

راهنمای آزمایش‌های دانه بندی رسوب

نشریه شماره ۲۶۹

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
<http://www.mporg.ir>

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب

نشریه شماره ۲۶۹

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

۱۳۸۲

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۸۲/۰۰/۵۳

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای آزمایش‌های دانه بندی رسوب/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛
وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. - تهران:
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات،
۱۳۸۲.

۴۰ ص. مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین
معیارها؛ نشریه شماره ۲۶۹) انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی
کشور؛ ۸۲/۰۰/۵۳ (۸۲/۰۰/۵۳)

ISBN 964-425-443-0

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۱۲۷۳۶۸ مورخ ۱۳۸۲/۷/۸
کتابنامه: ص. ۴۰

۱. رسوب - آزمایشها. ۲. رسوب - اندازه‌گیری. الف. سازمان مدیریت منابع اب
ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز
مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۲ ش. ۲۶۹ س. ۲۴/ ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-443-0

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۴۴۳-۰

راهنمای آزمایش‌های دانه بندی رسوب

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۳۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۲

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ سعید دانش

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

دفتر رئیس سازمان

شماره: ۱۰۱/۱۳۷۳۶۸	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۸۲/۷/۸	
موضوع: راهنمای آزمایش‌های دانه بندی رسوب	
<p>به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۶۹ دفتر امور تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان با عنوان «راهنمای آزمایش‌های دانه بندی رسوب از نوع گروه سوم» ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>شایان ذکر است که عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.</p> <p>من ... التوفیق</p> <p>محمد ستاری فرد</p> <p>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>	

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۲

ترکیب اعضاء کمیته

اسامی اعضای کمیته فنی شماره ۱۴-۱ (رسوب) که در تهیه استاندارد حاضر مشارکت داشته‌اند به ترتیب حروف

الفباء به شرح زیر می‌باشد:

خانم زهرا ایزدپناه	دانشگاه شهید چمران	فوق لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای فیروز بهادری	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	فوق لیسانس منابع آب
آقای سید محمود رضا بهبهانی	دانشگاه تهران	دکترای منابع آب و خاک
آقای سید جمال الدین پرورده	شرکت تماب	فوق لیسانس هیدرولوژی
خانم کیاندرخت کباری	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس راه و ساختمان
آقای جمال محمدولی سامانی	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای هیدرولیک و رسوب
آقای محمود شفاعی	مهندسین مشاور دزآب	دکترای هیدرولیک و رسوب

در تنظیم اولیه این پیش نویس آقایان دکتر حسن احمدی، دکتر مرتضی پاکزاد و دکتر چنگیز فولادی مشارکت داشته‌اند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	بخش ۱- آزمایشهای دانه‌بندی مواد ریزدانه
۲	۱-۱ روش پیپت
۲	۱-۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱-۱ کلیات
۳	۳-۱-۱ وسایل و تجهیزات آزمایش پیپت
۷	۴-۱-۱ روش آزمایش پیپت
۹	۵-۱-۱ ثبت نتایج و محاسبات
۹	۶-۱-۱ برگه‌های آزمایش
۹	۷-۱-۱ مثال
۱۲	۲-۱ روش لوله BW
۱۲	۱-۲-۱ مقدمه
۱۲	۲-۲-۱ کلیات
۱۳	۳-۲-۱ وسایل و تجهیزات روش BW
۱۵	۴-۲-۱ روش آزمایش لوله BW
۱۸	۵-۲-۱ ثبت نتایج و محاسبات
۲۰	۶-۲-۱ برگه‌های آزمایش
۲۰	۷-۲-۱ مثال
۲۳	بخش ۲- آزمایشهای دانه‌بندی مواد دانه درشت
۲۳	۱-۲ روش لوله VA
۲۳	۱-۱-۲ مقدمه
۲۳	۲-۱-۲ کلیات
۲۵	۳-۱-۲ وسایل و تجهیزات
۲۷	۴-۱-۲ روش آزمایش لوله VA
۳۱	۵-۱-۲ ثبت نتایج و محاسبات
۳۱	۶-۱-۲ برگه‌های آزمایش
۳۲	۷-۱-۲ مثال

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۳	۲-۲ روش دانه‌بندی رسوبات درشت تر
۳۳	۱-۲-۲ مقدمه
۳۳	۲-۲-۲ کلیات
۳۳	۳-۲-۲ نمونه‌برداری از بستر رودخانه
۳۴	۴-۲-۲ تجزیه دانه‌های درشت تر از شن در محل
۳۵	۵-۲-۲ دانه‌بندی مواد رسوبی شن و قلوه‌سنگ در آزمایشگاه
۴۲	۳- منابع و مأخذ

مقدمه

در این دستورالعمل برای دانه‌بندی مواد رسوبی دو روش برحسب اندازه ذرات به شرح زیر توصیه شده است که در هریک از بخشهای دوگانه زیر به تفصیل در زمینه استفاده از وسایل و روشها بحث شده است:

- لوله پیپت^۱ و لوله BW^۲ برای دانه‌بندی رسوبات ریز دانه مثل لای^۳ و رس^۴ (ذرات رسوبی بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۶۲ میلیمتر).

- الک و لوله VA برای دانه‌بندی رسوبات درشت دانه مثل ماسه^۵ و شن^۶:

● لوله VA برای دانه‌بندی رسوبات ۰/۰۶۲ تا ۲ میلیمتر

● الک برای دانه‌بندی رسوبات ۰/۰۶۲ تا ۳۲ میلیمتر.

لوله VA از جمله وسایل با دقت مطلوب برای تعیین اندازه ذرات نمونه رسوب، برحسب خصوصیات هیدرولیکی ذرات و سرعت متوسط می‌باشد. از لوله VA به خصوص برای تعیین دانه‌بندی ذرات ماسه استفاده می‌شود، که می‌تواند همراه با لوله پیپت و BW نیز مورد استفاده قرار گیرد.

مبنای تهیه این راهنما با هدف استفاده عملی از آن بوده است، به نحوی که بدون نیاز به آگاهی از تئوری و ملاحظات نظری زیربنای روشهای آزمایش، انجام صحیح آزمایشها میسر باشد.

بدیهی است در مواردی که آگاهی از تئوری در تفهیم روش آزمایشها مؤثر بوده به آن اشاره شده است.

1- Pipet

2- Bottom Withdrawal

3- Silt

4- Clay

5- Sand

6- Gravel

بخش ۱- آزمایشهای دانه‌بندی مواد ریزدانه

۱-۱ روش پیپت

۱-۱-۱ مقدمه

برای دانه‌بندی ذرات ریز دانه (لای و رس) از دوروش استفاده می‌شود: یکی روش پیپت است که معمولاً وقتی غلظت نمونه زیاد باشد (حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بکار برده می‌شود. [۱۰]
دیگری روش BW است که اگر غلظت نمونه کم باشد (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) توصیه می‌گردد. [۱۰]

۲-۱-۱ کلیات

روش پیپت یکی از معتبرترین روشهای متداول برای تعیین دانه‌بندی رسوبات ریزدانه (کوچکتر از ۰/۰۶۲ میلی‌متر)، بخصوص در نمونه‌هایی که حاوی مقدار ناچیزی رسوبات ریزدانه‌اند، می‌باشد. جدول ۱ محدوده مناسب اندازه دانه‌ها، مقدار غلظت رسوب و مقدار رسوب لازم را در روشهای متداول دانه‌بندی نشان می‌دهد.

جدول ۱- محدوده‌های پیشنهادی برای قطر دانه‌ها و مقدار رسوب در روشهای متداول دانه‌بندی [۱۰]

روش دانه‌بندی	قطر توصیه شده میلی‌متر	محدوده غلظت میلی‌گرم بر لیتر	محدوده مقدار توصیه شده گرم
الک	۰/۰۶۲ - ۳۲	-	۰/۰۵
لوله VA	۰/۰۶۲ - ۲	-	۰/۰۵ - ۱۵
پیپت	۰/۰۰۲ - ۰/۰۶۲	۲۰۰۰ - ۵۰۰۰	۱ - ۵
لوله BW	۰/۰۰۲ - ۰/۰۶۲	۱۰۰۰ - ۳۵۰۰	۰/۵ - ۱/۸

تئوری اودن^۱ مبنای روش پیپت می‌باشد. اولین بار در سال ۱۹۱۵ براساس فرضیات زیر ارائه شده است.

- اندازه ذرات نمونه در طیف نسبتاً پیوسته‌ای قرار دارد

- درجه حرارت و در نتیجه لزجت^۲ نمونه ثابت است

- ته‌نشینی ذرات بر همدیگر تأثیر نداشته و اختلالی ایجاد نمی‌کند

1- Oden theory

2- Viscosity

اصل اساسی روش پیپت تعیین غلظت مخلوط^۱ (مواد معلق با حرکت کند) در عمقهای مشخص بصورت تابعی از زمان ته نشینی می باشد. ذراتی که دارای سرعت ته نشینی بیشتری نسبت به اندازه مورد نظر هستند بعد از گذشت زمان مشخصی، از یک عمق معین سریعتر ته نشین شده و در نتیجه برداشت نمی شود. عمق و زمان برداشت براساس قانون استوکس^۲ تعیین می شود.

$$W = \frac{gd^2(\gamma_s - \gamma)}{18\nu}$$

در این رابطه W سرعت ته نشینی (سانتی متر بر ثانیه)، g شتاب ثقل (۹۸۰ سانتی متر بر مربع ثانیه)، d قطر ذره، ν لزجت سینماتیک^۳ (سانتی متر مربع بر ثانیه) و γ_s و γ بترتیب وزن مخصوص (گرم بر مکعب سانتی متر) رسوب و مایع می باشند.

جدول ۲ عمق و زمان برداشت توصیه شده برای تعیین قطر رسوبات ریزتر از هر یک از شش اندازه مختلف (۰/۰۰۲ - ۰/۰۶۲ میلیمتر) را در درجه حرارتهای مختلف آب نشان می دهد. باید توجه داشت که برداشت نمونه ها ممکن است برای کلیه اندازه های موجود در جدول و یا در مواردی که تعیین دانه بندی با جزئیات کمتری مورد نیاز باشد، فقط برای اندازه های انتخاب شده انجام شود.

۳-۱-۱ وسایل و تجهیزات^۴ آزمایش پیپت

وسایل و تجهیزاتی که ذکر می شود مخصوص آزمایشگاههایی است که هر ساله تعداد زیادی (صدها) آزمایش پیپت در آنها انجام می شود. اگر تعداد آزمایش ها کم باشد تجهیزات ساده تری مورد نیاز است. وسایل مورد نیاز عبارتند از:

- تعدادی استوانه ته نشینی (حجم هر استوانه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی لیتر)
- پایه متحرک که وسایلی برای بالا و پائین بردن پیپت روی آن نصب شده بطوری که بتوان برداشت نمونه توسط پیپت را درون استوانه های ته نشینی انجام داد. توجه شود که کلیه قسمتها بجز بطری خلاء روی پایه متحرک قرار می گیرند.

- پیپت با حجم استاندارد آن ۲۵ میلی لیتر

- پمپ برای ایجاد خلاء

قسمتهای مختلف مربوط به دستگاه پیپت در شکل ۱ نشان داده شده است.

1- Suspension

2- Stokes law

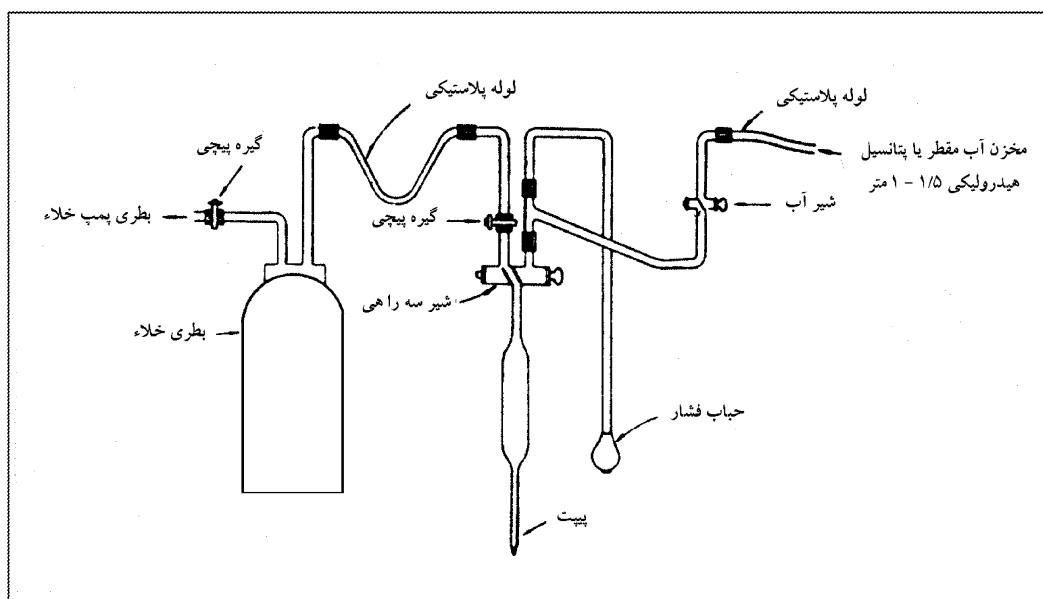
3- Kinematic viscosity

4- Equipments

جدول ۲-^{*} زمان برداشت نمونه بر حسب دما، عمق برداشت و قطر ذرات در آزمایش پیپت

۰/۰۰۲		۰/۰۰۴		۰/۰۰۸		۰/۰۱۶		۰/۰۳۱				۰/۰۶۳		قطر ذرات (میلیمتر)		
۳		۵		۵		۱۰		۱۰		۱۰		۱۵		۱۰	۱۵	عمق برداشت (سانتیمتر)
دقیقه	ساعت	دقیقه	ساعت	ثانیه	دقیقه	ثانیه	دقیقه	ثانیه	دقیقه	ثانیه	دقیقه	ثانیه	دقیقه	ثانیه	ثانیه	زمان برداشت (دقیقه، ثانیه)
درجه حرارت (سانتیگراد)																
۲۷	۲	۵	۴	۱۹	۶۱	۴۰	۳۰	۴۰	۷	۵۵	۱	۵۲	۲	۲۹	۴۴	۲۰
۲۴	۲	۰	۴	۵۰	۵۹	۵۹	۲۹	۲۹	۷	۵۲	۱	۴۸	۲	۲۸	۴۲	۲۱
۲۰	۲	۵۴	۳	۲۲	۵۸	۱۳	۲۹	۱۸	۷	۵۰	۱	۴۵	۲	۲۷	۴۱	۲۲
۱۷	۲	۴۸	۳	۵	۵۷	۳۴	۲۸	۸	۷	۴۷	۱	۴۱	۲	۲۷	۴۰	۲۳
۱۴	۲	۴۳	۳	۴۱	۵۵	۵۲	۲۷	۵۸	۶	۴۵	۱	۳۸	۲	۲۶	۳۹	۲۴
۱۱	۲	۳۸	۳	۲۵	۵۴	۱۴	۲۷	۴۸	۶	۴۲	۱	۳۴	۲	۲۵	۳۸	۲۵
۸	۲	۳۳	۳	۱۲	۵۳	۳۸	۲۶	۳۹	۶	۴۰	۱	۳۰	۲	۲۵	۳۷	۲۶
۵	۲	۲۸	۳	۲	۵۲	۲	۲۶	۳۱	۶	۳۸	۱	۲۷	۲	۲۴	۳۶	۲۷
۲	۲	۲۴	۳	۵۲	۵۰	۲۸	۲۵	۲۲	۶	۳۵	۱	۲۳	۲	۲۴	۳۶	۲۸
۵۹	۱	۱۹	۳	۴۲	۴۹	۵۸	۲۴	۱۳	۶	۳۳	۱	۱۹	۲	۲۳	۳۵	۲۹
۵۷	۱	۱۵	۳	۴۷	۴۸	۲۲	۲۴	۶	۶	۳۱	۱	۱۶	۲	۲۳	۳۴	۳۰

* - مقادیر این جدول برای ذرات کروی با چگالی متوسط ۲/۶۵ و شتاب ثقل ۹۸۰ سانتیمتر بر مربع ثانیه و لزجت سینماتیک آب بین ۰/۰۱۰۰۸۷ تا ۰/۰۰۸۰۰۴ سانتیمتر مربع بر ثانیه در درجه حرارت ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردیده است. [۱۰]



شکل ۱- وسایل آزمایش پیپت

همانطور که در شکل ملاحظه می شود. پیپت ۲۵ میلی لیتری به یک شیر سه راهی مجهز شده و نیز به لوله ای با طول کافی متصل است، بطوری که بتوان پایه متحرک پیپت را در محدوده محلی که استوانه های ته نشینی قرار دارند بحرکت درآورد.

عمل برداشت کردن وقتی انجام می شود که شیر سه راهی از طریق لوله اتصال مربوطه به مجرای خلاء باز شود. مکش بطری خلاء حدود $\frac{1}{5}$ اتمسفر می باشد. روی لوله لاستیکی درست بالای پیپت (قبل از شیر سه راهی) یک گیره پیچی قابل تنظیم وجود دارد که با تنظیم آن (ایجاد تنگ شدگی) می توان میزان برداشت مورد نظر را انجام داد. عمل برداشت وقتی متوقف می شود که سطح آب تا شیر سه راهی بالا بیاید.

یک لوله شیشه ای Y شکل بطور معکوس به شاخه راست شیر سه راهی متصل است که یکی از مجاری آن از طریق لوله ای به حباب فشار متصل شده و راه دیگر توسط یک لوله پلاستیکی به مخزن آب مقطر وصل می شود. ارتفاع رانش این مخزن نسبت به پیپت ۱-۱/۵ متر می باشد. جریان آب مقطر توسط یک شیر ساده کنترل می شود. پس از اینکه نمونه وارد پیپت شد، پیپت را از استوانه خارج نموده، شیر سه راهی 180° درجه چرخانده می شود، تا نمونه برداشت شده بطور ثقلی درون ظرف تبخیر ریخته شود. این عمل را می توان با فشردن حباب فشار تسریع نمود. برای اطمینان از اینکه تمام رسوبات از پیپت خارج شده، می توان پیپت را پس از باز کردن شیر توسط آب مقطر شستشو داد. در خاتمه عمل شستشو، می توان مجدداً حباب فشار را فشرده نمود تا آخرین قطرات نیز از پیپت خارج شود. در صورتی که پیپت قبلاً بیشتر از حد مجاز پر شده باشد، احتمال دارد چند قطره از مخلوط مواد معلق از شیر سه راهی رد شده و در مسیر لوله خلاء جمع شده باشد که در این صورت مقدار کمی هوا از طریق پیپت خالی مکیده می شود تا مسیر لوله خلاء باز شود.

پس از انتقال بخش لای، رس نمونه به یک استوانه ته‌نشینی و قبل از اینکه برداشت شروع شود، دمای مخلوط مواد معلق^۱، عمق برداشت، زمان برداشت و وزن ظرف شماره‌گذاری شده برای هر برداشت، روی فرمی که نمونه آن در جدول ۳ نشان داده شده ثبت می‌شود. مخلوط مواد معلق با یک همزن دستی نوع غوطه‌وری به مدت ۱ دقیقه بهم زده می‌شود و پس از برداشتن همزن، زمان‌سنج روشن می‌شود. در هر برداشت، پیپت در مدت حدود ۱۰ ثانیه پر می‌شود و سپس محتوای آن درون ظروف تبخیر مربوطه تخلیه می‌شود و آب یکبار شستشوی پیپت نیز به آن اضافه می‌شود. نهایتاً هر ظرف تبخیر در ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک گردیده، در یک دسیکاتور سرد شده، وزن گردیده و وزن آن روی فرم وارد می‌شود.

استخراج نتایج موردنیاز از روش پیپت به وزن کل رسوب نمونه نیاز دارد. بهتر است این کار توسط دو روش زیر انجام شود:

الف - وزن بخش لای و رس می‌تواند از غلظت متوسط و حجم مواد معلق ته‌نشین شده پیپت تعیین شود. غلظت متوسط مخلوط مواد معلق با برداشت یک نمونه غلظتی بلافاصله پس از اختلاط انجام می‌شود. سپس وزن رسوب استوانه ته‌نشینی به وزن ماسه که بطور جداگانه تعیین شده است (در صورت موجود بودن ماسه در نمونه) اضافه می‌شود.

ب - تعیین وزن خشک کل باقیمانده رسوب در مخلوط مواد معلق پس از اینکه کلیه برداشتها کامل گردید. برای اینکار، وزن رسوب خشک در هر برداشت توسط پیپت به وزن خشک جزء ماسه (اگر قبلاً جدا شده باشد)، اضافه می‌شود. وزن خالص رسوب خشک شده در هر برداشت پیپت وقتی در نسبت حجم ضرب شود، وزن رسوب ریزتر از اندازه مربوط به عمق و زمان برداشت بدست می‌آید. مقدار اخیر اگر به وزن کل رسوب خشک شده در نمونه تقسیم شود، جزء یا درصد کل رسوب ریزتر از اندازه مشخص شده را بدست می‌دهد.

۴-۱-۱ روش آزمایش پیپت^۲

قبل از شروع آزمایش، ذرات ماسه از نمونه جدا می‌شود. در صورتیکه مقدار لای و رس بیشتر از حد معینی باشد لازم است نمونه لای و رس تقسیم گردد [۱].

بعد از آنکه رسوبات در بطری نمونه تا حد اکثر ممکن ته‌نشین گردید، آب اضافی روی بطری برداشته می‌شود. در صورتیکه ته‌نشینی ذرات به کندی صورت گیرد باید از روشهای خاصی که در استاندارد برنامه‌ریزی آزمایشهای رسوب [۱] بیان شده است استفاده نمود. رسوبات ته‌نشین شده چند بطری مربوط به یک مقطع با هم مخلوط می‌گردند. چنانچه اشاره شد بعلاوه زیاد بودن مقدار لای و رس ممکن است تقسیم نمونه مخلوط شده ضرورت داشته باشد.

اگر نمونه ساده یا مرکب مورد نظر دارای ۵ گرم یا کمتر لای و رس باشد و نیز فقط یک آزمایش دانه بندی برای این نمونه مورد نیاز باشد، تقسیم ضرورتی ندارد. برای مثال اگر ۴/۵ گرم لای و رس موجود باشد تمام آن در سیلندر ۱۰۰۰ میلی لیتری تجزیه می‌گردد و نباید نمونه را بدو قسمت تقسیم و در سیلندر ۵۰۰ میلی لیتری تجزیه نمود. در صورتیکه نمونه دارای بیش از ۵ گرم لای و رس باشد باید تقسیم شود، بطوریکه قسمت‌های تقسیم شده در استوانه ته نشینی ۱۰۰۰ میلی لیتری دارای غلظتی معادل ۵۰۰۰ - ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر باشند. برای تقسیم نمونه‌های مربوط به لای و رس می‌توان از تقسیم کننده اتوجونز^۱ و یا تقسیم کننده لوله BW^۲ استفاده نمود [۱۰].

عمل تقسیم با استفاده از آب صورت می‌گیرد. اگر غلظت املاح محلول در استوانه ته نشینی ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر باشد، هنوز غلظت بالا است و باید مقداری از آب نمونه خالی گردیده و بجای آن آب مقطر اضافه شود تا غلظت نهائی به ۲۰۰ میلی گرم در لیتر برسد.

اگر نمونه دارای مقدار قابل توجهی مواد آلی باشد باید بطریق زیر این مواد حذف شوند:
حدود ۵ میلی لیتر از محلول ۶٪ هیدروژن پراکسید^۳ به ازای هر گرم نمونه خشک که در ۴۰ میلی لیتر آب قرار داده شده اضافه می‌شود. آنگاه مخلوط کاملاً بهم زده شده و بمدت ۵ تا ۱۰ دقیقه روی آن سرپوشی گذاشته می‌شود، ذرات بزرگ مواد آلی را می‌توان احتمالاً از روی مخلوط جدا نمود، به شرطی که ذرات رسوب به آنها چسبیده نباشد. اگر اکسیداسیون مواد آلی کند باشد، مخلوط در ۹۳ درجه سانتیگراد حرارت داده شده و گاهگاهی بهم زده می‌شود. ممکن است اضافه نمودن مقداری هیدروژن پراکسید در این مرحله لازم باشد. بعد از آنکه واکنش اکسیداسیون کاملاً به اتمام رسید، رسوبات دو سه مرتبه با آب مقطر شسته می‌شوند.

برای اطمینان از پخش کامل ذرات، مقدار یک میلی لیتر محلول شیمیایی پخش کننده برای هر ۱۰۰ میلی لیتر مخلوط رسوب باید اضافه شود. این محلول شیمیایی را می‌توان از حل کردن ۳۵/۷ گرم سدیم هگزامتافسفات^۴ و ۷/۹۴ گرم سدیم کربنات^۵ در آب مقطر و ایجاد یک لیتر محلول بدست آورد. سدیم کربنات، قلیائیت محلول را بین ۹ تا ۹/۵ نگه داشته و بعنوان با فرقلیائی عمل می‌کند و از تبدیل هیدرو هگزامتافسفات به اورتوفسفات جلوگیری می‌کند. با افزودن محلول شیمیایی پخش کننده باید تصحیح املاح محلول مربوطه با توجه به نکات زیر نیز مدنظر قرار گیرد.

بعد از افزودن محلول شیمیایی پخش کننده به سوسپانسیون، مخلوط به ظرف مخصوص منتقل گردیده و با بهم زدن الکتریکی بمدت ۵ دقیقه بهم زده می‌شود. سپس مخلوط به استوانه ته نشینی منتقل شده و بمیزان لازم آب مقطر به آن اضافه می‌شود.

1- Jones - Otto

2- BW Tube

3- Hydrogen Peroxide

4- Sodium Hexametaphosphate

5- Sodium Carbonate

برای تصحیح املاح محلول ناشی از افزودن ماده شیمیایی پخش کننده، ۵ میلی لیتر از ماده مزبور به هر یک از دو استوانه محتوی ۴۹۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه می گردد تا محلول ۵۰۰ میلی لیتر ایجاد شود. این دو استوانه به همراه استوانه محتوی رسوب روی دستگاه پیپت قرار داده می شود. با استفاده از پیپت استاندارد ۲۵ میلی لیتری، سه برداشت از هر یک از دو استوانه صورت گرفته و مخلوطهای برداشت شده از پیپت درون ظرف تبخیر ریخته می شود و تبخیر می گردد. بدین ترتیب وزن باقیمانده، تعیین گردیده و ضرب تصحیح مربوطه بدست می آید.

نمونه رسوب لای و رس بعد از طی مراحل آماده سازی در استوانه های ته نشینی قرار می گیرد. قبل از شروع آزمایش، دمای مخلوط، عمق برداشت، زمان ته نشینی و وزن ظروف تبخیر مخصوص برداشت، در جدول ۳ (فرم SPS-۱۰۷) ثبت می گردد. قبل از شروع آزمایش مخلوط بمدت یک دقیقه با بهم زن دستی بهم زده می شود و بعد از برداشتن بهم زن، ساعت بکار می افتد. در تمام مدت آزمایش، دمای مخلوط باید تقریباً ثابت باشد.

زمان و عمق برداشت از جدول ۲، بر حسب دمای مخلوط، تعیین می شود. این ارقام مربوط به اندازه های ۰/۰۶۳، ۰/۰۱۶، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۲ میلی متر می باشند. در بعضی از موارد، تعیین اندازه های ۰/۰۳۱ و ۰/۰۰۸ میلی متر نیز مورد لزوم است. پیپت معمولاً در مدت ۸ تا ۱۲ ثانیه پر شده و سپس محتویات آن در ظرف تبخیر تخلیه می گردد. محتویات ظرف تبخیر بعد از خشک شدن توزین می گردد. بدین ترتیب که آب هر ظرف تبخیر در دمای اندکی کمتر از نقطه جوش آب، در آون^۱ بخار می شود، و بعد از آنکه رطوبت مشهود آن از بین رفت در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت نگهداری شده تا کاملاً خشک شود. سپس ظرف تبخیر در دسیکاتور^۲، تا دمای اطاق خنک شده و تا دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ گرم توزین می شود. وزن ظرف تبخیر باید قبل از هر بار استفاده دقیقاً تعیین شده باشد. نتایج حاصله در فرم SPS-۱۰۷ (جدول ۳) ثبت می شود.

۵-۱-۱ ثبت نتایج و محاسبات

در محاسبات مربوط به آزمایش پیپت، لازم است وزن کل رسوب آزمایش شده در نمونه معلوم باشد. این عمل را می توان با یکی از طرق زیر انجام داد: [۱۰]

الف- مخلوط لای و رس و آب مقطر قبل از آزمایش در آون خشک شده و وزن رسوبات با دقت میلی گرم تعیین می گردد. از آنجاکه رسوبات خشک شده را بعداً نمی توان به سهولت پخش نمود و نیاز به عملیات خاصی دارد، این روش توصیه نمی شود (بویژه وقتی رسوبات مقدار قابل ملاحظه ای رس داشته باشد).

1- Oven

2- Desiccator

ب- وزن لای و رس از غلظت مخلوط موجود در سیلندر ته نشینی تعیین می‌گردد. این عمل را می‌توان با یک برداشت توسط پیپت بلافاصله بعد از بهم زدن انجام داد. وزن ماسه‌ای که قبلاً جدا شده، باید به این وزن اضافه شود [۲].

ج- وزن لای و رس بعد از اتمام آزمایش دانه بندی پیپت تعیین می‌شود. باید وزن تمام نمونه‌ها را بهم اضافه نمود. وزن ماسه که قبلاً جدا شده نیز باید مدنظر قرار گیرد.

د- نمونه لای و رس با افزودن آب مقطر و با استفاده از وسیله مناسب به دو قسمت مساوی تقسیم می‌گردد. یک قسمت آن برای تعیین وزن لای و رس تبخیر می‌شود و قسمت دیگر برای آزمایش پیپت و دانه بندی ماسه بکار می‌رود. دقت این روش بستگی به دقت تقسیم دارد و عموماً توصیه نمی‌شود. بنظر می‌رسد، روش «ب» از همه مناسب‌تر است و توصیه می‌شود که هر دو روش «ب» و «ج» با هم بکار رود.

فرم نشان داده شده در جدول ۳ برای ثبت نتایج و محاسبات بکار می‌رود. در این فرم نتایج دانه بندی ماسه جدا شده با روش الک نیز ثبت می‌گردد. وزن خالص لای و رس مربوط به هر برداشت در ضریب حجم^۱ ضرب می‌گردد. ضریب حجم نسبت حجم کل به حجم پیپت (برداشت) می‌باشد. با ضرب نمودن وزن خالص لای و رس هر برداشت در ضریب حجم، وزن رسوب کوچکتر از اندازه موردنظر در سوسپانسیون، بدست می‌آید. از تقسیم این نتایج به وزن کل لای و رس در مخلوط، درصد وزنی ذرات کوچکتر از اندازه موردنظر تعیین می‌شود.

۶-۱-۱ برگه‌های آزمایش

برگه‌های آزمایش پیپت (و نیز الک) مطابق فرم ۱۰۷- SPS (جدول ۳) روش پر کردن این فرمها در بخشهای ۱-۱-۴ و ۱-۱-۵ شرح داده شده است. برای روشن شدن جزئیات مثال زیر در نظر گرفته می‌شود:

۷-۱-۱ مثال

اطلاعات، داده‌ها و آنالیز مثال مربوط به روش پیپت در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- فرم (۱۰۷ - SPS) برای آنالیز ذرات رسوب با روش الک - پیپت

اطلاعات کلی مربوط به نمونه		املاح محلول		تاریخ توسط		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
رودخانه		حجم		آب رودخانه		ماده پخش کننده:		تاریخ توسط	
محل		شماره ظرف		شماره ظرف		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
تاریخ زمان		کل		کل		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
ارتفاع شاخص ایستگاه		ظرف		ظرف		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
درجه حرارت سانتیگراد		خالص		خالص		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
تعداد بطری‌ها		وزن قسمت آنالیز نشده		وزن قسمت آنالیز نشده		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
وزن نمونه		قسمت - شماره ظرف		قسمت - شماره ظرف		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
وزن رسوب		کل		کل		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
غلظت متوسط		ظرف		ظرف		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
املاح محلول		خالص		خالص		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
هدایت ویژه -		املاح محلول		املاح محلول		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
سایر خواص شیمیایی -		خالص		خالص		قسمت استفاده شده		ماده پخش کننده:	
الک									
اندازه (میلیمتر)									
شماره ظرف									
کل									
ظرف									
خالص									
٪ کل									
٪ کوچکتر از (gr)									
پیپت									
شماره پیپت									
اندازه (میلیمتر)									
زمان (ساعت)									
درجه حرارت (سانتیگراد)									
عمق ته نشین (سانتیمتر)									
زمان ته نشینی (ثانیه + دقیقه)									
شماره ظرف									
کل									
ظرف									
خالص									
تصحیح املاح محلول									
رسوب خالص									
کوچکتر از									
٪ کوچکتر از (gr)									

جدول ۴- فرم (۱۰۷ - SPS) برای آنالیز ذرات رسوب با روش الک - پیپت

اطلاعات کلی مربوط به نمونه رودخانه باهو محل بلوچستان تاریخ ۱۳۵۳/۲/۱۲ زمان ۲ بعد از ظهر ارتفاع شاخص ۳/۳۰ ایستگاه پیشین درجه حرارت ۸° سانتیگراد		املاح محلول حجم آب رودخانه (CC) ۵۰۰ شماره ظرف ۲۰۱ کل ۱۰۲/۴۱۰۰ gr. ظرف ۱۰۲/۴۰۰۰ gr. خالص ۰/۱۰۰ gr.		تاریخ ۵۴/۳/۱ توسط علیپور قسمت استفاده شده ۱۰۰٪ ماده پخش کننده: کلرور کلسیم CC.		وزن رسوب ۵۰۱/۰۰ gr. حجم ۱۰۰۲/۰۰ CC. غلظت ۵/۰۹ ppm.		مطلوبه تیز ک	
تعداد بطری‌ها ۴ وزن نمونه ۸۲۷/۲ gr. وزن رسوب ۲۰/۵۰ gr. غلظت متوسط ۲۴/۸ ppm		وزن قسمت آنالیز نشده قسمت - شماره ظرف ۳۰۰ کل ۲۱۴/۹۷۹ gr. ظرف ۲۰۰/۰۰۰۰ gr. خالص ۱۰/۶۷۹۰ gr. املاح محلول ۰/۱۱ gr. خالص ۱۰/۶۶۸۰ gr.		کل ۲۱۴/۹۰۸۰ gr. ظرف ۲۱۰/۲ gr. خالص ۴/۷۰۸۰ gr. جزء الک شده ۴/۷۲۱۰ gr. جزء ماسه - ۰ gr. جزء پیپت ۵/۱۰۰۰ gr. لای و رس - ۰ gr. رسوب کل ۹/۸۲۱۰ gr.		غلظت متوسط ۲۴/۸ ppm هدایت ویژه - سایر خواص شیمیایی -		ک	
الک									
اندازه (میلیمتر)								ک	
شماره ظرف								ک	
کل								ک	
ظرف								ک	
خالص								ک	
% کل								ک	
. (gr) % کوچکتر از								ک	
پیپت									
شماره پیپت ۱۲۰								ک	
غلظت: حجم ۱۰۰۲/۰۰ فاکتور حجم: ۰/۵								ک	
اندازه (میلیمتر)								ک	
زمان (ساعت)								ک	
درجه حرارت (سانتیگراد)								ک	
عمق ته نشین (سانتیمتر)								ک	
زمان ته نشینی (ثانیه + دقیقه)								ک	
شماره ظرف								ک	
کل								ک	
ظرف								ک	
خالص								ک	
تصحیح املاح محلول								ک	
رسوب خالص								ک	
کوچکتر از								ک	
. (gr) % کوچکتر از								ک	

۲-۱ روش لوله BW

۱-۲-۱ مقدمه

آزمایش لوله BW یکی از روشهای دقیق و معتبر برای تعیین دانه‌بندی ذرات ریزدانه (لای و رس) است که بعد از روش پیپت، متداول‌ترین روش محسوب می‌گردد. در این راهنما اصول انجام این آزمایش به تفصیل بیان گردیده است.

مبنای تهیه این راهنما با هدف استفاده عملی از آن بوده است به قسمی که استفاده کننده، حتی بدون درک کامل تئوری و ملاحظات نظری زیربنای روش آزمایش، قادر به انجام صحیح و دقیق آزمایش باشد. بدیهی است در هر مورد که اشاره به تئوری در تفهیم بهتر روش آزمایش مؤثر تشخیص داده شده از بیان آن خودداری نشده است. ولی در موارد دیگر همواره سعی بر این بوده است که کمتر به تئوری پرداخته شده و بیشتر به نکات عملی اشاره شود. این راهنما براساس تشریح آزمایشهای استاندارد، تدوین شده است. البته در چارچوب روش‌های استاندارد، سعی گردیده تا کلیه جزئیات مربوطه بررسی شود.

از وسایل و تجهیزات موردنیاز این آزمایش، فقط تجهیزات خاص به صورت تفصیلی بررسی شده اما به بعضی از تجهیزات که جزء لوازم استاندارد هر آزمایشگاه رسوب می‌باشد، فقط اشاره‌ای، در حد استفاده از آنها در حین آزمایش، بعمل آمده است. علاوه بر تشریح ساختمان تجهیزات ویژه، فرم‌های استاندارد آزمایشگاهی نیز ضمیمه این راهنما گردیده که ضمن تشریح روش آزمایش، یک مثال با فرم‌های تکمیل شده نیز برای آن ارائه شده است.

۲-۲-۱ کلیات

یکی از روشهای تعیین دانه‌بندی مواد رسوبی ریزدانه استفاده از روش لوله BW^۱ می‌باشد. اگرچه این روش به اندازه روشهای الک^۲، پیپت^۳ یا روش لوله VA^۴ متداول نیست ولی در پاره‌ای موارد استفاده از آن مزایایی دارد. استفاده از روش لوله BW در مواقعی توصیه می‌شود که تعداد آزمایش‌ها بسیار کم بوده و یا غلظت لای و رس رسوبات پائین باشد. حداقل غلظت لای و رس لازم در این روش ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. در صورتی که در روش پیپت این رقم حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

1- Bottom Withdrawal

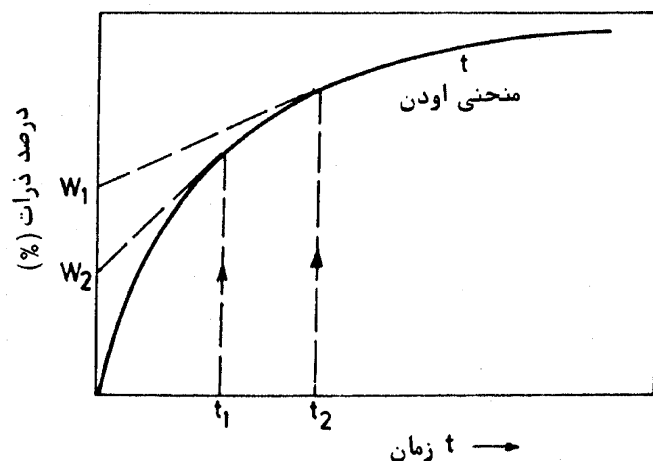
2- Sieve

3- Pipet

4- Visual Accumulation Tube

روش لوله BW براساس تئوری اودن^۱ بنا گردیده است. بر اساس فرضیات اودن در صورتی که ستونی از آب محتوی رسوبات از حالت پخش شدگی کامل شروع به ته نشینی نماید می توان استدلال نمود که در هر زمان معین t از شروع آزمایش، رسوبات ته نشین شده در انتهای ستون آب متشکل از ذرات بزرگتری و با سرعت ته نشینی^۲ زیادتری هستند که در زمان t از نقاط مختلف ستون به انتهای ستون رسیده اند. البته ذرات کوچکتر نیز ته نشین شده اند که سرعت ته نشینی کمتری داشته ولی مکان اولیه آنها بیشتر در قسمتهای پائین ستون بوده است. حال اگر مقادیر درصد ذرات ته نشین شده (مقدار ته نشین شده در هر زمان نسبت به کل رسوبات) در یک دستگاه مختصات نسبت به زمان رسم گردد نتیجه تئوری اودن به شکل منحنی زیر نمایش داده می شود (شکل ۲).

هرگاه t_1 و t_2 مدت زمانهای لازم برای ته نشینی ذرات به قطر d_1 و d_2 در تمام طول ستون آب باشد، در این صورت به ترتیب W_1 و W_2 غلظت ذرات بین دو اندازه d_1 و d_2 را در نمونه نشان می دهد. W_1 و W_2 از تلاقی خطوط مماس بر منحنی اودن در نقاط $t = t_1$ و $t = t_2$ و محور قائم بدست می آید.



شکل ۲- شکل عمومی منحنی اودن [۱۰]

۳-۲-۱ وسائل و تجهیزات روش BW

علاوه بر وسائل و تجهیزات معمولی که در آزمایشگاه رسوب شناسی وجود دارد فقط یک لوله BW و پایه آن مورد نیاز می باشد. لوله BW در شکل ۳ نشان داده شده است.

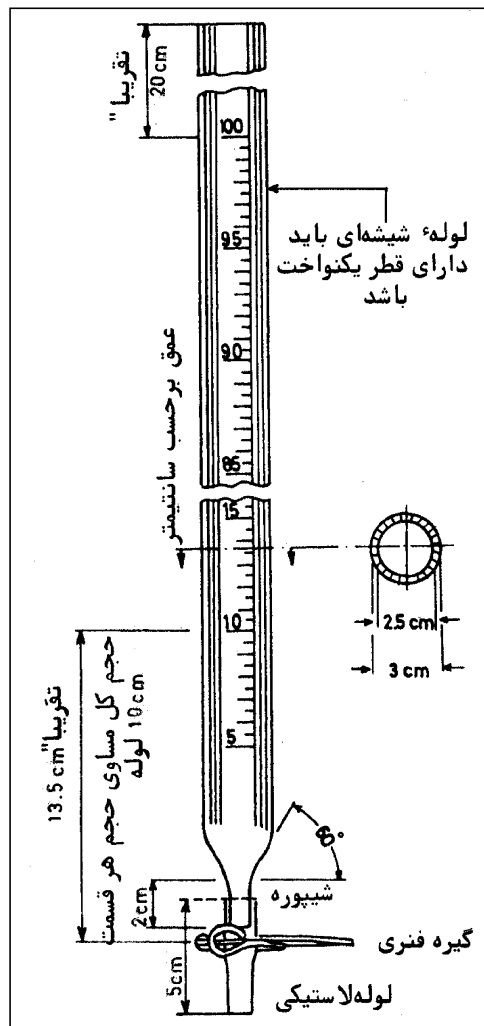
1- Oden

2- Fall Velocity

مشخصات فنی ویژه این لوله عبارت است از:

- طول لوله تقریباً ۱۲۲ سانتیمتر
- قطر داخلی بدنه ۲۵ الی ۲۶ میلیمتر
- قطر داخلی شیپوره پایین لوله $0.25 \pm 6/35$ میلیمتر
- ضخامت دیواره شیپوره ۱/۲۵ الی ۱/۷۵ میلیمتر
- زاویه تبدیل بدنه لوله به دهانه شیپوره قسمت مخروطی شکل 10 ± 60 درجه نسبت به افق
- طول دیواره قائم لوله شیپوره بعد از قسمت مخروطی شکل ۲ سانتیمتر

ساختمان شیپوره و بدنه معمولاً یکپارچه می‌باشد. البته در صورتی که سطح داخلی کاملاً همواری ایجاد شود می‌توان شیپوره و بدنه را جداگانه ساخت و به هم متصل نمود.



شکل ۳- لوله BW

لوله BW باید مدرج باشد. درجه بندی با فواصل طولی ۵ سانتیمتر روی بدنه نوشته می شود. این اعداد از رقم ۵ در پایین لوله شروع و تا ۱۰۰ سانتیمتر ادامه دارد. عدد ۱۰ سانتیمتر باید در فاصله ای حدود ۱۳/۵ سانتیمتر از انتهای شیپوره قرار گیرد. محل دقیق این عدد باید به ترتیب زیر تعیین گردد:

ابتدا حجم آبی که ستونی به ارتفاع ۹۰ سانتیمتر را در لوله اشغال می نماید تعیین نموده و سپس این حجم آب به ۹ قسمت مساوی تقسیم می شود. با ریختن یکی از این قسمتها در لوله خالی BW، سطح آب محل دقیق عدد ۱۰ سانتیمتر را معین خواهد نمود. حجم آب هر ستون ۱۰ سانتیمتری از لوله مساوی با حجم آب واقع در زیر عدد ۱۰ سانتیمتر لوله با دقت به اضافه یا منهای ۲ میلی لیتر می باشد. عدد ۱۰۰ سانتیمتر باید تقریباً به اندازه ۲۰ سانتیمتر از انتهای بالای لوله پائین تر باشد. خطوط مشخص کننده اعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ... باید دارای طولی معادل ربع دایره خارجی بدنه بوده و خطوط مشخص کننده فواصل ۱ و ۰/۵ سانتیمتر متناسب با آن کوچکتر باشد و اعداد فقط در فواصل ۵ سانتیمتری نوشته شوند. انتهای شیپوره توسط یک حلقه فلزی نازک تقویت گردیده و لبه های انتهای آن باید با شعله گرد شود.

برای بستن دهانه شیپوره، به انتهای شیپوره یک لوله لاستیکی کوتاه مطابق شکل ۳ وصل می گردد. قطر داخلی لوله لاستیکی اندکی کوچکتر از قطر خارجی انتهای شیپوره است، تا اتصال محکمی ایجاد گردد. روی لوله لاستیکی یک گیره فنری قرار دارد که با فشردن آن می توان مجاری عبور لوله لاستیکی را جهت تخلیه سریع باز نمود.

لوله BW در ابتدای آزمایش معمولاً تا عدد ۱۰۰ سانتیمتر پر می شود. در صورتی که اندازه دانه های رسوبی موجود در آب محتوی ماسه، کوچکتر از ۰/۰۶۳ میلی متر نبوده و یا مقدار رسوبات به حدی نباشد که غلظت کل ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر ایجاد شود می توان از عدد ۸۰ سانتیمتر شروع نمود. در این حالت تعداد تخلیه ها به جای ده نوبت هشت نوبت خواهد بود (هر تخلیه، ستونی به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر را شامل می شود).

۱-۲-۴ روش آزمایش لوله BW

وزن خالص مخلوط آب و رسوبات کل نمونه قبل از انجام آزمایش های تعیین دانه بندی در فرمهای SPS-۱۰۱ (جدول ۸) یا SPS-۱۰۲ (نمودار ۱) ثبت می گردد. مشخصات اولیه قسمتی از نمونه که برای آزمایش لوله BW مورد استفاده قرار می گیرد در جدول ۷ قسمت "اطلاعات کلی نمونه" از فرم SPS-۱۰۱ ثبت می شود. بعد از آنکه رسوبات نمونه مزبور کاملاً در بطری نمونه ته نشین گردید آب روی مواد رسوبی تا حداکثر ممکن تخلیه می گردد. در صورتی که ته نشینی رسوبات خیلی طول بکشد می توان از روش آزمایش پیت استفاده نمود. ممکن است محتویات چند بطری نمونه رسوب را با هم مخلوط و سپس آزمایش کرد.

مراحل مختلف آزمایش لوله BW:

چون آزمایش لوله BW عموماً برای دانه‌بندی لای و رس بکار می‌رود، بنابراین لازم است قبلاً ماسه از ذرات ریزدانه جدا شود. روش جدا کردن ماسه از لای و رس به دو صورت است [۱].

بعد از جدا کردن ذرات درشت (ماسه) از ذرات ریز (لای و رس)، رسوبات ریزدانه به داخل لوله BW منتقل گردیده و سپس آب مقطر و یا آب اصلی نمونه به آن اضافه می‌شود. برای اطمینان از پخش کامل رسوبات در آب مقدار ۵ میلی‌لیتر (برای هر ۱۰۰ سانتیمتر ستون آب در لوله BW) و یا ۴ میلی‌لیتر (برای ۸۰ سانتیمتر ستون آب در لوله BW) ماده پخش‌کننده به لوله BW اضافه می‌گردد [۱]. بعد از اضافه نمودن ماده پخش‌کننده، محتوی لوله BW به مدت ۵ دقیقه با به هم زدن مخلوط می‌گردد.

ضریب تصحیح املاح محلول بدین ترتیب بدست می‌آید که در یک لوله تمیز، مخلوط متناظر آب و پخش‌کننده تهیه گردیده و سپس در دو نوبت یا بیشتر، مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از این مخلوط را گرفته و بعد از تبخیر آب نمونه، میزان املاح باقی مانده سنجیده می‌شود و نتایج عملیات در قسمت "املاح محلول" (فرم ۱۰۱-SPS) جدول ۸ درج می‌گردد.

قبل از قرار دادن لوله BW روی پایه و شروع به ته‌نشینی لازم است یک تکه چوب‌پنبه روی انتهای باز لوله قرار داده و سپس برگردانده شود به شکلی که امتداد لوله با سطح افق زاویه حدود ۱۰ درجه بسازد. در این حالت لوله تکان داده می‌شود تا ذرات درشتی که در گلوگاه شیپوره جمع شده است از آنجا خارج شوند، در نتیجه حبابهای هوا به طرف گلوگاه شیپوره حرکت کرده و این فضا را اشغال می‌کنند و ذرات درشت در طول لوله و به‌طور یکنواخت به حرکت درخواهند آمد. آنگاه لوله به حالت اولیه برگردانده می‌شود و حبابهای هوا به طرف بالا حرکت می‌کنند. بعد از گذشت حدود ۵ ثانیه که حبابها به قسمت بالایی لوله رسیدند مجدداً لوله سریعاً معکوس می‌شود و به مدت یک دقیقه در این حالت نگهداشته می‌شود. بعد از انقضای این مدت کلیه حبابهای هوا در گلوگاه شیپوره جمع می‌شوند. حال با یک حرکت سریع لوله به حالت اولیه برگردانده شده و روی پایه نصب می‌شود. اندازه‌گیری زمان ته‌نشینی از وقتی آغاز می‌شود که حبابهای هوا به سمت بالا شروع به حرکت کنند. بعد از رسیدن حبابها به فضای بالای لوله چوب‌پنبه برداشته می‌شود.

نمونه‌گیری از لوله BW باید به حجمهای مساوی و در آنچنان فواصل زمانی صورت گیرد که بهترین نتایج برای ترسیم منحنی اودن به‌دست آید. هر نمونه‌گیری دارای حجمی متناظر با ۱۰ سانتیمتر ستون آب در لوله BW می‌باشد. البته این رقم تا حدودی اختیاری است و زمان نمونه‌گیریها می‌تواند از ۳ یا ۴ دقیقه تا ۴۵۰ دقیقه بسته به غلظت ذرات لای و رس متفاوت باشد. جدول ۶ رابطه بین قطر ذرات و زمان لازم برای ته‌نشینی به اندازه ۸۰ و ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع را نشان می‌دهد. زمان آخرین نمونه‌گیری باید طوری انتخاب شود که غلظت ذرات به قطر ۰/۰۱۹۵ میلیمتر روی منحنی اودن قابل محاسبه باشد. برای دمای 20°C این زمان از جدول ۵ حدوداً برابر ۵۲۰ دقیقه و برای دمای 30°C حدوداً برابر ۴۲۰ دقیقه است. انتخاب ۴۲۰ دقیقه برای آخرین نمونه‌گیری عموماً مناسب است.

شروع نمونه برداری ۲ الی ۳ ثانیه زودتر از زمان تنظیم شده آغاز می گردد. برای این منظور گیره فنری فشرده می شود تا مسیر عبور جریان کاملاً باز شود. بعد از آنکه قسمت اعظم حجم نمونه خارج گردید گیره فنری به آرامی رها می شود تا آخرین قطرات حجم نمونه نیز خارج گردد. در ابتدای کار باید مسیر عبور آب کاملاً باز باشد تا تمام رسوبات ته نشین شده همراه با جریان آب شسته شده و به خارج از لوله BW منتقل گردد. اغلب توصیه می گردد که زمان نمونه گیری همزمان با انتهای عملیات فوق و نه در ابتدای آن در نظر گرفته شود. چون ته نشینی ذرات در قسمت دهانه شیپوره از تئوری اودن تبعیت نمی کند لذا بهتر است در آخرین نمونه گیری محتویات این قسمت را در داخل لوله لاستیکی باقی گذاشت.

جدول ۵- زمان لازم (بر حسب دقیقه) برای ته نشینی ذرات با وزن مخصوص

۲/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب به ارتفاعی معادل ۱۰۰ سانتیمتر [۱۰]

قطر ذرات بر حسب میلیمتر								درجه حرارت
۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۷۸	۰/۰۱۵۶	۰/۰۳۱۲	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	به سانتیگراد
۵۱۵۳	۱۲۸۸	۳۲۲	۸۰/۵	۲۰/۱	۵/۰۲	۱/۴۸	۰/۵۲۲	۱۸
۵۰۲۶	۱۲۵۶	۳۱۴	۷۸/۵	۱۹/۶	۴/۸۸	۱/۴۵	۰/۵۱۵	۱۹
۴۹۹۴	۱۲۲۵	۳۰۶	۷۶/۶	۱۹/۲	۴/۷۷	۱/۴۱	۰/۵۰۸	۲۰
۴۷۸۷	۱۱۹۶	۲۹۹	۷۴/۹	۱۸/۷	۴/۶۷	۱/۳۹	۰/۵۰۲	۲۱
۴۶۷۴	۱۱۶۸	۲۹۲	۷۳/۰	۱۸/۳	۴/۵۵	۱/۳۷	۰/۴۹۶	۲۲
۴۵۶۶	۱۱۴۱	۲۸۵	۷۱/۳	۱۷/۸	۴/۴۵	۱/۳۴	۰/۴۹۰	۲۳
۴۴۶۲	۱۱۱۵	۲۷۹	۶۹/۶	۱۷/۴	۴/۳۳	۱/۳۲	۰/۴۸۴	۲۴
۴۳۶۲	۱۰۹۰	۲۷۳	۶۸/۱	۱۷/۰	۴/۲۵	۱/۳۰	۰/۴۷۸	۲۵
۴۲۶۳	۱۰۶۶	۲۶۷	۶۶/۶	۱۶/۷	۴/۱۵	۱/۲۸	۰/۴۷۲	۲۶
۴۱۶۹	۱۰۴۲	۲۶۱	۶۵/۱	۱۶/۳	۴/۰۵	۱/۲۶	۰/۴۶۶	۲۷
۴۰۷۹	۱۰۱۹	۲۵۵	۶۳/۷	۱۵/۹	۳/۹۷	۱/۲۴	۰/۴۶۰	۲۸
۳۹۹۲	۹۹۷	۲۴۹	۶۲/۳	۱۵/۶	۳/۸۸	۱/۲۲	۰/۴۵۵	۲۹
۳۹۰۷	۹۸۶	۲۴۴	۶۱/۰	۱۵/۳	۳/۸۰	۱/۲۰	۰/۴۵۰	۳۰
۳۸۲۶	۹۵۶	۲۳۹	۵۹/۷	۱۴/۹	۳/۷۱	۱/۱۸	۰/۴۴۵	۳۱
۳۷۴۷	۹۳۶	۲۳۴	۵۸/۵	۱۴/۶	۳/۶۵	۱/۱۷	۰/۴۴۱	۳۲
۳۶۷۱	۹۱۷	۲۲۹	۵۷/۳	۱۴/۲	۳/۵۸	۱/۱۵	۰/۴۳۸	۳۳
۳۵۹۹	۸۹۸	۲۲۴	۵۶/۱	۱۳/۹	۳/۵۱	۱/۱۳	۰/۴۳۵	۳۴

نمونه‌ها در ظروف مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری گرفته می‌شود تا هرگونه احتمال تلف شدن و پریدن قطرات آب به بیرون از بین برود. سپس نمونه‌ها با دقت به ظروف تبخیر منتقل می‌گردد. در این انتقال رطوبت چسبیده به ظروف مدرج با جریان آب مقطر شسته شده و به ظروف تبخیر منتقل می‌شود. ظروف تبخیر سپس در آون با دمای نزدیک به نقطه جوش قرار داده می‌شود. البته این دما نباید آنقدر بالا باشد که در اثر جوشیدن مایع، ذرات رسوب به بیرون ظرف ریخته شود. از یک فلاسک کوچک نیز می‌توان بجای ظرف تبخیر استفاده نمود به شرطی که وزن آن کم بوده و تمیز کردن آن نیز مشکل نباشد. وقتی خشکی ظروف تبخیر یا فلاسک مشاهده گردید درجه حرارت تا 110°C بالا برده شده و به مدت یک ساعت در این دما نگهداشته می‌شود. سپس ظرف تبخیر یا فلاسک به بیرون از آون و به یک دسیکاتور منتقل می‌گردد تا خنک شود. دستورالعمل توزین رسوبات مانند دستورالعمل تعیین غلظت رسوبات [۳] می‌باشد.

از آنجا که درجه حرارت آب تأثیر عمده‌ای در لزجت و در نتیجه سرعت ته‌نشینی ذرات دارد لذا لازم است به‌عنوان مثال درجه حرارت آب بین نمونه‌گیری‌های ششم و هفتم کنترل شود. در صورتی که دمای آزمایشگاه ثابت نباشد کنترل درجه حرارت آب باید چندین بار صورت گیرد.

۱-۲-۵ ثبت نتایج و محاسبات

ثبت نتایج آزمایش و انجام محاسبات ضروری مطابق با برگه آزمایش لوله BW (فرم ۱۰۱-SPS) جدول ۸ صورت می‌گیرد. در این برگه عمق اولیه ستون آب برابر ۱۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده و زمان نمونه‌گیری بستگی به آزمایش مربوطه دارد. از جدول ۶ می‌توان به‌عنوان راهنما برای انتخاب زمانهای نمونه‌گیری استفاده نمود. در صورتی که از عمق ته‌نشینی ۸۰ سانتیمتر استفاده گردد دو ستون اول مربوط به عمق ۹۰ و ۱۰۰ سانتیمتر نباید پر شود.

جدول ۶- زمانهای پیشنهادی نمونه‌گیری (دقیقه)

عمق ته‌نشینی ۱۰۰ سانتیمتر	عمق ته‌نشینی ۸۰ سانتیمتر
۰	-
۴	-
۱۲	۰
۲۸	۳
۴۸	۱۵
۱۰۰	۶۰
۱۸۰	۱۲۰
۲۶۰	۲۱۰
۳۶۰	۳۰۰
۴۵۰	۴۵۰

ردیفهای a تا g فرم ۱۰۱-SPS و خود g در هر نمونه‌گیری پر می‌شوند. ردیف h از تفاضل وزن کل نمونه^۱ یعنی f و وزن ظرف مدرج^۲ یعنی g بدست می‌آید. ردیف i یعنی ضریب تصحیح مواد محلول بستگی به حجم نمونه و غلظت مواد محلول دارد که در قسمت "مواد محلول" محاسبه شده است. وزن خالص رسوبات، (ردیف j)، از تفاضل ردیفهای h و i بدست می‌آید. ردیف k وزن کل رسوبات لوله BW را نشان می‌دهد که از مجموع ارقام مندرج در ردیف j با شروع از آخرین نمونه‌گیری بدست می‌آید. ضریب عمق L از تقسیم ارتفاع ستون اولیه آب در لوله BW یعنی ۱۰۰ سانتیمتر به ارتفاع ستون قبل از هر نمونه‌گیری (ردیف b) بدست می‌آید. این ارقام در برگه آزمایش مندرج هستند. اگر ستون اولیه به ارتفاع ۸۰ سانتیمتر باشد باید ارقام دیگری را به جای این اعداد در نظر گرفت. از حاصلضرب ضریب عمق (L) در وزن کل رسوبات (k)، وزن رسوبات معلق در مراحل مختلف در لوله BW بدست می‌آید و این ارقام در ردیف (m) نوشته می‌شوند. ردیف n نشان‌دهنده درصد مواد معلق نمونه می‌باشد. وزن کل رسوبات نمونه باید شامل ماسه جدا شده نیز باشد. ردیف o نمایانگر زمان لازم برای ته‌نشینی رسوبات هر نمونه به عمق ۱۰۰ سانتیمتر است و از حاصلضرب ردیفهای L و c بدست می‌آید.

از نتایج حاصله می‌توان منحنی اودن را به نحوی که در نمودار ۱ (فرم ۱۰۲-SPS) نشان داده شده است رسم نمود. منحنی کامل با استفاده از نتایج بدست آمده در ردیف n برای زمان کل آزمایش (محور ۷۰۰۰-۰ دقیقه) و برای زمانهای کوتاه (با استفاده از محورهای ۷۰-۰ دقیقه و ۳۵۰-۰ دقیقه) و قسمتی از منحنی که گویای نتایج برای ذرات درشت‌تر است ترسیم شده است. از آنجاکه از لوله BW معمولاً برای سنجش لای و رس استفاده می‌شود لذا محور ۷۰-۰ دقیقه به ندرت مورد نیاز خواهد بود. اگر زمانهای نمونه‌گیری همواره مطابق با جدول ۶ انتخاب شود بهتر است این زمانها روی فرم ۱۰۲-SPS مشخص گردیده و خطوط متعامد متناظر با این زمانها رسم گردد تا ادامه کار به سهولت انجام پذیرد. بعد از ترسیم منحنی اودن می‌توان با استفاده از جدول ۵ زمانهای لازم برای ته‌نشینی ذرات با قطرهای مورد نظر را روی منحنی مشخص و با رسم خطوط مماس به منحنی در این نقاط غلظت ذرات با قطرهای مربوطه را بدست آورد.

اگر نقطه صفر محور قائم در فرم ۱۰۲-SPS برخلاف آنچه که در فرم ۱۰۱-SPS نشان داده شده روی مبدأ مختصات انتخاب شده و محور از پائین به بالا مدرج گردد، اعدادی که از تقاطع خطوط مماس بر منحنی اودن و این محور بدست می‌آید، درصد ذرات بزرگتر (سنگین‌تر) از اندازه متناظر با زمان مربوط به خط مماس را نشان خواهد داد. در صورتی که در وضعیت فعلی، درصد ذرات سبک‌تر از قطر مورد نظر نشان داده می‌شود. در رسم منحنی اودن باید نهایت دقت به عمل آید زیرا نقطه تقاطع خطوط مماس بستگی کامل به شیب منحنی دارد. شیب منحنی باید به تدریج کم شده و تغییرات شیب نباید ناگهانی باشد، زیرا در این صورت معلوم می‌شود که پخش ذرات لای و رس بطور کامل صورت نگرفته و این ذرات به حالت چسبیده و با هم ته‌نشین گردیده‌اند. این وضعیت بیشتر در مواردی رخ می‌دهد که

از آب رودخانه استفاده شده و یا ماده شیمیایی پخش کننده از نظر نوع و مقدار مناسب نبوده است. از لحاظ تئوری، شیب منحنی در انتها باید به سمت صفر میل کند ولی اغلب این حالت مشاهده نمی‌شود. دلیل این امر آن است که ذرات فوق‌العاده ریز در انتهای آزمایش هنوز ته‌نشین نگردیده‌اند. در بیشتر حالات مقایسه دو منحنی بدست آمده از یک نمونه بسیار مفید است. اگر ذرات ماسه قبلاً از نمونه جدا شده باشد منحنی تا زمان متناظر با قطر 0.063 میلیمتر باید به صورت خط مستقیم باشد.

۱-۲-۶ برگه‌های آزمایش

برگه‌های استاندارد برای آزمایش لوله BW، دو فرم SPS-101 و SPS-102 می‌باشد که برای تکثیر و استفاده، در انتهای همین بخش آمده است. روش پرکردن این فرمها در بخش ۱-۲-۵ شرح داده شده است. برای روشن شدن جزئیات، مثال زیر ارائه شده است.

۱-۲-۷ مثال

این مثال مربوط به نمونه‌های برداشت شده از بار معلق رودخانه باهوکلالت در بلوچستان می‌باشد. اسم رودخانه و سایر اطلاعات مربوط به زمان و مکان نمونه‌برداری در قسمت "اطلاعات کلی در مورد نمونه" به ترتیب زیر آورده می‌شود. محاسبات مربوط به این مثال در فرم SPS-101 نشان داده شده است.

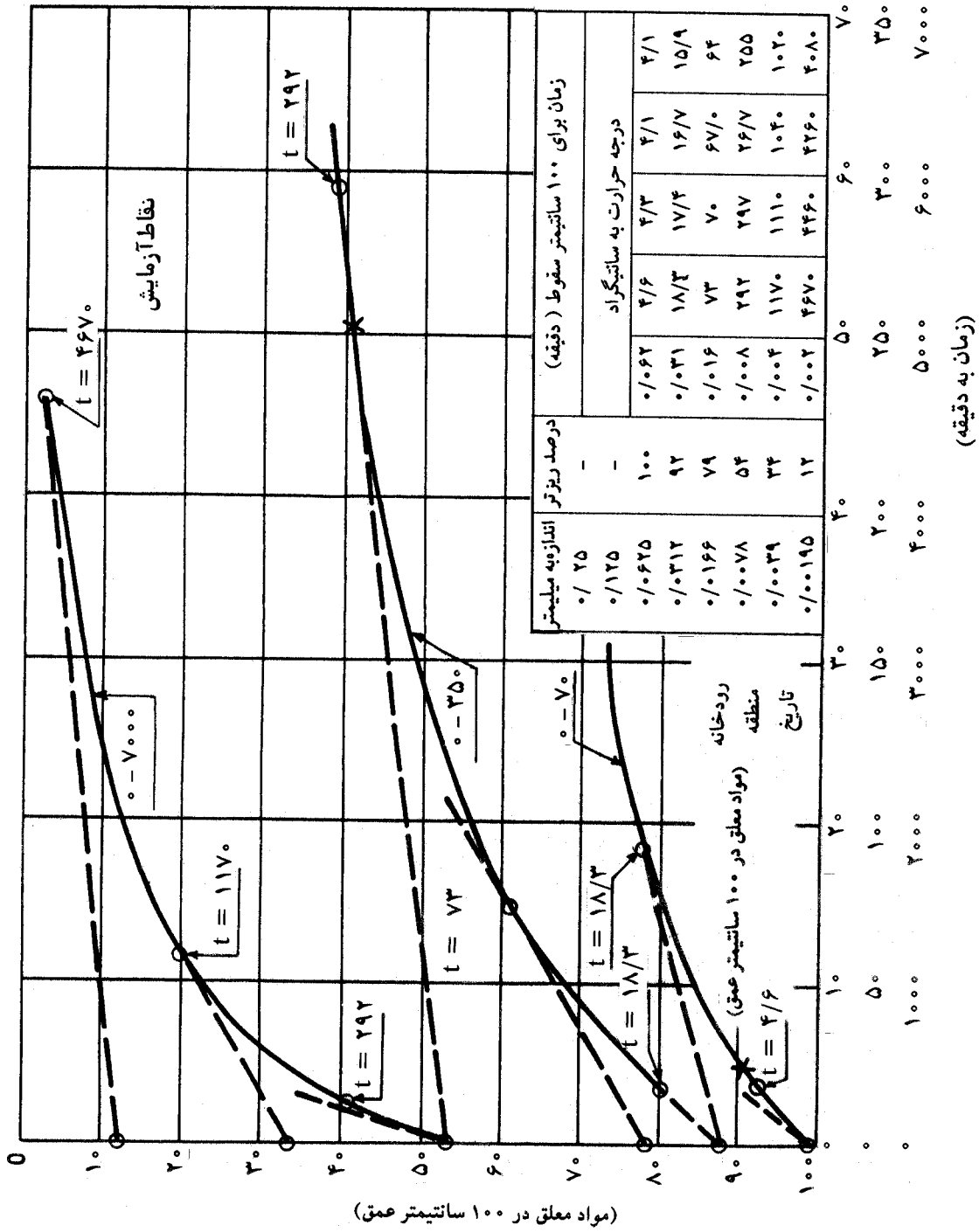
جدول ۷- اطلاعات کلی نمونه مربوط به فرم SPS-101

اطلاعات کلی در مورد نمونه		
نام رودخانه	باهوکلالت	
محل	بلوچستان جنوبی	
تاریخ نمونه‌برداری	۶۵/۶/۱	ساعت نمونه‌برداری
ایستگاه پیشین	درجه حرارت	۱۵/۵
شرایط ویژه -	pH	غیره -
بده جریان	۱۱۲۵ مترمکعب بر ثانیه	محاسب
	xx	کنترل کننده
		xxx

جدول ۸- فرم ۱۰۱- SPS آنالیز دانه بندی ذرات رسوب با روش لوله BW

آنالیز داده‌ها												مجموع داده‌های نمونه											
داده‌ها		توسط		قسمت استفاده شده		کلرورکسیم (cc)																	
کد نمونه	وزن طرف	وزن خالص	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم		
																						درجه حرارت (c)	روسوب
ملاحظات:		املاح محلول		شستشوی لوله		حجم		شماره ظرف		کل		ظرف		ظرف		خالص		ظرف		خالص		ظرف	
ملاحظات:		املاح محلول		شستشوی لوله		حجم		شماره ظرف		کل		ظرف		ظرف		خالص		ظرف		خالص		ظرف	
ملاحظات:		املاح محلول		شستشوی لوله		حجم		شماره ظرف		کل		ظرف		ظرف		خالص		ظرف		خالص		ظرف	
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	شماره												
-										۱۵/۳۰	a	زمان آزمایش (ساعت)											
۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	b	فاصله سقوط (سانتی متر)											
-	۲۵۰	۳۶۰	۲۶۰	۱۸۰	۱۰۰	۲۸	۲۸	۱۲	۴	۰	c	زمان ته نشینی (دقیقه)											
	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	-	d	حجم (cc)											
	۱۱۰	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۷	۱۰۶	۱۰۵	۱۰۴	۱۰۳	۱۰۲	-	e	شماره ظرف											
	۵۰/۰۰۱۱	۵۰/۰۰۲۵	۵۰/۰۰۷۶	۵۰/۰۰۹۷	۵۰/۰۱۵۱۹	۰/۰۲۱۲۱	۵۰/۰۲۲۶۵	۵۰/۰۲۴۲۳	۵۰/۰۲۵۶۸	-	f	کل											
									۵۰/۰	-	g	ظرف											
	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۴۵۳	۰/۰۰۷۶۸	۰/۰۰۹۷۶	۰/۰۱۵۱۹	۰/۰۲۱۲۱	۰/۰۲۲۶۵	۰/۰۲۴۲۳	۰/۰۲۵۶۸	۱/۰۳۱۲۲	h	خالص											
									۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴۵	i	ضریب انحلال											
	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۳۸۲	۰/۰۰۷۶۳	۰/۰۰۹۷۱	۰/۰۱۵۱۲	۰/۰۲۱۱۶	۰/۰۲۲۶۰	۰/۰۲۴۱۸	۰/۰۲۵۶۲	۱/۰۳۰۹۹	j	روسوب خالص											
	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۴۴۸	۰/۰۱۲۱۱	۰/۰۲۱۸۲	۰/۰۳۶۹۶	۰/۰۵۸۱۲	۰/۰۸۰۷۸	۱/۰۵۲۹۶	۱/۰۳۰۹۹	۱/۰۳۰۹۹	k	مخلوط											
-	۱۰	۵	۳/۳۳	۱/۵۰	۲/۰۰	۱/۶۶	۱/۴۸	۱/۲۵	۱/۱۱	۱/۰۰	l	فاکتور عمق	100/b										
-	۰/۰۰۶۵۶	۰/۰۲۲۴۰	۰/۰۴۰۳۲	۰/۰۵۲۵۶	۰/۰۷۳۹	۰/۰۹۴۶	۱/۰۱۴۵۲	۱/۰۳۱۲	۱/۰۲۲۹۶	-	m	روسوب بحالت معلق (KxL)											
	۲/۱	۱۴	۲۵/۲	۳۲/۱	۴۶/۲	۶۰/۲	۷۲/۲	۸۲	۲۰/۶	۱۰۰	n	درصد مواد معلق											
	۲۵۰۰	۱۸۰۰	۸۶۷	۲۵۰	۲۰۰	۸۰	۴۰	۱۵	۴/۴۲	۰	o	زمان برای ۱۰۰ سانتیمتر (min)											

نمودار ۱- فرم ۱۰۲- SPS



بخش ۲- آزمایشهای دانه‌بندی مواد دانه درشت

۱-۲ روش لوله VA

۱-۱-۲ مقدمه

دانه‌بندی رسوبات درشت‌دانه (شن و بزرگتر از آن) از عملیاتی محسوب می‌شود که کمتر می‌توان آن را در چارچوب استاندارد خاصی قرار داد. معذالک آزمایش لوله VA^۱ یکی از روش‌های مؤثر و دقیق برای تعیین دانه‌بندی رسوبات درشت‌دانه (ماسه) می‌باشد. این روش در گذشته در کشور ما کمتر متداول بوده است و اهمیت معرفی آن کاملاً احساس می‌گردد. در این راهنما، سعی شده است اصول انجام آزمایش لوله VA به تفصیل بیان شود.

اندازه پاره‌ای از دانه‌های درشت‌رسوبی نیز با آزمایشهای صحرایی و با دستگاههای خاص، حتی بدون برداشتن آنها از محل بستر رودخانه تعیین می‌شود. و در بعضی موارد نیز این دانه‌ها جهت تعیین اندازه به آزمایشگاه ارسال می‌گردد.

۲-۱-۲ کلیات

رسوبات درشت‌دانه یعنی دانه‌هایی که قطر نامی آنها بیش از ۰/۰۶۲۵ میلیمتر است مانند ماسه^۲ با اندازه ۰/۰۶۲۵ تا ۲ میلیمتر شن^۳ با اندازه ۲ تا ۶۴ میلیمتر - قلوه‌سنگ^۴ با اندازه ۶۴ تا ۲۵۶ میلیمتر و قطعه‌سنگ^۵ با اندازه‌های بزرگتر از ۲۵۶ میلیمتر را می‌توان در انواع نمونه‌های ته‌نشین شده در بستر رودخانه‌ها، مخازن سدها و گاهی در رسوبات معلق ملاحظه نمود.

همانطور که در مقدمه آمده است آزمایش لوله VA برای تعیین دانه‌بندی رسوبات درشت‌دانه (ماسه) معرفی شده است، هر چند در تقسیم‌بندی دانه‌های رسوبی اساساً ذرات رسوبی با قطر نامی بزرگتر از ۲ میلیمتر در طبقه‌بندی «درشت‌دانه» شناخته شده‌اند.

اما در مجموعه روشهای دانه‌بندی مواد رسوبی: الک‌کردن^۶ و روش لوله VA برای دانه‌بندی رسوبات درشت‌دانه مثل

1- Visual Accumulation Tube

2- Sand

3- Gravel

4- Pebbles - Cobbles

5- Boulder

6- Sieve

ماسه^۱ و شن^۲ و از روشهای پیپت^۳ و لوله BW^۴ برای دانه‌بندی رسوبات ریزدانه (لای^۵ و رس^۶) استفاده می‌شود. لذا لوله VA از جمله وسایل سریع و با دقت مطلوب برای تعیین توزیع اندازه ذرات نمونه رسوب، برحسب خصوصیات هیدرولیکی ذرات و سرعت سقوط یا قطر سقوط می‌باشد.

از روش لوله VA به خصوص برای تعیین دانه‌بندی ذرات ماسه استفاده می‌شود، این روش می‌تواند همراه با روش پیپت و یا روش BW مورد استفاده قرار گیرد.

برای انجام آزمایش با لوله VA، ذرات ماسه باید در شرایطی باشند که بتوانند بطور آزاد و منفرد در آب ته‌نشین شوند. بنابراین لازم است ذرات ماسه کاملاً خیس باشند و نباید ذرات رس یا حبابهای هوا به آنها چسبیده باشد. برای انجام آزمایش ابتدا، ذرات ماسه (۰/۰۵ تا ۰/۱۵ گرم) را در ۴۰ میلی‌لیتر آب که دمای آن حداکثر ۲ درجه سانتیگراد با دمای آب لوله VA متفاوت باشد ریخته می‌شود.

در صورتیکه نمونه مورد آزمایش دارای مواد آلی باشد، باید قبل از آزمایش مواد آلی حذف شود [۱]، زیرا وجود مقادیر بسیار جزئی مواد آلی ممکن است تاثیرات قابل ملاحظه‌ای در نتایج آزمایش داشته باشد، لذا حذف مواد آلی بطور کامل برای دقت آزمایش ضروری است.

در روش لوله VA از مکانیزم رسوبگذاری لایه لایه^۷ استفاده می‌شود. در صورتی که در روشهای پیپت و یا لوله BW مکانیزم پخش^۸ رسوب بکار می‌رود. در مکانیزم رسوبگذاری لایه لایه، ذرات از یک نقطه یا منبع شروع به رسوب (ته‌نشینی) می‌کنند و بعلت دارا بودن اندازه‌های مختلف و در نتیجه سرعتهای ته‌نشینی متفاوت، در واقع حین سقوط دانه‌بندی می‌شوند. در هر لحظه معین، ذراتی که به انتهای مسیر سقوط خود می‌رسند کوچکتر از ذراتی هستند که قبلاً به آنجا رسیده‌اند و بزرگتر از ذراتی هستند که بعداً خواهند رسید. در مکانیزم پخش رسوب، ذرات از نقاط مختلف شروع به ته‌نشینی می‌کنند و در نتیجه ذرات با اندازه‌های یکسان، لزوماً همزمان به انتهای مسیر سقوط خود نمی‌رسند. به تجربه معلوم شده است که ذرات قرار گرفته در کنار هم بصورت توده‌ای، حین سقوط در لوله VA با سرعتی بیشتر از سرعت سقوط ذرات منفرد حرکت می‌کنند. این تاثیر متقابل ذرات در سرعت ته‌نشینی یکدیگر، در واسنجی^۹ لوله VA باید رعایت گردد، تا نتیجه نهائی بدست آمده، بتواند سرعت ذرات منفرد را نشان دهد.

1- Sand

2- Gravel

3- Pipet

4- Bottom Withdrawal

5- Silt

6- Clay

7- Stratified System

8- Dispersed System

9- Calibration

از آنجا که لوله VA براساس سرعت ته‌نشینی ذرات بنا شده است، لذا دانه‌بندی حاصل از این آزمایش بر حسب قطر سقوط استاندارد^۱ ذرات خواهد بود. منظور از قطر سقوط استاندارد هر ذره ماسه، قطر ذره کروی شکلی است که دارای وزن مخصوص نسبی ۲/۶۵ بوده و سرعت نهائی ته‌نشینی آن مساوی سرعت نهایی ته‌نشینی^۲ ذره مورد نظر است. مفهوم قطر سقوط مانند مفهوم سرعت ته‌نشینی، یکی از مفاهیم اساسی است. برای مثال وقتی آزمایش لوله VA نشان می‌دهد که ۶۵ درصد ذرات کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلی‌متر می‌باشند استنباط این است که هرگاه تمام ذرات با هم در آب رها شوند، ۶۵ درصد آنها دارای سرعت ته‌نشینی کمتر از سرعت ته‌نشینی ذره کروی با قطر ۰/۱۲۵ میلی‌متر و وزن مخصوص نسبی ۲/۶۵، در همان شرایط است.

برای مدرج نمودن لوله‌های VA صدها آزمایش روی آنها انجام می‌شود. در این آزمایشها ذرات با سرعت ته‌نشینی معلوم بطور مجتمع در لوله رها می‌شوند تا آثار تجمع ذرات نیز در درجه بندی لوله منظور گردد. آثار تجمع در حدود ۱۰ درصد برای ذرات درشت و ۳۰ درصد برای ذرات ریز می‌باشد. آزمایشها با استفاده از ذرات ماسه طبیعی صورت گرفته و لوله‌های با ابعاد مختلف بسته به مقدار ذرات و بزرگی آنها بکار می‌رود. در صورتیکه ذرات با اشکال مخصوص و یا وزن مخصوص نسبی غیر از ۲/۶۵ مورد آزمایش قرار گیرد باید درجه بندی روی لوله‌های VA را متناظر با آن تصحیح نمود. بمنظور تصحیح اندازه بدست آمده در ضریبی که عبارتست از نسبت ۲/۶۵ به چکالی واقعی دانه ضرب می‌شود تا اندازه واقعی بدست آید. با آزمایش صحیح، می‌توان جوابهای دقیقی از روش لوله VA بدست آورد.

۳-۱-۲ وسایل و تجهیزات^۳

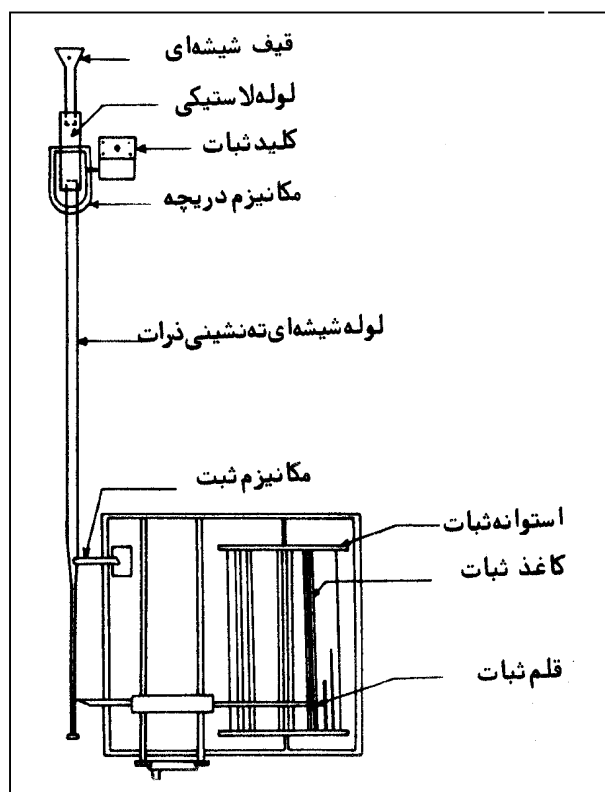
علاوه بر وسایل و تجهیزات معمولی آزمایشگاه رسوب شناسی، یک لوله VA و یک مکانیزم ثبت مشاهدات، برای انجام آزمایش لوله VA لازم است. جزییات بیشتر در شکل ۴ نشان داده شده است. لوله VA شامل قسمتهای زیر می‌باشد:

- ۱- قیف شیشه‌ای بطول تقریباً ۲۵ سانتیمتر
- ۲- لوله لاستیکی که انتهای قیف شیشه‌ای را به لوله اصلی ته‌نشینی وصل می‌کند.
- ۳- یک مکانیزم مخصوص روی لوله لاستیکی که بصورت یک دریچه قطع و وصل سریع عمل می‌کند و در حقیقت با فشردن ناگهانی یا رها کردن ناگهانی لوله لاستیکی مسیر عبور را قطع و وصل (بسته یا باز) می‌نماید.
- ۴- لوله شیشه‌ای ته‌نشینی با ابعاد مختلف.

1- Standard Fall Diameter

2- Terminal Settling Velocity

3- Equipments



شکل ۴- مقطع لوله VA و مکانیزم ثابت مشاهدات

- ۵- مکانیزمی که به انتهای لوله وصل می‌شود و باعث می‌گردد که رسوبات ته‌نشین شده به طور یکنواخت روی هم انباشته شوند.
- ۶- دستگاه ثبات که دارای یک استوانه است و کاغذ مخصوصی روی آن پیچیده شده و این استوانه با سرعت ثابتی دوران می‌کند و یک قلم روی نقاله‌ای که می‌تواند بطور عمودی با دست روی کاغذ حرکت نماید. همچنین یک وسیله نوری (شاخص چشمی) برای ردیابی رسوبات ته‌نشین شده به ثبات متصل می‌باشد.
- ۷- کاغذ ثابت، مطابق فرمهای SPS - ۱۰۳ و SPS - ۱۰۴، که برحسب قطر سقوط مدرج گردیده، روی استوانه ثبات پیچیده می‌شود.
- بهترین نتایج از آزمایش لوله VA وقتی بدست می‌آید که ارتفاع ذرات ته‌نشین شده در انتهای لوله بین ۴ تا ۱۲ سانتیمتر باشد. اگر نمونه‌ای عمده‌تاً دارای ذرات درشت بوده و یا محدوده تغییرات قطر ذرات کم باشد، ارتفاع مزبور باید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد. با در نظر گرفتن اینکه لوله‌های VA در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند لذا انتخاب لوله مناسب مسئله مشکلی نخواهد بود. از جدول ۹ می‌توان بعنوان راهنما برای تعیین اندازه لوله VA بسته به مقدار و اندازه ذرات استفاده نمود.

جدول ۹- راهنمای انتخاب لوله VA [۱۵]

لوله VA		حداکثر اندازه ذرات *		مقدار نمونه	
قطر (میلیمتر)	طول (میلیمتر)	قطر ته نشینی (میلیمتر)	اندازه الک (میلیمتر)	حجم ذرات ماسه (میلی لیتر)	وزن ذرات خشک (گرم جرم)
۲/۱	۱۲۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۰ - ۰/۰۳	۰/۸ - ۰/۰۵
۵/۰	۱۲۰	۰/۳۵	۰/۴۰	۱/۲ - ۰/۲	۲/۰ - ۱/۰۴۰
۵/۰	۱۲۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۵/۰ - ۲/۴	۴/۰ - ۰/۸۰
۷/۰	۱۲۰	۰/۷۰	۱/۰۰	۴/۰ - ۱/۰	۶/۰ - ۱/۶۰
۱۰/۰	۱۸۰	—	۲/۰۰	۹/۰ - ۳/۰	۱۵/۰ - ۵/۰

* منظور از حداکثر اندازه ذرات، اندازه‌ای است که درصد قابل ملاحظه‌ای از ذرات از آن کوچکتر هستند.

قبل از شروع آزمایش لوله VA می‌توان از لوله مشابه دیگری بطول ۵۰ سانتیمتر استفاده نمود. این لوله را لوله جداکننده اولیه^۱ می‌نامند. با استفاده از این لوله می‌توان اطلاعات اولیه لازم را بدست آورد که عبارتند از:

- اندازه یک یا دو محدوده از بزرگترین ذرات با در نظر گرفتن زمان ته نشینی آنها.

- مقدار ذرات جمع شده در انتهای لوله یا مقدار نمونه.

بدین ترتیب نمونه تمیزی از ماسه بدست می‌آید، زیرا ذرات لای و رس در آب پخش می‌شوند و بدین طریق از ماسه‌های ته نشین شده جدا می‌گردند. استفاده از لوله جداکننده اولیه ممکن است معایبی نیز، ولو بمیزان اندک داشته باشد. از جمله می‌توان به عملیات اضافی لازم برای این عمل و امکان از دست رفتن ذرات و اینکه ذرات ریز در حجم دیگری از آب پخش می‌شوند اشاره نمود.

۴-۱-۲ روش آزمایش لوله VA

آزمایش لوله VA عمدتاً برای ذرات درشت یعنی ماسه بکار می‌رود. اگر ذراتی با قطر بیشتر از ۱/۲ میلی متر در نمونه وجود داشته باشد لازم است بوسیله الک از نمونه حذف گردد. اگر لای و رس در نمونه موجود باشد لازم است بوسیله الک ریز مرطوب، ته نشینی نمونه در لوله ته نشینی و یا روشهای دیگر [۱] جدا شوند. هر چه لای و رس کاملتر از نمونه جدا شوند، آزمایش لوله VA سریعتر انجام خواهد گردید.

1- Initial Break Tube

بعد از جدا کردن ذرات لای و رس از ماسه، در صورت لزوم باید مقدار ذرات ماسه تقسیم گردد^۱، زیرا برای آزمایش لوله VA فقط مقدار ۰/۰۵ تا ۱۵ گرم ماسه با توجه به اندازه ذرات، لازم است. معمولاً در اغلب موارد مقدار ماسه به اندازه‌ای نیست که نیاز به تقسیم داشته باشد. (چگونگی تقسیم و بهم زدن نمونه‌ها)^[۳] باید توجه داشت که می‌توان آزمایش را برای ذرات بزرگتر از ۰/۰۶۳ میلیمتر در مدت زمان کمتر از ۱۰ دقیقه انجام داد. مراحل انجام آزمایش بصورت زیر است:

- کاغذ مخصوص متناسب با طول لوله انتخاب می‌گردد. برای لوله ۱۲۰ سانتیمتری کاغذی مطابق نمودار ۲ (فرم SPS-۱۰۳) و برای لوله ۱۸۰ سانتیمتری کاغذی مطابق نمودار ۳ (فرم SPS-۱۰۴) مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در این کاغذها ابتدا مشخصات نمونه درج می‌گردد، سپس کاغذ روی استوانه دستگاه ثبات به نحوی قرار داده می‌شود که خط لبه پائین کاغذ موازی ته استوانه باشد، در این صورت خطی که توسط قلم، در حالت سکون آن، روی استوانه دوار رسم می‌گردد خط لبه پائین کاغذ خواهد بود. اگر نتایج دو یا سه آزمایش روی یک کاغذ رسم شود، خطوط مبنای مختلفی موازی خط لبه پائین کاغذ رسم می‌شود و بالای آن باید با استفاده از قلم رسم شود.

- قلم، روی خطوط تجمع صفر و زمان صفر تنظیم می‌گردد. برای این منظور، قلم باید با دست روی خط تجمع صفر قرار داده شده و سپس با شروع از نقطه‌ای در سمت راست خط زمان صفر، توسط دوران استوانه به روی این خط آورده شود.

- دستگاه ثبات باید طوری تنظیم شود که شاخص افقی و بالای در پوش لوله که تجمع رسوبات از آنجا شروع می‌شود، هم سطح گردد.

- وقتی کلیه قسمتهای دستگاه نصب شد، آنقدر آب مقطر از قیف در لوله ریخته می‌شود که سطح آب اندکی بالاتر از دریچه قرار گیرد. درجه حرارت آب تعیین و ثبت شده و آنگاه دریچه بسته می‌شود. معمولاً بعد از هر آزمایش نیازی به تعویض آب مقطر نمی‌باشد.

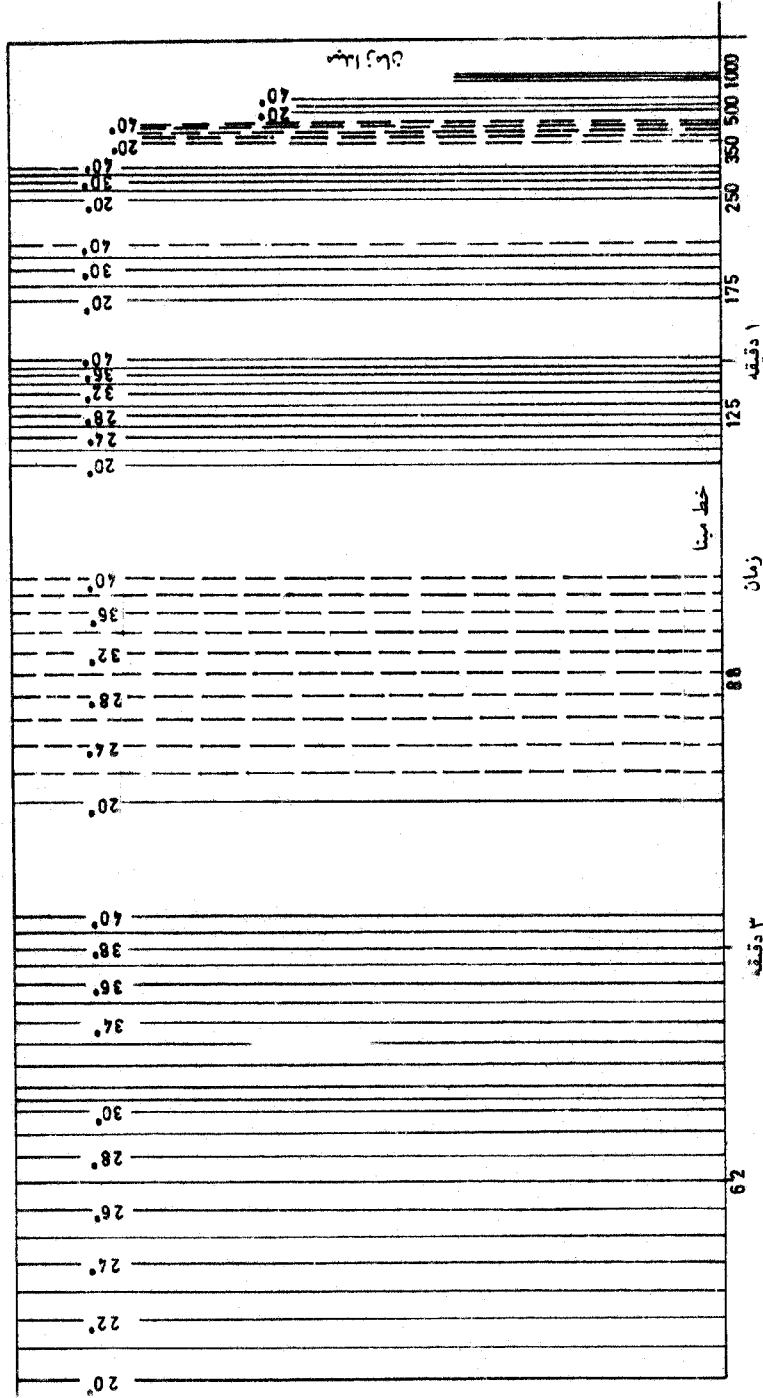
- مکانیزم انتهای لوله شروع بکار می‌کند، بدین ترتیب می‌توان در لحظه مناسب با علائم^۲ لازم بطور همزمان بازکردن دریچه و دوران استوانه دستگاه ثبات را آغاز نمود.

- نمونه ماسه به داخل قیف ریخته می‌شود، بطوریکه ذرات، روی دریچه بسته قرار گرفته و تا علامت روی قیف بالابیند. سپس به مدت ۱۰ ثانیه نمونه بامیله بهم‌زن مخصوص مخلوط می‌گردد.

- دریچه بلافاصله و بطور کامل باز می‌شود و در همین لحظه استوانه نیز شروع به دوران می‌کند و ته نشینی رسوبات آغاز می‌گردد.

- متصدی از مجرای مربوط نگاه می‌کند و به محض اینکه اولین ذرات به انتهای لوله رسیدند با دست قلم را بطرف بالا طوری حرکت می‌دهد که همواره شاخص افقی، همسطح با لبه بالای رسوبات جمع شده در انتهای لوله قرار گیرد. این عمل ادامه پیدا می‌کند تا اینکه دوران کاغذ متوقف گردد (زمان مربوط به قطر ۰/۰۶۳ میلی متر). اگر هنوز ته‌نشینی ادامه باید بالابردن قلم باید تا لحظه‌ای که تمام رسوبات ته نشین گردند صورت گیرد. البته استوانه ثبات متوقف است، لذا منظور از این عمل تعیین حداکثر ارتفاع رسوبات ته نشین شده می‌باشد، و می‌توان بطور غیر پیوسته قلم را بالا برد.

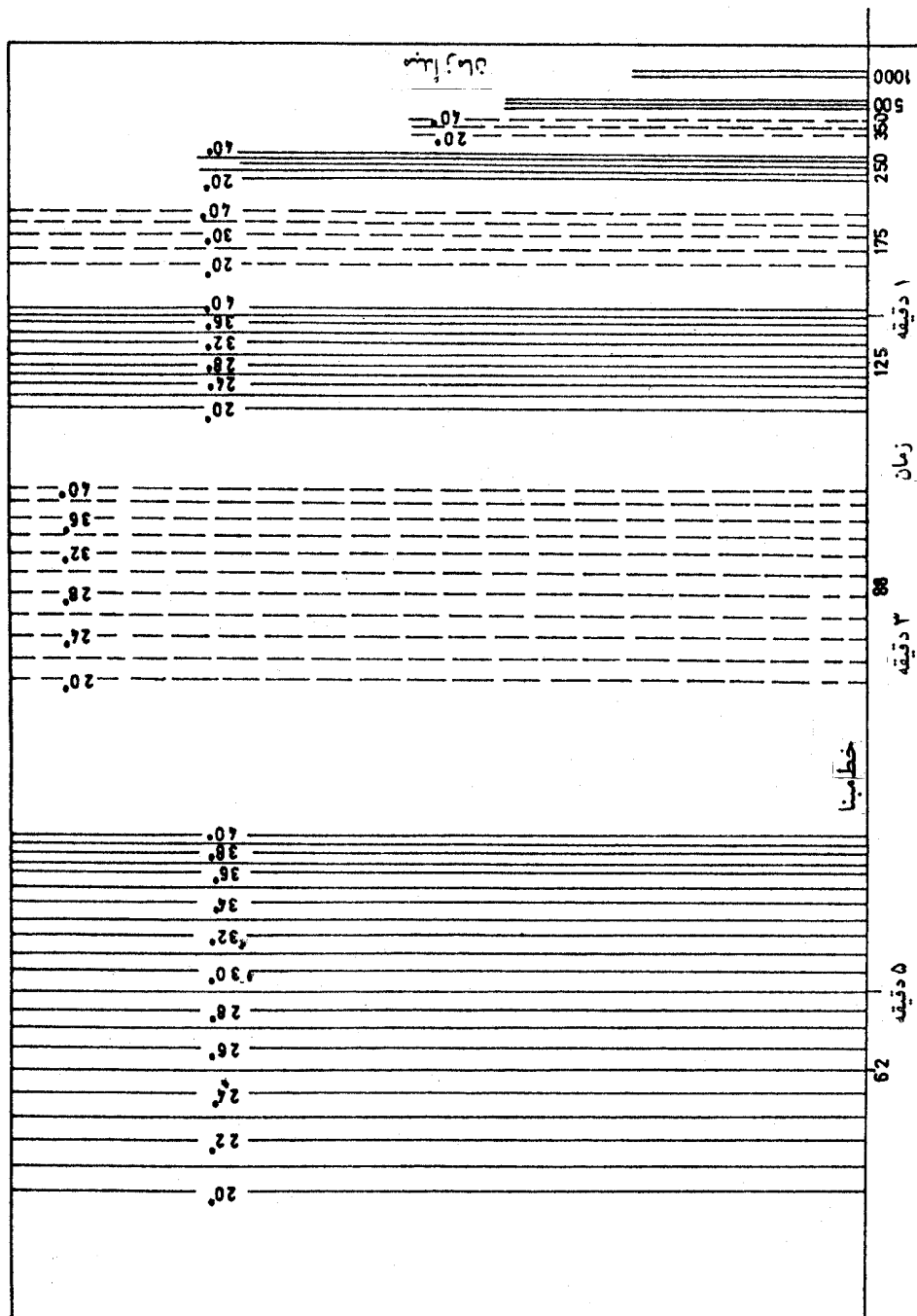
نمودار ۲- فرم آنالیز دانه بندی ذرات رسوب به روش لوله VA (فرم ۱۰۳-SPS) - لوله ۱۲۰ سانتیمتری [۱۰]



قطر سقوط (کندشبی) ذرات رسوب (میکرون)

روشخانه:	
محل:	
تاریخ:	
ارتفاع شاخص:	
قطر لوله:	
سهم رسوب لوله VA برآورد است با:	
تاریخ آنالیز:	
ملاحظات:	
دانه بندی	
درصد	درصد ریز تراز گراف
درکلاس	گراف نمونه
	قطر (میکرون)
	۱۰۰۰
	۵۰۰
	۲۵۰
	۱۲۵
	۶۲

نمودار ۳- فرم آنالیز دانه بندی ذرات به روش لوله VA (فرم ۱۰۴- SPS) - لوله ۱۸۰ سانتیمتری [۱۰]



قطر سقوط (تدنیستی) ذرات رسوب (میکرون)

روشخانه:	
محل:	
تاریخ:	زمان:
ارتفاع شاخص:	دبی:
قطر لوله:	دما:
سهم رسوب لوله VA برابر است با % کل رسوبات توسط:	
تاریخ آنالیز:	
ملاحظات:	
دانه بندی	
درصد	درصد ریز تراز گراف
درکلاس	گراف نمونه
	قطر (میکرون)
	۱۰۰۰
	۵۰۰
	۳۵۰
	۲۵۰
	۱۷۵
	۱۲۵
	۸۸
	۶۲

- بعد از اتمام عمل، وقتی قلم در بالاترین ارتفاع رسوبات جمع شده قرار گرفت. کلاچ موتور محرک استوانه آزاد شده و استوانه بادیست درخلاف جهت چرخانده می شود تا خطی افقی و مساوی حداکثر ارتفاع فوق، روی کاغذ رسم کند. (تا وقتی که این خط محور زمان صفر را قطع کند).
- دریچه بسته شده و در پوش لوله برداشته می شود تا رسوبات جمع شده، در اثر نیروی وزن یا نیروی ناشی از فشردن لوله لاستیکی بین دریچه و لوله ته نشینی به ظرفی سرازیر گردد. سپس می توان دریچه را اندکی باز نمود تا آب، ذرات باقیمانده و بویژه ذرات ریز را با شستشو از انتهای لوله خارج کند. در پوش لوله مجدداً به جای خود قرار داده می شود.
- کاغذ از روی استوانه برداشته می شود.

۲-۱-۵ ثبت نتایج و محاسبات

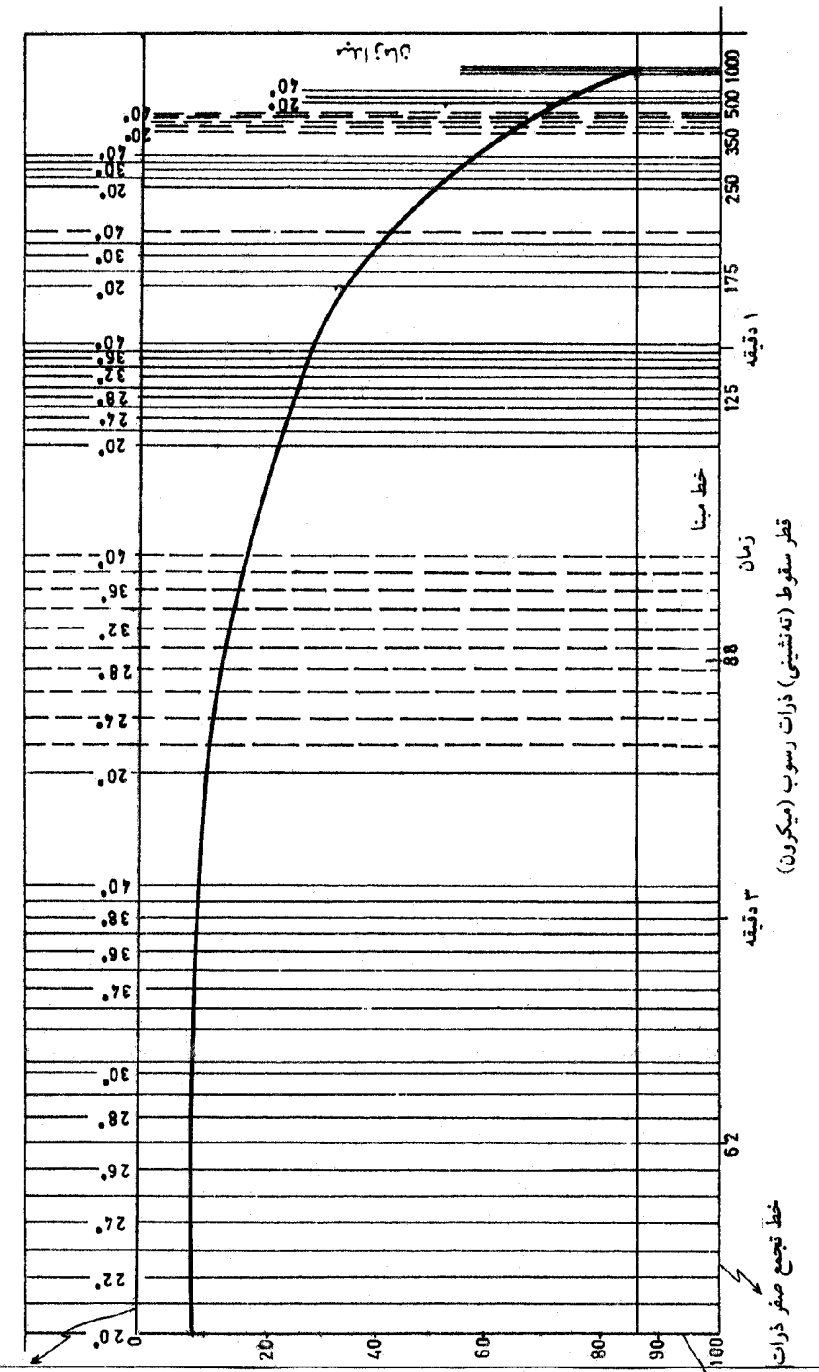
نتایج به دست آمده از آزمایش لوله VA به صورت یک منحنی حاصل از عمق رسوبات ته نشین شده به صورت تابعی از زمان روی کاغذ مخصوص رسم می شود (نمودار ۴). در این کاغذ محور قائم بیانگر درصد ذرات و محور افقی نشان دهنده زمان است. علاوه بر این، روی محور افقی، با توجه به سرعت متفاوت سقوط ذرات با قطرهای مختلف در دمای معین، قطر ذرات متناسب با زمان ته نشینی آنها در دمای معین قید شده است. برای هر یک از قطر ذرات قید شده، برای محدوده دمای ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی گراد محدوده زمانی سقوط مربوطه بر روی کاغذ مشخص شده است و آزمایش دانه بندی در این محدوده دما انجام می شود. محور قائم نمودار به گونه ای تنظیم شده که در یک دمای معین درصد ذرات کوچکتر از یک قطر معین را در نمونه مورد آزمایش مشخص می نماید. این امر بدین صورت انجام شده است که برای خط تجمع کل ذرات در بالاترین قسمت نمودار عدد صفر و برای خط تجمع صفر ذرات در پایین ترین قسمت نمودار عدد صد در نظر گرفته شده. بدین ترتیب برای هر دما و هر قطر معین بر روی منحنی عدد محور قائم، درصد ذرات ریزتر از قطر مورد نظر را ارائه می کند.

هرگاه قسمتی از ذرات ریز نمونه قبلاً جدا شده باشد (مثلاً ۳۰٪ لای و رس). این درصد جدا شده باید به فاصله خط مستقیم حداکثر تجمع و تجمع صفر اضافه شده و نتیجه بعنوان ۱۰۰ در نظر گرفته شود. بقیه فواصل با آن مقیاس سنجیده می شود و نتایج در ستون مربوطه روی کاغذ درج می گردد (ستون درصد کوچکتر مربوط به نمونه). در صورتی که اگر ذرات درشت قبلاً جدا شده باشند درصد آنها باید متناظراً از ارتفاع کل تجمع کم شود. نتایج محاسبات در جدول مربوطه روی کاغذ درج می شود.

۲-۱-۶ برگه های آزمایش

برگه های آزمایش لوله VA مطابق فرم SPS-۱۰۳ (نمودار ۲) و فرم SPS-۱۰۴ (نمودار ۳) می باشد، روش پرکردن این فرمها در بخش ۲-۱-۴ شرح داده شده است. برای روشن شدن جزئیات مثال ذکر شده (نمودار ۴) در نظر گرفته می شود:

نمودار ۴- فرم آنالیز داده بندی ذرات رسوب به روش لوله VA (فرم ۱۰۳-SPS) - لوله ۱۲۰ سانتیمتری



خط تجمع کل ذرات		خط تجمع صفر ذرات	
رودخانه: سیستان محل: زهک تاریخ: ۵۸/۶/۱۶ زمان: ۷/۲۵ ارتفاع شاخص: ۶۰۰ م/۵ قطر لوله: ۸/۱۲ سهم رسوب لوله VA برابر است با ۱٪ کل رسوبات تاریخ آنالیز: ۵۸/۶/۲۵ ملاحظات: نمونه در ۲۰ لایه ساخته شده است توسط:			
درصد	دانه بندی	گراف	قطر (میکرون)
درکلاس	درصد ریز تر از گراف	نمونه	۱۰۰۰
			۵۰۰
			۳۵۰
			۲۵۰
			۱۷۵
			۱۲۵
			۸۸
			۶۲

۲-۲ روش دانه‌بندی رسوبات درشت‌تر

۱-۲-۲ مقدمه

دانه‌بندی رسوبات درشت دانه (شن و بزرگتر از آن) از عملیاتی محسوب می‌شود که کمتر می‌توان آن را در چارچوب استاندارد خاصی قرار داد. اندازه پاره‌ای از دانه‌های درشت رسوبی، با آزمایشهای صحرایی و با دستگاههای خاص، حتی بدون برداشتن این دانه‌ها از محل طبیعی خود، تعیین می‌شود. در بعضی موارد این دانه‌ها از بستر رودخانه برداشته شده و در همان محل و بدون ارسال به آزمایشگاه دانه‌بندی می‌گردند. بالاخره در پاره‌ای موارد، این دانه‌ها جهت تعیین اندازه به آزمایشگاه ارسال می‌شوند. بدیهی است تحت این شرایط، توصیه روش معین و خاصی برای تعیین اندازه دانه‌های درشت، منطقی نخواهد بود. در این راهنما، مجموعه‌ای از روشهای ساده صحرایی - آزمایشگاهی دانه‌بندی در محل، دانه‌بندی در آزمایشگاه و روش لوله VA به منظور تعیین اندازه رسوبات درشت دانه ارائه شده است. سعی بر این بوده است که فقط به روشهای علمی و ساده پرداخته و از بیان روشهای ویژه و مفصل اجتناب گردد. طبعاً سایر روشهای دانه‌بندی رسوبات درشت و تجزیه و تحلیلهایی که در این راهنما به آنها اشاره نگردیده است، در شرایط خاص خود نفی نمی‌گردد.

۲-۲-۲ کلیات

رسوبات درشت‌دانه یعنی دانه‌هایی که قطر نامی آنها بیش از ۰/۰۶۲۵ میلی‌متر است مانند ماسه به اندازه ۰/۰۶۲۵ تا ۲ میلی‌متر، شن^۱ با اندازه ۲ تا ۶۴ میلی‌متر، قلوه سنگ^۲ با اندازه ۶۴ تا ۲۵۶ میلی‌متر و قطعه سنگ^۳ با اندازه‌ای بزرگتر از ۲۵۶ میلی‌متر را می‌توان در انواع نمونه‌های ته‌نشین شده در بستر رودخانه‌ها، مخازن سدها و یا گاهی در رسوبات معلق ملاحظه نمود.

۳-۲-۲ نمونه‌برداری از بستر رودخانه

دانه‌بندی نمونه رسوبات ته‌نشین شده در بستر رودخانه‌ها و مخازن سدها به منظور تعیین درصد مواد، شناخت وضعیت فرسایش‌پذیری سطح حوضه و عوامل مؤثر در انتقال که معمولاً با وسایل دستی صورت می‌گیرد از جمله روشهای تشخیص رسوبات دانه درشت می‌باشد.

1- Gravel

2- Pebbles - Cobbles

3- Boulder

نمونه برداری از بستر رودخانه در صورت خشک بودن آن و یا با عمق کم آب با استفاده از بیل، نمونه بردار پیستونی و انواع دیگر نمونه بردار دستی، و از مخازن سدها با استفاده از انواع وسایل نمونه برداری مانند بیل چنگکی^۱ می تواند صورت گیرد. بطور کلی بهترین روش دانه بندی رسوبات خیلی درشت (قلوه سنگ و بزرگتر از آن) دانه بندی آنها در محل است. چنانچه نمونه برداری بصورت دستی صورت پذیرد لازم است بطور تقریب ۱۰۰ دانه رسوبی از نقاط مختلف یک شبکه مفروض برداشته شود. در مواردیکه رسوبات دانه درشت به همراه مواد رسوبی ریز به آزمایشگاه منتقل می شود باید مواد درشت نظیر شن و بزرگتر را با دست یا با الک از رسوبات ریز (ماسه، لای و رس) جدا کرد.

برای جدا کردن شن از رسوبات ریزدانه، از الک به قطر ۳ اینچ (۸ سانتیمتر) و قلوه سنگ از شن با الک ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) استفاده می شود و از ماشین الکروتاپ^۲ نیز برای هر دو منظور می توان استفاده نمود.

دانه بندی ذرات شن را می توان با همان وسایل دانه بندی ذرات ماسه (مانند الک و لوله VA) انجام داد، بشرط آنکه ابعاد دستگاهها بزرگتر باشد. مثلاً در روش لوله VA برای دانه بندی ماسه، می توان از لوله ۱۲۰ سانتیمتری و برای شن از لوله ۱۸۰ سانتیمتری استفاده نمود. بطور کلی مقدار دانه های درشت، نوع آزمایش و وسیله حمل نمونه به آزمایشگاه را تعیین می کند. مثلاً اگر ذرات درشت، محتوی شن ریز تا قلوه سنگ باشد لازم است بزرگترین آنها با دست جدا شود. سپس قلوه سنگ ریز با الک و شن (بعد از تقسیم) در صورت نیاز با لوله VA دانه بندی شود. چنین نمونه هایی احتمالاً ذرات لای و رس ندارند.

اگر دو نمونه محتوی رسوبات «ریز» و «درشت» از دو محل مختلف بستر یک رودخانه برداشته شود، لازم است بطور جداگانه دانه بندی شوند. با این حال غالباً ضروری است دانه بندی متوسطی از ذرات رسوبات محلی بعمل آید. در این گونه موارد باید نمونه های مختلف را مخلوط نموده و سپس به اندازه های لازم تقسیم و آنالیز شوند. معمولاً نمونه رسوبات درشت نیاز به تقسیم دارد. لذا دو دستگاه تقسیم کننده از نوع اوتوجونز باید در دسترس باشد.

۲-۲-۴ تجزیه دانه های درشت تر از شن در محل

از آنجاکه حمل رسوبات دانه درشت مثل قلوه سنگ و قطعه سنگ به آزمایشگاه میسر نیست، لذا دانه بندی آنها باید در محل صورت گیرد. بطور تقریب لازم است تعداد ۱۰۰ دانه از نقاط مختلف یک شبکه مفروض برداشته شود. اگر دامنه تغییرات اندازه ذرات (شن تا قطعه سنگ) وسیع باشد، تعداد بیشتری و اگر اندازه ذرات یکنواخت تر باشد، تعداد کمتری دانه نمونه مورد نیاز است. شبکه مورد نظر باید با نقشه برداری و یا از طریق «گوی های شناور»^۳ مشخص شده و از دانه های رسوبی واقع در رئوس شبکه نمونه برداری شود. اگر قطر نامی دانه های رسوبی مورد نظر باشد،

1- Clamshell or Spud

2- Rotap

3- Floating bollins

می‌توان از روش غوطه‌وری^۱ استفاده نمود. در این روش، دانه رسوبی در یک استوانه شیشه‌ای مدرج غوطه‌ور شده و مقدار حجم جابجا شده تعیین می‌گردد. برای اخذ نتیجه دقیق، قطر استوانه نباید از دو برابر قطر نامی دانه رسوبی بزرگتر باشد. بنابراین تعدادی استوانه با اندازه‌های مختلف مورد نیاز است، که استوانه‌های ۱۶،۸،۴ و ۳۲ سانتیمتری توصیه می‌شود.

برای تعیین قطر نامی دانه‌ها می‌توان از رابطه $\alpha = 1/24 V^{1/3}$ استفاده نمود (V حجم جابجا شده است). براساس این رابطه می‌توان جدولی بر حسب قطر تشکیل داده و از آن استفاده کرد. نتایج بر حسب فواصل، اندازه و درصد دانه‌های واقع شده در فواصل مورد نظر بیان می‌گردد. این روش در عمل محدودیتهایی نیز دارد.

۲-۲-۵ دانه‌بندی مواد رسوبی شن و قلوه‌سنگ در آزمایشگاه

رسوبات شن و قلوه‌سنگ قابل حمل به آزمایشگاه را می‌توان با روشهای مناسب در آزمایشگاه دانه‌بندی نمود. شکل ۵ نمونه‌ای از توزیع ذرات شن و ماسه در نمونه‌های رسوبی و رودخانه‌ها را نشان می‌دهد. ذرات درشتی را که الک‌کردن آنها مشکل باشد، باید با دست از نمونه جدا کرد، که با دوروش زیر اندازه آنها قابل تعیین است:

- روش اندازه‌گیری قطر نامی ذرات به طریق غوطه‌وری

قطر نامی ذرات به طریق غوطه‌وری تعیین می‌شود. این روش برای نمونه‌هایی که ریسک‌کردن استفاده از روشهای دیگر در مورد آنها مشکل است بکار می‌رود. در مواردی هم که الک‌کردن امکان‌پذیر است اما تعداد دانه‌های درشت کم است این روش قابل استفاده می‌باشد.

- روش اندازه‌گیری شکل دانه

در این روش، شکل دانه رسوبی با اندازه‌گیری سه قطر بزرگ، متوسط و کوچک آن که به ترتیب a, b, c نامیده شده است و قطر متوسط آن (d_m) که بصورت $d_m = (a+b+c)/3$ مشخص می‌گردد (شکل ۶) اندازه‌گیری می‌شود.

باقیمانده رسوب که شامل شن و قلوه‌سنگهای ریز است می‌تواند با روش الک دانه‌بندی گردد. اگر رسوب غیر چسبنده و خشک باشد، ابتدا وزن خالص تمام نمونه تعیین می‌گردد. چنانچه این وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد با استفاده از تقسیم‌کننده اوتو - جونز، نمونه‌ای به وزن ۵ تا ۱۰ کیلوگرم از آن تفکیک می‌شود. سپس وزن خالص کل نمونه و وزن قسمت جدا شده در فرم آنالیز ثبت شده و در مجموعه الکهای به قطر ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) با دهانه‌های ۰/۰۶۳، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵۰، ۰/۵۰، ۱/۰ و ۲/۰ میلی‌متر الک می‌شود. آنگاه نمونه قرار داده شده در مجموعه الکها در ماشین الک روتاپ به مدت ۱۵ دقیقه الک گردیده سپس وزن هر الک تعیین و در فرم آنالیز ثبت می‌گردد.

1- Immersion

اگر نمونه غیر چسبنده باشد ممکن است دانه‌بندی ذرات درشت‌تر (از جمله شن خیلی درشت) با الک و دانه‌بندی شن‌ریز تا شن درشت با لوله VA صورت گیرد. در این حالت ابتدا وزن خالص تمام نمونه تعیین و ثبت می‌شود. اگر این وزن ۴۰۰ گرم یا کمتر بوده و درصد دانه‌های خیلی درشت ناچیز باشد، می‌توان نمونه را در مجموعه الکهای بقطر ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) و با چشمه‌هایی به قطر ۱/۲، ۲/۰، ۴/۰ و ۸/۰ میلیمتر قرار داد. بعد از الک‌کردن، وزن باقیمانده در هر الک تعیین و ثبت می‌گردد. دانه‌های عبورنموده از الک ۱/۲ میلیمتر تقسیم می‌شود تا یک قسمت ۱۵ گرمی برای آنالیز با لوله VA بدست آید. اگر نمونه اولیه، خود بیش از ۴۰۰ گرم باشد. قسمت درشت آن قابل ملاحظه بوده و قبل از الک کردن لازم است تقسیم نمونه صورت گیرد.

دلیل استفاده از الک با دهانه ۱/۲ میلیمتر به جای الک با دهانه یک میلیمتر برای جداکردن رسوبات جهت آنالیز لوله VA این است که در این آنالیز بهتر است کلیه ذرات با قطر ته‌نشینی یک میلیمتر یا کمتر دانه‌بندی شود. در صورتیکه الک یک میلیمتر بکار برده شود بعضی ذرات با وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲/۶۵ با شکلهای نامتعارف (نسبت به کره) ممکن است از الک یک میلیمتر عبور ننمایند. در این صورت استفاده از الک ۱/۲ میلیمتر درجه اطمینان عبور تمام ذرات مورد نظر را بالا می‌برد.

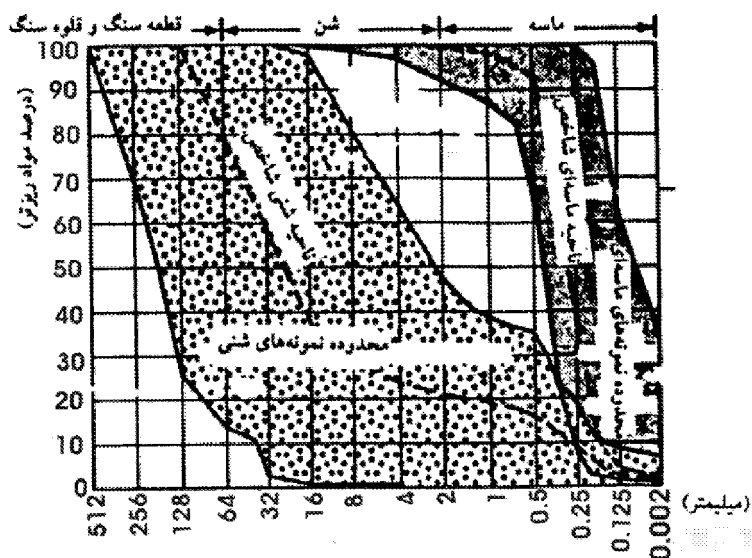
در صورتیکه رسوبات ریزدانه (لای و رس) با رسوبات درشت دانه همراه باشد (نمونه چسبنده) هر سه نوع آنالیز الک، لوله VA و پیپت برای دانه‌بندی لازم خواهد بود. روش آنالیز تا مرحله جداکردن ذرات عبورنموده از الک ۱/۲ میلیمتر مشابه روش فوق‌الذکر است با این تفاوت که بعد از آنالیز لوله VA و قبل از آزمایش، باید ذرات لای و رس از نمونه جدا شود.

اگر برای دانه‌بندی، از دو روش الک و لوله VA استفاده شود، لازم است فقط وزن خالص نمونه اولیه و وزن تفکیک شده برای آزمایش الک تعیین گردد و مجدداً نیازی به وزن جدا شده برای آزمایش لوله VA نیست. نتایج آنالیز دانه‌بندی با الک برای دانه‌های درشت، درصد ذرات کوچکتر از ۱/۲ میلیمتر را تعیین خواهد کرد. با قراردادن درصد ذرات کوچکتر از ۱/۲ میلیمتر روی خط مبنای فرم آنالیز VA، و روی خط تجمع کل می‌توان درصد ذرات کوچکتر از ۱/۰، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۲۵ را (در نمونه اصلی) مستقیماً از فرم بدست آورد.

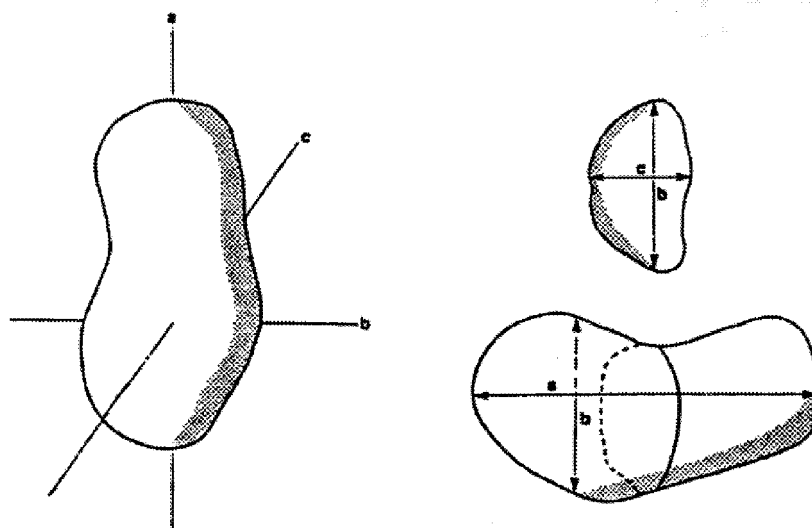
اگر کلیه آنالیزهای اندازه‌گیری مستقیم، الک، لوله VA و پیپت برای دانه‌بندی یک نمونه مورد نیاز باشد، ضروری است وزن خالص کل نمونه، وزن دانه‌های درشت جدا شده با دست، وزن قسمت جدا شده برای الک، وزن قسمت جدا شده برای لوله VA، وزن قسمت جدا شده برای پیپت و قسمت‌های جدا شده اضافی بطور کامل تعیین و ثبت گردد.

جدول شماره ۱۰- طبقه‌بندی دانه‌های رسوبی بر حسب اندازه قطر آنها [۴]

Class	حدود اندازه‌ها به میلیمتر		نام طبقه
	حد پائین	حد بالا	
Very large boulders	۲۰۰۰	۴۰۰۰	قطعه سنگ خیلی بزرگ
Large boulders	۱۰۰۰	۲۰۰۰	قطعه سنگ بزرگ
Medium boulders	۵۰۰	۱۰۰۰	قطعه سنگ متوسط
Small boulders	۲۵۰	۵۰۰	قطعه سنگ کوچک
Large cobbles	۱۳۰	۲۵۰	قلوه سنگ بزرگ
Small cobbles	۶۴	۱۳۰	قلوه سنگ کوچک
Very coarse gravel	۳۲	۶۴	شن خیلی درشت
Coarse gravel	۱۶	۳۲	شن درشت
Medium gravel	۸	۱۶	شن متوسط
Fine gravel	۴	۸	شن ریز
Very fine gravel	۲	۴	شن خیلی ریز
Very coarse sand	۱	۲	ماسه خیلی درشت
Coarse sand	$\frac{1}{2}$	۱	ماسه درشت
Medium sand	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	ماسه متوسط
Fine sand	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	ماسه ریز
Very fine sand	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	ماسه خیلی ریز
Coarse silt	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	لای درشت
Medium silt	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	لای متوسط
Fine silt	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	لای ریز
Very fine silt	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{64}$	لای خیلی ریز
Coarse clay	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{128}$	رس درشت
Medium clay	$\frac{1}{512}$	$\frac{1}{256}$	رس متوسط
Fine clay	$\frac{1}{1024}$	$\frac{1}{512}$	رس ریز
Very fine clay	$\frac{1}{2048}$	$\frac{1}{1024}$	رس خیلی ریز



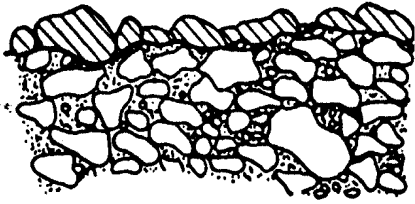
شکل ۵- توزیع و پراکنندگی شن و ماسه شاخص که مبتنی بر ۱۷۴ نمونه جمع‌آوری شده از مواد کف بستر رودخانه‌های آلبرتا است.



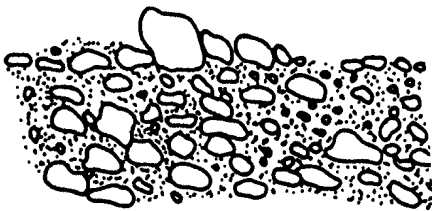
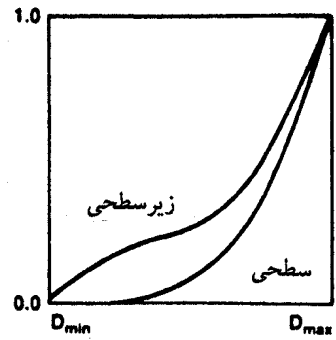
شکل ۶-

با اندازه‌گیری یا قطرهای مختلف دانه‌های رسوبی (بزرگترین آنها) می‌توان معادل اندازه الک آنها را تعیین نمود. همه اقطار در تشخیص قطر اسمی، خصوصیات شکلی و وزن دانه‌های رسوبی مهمند. اما بعلاوه این‌که مواد شسته شده و صیقلی شده بوسیله آب تقریباً بیضی شکل هستند، کاستر و دیگران^۱ نشان می‌دهند که بعد b (قطر b) یک بعد پذیرفته شده در تعیین قطر اسمی دانه‌های رسوبی است (قطر اسمی یعنی قطر دانه کروی شکلی که حجم آن معادل حجم دانه رسوبی است).

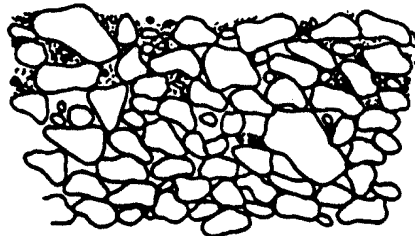
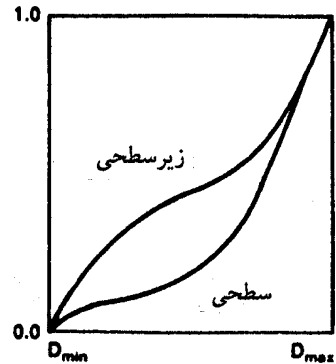
1- Kaster et al.



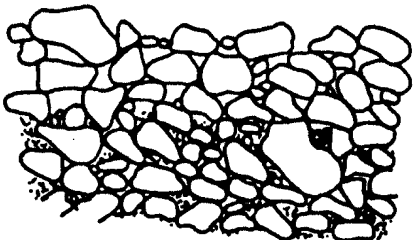
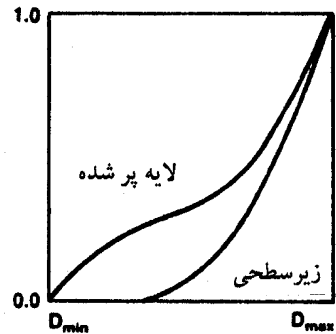
شن قالبی با تماس مستقیم ذرات به یکدیگر
 دانه‌های شن در لایه رویی و در تماس مستقیم با هم، اما در قشر زیرین فاصله‌دار و حاوی مواد ریزدانه است.



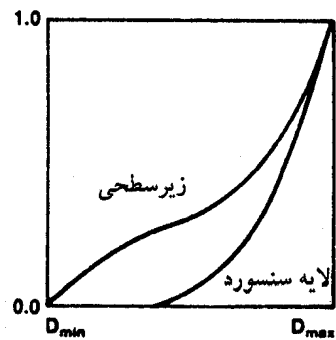
شن یکدست و یکنواخت
 تمامی دانه‌های ریز و درشت شن در پروفیل بصورت یکدست و یکنواخت بوده بطوریکه فضای بین دانه‌ای هم از ذرات ریز با اندازه‌های مختلف پر شده است.



شن با فضای پر شده بین دانه‌ای
 فضای بین دانه‌ای لایه سطحی رسوبات شنی با مواد ریزدانه پر شده است. لایه زیرین فضای بین دانه‌ای فاقد مواد ریزدانه است اما در تماس با هم هستند.



شن شسته شده
 فضای بین دانه‌ای قشر سطحی رسوبات شنی شسته شده و فاقد مواد ریزدانه است.



شکل ۷- نمایش تشکیل انواع بستر تیبیک (شاخص) از رسوبات شنی آبرفتی در رودخانه‌ها

۳- منابع و مأخذ

- ۱- برنامه‌ریزی آزمایشهای رسوب نشریه شماره ۲۲۲ - سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور شهریور ۱۳۸۰
- ۲- راهنمای آزمایش الک برای دانه‌بندی ماسه. پیش‌نویس استاندارد شماره ۱۶-الف مهر ۶۶
- ۳- راهنمای نمونه‌های رسوبات معلق رودخانه. استاندارد ۱۵-الف بهمن ۷۸
- 4- Lerne and Karlson, 1953, 5th Congress, Minneapolis, IAHR.
- 5- Kilmer, V.G., and Alexander, L.T., 1949, Methods of making mechanical analysis of soils: Soil Sci., V, 08, p, 22
- 6- Kravits, J.H., 1966 Using an ultrasonic disruptor as an aid to wet sieving: Jour.Sed. Petrology, V.36, No,3 p. 811 - 812.
- 7- Mosten, R.P., and Johnson, A.I., 1964, Ultrasonic dispersion of samples of sedimentary deposits, in Geological Survey Research 1964: U.S: Geol. Survey Prof. Paper 510-c, p. 159- 161.
- 8- Rainwater, F.H., and Thateher, I, I., 1959, Methods for collection and analysis of water samples: U.S.Geol. Survey, Water - Supply Paper. 1454, p 301.
- 9- Simons D.B. and Senturk F.1992. Sediment Transport Technology. Water Resources Publications, Fort Collins, Co., USA.
- 10- Vanoni, V., 1977 "Sedimentation Engineering", ASCE, New York, p. 409 - 418

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته میادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آنرا برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است . با وجود تلاش فراوان ، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی ، فنی ، ابهام ، ابهام و اشکالات موضوعی نیست .

از این رو ، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و

اشکال فنی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید :

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید .

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید .

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید .

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید .

کارشناسان این دفتر نظراتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود .

نشانی برای مکاتبه : تهران ، خیابان شیخ بهایی ، بالاتر از ملاصدرا ، کوچه لادن ، شماره ۲۴
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
صندوق پستی ۴۵۴۸۱ - ۱۹۹۱۷
www.mporg.ir

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Guideline of Sediment Size Experiments

این نشریه

با عنوان « راهنمای آزمایشهای دانه بندی رسوب »
روشهایی برای دانه بندی ذرات رسوب بر حسب اندازه
ذرات ارائه شده است.

مبنای تهیه این راهنما عمدتاً بادیگاه کاربردی بوده
به گونه ای که بدون نیاز به درک کامل مفاهیم نظری
انجام صحیح آزمایشها برای استفاده کننده میسر باشد .
بدیهی است در مواردی که اشاره به مفاهیم نظری در
تفہیم روش آزمایشها مؤثر تشخیص داده شده نسبت
به بیان آنها اقدام شده است.

معاونت امور پشتیبانی

مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-443-0



9 789644 254437