کنید. با استفاده از اندازه‌گیری مقدار رطوبت، محدوده جرم لازم برای اندازه‌گیری وزن مخصوص را مطابق بند ۱-۷ محاسبه کنید. یک آزمونه در این محدوده تهیه نمایید. برای رسیدن به جرم دقیق از پیش تعیین شده، نمونه‌گیری نکنید.

۲-۲-۹ برای پراکنده کردن ذرات خاک حدود ۱۰۰ ml آب را به ظرف مخلوط کن یا دستگاه مشابه منتقل نمایید. خاک را اضافه کرده و مخلوط کنید. برای تهیه حداقل حجم دوغابی که بتواند با این تجهیزات آماده شود، معمولاً نیاز هست که از یک پیکنومتر ۵۰۰ ml استفاده نمایید.

۳-۲-۹ با استفاده از قیف، دوغاب را به درون پیکنومتر منتقل نمایید. ذرات خاک باقی مانده روی قیف را با آبغشان به درون پیکنومتر منتقل نمایید.

۴-۲-۹ مطابق مواردی که در بند ۴-۹ شرح داده شده، عمل کنید.

۳-۹ روش ب

این روش برای آزمونهای خشک شده در گرمخانه استفاده می‌شود.

۱-۳-۹ آزمونه را تا رسیدن به جرم ثابت در دمای $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ خشک کنید. کلوخه‌های خاک را با استفاده از هاون خرد کنید. اگر خاک پس از خشک شدن به راحتی خرد نشود یا ترکیب آن تغییر کنده، از روش الف استفاده کنید. برای خاک‌هایی که نیاز به استفاده از روش الف است، به بند ۱-۲-۱ مراجعه کنید.

۲-۳-۹ قیف را داخل پیکنومتر قرار دهید. لوله قیف باید از خط واسنجی یا حلقه آب‌بندی عبور کند. با قاشق، ذرات جامد خاک را مستقیماً به درون قیف بریزید. ذرات خاک باقیمانده روی قیف را با استفاده از آبغشان به داخل پیکنومتر بشویید.

۴-۹ آماده سازی دوغاب خاک

آب را اضافه نموده تا سطح آب در ارتفاع $\frac{1}{2} \text{ تا } \frac{1}{3}$ پیکنومتر قرار گیرد. تکان داده تا دوغاب شکل بگیرد. تمام خاک چسبیده شده به بدنه پیکنومتر را به داخل دوغاب بشویید.

۱-۴-۹ اگر خمیر چسبناک با گرانروی بالا تشکیل شد و دوغاب تشکیل نشد، از یک پیکنومتر با حجم بزرگ‌تر استفاده کنید (بند ۱-۱-۷ را ببینید).

یادآوری- برای برخی از خاک‌ها حاوی مقدار قابل توجه‌ای مواد آلی، نفت سفید عامل ترکننده بهتری نسبت به آب است و ممکن است به جای آب مقطر برای آزمونهای خشک شده در گرم‌خانه استفاده شود. در صورت استفاده از نفت سفید، هوا را محبوس شده باید با خلا خارج شود. نفت سفید مایع قابل اشتعالی است که باید با احتیاط زیادی از آن استفاده شود.

۵-۹ هوازدایی دوغاب خاک، هوا را محبوس در خاک می‌تواند با استفاده از حرارت (جوشاندن)، خلا یا ترکیب حرارت و خلا خارج شود.

۵-۱۰ هنگامی که از روش حرارت دادن (جوشاندن) به تنها یک استفاده می‌شود، پس از جوش آمدن کامل دوغاب، حرارت دادن حداقل دو ساعت ادامه پیدا کند. حرارت فقط باید با اندازه‌ای باشد تا دوغاب در حالت جوش باقی بماند. در صورت لزوم دوغاب را تکان دهید تا از چسبیدن و یا خشک شدن خاک به سطح شیشه بالای دوغاب جلوگیری شود.

۵-۱۱ اگر فقط از خلا استفاده می‌کنید، پیکنومتر باید حداقل ۲ ساعت به صورت پیوسته تکان داده شود. تکان دادن پیوسته به این معنی است که ذرات جامد گل‌الای و خاک رس معلق خواهد ماند و دوغاب در حرکت ثابت است. خلا باید نسبتاً ثابت باقی بماند و به اندازه‌ای باشد که در همان ابتدای فرآیند هوازدایی باعث تشکیل حباب شود.

۵-۱۲ اگر از ترکیب حرارت و خلا استفاده می‌شود، در هنگام اعمال خلا، پیکنومتر می‌تواند در حمام آب گرم (کمتر از 40°C) قرار داده شود. سطح آب در حمام آب گرم باید کمی پایین‌تر از سطح آب داخل پیکنومتر باشد. اگر شیشه پیکنومتر داغ شود، به طور معمول، خاک بر روی شیشه چسبیده یا خشک خواهد شد. خلا و حرارت باید حداقل تا یک ساعت پس از شروع جوشش ادامه یابد. در صورت لزوم، در طی فرآیند، برای حفظ جوشش و جلوگیری از خشک شدن خاک درون پیکنومتر، دوغاب باید تکان داده شود.

۶-۹ پرکردن پیکنومتر با آب

پیکنومتر را با استفاده از یک تکه لوله کوچک قابل انعطاف که انتهای آن در زیر سطح دوغاب پیکنومتر وارد شده یا با استفاده از لوله پرکن پیکنومتر، با آب هوازدایی شده (بند ۲-۸ را ببینید) پرکنید. اگر از لوله پرکن پیکنومتر استفاده می‌کنید، لوله را پر از آب کرده و شیر آن را ببندید. لوله را به نحوی روی سطح دوغاب قرار گیرد تا شکاف یا سوراخ آن روی سطح دوغاب قرار گیرد. شیر را به آرامی بازکنید و اجازه دهید تا آب روی سطح دوغاب جریان یابد. همان طور که لایه‌های شفاف آب بالا می‌آمد، لوله را بالا بکشید و نرخ جریان را افزایش دهید. اگر آب افزوده شده کدر شد، حداقل تا نشان واسنجی یا ناحیه آبندی آب اضافه کنید. آب باقی مانده را روز بعد اضافه کنید.

۶-۱۰ اگر از بالن یدی درب‌دار استفاده می‌کنید، بالن را پر کنید، به طوری که انتهای درب در آب قرار گیرد. سپس درب را به صورت زاویه‌دار روی حلقه قیفی شکل قرار دهید تا از محبوس شدن هوا زیر درب جلوگیری شود. اگر از بالن حجم‌سنجدی یا بالن درب‌دار استفاده می‌کنید، بسته به اولویت آزمایشگاه، بالن را تا بالاتر یا پایین‌تر از نشان واسنجی پر کنید.

جدول ۲- چگالی آب و ضریب دما (K) برای دماهای مختلف^{a,b}

ضریب دما K	چگالی g/ml	دما °C	ضریب دما K	چگالی g/ml	دما °C	ضریب دما K	چگالی g/ml	دما °C	ضریب دما K	چگالی (g/ml) ^c	دما °C
۱,۰۰۰۳۹	-۰,۹۹۸۶۰	۱۸,۰	۱,۰۰۰۵۷	-۰,۹۹۸۷۸	۱۷,۰	۱,۰۰۰۷۴	-۰,۹۹۸۹۵	۱۶,۰	۱,۰۰۰۹۰	-۰,۹۹۹۱۰	۱۵,۰
۱,۰۰۰۳۷	-۰,۹۹۸۵۸	۱۸,۱	۱,۰۰۰۵۵	-۰,۹۹۸۷۶	۱۷,۱	۱,۰۰۰۷۲	-۰,۹۹۸۹۳	۱۶,۱	۱,۰۰۰۸۸	-۰,۹۹۹۰۹	۱۵,۱
۱,۰۰۰۳۵	-۰,۹۹۸۵۶	۱۸,۲	۱,۰۰۰۵۴	-۰,۹۹۸۷۴	۱۷,۲	۱,۰۰۰۷۱	-۰,۹۹۸۹۱	۱۶,۲	۱,۰۰۰۸۷	-۰,۹۹۹۰۷	۱۵,۲
۱,۰۰۰۳۴	-۰,۹۹۸۵۲	۱۸,۳	۱,۰۰۰۵۲	-۰,۹۹۸۷۲	۱۷,۳	۱,۰۰۰۶۹	-۰,۹۹۸۹۰	۱۶,۳	۱,۰۰۰۸۵	-۰,۹۹۹۰۶	۱۵,۳
۱,۰۰۰۳۲	-۰,۹۹۸۵۲	۱۸,۴	۱,۰۰۰۵۰	-۰,۹۹۸۷۱	۱۷,۴	۱,۰۰۰۶۷	-۰,۹۹۸۸۸	۱۶,۴	۱,۰۰۰۸۴	-۰,۹۹۹۰۴	۱۵,۴
۱,۰۰۰۳۰	-۰,۹۹۸۵۰	۱۸,۵	۱,۰۰۰۴۸	-۰,۹۹۸۶۹	۱۷,۵	۱,۰۰۰۶۶	-۰,۹۹۸۸۶	۱۶,۵	۱,۰۰۰۸۲	-۰,۹۹۹۰۲	۱۵,۵
۱,۰۰۰۲۸	-۰,۹۹۸۴۸	۱۸,۶	۱,۰۰۰۴۷	-۰,۹۹۸۶۷	۱۷,۶	۱,۰۰۰۶۴	-۰,۹۹۸۸۵	۱۶,۶	۱,۰۰۰۸۰	-۰,۹۹۹۰۱	۱۵,۶
۱,۰۰۰۲۶	-۰,۹۹۸۴۷	۱۸,۷	۱,۰۰۰۴۵	-۰,۹۹۸۶۵	۱۷,۷	۱,۰۰۰۶۲	-۰,۹۹۸۸۳	۱۶,۷	۱,۰۰۰۷۹	-۰,۹۹۸۹۹	۱۵,۷
۱,۰۰۰۲۴	-۰,۹۹۸۴۵	۱۸,۸	۱,۰۰۰۴۳	-۰,۹۹۸۶۳	۱۷,۸	۱,۰۰۰۶۱	-۰,۹۹۸۸۱	۱۶,۸	۱,۰۰۰۷۷	-۰,۹۹۸۹۸	۱۵,۸
۱,۰۰۰۲۲	-۰,۹۹۸۴۳	۱۸,۹	۱,۰۰۰۴۱	-۰,۹۹۸۶۲	۱۷,۹	۱,۰۰۰۵۹	-۰,۹۹۸۷۹	۱۶,۹	۱,۰۰۰۷۶	-۰,۹۹۸۹۶	۱۵,۹
-۰,۹۹۹۵۷	-۰,۹۹۷۷۷	۲۲,۰	-۰,۹۹۹۷۹	-۰,۹۹۷۹۹	۲۱,۰	۱,۰۰۰۰	-۰,۹۹۸۲۱	۲۰,۰	۱,۰۰۰۲۰	-۰,۹۹۸۴۱	۱۹,۰
-۰,۹۹۹۵۴	-۰,۹۹۷۷۵	۲۲,۱	-۰,۹۹۹۷۷	-۰,۹۹۷۹۷	۲۱,۱	-۰,۹۹۹۹۸	-۰,۹۹۸۱۹	۲۰,۱	۱,۰۰۰۱۸	-۰,۹۹۸۳۹	۱۹,۱
-۰,۹۹۹۵۲	-۰,۹۹۷۷۳	۲۲,۲	-۰,۹۹۹۷۴	-۰,۹۹۷۹۵	۲۱,۲	-۰,۹۹۹۹۶	-۰,۹۹۸۱۶	۲۰,۲	۱,۰۰۰۱۶	-۰,۹۹۸۳۷	۱۹,۲
-۰,۹۹۹۵۰	-۰,۹۹۷۷۰	۲۲,۳	-۰,۹۹۹۷۲	-۰,۹۹۷۹۳	۲۱,۳	-۰,۹۹۹۹۴	-۰,۹۹۸۱۴	۲۰,۳	۱,۰۰۰۱۴	-۰,۹۹۸۳۵	۱۹,۳
-۰,۹۹۹۴۷	-۰,۹۹۷۶۸	۲۲,۴	-۰,۹۹۹۷۰	-۰,۹۹۷۹۱	۲۱,۴	-۰,۹۹۹۹۲	-۰,۹۹۸۱۲	۲۰,۴	۱,۰۰۰۱۲	-۰,۹۹۸۳۳	۱۹,۴
-۰,۹۹۹۴۵	-۰,۹۹۷۶۶	۲۲,۵	-۰,۹۹۹۶۸	-۰,۹۹۷۸۹	۲۱,۵	-۰,۹۹۹۹۰	-۰,۹۹۸۱۰	۲۰,۵	۱,۰۰۰۱۰	-۰,۹۹۸۳۱	۱۹,۵
-۰,۹۹۹۴۳	-۰,۹۹۷۶۴	۲۲,۶	-۰,۹۹۹۶۶	-۰,۹۹۷۸۶	۲۱,۶	-۰,۹۹۹۸۷	-۰,۹۹۸۰۸	۲۰,۶	۱,۰۰۰۰۸	-۰,۹۹۸۲۹	۱۹,۶
-۰,۹۹۹۴۰	-۰,۹۹۷۶۱	۲۲,۷	-۰,۹۹۹۶۳	-۰,۹۹۷۸۴	۲۱,۷	-۰,۹۹۹۸۵	-۰,۹۹۸۰۶	۲۰,۷	۱,۰۰۰۰۶	-۰,۹۹۸۲۷	۱۹,۷
-۰,۹۹۹۳۸	-۰,۹۹۷۵۹	۲۲,۸	-۰,۹۹۹۶۱	-۰,۹۹۷۸۲	۲۱,۸	-۰,۹۹۹۸۳	-۰,۹۹۸۰۴	۲۰,۸	۱,۰۰۰۰۴	-۰,۹۹۸۲۵	۱۹,۸
-۰,۹۹۹۳۶	-۰,۹۹۷۵۶	۲۲,۹	-۰,۹۹۹۵۹	-۰,۹۹۷۸۰	۲۱,۹	-۰,۹۹۹۸۱	-۰,۹۹۸۰۲	۲۰,۹	۱,۰۰۰۰۲	-۰,۹۹۸۲۳	۱۹,۹
-۰,۹۹۸۵۸	-۰,۹۹۶۷۹	۲۶,۰	-۰,۹۹۸۸۴	-۰,۹۹۷۰۵	۲۵,۰	-۰,۹۹۹۰۹	-۰,۹۹۷۳۰	۲۴,۰	-۰,۹۹۹۳۳	-۰,۹۹۷۵۴	۲۳,۰
-۰,۹۹۸۵۵	-۰,۹۹۶۷۶	۲۶,۱	-۰,۹۹۸۸۱	-۰,۹۹۷۰۲	۲۵,۱	-۰,۹۹۹۰۷	-۰,۹۹۷۲۷	۲۴,۱	-۰,۹۹۹۳۱	-۰,۹۹۷۵۲	۲۳,۱
-۰,۹۹۸۵۲	-۰,۹۹۶۷۳	۲۶,۲	-۰,۹۹۸۷۹	-۰,۹۹۷۰۰	۲۵,۲	-۰,۹۹۹۰۴	-۰,۹۹۷۲۵	۲۴,۲	-۰,۹۹۹۲۹	-۰,۹۹۷۴۹	۲۳,۲
-۰,۹۹۸۵۰	-۰,۹۹۶۷۱	۲۶,۳	-۰,۹۹۸۷۶	-۰,۹۹۶۹۷	۲۵,۳	-۰,۹۹۹۰۲	-۰,۹۹۷۲۳	۲۴,۳	-۰,۹۹۹۲۶	-۰,۹۹۷۴۷	۲۳,۳
-۰,۹۹۸۴۷	-۰,۹۹۶۶۸	۲۶,۴	-۰,۹۹۸۷۴	-۰,۹۹۶۹۴	۲۵,۴	-۰,۹۹۸۹۹	-۰,۹۹۷۲۰	۲۴,۴	-۰,۹۹۹۲۴	-۰,۹۹۷۴۵	۲۳,۴
-۰,۹۹۸۴۴	-۰,۹۹۶۶۵	۲۶,۵	-۰,۹۹۸۷۱	-۰,۹۹۶۹۲	۲۵,۵	-۰,۹۹۸۹۷	-۰,۹۹۷۱۷	۲۴,۵	-۰,۹۹۹۲۱	-۰,۹۹۷۴۲	۲۳,۵
-۰,۹۹۸۴۲	-۰,۹۹۶۶۳	۲۶,۶	-۰,۹۹۸۶۸	-۰,۹۹۶۸۹	۲۵,۶	-۰,۹۹۸۹۴	-۰,۹۹۷۱۵	۲۴,۶	-۰,۹۹۹۱۹	-۰,۹۹۷۴۰	۲۳,۶
-۰,۹۹۸۳۹	-۰,۹۹۶۶۰	۲۶,۷	-۰,۹۹۸۶۶	-۰,۹۹۶۸۷	۲۵,۷	-۰,۹۹۸۹۲	-۰,۹۹۷۱۲	۲۴,۷	-۰,۹۹۹۱۷	-۰,۹۹۷۳۷	۲۳,۷
-۰,۹۹۸۳۶	-۰,۹۹۶۵۷	۲۶,۸	-۰,۹۹۸۶۳	-۰,۹۹۶۸۴	۲۵,۸	-۰,۹۹۸۸۹	-۰,۹۹۷۱۰	۲۴,۸	-۰,۹۹۹۱۴	-۰,۹۹۷۳۵	۲۳,۸
-۰,۹۹۸۳۳	-۰,۹۹۶۵۴	۲۶,۹	-۰,۹۹۸۶۰	-۰,۹۹۶۸۱	۲۵,۹	-۰,۹۹۸۸۷	-۰,۹۹۷۰۷	۲۴,۹	-۰,۹۹۹۱۲	-۰,۹۹۷۳۲	۲۳,۹
-۰,۹۹۷۴۴	-۰,۹۹۵۶۵	۰,۰	-۰,۹۹۷۷۴	-۰,۹۹۵۹۵	۲۹,۰	-۰,۹۹۸۰۳	-۰,۹۹۶۲۴	۲۸,۰	-۰,۹۹۸۳۱	-۰,۹۹۶۵۲	۲۷,۰
-۰,۹۹۷۴۱	-۰,۹۹۵۶۲	۰,۱	-۰,۹۹۷۷۱	-۰,۹۹۵۹۲	۲۹,۱	-۰,۹۹۸۰۰	-۰,۹۹۶۲۱	۲۸,۱	-۰,۹۹۸۲۸	-۰,۹۹۶۴۹	۲۷,۱
-۰,۹۹۷۳۸	-۰,۹۹۵۵۹	۰,۲	-۰,۹۹۷۶۸	-۰,۹۹۵۸۹	۲۹,۲	-۰,۹۹۷۹۷	-۰,۹۹۶۱۸	۲۸,۲	-۰,۹۹۸۲۵	-۰,۹۹۶۴۶	۲۷,۲
-۰,۹۹۷۳۵	-۰,۹۹۵۵۶	۰,۳	-۰,۹۹۷۶۵	-۰,۹۹۵۸۶	۲۹,۳	-۰,۹۹۷۹۴	-۰,۹۹۶۱۵	۲۸,۳	-۰,۹۹۸۲۲	-۰,۹۹۶۴۳	۲۷,۳
-۰,۹۹۷۳۲	-۰,۹۹۵۵۳	۰,۴	-۰,۹۹۷۶۲	-۰,۹۹۵۸۵	۲۹,۴	-۰,۹۹۷۹۱	-۰,۹۹۶۱۲	۲۸,۴	-۰,۹۹۸۲۰	-۰,۹۹۶۴۱	۲۷,۴
-۰,۹۹۷۲۹	-۰,۹۹۵۵۰	۰,۵	-۰,۹۹۷۶۰	-۰,۹۹۵۸۰	۲۹,۵	-۰,۹۹۷۸۸	-۰,۹۹۶۰۹	۲۸,۵	-۰,۹۹۸۱۷	-۰,۹۹۶۳۸	۲۷,۵
-۰,۹۹۷۲۶	-۰,۹۹۵۴۷	۰,۶	-۰,۹۹۷۵۶	-۰,۹۹۵۷۷	۲۹,۶	-۰,۹۹۷۸۵	-۰,۹۹۶۰۷	۲۸,۶	-۰,۹۹۸۱۴	-۰,۹۹۶۳۵	۲۷,۶
-۰,۹۹۷۲۳	-۰,۹۹۵۴۴	۰,۷	-۰,۹۹۷۵۳	-۰,۹۹۵۷۴	۲۹,۷	-۰,۹۹۷۸۳	-۰,۹۹۶۰۴	۲۸,۷	-۰,۹۹۸۱۱	-۰,۹۹۶۳۲	۲۷,۷
-۰,۹۹۷۲۰	-۰,۹۹۵۴۱	۰,۸	-۰,۹۹۷۵۰	-۰,۹۹۵۷۱	۲۹,۸	-۰,۹۹۷۸۰	-۰,۹۹۶۰۱	۲۸,۸	-۰,۹۹۸۰۸	-۰,۹۹۶۲۹	۲۷,۸
-۰,۹۹۷۱۶	-۰,۹۹۵۳۸	۰,۹	-۰,۹۹۷۴۷	-۰,۹۹۵۶۸	۲۹,۹	-۰,۹۹۷۷۷	-۰,۹۹۶۰۸	۲۸,۹	-۰,۹۹۸۰۶	-۰,۹۹۶۲۷	۲۷,۹

ادامه جدول ۲ - چگالی آب و ضریب دما(K) برای دماهای مختلف

CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993–1994.	-a
$\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \cdot 10^{-6}) * T - (4.95 \cdot 10^{-6}) * T^2$	- b
که در آن :	
چگالی آب بر حسب گرم بر میلی لیتر	ρ_w
دما آزمون بر حسب سلسیوس	T
$\rho_w / 0.9982063$	K
ml=cm ³	- c

۷-۹ اگر از حرارت استفاده می‌شود، اجازه دهید آزمونه تا دمای اتاق سرد شود.

۸-۹ تعادل دمایی

پیکنومتر(ها) به همراه دماسنج (یا قسمت حسگر دمایی یک ابزار سنجش دما)، یک بشر (بطری) حاوی آب هوازدایی شده، درپوش‌ها (اگر در ابتدا از پیکنومتر درب‌دار استفاده می‌کنید)، پی‌پت یا قطره چکان را داخل محفظه عایق‌دار قرار دهید. این اجزاء را درون محفظه عایق که درب آن بسته شده است، به مدت یک شب نگه دارید تا به تعادل دمایی برسد.

۹-۹ اندازه‌گیری جرم پیکنومتر

اگر محفظه عایق نزدیک ترازو قرار ندارد، محفظه را به نزدیک ترازو انتقال دهید. درب محفظه را باز کرده و پیکنومتر را خارج سازید. فقط لبه پیکنومتر باید لمس شود تا از تغییر در تعادل دمایی در اثر حرارت دست جلوگیری شود. پیکنومتر را روی عایق (پلی استایرن یا مشابه آن) قرار دهید.

۹-۱۰ اگر از بالن حجم‌سنجی استفاده می‌کنید، سطح آب را تا نشان واسنجی طبق بند ۴-۸ تنظیم کنید.

۹-۱۱ اگر از بالن درب‌دار استفاده می‌کنید، سطح آب را طوری تنظیم کنید تا هنگام بستن درب، زیر آن هوا محبوس نشود. اگر آب باید اضافه شود، از آبی که داخل محفظه عایق به تعادل دمای رسیده، استفاده کنید. سپس درب بالن را ببندید. اگر آب باید خارج شود، قبل یا بعد از گذاشتن درب، از قطره چکان استفاده کنید. لبه را با استفاده از دستمال کاغذی خشک کنید. مطمئن شوید که سطح خارخی بالن خشک است.

۱۰-۹ جرم پیکنومتر، خاک و آب را با تقریب ۰.۰۱g با همان ترازوی استفاده شده در واسنجی پیکنومتر اندازه‌گیری نموده و یاداشت نمایید.

۱۱-۹ تعیین دمای پیکنومتر

دمای مخلوط آب - خاک را با تقریب ${}^{\circ}\text{C}$ با استفاده از دماسنجد مناسب (ابزار سنجش دما) و روش شرح داده شده در بند ۵-۸ اندازه‌گیری کرده و یادداشت نمایید. این دمای آزمون، T_r است.

۱۲-۹ جرم خاک خشک

جرم سینی یا تشتك را با تقریب 1 g تعیین کنید. دوغاب خاک را به سینی یا تشتك انتقال دهید. الزاماً همه خاک باید منتقل شود. آب می‌تواند اضافه شود. آزمونه را تا رسیدن به وزن ثابت در دمای $(10 \pm 5){}^{\circ}\text{C}$ خشک کنید. آن را درون خشکانه سرد کنید. اگر سینی محتوی آزمونه را بتوان به طور مناسب درزبندی کرد به طوری که خاک نتواند رطوبت جذب کند، هنگام سرد شدن احتیاجی به خشکانه نمی‌باشد. جرم خشک ذرات خاک به همراه سینی را با تقریب 1 g با استفاده از ترازوی معین شده، اندازه‌گیری کنید. جرم خشک ذرات خاک را با تقریب 1 g گرم محاسبه کرده و یادداشت کنید.

یادآوری- ثابت شده است که این روش نتایج قطعی‌تر و تکرارپذیرتر نسبت به روش تعیین جرم خشک پیش از آزمون ارائه می‌نماید. که احتمالاً به علت افت ذرات خاک در طی فاز هوازدایی آزمون است.

۱۰ روش محاسبه

۱-۱۰ جرم پیکنومتر و آب را در دمای آزمون با استفاده از معادله ۲ محاسبه کنید:

$$M_{\rho w,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t}) \quad (2)$$

که در آن :

$$\text{جرم پیکنومتر و آب در دمای آزمون} (T_r), \text{ بر حسب گرم} \quad M_{\rho w,t}$$

$$\text{میانگین جرم واسنجی شده پیکنومتر، بر حسب گرم} \quad M_p$$

$$\text{میانگین حجم واسنجی شده پیکنومتر، بر حسب میلی لیتر} \quad V_p$$

$$\text{چگالی آب در دمای آزمون، بر حسب گرم بر میلی لیتر (طبق جدول ۲)} \quad \rho_{w,t}$$

۲-۱۰ وزن مخصوص ذرات خاک در دمای آزمون، G_t ، را با استفاده از معادله ۳ محاسبه کنید:

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} + \frac{M_s}{(M_{\rho w,t} - (M_{\rho w,t} - M_s))} \quad (3)$$

که در آن :

$$\text{چگالی ذرات خاک بر حسب مگا گرم بر متر مربع یا گرم بر سانتی متر مربع است؛} \quad \rho_s$$

- چگالی آب در دمای آزمون (T_i)، از جدول ۲، بر حسب گرم بر میلی لیتر یا گرم بر سانتی متر مربع. $\rho_{w,t}$
- جرم ذرات خاک خشک شده در گرمخانه، بر حسب گرم و M_s
- جرم پیکنومتر، آب و ذرات خاک در دمای آزمون، (T_i)، بر حسب گرم. $M_{\rho ws,t}$
- وزن مخصوص ذرات خاک در دمای 20°C با استفاده از معادله ۴ محاسبه کنید ۳-۱۰

$$G_{20^{\circ}\text{C}} = K \cdot G_t \quad (4)$$

که در آن :

$$\text{ضریب دمایی، که در جدول ۲ مشخص شده است.} \quad K$$

- ۴-۱۰ برای ذرات خاک حاوی ذراتی بزرگ‌تر از الک ۴/۷۵ میلی متر (شماره ۴) که از روش استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۲ برای اندازه‌گیری وزن مخصوص استفاده شده است، میانگین وزن مخصوص را محاسبه کنید. مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۲ آزمون باید در دمای 20°C (23 ± 1.7) انجام شود و نیاز نیست داده‌های وزن مخصوص بر حسب 20°C تصحیح شوند. برای انجام تصحیح اندازه‌گیری‌ها در دمای 20°C ، مطابق بند ۳-۱۰ عمل نمایید. میانگین وزن مخصوص را با استفاده از معادله ۵ محاسبه کنید:

$$G_{\text{avag}@20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{\frac{R}{100 \times G_{1@20^{\circ}\text{C}}} + \frac{P}{100 \times G_{2@20^{\circ}\text{C}}}} \quad (5)$$

که در آن :

$$\text{درصد خاک باقی مانده روی الک ۴/۷۵ میلی متر،} \quad R$$

$$\text{در صد خاک عبوری از الک ۴/۷۵ میلی متر،} \quad P$$

- وزن مخصوص ظاهری ذرات خاک باقیمانده روی الک ۴/۷۵ که مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۲ اندازه‌گیری شده و برای دمای 20°C درجه سلسیوس اصلاح شده است، $G_{1@20^{\circ}\text{C}}$
- وزن مخصوص ذرات خاک عبوری از الک ۴/۷۵ که مطابق این استاندارد اندازه‌گیری شده است $G_{2@20^{\circ}\text{C}}$ (معادله ۴).

۱۱ گزارش آزمون: فرم(ها)/برگه(ها) داده آزمون

- ۱-۱۱ روش مورد استفاده برای چگونگی ثبت داده‌ها روی برگه‌ها یا فرم‌های داده‌های آزمون، همان‌طور که در زیر مشخص شده است، استاندارد صنعتی است و نمایانگر تعداد ارقام معناداری است که باید نگهداشته

شود. این الزامات تغییر مواد در محل، استفاده از داده‌ها، مطالعه اهداف خاص یا سایر ملاحظات برای مقاصد کاربر را در نظر نمی‌گیرد. معمولاً، افزایش یا کاهش اعداد معنادار داده‌های گزارش شده متناسب با این ملاحظات، عملی است. بررسی ارقام معنادار مورد استفاده در روش‌های تجزیه و تحلیل برای طراحی مهندسی خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است.

۲-۱۱ گزارش آزمون باید شامل حداقل اطلاعات زیر باشد:

۱-۲-۱۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران

۲-۲-۱۱ شناسائی خاک (مواد) مورد آزمون، همانند شماره گمانهزنی، شماره نمونه، عمق، شماره آزمون.

۳-۲-۱۱ طبقه‌بندی نظری خاک مورد آزمون (نام گروه و علامت مشخصه بر طبق استاندارد ASTM (D2487

۴-۲-۱۱ درصد ذرات خاکی عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)

۵-۲-۱۱ اگر هرگونه خاک یا موادی از آزمونه حذف شده، توصیف مواد حذف شده.

۶-۲-۱۱ روش مورد استفاده (روش الف یا روش ب)

۷-۲-۱۱ تمام جرم‌های اندازه‌گیری شده (با تقریب ۰/۰۱ g)

۸-۲-۱۱ دمای آزمون (با تقریب ۰/۱ °C)

۹-۲-۱۱ وزن مخصوص در $G_{20^{\circ}C}$, G_s , ($G_{20^{\circ}C}$) با تقریب ۱٪ در صورت لزوم، اعداد باید با تقریب ۱٪ ثبت شوند.

۱۰-۲-۱۱ میانگین وزن مخصوص در G_{ave} یا $G_{avg@20^{\circ}C}$ با تقریب ۱٪. اگر کاربرد داشته باشد (به بند ۴-۱۰ مرجعه شود).

جدول ۳ - خلاصه نتایج آزمون از آزمایشگاه‌هایی با سه بار تکرار آزمون (وزن مخصوص)

(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
گستره پذیرش دو نتیجه ^c	انحراف استاندارد ^b	مقادیر میانگین ^a	تعداد آزمایشگاه‌ها با سه بار تکرار آزمون	نوع خاک
نتایج آزمون کننده منفرد (تکرار پذیری درون آزمایشگاهی)				
۰,۰۳	۰,۰۰۹	۲,۷۱۷	۱۴	CH
۰,۰۲	۰,۰۰۶	۲,۶۷۰	۱۳	CL
۰,۰۲	۰,۰۰۶	۲,۷۲۵	۱۴	ML
۰,۰۲	۰,۰۰۶	۲,۶۵۸	۱۴	SP
نتایج چند آزمایشگاه (تجدد پذیری بین آزمایشگاهی)				
۰,۰۸	۰,۰۲۸	۲,۷۱۷	۱۴	CH
۰,۰۶	۰,۰۲۲	۲,۶۷۰	۱۳	CL
۰,۰۶	۰,۰۲۲	۲,۷۲۵	۱۴	ML
۰,۰۲	۰,۰۰۸	۲,۶۵۸	۱۴	SP
-a تعداد ارقام معنادار و اعشاری نشان داده شده معرف داده های ورودی است. مطابق با استاندارد ASTM D6026 انحراف استاندارد و محدوده پذیرش نتایج نمی تواند نسبت به داده های ورودی، اعشار بیشتری داشته باشد.				
-b انحراف استاندارد مطابق با استاندارد ASTM E691 محاسبه شده و به عنوان حد 1s ارجاع داده می شود.				
-c محدوده پذیرش برای دو نتیجه به عنوان حد 2s ارجاع داده می شود. همان طور که در استاندارد ASTM E117 تعریف شده ورت				
-d 1.960 $\sqrt{2}$ محاسبه می شود. اختلاف بین دو آزمون صحیح انجام شده نباید از این حد تجاوز کند. تعداد ارقام معنادار/اعشاری ارائه شده با مقادیر توصیف شده در این روش آزمون یا استاندارد ASTM D6026 برابر است. علاوه بر این، مقادیر ارائه شده می تواند همان تعداد رقم اعشاری، معادل انحراف استاندارد را داشته باشد، حتی اگر آن نتیجه تعداد ارقام معنادار بیشتری نسبت به انحراف استاندارد داشته باشد.				

جدول ۴ - خلاصه نتایج یک بار تکرار در هر آزمایشگاه (وزن مخصوص)^a

(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
محدوده پذیرش دو نتیجه	انحراف استاندارد	مقادیر میانگین	تعداد آزمایشگاه‌های آزمون	نوع خاک
نتایج بین آزمایشگاهی (در هر آزمایشگاه یک آزمون انجام شده)				
۰,۰۸	۰,۰۲۷	۲,۷۱۵	۱۸	CH
۰,۰۵	۰,۰۱۸	۲,۶۷۳	۱۸	CL
۰,۰۶	۰,۰۲۲	۲,۷۲۶	۱۸	ML
۰,۰۲	۰,۰۰۷	۲,۶۶۰	۱۸	SP
-a به زیر نویس جدول ۳ رجوع شود				

۱۲ دقت و اریبی

۱-۱۲ دقت

معیار پذیرش نتایج آزمون با این روش‌های آزمون در محدوده انواع خاک که از روش الف بدست آمده (بجز خاک‌هایی که با هوا خشک شده‌اند) در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است. برآورده دقت بر اساس نتایج برنامه بین آزمایشگاهی انجام شده با استفاده از منابع خاک استاندارد ASTM و برنامه‌های آزمون به دست آمده است.

در این برنامه برخی از آزمایشگاه‌های برای هر خاک سه بار آزمون را تکرار کرده‌اند (آزمایشگاه آزمون با سه تکرار) در حالی که در دیگر آزمایشگاه‌ها آزمون منفرد برای هر خاک انجام شده است (آزمایشگاه آزمون منفرد). شرح آزمون خاک‌ها در بند ۱-۱۲-۴ ارائه شده است. برآورده دقت ممکن است بر اساس نوع خاک و روش آزمون مورد استفاده (روش الف یا ب) متفاوت باشد. هنگامی که این برآوردها برای سایر خاک‌ها و روش‌ها استفاده شود، نظر کارشناسی لازم است.

۱-۱-۱۲ داده‌های جدول ۳ بر اساس آزمون‌های سه بار تکرار انجام شده در آزمایشگاه‌های مربوطه روی هر نوع خاک ارائه شده است. انحراف استاندارد آزمون کننده منفرد و چند آزمایشگاهی در جدول شماره ۳ آمده است، ستون ۴ بر اساس استاندارد ASTM E691 به دست آمده، که توصیه می‌کند هر آزمایشگاه آزمون، حداقل سه آزمون سه بار تکرار انجام شود. نتایج حاصل از دو آزمون انجام شده توسط یک آزمون کننده،

همان مواد، همان دستگاه‌ها، در کوتاه‌ترین فاصله زمانی ممکن باید بیشتر از حدود d2s آزمون کننده منفرد که در ستون ۵ جدول ۲ نشان داده شده، تفاوت داشته باشد. برای تعریف d2s به زیر نویس ۳ جدول ۳ رجوع شود. نتایج حاصل از دو آزمون انجام شده توسط آزمون کننده‌های مختلف و در روزهای مختلف باید بیشتر از حدود d2s چند آزمایشگاه که در ستون ۵ جدول ۲ ارائه شده، تفاوت داشته باشد.

۲-۱-۱۲ در برنامه آزمون و خاک مرجع ASTM بسیاری از آزمایشگاه‌ها فقط یک آزمون منفرد انجام دادند. این روش در طراحی و ساختار صنعتی مرسوم است. داده‌های جدول ۴ بر اساس اولین نتیجه آزمون از آزمایشگاه آزمون سه گانه (تکراری) و نتایج آزمون منفرد از سایر آزمایشگاه‌ها است. نتایج دو آزمون انجام شده به وسیله دو آزمایشگاه متفاوت با دو آزمون کننده متفاوت با استفاده از تجهیزات متفاوت در روزهای متفاوت، باید بیشتر از حدود d2s که در ستون ۵ جدول ۴ ارائه شده، تفاوت داشته باشد. نتایج در جداول ۳ و ۴ مشابه نیستند زیرا مجموعه داده‌ها متفاوت هستند.

۳-۱-۱۲ جدول ۳ تفسیر دقیقی از داده آزمون سه گانه مطابق استاندارد ASTME691 از آزمایشگاه‌های تائید صلاحیت شده، ارائه می‌نماید. جدول ۴ از داده‌های آزمون مطابق آیین کارهای معمول بدست آمده، نشان می‌دهد.

۴-۱-۱۲ نوع خاک

بر اساس نتایج آزمون بین آزمایشگاهی خاک استفاده شده بر اساس استاندارد ASTM D2487 در زیر شرح داده شده است. علاوه بر آن نام موقعیت خاک ارائه شده است.

CH خاک پرمایه، CH٪ ۹۹. ریز دانه، LL٪ ۶۰، PI=۳۹، قهقهه‌ای مایل به خاکستری، خاک خشک شده در Vicksburg Buckshot Clay هوا و ساییده شده، نام موقعیت

CL خاک کم‌مایه، CL٪ ۸۹. ریز دانه، LL٪ ۳۰، PL٪ ۱۳، قهقهه‌ای روشن، خاک خشک شده در هوا و ساییده شده، نام موقعیت Annapolis Clay

ML گل و لای، (ML٪ ۹۹. ریز دانه، LL٪ ۲۷، PI=۴، قهقهه‌ای روشن، خاک خشک شده در هوا و ساییده شده، نام موقعیت Vicksburg Silt

SP ماسه ضعیف (SP)، ۲۰٪ ماسه درشت دانه، ۴۸٪ ماسه متوسط، ۳۰٪ ماسه ریز و ۲٪ ریز دانه، قهقهه‌ای مایل به زرد، نام موقعیت شن فردریک^۱

۲-۱۲ اریبی

از آنجا که هیچ مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این روش آزمون وجود ندارد، بنابراین اریبی نمی‌تواند اندازه‌گیری شود.