



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۴۷۳۹

تجدیدنظر اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

4739

1st. Edition

Mar.2014

آهک زنده، آهک هیدراته، و سنگ آهک
برای مصارف منتخب شیمیایی و صنعتی -
ویژگی‌ها

**Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone
for Selected
Chemical and Industrial Uses- Specifications**

ICS:91.100.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" آهک زنده، آهک هیدراته و سنگ آهک برای مصارف منتخب شیمیایی و صنعتی - ویژگی ها "
(تجدیدنظر اول)

رئیس:

فلاح، عباس

(کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی)

دبیر:

میرزایی، جعفر

(دانشجوی دکتری زمین شناسی)

سمت و/یا نمایندگی:

سازمان ملی استاندارد ایران

کارشناس استاندارد و مدیر کارخانه آهک ایوک
همدان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آقاجانی، وحید

(کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی)

مدرس دانشگاه پیام نور ساوه

اسدی، مصطفی

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

کارشناس پروژه های معدنی

بهرامنش تهرانی، مریم ناز

(دکتری زمین شناسی)

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پاک نیا، محمد

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

کارشناس استاندارد

سعیدی، معصومه

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

کارشناس زمین شناسی

سپهری فر، پوریا

(کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی)

کارشناس شرکت معدنی دانا کاوش

دانشگاه الزهرا(س)

قاسملویان، محدثه
(دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی)

کارخانه آهک اسپندار فیروزکوه

مهدی نژاد، نصرا...
(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

سازمان ملی استاندارد ایران

نوری، نگین
(کارشناسی شیمی)

پیش‌گفتار

استاندارد "آهک زنده و هیدراته و سنگ آهک برای مصارف منتخب شیمیائی و صنعتی- ویژگی‌ها" نخستین بار در سال ۱۳۷۷ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهاد های رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در چهار صد و شصت و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۲/۱۲/۱۲ تصویب شد، اینک 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. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۳۹: سال ۱۳۷۷ است.

منبع و ماخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM C 911:2011, Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Selected Chemical and Industrial Uses

آهک زنده و هیدراته و سنگ آهک برای مصارف منتخب شیمیایی و صنعتی - ویژگی‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌های فرآورده‌های مناسب آهک و سنگ آهک برای مصارف شیمیایی و صنعتی زیر می‌باشد :

پخت خمیرکهنه پارچه^۱، خمیر سولفیت^۲، آجر سیلیکا، دیگر کاربردهای آب درمانی، کلسیم کاربید^۳، گریس^۴، فرآورده‌های سیلیکات کلسیم، هیپوکلریت^۵ (ماده رنگ‌زدا) کاربردهای دیگر دراستانداردهای زیر مورد توجه قرار گرفته‌اند:

استاندارد	کاربرد
ASTM C400	خنثی سازی اسید زباله (روش‌های آزمون)
ASTM C602	مواد آهکی کشاورزی
ASTM C977	پایداری خاک
ASTM C1097	آسفالت
ASTM C1318	سولفورزدایی گاز سوختی
ASTM C1529	کاهش سختی آب آشامیدنی
ASTM C1529	خنثی سازی مواد زباله و فاضلاب
ASTM C1529, ASTM D6249	تثبیت پسماند فاضلاب کارخانه

۲-۱ خریدار باید موارد کاربرد را که در جدول ۱ فهرست شده، معین کند، و ممکن است یک نوع یا بیشتر را که در بند ۱-۱ نشان داده شده، مشخص کند.

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 آنرا مشخص کند .

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

1-Cooking rags
2-Sulfite pulp
3-Calcium carbide
4-Grease
5-Hypochlorite

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران ۴۷۳۶، روش‌های آزمون آنالیز شیمیایی سنگ آهک، آهک زنده، و آهک هیدراته
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران ۴۷۳۴، روش‌های نمونه برداری، بازرسی، بسته‌بندی و نشانه‌گذاری محصولات آهک و سنگ آهک
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران ۵۲۵۴، روش‌های آزمون فیزیکی آهک زنده، آهک هیدراته و سنگ آهک
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران ۵۷۱۹، آهک هیدراته برای استفاده در بتن قیری - ویژگی‌ها
- 2-5 ASTM C400, Test Methods for Quicklime and Hydrated Lime for Neutralization of Waste Acid
- 2-6 ASTM C602, Specification for Agricultural Liming Materials
- 2-7 ASTM C977, Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization
- 2-8 ASTM C1318, Test Methods for Determination of Total Neutralizing Capability and Dissolved Calcium and Magnesium Oxide in Lime for Flue Gas Desulfurization (FGD)
- 2-9 ASTM C1529, Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Environmental Uses
- 2-10 ASTM D6249, Guide for Alkaline Stabilization of Wastewater Treatment Plant Residuals
- 2-11 ASTM C45 Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Cooking of Rags in Paper Manufacture
- 2-12 ASTM C46 Specification for Quicklime and Limestone for Sulfite Brick Manufacture
- 2-13 ASTM C49 Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Silica Brick Manufacture
- 2-14 ASTM C53 Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Water Treatment
- 2-15 ASTM C258 Specification for Quicklime for Calcium Carbide Manufacture
- 2-16 ASTM C259 Specification for Hydrated Lime for Grease Manufacture
- 2-17 ASTM C415 Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Calcium Silicate Products
- 2-18 ASTM C433 Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Hypochlorite Bleach Manufacture

۳ ترکیب شیمیایی

الزامات آهک زنده و هیدراته و سنگ آهک برای مصارف نهایی منتخب در جدول ۱ نشان داده شده است، و این ویژگی‌ها بر اساس وزن نمونه گرفته شده در محل تولید بوده به جزء مواردی که در زیرنویس جدول ۱ با حرف B مشخص شده است که در این حالت الزامات بر اساس مواد غیرفرار یعنی نمونه عاری از رطوبت و CO_2 گزارش شده است.

یادآوری ۱- پارچه‌های کهنه برای تولید کاغذ در هضم کننده‌ای تحت فشار بخار آب با آهک، یا با آهک و خاکستر سودا پخته شده و سپس شسته می‌شوند تا مواد غیر سلولزی آن جدا شود. درصد اکسیدها در ترکیب آهک استاندارد حدود رد^۱ مشخصی

1- Rejection limits

ندارند به این دلیل که هم آهک با اکسید کل بالاتر از استاندارد، و هم آهک با اکسید کل پایین‌تر از استاندارد، آهک در دسترس، اکسید کلسیم یا کلسیم هیدروکسید، می‌توانند براحتی تحت شرایط مناسب مشخص شده برای این استاندارد قرار گیرد که عمدتاً به ملاحظات اقتصادی بستگی دارد. در حال حاضر این باور وجود دارد که ویژگی نوع مفید، بیشتر برای تولید آهک با ویژگی مشخص شده در این استاندارد به گونه‌ای تعریف شده است که یک استاندارد قابل قبول نسبت به آهکی که در محدوده‌های واقعی رد ثابت مانده، است. بطور کلی آهک منطبق با الزامات این استاندارد بر آهک نامنطبق ترجیح داده می‌شود و آهک فراتر از این استاندارد بعنوان آهک با کیفیت برتر در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۲- در کارخانه آجر سیلیسی، سیلیس به شکل کوارتز فشرده توده‌ای یا کنگلومرای کوارتزی که اندازه ذرات آنها کمتر از ۶ میلی‌متر می‌باشد ساخته می‌شود. آهک به شکل آبدیده یا هیدراته در مقادیر مختلف (۳ تا ۱۵ درصد اکسید کلسیم) با آب کافی محصولی با رطوبت (۷ تا ۵) درصد را می‌دهد. سپس قالب‌گیری و خشک‌شده و در کوره‌های تونلی قسمت اعظم کوارتز به تری‌دی‌میت یا کریستوبالیت تبدیل می‌شود.

یادآوری ۳- برای بیشتر کاربردهای عملکردی آب، مانند حذف رنگ و تصفیه آب برای ذخایر شهری و صنعتی، آهک با کلسیم بالا ترجیح داده می‌شود. همچنین برای کاربردهایی شامل حذف سیلیکا از مخزن گرم‌کن آب خوردنی، معمولاً آهک دولومیتی ترجیح داده می‌شود. نرم کردن آب آشامیدنی و خنثی سازی فاضلاب در استاندارد بند ۲-۹ مورد توجه قرار گرفته است.

یادآوری ۴- در تولید ماده رنگ‌زدای هیپوکلریت کلسیم، هیدرات آهک در سوسپانسیون^۱ آب با کلر واکنش داده می‌شود. آهک هیدراته مناسب برای این عمل باید سریع واکنش دهد و مقدار لجنی که از ناخالصی آن ایجاد می‌شود پائین باشد و بویژه اکسید آهن آن پائین باشد که ممکن است کاتالیزوری برای تجزیه سفیدکننده‌ها باشد.

۴ الزامات کلی

آهک زنده باید به طور قابل قبولی عاری از باقیمانده‌های آهک آب ندیده باشد و باید توانایی پخش شدن در آب را داشته باشد تا یک سوسپانسیون از مواد تقسیم شده بصورت ریز تشکیل دهد.

۵ نمونه برداری و بازرسی

مدیریت نمونه‌برداری، بازرسی، رد کردن (عدم پذیرش)، تکرار آزمون، بسته‌بندی و نشانه‌گذاری مطابق با استاندارد بند ۲-۱ می‌باشد.

۶ روش‌های آزمون

۱-۶ آنالیز شیمیایی: باید مطابق با استاندارد بند ۲-۱ انجام شود.

۲-۶ آزمون‌های فیزیکی: باید مطابق با استاندارد بند ۲-۳ انجام شود.

جدول ۱- الزامات آهک زنده و هیدراته و سنگ آهک برای مصارف نهایی منتخب

الزامات شیمیایی بر حسب %										انواع آهک یا سنگ مورد توافق	یادآوری- های ارجاع شده	ویژگی ASTM	کاربرد
دیگر موارد شیمیایی	حداکثر Fe ₂ O ₃	حداکثر CaO در دسترس	حداکثر Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	حداکثر SiO ₂ + ماده نامحلول	حداکثر CO ₂	حداکثر MgO	حداکثر +SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	حداقل CaO+ MgO	حداقل CaO				
...	...	۶۴٫۳ ^B	...	...	...	...	...	...	...	CH	۱	ASTM C45	پارچه‌های کهنه
...	...	۹۰٫۰ ^B	...	...	...	...	...	...	...	CQ	۱	ASTM C45	پارچه‌های کهنه
...	۳٫۰ ^C	۹۵٫۰ ^C	...	CQ, MQ	۲	ASTM C46	خمیر کاغذ سولفیت
...	۳٫۰ ^C	۹۵٫۰ ^C	...	Cl, MI	۲	ASTM C46	خمیر کاغذ سولفیت
CaO آزاد ≥ ۱٫۵	۱٫۵ ^C	۳٫۰ ^C	۲٫۵	۲٫۵ ^C	...	...	۹۰ ^C	CH	۳	ASTM C49	آجر سلیکا
CaO آزاد ≥ ۱٫۵	۱٫۵ ^C	۳٫۰ ^C	۲٫۵	۲٫۵ ^C	...	...	۹۰ ^C	CQ	۳	ASTM C49	آجر سلیکا
...	۹۳٫۰	...	CQ, DQ, MQ	۴	ASTM C53	دیگر کاربردهای عملی آب
...	۹۳٫۰	...	CH, DH, MH	۴	ASTM C53	دیگر کاربردهای عملی آب
S ≤ 0,2 ^C P ≤ 0,0 ^C	۰٫۵	...	۱٫۰ ^C	۲٫۰ ^C	۴٫۰	۱٫۷۵ ^C	...	...	۹۲ ^C	CQ	...	ASTM C258	کلسیم کاربید
CaOH ₂ در دسترس ≤ ۹۰	۰٫۵	...	...	۱٫۰	...	۱٫۵	...	...	...	CH	...	ASTM C259	گریس

...	...	...	۱,۵ ^C	۳,۰ ^C	۲,۵	۱,۳ ^C	...	...	۹,۰ ^C	CH	...	ASTM C415	فرآورده‌های کلسیم سیلیکات
...	...	...	۱,۵ ^C	۳,۰ ^C	۲,۵	۱,۳ ^C	...	...	۹,۰ ^C	CQ	...	ASTM C415	فرآورده‌های کلسیم سیلیکات
...	۰,۳ ^C	۶۸	...	...	...	...	...	...	...	CH	۵	ASTM C433	هیپوکلریت (ماده رنگ زدا)
...	...	۹۰	...	...	...	...	...	...	...	CQ	۵	ASTM C433	هیپوکلریت (ماده رنگ زدا)

B ترکیب استاندارد

C بر پایه غیر فرار

یادآوری - نشان‌گذاری انواع آهک مشخص شده در این جدول موارد زیر را معنی می‌دهند :

CL سنگ آهک با کلسیم بالا

DL سنگ آهک دولومیتی

ML سنگ آهک منیزیم دار

CQ آهک زنده با کلسیم بالا

DQ آهک زنده دولومیتی

MQ آهک زنده منیزیم دار

CH آهک هیدراته با کلسیم بالا

DH آهک هیدراته دولومیتی

MH آهک هیدراته منیزیم دار

پیوست الف

(اطلاعاتی)

تعیین کلسیم اکسید آزاد در آهک هیدراته با کلسیم بالا - روش آزمون

الف-۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از این پیوست، تعیین مقدار کلسیم اکسید آزاد (CaO) در آهک هیدراته با کلسیم بالا که قادر به هیدراته شدن توسط سیستمی در فشار اتمسفر می‌باشد.

الف-۲ خلاصه‌ای از روش انجام آزمون

الف-۲-۱ این پیوست مبتنی بر اصل افزایش در وزن CaO است زمانی که برای تشکیل کلسیم هیدروکسید هیدراته می‌شود (Ca(OH)₂).

الف-۲-۲ نمونه خشک شده و در معرض بخار آب در فشار اتمسفری قرار می‌گیرد، مجدداً خشک می‌شود، و افزایش وزن CaO محاسبه می‌شود.

الف-۳ وسایل

الف-۳-۱ گرم‌خانه، بصورت ترموستاتیکی کنترل شده و اتمسفر آن عاری از CO₂ باشد.

الف-۳-۲ ترازوی تحلیلی.

الف-۳-۳ حمام بخار آب بصورت نشان داده شده در شکل الف-۱.

الف-۴ روش آزمون

الف-۴-۱ فلاسک ارلن مایر ۱۰ میلی‌لیتری تمیز و خشک را روی یک ترازوی تحلیلی وزن کنید.

یادآوری ۱- یک‌بار شروع کرده و آزمون را بدون وقفه کامل کنید.

الف-۴-۲ بوسیله قیف مخروطی (۳ تا ۵) گرم از آهک مورد آزمون را داخل فلاسک بیافزایید. مجدداً وزن کنید تا وزن دقیق نمونه را بدست آورید.

یادآوری ۲- فلاسک باید در کل مدت زمان آزمون در بسته نگه داشته شود، به جز زمان توزین، خشک کردن، یا در معرض بخار قرار دادن.

الف-۳-۴ فلاسک را در گرم‌خانه‌ای که قبلاً تا دمای ۱۲۰ درجه سیلسیوس گرم شده است، قرار دهید، و در این دما به مدت نیم ساعت نگاه‌دارید. درپوش فلاسک را بردارید و در خشکانه خنک کنید، و سپس وزن کنید.

یادآوری ۳- اتمسفر گرم‌خانه می‌تواند توسط قرار دادن یک ظرف از آهک سودا، آهک زنده، یا دیگر جذب‌کننده‌های مناسب متوسط CO₂ عاری از CO₂ نگه‌داشته شود.

الف-۴-۴ فلاسک و نمونه را در حمام بخار آب که بشدت در حال جوش است قرار دهید و به مدت نیم ساعت در معرض بخار قرار دهید. فلاسک را در حمام بخار آب بوسیله مانع تراوایی طی مدت زمان بخار دادن محافظت کنید. فلاسک را به گرم‌خانه انتقال دهید و به مدت نیم ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سیلسیوس خشک کنید، درپوش فلاسک را بگذارید و در خشکانه سرد کرده و سپس توزین کنید.

الف-۵ محاسبه

درصد آب و CaO را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد آب آزاد} = \left[\frac{(W_1 - W_2)}{S} \right] \times 100$$

$$\text{درصد CaO آزاد} = \frac{(W_3 - W_2) \times 3/114}{S} \times 100$$

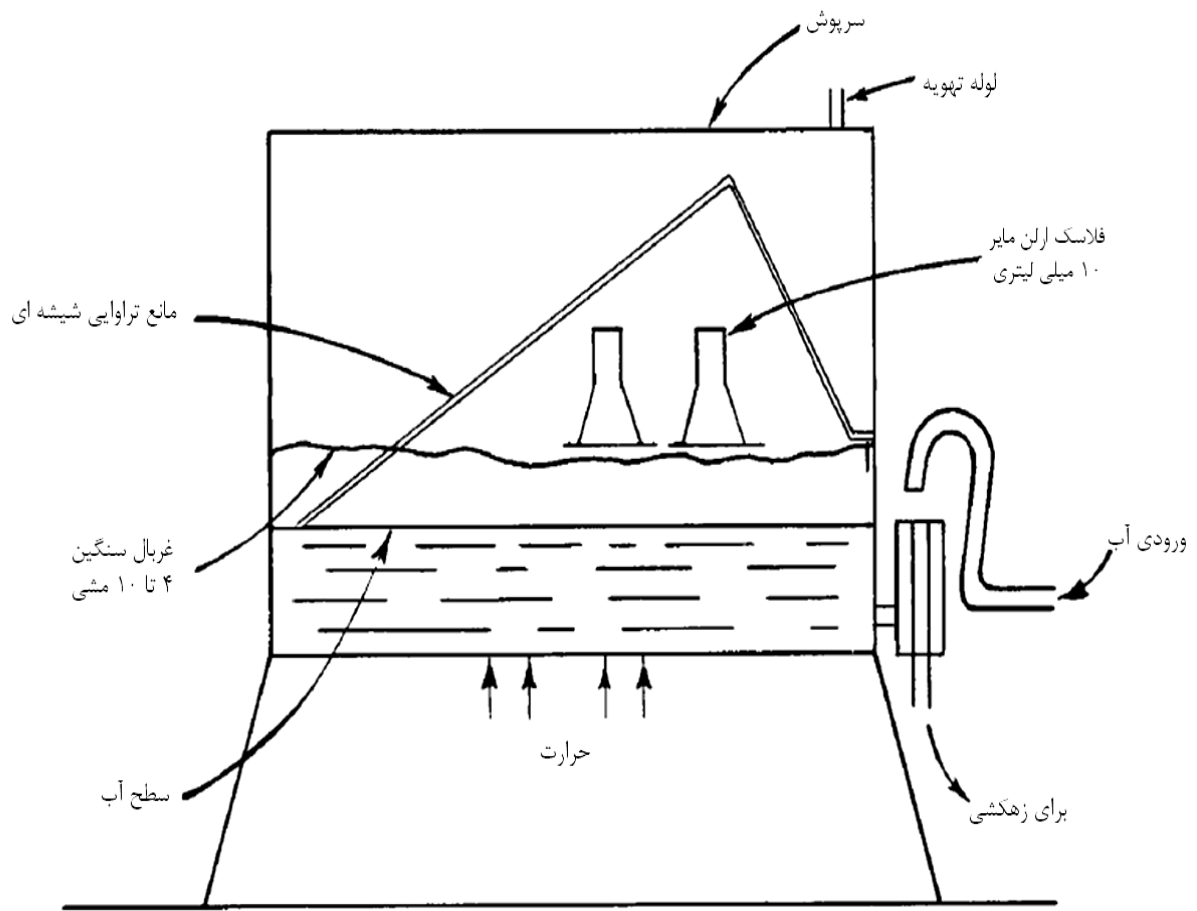
که در آن‌ها :

W₁ وزن نمونه و فلاسک قبل از خشک کردن؛

W₂ وزن نمونه و فلاسک بعد از خشک کردن؛

W₃ وزن نمونه و فلاسک بعد از بخار دادن و خشک کردن؛

S وزن نمونه.



شکل الف-۱- محفظه بخار