



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران  
۷۰۹۰-۱  
تجدیدنظر دوم  
۱۳۹۸

INSO

7090-1

2nd Revision

2020

Identical with  
ISO 1183-1:  
2019

پلاستیک‌ها - روش‌های تعیین چگالی  
پلاستیک‌های غیراسفنجی -  
قسمت ۱: روش غوطه‌وری، روش پیکنومتر  
مایع و روش تیتراسیون

**Plastics - Methods for determining the  
density of non-cellular plastics-  
Part 1: Immersion method, liquid  
pycnometer method and titration method**

ICS : 83.080.01

استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۰۹۰ (تجدیدنظر دوم): سال ۱۳۹۸

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران-ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«پلاستیک‌ها- روش‌های تعیین چگالی پلاستیک‌های غیراسفنجی -  
قسمت ۱: روش غوطه‌وری، روش پیکنومتر مایع و روش تیتراسیون»

### رئیس:

هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت

بازرگان لاری، رضا  
(دکتری مهندسی مواد)

### دبیر:

اداره کل استاندارد استان فارس

منصوری، نادر  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت کیفیت آفرینان زاگرس

احمدی گنجه، ساعد  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

پژوهشگاه سازمان ملی استاندارد ایران

ابراهیم، الهام  
(کارشناسی شیمی کاربردی)

شرکت پژوهشگران نوین بنیان ایرانیان

جلالی، پدرام  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت پشم شیشه ایران

حائری، هادی  
(کارشناسی مهندسی صنایع پلیمر)

شرکت پلیمر پارس

حاجی بیک، امیر  
(کارشناسی ارشد پلیمر)

شرکت توسعه صنایع پلاستیک ایران

حیدری، فرزانه  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت پتروشیمی نوری

خوانساری، مصطفی  
(کارشناسی ارشد پلیمر)

شرکت شیراز تولید بهنام

دلشاد، زهرا  
(کارشناسی شیمی)

شرکت سما پلاست پرشین

دیداری، کورش  
(کارشناسی شیمی)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت تولیدی صنعتی فراسان	سبوحی، مریم (کارشناسی ارشد پلیمر)
شرکت شیراز جم گستر	صلواتی، محسن (کارشناسی ارشد شیمی آلی)
شرکت انهار حیات کرمان	عسکری نژاد، مهدیه (کارشناسی شیمی)
شرکت نگار آزمون دانش	فرجی، رضا (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)
شرکت پی اف پی اصفهان	کاظمی، کریم (کارشناسی ارشد پلیمر)
شرکت مجد ایرانیان	کرمی، محمدمهدی (کارشناسی ارشد شیمی)
شهرداری شیراز	گل کاری، مسیح (کارشناسی ارشد پلیمر)
جامعه کنترل کیفیت استان فارس	گودرزی، زهرا (دکتری شیمی)
شرکت تحقیقات صنایع لاستیک ایران	مارکاریان، هنریک (دکتری شیمی)
شرکت بازرسان فنی ناظران صنعت تات	محمدی، شیرین (کارشناسی مهندسی صنایع پلیمر)
هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز	محمدی، محمدکاظم (دکتری شیمی)
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی شیراز	مرادی، ندا (کارشناسی شیمی)
شرکت آب‌نهالان خلیج فارس	مردانه، راضیه (کارشناسی شیمی)
اداره کل استاندارد استان فارس	مصلاهی، مهرداد (کارشناسی ارشد شیمی)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت آریا نام	مهدی پور، آیت (کارشناسی ارشد پلیمر)
شرکت نفت پاسارگاد	مهربان، مریم (کارشناسی ارشد شیمی)
کارشناس استاندارد	نجیمی، مهدی (کارشناسی شیمی)
شرکت نگار آزمون دانش	هادیان فرد، فرهاد (کارشناسی ارشد مکانیک)

**ویراستار:**

اداره کل استاندارد استان فارس	شجاعتی، خاطره (کارشناسی ارشد شیمی)
-------------------------------	---------------------------------------

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ تثبیت شرایط
۳	۵ روش‌های آزمون
۹	۶ تصحیح غوطه‌وری در هوا
۱۰	۷ گزارش آزمون
۱۲	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) سیستم‌های مایع مناسب برای استفاده در روش C
۱۳	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) تصحیح غوطه‌وری در هوا
۱۵	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «پلاستیک‌ها- روش‌های تعیین چگالی پلاستیک‌های غیراسفنجی- قسمت ۱: روش غوطه‌وری، روش پیکنومتر مایع و روش تیتراسیون» که نخستین بار در سال ۱۳۸۷ بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای دومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در شصت و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد صنایع پلیمر مورخ ۱۳۹۸/۱۲/۰۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۰۹۰: سال ۱۳۹۳ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 1183-1: 2019, Plastics- Methods for determining the density of non-cellular plastics- Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method



## مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۷۰۹۰ است. سایر قسمت‌های این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۲: روش ستون گرادیان چگالی

- قسمت ۳: روش پیکنومتر گازی

## پلاستیک‌ها - روش‌های تعیین چگالی پلاستیک‌های غیراسفنجی - قسمت ۱: روش غوطه‌وری، روش پیکنومتر مایع و روش تیتراسیون

هشدار - به دلیل امکان وجود مواد، عملیات یا تجهیزات خطرناک در هنگام استفاده از این استاندارد، مسئولیت برقراری اصول مناسب برای حفظ سلامتی و ایمنی بر عهده کاربران است.

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه سه روش برای تعیین چگالی پلاستیک‌های غیراسفنجی به شکل اشیاء قالب‌گیری شده یا رانشگری شده<sup>۱</sup> بدون فضای خالی<sup>۲</sup> و همچنین به شکل پودرها، پرک‌ها<sup>۳</sup> و دانه‌ها<sup>۴</sup> است.

- روش A: روش غوطه‌وری، برای پلاستیک‌های جامد (به جز پودرها) به شکل بدون فضای خالی.

- روش B: روش پیکنومتر مایع، برای ذرات، پودرها، پرک‌ها، دانه‌ها یا تکه‌های کوچک از قطعات نهایی.

- روش C: روش تیتراسیون، برای پلاستیک‌ها در هر حالت بدون فضای خالی.

**یادآوری** - از چگالی به‌طور معمول برای بررسی تغییرات در ساختار فیزیکی یا ترکیب‌بندی مواد پلاستیکی استفاده می‌شود. همچنین ممکن است چگالی در تعیین یکنواختی نمونه‌ها یا آزمون‌ها کارآمد باشد. چگالی مواد پلاستیکی اغلب به انتخاب روش آماده‌سازی نمونه بستگی دارد. در این صورت، جزئیات دقیق روش آماده‌سازی نمونه در ویژگی‌های ماده مربوطه خواهد آمد. این یادآوری برای هر سه روش کاربرد دارد.

### ۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

#### 2-1 ISO 291, Plastics- Standard atmospheres for conditioning and testing

---

1- Extruded  
2- Void  
2- Flakes  
3- Granules

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷: سال ۱۳۸۷، پلاستیک‌ها- شرایط محیطی استاندارد برای رسیدن به شرایط تثبیت و آزمون، با استفاده از استاندارد ISO 291: 2008 تدوین شده است.

## 2-2 ISO 472, Plastics- Vocabulary

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۲۴۴: سال ۱۳۹۴، پلاستیک‌ها- واژه‌نامه، با استفاده از استاندارد ISO 472: 2013 تدوین شده است.

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود<sup>۱</sup>:

۱-۳

جرم

$m$

mass

مقدار ماده تشکیل‌دهنده جسم

یادآوری - جرم بر حسب کیلوگرم (kg) یا گرم (g) بیان می‌شود.

۲-۳

جرم ظاهری

$m_{APP}$

apparent mass

جرم یک جسم، به دست‌آمده به وسیله وزن کردن آن با استفاده از ترازوی مناسب کالیبره‌شده

یادآوری - جرم ظاهری بر حسب کیلوگرم (kg) یا گرم (g) بیان می‌شود.

۳-۳

چگالی

$\rho$

density

نسبت جرم  $m$  نمونه به حجم  $V$  آن (در دمای  $T$ ) بر حسب  $\text{kg}/\text{m}^3$ ،  $\text{kg}/\text{dm}^3$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) یا  $\text{kg}/\text{l}$  ( $\text{g}/\text{ml}$ )

یادآوری - اصطلاحات زیر بر اساس استاندارد ISO 80000-4[1] برای شفاف‌سازی در جدول ۱ آمده است.

۱- اصطلاحات و تعاریف به کاررفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های [www.iso.org/obp](http://www.iso.org/obp) و [www.electropedia.org/](http://www.electropedia.org/) قابل دسترس است.

جدول ۱- اصطلاحات چگالی

اصطلاح	نماد	رابطه	یکها
چگالی	$\rho$	$m/V$	$\text{kg/m}^3$ $\text{kg/dm}^3 (\text{g/cm}^3)$ $\text{kg/l} (\text{g/ml})$
حجم مخصوص	$v$	$V/m (=1/\rho)$	$\text{m}^3/\text{kg}$ $\text{dm}^3/\text{kg} (\text{cm}^3/\text{g})$ $\text{l/kg} (\text{ml/g})$

۴ تثبیت شرایط

شرایط محیطی آزمون باید مطابق استاندارد ISO 291 باشد. به طور کلی نیاز به تثبیت شرایط آزمونها تا دمای ثابت نیست زیرا در طی آزمون، آزمونها به دمای ثابت آزمون می‌رسند.

نمونه‌هایی که در طی آزمون، چگالی‌شان بیشتر از دقت مورد نیاز تغییر می‌کند، باید قبل از اندازه‌گیری مطابق ویژگی‌های ماده تثبیت شوند. وقتی که هدف اصلی از اندازه‌گیری‌ها، تغییر چگالی با زمان یا شرایط محیطی باشد، آزمونها باید به نحوی که در ویژگی ماده شرح داده شده، تثبیت شوند و در صورت عدم وجود ویژگی ماده، باید روش تثبیت بین طرفین ذی‌نفع توافق شود.

۵ روش‌های آزمون

۱-۵ روش A- روش غوطه‌وری

۱-۱-۵ وسایل

۱-۱-۱-۵ ترازوی تجزیه‌ای یا ابزار طراحی شده مخصوص اندازه‌گیری چگالی، با دقت  $\pm 0.1 \text{ mg}$

از یک ابزار خودکار می‌توان استفاده کرد. محاسبات چگالی را می‌توان با یک رایانه یا نرم‌افزار تعبیه شده درون ترازوی تجزیه‌ای انجام داد.

۲-۱-۱-۵ ظرف غوطه‌وری، یک بشر یا ظرف با دهانه گشاد با اندازه مناسب برای نگهداری مایع غوطه‌وری.

۳-۱-۱-۵ تکیه‌گاه ثابت، به‌عنوان مثال یک صفحه گرد پهن برای نگهداشتن ظرف غوطه‌وری روی صفحه ترازو.

۴-۱-۱-۵ دماسنج، با زینه‌بندی  $0.1^\circ\text{C}$  با گستره اندازه‌گیری  $0^\circ\text{C}$  تا  $30^\circ\text{C}$ .

۵-۱-۱-۵ سیسِم (در صورت نیاز)، مقاوم در برابر خوردگی با قطر حداکثر ۰/۵ mm برای معلق نگه‌داشتن آزمون‌ها در مایع غوطه‌وری.

۶-۱-۱-۵ وزنه غوطه‌ورکننده، با جرم مناسب برای اطمینان از غوطه‌وری کامل آزمون، برای شرایطی که چگالی آزمون کمتر از چگالی مایع غوطه‌وری باشد.

۷-۱-۱-۵ پیکنومتر، دارای یک لوله موئینه سرریز جانبی برای تعیین چگالی مایع غوطه‌وری هنگامی که از آب به‌عنوان مایع غوطه‌وری استفاده نشده باشد. پیکنومتر باید به یک دماسنج با زینه‌بندی  $0.1^{\circ}\text{C}$  با گستره اندازه‌گیری  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $30^{\circ}\text{C}$  مجهز باشد.

۸-۱-۱-۵ حمام مایع، با قابلیت ثابت نگه‌داشتن دما در محدوده  $0.5^{\circ}\text{C} \pm$  برای استفاده در تعیین چگالی مایع غوطه‌وری.

### ۲-۱-۵ مایع غوطه‌وری

از آب تازه تقطیرشده یا یون‌زدایی‌شده یا مایع مناسب دیگر استفاده شود به‌نحوی که مقدار عامل ترکننده<sup>۱</sup> موجود در مایع، برای کمک به رفع حباب‌های هوا، بیشتر از ۰/۱٪ نباشد. مایع یا محلول در تماس با آزمون نباید در طی آزمون بر روی آن اثری داشته باشد.

نیازی به تعیین چگالی مایعات غوطه‌وری غیر از آب مقطر نیست به‌شرطی که از یک مرجع تأییدصلاحیت شده، تهیه و گواهی‌نامه داشته باشند.

### ۳-۱-۵ آزمون‌ها

به‌جز مورد پودرها، آزمون‌ها می‌توانند به هر حالت بدون فضای خالی باشند. آزمون‌ها باید دارای اندازه مناسب بوده به‌نحوی که فضای کافی بین آزمون و ظرف غوطه‌وری وجود داشته و ترجیحاً جرم آن‌ها حداقل ۱ g باشد.

هنگام تهیه آزمون‌ها به‌روشنی بریدن از نمونه‌های بزرگ‌تر، برای اطمینان از عدم تغییر خواص مواد، باید از تجهیزات مخصوصی برای برش استفاده کرد. سطح آزمون باید صاف و عاری از حفره باشد تا حبس حباب‌های هوا در هنگام غوطه‌وری آزمون در مایع به حداقل برسد، زیرا در غیر این صورت خطاهایی به وجود خواهد آمد.

---

1- Wetting agent

۴-۱-۵ روش آزمون

۱-۴-۱-۵ آزمون را در هوا در حالی که از سیمی با حداکثر قطر ۰.۵ mm آویزان شده با دقت ۰.۱ mg وزن کنید. جرم آزمون را یادداشت کنید.

۲-۴-۱-۵ آزمون را در حالی که از سیم آویزان است در مایع غوطه‌وری (۲-۱-۵) درون ظرف غوطه‌وری (۲-۱-۱-۵) قرار گرفته روی تکیه‌گاه (۳-۱-۱-۵) غوطه‌ور کنید. دمای مایع غوطه‌وری باید  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) باشد. حباب‌های هوای چسبیده به آزمون را با یک سیم نازک برطرف کنید. نمونه غوطه‌ور را با تقریب ۰.۱ mg وزن کنید.

اگر اندازه‌گیری در یک اتاق با دمای کنترل شده انجام می‌شود، دمای تمام دستگاه‌ها، شامل مایع غوطه‌وری، باید در گستره  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) باشد.

۳-۴-۱-۵ اگر مایع غوطه‌وری غیر از آب باشد، در صورت نیاز، چگالی آن را به شرح زیر تعیین کنید: پیکنومتر (۷-۱-۱-۵) خالی را وزن کرده و سپس با آب تازه تقطیرشده یا یون‌زدایی‌شده در دمای  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) پر و دوباره وزن کنید. همان پیکنومتر را تمیز و خشک کرده سپس با مایع غوطه‌وری در دمای  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) پر کنید. دمای آب و مایع غوطه‌وری با استفاده از حمام مایع (۸-۱-۱-۵) به دمای صحیح رسانده شود. چگالی مایع غوطه‌وری  $\rho_{IL}$  را بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) با استفاده از فرمول (۱) محاسبه کنید:

$$\rho_{IL} = \frac{m_{IL}}{m_W} \times \rho_W \quad (1)$$

که در آن:

$m_{IL}$  جرم مایع غوطه‌وری بر حسب گرم؛

$m_W$  جرم آب بر حسب گرم؛

$\rho_W$  چگالی آب در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب است.

۴-۴-۱-۵ چگالی آزمون  $\rho_S$  را در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب با استفاده از فرمول (۲) محاسبه کنید:

$$\rho_S = \frac{m_{S,A} \times \rho_{IL}}{m_{S,A} - m_{S,IL}} \quad (2)$$

که در آن:

$m_{S,A}$  جرم ظاهری آزمون در هوا بر حسب گرم؛

$m_{S,IL}$  جرم ظاهری آزمون در مایع غوطه‌وری بر حسب گرم؛

$\rho_{IL}$  چگالی مایع غوطه‌وری در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب که توسط تامین کننده اظهار شده یا مطابق بند ۳-۴-۱-۵ تعیین شده است.

برای آزمون‌هایی که چگالی آن‌ها از چگالی مایع غوطه‌وری کمتر است، آزمون را می‌توان دقیقاً مطابق مراحل بالا انجام داد به جز مورد زیر:

یک وزنه سربی یا یک ماده چگال دیگر به سیم متصل شده چنان که وزنه و آزمون به زیر سطح مایع بروند. در این حالت وزنه می‌تواند به عنوان بخشی از سیم در نظر گرفته شود که در این صورت به علت نیروی روبه بالای اعمال شده از طرف مایع غوطه‌وری بر وزنه، برای محاسبه چگالی آزمون باید به جای فرمول (۲) از فرمول (۳) استفاده کرد:

$$\rho_S = \frac{m_{S,A} \times \rho_{IL}}{m_{S,A} + m_{K,IL} - m_{S+K,IL}} \quad (3)$$

که در آن:

$m_{K,IL}$  جرم ظاهری وزنه در مایع غوطه‌وری برحسب گرم؛

$m_{S+K,IL}$  جرم ظاهری آزمون و وزنه در مایع غوطه‌وری برحسب گرم است.

نیروی شناوری سیم معلق در هوا معمولاً قابل چشم‌پوشی است اما برای تصحیح نیروی شناوری هوا به بند ۶ مراجعه شود.

۵-۴-۱-۵ آزمون را بر روی حداقل سه آزمون انجام داده و میانگین نتایج را تا سه رقم اعشار محاسبه کنید.

#### ۵-۲ روش B-روش پیکنومتر مایع

۵-۲-۱ وسایل

۵-۲-۱-۱ ترازو، با دقت  $\pm 0.1$  mg

۵-۲-۱-۲ تکیه‌گاه ثابت (۵-۱-۱-۳).

۵-۲-۱-۳ پیکنومتر (۵-۱-۱-۷).

۵-۲-۱-۴ حمام مایع (۵-۱-۱-۸).

۵-۲-۱-۵ دسیکاتور، متصل به یک سامانه خلاء.

۵-۲-۲ مایع غوطه‌وری

به نحوی که در زیربند ۵-۱-۲ شرح داده شده است.

۵-۲-۳ آزمون‌ها

آزمون‌های پودری، دانه‌ها یا پرک‌ها باید به همان شکلی که دریافت شده‌اند مورد آزمون قرار گیرند. جرم آزمون باید بین ۱ g تا ۵ g باشد.

#### ۴-۲-۵ روش آزمون

۱-۴-۲-۵ پیکنومتر (۳-۱-۲-۵) خالی و خشک را وزن کنید. مقدار مناسبی از ماده پلاستیکی را درون پیکنومتر وزن کنید. آزمون را با مایع غوطه‌وری (۲-۲-۵) پوشانده و تمام حباب‌های هوا را با گذاشتن پیکنومتر درون دسیکاتور (۵-۱-۲-۵) و اعمال خلاء از بین ببرید. خلاء را برطرف کرده و پیکنومتر را تقریباً به‌طور کامل با مایع غوطه‌وری پر و آن را در دمای ثابت  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) درون حمام مایع (۱-۴-۲-۵) قرار داده سپس پیکنومتر را با دقت تا حد ظرفیت آن به‌طور کامل پر و سطح خارجی آن را خشک و همراه با آزمون و مایع غوطه‌وری وزن کنید.

۲-۴-۲-۵ پیکنومتر را خالی و تمیز کنید. آن را با آب مقطر یا آب یون‌زدایی شده هواگیری شده پر کرده و تمام حباب‌های هوای موجود را به‌روش ذکر شده در بالا برطرف کرده و وزن پیکنومتر و محتویات آن را در دمای آزمون اندازه‌گیری کنید.

۳-۴-۲-۵ اگر از مایع غوطه‌وری غیر از آب استفاده شود، مراحل بالا را تکرار کرده و چگالی آن را مطابق زیربند ۳-۴-۱-۵ تعیین کنید.

۴-۴-۲-۵ چگالی  $\rho_s$  آزمون را در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب با استفاده از فرمول (۴) محاسبه کنید:

$$\rho_s = \frac{m_s \times \rho_{IL}}{m_1 - m_2} \quad (4)$$

که در آن:

$m_s$  جرم ظاهری آزمون برحسب گرم؛

$m_1$  جرم ظاهری مایع مورد نیاز برای پر کردن پیکنومتر خالی برحسب گرم؛

$m_2$  جرم ظاهری مایع مورد نیاز برای پر کردن پیکنومتر شامل آزمون برحسب گرم؛

$\rho_{IL}$  چگالی مایع غوطه‌وری در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C}$ ) برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب که توسط تامین‌کننده، اظهار شده یا مطابق زیربند ۳-۴-۱-۵ اندازه‌گیری شده است.

۵-۴-۲-۵ آزمون را بر روی حداقل سه آزمون انجام داده و میانگین نتایج را تا سه رقم اعشار محاسبه کنید.

#### ۳-۵ روش C-روش تیتراسیون

۱-۳-۵ وسایل

۱-۱-۳-۵ حمام مایع (۸-۱-۱-۵).

۲-۱-۳-۵ استوانه شیشه‌ای، با حجم ۲۵۰ ml.



۳-۱-۳-۵ دماسنج، با زینه‌بندی  $0.1^{\circ}\text{C}$  دارای گستره مناسب برای اندازه‌گیری دمای آزمون مورد استفاده.

۴-۱-۳-۵ بالن ژوژه، با حجم ml ۱۰۰.

۵-۱-۳-۵ همزن میله‌ای شیشه‌ای با نوک مسطح.

۶-۱-۳-۵ بورت، با حجم ml ۲۵ چنان که بتوان آن را درون حمام مایع (۱-۳-۵) نگه داشت و توانایی توزیع مایع را در قسمت‌های ml ۰.۱ داشته باشد.

۲-۳-۵ مایعات غوطه‌وری

به دو مایع امتزاج‌پذیر با چگالی‌های مختلف نیاز است که چگالی یکی از مایعات کمی کمتر از چگالی آزمون و چگالی دیگری بیشتر از چگالی آزمون باشد. در پیوست الف چگالی مایعات مختلف برای راهنمایی ارائه شده است. در صورت نیاز یک آزمون مقدماتی سریع با چند میلی‌لیتر از مایع انجام دهید.

مایع مورد استفاده که هنگام انجام آزمون با آزمون در تماس قرار می‌گیرد، نباید بر روی آن اثری داشته باشد.

۳-۳-۵ آزمون‌ها

آزمون‌ها باید در حالت مناسب بدون فضای خالی باشند.

۴-۳-۵ روش آزمون

۱-۴-۳-۵ با استفاده از بالن ژوژه (۴-۱-۳-۵) به‌طور دقیق ml ۱۰۰ مایع غوطه‌وری (۲-۳-۵) با چگالی کمتر را اندازه‌گیری کرده و به داخل استوانه شیشه‌ای (۲-۱-۳-۵) تمیز و خشک بریزید. استوانه را درون حمام مایع (۱-۳-۵) که در دمای  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) کنترل می‌شود بگذارید.

۲-۴-۳-۵ قطعات آزمون را درون استوانه قرار دهید. آن‌ها باید به ته استوانه فرو رفته و عاری از حباب هوا باشند. در حالی که در فواصل زمانی، محتویات را هم می‌زنید، اجازه دهید که شرایط استوانه و محتویات آن در دمای حمام پایدار شوند.

توصیه می‌شود که دماسنج (۳-۱-۳-۵) به‌طور دائم در مایع قرار گیرد. با این عمل امکان بررسی برقراری تعادل گرمایی در زمان اندازه‌گیری و به‌ویژه هم‌دمایی کل محلول امکان‌پذیر می‌شود.

۳-۴-۳-۵ هنگامی که دمای مایع  $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (یا  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) است میلی‌لیتر به میلی‌لیتر از مایع غوطه‌وری با چگالی بیشتر را به‌وسیله بورت (۶-۱-۳-۵) اضافه کنید. مایع را با همزن میله‌ای شیشه‌ای (۵-۱-۳-۵) بعد از هر اضافه کردن، هم‌زده، به‌صورت عمودی نگه داشته و از ایجاد حباب‌های هوا جلوگیری کنید.

بعد از هر افزودن از مایع با چگالی بیشتر و مخلوط کردن، رفتار قطعات آزمون را مشاهده کنید.

در ابتدا آن‌ها به سرعت به پایین فرو می‌روند اما با اضافه کردن تدریجی مایع با چگالی بیشتر، سرعت فرورفتن آن‌ها آهسته‌تر می‌شود. در این هنگام، مایع با چگالی بیشتر را با مقادیر  $0.1 \text{ mg}$  اضافه کنید. مقدار کل مایع با چگالی بیشتر اضافه‌شده را هنگامی که سبک‌ترین قطعه از آزمون درون مایع به حالت غوطه‌وری درمی‌آید، تا سطحی که با هم‌زدن بالا می‌آیند، به‌صورتی که به مدت حداقل  $1 \text{ min}$  به سمت بالا یا پایین حرکت نکند، یادداشت کنید. در این نقطه از تیتراسیون، مقدار مایع با چگالی بیشتر مورد نیاز را یادداشت کنید.

مقدار بیشتری از مایع با چگالی بیشتر را اضافه کنید تا هنگامی که سنگین‌ترین قطعه از آزمون درون مایع به مدت حداقل  $1 \text{ min}$  در یک تراز ثابت باقی بماند. مقدار مایع با چگالی بیشتر مورد نیاز را یادداشت کنید. برای هر کدام از زوج مایعات، رابطه بین مقدار مایع با چگالی بیشتر اضافه‌شده و چگالی مخلوط به دست آمده را مشخص کرده و رابطه را به صورت یک نمودار رسم کنید. چگالی مخلوط مایع در هر نقطه روی نمودار را می‌توان با روش پیکنومتر تعیین کرد.

## ۶ تصحیح غوطه‌وری در هوا

هنگام اندازه‌گیری وزن در هوا، مقدار «جرم‌های ظاهری» به دست آمده باید تصحیح شوند تا اثر نیروی شناوری هوا بر روی آزمون و هر وزنه غوطه‌ورکننده استفاده‌شده دیگر جبران شود. این برای حالتی است که بخواهیم دقت نتایج بین  $0.2\%$  و  $0.5\%$  باشد.

جرم واقعی  $m_T$ ، برحسب گرم، با استفاده از فرمول (۵) محاسبه می‌شود:

$$m_T = m_{APP} \times \left( 1 + \frac{\rho_a}{\rho_S} - \frac{\rho_a}{\rho_L} \right) \quad (5)$$

که در آن:

$m_{APP}$  جرم ظاهری برحسب گرم؛

$\rho_a$  چگالی هوا (تقریباً برابر  $0.0012 \text{ g/cm}^3$  در  $23^\circ\text{C}$  با رطوبت نسبی  $50\%$  و در  $27^\circ\text{C}$  با رطوبت نسبی  $65\%$ ) برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب؛

$\rho_S$  چگالی آزمون (یا هر وزنه غوطه‌ورکننده مورد استفاده) در  $23^\circ\text{C}$  (یا  $27^\circ\text{C}$ ) برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب؛

$\rho_L$  چگالی وزنه‌های استفاده‌شده برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب است.

برای بهبود دقت، وابستگی چگالی هوا به فشار باید در نظر گرفته شود. چگالی هوا را می‌توان با استفاده از فرمول (۶) که بر اساس قانون گاز ایده‌آل به دست آمده، محاسبه کرد:

$$\rho_a = \frac{\left( P_{ha} - \frac{RH}{100} \cdot P_{V,sat} \right) \cdot M_a + \frac{RH}{100} \cdot P_{V,sat} \cdot M_{H_2O}}{R \cdot (273,15 + T)} \quad (6)$$

که در آن:

$\rho_a$	چگالی هوای مرطوب بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب؛
$P_{ha}$	فشار جزئی هوای مرطوب بر حسب مگاپاسکال؛
$RH$	رطوبت نسبی بر حسب درصد؛
$P_{V,sat}$	فشار جزئی بخار آب اشباع شده بر حسب مگاپاسکال؛
$M_a$	جرم مولکولی هوا بر حسب گرم بر مول؛
$M_{H_2O}$	جرم مولکولی بخار آب بر حسب گرم بر مول؛
$R$	ثابت جهانی گاز (۸,۳۱۴۴۷ J/mol K)؛
$T$	دما بر حسب درجه سلسیوس است.

به نحوی که در فرمول (۷) نشان داده شده است، فشار بخار آب اشباع را می توان از طریق معادله تنز [2] تخمین زد:

$$P_{V,sat} = C_0 \times \exp\left(\frac{C_1 \times T}{C_2 + T}\right) \quad (7)$$

که در آن:

$C_0$  برابر ۰,۶۱۰۷۸؛

$C_1$  برابر ۱۷,۲۷؛

$C_2$  برابر ۲۳۷,۳ است.

به پیوست ب برای استخراج فرمول های (۵) تا (۷) مراجعه شود.

## ۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل آگاهی های زیر باشد:

الف- اشاره به شماره این استاندارد ملی یعنی INSO 7090-1:1398؛

ب- تمام جزئیات مورد نیاز برای شناسایی کامل مواد آزمون شده شامل روش آماده سازی آزمون و پیش آماده سازی در صورت اعمال؛

- پ- روش استفاده شده (A, B یا C)؛
- ت- مایع(های) غوطه‌وری مورد استفاده؛
- ث- دمای آزمون ( $23^{\circ}\text{C}$  یا  $27^{\circ}\text{C}$ )؛
- ج- مقدار چگالی به دست آمده برای هر کدام از سه آزمون و میانگین حسابی آنها؛
- چ- بیان این که آیا تصحیح شناوری اعمال شده است، و در صورت اعمال بیان نوع تصحیح؛
- ح- تاریخ انجام آزمون.

پیوست الف  
(آگاهی دهنده)

سیستم‌های مایع مناسب برای استفاده در روش C

هشدار - برخی از مواد شیمیایی داده شده در جدول الف-۱ ممکن است خطرناک باشند.

جدول الف-۱- سیستم‌های مایع برای روش C

سیستم	گستره چگالی g/cm <sup>3</sup>
متانول/بنزیل الکل	۰٫۷۹ تا ۱٫۰۵
ایزوپروپانول/آب	۰٫۷۹ تا ۱٫۰۰
ایزوپروپانول/دی‌اتیلن گلیکول	۰٫۷۹ تا ۱٫۱۱
اتانول/آب	۰٫۷۹ تا ۱٫۰۰
تولوئن/کربن تتراکلرید	۰٫۸۷ تا ۱٫۶۰
آب/محلول آبی سدیم برمید الف	۱٫۰۰ تا ۱٫۴۱
آب/محلول آبی کلسیم نیترات	۱٫۰۰ تا ۱٫۶۰
اتانول/محلول آبی روی کلرید ب	۰٫۷۹ تا ۱٫۷۰
کربن تتراکلرید/۱ و ۳-دی‌بروموپروپان	۱٫۶۰ تا ۱٫۹۹
۱ و ۳-دی‌بروموپروپان/برمید اتیلن	۱٫۹۹ تا ۲٫۱۸
برمید اتیلن/بروموفرم	۲٫۱۸ تا ۲٫۸۹
کربن تتراکلرید/بروموفرم	۱٫۶۰ تا ۲٫۸۹
ایزوپروپانول/متیل گلیکول استات	۰٫۷۹ تا ۱٫۰۰

الف چگالی ۱٫۴۱، معادل درصد جرمی حدود ۴۰٪ سدیم برمید می‌باشد.  
ب چگالی ۱٫۷۰، معادل درصد جرمی حدود ۶۷٪ روی کلرید می‌باشد.

از موارد زیر نیز می‌توان در مخلوط‌ها استفاده کرد:

چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

۰٫۷۰	n-اکتان
۰٫۹۴	دی‌متیل فرمامید
۱٫۶۰	تتراکلرواتان
۱٫۹۳	یدید اتیل
۳٫۳۳	یدید متیلن

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تصحیح غوطه‌وری در هوا

فرمول (۵) در بند ۶ برای جرم واقعی آزمون  $m_T$  (یا هر غوطه‌ورکننده مورد استفاده) به صورت زیر استخراج می‌شود.

فرمول (ب-۱) جرم آزمون (یا هر غوطه‌ورکننده مورد استفاده) و جرم وزنه‌های مورد نیاز در نقطه تعادل را بیان می‌کند:

$$m_T - \rho_a \cdot \frac{m_{APP}}{\rho_S} = m_B - \rho_a \cdot \frac{m_B}{\rho_L} \quad (\text{ب-۱})$$

که در آن:

$m_T$  جرم واقعی آزمون (یا هر غوطه‌ورکننده مورد استفاده) بر حسب گرم؛

$m_{APP}$  جرم ظاهری آزمون (یا هر غوطه‌ورکننده مورد استفاده) بر حسب گرم؛

$m_B$  جرم وزنه‌های تعادل بر حسب گرم؛

$\rho_a$  چگالی هوا بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب؛

$\rho_S$  چگالی آزمون (یا هر غوطه‌ورکننده مورد استفاده) بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب؛

$\rho_L$  چگالی وزنه‌های تعادل بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب.

با مرتب‌سازی فرمول (ب-۱) به دست می‌آید:

$$m_T = m_B + m_{APP} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_S} - m_B \cdot \frac{\rho_a}{\rho_L} \quad (\text{ب-۲})$$

به دلیل تأثیر بسیار کم نیروی شناوری هوا می‌توان مقدار  $m_{APP}$  را با مقدار  $m_B$  برابر دانست و فرمول (ب-۲) را به صورت ساده زیر بیان کرد:

$$m_T = m_{APP} \times \left( 1 + \frac{\rho_a}{\rho_S} - \frac{\rho_a}{\rho_L} \right) \quad (\text{ب-۳})$$

بر اساس قانون گاز ایده‌آل، به عبارت دیگر امکان تجمیع همه اجزا، چگالی هوای مرطوب را می‌توان به صورت مجموع چگالی هوای خشک و چگالی بخار آب، به نحوی که در فرمول (ب-۴) داده شده است، بیان کرد:

$$\rho_{ha} = \frac{P_a \cdot M_a}{R \cdot (273.15 + T)} + \frac{P_{H_2O} \cdot M_{H_2O}}{R \cdot (273.15 + T)} \quad (\text{ب-۴})$$

که در آن:

$\rho_{ha}$	چگالی هوای مرطوب برحسب گرم بر سانتی مترمکعب؛
$P_a$	فشار جزئی هوای خشک برحسب مگاپاسکال؛
$M_a$	جرم مولکولی هوا برحسب گرم بر مول؛
$P_{H_2O}$	فشار جزئی بخار آب برحسب مگاپاسکال؛
$M_{H_2O}$	جرم مولکولی بخار آب برحسب گرم بر مول؛
$R$	ثابت جهانی گاز (۸/۳۱۴۴۷ J/mol K) است.

فشار جزئی بخار آب برابر حاصل ضرب فشار اشباع آن در رطوبت نسبی RH و فشار جزئی هوای خشک برابر فشار کل منهای فشار بخار آب است، به نحوی که در فرمول (ب-۵) نشان داده شده است:

$$\rho_a = \frac{\left( P_{ha} - \frac{RH}{100} \cdot P_{V,sat} \right) M_a + \frac{RH}{100} \cdot P_{V,sat} \cdot M_{H_2O}}{R \cdot (273.15 + T)} \quad (\text{ب-۵})$$

که در آن:

$P_{ha}$	فشار هوای مرطوب برحسب مگاپاسکال؛
$RH$	رطوبت نسبی برحسب درصد؛
$P_{V,sat}$	فشار جزئی بخار آب اشباع برحسب مگاپاسکال است.

فشار بخار آب اشباع را می توان از طریق معادله تننز [2] که در فرمول (۶) آمده است، تخمین زد که بهترین تعادل بین دقت و راحتی استفاده از آن است:

$$P_{V,sat} = C_0 \times \exp\left(\frac{C_1 \times T}{C_2 + T}\right) \quad (\text{ب-۶})$$

که در آن:

$C_0$	برابر ۰٫۶۱۰۷۸؛
$C_1$	برابر ۱۷٫۲۷؛
$C_2$	برابر ۲۳۷٫۳ است.

کتاب‌نامه

- [1] ISO 80000-4, Quantities and units- part 4: Mechanics  
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۸۱۹: سال ۱۳۹۰، کمیت‌ها و یکاها - قسمت ۴: مکانیک، با استفاده از استاندارد ISO 80000-4: 2006 تدوین شده است.
- [2] Monteith J.L., & UNSWORTH M.H. Principles of Environmental Physics. Third Ed. Academic Press, Amsterdam, 2007