



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۸۰۹۰-۱

تجدید نظراول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

8090-1

1st.Revision

Apr.2013

چگالی سنج‌های نوسانی - قسمت ۱:
دستگاه‌های آزمایشگاهی

Oscillation-type density meters
:Part 1
Laboratory instruments

ICS:17.060

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 استاندارد 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) 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) وسایل سنجش، تعیین عیار 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
"چگالی سنج‌های نوسانی - قسمت ۱: دستگاه‌های آزمایشگاهی"
(تجدید نظر اول)

رئیس:

احمدی، حاجی رضا
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

دبیر:

افتخاری دافچاهی، سمیه
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اداره کل استاندارد استان همدان

اعتضاد زاده، پرناز
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان همدان

ایزدی، حسین
(کارشناسی فیزیک)

شرکت کاوش خاک آریا

پیری، احسان
(کارشناسی مهندسی معدن)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهار

پیری، جمشید
(کارشناسی ارشد ژئوفیزیک)

اداره کل استاندارد استان همدان

ردائی، احسان
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

سازمان ملی استاندارد ایران

رضوی، رخساره
(کارشناسی فیزیک)

آزمایشگاه مرجع شیمی تجزیه

عندلیبی، مریم
(کارشناسی شیمی)

اداره کل استاندارد استان همدان

هاشمی، محمد
(کارشناسی فیزیک)

دانشگاه بوعلی سینا همدان

هاشمی، مهدی
(دکتری شیمی تجزیه)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ واحدهای عاملی و اساسی
۳	۵ حسگر چگالی
۴	۶ آزمون‌ها و الزامات
۹	۷ تنظیمات
۹	۸ کالیبراسیون
۱۱	۹ درستی چگالی سنج
۱۱	۱۰ دستورالعمل
۱۲	۱۱ نشانه‌گذاری
۱۳	پیوست الف (الزامی) چگالی و تراکم - پذیرای آب خالص
۱۸	پیوست ب (الزامی) چگالی هوای مرطوب
۲۱	پیوست پ (اطلاعاتی) کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد "چگالی‌سنج‌های نوسانی - قسمت ۱: دستگاه‌های آزمایشگاهی" نخستین بار در سال ۱۳۸۴ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط (سازمان ملی استاندارد) و تایید کمیسیون-های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در یک صد و نود و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۹ تصویب شد. اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر 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 ۱-۸۰۹۰-۱ سال ۱۳۸۴ است.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 15212-1: 1998, Oscillation-type density meters Part 1: Laboratory instruments+, Cor 1
2008

چگالی سنج‌های نوسانی - قسمت ۱: دستگاه‌های آزمایشگاهی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات اندازه‌شناختی و سایر الزامات برای چگالی‌سنج‌های نوسانی مورد استفاده در آزمایشگاه برای همه‌ی انواع نمونه‌های مایع همگن و نیز ارائه یک روش برای تنظیم و کالیبراسیون این دستگاه‌ها می‌باشد. دستگاه‌ها می‌توانند هم به صورت مستقل و هم به صورت قسمتی از تجهیزات اندازه‌گیری پیچیده‌تر باشند.

این استاندارد روش استفاده‌ی چگالی‌سنج‌ها برای کاربردهای خاص یا فراورده‌هایی از قبیل فراورده‌های نفتی و یا آشامیدنی را شرح نمی‌دهد. این قبیل روش‌های استفاده در استانداردهای ملی و بین‌المللی مربوطه موجود هستند.

این استاندارد مشخصات دستگاه‌ها را برای کاربردهای خاص تعریف نمی‌کند. توصیه می‌شود برای این منظور به استانداردهای ملی و بین‌المللی مربوط مراجعه شود.

استفاده‌کنندگان این استاندارد تولیدکنندگان چگالی‌سنج‌ها و مراکز آزمون و صدور گواهی‌نامه‌های انطباق برای چگالی‌سنج‌ها می‌باشند. به علاوه این استاندارد پیشنهادهایی را برای تنظیم و کالیبراسیون چگالی-سنج‌ها توسط کاربر ارائه می‌دهد.

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 موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۲۳۲، مقررات ایمنی دستگاه‌های الکتریکی برای مصارف اندازه‌گیری، کنترل و آزمایشگاه. قسمت اول: مقررات ایمنی عمومی - تجدیدنظر

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳، واژه‌نامه اندازه‌شناسی مفاهیم پایه و عمومی و اصطلاحات مربوط

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۳۸۶: سال ۱۳۸۲ شیشه بروسیلیکات ۳/۳ - خواص.

2-5 IEC 61326-1: 2005, Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements - Part 1: General requirements

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

یادآوری - تعاریف و اصطلاحات مورد استفاده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ : سال ۱۳۹۰ می‌باشند.

۱-۳

تنظیم (یک چگالی سنج)

عملیاتی که طی آن از طریق چینش یا تنظیم ثابت‌های دستگاه چگالی‌سنج، وسیله به حالت عملکردی مناسب برای استفاده آورده می‌شود.

یادآوری - با انجام تنظیم، از انحرافات اندازه‌گیری سیستماتیک تا حد مورد نیاز برای کاربرد مورد نظر کاسته می‌شود. تنظیم دخل و تصرفی است که به طور دائم دستگاه را اصلاح می‌کند.

۲-۳

کالیبراسیون (یک چگالی سنج)

مجموعه‌ی عملیاتی که ارتباط بین چگالی مرجع استانداردها و چگالی مربوطه‌ی خوانده شده از دستگاه را برقرار می‌کند.

یادآوری - با کالیبراسیون دخل و تصرفی، همانند چینش ثابت‌های دستگاهی در طی عملیات تنظیم، که به طور دائم دستگاه را اصلاح کند، انجام نمی‌شود.

۳-۳

نقاط تشدید شده پارازیتی (یک چگالی سنج)

فرکانس‌های نوسانی که در آن، فرکانس طبیعی حسگر چگالی‌سنج با نوسان "جرم تعادل" دربردارنده‌ی پایه‌ی (تکیه‌گاه) وسیله تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۴ واحدهای عاملی و اصلی

۱-۴ اصول اندازه‌گیری

حسگرهای مورد استفاده در چگالی‌سنج‌ها، سیستم‌های نوسانی به طور الکتریکی یا مکانیکی ایجاد شونده‌ای هستند که، فرکانس‌ها یا دوره‌های نوسانی تابعی از چگالی نمونه هستند. بسته به طراحی حسگر، حسگر می‌تواند در نمونه‌های جاری عمل کند یا اینکه داخل مایع فرو رود. ثابت‌های دستگاه چگالی‌سنج تنظیم شده، جهت محاسبه‌ی چگالی نمونه از فرکانس نوسان یا دوره نوسان استفاده می‌شوند.

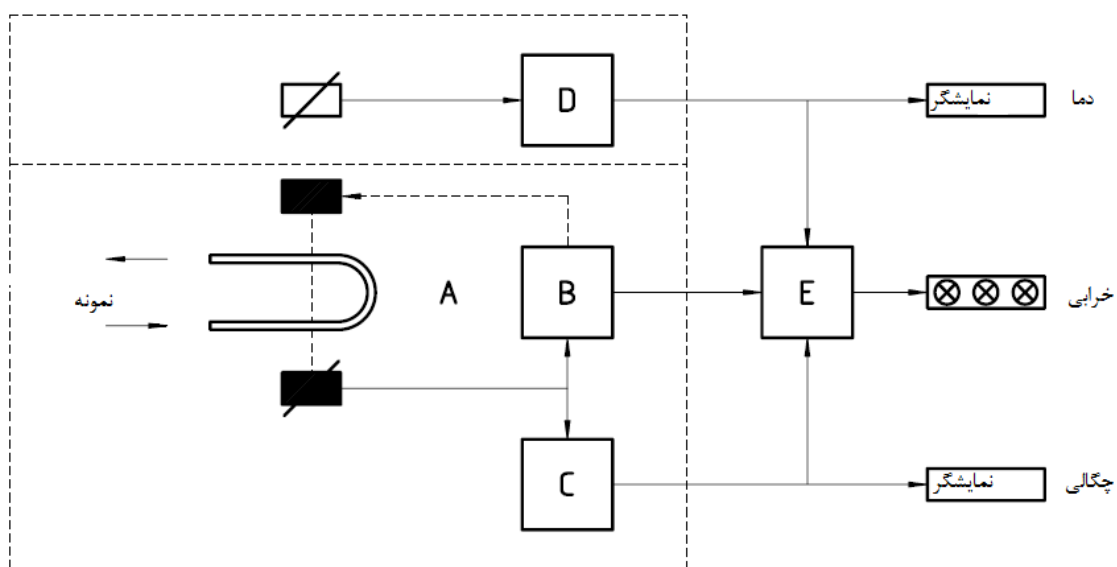
۲-۴ واحدهای عاملی

چگالی‌سنج‌های نوسانی باید دارای واحدهای عاملی زیر باشد:

الف- حسگر چگالی با قابلیت پر شدن با نمونه یا غوطه ور شدن در آن؛

ب- وسیله‌ای برای تحریک و کنترل نوسانات حسگر؛

- پ- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و نمایش چگالی و فرکانس یا دوره نوسان؛
- ت- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و نمایش دمای نمونه که برای آن چگالی اندازه‌گیری شده معتبر است؛
- ث- یک سیستم جهت آشکارسازی و نمایش عملکرد بد و خطاهای کاربر؛
- واحدهای عاملی الف تا پ به عنوان سیستم نوسانی نامیده می‌شوند. علاوه بر این، چگالی‌سنج‌های نوسانی را می‌توان با واحدهای عاملی زیر ترکیب کرد.
- ج- واحدی برای کنترل دمای نمونه و حسگر چگالی؛
- چ- وسیله نمونه‌برداری؛
- ح- وسیله تمیز کردن حسگر.
- تمام واحدهای عاملی الف تا ج می‌توانند در یک دستگاه جمع شوند یا در واحدهای جداگانه باشند.



راهنما:

A	حسگر چگالی (۲-۴ الف)	B	فرستنده‌ی تحریک کننده (۲-۴ ب)
C	ارزیابی سیگنال (۲-۴ پ)	D	دمای اندازه‌گیری (۲-۴ ت)
E	تابع نظارت (۲-۴ ث)		

شکل ۱- واحدهای عاملی چگالی‌سنج

۵ حسگر چگالی

۱-۵ مواد حسگر

مواد حسگر چگالی می‌تواند، برای مثال شیشه‌ی بوروسیلیکات ۳ و ۳ مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۳۸۶ : سال ۱۳۸۲، فلز، آلیاژهای فلزی یا پلاستیک‌ها باشد. ماده در صورتی مناسب در نظر گرفته می‌شود که رده‌ی مقاومتی آن نسبت به نمونه‌ی مورد اندازه‌گیری و عوامل تمیز کننده مورد استفاده در چگالی‌سنج،

از بالاترین رده‌های مذکور در جداول مقاومتی باشد. فرسایش و همچنین شکل‌های خاصی از خوردگی باید در این رابطه در نظر گرفته شوند. در جایی که هیچ گونه مقاله یا داده‌های تجربی موجود نباشد، توصیه می‌شود مقاومت مواد حسگر به شرح زیر آزمون شوند.

الف) یک آزمونه‌ی تمیز و خشک از موادی یکسان با مواد حسگر را وزن کنید. بیشینه خطای مجاز ترازو نباید بیش از 0.01% جرم آزمونه باشد.

ب) آزمونه را در مایع مورد اندازه‌گیری با حسگر، تحت شرایط اندازه‌گیری یکسان یعنی دما و فشار، غوطه‌ور کنید.

پ) پس از ۱۲ ساعت آزمونه را برداشته، تمیز و خشک و وزن کنید.

اگر جرم آزمونه با روش آزمون کمتر از $\pm 0.05\%$ تغییر کند، مواد حسگر مورد نظر مقاوم می‌باشند.

۲-۵ طراحی حسگر

حسگرهای چگالی را می‌توان به صورت لوله‌های مستقیم، U شکل یا امگا شکل طراحی کرد. سایر طراحی‌های دیگر به صورت چنگالی، استوانه‌ای، زنگوله‌ای یا غشایی می‌باشد. همه‌ی طراحی‌هایی که با اصول عملیاتی بند ۴-۱ مطابق باشند، قابل ساخت هستند.

۶ آزمون‌ها و الزامات

تمام آزمون‌های بند ۶، آزمون‌های نوع در نظر گرفته می‌شوند. چنانچه مورد دیگری در متن اشاره نشده باشد، در دمای 20°C انجام می‌شوند.

۱-۶ سیستم نوسانی

۱-۱-۶ انحراف^۱

۱-۱-۱-۶ طی مدت زمان ۲۴ h، انحراف چگالی نمایش داده شده، $\Delta\rho_{24}$ ، در دمای ثابت 20°C نباید بیش از 1% بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده توسط سازنده‌ی دستگاه باشد.

اگر چگالی‌سنج برای دمای اندازه‌گیری 20°C طراحی نشده باشد، انحراف در دمای اندازه‌گیری میانگین چگالی‌سنج نباید بیش از 5% بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده باشد.

۲-۱-۱-۶ دستگاه را روشن کرده و اجازه دهید دما برای مدت زمان ۲۴ ساعت به تعادل برسد. دستگاه را مطابق با دستورالعمل سازنده‌ی آن تنظیم کنید. (به بند ۷ مراجعه کنید). دستگاه را ۳ بار با آب درجه‌ی ۲ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸: سال ۱۳۸۱ پر کنید و چگالی را در دمای $(20 \pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ ثبت کنید. میانگین مقادیر سه اندازه‌گیری ρ_1 را ثبت کنید. اندازه‌گیری را تکرار (بدون تنظیم جدید) و محاسبه‌ی مقدار میانگین ρ_1 را بعد از حداقل ۱۰ روز تکرار کنید. دستگاه و وسیله‌ی ثابت نگه‌دارنده‌ی دما باید در طی مراحل آزمون روشن باشند.

انحراف را با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید.

$$\Delta\rho_{\text{CF}} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\Delta t} \quad (1)$$

که در آن،

Δt اختلاف روزهای بین دو اندازه‌گیری سه‌تایی می‌باشد.

اگر چگالی‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری دما 20°C طراحی نشده‌اند، آزمون باید در دمای اندازه‌گیری میانگین چگالی‌سنج انجام شود.

۶-۱-۲ اثر گرانیروی نمونه

۶-۱-۲-۱ سیستم نوسانی باید به گونه‌ای ساخته شده باشد که بیشینه خطاهای مجاز، هنگام اندازه‌گیری نمونه‌ها با گرانیروی‌های مختلف و در صورت لزوم با سرعت‌های صوتی مختلف، با الزامات بند ۹ مطابق باشد.

۶-۱-۲-۱ از مایعات نیوتنی با چگالی و ویسکوزیته‌های معلوم و نیز، در صورت لزوم، با چگالی‌ها و سرعت‌های صوتی معلوم، مناسب برای کاربرد مورد نظر چگالی‌سنج، استفاده کنید. مایعات باید نسبت به مواد حسگر چگالی غیر خورنده باشند. آزمون‌ها را مطابق با بند ۹ اجرا کنید.

۶-۱-۳ انحراف بین نمونه و دماهای حسگر

۶-۱-۳-۱ سیستم نوسان باید به گونه‌ای ساخته و سوار شود که انحراف بین دمای نمونه و دمای حسگر در لحظه‌ی نمایش نتایج، بیش از مقادیر داده شده در بند ۶-۲ نباشد.

۶-۱-۳-۲ چگالی نمایش داده شده‌ی دستگاه را در دوره‌های زمانی معین ارزیابی کنید. برای این کار:

- دستگاه را روشن کنید و دمای اندازه‌گیری را در 20°C تنظیم کنید؛

- دستگاه را برای مدت زمان ۲۴ h به تعادل برسانید؛

- یک مایع مرجع که چگالی آن وابستگی گرمایی بالایی دارد را در 30°C پیش آماده‌سازی کنید؛

- حسگر چگالی را با مایع مرجع پیش آماده‌سازی شده پر کنید.

اولین مقدار چگالی دارای اعتبار نمایش داده شده توسط دستگاه و یا مقدار قرائت شده از دستگاه پس از دوره‌ی زمانی مشخص شده توسط تولید کننده با مقادیر چگالی نمایش داده شده پس از دقیقه ۱۰ مقایسه می‌شود. اختلاف بین دو مقدار نباید بیش از ۲۰٪ بیشینه خطاهای مشخص شده برای چگالی‌سنج توسط تولید کننده باشد.

یادآوری - بروموبنزن یا n-نونان مثال‌های مناسبی از مایعات مرجع برای این روش آزمون می‌باشند.

هشدار - بروموبنزن یک ماده‌ی خطرناک بوده و باید تحت مقررات ایمنی استفاده شود.

اگر چگالی‌سنج برای دمای اندازه‌گیری 20°C طراحی نشده است، آزمون‌ها باید در دمای اندازه‌گیری میانگین چگالی‌سنج انجام شوند.

۴-۱-۶ اثر نوسان‌ها

۱-۴-۱-۶-۱ انحراف‌های اندازه‌گیری ایجاد شده از اثر نوسان‌های قسمت‌های دستگاه نباید بیش از ۲۰٪ بیشینه خطای مشخص شده برای چگالی‌سنج توسط تولید کننده در تمام گستره‌ی اندازه‌گیری باشد.

۱-۴-۱-۶-۲ ویژگی‌های نوسانی حسگرهای چگالی توکار آماده شده توسط تولید کننده را آزمون کنید. این آزمون در تمام گستره‌ی اندازه‌گیری چگالی نباید هیچ نقطه‌ی تشدید شده پارازیتی (بند ۳-۳) با اثری بیش از ۲۰٪ بیشینه خطاهای مشخص شده برای چگالی‌سنج توسط تولید کننده را نشان دهد.

۲-۶ اندازه‌گیری و کنترل دما

۱-۲-۶ الزامات

حسگر دمایی چه به صورت توکار و چه به صورت قسمت‌های جداگانه باید به گونه‌ای نصب شوند که برقراری یک تماس حرارتی خوب با نمونه را تضمین کنند. انحراف بین دماهای نمایش داده شده و دماهای واقعی نمونه نباید از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز چگالی‌سنج در ضریب $0.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^3$ بزرگتر باشد. یادآوری - برای تعیین این ضریب، یک انحراف چگالی حرارتی حدی $2.4^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^3$ فرض شده است. اگر گستره‌ی کاربردی چگالی‌سنج به نمونه‌های آبی و مخلوط‌های حاوی آب محدود باشد، ضریب ضرب شده در بیشینه خطاهای مجاز می‌تواند تا $0.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^3$ افزایش یابد.

۲-۲-۶ شرایط آزمون

اندازه‌گیری انحراف دما بین دماهای نمایش داده شده و دمای‌های نمونه واقعی باید با اندازه‌گیری مستقیم دمای داخل حسگر چگالی‌سنج یا توسط اندازه‌گیری غیر مستقیم انجام شود. آزمون غیر مستقیم باید با تنظیم دستگاه (به بند ۷ مراجعه کنید) به دنبال کالیبراسیون (به بند ۴-۸ مراجعه کنید) چگالی‌سنج با دو مایع مرجع که به طور خاص برای این آزمون انتخاب شده‌اند (به بند ۲-۸ مراجعه کنید)، در دمای زیر انجام شود:
- در 20°C ؛

- در دمای نزدیک به حد پایینی گستره‌ی اندازه‌گیری دمای چگالی‌سنج؛ و

- در دمای نزدیک به حد بالایی گستره‌ی اندازه‌گیری دما.

اگر چگالی‌سنج برای دمای اندازه‌گیری 20°C طراحی نشده است، آزمون باید در دمای اندازه‌گیری میانگین دستگاه انجام شود.

مقادیر چگالی مایعات مرجع، انتخاب شده برای این آزمون (به بند ۲-۸ مراجعه کنید)، نباید بیش از 300 kg/m^3 باشد. مایعات مرجع باید وابستگی چگالی دمایی متفاوتی $d\rho/d\theta$ داشته باشند.

۳-۲-۶ روش انجام آزمون

حسگر چگالی را تمیز و دستگاه را مطابق با دستورالعمل سازنده آن روشن کنید. حسگر را در دمای $(20\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ برای مدت زمان ۲۴ h، به تعادل برسانید.

دستگاه را مطابق با دستورالعمل سازنده‌ی آن تنظیم کنید (به بند ۷ مراجعه کنید).

دستگاه را مطابق بند ۸-۴ با استفاده از اولین مایع مرجع انتخاب شده طبق بند ۸-۲ کالیبره کنید. خطاهای اندازه‌گیری $\Delta\rho_3$ را ثبت کنید.
دستگاه را با استفاده از دومین مایع مرجع انتخاب شده کالیبره کنید. $\Delta\rho_4$ را ثبت کنید.

یادآوری - اگر دستگاه با آب درجه ۲ مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۷۲۸: سال ۱۳۸۱ تنظیم شده باشد (به بند ۸-۲ مراجعه کنید) و اگر مایع مرجع (به بند ۸-۲ مراجعه کنید) برای اولین کالیبراسیون به غیر از آب می‌باشد، دومین کالیبراسیون را می‌توان حذف کرد.
روش انجام آزمون را در دو دمای دیگر تکرار کنید.

۴-۲-۶ ارزیابی آزمون

تصحیح گرانی $C\rho_3(\eta_3)$ را برای گرانی η_3 و چگالی ρ اولین مایع مرجع در سه دمای آزمون مطابق با دستورالعمل سازنده محاسبه کنید. تصحیح گرانی را از خطاهای اندازه‌گیری ثبت شده $\Delta\rho_3$ کم کنید (رابطه ۲).

$$C\rho_3 = \Delta\rho_3 - C\rho_3(\eta_3) \quad (2)$$

محاسبات مشابه برای دومین مایع مرجع را مطابق با رابطه ۳ انجام دهید.

$$C\rho_4 = \Delta\rho_4 - C\rho_4(\eta_4) \quad (3)$$

مقدار تقریب D_θ را برای انحراف بین دمای نشان داده شده و دمای واقعی نمونه در حسگر چگالی در هر ۳ دمای آزمون را از رابطه‌ی ۴ محاسبه کنید.

$$D_\theta = 0.75 \times \frac{|C\rho_4 - C\rho_3|}{\left| \left(\frac{d\rho_3}{d\theta} \right) - \left(\frac{d\rho_4}{d\theta} \right) \right|} \quad (4)$$

که در آن:

$\frac{d\rho_3}{d\theta}$ وابستگی چگالی دمایی اولین مایع مرجع؛

$\frac{d\rho_4}{d\theta}$ وابستگی چگالی دمایی دومین مایع مرجع.

یادآوری ۱ - فاکتور تصحیح ۰.۷۵ با این فرض است که ۲۵٪ انحرافات اندازه‌گیری به دلیل انحرافات دمایی نمی‌باشد.
هیچ یک از سه مقدار تقریبی D_θ محاسبه شده، نباید از حاصل ضرب بیشینه خطاهای مجاز دستگاه در ضریب $0.2^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Kg}^{-1}$ یا $0.5^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Kg}^{-1}$ بیشتر باشند.

یادآوری ۲ - اگر دستگاه با آب درجه‌ی ۲ مطابق با استاندارد بند ۲-۱ تنظیم شده، و دومین کالیبراسیون حذف شده باشد، عبارت $C\rho_4$ را می‌توان از آخرین رابطه حذف کرد و $\frac{d\rho_4}{d\theta}$ با وابستگی چگالی دمایی آب که از مقادیر داده شده در جدول الف-۱ پیوست الف محاسبه می‌شود، برابر خواهد شد. تحت چنین شرایطی n-نونان یا n-دودکان مایعات مرجع مناسبی برای این آزمون می‌باشند. وابستگی‌های چگالی دمایی به شرح زیر می‌باشد.

$$d\rho_{non} / d\theta = -0,778 \text{ kg.m}^{-3} . ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$d\rho_{dod} / d\theta = -0,723 \text{ kg.m}^{-3} . ^\circ\text{C}^{-1}$$

۳-۶ نمایشگرها

۱-۳-۶ نمایش نتایج

نمایشگرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که:

- چگالی بر حسب kg/m^3 یا g/cm^3 همراه با یکای اندازه‌گیری نشان داده شود؛
- تفکیک‌پذیری نمایشگر چگالی در مقیاس دیجیتالی مطابق با جدول ۱ باشد؛
- بازه مقیاس بر روی یک مقیاس آنالوگ با بیشینه خطاهای مجاز (به جدول ۱ مراجعه کنید) برابر و فواصل علائم مقیاس، کمینه ۱ mm باشد.

جدول ۱- تفکیک‌پذیری و بیشینه خطاهای مجاز

ضریب	تفکیک‌پذیری kg.m^3	بیشینه خطاهای مجاز kg.m^3
۱/۱۰	۰,۱	۱,۰
۱/۵	۰,۱	۰,۵
۱/۲۰	۰,۰۱	۰,۲۰
۱/۱۰	۰,۰۱	۰,۱۰
۱/۵	۰,۰۱	۰,۰۵

اگر بیشینه خطاهای مجاز مشخص شده بیش از $0,1 \text{ kg/m}^3$ یا $0,0001 \text{ g/cm}^3$ نباشد و اگر آخرین رقم با معنی به صورت غیر مبهم مشخص باشد، ممکن است دستگاه‌های چگالی‌سنجی برای کاربردهای خاص (به عنوان مثال تحقیقات علمی) دارای تفکیک‌پذیری نمایش چگالی $0,001 \text{ kg/m}^3$ یا $0,000001 \text{ kg/m}^3$ باشند.

۲-۳-۶ نمایش‌های اضافی

نمایشگرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که:

- دوره یا فرکانس نوسان بنا به درخواست نشان داده شده و به وضوح از نمایش چگالی مشخص باشند؛
 - دمای مایعات بر حسب درجه سلسیوس نمایش داده شود؛
 - یکای اندازه‌گیری همراه با مقدار اندازه‌گیری نمایش داده شود؛
 - عملکرد بد نمایش داده شود؛
 - ثابت‌های دستگاه بنا به درخواست نمایش داده شوند.
- در صورتی که داده‌های دستگاهی اضافی موجود باشند، ممکن است بنا به درخواست نمایش داده شوند. در چگالی‌سنج، با منبع باطری، مقادیر نمایش داده شده در صورتی که باطری خارج از حدود پایینی یا بالایی ولتاژ عملکردی باشد، باید به عنوان نامعتبر شناخته شوند.

باید برای اطمینان از این که تفکیک نمایش چگالی مطابق با مشخصات سازنده بر طبق بند ۹ است، یک ارزیابی چشمی انجام شود.

۴-۶ واحدهای کمکی و انتقال داده

اگر چگالی سنج شامل چندین واحد جداگانه و یا در صورتی که دارای وسایل اضافی متصل باشد، داده‌ها باید بدون تغییر و بدون تاثیر واقع شدن منتقل شوند.

وسایل اضافی برای نشان دادن داده‌های اندازه‌گیری شده باید آن‌ها را بدون تغییر و بدون تحت تاثیر قرار دادن نمایش دهند.

رابطه‌ها، انتقال دهنده‌های داده و واحدهای اضافی باید به وضوح تعریف شده و همچنین باید بدون حساسیت به تداخل‌ها کار کنند. به عنوان مثال آن‌ها نباید داده‌ها را تحت تاثیر قرار داده و سبب عملکرد بد شوند.

اگر رابطه‌ها، انتقال دهنده‌های داده و واحدهای اضافی از این تعاریف متفاوت یا معیوب باشند، نمایش داده‌های اندازه‌گیری شده باید به وضوح به عنوان نامعتبر شناخته شوند.

۵-۶ الزامات ایمنی

باید از الزامات ایمنی مطابق با استاندارد بند ۲-۲ تا آنجایی که برای چگالی‌سنج‌های نوسانی قابل اجرا باشد، پیروی شود.

آزمون‌ها باید مطابق با استاندارد بند ۲-۲ انجام شود.

۶-۶ سازگاری الکترومغناطیسی

باید از الزامات EMC^۱ مشخص شده در استاندارد بند ۲-۵ تا آنجایی که در چگالی‌سنج‌های نوسانی قابل اجرا باشد، پیروی شود. آزمون‌ها باید مطابق با استانداردهای ذکر شده در بالا باشد.

۷ تنظیمات

چگالی‌سنج‌ها باید مطابق با دستورالعمل سازنده‌ی آن تنظیم شوند. تنظیمات با تعیین و تنظیم ثابت‌های دستگاه (به بند ۳ مراجعه کنید) انجام می‌شوند. حداقل ۵۰ مجموعه از ثابت‌ها باید به طور همیشگی و خودکار در چگالی‌سنج ذخیره شود.

به طور معمول، تنظیمات با هوا و آب درجه‌ی ۲ مطابق با استاندارد بند ۲-۱ قابل انجام است و توصیه می‌شود در دمای اندازه‌گیری مورد نظر انجام شود. مقادیر چگالی آب در جدول پیوست الف-۱ و مقادیر چگالی هوای مرطوب در جدول پیوست ب-۱ مشخص شده است.

پس از هر تعمیر و نگهداری دستگاه تنظیمات چگالی‌سنج باید اجرا شود.

1-Electromagnetic compatibility

۸ کالیبراسیون

۱-۸ مایعات مرجع چگالی

برای آزمون و کالیبراسیون چگالی سنج‌ها مطابق با این استاندارد ملی، مایعات مرجعی باید مورد استفاده قرار گیرند که مقادیر چگالی و در صورت لزوم گرانشی و سرعت‌های صوتی آن‌ها در گستره‌ی کاری دما، فشار و جریان چگالی سنج باشند.

مقادیر چگالی مایعات مرجع باید با روش‌های قابل ارجاع به استانداردها اندازه‌گیری شوند. مقادیر چگالی باید دارای گواهی عدم قطعیت در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) باشند که نباید از ۳۰٪ بیشینه‌ی خطاهای مجاز چگالی سنج مورد آزمون بیشتر باشد.

اگر آب درجه ۲ مطابق با استاندارد بند ۲-۱ به عنوان مایع آزمون یا مرجع استفاده می‌شود، کیفیت این آب باید به طور منظم ارزیابی و ثبت شود. مقادیر چگالی آب که در جدول الف-۱ پیوست الف ذکر شده‌اند، باید به کار گرفته شوند.

توصیه می‌شود هدایت الکتریکی آب به طور ترجیحی برای کنترل کیفی استفاده شود. توصیه می‌شود هدایت آب تازه تهیه شده (درجه ۱ مطابق با استاندارد بند ۲-۱) از 0.1 ms/m تجاوز نکند. مایعات مرجع باید با توجه به کاربرد چگالی سنج انتخاب شوند یعنی خواص آن‌ها باید مطابق با شرایط کاربرد دستگاه‌ها باشند.

۲-۸ مایعات مرجع چگالی خاص

مقادیر چگالی مایعات مرجع که برای آزمون کنترل دما و اندازه‌گیری استفاده می‌شوند (به بند ۶-۲ مراجعه کنید) باید در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) به عنوان تابعی از وابستگی چگالی حرارتی تایید شده باشند.

-بالای $1.0 \text{ kg.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ با عدم قطعیت 0.1 kg.m^{-3}

از $1.0 \text{ kg.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ تا $1.7 \text{ kg.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ با عدم قطعیت 0.2 kg/m^{-3}

بیش از $1.7 \text{ kg.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ با عدم قطعیت 0.3 kg/m^{-3}

وابستگی چگالی حرارتی باید در سطح اطمینان ۹۵٪ ($K=2$) با عدم قطعیتی کمتر از ۱۰٪ وابستگی چگالی حرارتی تایید شده باشد. گرانشی این مایعات مرجع باید معلوم باشد و نباید بیش از 5 mPas باشد.

۳-۸ الزامات کالیبراسیون

برای اعتباربخشی به صحت چگالی سنج برای مثال مطابق بند ۹، کالیبراسیون باید با اندازه‌گیری چگالی مایعات مرجع (به بند ۸-۲ مراجعه کنید) با چگالی‌های معلوم و در صورت نیاز گرانشی‌ها و سرعت‌های صوتی معلوم انجام شود. چگالی نشان داده شده توسط دستگاه با چگالی‌های تایید شده‌ی مایعات مرجع مقایسه می‌شود.

کالیبراسیون باید در گستره‌ی اندازه‌گیری چگالی و در گستره‌ی کاری دما و گرانشی و در صورت اطلاق فشار، جریان و سرعت صوتی مناسب برای چگالی سنج، انجام شوند.

نقاط کالیبراسیون باید به نحوی انتخاب شوند که نزدیک به حد بالا و حد پایین و وسط گستره‌ی اندازه‌گیری چگالی مربوطه قرار گیرند. موقعیت نقاط کالیبراسیون، به مایعات مرجع انتخابی و همچنین به فشار و دمای تنظیم شده بستگی دارد.

اگر گستره‌ی دمای کاری 20°C را شامل شود، یک نقطه کالیبراسیون باید در این دما باشد. چگالی‌ها باید در هر نقطه‌ی کالیبراسیون از سه اندازه‌گیری مستقل تعیین شود. میانگین مقادیر محاسبه شده، به عنوان نتیجه کالیبراسیون در نقطه‌ی کالیبراسیون انتخابی محسوب می‌شود. هر کالیبراسیون به چینش واقعی ثابت‌های دستگاه مربوط می‌شود، و به همین دلیل ثابت‌های دستگاه باید در نتایج کالیبراسیون گزارش شوند.

۴-۸ روش اجرایی کالیبراسیون

برای اعتباربخشی به درستی چگالی‌سنج برای مثال مطابق بند ۹، کالیبراسیون را در هر نقطه کالیبراسیون انتخابی و در دما و فشار اندازه‌گیری ثابت، به شرح زیر انجام دهید. دستگاه را روشن و دمای اندازه‌گیری را مطابق با دستورالعمل سازنده تنظیم کنید. حسگر چگالی را مطابق، دستورالعمل سازنده تمیز کنید (به بند ۱۰ مراجعه کنید). اجازه دهید حسگر در دمای ثابت، به تعادل برسد.

یادآوری - زمان تاخیر برای حصول تعادل دمایی، به نوع دستگاه و میزان تغییر دما در مقایسه با دماهای اندازه‌گیری قبلی بستگی دارد. زمان تاخیر می‌تواند ۲۴ h باشد و توصیه می‌شود مطابق با دستورالعمل سازنده انتخاب شود.

۳ بار دستگاه را با مایعات مرجع انتخابی پر و چگالی را اندازه‌گیری کنید.

میانگین مقادیر $\bar{\rho}$ مقادیر نشان داده شده ρ_i را از رابطه‌ی ۵ محاسبه کنید.

$$\bar{\rho} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \rho_i \quad (5)$$

خطای اندازه‌گیری $\Delta\rho$ را به صورت اختلاف بین مقدار میانگین $\bar{\rho}$ و چگالی تایید شده ρ_R مایع مرجع انتخابی از رابطه محاسبه کنید.

$$\Delta\rho = \bar{\rho} - \rho_R \quad (6)$$

حسگر چگالی را مطابق با دستورالعمل سازنده تمیز کنید.

۹ درستی چگالی‌سنج

بیشینه خطای مجاز برای چگالی‌سنج تنظیم شده 1 kg/m^3 (0.001 g/cm^3) می‌باشد. اگر مقادیر کمتری توسط سازنده تعریف شده است، این مقادیر باید مطابق با مقادیر جدول ۱ باشد. ممکن است چگالی‌سنج بسته به روش عملکردی آن، گستره‌ی اندازه‌گیری و شرایط محیطی و خصوصیات نمونه برای بیش از یک بیشینه خطای مجاز طراحی شود. جابجایی بین این حدود خطا می‌تواند به صورت خودکار یا دستی انجام شود.

مجموعه حدود خطای مجاز باید در صفحه جلویی چگالی سنج به صورت واضح و خالی از اشتباه مشخص شود.

آزمون انطباق با بیشینه خطاهای مجاز باید با کالیبراسیون چگالی سنج مطابق با بند ۸-۳ و ۸-۴ انجام شود. انحرافات اندازه‌گیری شده مایعات مرجع مورد استفاده برای کالیبراسیون نباید در هر نقطه‌ی کالیبراسیون از بیشینه خطاهای مجاز که توسط سازنده مطابق با جدول ۱ مشخص شده است بیشتر باشد. مقادیر چگالی مایعات مرجع باید از پیوست الف (برای آب مطابق با استاندارد بند ۲-۱) از مقالات و یا از گواهی‌نامه‌های همراه با مایعات کسب شوند.

۱۰ دستورالعمل

هر چگالی‌سنج باید به همراه خود یک کتابچه‌ی حاوی اطلاعات کافی داشته باشد به طوری که کاربر بتواند دستگاه را بدون کمک دیگران تنظیم، کالیبره و استفاده کند.

این دستورالعمل باید دارای اطلاعات کامل و حداقل حاوی اطلاعات زیر باشد:

- الزامات نگهداری و انتقال؛
- نصب و راه‌اندازی شامل شرایط محیطی و در صورت لزوم موقعیت نصب؛
- بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری؛
- فواصل تعمیر و نگهداری با توجه به برنامه‌های کاربردی خاص؛
- قوانین ایمنی برای استفاده چگالی‌سنج؛
- تنظیم (تعیین و چینش ثابت‌های دستگاه)
- اندازه‌گیری چگالی مایع؛
- اندازه‌گیری دمای مایع؛
- تنظیم دما در صورتی که چگالی‌سنج وسیله‌ای برای ثابت نگه‌داشتن دمای مایع داشته باشد.
- گستره‌ی کاری چگالی، دما، گرانش، فشار و شار؛
- بیشینه خطاهای مجاز، تفکیک‌پذیری، تکرارپذیری، (بر حسب انحراف استاندارد) و زمان حصول پایداری دمایی در گستره‌های کاری؛
- روابط محاسبه‌ی ثابت‌های دستگاه و چگالی؛
- تمیز کردن و محلول‌های تمیزکننده‌ی مناسب؛
- اجتناب از بهره‌برداری و خطاهای اندازه‌گیری؛
- مایعاتی که به حسگر نوسان حمله‌ی شیمیایی می‌کنند.
- شرایط مجاز محیطی؛
- ارتعاشات مجاز؛
- پیغام‌های خطا.

۱۱ نشانه گذاری

چگالی سنج باید به وضوح با اطلاعات زیر برچسب گذاری شود:

الف) نام یا علامت سازنده یا تامین کننده؛

ب) شناسه گذاری نوع یا نشان گذاری نوع؛

پ) شماره‌ی سریال دستگاه.

در صفحه‌ی جلوی چگالی سنج، بیشینه خطاهای مجاز واقعی باید نشان داده شده و یا اظهار شود.

پیوست الف

(الزامی)

چگالی و تراکم‌پذیری آب خالص

جدول الف ۱- چگالی ρ_w آب خالص به صورت تابعی از دما t_w مطابق با مقیاس بین‌المللی دما سال ۱۹۹۰

مقادیر چگالی برحسب kg/m^3

t_w °C	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۴	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۱	۰	t_w °C
۰	۹۹۹٫۸۹	۹۹۹٫۸۹	۹۹۹٫۸۸	۹۹۹٫۸۸	۹۹۹٫۸۷	۹۹۹٫۸۷	۹۹۹٫۸۶	۹۹۹٫۸۵	۹۹۹٫۸۵	۹۹۹٫۸۴	۰
۱	۹۹۹٫۹۴	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۲	۹۹۹٫۹۲	۹۹۹٫۹۱	۹۹۹٫۹۱	۹۹۹٫۹۰	۹۹۹٫۹۰	۱
۲	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۴	۹۹۹٫۹۴	۲
۳	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۶	۳
۴	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۷	۴
۵	۹۹۹٫۹۴	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۵	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۶	۵
۶	۹۹۹٫۹۱	۹۹۹٫۹۱	۹۹۹٫۹۱	۹۹۹٫۹۲	۹۹۹٫۹۲	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۳	۹۹۹٫۹۴	۹۹۹٫۹۴	۶
۷	۹۹۹٫۸۵	۹۹۹٫۸۶	۹۹۹٫۸۷	۹۹۹٫۸۷	۹۹۹٫۸۸	۹۹۹٫۸۸	۹۹۹٫۸۹	۹۹۹٫۸۹	۹۹۹٫۹۰	۹۹۹٫۹۰	۷
۸	۹۹۹٫۷۹	۹۹۹٫۸۰	۹۹۹٫۸۰	۹۹۹٫۸۱	۹۹۹٫۸۲	۹۹۹٫۸۲	۹۹۹٫۸۳	۹۹۹٫۸۴	۹۹۹٫۸۴	۹۹۹٫۸۵	۸
۹	۹۹۹٫۷۱	۹۹۹٫۷۲	۹۹۹٫۷۳	۹۹۹٫۷۳	۹۹۹٫۷۴	۹۹۹٫۷۵	۹۹۹٫۷۶	۹۹۹٫۷۷	۹۹۹٫۷۷	۹۹۹٫۷۸	۹
۱۰	۹۹۹٫۶۱	۹۹۹٫۶۲	۹۹۹٫۶۳	۹۹۹٫۶۴	۹۹۹٫۶۵	۹۹۹٫۶۶	۹۹۹٫۶۷	۹۹۹٫۶۸	۹۹۹٫۶۹	۹۹۹٫۷۰	۱۰
۱۱	۹۹۹٫۵۱	۹۹۹٫۵۲	۹۹۹٫۵۳	۹۹۹٫۵۴	۹۹۹٫۵۵	۹۹۹٫۵۶	۹۹۹٫۵۷	۹۹۹٫۵۸	۹۹۹٫۵۹	۹۹۹٫۶۰	۱۱
۱۲	۹۹۹٫۳۹	۹۹۹٫۴۰	۹۹۹٫۴۱	۹۹۹٫۴۳	۹۹۹٫۴۴	۹۹۹٫۴۵	۹۹۹٫۴۶	۹۹۹٫۴۷	۹۹۹٫۴۹	۹۹۹٫۵۰	۱۲
۱۳	۹۹۹٫۲۶	۹۹۹٫۲۷	۹۹۹٫۲۹	۹۹۹٫۳۰	۹۹۹٫۳۱	۹۹۹٫۳۳	۹۹۹٫۳۴	۹۹۹٫۳۵	۹۹۹٫۳۶	۹۹۹٫۳۸	۱۳
۱۴	۹۹۹٫۱۱	۹۹۹٫۱۳	۹۹۹٫۱۴	۹۹۹٫۱۶	۹۹۹٫۱۷	۹۹۹٫۱۹	۹۹۹٫۲۰	۹۹۹٫۲۲	۹۹۹٫۲۳	۹۹۹٫۲۴	۱۴
۱۵	۹۹۹٫۹۶	۹۹۹٫۹۷	۹۹۹٫۹۹	۹۹۹٫۰۱	۹۹۹٫۰۲	۹۹۹٫۰۴	۹۹۹٫۰۵	۹۹۹٫۰۷	۹۹۹٫۰۸	۹۹۹٫۱۰	۱۵
۱۶	۹۹۸٫۷۹	۹۹۸٫۸۱	۹۹۸٫۸۳	۹۹۸٫۸۴	۹۹۸٫۸۶	۹۹۸٫۸۸	۹۹۸٫۸۹	۹۹۸٫۹۱	۹۹۸٫۹۳	۹۹۸٫۹۴	۱۶
۱۷	۹۹۸٫۶۱	۹۹۸٫۶۳	۹۹۸٫۶۵	۹۹۸٫۶۷	۹۹۸٫۶۹	۹۹۸٫۷۰	۹۹۸٫۷۲	۹۹۸٫۷۴	۹۹۸٫۷۶	۹۹۸٫۷۷	۱۷
۱۸	۹۹۸٫۴۲	۹۹۸٫۴۴	۹۹۸٫۴۶	۹۹۸٫۴۸	۹۹۸٫۵۰	۹۹۸٫۵۲	۹۹۸٫۵۴	۹۹۸٫۵۶	۹۹۸٫۵۸	۹۹۸٫۵۹	۱۸
۱۹	۹۹۸٫۲۲	۹۹۸٫۲۴	۹۹۸٫۲۶	۹۹۸٫۲۸	۹۹۸٫۳۱	۹۹۸٫۳۳	۹۹۸٫۳۵	۹۹۸٫۳۶	۹۹۸٫۳۸	۹۹۸٫۴۰	۱۹

جدول ۱- ادامه

t _g .											t _g .
°C	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۴	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۱	۰	°C
۲۰	۹۹۸٫۰۱	۹۹۸٫۰۳	۹۹۸٫۰۶	۹۹۸٫۰۸	۹۹۸٫۱۰	۹۹۸٫۱۲	۹۹۸٫۱۴	۹۹۸٫۱۶	۹۹۸٫۱۸	۹۹۸٫۲۰	۲۰
۲۱	۹۹۷٫۷۹	۹۹۷٫۸۱	۹۹۷٫۸۴	۹۹۷٫۸۶	۹۹۷٫۸۸	۹۹۷٫۹۰	۹۹۷٫۹۳	۹۹۷٫۹۵	۹۹۷٫۹۷	۹۹۷٫۹۹	۲۱
۲۲	۹۹۷٫۵۶	۹۹۷٫۵۸	۹۹۷٫۶۱	۹۹۷٫۶۳	۹۹۷٫۶۵	۹۹۷٫۶۸	۹۹۷٫۷۰	۹۹۷٫۷۲	۹۹۷٫۷۵	۹۹۷٫۷۷	۲۲
۲۳	۹۹۷٫۳۲	۹۹۷٫۳۴	۹۹۷٫۳۷	۹۹۷٫۳۹	۹۹۷٫۴۲	۹۹۷٫۴۴	۹۹۷٫۴۷	۹۹۷٫۴۹	۹۹۷٫۵۱	۹۹۷٫۵۴	۲۳
۲۴	۹۹۷٫۰۷	۹۹۷٫۰۹	۹۹۷٫۱۲	۹۹۷٫۱۵	۹۹۷٫۱۷	۹۹۷٫۲۰	۹۹۷٫۲۲	۹۹۷٫۲۵	۹۹۷٫۲۷	۹۹۷٫۳۰	۲۴
۲۵	۹۹۷٫۸۱	۹۹۷٫۸۴	۹۹۷٫۸۶	۹۹۷٫۸۹	۹۹۷٫۹۱	۹۹۷٫۹۴	۹۹۷٫۹۷	۹۹۷٫۹۹	۹۹۷٫۰۲	۹۹۷٫۰۴	۲۵
۲۶	۹۹۶٫۵۴	۹۹۶٫۵۷	۹۹۶٫۵۹	۹۹۶٫۶۲	۹۹۶٫۶۵	۹۹۶٫۶۷	۹۹۶٫۷۰	۹۹۶٫۷۳	۹۹۶٫۷۶	۹۹۶٫۷۸	۲۶
۲۷	۹۹۶٫۲۶	۹۹۶٫۲۹	۹۹۶٫۳۲	۹۹۶٫۳۴	۹۹۶٫۳۷	۹۹۶٫۴۰	۹۹۶٫۴۳	۹۹۶٫۴۶	۹۹۶٫۴۸	۹۹۶٫۵۱	۲۷
۲۸	۹۹۶٫۹۷	۹۹۶٫۰۰	۹۹۶٫۰۳	۹۹۶٫۰۶	۹۹۶٫۰۹	۹۹۶٫۱۲	۹۹۶٫۱۵	۹۹۶٫۱۷	۹۹۶٫۲۰	۹۹۶٫۲۳	۲۸
۲۹	۹۹۵٫۶۸	۹۹۵٫۷۱	۹۹۵٫۷۴	۹۹۵٫۷۷	۹۹۵٫۷۹	۹۹۵٫۸۲	۹۹۵٫۸۵	۹۹۵٫۸۸	۹۹۵٫۹۱	۹۹۵٫۹۴	۲۹
۳۰	۹۹۵٫۳۷	۹۹۵٫۴۰	۹۹۵٫۴۶	۹۹۵٫۴۹	۹۹۵٫۵۲	۹۹۵٫۵۵	۹۹۵٫۵۸	۹۹۵٫۶۱	۹۹۵٫۶۴	۹۹۵٫۶۴	۳۰
۳۱	۹۹۵٫۰۶	۹۹۵٫۰۹	۹۹۵٫۱۲	۹۹۵٫۱۵	۹۹۵٫۱۸	۹۹۵٫۲۱	۹۹۵٫۲۵	۹۹۵٫۲۸	۹۹۵٫۳۱	۹۹۵٫۳۴	۳۱
۳۲	۹۹۵٫۷۳	۹۹۵٫۷۷	۹۹۵٫۸۰	۹۹۵٫۸۳	۹۹۵٫۸۶	۹۹۵٫۹۰	۹۹۵٫۹۳	۹۹۵٫۹۶	۹۹۵٫۹۹	۹۹۵٫۰۲	۳۲
۳۳	۹۹۴٫۴۰	۹۹۴٫۴۴	۹۹۴٫۴۷	۹۹۴٫۵۰	۹۹۴٫۵۴	۹۹۴٫۵۷	۹۹۴٫۶۰	۹۹۴٫۶۳	۹۹۴٫۶۷	۹۹۴٫۷۰	۳۳
۳۴	۹۹۴٫۰۶	۹۹۴٫۱۰	۹۹۴٫۱۳	۹۹۴٫۱۷	۹۹۴٫۲۰	۹۹۴٫۲۳	۹۹۴٫۲۷	۹۹۴٫۳۰	۹۹۴٫۳۴	۹۹۴٫۳۷	۳۴
۳۵	۹۹۴٫۷۲	۹۹۴٫۷۵	۹۹۴٫۷۹	۹۹۴٫۸۲	۹۹۴٫۸۶	۹۹۴٫۸۹	۹۹۴٫۹۳	۹۹۴٫۹۶	۹۹۴٫۹۹	۹۹۴٫۰۳	۳۵
۳۶	۹۹۳٫۳۶	۹۹۳٫۴۰	۹۹۳٫۴۳	۹۹۳٫۴۷	۹۹۳٫۵۰	۹۹۳٫۵۴	۹۹۳٫۵۸	۹۹۳٫۶۱	۹۹۳٫۶۵	۹۹۳٫۶۸	۳۶
۳۷	۹۹۳٫۰۰	۹۹۳٫۰۴	۹۹۳٫۰۷	۹۹۳٫۱۱	۹۹۳٫۱۴	۹۹۳٫۱۸	۹۹۳٫۲۲	۹۹۳٫۲۵	۹۹۳٫۲۹	۹۹۳٫۳۳	۳۷
۳۸	۹۹۲٫۶۳	۹۹۲٫۶۷	۹۹۲٫۷۰	۹۹۲٫۷۴	۹۹۲٫۷۸	۹۹۲٫۸۱	۹۹۲٫۸۵	۹۹۲٫۸۹	۹۹۲٫۹۳	۹۹۲٫۹۶	۳۸
۳۹	۹۹۲٫۲۵	۹۹۲٫۲۹	۹۹۲٫۳۳	۹۹۲٫۳۶	۹۹۲٫۴۰	۹۹۲٫۴۴	۹۹۲٫۴۸	۹۹۲٫۵۲	۹۹۲٫۵۵	۹۹۲٫۵۹	۳۹
۴۰	۹۹۲٫۸۶	۹۹۲٫۹۰	۹۹۲٫۹۴	۹۹۲٫۹۸	۹۹۲٫۰۲	۹۹۲٫۰۶	۹۹۲٫۱۰	۹۹۲٫۱۴	۹۹۲٫۱۷	۹۹۲٫۲۱	۴۰
۴۱	۹۹۱٫۴۷	۹۹۱٫۵۱	۹۹۱٫۵۵	۹۹۱٫۵۹	۹۹۱٫۶۳	۹۹۱٫۶۷	۹۹۱٫۷۱	۹۹۱٫۷۵	۹۹۱٫۷۹	۹۹۱٫۸۳	۴۱
۴۲	۹۹۱٫۰۷	۹۹۱٫۱۱	۹۹۱٫۱۵	۹۹۱٫۱۹	۹۹۱٫۲۳	۹۹۱٫۲۷	۹۹۱٫۳۱	۹۹۱٫۳۵	۹۹۱٫۳۹	۹۹۱٫۴۳	۴۲
۴۳	۹۹۱٫۶۶	۹۹۱٫۷۱	۹۹۱٫۷۵	۹۹۱٫۷۹	۹۹۱٫۸۳	۹۹۱٫۸۷	۹۹۱٫۹۱	۹۹۱٫۹۵	۹۹۱٫۹۹	۹۹۱٫۰۳	۴۳
۴۴	۹۹۰٫۲۵	۹۹۰٫۲۹	۹۹۰٫۳۳	۹۹۰٫۳۸	۹۹۰٫۴۲	۹۹۰٫۴۶	۹۹۰٫۵۰	۹۹۰٫۵۴	۹۹۰٫۵۸	۹۹۰٫۶۲	۴۴
۴۵	۹۹۰٫۸۳	۹۹۰٫۸۷	۹۹۰٫۹۱	۹۹۰٫۹۶	۹۹۰٫۰۰	۹۹۰٫۰۴	۹۹۰٫۰۸	۹۹۰٫۱۲	۹۹۰٫۱۷	۹۹۰٫۲۱	۴۵
۴۶	۹۸۹٫۴۰	۹۸۹٫۴۴	۹۸۹٫۴۹	۹۸۹٫۵۳	۹۸۹٫۵۷	۹۸۹٫۶۲	۹۸۹٫۶۶	۹۸۹٫۷۰	۹۸۹٫۷۴	۹۸۹٫۷۹	۴۶
۴۷	۹۸۸٫۹۷	۹۸۹٫۰۱	۹۸۹٫۰۵	۹۸۹٫۱۰	۹۸۹٫۱۴	۹۸۹٫۱۸	۹۸۹٫۲۳	۹۸۹٫۲۷	۹۸۹٫۳۱	۹۸۹٫۳۶	۴۷
۴۸	۹۸۸٫۵۲	۹۸۸٫۵۷	۹۸۸٫۶۱	۹۸۸٫۶۶	۹۸۸٫۷۰	۹۸۸٫۷۵	۹۸۸٫۷۹	۹۸۸٫۸۳	۹۸۸٫۸۸	۹۸۸٫۹۲	۴۸
۴۹	۹۸۸٫۰۸	۹۸۸٫۱۲	۹۸۸٫۱۷	۹۸۸٫۲۱	۹۸۸٫۲۶	۹۸۸٫۳۰	۹۸۸٫۳۵	۹۸۸٫۳۹	۹۸۸٫۴۳	۹۸۸٫۴۸	۴۹

جدول ۱- ادامه

t _g .											t _g .
°C	.۹	.۸	.۷	.۶	.۵	.۴	.۳	.۲	.۱	.	°C
۵۰	۹۸۷,۶۲	۹۸۷,۶۷	۹۸۷,۷۱	۹۸۷,۷۶	۹۸۷,۸۰	۹۸۷,۸۵	۹۸۷,۸۹	۹۸۷,۹۴	۹۸۷,۹۹	۹۸۸,۰۳	۵۰
۵۱	۹۸۷,۱۶	۹۸۷,۲۱	۹۸۷,۲۵	۹۸۷,۳۰	۹۸۷,۳۴	۹۸۷,۳۹	۹۸۷,۴۴	۹۸۷,۴۸	۹۸۷,۵۳	۹۸۷,۵۷	۵۱
۵۲	۹۸۶,۶۹	۹۸۶,۷۴	۹۸۶,۷۹	۹۸۶,۸۳	۹۸۶,۸۸	۹۸۶,۹۳	۹۸۶,۹۷	۹۸۷,۰۲	۹۸۷,۰۷	۹۸۷,۱۱	۵۲
۵۳	۹۸۶,۲۲	۹۸۶,۲۶	۹۸۶,۳۱	۹۸۶,۳۶	۹۸۶,۴۱	۹۸۶,۴۶	۹۸۶,۵۰	۹۸۶,۵۵	۹۸۶,۶۰	۹۸۶,۶۴	۵۳
۵۴	۹۸۵,۷۴	۹۸۵,۷۹	۹۸۵,۸۳	۹۸۵,۸۸	۹۸۵,۹۳	۹۸۵,۹۸	۹۸۵,۰۳	۹۸۶,۰۷	۹۸۶,۱۲	۹۸۶,۱۷	۵۴
۵۵	۹۸۵,۲۵	۹۸۵,۳۰	۹۸۵,۳۵	۹۸۵,۴۰	۹۸۵,۴۵	۹۸۵,۴۹	۹۸۵,۵۴	۹۸۵,۵۹	۹۸۵,۶۴	۹۸۵,۶۹	۵۵
۵۶	۹۸۵,۷۶	۹۸۵,۸۱	۹۸۵,۸۶	۹۸۵,۹۱	۹۸۵,۹۶	۹۸۵,۰۰	۹۸۵,۰۵	۹۸۵,۱۰	۹۸۵,۱۵	۹۸۵,۲۰	۵۶
۵۷	۹۸۴,۲۶	۹۸۴,۳۱	۹۸۴,۳۶	۹۸۴,۴۱	۹۸۴,۴۶	۹۸۴,۵۱	۹۸۴,۵۶	۹۸۴,۶۱	۹۸۴,۶۶	۹۸۴,۷۱	۵۷
۵۸	۹۸۴,۷۵	۹۸۳,۸۰	۹۸۳,۸۵	۹۸۳,۹۱	۹۸۳,۹۶	۹۸۴,۰۱	۹۸۴,۰۶	۹۸۴,۱۱	۹۸۴,۱۶	۹۸۴,۲۱	۵۸
۵۹	۹۸۳,۲۴	۹۸۳,۲۹	۹۸۳,۳۴	۹۸۳,۴۰	۹۸۳,۴۵	۹۸۳,۵۰	۹۸۳,۵۵	۹۸۳,۶۰	۹۸۳,۶۵	۹۸۳,۷۰	۵۹
۶۰	۹۸۲,۷۳	۹۸۲,۷۸	۹۸۲,۸۳	۹۸۲,۸۸	۹۸۲,۹۳	۹۸۲,۹۸	۹۸۳,۰۴	۹۸۳,۰۹	۹۸۳,۱۴	۹۸۳,۱۹	۶۰
۶۱	۹۸۲,۲۰	۹۸۲,۲۶	۹۸۲,۳۱	۹۸۲,۳۶	۹۸۲,۴۱	۹۸۲,۴۶	۹۸۲,۵۲	۹۸۲,۵۷	۹۸۲,۶۲	۹۸۲,۶۷	۶۱
۶۲	۹۸۱,۶۷	۹۸۱,۷۳	۹۸۱,۷۸	۹۸۱,۸۳	۹۸۱,۸۹	۹۸۱,۹۴	۹۸۱,۹۹	۹۸۲,۰۴	۹۸۲,۱۰	۹۸۲,۱۵	۶۲
۶۳	۹۸۱,۱۴	۹۸۱,۱۹	۹۸۱,۲۵	۹۸۱,۳۰	۹۸۱,۳۵	۹۸۱,۴۱	۹۸۱,۴۶	۹۸۱,۵۱	۹۸۱,۵۷	۹۸۱,۶۲	۶۳
۶۴	۹۸۰,۶۰	۹۸۰,۶۵	۹۸۰,۷۱	۹۸۰,۷۶	۹۸۰,۸۲	۹۸۰,۸۷	۹۸۰,۹۲	۹۸۰,۹۸	۹۸۱,۰۳	۹۸۱,۰۹	۶۴
۶۵	۹۸۰,۰۵	۹۸۰,۱۱	۹۸۰,۱۶	۹۸۰,۲۲	۹۸۰,۲۷	۹۸۰,۳۳	۹۸۰,۳۸	۹۸۰,۴۴	۹۸۰,۴۹	۹۸۰,۵۵	۶۵
۶۶	۹۷۹,۵۰	۹۷۹,۵۶	۹۷۹,۶۱	۹۷۹,۶۷	۹۷۹,۷۲	۹۷۹,۷۸	۹۷۹,۸۳	۹۷۹,۸۹	۹۷۹,۹۴	۹۸۰,۰۰	۶۶
۶۷	۹۷۸,۹۵	۹۷۹,۰۰	۹۷۹,۰۶	۹۷۹,۱۱	۹۷۹,۱۷	۹۷۹,۲۳	۹۷۹,۲۸	۹۷۹,۳۴	۹۷۹,۳۹	۹۷۹,۴۵	۶۷
۶۸	۹۷۸,۳۸	۹۷۸,۴۴	۹۷۸,۵۰	۹۷۸,۵۵	۹۷۸,۶۱	۹۷۸,۶۷	۹۷۸,۷۲	۹۷۸,۷۸	۹۷۸,۸۳	۹۷۸,۸۹	۶۸
۶۹	۹۷۷,۸۲	۹۷۷,۸۷	۹۷۷,۹۳	۹۷۷,۹۹	۹۷۸,۰۴	۹۷۸,۱۰	۹۷۸,۱۶	۹۷۸,۲۱	۹۷۸,۲۷	۹۷۸,۳۳	۶۹
۷۰	۹۷۷,۲۴	۹۷۷,۳۰	۹۷۷,۳۶	۹۷۷,۴۲	۹۷۷,۴۷	۹۷۷,۵۳	۹۷۷,۵۹	۹۷۷,۶۴	۹۷۷,۷۰	۹۷۷,۷۶	۷۰
۷۱	۹۷۶,۶۶	۹۷۶,۷۲	۹۷۶,۷۸	۹۷۶,۸۴	۹۷۶,۹۰	۹۷۶,۹۵	۹۷۷,۰۱	۹۷۷,۰۷	۹۷۷,۱۳	۹۷۷,۱۹	۷۱
۷۲	۹۷۶,۰۸	۹۷۶,۱۴	۹۷۶,۲۰	۹۷۶,۲۶	۹۷۶,۳۱	۹۷۶,۳۷	۹۷۶,۴۳	۹۷۶,۴۹	۹۷۶,۵۵	۹۷۶,۶۱	۷۲
۷۳	۹۷۵,۴۹	۹۷۵,۵۵	۹۷۵,۶۱	۹۷۵,۶۷	۹۷۵,۷۳	۹۷۵,۷۹	۹۷۵,۸۵	۹۷۵,۹۰	۹۷۵,۹۶	۹۷۶,۰۲	۷۳
۷۴	۹۷۴,۹۰	۹۷۴,۹۶	۹۷۵,۰۲	۹۷۵,۰۸	۹۷۵,۱۴	۹۷۵,۱۹	۹۷۵,۲۵	۹۷۵,۳۱	۹۷۵,۳۷	۹۷۵,۴۳	۷۴
۷۵	۹۷۴,۳۰	۹۷۴,۳۶	۹۷۴,۴۲	۹۷۴,۴۸	۹۷۴,۵۴	۹۷۴,۶۰	۹۷۴,۶۶	۹۷۴,۷۲	۹۷۴,۷۸	۹۷۴,۸۴	۷۵
۷۶	۹۷۳,۶۹	۹۷۳,۷۵	۹۷۳,۸۱	۹۷۳,۸۷	۹۷۳,۹۳	۹۷۴,۰۰	۹۷۴,۰۶	۹۷۴,۱۲	۹۷۴,۱۸	۹۷۴,۲۴	۷۶
۷۷	۹۷۳,۰۸	۹۷۳,۱۴	۹۷۳,۲۰	۹۷۳,۲۷	۹۷۳,۳۳	۹۷۳,۳۹	۹۷۳,۴۵	۹۷۳,۵۱	۹۷۳,۵۷	۹۷۳,۶۳	۷۷
۷۸	۹۷۲,۴۷	۹۷۲,۵۳	۹۷۲,۵۹	۹۷۲,۶۵	۹۷۲,۷۱	۹۷۲,۷۸	۹۷۲,۸۴	۹۷۲,۹۰	۹۷۳,۹۶	۹۷۳,۰۲	۷۸
۷۹	۹۷۱,۸۵	۹۷۱,۹۱	۹۷۱,۹۷	۹۷۲,۰۳	۹۷۲,۱۰	۹۷۲,۱۶	۹۷۲,۲۲	۹۷۲,۲۸	۹۷۲,۳۴	۹۷۲,۴۱	۷۹

جدول ۱- ادامه

t _g .											t _g .
°C	.۹	.۸	.۷	.۶	.۵	.۴	.۳	.۲	.۱	.	°C
۸۰	۹۷۱,۲۲	۹۷۱,۲۸	۹۷۱,۳۵	۹۷۱,۴۱	۹۷۱,۴۷	۹۷۱,۵۳	۹۷۱,۶۰	۹۷۱,۶۶	۹۷۱,۷۲	۹۷۱,۷۸	۸۰
۸۱	۹۷۱,۵۹	۹۷۱,۶۵	۹۷۱,۷۲	۹۷۱,۷۸	۹۷۱,۸۴	۹۷۱,۹۱	۹۷۱,۹۷	۹۷۱,۰۳	۹۷۱,۱۰	۹۷۱,۱۶	۸۱
۸۲	۹۶۹,۹۶	۹۷۰,۰۲	۹۷۰,۰۸	۹۷۰,۱۵	۹۷۰,۲۱	۹۷۰,۲۷	۹۷۰,۳۴	۹۷۰,۴۰	۹۷۰,۴۶	۹۷۰,۵۳	۸۲
۸۳	۹۶۹,۳۲	۹۶۹,۳۸	۹۶۹,۴۴	۹۶۹,۵۱	۹۶۹,۵۷	۹۶۹,۶۴	۹۶۹,۷۰	۹۶۹,۷۶	۹۶۹,۸۳	۹۶۹,۸۹	۸۳
۸۴	۹۶۸,۶۷	۹۶۸,۷۴	۹۶۸,۸۰	۹۶۸,۸۶	۹۶۸,۹۳	۹۶۹,۹۹	۹۶۹,۰۶	۹۶۹,۱۲	۹۶۹,۱۹	۹۶۹,۲۵	۸۴
۸۵	۹۶۸,۰۲	۹۶۸,۰۹	۹۶۸,۱۵	۹۶۸,۲۲	۹۶۸,۲۸	۹۶۸,۳۵	۹۶۸,۴۱	۹۶۸,۴۸	۹۶۸,۵۴	۹۶۸,۶۱	۸۵
۸۶	۹۶۷,۳۷	۹۶۷,۴۳	۹۶۷,۵۰	۹۶۷,۵۶	۹۶۷,۶۳	۹۶۷,۶۹	۹۶۷,۷۶	۹۶۷,۸۲	۹۶۷,۸۹	۹۶۷,۹۶	۸۶
۸۷	۹۶۶,۷۱	۹۶۶,۷۷	۹۶۶,۸۴	۹۶۶,۹۰	۹۶۶,۹۷	۹۶۷,۰۴	۹۶۷,۱۰	۹۶۷,۱۷	۹۶۷,۲۳	۹۶۷,۳۰	۸۷
۸۸	۹۶۶,۰۴	۹۶۶,۱۱	۹۶۶,۱۷	۹۶۶,۲۴	۹۶۶,۳۱	۹۶۶,۳۷	۹۶۶,۴۴	۹۶۶,۵۱	۹۶۶,۵۷	۹۶۶,۶۴	۸۸
۸۹	۹۶۵,۳۷	۹۶۵,۴۴	۹۶۵,۵۱	۹۶۵,۵۷	۹۶۵,۶۴	۹۶۵,۷۱	۹۶۵,۷۷	۹۶۵,۸۴	۹۶۵,۹۱	۹۶۵,۹۷	۸۹
۹۰	۹۶۴,۷۰	۹۶۴,۷۶	۹۶۴,۸۳	۹۶۴,۹۰	۹۶۴,۹۷	۹۶۵,۰۳	۹۶۵,۱۰	۹۶۵,۱۷	۹۶۵,۲۴	۹۶۵,۳۰	۹۰
۹۱	۹۶۴,۰۲	۹۶۴,۰۹	۹۶۴,۱۵	۹۶۴,۲۲	۹۶۴,۲۹	۹۶۴,۳۶	۹۶۴,۴۳	۹۶۴,۴۹	۹۶۴,۵۶	۹۶۴,۶۳	۹۱
۹۲	۹۶۳,۳۳	۹۶۳,۴۰	۹۶۳,۴۷	۹۶۳,۵۴	۹۶۳,۶۱	۹۶۳,۶۸	۹۶۳,۷۵	۹۶۳,۸۱	۹۶۳,۸۸	۹۶۳,۹۵	۹۲
۹۳	۹۶۲,۶۵	۹۶۲,۷۱	۹۶۲,۷۸	۹۶۲,۸۵	۹۶۲,۹۲	۹۶۲,۹۹	۹۶۳,۰۶	۹۶۳,۱۳	۹۶۳,۲۰	۹۶۳,۲۷	۹۳
۹۴	۹۶۱,۹۵	۹۶۲,۰۲	۹۶۲,۰۹	۹۶۲,۱۶	۹۶۲,۲۳	۹۶۲,۳۰	۹۶۲,۳۷	۹۶۲,۴۴	۹۶۲,۵۱	۹۶۲,۵۸	۹۴
۹۵	۹۶۱,۲۵	۹۶۱,۳۲	۹۶۱,۳۹	۹۶۱,۴۶	۹۶۱,۵۳	۹۶۱,۶۰	۹۶۱,۶۷	۹۶۱,۷۴	۹۶۱,۸۱	۹۶۱,۸۸	۹۵
۹۶	۹۶۰,۵۵	۹۶۰,۶۲	۹۶۰,۶۹	۹۶۰,۷۶	۹۶۰,۸۳	۹۶۰,۹۰	۹۶۰,۹۷	۹۶۱,۰۴	۹۶۱,۱۱	۹۶۱,۱۸	۹۶
۹۷	۹۵۹,۸۵	۹۵۹,۹۲	۹۵۹,۹۹	۹۶۰,۰۶	۹۶۰,۱۳	۹۶۰,۲۰	۹۶۰,۲۷	۹۶۰,۳۴	۹۶۰,۴۱	۹۶۰,۴۸	۹۷
۹۸	۹۵۹,۱۳	۹۵۹,۲۰	۹۵۹,۲۸	۹۵۹,۳۵	۹۵۹,۴۲	۹۵۹,۴۹	۹۵۹,۵۶	۹۵۹,۶۳	۹۵۹,۷۰	۹۵۹,۷۷	۹۸
۹۹	۹۵۸,۴۲	۹۵۸,۴۹	۹۵۸,۵۶	۹۵۸,۶۳	۹۵۸,۷۰	۹۵۸,۷۸	۹۵۸,۸۵	۹۵۸,۹۲	۹۵۸,۹۹	۹۵۹,۰۶	۹۹
۱۰۰										۹۵۸,۳۴	۱۰۰

جدول الف ۲- تراکم پذیری ایزوترمال k_w آب خالص به صورت تابعی از دمای t_0 مطابق با

مقیاس بین المللی دما سال ۱۹۹۰ (ITS90)

تراکم پذیری در 10^{-6} bar^{-1}

t_0 °C	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	t_0 °C
۰	۴۸,۰۶	۴۸,۳۱	۴۸,۵۹	۴۸,۸۷	۴۹,۱۷	۴۹,۴۸	۴۹,۸۱	۵۰,۱۵	۵۰,۵۱	۵۰,۸۸	۰
۱۰	۴۶,۰۴	۴۶,۲۰	۴۶,۳۷	۴۶,۵۵	۴۶,۷۳	۴۶,۹۳	۴۷,۱۳	۴۷,۳۵	۴۷,۵۷	۴۷,۸۱	۱۰
۲۰	۴۴,۸۵	۴۴,۹۴	۴۵,۰۴	۴۵,۱۴	۴۵,۲۵	۴۵,۳۶	۴۵,۴۸	۴۵,۶۱	۴۵,۷۵	۴۵,۸۹	۲۰
۳۰	۴۴,۲۷	۴۴,۳۰	۴۴,۳۴	۴۴,۳۹	۴۴,۴۴	۴۴,۵۰	۴۴,۵۶	۴۴,۶۲	۴۴,۶۹	۴۴,۷۷	۳۰
۴۰	۴۴,۱۶	۴۴,۱۵	۴۴,۱۵	۴۴,۱۵	۴۴,۱۵	۴۴,۱۶	۴۴,۱۷	۴۴,۱۹	۴۴,۲۱	۴۴,۲۴	۴۰
۵۰	۴۴,۴۵	۴۴,۴۰	۴۴,۳۶	۴۴,۳۲	۴۴,۲۹	۴۴,۲۶	۴۴,۲۳	۴۴,۲۱	۴۴,۱۹	۴۴,۱۷	۵۰
۶۰	۴۵,۰۸	۴۵,۰۰	۴۴,۹۳	۴۴,۸۶	۴۴,۷۶	۴۴,۷۲	۴۴,۶۶	۴۴,۶۰	۴۴,۵۵	۴۴,۵۰	۶۰
۷۰	۴۶,۰۳	۴۵,۹۲	۴۵,۸۲	۴۵,۷۲	۴۵,۶۲	۴۵,۵۲	۴۵,۴۳	۴۵,۳۴	۴۴,۱۶	۴۵,۱۶	۷۰
۸۰	۴۷,۲۹	۴۷,۱۵	۴۷,۰۱	۴۶,۸۸	۴۶,۷۵	۴۶,۶۲	۴۶,۵۰	۴۶,۳۸	۴۴,۱۵	۴۶,۱۵	۸۰
۹۰	۴۸,۸۵	۴۸,۶۸	۴۸,۵۱	۴۸,۳۵	۴۸,۱۹	۴۸,۰۳	۴۷,۸۸	۴۷,۷۳	۴۴,۴۳	۴۷,۴۳	۹۰
۱۰۰									۴۴,۰۲	۴۹,۰۲	۱۰۰
°C	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	°C

چگالی آب به صورت تابعی از فشار از معادله ی ۷ محاسبه می شود.

$$\rho_w(t, p) = \rho_w(t, p_0) [1 + k_w (p - p_0)] \quad (7)$$

که در آن:

t دما (ITS90)

P فشار

p_0 فشار اسمی ($p_0 = 1,013$)

k_w تراکم پذیری

$\rho_w(t, p)$ چگالی در دمای t و فشار p

$\rho_w(t, p_0)$ چگالی در دمای t و فشار اسمی p_0

یادآوری- جداول الف-۱ و الف-۲ بر اساس مقالات داده شده در پیوست پ می باشند. جدول الف-۱ بر اساس مرجع [۱] و

جدول-۲ بر اساس مرجع [۲] می باشد.

پیوست ب
(الزامی)

چگالی هوای مرطوب

جدول ب-۱- چگالی‌های هوا در رطوبت هوای نسبی ϕ ۵۰٪ به صورت تابعی از دما t_a و فشار هوا p

چگالی هوا برحسب kg/m^3 ($\phi=50\%$ ؛ مقدار CO_2 ۰٫۰۴٪)

t_a °C	فشار هوا، p ، برحسب بار														t_a °C
	۱٫۰۷	۱٫۰۶	۱٫۰۵	۱٫۰۴	۱٫۰۳	۱٫۰۲	۱٫۰۱۳۲۵	۰٫۰۱	۱٫۰۰	۰٫۹۹	۰٫۹۸	۰٫۹۷	۰٫۹۶	۰٫۹۵	
۰	۰٫۳۵۱	۱٫۳۳۸	۱٫۳۲۶	۱٫۳۱۳	۱٫۳۰۰	۱٫۲۹۱	۱٫۲۹۱	۱٫۲۸۷	۱٫۲۸۷	۱٫۲۶۲	۱٫۲۴۹	۱٫۲۳۶	۱٫۲۲۳	۱٫۲۱۱	۰
۵	۱٫۳۲۶	۱٫۳۱۴	۱٫۳۰۱	۱٫۲۸۹	۱٫۲۶۷	۱٫۲۶۸	۱٫۲۶۸	۱٫۲۶۳	۱٫۲۶۳	۱٫۲۳۸	۱٫۲۲۶	۱٫۲۱۳	۱٫۲۰۱	۱٫۱۸۸	۵
۱۰	۱٫۳۰۲	۱٫۲۹۰	۱٫۲۷۷	۱٫۲۶۵	۱٫۲۵۳	۱٫۲۴۴	۱٫۲۴۴	۱٫۲۴۰	۱٫۲۴۰	۱٫۲۱۶	۱٫۲۰۳	۱٫۱۹۱	۱٫۱۷۹	۱٫۱۶۶	۱۰
۱۵	۱٫۲۷۸	۱٫۲۶۶	۱٫۲۵۴	۱٫۲۴۲	۱٫۲۳۰	۱٫۲۲۲	۱٫۲۲۲	۱٫۲۱۸	۱٫۲۱۸	۱٫۱۹۳	۰٫۱۸۱	۱٫۱۶۹	۱٫۱۵۷	۱٫۱۴۵	۱۵
۲۰	۱٫۲۵۵	۱٫۲۴۳	۱٫۲۳۱	۱٫۲۱۹	۱٫۲۰۷	۱٫۱۹۹	۱٫۱۹۹	۱٫۱۹۵	۱٫۱۹۵	۱٫۱۷۲	۱٫۱۶۰	۱٫۱۴۸	۱٫۱۳۶	۱٫۱۲۴	۲۰
۲۵	۱٫۲۳۲	۱٫۲۲۰	۱٫۲۰۹	۱٫۱۹۷	۱٫۱۸۵	۱٫۱۷۷	۱٫۱۷۷	۱٫۱۷۳	۱٫۱۷۳	۱٫۱۵۰	۱٫۱۳۸	۱٫۱۲۷	۱٫۱۱۵	۱٫۱۰۳	۲۵
۳۰	۱٫۲۰۹	۱٫۱۹۸	۱٫۱۸۶	۱٫۱۷۵	۱٫۱۶۳	۱٫۱۵۵	۱٫۱۵۵	۱٫۱۵۲	۱٫۱۵۲	۱٫۱۲۹	۰٫۱۱۷	۱٫۱۰۶	۱٫۰۹۴	۱٫۰۸۳	۳۰
۳۵	۱٫۱۸۷	۱٫۱۷۵	۱٫۱۶۴	۱٫۱۵۳	۱٫۱۴۱	۱٫۱۳۴	۱٫۱۳۴	۱٫۱۳۰	۱٫۱۳۰	۱٫۱۰۷	۱٫۰۹۶	۱٫۰۸۵	۱٫۰۷۳	۱٫۰۶۲	۳۵
۴۰	۱٫۱۶۴	۱٫۱۵۳	۱٫۱۴۲	۱٫۱۳۱	۱٫۱۱۹	۱٫۱۱۲	۱٫۱۱۲	۱٫۱۰۸	۱٫۱۰۸	۱٫۰۸۶	۱٫۰۷۵	۱٫۰۶۴	۱٫۰۵۳	۱٫۰۴۱	۴۰
۴۵	۱٫۱۴۱	۱٫۱۳۰	۱٫۱۱۹	۱٫۱۰۸	۱٫۰۹۷	۱٫۰۹۰	۱٫۰۹۰	۱٫۰۸۶	۱٫۰۸۶	۱٫۰۶۴	۱٫۰۵۳	۱٫۰۴۲	۱٫۰۳۱	۰٫۰۲۱	۴۵
۵۰	۱٫۱۱۸	۱٫۱۰۷	۱٫۰۹۶	۱٫۰۸۵	۱٫۰۷۵	۱٫۰۶۷	۱٫۰۶۷	۱٫۰۶۴	۱٫۰۶۴	۱٫۰۴۲	۱٫۰۳۱	۱٫۰۲۱	۱٫۰۱۰	۰٫۹۹۹	۵۰
۵۵	۱٫۰۹۴	۱٫۰۸۳	۱٫۰۷۳	۱٫۰۶۲	۱٫۰۵۱	۱٫۰۴۴	۱٫۰۴۴	۱٫۰۴۱	۱٫۰۴۱	۰٫۰۱۹	۰٫۰۰۹	۰٫۹۹۸	۰٫۹۸۸	۰٫۹۷۷	۵۵
۶۰	۱٫۰۶۹	۱٫۰۵۹	۱٫۰۴۸	۱٫۰۳۸	۱٫۰۲۷	۱٫۰۲۰	۱٫۰۲۰	۱٫۰۱۷	۱٫۰۱۷	۰٫۹۹۶	۰٫۹۸۵	۰٫۹۷۵	۰٫۹۶۵	۰٫۹۵۴	۶۰
۶۵	۱٫۰۴۳	۱٫۰۳۳	۱٫۰۲۳	۱٫۰۱۲	۱٫۰۰۲	۰٫۹۹۵	۰٫۹۹۵	۰٫۹۹۲	۰٫۹۹۲	۰٫۹۷۱	۰٫۹۶۱	۰٫۹۵۱	۰٫۹۴۰	۰٫۹۳۰	۶۵
۷۰	۱٫۰۱۶	۱٫۰۰۶	۰٫۹۹۶	۰٫۹۸۶	۰٫۹۷۶	۰٫۹۶۹	۰٫۹۶۹	۰٫۹۶۵	۰٫۹۶۵	۰٫۹۴۵	۰٫۹۳۵	۰٫۹۲۵	۰٫۹۱۵	۰٫۹۰۵	۷۰
۷۵	۰٫۹۸۸	۰٫۹۷۸	۰٫۹۶۸	۰٫۹۵۸	۰٫۹۴۸	۰٫۹۴۱	۰٫۹۴۱	۰٫۹۳۸	۰٫۹۳۸	۰٫۹۱۸	۰٫۹۰۸	۰٫۸۹۸	۰٫۸۸۸	۰٫۸۷۸	۷۵
۸۰	۰٫۹۵۷	۰٫۹۴۷	۰٫۹۳۷	۰٫۹۲۷	۰٫۹۱۷	۰٫۹۱۱	۰٫۹۱۱	۰٫۹۰۸	۰٫۹۰۸	۰٫۸۸۸	۰٫۸۷۸	۰٫۸۶۸	۰٫۸۵۸	۰٫۸۴۸	۸۰
۸۵	۰٫۹۲۴	۰٫۹۱۴	۰٫۹۰۵	۰٫۸۹۵	۰٫۸۸۵	۰٫۸۷۹	۰٫۸۷۹	۰٫۸۷۵	۰٫۸۷۵	۰٫۸۵۶	۰٫۸۴۶	۰٫۸۳۷	۰٫۸۲۷	۰٫۸۱۷	۸۵
۹۰	۰٫۸۸۸	۰٫۸۷۹	۰٫۸۶۹	۰٫۸۶۰	۰٫۸۵۰	۰٫۸۴۴	۰٫۸۴۴	۰٫۸۴۰	۰٫۸۴۰	۰٫۸۲۱	۰٫۸۱۲	۰٫۸۰۲	۰٫۷۹۳	۰٫۷۸۳	۹۰
۹۵	۰٫۸۵۰	۰٫۸۴۰	۰٫۸۳۱	۰٫۸۲۱	۰٫۸۱۲	۰٫۸۰۵	۰٫۸۰۵	۰٫۸۰۲	۰٫۸۰۲	۰٫۷۸۳	۰٫۷۷۴	۰٫۷۶۵	۰٫۷۵۵	۰٫۷۴۶	۹۵
۱۰۰	۰٫۸۰۷	۰٫۷۹۸	۰٫۷۸۹	۰٫۷۷۹	۰٫۷۷۰	۰٫۷۶۴	۰٫۷۶۴	۰٫۷۶۱	۰٫۷۶۱	۰٫۷۴۲	۰٫۷۳۳	۰٫۷۲۳	۰٫۷۱۴	۰٫۷۰۵	۱۰۰

جدول ب ۲- مقادیر اصلاحی برای چگالی های هوا در جدول ب-۱ در دماها و رطوبت های هوا مختلف

مقادیر خوردگی بر حسب kg/m^3 (مقدار CO_2 ۰٫۰۴٪)

t_a .	فشار هوا، p ، بر حسب بار											t_a .
$^{\circ}\text{C}$	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	$^{\circ}\text{C}$
۰	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰
۵	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۵
۱۰	-۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۱	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۳	۱۰
۱۵	-۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۴	۱۵
۲۰	-۰٫۰۰۵	-۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۲	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۵	۲۰
۲۵	-۰٫۰۰۷	-۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۳	-۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۷	۲۵
۳۰	-۰٫۰۰۹	-۰٫۰۰۷	-۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۹	۳۰
۳۵	-۰٫۰۱۲	-۰٫۰۱۰	-۰٫۰۰۷	-۰٫۰۰۵	-۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۲	۳۵
۴۰	-۰٫۰۱۵	-۰٫۰۱۲	-۰٫۰۰۹	-۰٫۰۰۶	-۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۹	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۵	۴۰
۴۵	-۰٫۰۲۰	-۰٫۰۱۶	-۰٫۰۱۲	-۰٫۰۰۸	-۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۸	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۰	۴۵
۵۰	-۰٫۰۲۵	-۰٫۰۲۰	-۰٫۰۱۵	-۰٫۰۱۰	-۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۵	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۵	۰٫۰۲۵	۵۰
۵۵	-۰٫۰۳۱	-۰٫۰۲۵	-۰٫۰۱۹	-۰٫۰۱۳	-۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۶	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۹	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۲	۵۵
۶۰	-۰٫۰۳۹	-۰٫۰۳۱	-۰٫۰۲۳	-۰٫۰۱۶	-۰٫۰۰۸	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۸	۰٫۰۱۶	۰٫۰۲۴	۰٫۰۳۲	۰٫۰۳۹	۶۰
۶۵	-۰٫۰۴۸	-۰٫۰۳۹	-۰٫۰۲۹	-۰٫۰۱۹	-۰٫۰۱۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۰	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۹	۰٫۰۳۹	۰٫۰۴۹	۶۵
۷۰	-۰٫۰۵۹	-۰٫۰۴۸	-۰٫۰۳۶	-۰٫۰۲۴	-۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۲	۰٫۰۲۴	۰٫۰۳۶	۰٫۰۴۸	۰٫۰۶۰	۷۰
۷۵	-۰٫۰۷۳	-۰٫۰۵۸	-۰٫۰۴۴	-۰٫۰۲۹	-۰٫۰۱۵	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲۹	۰٫۰۴۴	۰٫۰۵۸	۰٫۰۷۳	۷۵
۸۰	-۰٫۰۸۸	-۰٫۰۷۱	-۰٫۰۵۳	-۰٫۰۳۵	-۰٫۰۱۸	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۸	۰٫۰۳۵	۰٫۰۵۳	۰٫۰۷۱	۰٫۰۸۹	۸۰
۸۵	-۰٫۱۰۷	-۰٫۰۸۶	-۰٫۰۶۴	-۰٫۰۴۳	-۰٫۰۲۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۲۱	۰٫۰۴۳	۰٫۰۶۴	۰٫۰۸۶	۰٫۱۰۷	۸۵
۹۰	-۰٫۱۲۹	-۰٫۱۰۳	-۰٫۰۷۷	-۰٫۰۵۲	-۰٫۰۲۶	۰٫۰۰۰	۰٫۰۲۶	۰٫۰۵۱	۰٫۰۷۷	۰٫۱۰۳	۰٫۱۲۸	۹۰
۹۵	-۰٫۱۵۵	-۰٫۱۲۴	-۰٫۰۹۳	-۰٫۰۶۲	-۰٫۰۳۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۳۱	۰٫۰۶۲	۰٫۰۹۲	۰٫۱۲۳	۰٫۱۵۳	۹۵
۱۰۰	-۰٫۱۸۴	-۰٫۱۴۷	-۰٫۱۱۰	-۰٫۰۷۴	-۰٫۰۳۷	۰٫۰۰۰	۰٫۰۳۷	۰٫۰۷۳	۰٫۱۱۰	۰٫۱۴۶	۰٫۱۸۲	۱۰۰

مثال:

چگالی هوا در $25^{\circ}C$ ، رطوبت هوا ۲۰٪ و فشار هوا ۰٫۹۶ بار: $\rho = 1/115 + 0/004 = 1/119 \text{ kg/m}^3$

یادآوری - مقادیر در جدول ب-۱ و ب-۲ بر اساس مراجع [۱] و [۳] در پیوست پ می‌باشند.

برای بیشتر کاربردها، معادله‌ی ساده‌ی شده‌ی ذیل (برای مقادیر عددی) جهت محاسبه‌ی چگالی پیشنهاد می‌شود:

$$\rho_a = \left[\frac{0/34844 p - \varphi (0/252 t - 2/0582)}{273/15 + t} \right]$$

که در آن:

ρ_a هنگامی که فشار هوا p بر حسب hpa (یا mbar)، دمای هوا بر حسب درجه سلسیوس و φ رطوبت نسبی هوا که به صورت جز اعشاری بیان می‌شود، بر حسب kg/m^3 به دست می‌آید.

در گستره‌های

$$94 \cdot \text{hpa} \leq p \leq 108 \cdot \text{hpa}$$

$$18^{\circ}C \leq t \leq 30^{\circ}C$$

و

$$\varphi \leq 0/8$$

چگالی هوای محاسبه شده مطابق با این معادله، دارای عدم قطعیتی بزرگتر از $0/0005 \text{ kg/m}^3$ نمی‌باشد. هنگامی که فشار هوا تا ۲ hpa، دمای هوا تا $0/2^{\circ}C$ و رطوبت نسبی هوا φ تا ۰٫۰۵ (یعنی با درستی ۵٪) معلوم باشد، عدم قطعیت مقدار چگالی هوا کمتر از $0/0005 \text{ kg/m}^3$ می‌باشد.

پیوست پ
(اطلاعاتی)

کتابنامه

پ ۱- مراجع اندازه‌گیری چگالی

[۱] F. Spieweck, H. Bettin. Review: Solid and liquid density determination. Part 1: tm-Technisches Messen, 59

(۱۹۹۲) No. 6, pp. 237-244; Part 2: tm-Technisches Messen, 59 (1992) Nos. 7/8, pp. 285-292.

[۲] G.S. Kell. Density, Thermal Expansivity, and Compressibility of Liquid Water from 0 °C to 150 °C: Correlations and Tables for Atmospheric Pressure and Saturation Reviewed and Expressed on 1968 Temperature Scale.

Journal of Chemical and Engineering Data, 20 (1975) No.1, pp. 97-105.

[۳] P. Giacomo. Equation for determination of density of moist air (1981), Metrologia, 18 (1982), pp. 33-40
)Springer Verlag.(

[۴] F. Kohlrausch. Praktische Physik, 3 (1996) (No. 24), pp. 349-359 (in German.(

[۵] ISO 2811:1997 (all parts), Paints and varnishes — Determination of density.

[۶] ISO 3838:1983, Crude petroleum and liquid or solid petroleum products — Determination of density or relative density — Capillary-stoppered pycnometer and graduated bicapillary pycnometer methods.

[۷] International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM). BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993

یادآوری - ویرایش ۱۹۹۳ VIM ابطال و با استاندارد زیر جایگزین شده است:

ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM).

پ ۲- استانداردهای بین‌المللی برای دستگاه‌های اندازه‌گیری چگالی

[۸] ISO 387:1977, Hydrometers — Principles of construction and adjustment.

[۹] ISO 649-1:1981, Laboratory glassware — Density hydrometers for general purposes — Part 1: Specification.

[۱۰] ISO 649-2:1981, Laboratory glassware — Density hydrometers for general purposes — Part 2: Test methods and use.

[۱۱] ISO 650:1977, Relative density 60/60 °F hydrometers for general purposes.

[۱۲] ISO 3507:1999, Laboratory glassware — Pycnometers.

[۱۳]ISO 4801:1979, Glass alcoholometers and alcohol hydrometers not incorporating a thermometer.

[۱۴]ISO 4805:1982, Laboratory glassware — Thermo-alcoholometers and alcohol-thermohydrometers.