



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۷۰۸۵ - ۱

چاپ اول

ISIRI

7085-1

1st. edition

وزنه‌های رده‌های

M_3 و M_{2-3} , M_2 , M_{1-2} , M_1 , F_2 , F_1 , E_2 , E_1

قسمت اول - الزامات اندازه‌شناختی و فنی

Weights of classes E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} ,
 M_2 , M_{2-3} and M_3

Part 1: Metrological and technical
requirements

ICS: 17.040.30

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* 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 ذیصلاح 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 شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه 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 سا زمانها 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، مؤسسه استاندارد 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 آنها 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 مؤسسه است.

* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International organization for Standardization

2 - International Electro technical Commission

3 - International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«وزنه‌های رده‌های $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_2, M_{1-2}, M_2, M_{2-2}$ و M_2 »

قسمت اول - الزامات اندازه‌شناختی و فنی «

رئیس:

تمدن ، حسین

(فوق لیسانس بیوشیمی)

دبیر:

طارمی ، معصومه

(فوق لیسانس فیزیک)

اعضاء:

ایرانی ، نوذر

(لیسانس فیزیک)

بری ، مقصود

(لیسانس فیزیک)

رضا قلی بیگی ، ناصر

(لیسانس فیزیک)

شیروانی ، کیوان

(لیسانس مهندسی صنایع)

محمدی ، احد

(فوق لیسانس فیزیک)

منصوری ، احمد

(لیسانس فیزیک)

هاشمی عراقی ، محمدرضا

(لیسانس فیزیک)

سمت و/یا نمایندگی

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

کارشناس گروه پژوهشی اندازه‌شناسی

و اوزان

مدیر کیفیت شرکت لکسر

کارشناس مسوول مرکز اندازه‌شناسی،

اوزان و مقیاسها

کارشناس مسوول مرکز اندازه‌شناسی،

اوزان و مقیاسها

مدیر عامل شرکت خط رمز

سرپرست گروه پژوهشی اندازه‌شناسی

و اوزان

کارشناس بازرسی کالا و امور صادرات

و واردات موسسه استاندارد و تحقیقات

صنعتی ایران

کارشناس مرکز اندازه‌شناسی، اوزان و

مقیاسها

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۹	۴ نمادها
۱۲	۵ یکاها و مقادیر اسمی وزنه‌ها
۱۳	۶ الزامات اندازه‌شناختی
۱۵	۷ الزامات فنی
۱۶	۸ ساخت
۱۸	۹ جنس
۲۰	۱۰ خاصیت مغناطیسی
۲۰	۱۱ چگالی
۲۲	۱۲ شرایط سطح (وزنه)
۲۳	۱۳ تنظیم
۲۴	۱۴ نشانه‌گذاری
۲۶	۱۵ عرضه
۲۷	۱۶ کنترل‌های اندازه‌شناختی
۲۸	۱۷ نشانه‌گذاری برای کنترل (علامت‌گذاری یا انگ زدن)
۳۰	پیوست الف (اطلاعاتی) نمونه‌های از اشکال و ابعاد مختلف
۳۴	پیوست ب (الزامی) دستورالعمل‌های آزمون وزنه‌ها
۷۹	پیوست پ (الزامی) کالیبراسیون یک وزنه یا مجموعه‌ای از وزنه‌ها (یک جعبه وزنه)
۹۱	پیوست ت (اطلاعاتی) کنترل آماری
۹۵	پیوست ث (اطلاعاتی) فرمول CIPM و یک فرمول تقریبی
۹۹	کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد "وزنه‌های رده‌های $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}$ و M_3 قسمت اول - الزامات اندازه‌شناختی و فنی" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در نود و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاسها مورخ ۸۷/۹/۶ مورد تصویب قرار گرفته است، 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.

استاندارد ملی ایران شماره ۷۰۸۵ سال: ۱۳۸۲ وزنه های رده های $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}$ و M_3 باطل و این استاندارد جایگزین آن می‌شود.

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

OIML R111-1:2004, Weights of classes $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}$ and M_3

Part 1: Metrological and technical requirements

وزنه‌های رده‌های

M_3 و M_{2-3} , M_2 , M_{1-2} , M_1 , F_2 , F_1 , E_2 , E_1

قسمت اول - الزامات اندازه‌شناختی و فنی

۱ هدف و دامنه‌ی کاربرد

- ۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات فنی (مثلاً مشخصه‌های اصلی فیزیکی) و الزامات اندازه‌شناختی وزنه‌هایی است که در موارد زیر بکار می‌روند:
- به عنوان استانداردهایی برای تصدیق^۱ دستگاههای توزین؛
 - به عنوان استانداردهایی برای تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌هایی با یک رده‌ی درستی پایین‌تر؛
 - همراه با دستگاههای توزین.

۲-۱ دامنه‌ی کاربرد

این استاندارد در مورد وزنه‌هایی که مقادیر نامی جرم آنها از یک میلی‌گرم تا ۵۰۰۰ کیلوگرم و رده‌ی درستی آنها E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_{1-2} , M_2 , M_{2-3} و M_3 است، کاربرد دارد.

۳-۱ کمینه رده‌ی درستی وزنه‌ها

رده‌ی درستی وزنه‌های مورد استفاده به عنوان استاندارد برای تصدیق وزنه‌ها یا دستگاههای توزین باید مطابق با الزامات استانداردهای OIML مرتبط باشند.

۱-۳-۱ رده‌های وزنه‌های OIML عبارتند از:

رده‌ی E_1 : وزنه‌هایی که به منظور تضمین قابلیت‌ردیابی بین استانداردهای ملی جرم (مقادیر مشتق شده از kg (نمونه‌ی بین‌المللی) و وزنه‌هایی با رده‌ی درستی E_2 و پایین‌تر بکار می‌رود. وزنه‌های رده‌ی E_1 یا مجموعه‌ای از این وزنه‌ها باید همیشه با یک گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون همراه باشد (به زیر بند ۱۵-۲-۲-۱ مراجعه کنید).

رده‌ی E_2 : وزنه‌هایی که به منظور تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی F_1 و همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی ویژه‌ی I بکار می‌رود. وزنه‌های رده‌ی E_2 یا مجموعه‌ای از این وزنه‌ها باید همیشه با یک گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون همراه باشد (به زیر بند ۱۵-۲-۲-۲ مراجعه کنید). اگر این وزنه‌ها با الزامات مربوط به زبری سطح و پذیرفتاری مغناطیسی^۲ و مغناطش^۳ وزنه‌های رده‌ی E_1 مطابقت نمایند و گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون آنها نیز، داده‌های مناسب مشخص شده در زیر بند ۱۵-۲-۲-۱ را ارائه دهد، می‌توان آنها را به عنوان وزنه‌های رده‌ی E_1 بکار برد.

1- Verification
2- Susceptibility
3- Magnetization

رده‌ی F_۱: وزنه‌هایی که به منظور تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی F_۲ و همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی ویژه‌ی I و رده‌ی درستی عالی II بکار می‌رود.

رده‌ی F_۲: وزنه‌هایی که به منظور تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی M_۱ و احتمالاً M_۲ بکار می‌رود. همچنین در دادوستدهای مهم تجاری (مانند طلا و سنگ های قیمتی) همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی عالی II بکار می‌رود.

رده‌ی M_۱: وزنه‌هایی که به منظور تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی M_۲ و همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی متوسط III بکار می‌رود.

رده‌ی M_۲: وزنه‌هایی که به منظور تصدیق یا کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی M_۳ و در دادوستدهای عمومی و همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی متوسط III بکار می‌رود.

رده‌ی M_۳: وزنه‌هایی که همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی متوسط III و رده‌ی درستی عادی IIII بکار می‌رود.

رده‌های M_{۱-۲} و M_{۲-۳}: وزنه‌های که از ۵۰ kg تا ۵۰۰۰ kg با درستی پایین‌تر همراه با دستگاههای توزین رده‌ی درستی متوسط III بکار می‌رود.

یادآوری - خطای وزنه‌ی مورد استفاده در بررسی یک دستگاه توزین نباید از یک سوم بیشینه خطای مجاز دستگاه بیشتر باشد. (این مقادیر در بند ۴-۷-۱ استاندارد ملی ۶۵۸۹-۱: سال ۱۳۸۲ "دستگاههای توزین غیر خودکار قسمت اول - الزامات فنی و اندازه شناختی - آزمونها" آمده است).

۲ مراجع الزامی

- مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها 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 آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.
- استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:
- ۱-۲ استاندارد ملی ۴۷۲۳: سال ۱۳۷۸، واژه‌ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی
 - ۲-۲ استاندارد ملی ۷۵۲۸: سال ۱۳۷۸، مشخصات هندسی فرآورده - زبری سطح: قواعد و روش‌های اجرایی برای اندازه‌گیری زبری سطح با استفاده از دستگاههای سوزنی
 - ۳-۲ استاندارد ملی ۶۵۸۹-۱: سال ۱۳۸۲، دستگاههای توزین غیر خودکار قسمت اول - الزامات فنی و اندازه شناختی - آزمونها
 - ۴-۲ استاندارد ملی ۹۳۶۳: سال ۱۳۸۶، مقدار قراردادی نتیجه توزین در هوا
 - ۵-۲ امینی، سید محمد. *واژگان فیزیک*، ویرایش دوم، مرکز نشر دانشگاهی

- 2-7** ISO/IEC Guide 2:1996, Standardization and related activities - General vocabulary
- 2-8** OIML D20:1988, Initial and subsequent verification of measuring instruments and processes
- 2-9** Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), first edition, 1993, corrected and reprinted 1995, ISO
- 2-10** OIML R111-2:2004, Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃
Part 2: Test report format
- 2-11** OIML B3:2003, OIML Certificate System for Measuring Instruments (P1)
- 2-12** ISO 5436:1985, Calibration specimens - Stylus instruments - Types, calibration and use of specimens. (Ed. 1; 20 p; K)
- 2-13** ISO 3274:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments (Ed. 2; 13 p; G). ISO 3274:1996/Cor 1:1998 (Ed. 1; 1 p; *)
- 2-14** ISO 4287:1997 Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions, and surface texture parameters

۳ اصطلاحات و تعاریف

اصطلاحات و تعاریف بکار رفته در این استاندارد با استاندارد ملی ۴۷۲۳: سال ۱۳۷۸، واژه‌ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی (به بند ۱-۲ مراجعه کنید)، و استاندارد International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (2000 edition) (به بند ۲-۶ مراجعه کنید) مطابقت دارد و همچنین برگرفته از کتاب واژگان فیزیک (به بند ۲-۵ مراجعه کنید) است. بعلاوه در این استاندارد اصطلاحات و/یا تعاریف زیر بکار می‌رود:

۱-۳

رده‌ی درستی

رده‌ی وزنه یا مجموعه‌ای از وزنه‌ها که الزامات اندازه‌شناختی معینی را به منظور نگهداری مقادیر جرم در محدوده‌ی مشخصی، برآورده می‌نماید.

۲-۳

ترازو

دستگاه نشاندهنده‌ی جرم ظاهری که به نیروهای زیر حساس است:

$$F_g = m \times g$$

نیروی گرانش

$$F_b = V \times \rho_a \times g = \frac{m}{\rho} \rho_a \times g$$

نیروی شناوری هوا که برابر است با وزن هوای جابجا شده

$$F_z = \mu_o \int \int \int_V (M + \chi H) \frac{\partial H}{\partial z} dV$$

مؤلفه‌ی عمودی برهم کنش نیروی مغناطیسی بین وزنه و ترازو و/یا محیط

H و M بردار هستند؛ z مختصه‌ی عمودی کارترین است.

اگر اثرات مغناطیسی ناچیز باشد، یعنی مغناطش دائمی وزنه (M) و پذیرفتاری مغناطیسی آن (χ) به اندازه‌ی کافی کوچک باشند، و ترازو با وزنه‌های مرجع با جرم مشخص کالیبره شده باشد، ترازو می‌تواند برای نشان دادن جرم قراردادی یک جسم (m_c) تحت شرایطی که بطور قراردادی انتخاب شده، بکار رود.

۳-۳

کالیبراسیون

مجموعه عملیاتی که، تحت شرایط مشخص، میان نشان‌دهی یک دستگاه یا سیستم اندازه‌گیری، یا مقدار یک سنجه مادی یا ماده‌ی مرجع، و مقدار متناظر آن که از استانداردهای اندازه‌گیری حاصل می‌شود رابطه‌ی برقرار می‌کند.

یادآوری ۱- کالیبراسیون اجازه می‌دهد که مقدار اندازه‌ده را به نشاندهی نسبت داده یا میزان تصحیح لازم را نسبت به نشاندهی تعیین کنیم.

یادآوری ۲- با کالیبراسیون ممکن است خواص اندازه‌شناختی دیگری نظیر اثر کمیت‌های تأثیرگذار نیز تعیین شود.

یادآوری ۳- نتیجه‌ی کالیبراسیون ممکن است در مدارکی ثبت شود که گاه آن را گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون یا گزارش کالیبراسیون می‌نامند.

۱-۳-۳

گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون (گزارش)

گواهی‌نامه‌ای که تنها به وسیله آزمایشگاه‌های مجاز تأیید صلاحیت شده صادر می‌شود که در آن نتایج کالیبراسیون ثبت می‌گردد.

۴-۳

گواهی‌نامه‌ی انطباق

مدارکی که توسط مؤسسات ملی برای اطمینان از اینکه یک وزنه شناسایی شده یا یک مجموعه‌ی وزنه یا نمونه‌های وابسته به آن در انطباق با الزامات مربوط به این استاندارد هستند، تهیه می‌شود (به سیستم صدور گواهی‌نامه OIML برای دستگاه‌های اندازه‌گیری مراجعه کنید).

۵-۳

استاندارد بازیینی

استانداردی که در فرآیند کنترل آماری برای اجرای یک بازیینی به منظور اطمینان از استانداردها، فرآیند اندازه‌گیری و نتایج در محدوده‌های قابل قبول آماری بکار می‌رود.

۳-۶

مقایسه

روش اندازه‌گیری بر اساس مقایسه‌ی اندازه‌ی یک کمیت تحت اندازه‌گیری با یک اندازه معلوم از همان کمیت.

۳-۷

جرم قراردادی (معمولاً مقدار جرم قراردادی نیز نامیده می‌شود)

مقدار قراردادی نتیجه توزین در هوا، مطابق با استاندارد ملی ۹۳۶۳: سال ۱۳۸۶ "مقدار قراردادی نتیجه توزین در هوا" است. جرم قراردادی که برای یک وزنه در 20°C انتخاب می‌شود عبارتست از جرم یک وزنه مرجع با چگالی 8000 kgm^{-3} که در هوایی با چگالی $1/2 \text{ kgm}^{-3}$ با آن موازنه برقرار می‌کند.

۳-۸

چگالی یک جسم

چگالی یک جسم عبارتست از جرم جسم تقسیم بر حجم آن که با فرمول $\rho = \frac{m}{V}$ داده می‌شود.

۳-۹

مغناطش

اثری که یک نیروی جاذبه یا دافعه را ایجاد می‌کند.

۳-۹-۱

گشتاور دو قطبی مغناطیسی (m_d)

پارامتری مربوط به یک دو قطبی مغناطیسی است. شدت میدان مغناطیسی که به وسیله یک دو قطبی ایجاد می‌شود، و همچنین نیروی بین دو قطبی و یک نمونه‌ی مغناطیسی شده، با این گشتاور دو قطبی متناسب است. نیروی بین دو قطبی و یک نمونه‌ی دارای پذیرفتاری مغناطیسی با مربع گشتاور دو قطبی متناسب است.

۳-۹-۲

شدت میدان مغناطیسی (H)

شدت میدان مغناطیسی محلی که به وسیله مواد مغناطیسی نظیر یک آهن‌ربای دائمی، یا به وسیله مدارهای الکتریکی ایجاد می‌شود.

۳-۹-۳

نیروی مغناطیسی ($F_1, F_2, F_a, F_b, F_{\max}$ و F_z)

نیروی ایجاد شده در مواد مغناطیسی یا موادی که در میدان‌های مغناطیسی خارجی دارای پذیرفتاری مغناطیسی هستند.

۴-۹-۳

تراوایی^۱ مغناطیسی (μ)

میزان قابلیت یک محیط در تغییر میدان مغناطیسی.

۵-۹-۳

ثابت مغناطیسی (تراوایی مغناطیسی در خلاء (μ_0))

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$$

۶-۹-۳

پذیرفتاری مغناطیسی (حجم) (χ)

میزان قابلیت یک محیط در تغییر میدان مغناطیسی که با تراوایی مغناطیسی (μ) با رابطه‌ی $\mu/\mu_0 = 1 + \chi$ مرتبط می‌شود. در برخی موارد به آن تراوایی نسبی (μ_r) نیز اطلاق می‌شود.

۷-۹-۳

مغناطش (دائمی) (M)

پارامتری که حالت مغناطیسی اجسام مادی نظیر وزنه‌ها، را در نبود میدان مغناطیسی خارجی مشخص می‌کند (عموماً مغناطش برداری است که اندازه و جهت آن داخل مواد ثابت نیست). مغناطش یک جسم، میدان مغناطیسی ناهمگنی را در فضا ایجاد می‌کند و بنابراین ممکن است نیروهای مغناطیسی در سایر مواد ایجاد کند.

۱۰-۳

بیشینه خطای مجاز (δm یا mpe)

بیشینه قدر مطلق اختلاف بین جرم قراردادی اندازه‌گیری شده و مقدار نامی وزنه است، که به وسیله وزنه‌های مرجع متناظر تعیین می‌گردد و به وسیله مقررات ملی اجازه داده می‌شود.

۱۱-۳

پارامتر زبری یا پارامتر R (R_a یا R_z)

پارامتری که نیمرخ زبری ارزیابی شده‌ی یک نمونه را شرح می‌دهد. حرف R نشاندهنده نوع نیمرخ ارزیابی شده است، در این حالت R برای نیمرخ زبری است. نیمرخ ارزیابی شده یک نمونه می‌تواند بر حسب انواع مختلف نیمرخ باشد: نیمرخ زبری یا پارامتر R ، نیمرخ اولیه یا پارامتر P ، نیمرخ موجی بودن یا پارامتر W (به بند ۲-۱۴ مراجعه کنید).

۱۲-۳

وزنه حساسیت

وزنه‌ای که برای تعیین حساسیت یک دستگاه توزین استفاده می‌شود (به بند ۲-۴-۱ استاندارد ملی ۶۵۸۹-۱ سال ۱۳۸۲ مراجعه کنید).

۱۳-۳

مجموعه‌ای از وزنه‌ها یا مجموعه‌ی وزنه

سری یا گروهی از وزنه‌ها، که معمولاً در یک جعبه چنان مرتب عرضه می‌شود که توزین تمام بارهای دارای جرم برابر با کوچکترین مقدار نامی وزنه تا مجموع جرم تمام وزنه‌های سری را، با نموی که کوچکترین گام آن برابر با کوچکترین مقدار نامی وزنه سری است، ممکن می‌سازد. وزنه‌هایی با مشخصات اندازه‌شناختی مشابه و مقادیر نامی یکسان یا متفاوت همانطور که در بند ۵-۳ این استاندارد تعریف شده‌اند، به رده‌ی درستی یکسانی تعلق دارند.

۱۴-۳

دما (t)

برحسب درجه سلسیوس که با مقیاس دمای ترمودینامیکی مطلق (مقیاس کلوین) و با $t = T - 273.15K$ ارتباط دارد.

۱۵-۳

آزمون

عملیات فنی که شامل تعیین یک یا چند مشخصه یا عملکرد محصول مورد نظر، ماده، تجهیزات، سیستم، پدیده‌ی فیزیکی، فرآیند یا خدمت مطابق با یک دستورالعمل مشخص است (به بند ۱۳-۱، ISO/IEC Guide 2:1996, Standardization and related activities - General vocabulary مراجعه کنید).

۱۶-۳

وزنه مورد آزمون (m_t)

وزنه‌ای که قرار است مطابق این استاندارد آزمون شود.

۱۷-۳

نوع

مدل تعریف شده‌ای از وزنه‌ها یا مجموعه‌ی وزنه برای انطباق با آن.

۱-۱۷-۳

ارزیابی نوع

بازرسی و آزمون روشمند از عملکرد یک نوع از وزنه‌ها یا مجموعه‌های از آنها در مقایسه با الزامات این استاندارد، که نتایج آن در یک گزارش آزمون ارائه می‌شود.

۲-۱۷-۳

تصویب نوع

فرآیند تصمیم‌گیری توسط یک سازمان مسئول، بر پایه‌ی بررسی گزارش آزمون ارزیابی نوع برای نمونه‌ای از وزنه‌ها یا مجموعه‌ی وزنه و اظهار نظر کارشناسی مبنی بر اینکه این نوع با الزامات اجباری این استاندارد برای مصارف قانونی مطابقت دارد.

۱۸-۳

تصدیق

مجموعه عملیاتی که سازمان ملی اندازه‌شناسی (یا سایر سازمانهایی که از نظر قانونی مجاز هستند) با هدف تأیید و سازگاری کامل وزنه با الزامات مربوط به مقررات تصدیق انجام می‌دهد. تصدیق شامل آزمایش و هم علامت‌گذاری یا انگ زدن است (به بند ۲-۴ و ۲-۱۳ VIML مراجعه کنید).

۱-۱۸-۳

تصدیق اولیه

مجموعه‌ای از آزمون‌ها و بازرسی‌های چشمی که قبل از استفاده از وزنه، روی آن انجام می‌شود تا معلوم گردد آیا وزنه یا مجموعه‌ی وزنه، مطابق با نوع تعیین شده است، ساخت مجدد آن امکان‌پذیر است و مشخصه‌های اندازه‌شناختی آن در محدوده مورد نیاز برای تصدیق اولیه نمونه‌های از آن نوع قرار دارد یا خیر. اگر وزنه‌ها یا مجموعه‌ی وزنه در تمام این آزمون‌ها و بازرسی‌ها قبول شود، با صدور گواهی تصدیق یا علامت‌گذاری یا انگ زدن به آن هویت قانونی داده و پذیرفته می‌شود (به ۲-۸ مراجعه کنید).

۲-۱۸-۳

تصدیق بعدی یا بازرسی در حین کار

مجموعه‌ای از آزمون‌ها و بازرسی‌های چشمی که توسط یکی از بازرسان رسمی اوزان و مقیاس‌ها روی مجموعه وزنه یا وزنه‌هایی که پس از تصدیق اولیه مدتی است به کار گرفته شده است، انجام می‌شود تا تداوم مطابقت آن با ضوابط و نیز حفظ مشخصه‌های اندازه‌شناختی در محدوده مورد نیاز آن ثابت شود. اگر وزنه‌ها یا مجموعه وزنه در تمام آزمون‌ها و بازرسی‌ها قبول شود، با صدور گواهی تصدیق یا علامت‌گذاری یا انگ زدن هویت قانونی آن پذیرفته یا دوباره تأیید می‌شود. هنگامیکه از روش نمونه‌برداری برای تصدیق یک مجموعه وزنه‌ها استفاده می‌شود، فرض می‌شود که تمام اعضاء مجموعه تصدیق شده‌اند.

وزنه

سنجه مادی جرم که با توجه به مشخصه‌های فیزیکی و اندازه‌شناختی آن شامل شکل، ابعاد، جنس، کیفیت سطح، مقدار نامی، چگالی، خصوصیات مغناطیسی و بیشینه خطای مجاز ساخته شده است.

وزن یک شیء (F_g)

نیروی گرانشی که موجب جذب یک شیء به سمت زمین می‌شود. عبارت وزن یک کمیت با همان ماهیت نیرو است: وزن یک شیء حاصلضرب جرم آن در شتاب ناشی از گرانش است.

۴ نمادها

نماد	یکا	تعریف
A	m^2	مساحت
B	T	القاء مغناطیسی در محیط
B_E	T	قرائت گوسمتر از میدان مغناطیسی محیط بدون وزنه
B_0	T	القاء مغناطیسی در خلاء
C	-	ضریب تصحیح به ازای شناوری هوا
C_a	-	ضریب تصحیح به ازای شناوری هوا برای چگالی هوا در حین چرخه توزین در هوا
C_{al}	-	ضریب تصحیح به ازای شناوری هوا برای چگالی هوا در حین چرخه توزین در مایع
C_s	-	ضریب تصحیح به ازای شناوری هوا برای چگالی وزنه حساسیت
D	kg	اختلاف قرائت‌های ترازو بین کمینه و بیشینه مقدار در آزمون بارگذاری خارج از مرکز
d	kg	زین درجه‌بندی (بازه مقیاس)
F_1	N	میانگین نیروی محاسبه شده با استفاده از میانگین تغییر جرم در مقایسه‌گر جرم برای اولین سری از قرائت‌ها
F_2	N	میانگین نیروی محاسبه شده با استفاده از میانگین تغییر جرم در مقایسه‌گر جرم برای دومین سری از قرائت‌ها
F_a	N	میانگین نیروی بکار رفته برای پذیرفتاری مغناطیسی
F_b	N	میانگین نیروی بکار رفته برای مغناطش
F_g	N	نیروی گرانشی
F_{max}	N	بیشینه نیرو برای پذیرفتاری مغناطیسی
F_z	N	نیروی مغناطیسی بین یک مقایسه‌گر جرم و یک وزنه در موقعیت عمودی یا در جهت z
g	ms^{-2}	شتاب گرانشی

ارتفاع	m یا mm	h
شدت میدان مغناطیسی	Am^{-1}	H
مؤلفه عمودی شدت میدان مغناطیسی زمین	Am^{-1}	H_{Ez}
رطوبت نسبی	%	hr
اختلاف نشان‌دهی ترازو، $\Delta I = I_t - I_r$	kg	ΔI
اختلاف نشان‌دهی ترازو در هوا، $\Delta I_a = I_{ta} - I_{ra}$	kg	ΔI_a
اختلاف نشان‌دهی ترازو در مایع، $\Delta I_l = I_{tl} - I_{rl}$	kg	ΔI_l
تغییر در نشان‌دهی ترازو در اثر وزنه حساسیت	kg	ΔI_s
نشان‌دهی دستگاه‌های توزین (تقسیمات درجه‌بندی)	kg	I
ضریب تصحیح هندسی [۱]	-	I_a
ضریب تصحیح هندسی [۱]	-	I_b
نشان‌دهی ترازو به ازای اختلاف مایع جابجا شده	-	I_{dl}
نشان‌دهی ترازو برای ظرف و مایع درون آن	-	I_l
نشان‌دهی ترازو برای مایع درون ظرف و وزنه	-	I_{l+t}
نشان‌دهی ترازو برای وزنه آزمون در هوا (بعد از پارسنگ کردن)	-	I_{ta}
نشان‌دهی ترازو برای وزنه آزمون در مایع (بعد از پارسنگ کردن)	-	I_{tl}
نمایه پایین برای تعداد وزنه‌های آزمون یا تعداد سری‌های اندازه‌گیری	-	j
ضریب پوشش، مثلاً ۲ یا ۳ (به بند ۲-۹ مراجعه کنید)	-	k
جرم یک جسم صلب (وزنه)	kg	m
مغناطش دائمی (همچنین به $\mu_0 M$ مراجعه کنید)	Am^{-1}	M
جرم مولی آب (معادله ۱-۱)	kg mol^{-1}	M_V
جرم مولی هوای خشک	kg mol^{-1}	M_a
جرم قراردادی وزنه	kg	m_c
جرم قراردادی وزنه مرجع	kg	m_{cr}
جرم قراردادی وزنه آزمون	kg	m_{ct}
میانگین اختلاف توزین مشاهده شده بین وزنه آزمون و مرجع و چگالی وزنه مرجع، ρ_{ref}	-	$\overline{\Delta m_c}$
گشتاور مغناطیسی (آهن‌ربای مورد استفاده در اثرسنج)	Am^2	m_d
جرم، مقدار نامی وزنه (مثلاً ۱kg)	kg	m_0
جرم وزنه مرجع برای مقایسه با وزنه آزمون، هم در هوا هم غوطه‌ور در مایع	kg	m_r
جرم وزنه مرجع برای مقایسه در برابر وزنه آزمون، هر دو در هوا	kg	m_{ra}
جرم ترکیبی از وزنه‌های مرجع برای مقایسه در برابر وزنه آزمون، وزنه‌های استانداردها	kg	m_{rl}
در هوا، وزنه آزمون در مایع	kg	m_s
جرم وزنه حساسیت	kg	

جرم وزنه آزمون	kg	m_t
جرم وزنه در هوا	kg	m_{wa}
جرم وزنه در مایع	kg	m_{wl}
اختلاف جرم، معمولاً بین وزنه آزمون و مرجع	kg	Δm
مقدار میانگین یک سری از اندازه‌گیری‌ها، شامل یک تعداد از چرخه‌های توزین یکسان، یا یک تعداد از سری‌ها، که تقریباً دارای انحراف معیار یکسان هستند	kg	$\overline{\Delta m}$
اختلاف جرم قراردادی	kg	Δm_c
نمایه پایین برای تعداد توالی‌های اندازه‌گیری	-	n
فشار	hPa یا Pa	p
فشار بخار اشباع هوای مرطوب	Pa	p_{sv}
ثابت مولی گاز	R (J/molK)	R
ارتفاع متوسط نیمرخ زبری (پارامتر R) (به بند ۱۲ مراجعه کنید)	μm	R_a
بیشینه ارتفاع نیمرخ زبری (پارامتر R) (به بند ۱۲ مراجعه کنید)	μm	R_z
نمایه پایین برای وزنه مرجع	-	r
انحراف معیار	kg	s
نمایه پایین برای وزنه حساسیت	-	s
دمای ترمودینامیکی در مقیاس بین‌المللی دما ۱۹۹۰ (ITS-90)	K	T
نمایه پایین برای وزنه آزمون	-	t
دما برحسب درجه سلسیوس، که $t = T - ۲۷۳/۱۵ K$	$^{\circ} C$	t
دمای مرجع	$^{\circ} C$	t_{ref}
عدم قطعیت، عدم قطعیت بسط یافته	kg	U
عدم قطعیت، عدم قطعیت استاندارد	kg	u
عدم قطعیت وزنه مرجع	kg	$u(m_r)$
عدم قطعیت تصحیح شناوری هوا	kg	u_b
عدم قطعیت ناشی از ترازو	kg	u_{ba}
عدم قطعیت استاندارد مرکب ترازو	kg	$\overline{\Delta m_c} u_{ba}(\Delta m_c)$
عدم قطعیت استاندارد مرکب	kg	u_c
عدم قطعیت ناشی از تفکیک‌پذیری نمایشگر یک ترازوی دیجیتالی	kg	u_d
عدم قطعیت ناشی از بارگذاری خارج از مرکز	kg	u_E
عدم قطعیت ناشی از ناپایداری وزنه مرجع	kg	u_{inst}
عدم قطعیت ناشی از خاصیت مغناطیسی	kg	u_{ma}
عدم قطعیت ناشی از حساسیت ترازو	kg	u_s
عدم قطعیت ناشی از روند توزین	kg	u_w

حجم یک جسم صلب (وزنه)	m^3	V
حجم وزنه مرجع نام در یک ترکیبی از وزنه‌ها	m^3	V_{rli}
کسر مولی بخار آب	-	x_v
ضریب تراکم پذیری	-	Z
فاصله از بالای وزنه تا مرکز آهنربا (شکل ب ۱)	mm	Z_1
فاصله از مرکز آهنربا تا ته وزنه (شکل ب ۱)	mm	Z_0
چگالی هوای مرطوب	kgm^{-3}	ρ_a
چگالی هوا به عنوان یک مقدار مرجع که برابر است با $1/2 kgm^{-3}$	kgm^{-3}	ρ_0
چگالی وزنه مرجع با جرم m_r	kgm^{-3}	ρ_r
چگالی وزنه مرجع با جرم m_{ra}	kgm^{-3}	ρ_{ra}
چگالی مرجع (یعنی $800 kgm^{-3}$)	kgm^{-3}	ρ_{ref}
چگالی وزنه مرجع با جرم m_{rl}	kgm^{-3}	ρ_{rl}
چگالی وزنه حساسیت	kgm^{-3}	ρ_s
چگالی وزنه مورد آزمون	kgm^{-3}	ρ_t
چگالی آلیاژ (x)	kgm^{-3}	ρ_x
چگالی آلیاژ (y)	kgm^{-3}	ρ_y
بیشینه خطای نسبی مجاز وزنه‌ها	-	$\delta m/m_0$
تراوایی مغناطیسی	NA^{-2}	μ
تراوایی مغناطیسی نسبی	-	μ_r
ثابت مغناطیسی (تراوایی مغناطیسی در خلاء) $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} NA^{-2}$	NA^{-2}	μ_0
قطبش مغناطیسی	T	$\mu_0 M$
پذیرفتاری مغناطیسی (حجم)	-	χ

۵ یکاها و مقادیر نامی وزنه‌ها

۵-۱ یکاها

یکاهای مورد استفاده عبارتند از:

- میلی گرم (mg)، گرم (g) و کیلوگرم (kg)، برای جرم؛
- کیلوگرم بر متر مکعب (kgm^{-3})، برای چگالی.

۵-۲ مقادیر نامی جرم برای وزنه‌ها یا سری‌های وزنه باید برابر با اعداد زیر باشد:

$$1 \times 10^n \text{ kg یا } 2 \times 10^n \text{ kg یا } 5 \times 10^n \text{ kg}$$

که n عددی صحیح مثبت یا منفی و یا صفر است.

۵-۳ ترتیب وزنه‌ها

۵-۳-۱ مجموعه‌ای از وزنه‌ها می‌تواند شامل ترتیب‌های مختلفی از مقادیر نامی باشد. در صورتیکه ترتیبی از وزنه‌ها در مجموعه‌ای از آنها مورد استفاده قرار گیرد، باید آن مجموعه شامل یکی از ترتیب‌های زیر باشد:

$$10^n \text{ kg} (1; 2; 5; 10);$$

$$10^n \text{ kg} (1; 1; 2; 5; 10);$$

$$10^n \text{ kg} (1; 2; 2; 5); \text{ یا}$$

$$10^n \text{ kg} (1; 1; 2; 2; 5)$$

که n عددی صحیح مثبت یا منفی و یا صفر است.

۵-۳-۲ مجموعه‌ای از وزنه‌ها می‌تواند همچنین شامل چندین وزنه با مقدار نامی یکسان باشد (مثلاً ۱۰ قطعه یا جزء از مجموعه، که هر قطعه یا جزء ظرفیت نامی 10^5 kg را دارد).

۶ الزامات اندازه شناختی

۶-۱ پیشینه خطاهای مجاز هنگام تصدیق

۶-۱-۱ پیشینه خطاهای مجاز در تصدیق اولیه و بعدی یا بازرسی در حین کار

۶-۱-۱-۱ پیشینه خطاهای مجاز در تصدیق اولیه برای هر وزنه به طور مجزا در جدول یک داده شده است و این پیشینه خطای مجاز مربوط به جرم قراردادی است.

۶-۱-۱-۲ پیشینه خطای مجاز در تصدیق بعدی یا بازرسی در حین کار می‌تواند طبق قوانین ملی بیش از پیشینه خطای مجاز در بررسی اولیه باشد. بهر حال اگر پیشینه خطاهای مجاز بیش از آنچه که در جدول یک آمده، باشد وزنه نمی‌تواند متعلق به رده‌ی متناظر OIML باشد.

۶-۲ عدم قطعیت بسط یافته

در مورد هر وزنه، عدم قطعیت بسط یافته (U) به ازای $k = 2$ ، مربوط به جرم قراردادی آن باید کوچکتر یا مساوی یک سوم پیشینه خطای مجاز داده شده در جدول یک باشد.

$$U \leq \frac{1}{3} \delta m \quad (6-2-1)$$

۶-۳ جرم قراردادی

۶-۳-۱ در مورد هر وزنه، جرم قراردادی (m_c)، (که با یک عدم قطعیت بسط یافته بر اساس بند ۶-۲ تعیین می‌شود) نباید از مقدار نامی وزنه (m_0) بیش از پیشینه خطای مجاز δm منهای عدم قطعیت بسط یافته، اختلاف داشته باشد.

$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U) \quad (6-3-1)$$

۶-۳-۲ برای وزنه‌های رده‌ی E_1 و E_2 که همیشه همراه با گواهینامه هستند (به زیر بند ۱۶-۲-۱ مراجعه کنید)، انحراف از مقدار نامی ($m_c - m_0$) باید توسط کاربر در نظر گرفته شود.

جدول ۱- بیشینه خطای مجاز وزنه‌ها ($\pm \delta m$ برحسب میلی‌گرم)

مقدار نامی ^۱	رده‌ی E_1	رده‌ی E_2	رده‌ی F_1	رده‌ی F_2	رده‌ی M_1	رده‌ی M_1 - M_2	رده‌ی M_2	رده‌ی M_2 - M_{20}	رده‌ی M_{20}
۵۰۰ kg			۲۵۰۰	۸۰۰۰	۲۵۰۰۰	۵۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰
۲۰۰ kg			۱۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
۱۰۰ kg		۱۶۰۰	۵۰۰	۱۶۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۶۰۰۰	۳۰۰۰۰	۵۰۰۰۰
۵۰ kg		۸۰۰	۲۵۰	۸۰۰	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰	۲۵۰۰۰
۲۰ kg		۳۰۰	۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰
۱۰ kg		۱۶۰	۵۰	۱۶۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۵۰۰۰
۵ kg	۲۵	۸۰	۲۵۰	۸۰۰	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۲۵۰۰
۲ kg	۱۰	۳۰	۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰۰		۳۰۰		۱۰۰۰
۱ kg	۵/۰	۱۶	۵۰	۱۶۰	۵۰۰		۱۶۰		۵۰۰
۵ kg	۲/۵	۸/۰	۲۵	۸۰	۲۵۰		۸۰۰		۲۵۰۰
۲ kg	۱/۰	۳/۰	۱۰	۳۰	۱۰۰		۳۰۰		۱۰۰۰
۱ kg	۰/۵	۱/۶	۵/۰	۱۶	۵۰		۱۶۰		۵۰۰
۵۰۰ g	۰/۲۵	۰/۸	۲/۵	۸/۰	۲۵		۸۰		۲۵۰
۲۰۰ g	۰/۱۰	۰/۳	۱/۰	۳/۰	۱۰		۳۰		۱۰۰
۱۰۰ g	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۵	۱/۶	۵/۰		۱۶		۵۰
۵۰ g	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۳	۱/۰	۳/۰		۱۰		۳۰
۲۰ g	۰/۰۲۵	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۸	۲/۵		۸/۰		۲۵
۱۰ g	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۶	۲/۰		۶/۰		۲۰
۵ g	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۵	۱/۶		۵/۰		۱۶
۲ g	۰/۰۱۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۴	۱/۲		۴/۰		۱۲
۱ g	۰/۰۱۰	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۳	۱/۰		۳/۰		۱۰
۵۰۰ mg	۰/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۸		۲/۵		
۲۰۰ mg	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۶		۲/۰		
۱۰۰ mg	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۵		۱/۶		
۵۰ mg	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۴				
۲۰ mg	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۳				
۱۰ mg	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰۸	۰/۲۵				
۵ mg	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۲۰				
۲ mg	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۲۰				
۱ mg	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۶	۰/۲۰				

۱- در جدول یک مقادیر نامی وزنه‌ها از کوچکترین تا بزرگترین وزنه مجاز در هر رده‌ی این استاندارد معین شده است. و بیشینه خطای مجاز و جرم وزنه‌ها را نباید به مقادیری که در این جدول نیامده تعمیم داد. برای مثال، در رده M_2 کوچکترین مقدار نامی برای یک وزنه ۱۰۰ میلی‌گرم و بزرگترین وزنه ۵۰۰۰ کیلوگرم

۷ الزامات فنی

۷-۱ شکل

۷-۱-۱ کلیات

۷-۱-۱-۱ برای سهولت در ساخت، وزنه‌ها باید دارای شکل هندسی ساده‌ای باشند. برای جلوگیری از خرابی، وزنه نباید لبه‌ی تیز داشته باشد، و سطوح آنها نیز برای اجتناب از تجمع گردوغبار، نباید دارای خلل و فرج باشد.

۷-۱-۱-۲ به غیر از وزنه‌های یک گرمی یا کمتر، وزنه‌های یک مجموعه باید دارای شکل یکسانی باشد.

۷-۲ وزنه‌های کوچکتر یا مساوی یک گرم

۷-۲-۱ وزنه‌های کمتر از یک گرم باید بصورت ورقه‌های چند ضلعی مسطح یا مفتول‌هایی مطابق با جدول ۲ باشد، که به سهولت جابجا شود.

۷-۲-۲ وزنه‌های یک گرمی نیز می‌توانند به صورت ورقه‌های چند ضلعی مسطح یا مفتول باشند (به بند ۷-۳-۱ مراجعه کنید). شکل وزنه‌هایی که بدون نشان یا علامت مقدار نامی‌شان هستند باید مطابق با مقادیر داده شده در جدول ۲ باشند.

جدول ۲-شکل وزنه‌های یک گرم یا کمتر

مفتول‌ها			ورقه‌های چند ضلعی		مقادیر نامی (mg)
۵قطعه ^۱	یا		پنج ضلعی	پنج ضلعی	۵-۵۰-۵۰۰
۲قطعه			مربع	مربع	۲-۲۰-۲۰۰
۱ قطعه			سه گوش	سه گوش	۱-۱۰-۱۰۰-۱۰۰۰
1-Segment					

۷-۲-۳ یک مجموعه از وزنه‌ها می‌تواند شامل بیش از یک توالی^۱ از شکل‌ها باشد، که از توالی به توالی دیگر متفاوت باشد. با وجود این، توالی از وزنه‌هایی با شکل متفاوت نباید بین دو توالی از وزنه‌های با شکل یکسان قرار داده شوند.

۷-۳ وزنه‌های یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم

۷-۳-۱ شکل وزنه‌ی یک گرمی می‌تواند مانند وزنه‌های بیش از یک گرم یا کمتر از آن باشد.

۷-۳-۲ ابعاد خارجی وزنه‌هایی با مقادیر نامی از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم می‌تواند مطابق ابعاد نشان داده شده در شکل‌ها و جداول پیوست الف باشد.

۷-۳-۲-۱ بدنه‌ی این وزنه‌ها همچنین می‌تواند به شکل استوانه یا تا حدی مخروطی شکل باشد (به شکل پیوست الف-۱ مراجعه کنید). ارتفاع بدنه باید بین سه چهارم و پنج چهارم قطر متوسط آن باشد.

۷-۳-۲ وزنه‌ها می‌توانند دستگیره‌ای دکمه‌ای شکل داشته باشند که ارتفاع آن بین نصف قطر متوسط و قطر متوسط بدنه باشد.

۷-۳-۳ علاوه بر اشکال مذکور در بند ۷-۳-۲ وزنه‌های ۵ کیلوگرم تا ۵۰ کیلوگرم بجای دستگیره‌ی دکمه‌ای شکل می‌تواند دستگیره‌ای متفاوت، متناسب با روش جابجایی آنها داشته باشد. این وزنه‌ها می‌توانند وسیله‌ی جابجایی صلب و یکپارچه با بدنه وزنه، مانند محور یا دستگیره، قلاب^۱ یا حلقه^۲ و غیره داشته باشند.

۷-۳-۴ وزنه‌های رده‌ی M با مقادیر نامی از ۵ کیلوگرم تا ۵۰ کیلوگرم همچنین می‌توانند به شکل متوازی السطوح با قاعده‌ی مستطیل و لبه‌های گرد شده و دستگیره‌ی صلب باشد. مثال‌های نوعی از ابعاد، برای این وزنه‌ها در شکل الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است.

۷-۴ وزنه‌های ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر

۷-۴-۱ وزنه‌های ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر می‌توانند به شکل استوانه، متوازی السطوح یا اشکال مناسب دیگری باشند. شکل وزنه باید به گونه‌ای باشد که جابجایی و انبارش راحت و ایمن آنها امکان‌پذیر باشد.

۷-۴-۲ وزنه‌های ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر، می‌توانند وسایل جابجایی صلب، مانند محور، دستگیره، قلاب، حلقه و غیره داشته باشند.

۷-۴-۳ اگر وزنه‌های رده‌ی M برای جابجایی روی یک سطح صاف (یا روی ریل) در نظر گرفته شده باشد، باید غلطک‌ها یا شیارهایی با سطح تماس محدود داشته باشند.

۸ ساخت

۸-۱ وزنه‌های رده‌ی E

۸-۱-۱ وزنه‌های رده‌ی E از یک میلی‌گرم تا ۵۰ کیلوگرم

وزنه‌های رده‌ی E از یک میلی‌گرم تا ۵۰ کیلوگرم باید توپر بوده و فاقد حفره‌ی باز به محیط اطراف باشد. وزنه‌ها باید از یک جنس و یکپارچه باشند.

۸-۱-۲ وزنه‌های بیشتر از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی E_۲

۸-۱-۲-۱ وزنه‌های بیشتر از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی E_۲ می‌تواند دارای حفره‌ی تنظیم باشد. حجم این حفره نباید از یک هزارم حجم کل وزنه بیشتر باشد. مهر و موم کردن حفره باید امکان‌پذیر بوده و در مقابل آب و هوا (برای مثال به وسیله یک لایه درزگیر) نفوذناپذیر شده باشد. حفره تنظیم باید بوسیله‌ی یک در پوش رزوه‌دار با یک چاک آچارخور یا یک وسیله جابجایی نظیر یک دکمه، یک دستگیره، یک حلقه و غیره مسدود شود. جنس درپوش باید از جنس بدنه‌ی وزنه باشد و الزامات سطح رده‌ی E_۲ را برآورده نماید.

۸-۱-۲-۲ بعد از تنظیم اولیه، تقریباً نصف حجم کل حفره تنظیم باید خالی باشد.

۸-۲ وزنه‌های رده‌ی F

وزنه‌های رده‌ی F می‌تواند شامل یک یا چند قطعه ساخته شده از یک جنس باشد.

۸-۲-۱ وزنه‌های رده‌ی F از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم

۸-۲-۱-۱ وزنه‌های رده‌ی F از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم می‌تواند حفره‌ی تنظیم داشته باشد. حجم این حفره نباید از یک چهارم حجم کل وزنه بیشتر باشد. این حفره باید توسط یک دستگیره دکمه‌ای شکل یا هر وسیله‌ی مناسب دیگری مسدود شود.

۸-۲-۱-۲ بعد از تنظیم اولیه، تقریباً یک دوم حجم کل حفره تنظیم باید خالی باشد.

۸-۲-۲ وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی F

وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی F همچنین می‌تواند شامل یک جعبه ساخته شده از چندین قطعه، نزدیک بهم و جوش خورده که در مقابل آب و هوا نفوذ ناپذیرند، باشد. جنس محتویات این جعبه می‌تواند از جنس جعبه متفاوت باشد و باید الزامات خواص مغناطیسی رده‌ی F_1 و F_2 را برآورده نماید. دیواره‌های جعبه باید به اندازه کافی محکم و در برابر تغییر شکلهای ناشی از تغییرات فشار هوای محیط، جابجایی، ضربه‌های احتمالی، و غیره مقاوم باشد. نسبت جرم به حجم باید الزامات مربوط به چگالی، مندرج در جدول ۵، را برآورده نماید.

۸-۲-۲-۱ وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی F می‌تواند دارای حفره‌ی تنظیم باشد. حجم این حفره نباید از یک بیستم حجم کل وزنه بیشتر باشد. مهر و موم کردن حفره باید امکان‌پذیر بوده و در مقابل آب و هوا (برای مثال به وسیله یک لایه درزگیر) نفوذناپذیر شده باشد.

حفره باید بوسیله‌ی یک در پوش رزوه‌دار با یک چاک آچارخور یا یک وسیله جابجایی نظیر یک دکمه، یک دستگیره، یک حلقه و غیره مسدود شود.

۸-۲-۲-۲ بعد از تنظیم اولیه، تقریباً یک دوم حجم کل حفره تنظیم باید خالی باشد.

۸-۳ وزنه‌های رده‌ی M

۸-۳-۱ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم

۸-۳-۱-۱ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از یک گرم تا ۱۰ گرم باید توپر وبدون حفره‌ی تنظیم باشد. در مورد وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از ۲۰ گرم تا ۵۰ گرم حفره‌ی تنظیم اختیاری است. وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از ۱۰۰ گرم تا ۵۰ کیلوگرم باید حفره‌ی تنظیم داشته باشد. اگرچه، حفره تنظیم در مورد وزنه‌های M_1 ، M_2 از ۲۰ گرم تا ۲۰۰ گرم که از جنس فولاد زنگ نزن ساخته شده‌اند، اختیاری است. به منظور اجتناب از تجمع مواد خارجی یا خار و خاشاک، حفره باید طوری تعبیه شود که دارای درپوش محکم و قابل برداشتن برای تنظیمات بعدی باشد.

حجم حفره‌ی تنظیم نباید از یک چهارم حجم کل وزنه بیشتر باشد.

۸-۳-۱-۲ بعد از تنظیم اولیه، تقریباً یک دوم حجم کل حفره تنظیم باید خالی باشد.

۸-۳-۲ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از ۱۰۰ گرم تا ۵۰ کیلوگرم از نوع استوانه‌ای (به شکل الف-۱ مراجعه کنید) باید حفره‌ی تنظیم هم محور با محور عمودی وزنه داشته باشد که به سطح بالایی دستگیره‌ی دکمه‌ای شکل باز شود و یک سوراخ خزینه شده در مدخل ورودی داشته باشد. این حفره باید یا بوسیله‌ی یک درپوش رزوه‌دار با یک چاک آچارخور (به شکل الف-۱، نوع یک مراجعه کنید) یا یک قرص با یک سوراخ مرکزی

برای برداشتن (به شکل الف-۱، نوع دو مراجعه کنید) مسدود شود. این درپوش یا قرص باید از جنس برنج یا هر ماده‌ی فلزی مناسب دیگری باشد و باید توسط یک تویی سربی یا مواد مشابه که درون شیارهای دایره‌ای شکل داخلی که در قسمت خزینه‌دار سوراخ حفره کوبیده می‌شود، مهر و موم شود.

۸-۳-۳ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از ۵ کیلوگرم تا ۵۰ کیلوگرم به شکل متوازی السطوح با قاعدی مستطیل باید یک حفره‌ی تنظیم داشته باشد که می‌تواند یا در داخل دستگیره‌ی لوله‌ای تعبیه شود و یا اگر دستگیره توپر باشد، وزنه‌ها باید حفره‌ی تنظیمی داشته باشد که داخل یکی از بدنه‌های قائم وزنه تعبیه شود که در حفره‌ی تنظیم می‌تواند از پهلوی یا سطح فوقانی وزنه باز شود (به شکل الف-۲ و الف-۳ مراجعه کنید).

۸-۳-۳-۱ اگر حفره‌ی تنظیم در داخل دستگیره‌ی لوله‌ای باشد (به شکل الف-۲ مراجعه کنید)، این حفره باید توسط درپوش رزوه‌دار با یک چاک آچارخور یا یک قرص با یک سوراخ مرکزی برای برداشتن مسدود شود. این درپوش یا قرص باید از جنس برنج یا هر ماده‌ی فلزی مناسب دیگری باشد و باید توسط یک پولک سربی یا مواد مشابه که درون شیارهای دایره‌ای شکل داخلی یا به درون رزوه‌های لوله کوبیده می‌شود، مهر و موم شود.

۸-۳-۳-۲ اگر حفره‌ی تنظیم در درون بدنه‌ی قائم وزنه ریخته‌گری می‌شود، و در حفره‌ی تنظیم از پهلوی یا سطح فوقانی وزنه باز می‌شود (به شکل الف-۳ مراجعه کنید)، این حفره باید توسط یک صفحه ساخته شده از فولاد نرم یا جنس مناسب دیگری مسدود شود و باید بوسیله‌ی یک پولک سربی یا مواد مشابه که در درون یک بخش مخروطی کوبیده می‌شود، مهر و موم شود.

۸-۳-۴ وزنه‌های رده‌ی M ، ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر

این وزنه‌ها نباید دارای هیچ گونه حفره‌ای باشد که سبب تجمع سریع اجسام خارجی شود. ۸-۳-۴-۱ این وزنه‌ها باید شامل یک یا چند حفره تنظیم باشد. حجم کل تمام حفره‌های تنظیم نباید بیشتر از یک دهم حجم کل وزنه باشد. مهر و موم کردن حفره باید امکان‌پذیر بوده و در مقابل آب و هوا (برای مثال به وسیله یک لایه درزگیر) نفوذناپذیر شده باشد. این حفره باید بوسیله‌ی یک درپوش رزوه‌دار با یک چاک آچارخور یا یک وسیله جابجایی (نظیر یک دکمه، یک دستگیره) قابل مهر و موم کردن، باشد. ۸-۳-۴-۲ بعد از تنظیم اولیه، تقریباً یک سوم حجم کل حفره تنظیم باید خالی باشد.

۹ جنس

۹-۱ کلیات

وزنه‌ها باید در برابر خوردگی مقاوم باشد. کیفیت جنس وزنه باید به گونه‌ای باشد که تغییر در جرم وزنه‌ها نسبت به بیشینه خطای مجاز در رده‌ی درستی آنها تحت شرایط عادی استفاده و به منظوری که برای آن بکار برده می‌شوند قابل چشم‌پوشی باشد.

۹-۲ وزنه‌های رده‌ی E_1 و E_2

۹-۲-۱ در مورد وزنه‌های یک گرم یا بیشتر، سختی جنس وزنه و مقاومت آن در برابر سائیدگی باید مشابه و یا بهتر از فولاد زنگ نزن استونی^۱ باشد.

۹-۳ وزنه‌های رده‌ی F

سطح وزنه‌های رده‌ی F از یک گرم یا بیشتر را می‌توان به منظور افزایش سختی و مقاومت در برابر خوردگی، با یک فلز مناسب پوشش داد.

۹-۳-۱ در مورد وزنه‌های رده‌ی F از یک گرم یا بیشتر، سختی و شکنندگی مواد مورد استفاده باید حداقل برابر با سختی و شکنندگی برنج باشد.

۹-۳-۲ در مورد وزنه‌های رده‌ی F از ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر، سختی و شکنندگی مواد مورد استفاده برای کل بدنه یا برای سطوح بیرونی باید حداقل برابر با سختی و شکنندگی فولاد زنگ نزن باشد.

۹-۴ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 ۵۰ کیلوگرم و کمتر

سطح وزنه‌های یک گرم یا بیشتر را می‌توان به منظور افزایش سختی و مقاومت در برابر خوردگی، با یک فلز مناسب پوشش داد.

۹-۴-۱ وزنه‌های کمتر از یک گرم رده‌ی M باید از ماده‌ای ساخته شود که به اندازه کافی در برابر خوردگی و اکسایش مقاوم باشد.

۹-۴-۲ وزنه‌های استوانه‌ای شکل کمتر از ۵ کیلوگرم رده‌ی M_1 و وزنه‌های (استوانه‌ای شکل) کمتر از ۱۰۰ گرم رده‌ی M_2 و M_3 باید از برنج یا موادی که سختی و مقاومت در برابر خوردگی آنها مشابه یا بیشتر از برنج است، ساخته شود. وزنه‌های استوانه‌ای شکل ۵۰ کیلوگرم یا کمتر رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 باید از چدن خاکستری یا مواد دیگری که شکنندگی و مقاومت در برابر خوردگی آنها مشابه یا بهتر از چدن خاکستری است، ساخته شود.

۹-۴-۳ وزنه‌های ۵ کیلوگرم تا ۵۰ کیلوگرم به شکل متوازی السطوح با قاعده‌ی مستطیل باید از موادی که مقاومت در برابر خوردگی آنها حداقل برابر با مقاومت در برابر خوردگی چدن خاکستری است، ساخته شود. شکنندگی آن نباید بیش از شکنندگی چدن خاکستری باشد.

۹-۴-۴ دستگیره‌ی وزنه‌های متوازی السطوح با قاعده‌ی مستطیل باید از لوله‌ی فولادی بدون درز یا از چدن، یکپارچه با بدنه‌ی وزنه ساخته شود.

۹-۵ وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم رده‌ی M

۹-۵-۱ مقاومت در برابر خوردگی سطح این وزنه‌ها را می‌توان با یک عمل پوشش‌دهی مناسب، افزایش داد. این پوشش باید در برابر ضربه و شرایط جوی مقاوم باشد.

۹-۵-۲ این وزنه‌ها می‌تواند از یک یا چند ماده که مقاومت در برابر خوردگی آنها برابر یا بیشتر از چدن خاکستری باشد، ساخته شود.

۹-۵-۳ این مواد باید از چنان سختی و استحکامی برخوردار باشد که بتواند بارها و ضربه‌های ایجاد شده در شرایط عادی کار را، تحمل کنند.

۹-۵-۴ دستگیره‌ی وزنه‌های متوازی السطوح با قاعده‌ی مستطیل باید از لوله‌ی فولادی بدون درز یا از چدن، یکپارچه با بدنه‌ی وزنه ساخته شود.

۱۰ خاصیت مغناطیسی

۱۰-۱ حدود قطبش

مغناطش (M) بر حسب قطبش ($\mu_0 M$) بیان می‌شود، که نباید از مقادیر داده شده در جدول ۳ بیشتر باشد.

جدول ۳- بیشینه‌ی قطبش ($\mu_0 M$)

M_2	M_{2-2}	M_2	M_{1-2}	M_1	F_2	F_1	E_2	E_1	رده‌ی وزنه
۲۵۰۰	۱۶۰۰	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۸۰	۲۵	۸	۲/۵	بیشینه‌ی قطبش ($\mu_0 M$)

۱۰-۲ حدود پذیرفتاری مغناطیسی

پذیرفتاری یک وزنه نباید از مقادیر داده شده در جدول ۴ بیشتر باشد.

جدول ۴- بیشینه‌ی پذیرفتاری χ

F_2	F_1	E_2	E_1	رده‌ی وزنه
–	۱۰	۰/۹	۰/۲۵	$m \leq 1 \text{ g}$
۴	۰/۷	۰/۱۸	۰/۰۶	$2 \text{ g} \leq m \leq 10 \text{ g}$
۰/۸	۰/۲	۰/۰۷	۰/۰۲	$20 \text{ g} \leq m$

۱۰-۳ اگر مقادیر اندازه‌گیری موضعی مغناطش و پذیرفتاری کمتر از این حدود باشد، می‌توان از مؤلفه‌های عدم قطعیت ناشی از خاصیت مغناطیسی وزنه صرف‌نظر کرد. بیشینه‌ی مغناطش دائمی و پذیرفتاری مغناطیسی داده شده در جداول ۳ و ۴ طوری هستند که در میدانهای مغناطیسی و تغییرات احتمالی میدان مغناطیسی موجود بر روی کفه ترازو، تغییری کمتر از یک دهم بیشینه خطای مجاز وزنه‌های آزمون در جرم قراردادی ایجاد می‌کنند [۲] و [۳].

۱۱ چگالی

۱۱-۱ کلیات

چگالی جنس بکار رفته برای وزنه‌ها که در جدول ۵ ارائه شده است باید طوری باشد که انحراف ۱۰ درصدی از چگالی هوای مشخص شده ($1/2 \text{ kgm}^{-3}$)، خطایی بیش از یک چهارم مقدار قدر مطلق بیشینه خطای مجاز داده شده در جدول ۱ ایجاد نکند.

جدول ۵- حدود کمینه و بیشینه چگالی ($\rho_{\min}$ و $\rho_{\max}$)

(ρ _{min} و ρ _{max}) (۱۰ ^۳ kgm ⁻³)								مقدار نامی
رده‌ی وزنه (برای رده‌ی M _۲ مقداری تعیین نشده)								
M _{۲-۳}	M _۲	M _{۱-۲}	M _۱	F _۲	F _۱	E _۲	E _۱	
≥۱/۵	≥۲/۳	>۳/۰	≥۴/۴	۱۰/۷ تا ۶/۴	۸/۷۳ تا ۷/۳۹	۸/۲۱ تا ۷/۸۱	۸/۰۶۷ تا ۷/۹۳۴	≥۱۰۰ g
			≥۴/۰	۱۲/۰ تا ۶/۰	۸/۸۹ تا ۷/۲۷	۸/۲۸ تا ۷/۷۴	۸/۰۸ تا ۷/۹۲	۵۰ g
			≥۲/۶	۲۴/۰ تا ۴/۸	۱۰/۱ تا ۶/۶	۸/۵۷ تا ۷/۵۰	۸/۱۷ تا ۷/۸۴	۲۰ g
			≥۲/۰	≥۴/۰	۱۲/۰ تا ۶/۰	۸/۸۹ تا ۷/۲۷	۸/۲۸ تا ۷/۷۴	۱۰ g
				≥۳/۰	۱۶/۰ تا ۵/۳	۹/۶ تا ۶/۹	۸/۴۲ تا ۷/۶۲	۵g
				≥۲/۰	≥۴/۰	۱۲/۰ تا ۶/۰	۸/۸۹ تا ۷/۲۷	۲g
					≥۳/۰	۱۶/۰ تا ۵/۳	۹/۶ تا ۶/۹	۱g
					≥۲/۲	≥۴/۴	۱۰/۹ تا ۶/۳	۵۰۰ mg
						≥۳/۰	۱۶/۰ تا ۵/۳	۲۰۰ mg
							≥۴/۴	۱۰۰ mg
							≥۳/۴	۵۰ mg
							≥۲/۳	۲۰ mg

یادآوری ۱- قاعده مربوط به چگالی وزنه‌ها. اگر $\delta m/m_0$ مقدار بیشینه خطای مجاز نسبی وزنه‌ها در نظر گرفته شود. چگالی، ρ وزنه باید شرایط زیر را برآورده نماید:

$$(1-11)$$

$$\delta m/m_0 < 6 \times 10^{-5} \quad \text{اگر} \quad 8000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1 + 10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)} \leq \rho \leq 8000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1 - 10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)}$$

$$(2-11)$$

$$\delta m/m_0 \geq 6 \times 10^{-5} \quad \text{اگر} \quad 8000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1 + 10^5 \left(\frac{\delta m/m_0}{6} \right)} \leq \rho$$

یادآوری ۲- جدا از الزامات مربوط به چگالی وزنه‌ها، مخصوصاً وزنه‌های مرجع یا وزنه‌هایی با مقدار نامی بالا، در نظر گرفتن چگالی 8000 kg m^{-3} اختیاری است.

۱۱-۲ تصحیحات به ازای انحراف چگالی هوا

۱۱-۲-۱ اگر چگالی هوا (ρ_a) از $\rho_0 = 1/2 \text{ kgm}^{-3}$ بیش از ± 10 درصد و چگالی وزنه مورد آزمون (ρ_t) از چگالی وزنه مرجع (ρ_r) انحراف داشته باشد، جرم قراردادی می‌تواند با عبارت C و به صورت زیر تصحیح گردد:

$$m_{ct} = (1 + C) + \overline{\Delta m_c} \quad (1-2-11)$$

با:

$$C = (\rho_a - \rho_0) \left[\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right] \quad (2-2-11)$$

که در آن:

$\overline{\Delta m_c}$: میانگین اختلاف توزین مشاهده شده بین وزنه‌های مورد آزمون و مرجع است؛

ρ_r : چگالی وزنه مرجع؛ و

m_{ct} و m_{cr} : به ترتیب جرم قراردادی وزنه مورد آزمون و وزنه مرجع است.

۱۱-۲-۲ وزنه‌های مورد استفاده برای کالیبراسیون/تصدیق ترازوها

زمانیکه از جرم قراردادی وزنه‌ها استفاده می‌کنیم ارتفاع از سطح دریا و تغییرات ناشی از آن در چگالی هوا می‌تواند در خطای اندازه‌گیری مؤثر باشد. بنابراین، تصحیح شناوری از ۱۱-۲-۱ باید مورد استفاده قرار گیرد، که در اینصورت معلوم بودن چگالی وزنه الزامی است. اگر وزنه‌های رده‌ی E بالای ۳۳۰ متری مورد استفاده قرار می‌گیرند، چگالی وزنه‌ها باید همراه عدم قطعیت آنها ارائه گردد. در مورد رده‌ی F₁، بالای ۸۰۰ متر موارد فوق درست است. در غیر اینصورت سازنده باید اثر کاهشی شناوری را در ارتفاع بالاتر در حین تعیین رده‌ی وزنه برای جرم قراردادی استانداردها در نظر بگیرد.

۱۲ شرایط سطح وزنه

۱۲-۱ کلیات

کیفیت سطح باید به گونه‌ای باشد که، تحت شرایط عادی کار، هر تغییر جرم وزنه‌ها نسبت به بیشینه خطای مجاز ناچیز باشد.

۱۲-۱-۱ سطح وزنه‌ها (شامل کف و گوشه‌ها) باید هموار و لبه‌ها گرد باشد.

۱۲-۱-۲ سطح وزنه‌های E و F نباید متخلخل بنظر آید و به هنگام امتحان چشمی، باید ظاهری براق و صیقلی داشته باشد. بجز در موارد تردید یا بحث، امتحان چشمی کافی است. در این موارد، مقادیر داده شده در جدول ۶ باید استفاده شود. بیشینه زبری مجاز سطح برای وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم باید دو برابر مقادیر داده شده در جدول ۶ باشد.

جدول ۶- بیشینه مقادیر زبری سطح

رده	E_1	E_2	F_1	F_2
$R_z(\mu m)$	۰/۵	۱	۲	۵
$R_a(\mu m)$	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۱

۱۲-۱-۳ سطح وزنه‌های استوانه‌ای رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم باید هموار و در هنگام امتحان چشمی نباید متخلخل به نظر آید. پرداخت وزنه‌های چدنی رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 از ۱۰۰ گرم تا ۵۰ کیلوگرم و تمام وزنه‌های رده M بیش از ۵۰ کیلوگرم باید شبیه سطح چدن خاکستری باشد که با دقت در قالب ماسه نرم ریخته می‌شود. با روشهای مناسب حفاظت سطح می‌توان به این منظور دست یافت.

۱۳ تنظیم

یک وزنه با جرم اسمی معلوم باید به گونه‌ای تنظیم گردد که اختلاف جرم قراردادی و مقدار نامی آن برابر یا کمتر از بیشینه خطای مجاز درستی آن باشد. الزامات عدم قطعیت در بند ۶-۳-۱ باید اعمال گردد.

۱۳-۱ وزنه‌های رده‌ی E

وزنه‌ها باید به وسیله تراشکاری، سایش و یا هر روش مناسب دیگر تنظیم شود. در پایان فرآیند، الزامات مربوط به سطح باید برآورده شود. وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم با حفره تنظیم می‌تواند با همان جنسی که وزنه از آن ساخته شده است، تنظیم شود.

۱۳-۲ وزنه‌های رده‌ی F

وزنه‌های توپر باید به وسیله سایش، تراشکاری و یا هر روش مناسبی که سطح آنها را تغییر ندهد، تنظیم شود. وزنه‌های با حفره تنظیم باید با همان ماده‌ای که وزنه از آن ساخته شده یا با فولاد زنگ نزن، برنج، مولیبدن یا تنگستن تنظیم شود.

۱۳-۳ وزنه‌های رده‌ی M

۱۳-۳-۱ وزنه‌های از یک میلی گرم تا یک گرم به شکل ورقه‌های نازک و مفتول باید با برش، سایش و یا تراشیدن تنظیم شود.

۱۳-۳-۲ وزنه‌های استوانه‌ای که دارای حفره نیست باید به وسیله تراشکاری تنظیم شود.

۱۳-۳-۳ وزنه‌هایی که دارای مخزن تنظیم می‌باشند باید به وسیله اضافه کردن یا برداشتن فلز متراکم نظیر ساچمه سربی تنظیم شوند. اگر نتوان ماده‌ی بیشتری برداشت، می‌توان آنها را با تراشکاری تنظیم کرد.

۱۳-۴ شرایط مرجع

شرایط مرجع قابل اجرا برای تنظیم وزنه‌های استاندارد به صورت زیر می‌باشد:

- چگالی استاندارد مرجع: 8000 kgm^{-3} ،

- چگالی هوای محیط: $1/2 \text{ kgm}^{-3}$ ، و

- تعادل در هوای 20°C ، بدون تصحیح برای شناوری در هوا.

۱۴ نشانه‌گذاری

۱-۱۴ کلیات

به استثناء وزنه‌های رده‌ی E و وزنه‌های یک گرمی که در بند ۷-۲-۲ شرح داده شد، وزنه‌های یک گرم و بالاتر باید به گونه‌ای نشانه‌گذاری شود که مقدار نامی آنها بوضوح نشان داده شود، به طریقی که کیفیت سطح و پایداری وزنه به وسیله نشانه‌گذاریها یا به وسیله فرآیند مورد استفاده برای نشانه‌گذاری وزنه، تحت تأثیر واقع نشود.

۱-۱-۱۴ مقادیر نامی جرم وزنه‌ها باید بصورت زیر نشانه‌گذاری شود:

- کیلوگرم برای وزنه‌های یک کیلوگرم و بالاتر، و

- گرم برای وزنه‌هایی از یک گرم تا ۵۰۰ گرم.

۱-۲-۱۴ وزنه‌های دوتایی و سه‌تایی در یک مجموعه باید به وضوح با یک یا دو ستاره و یا نقطه در مرکز سطح آنها از هم متمایز شوند، به استثناء وزنه‌های مفتولی شکل که باید توسط یک یا دو خم از هم متمایز شوند.

۲-۱۴ وزنه‌های رده‌ی E

این رده باید بر روی جعبه‌ی حاوی وزنه‌های رده‌ی E نشان داده شود (به بند ۱۵-۱ مراجعه کنید). وزنه رده‌ی E نباید نشانه‌گذاری شود مگر به منظور متمایز کردن آن از وزنه دیگر رده‌ی E و به طریقی که کیفیت سطح و پایداری وزنه به وسیله نشانه‌گذاریها یا به وسیله فرآیند مورد استفاده برای نشانه‌گذاری وزنه، تحت تأثیر واقع نشود. بیشینه تعداد نشانه‌گذاریهای کاربر در جدول ۷ آمده است. وزنه‌های رده‌ی E_۲ می‌تواند با نقطه‌ای در خارج از مرکز سطح فوقانی خود، از وزنه‌های رده‌ی E_۱ متمایز شوند.

۳-۱۴ وزنه‌های رده‌ی F

مقدار نامی وزنه‌های یک گرم یا بیشتر از آن طبق آنچه که در بند ۱۴-۱ بیان شده (بدون ذکر نام یا نماد یکا در دنباله‌ی مقدار نامی) باید، به وسیله‌ی صیقل دادن (پرداخت) یا حکاکی روی آنها نقش شود.

۱-۳-۱۴ بر روی وزنه‌های رده‌ی F_۱ نباید رده‌ی آن نوشته شود.

۲-۳-۱۴ بر روی وزنه‌های رده‌ی F_۲ از یک گرم یا بیشتر از آن باید رده‌ی آنها بصورت "F" همراه با مقدار نامی آنها نوشته شود.

۴-۱۴ وزنه‌های رده‌ی M_۱، M_۲ و M_۳

۱-۴-۱۴ وزنه‌های متوازی‌السطوح از ۵ کیلوگرم تا ۵۰۰۰ کیلوگرم باید مقدار نامی وزنه، همراه با نماد "kg" بصورت برجسته یا گود، بر روی بدنه‌ی وزنه نقش شود، همانطور که در شکل الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است.

۲-۴-۱۴ وزنه‌های استوانه‌ای از یک گرم تا ۵۰۰۰ کیلوگرم باید مقدار نامی وزنه، همراه با نماد "g" یا "kg"، بصورت برجسته یا گود، روی سطح فوقانی دستگیره‌ی دکمه‌ای شکل وزنه مانند شکل الف-۱ نشان داده

شود. روی وزنه‌های استوانه‌ای از ۵۰۰ گرم تا ۵۰۰۰ کیلوگرم، این نشان‌دهی می‌تواند روی سطح بدنه‌ی استوانه‌ای وزنه نیز نقش شود.

۳-۴-۱۴ وزنه‌های رده‌ی M_1 ، باید علامت M_1 یا M را، بصورت برجسته یا گود، همراه با نشان‌دهی مقدار نامی در جائیکه در شکل الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده، داشته باشد. علامت سازنده بصورت برجسته یا گود می‌تواند بر روی بخش مرکزی وزنه‌های متوازی‌السطوح رده‌ی M_1 ، مانند شکل الف-۲ و الف-۳ نقش گردد.

۴-۴-۱۴ وزنه‌های متوازی‌السطوح رده‌ی M_2 باید نشان‌دهی مقدار نامی را داشته باشند، و همچنین می‌توانند علامت " M_2 " را، بصورت برجسته یا گود مانند شکل الف-۲ و الف-۳ دارا باشند.

۵-۴-۱۴ وزنه‌های متوازی‌السطوح رده‌ی M_3 باید علامت M_3 یا X را، بصورت برجسته یا گود، همراه با نشان‌دهی مقدار نامی، در جائیکه در شکل الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده، داشته باشد.

۶-۴-۱۴ وزنه‌های رده‌ی M_1 و M_2 (به استثناء وزنه‌های مفتولی) می‌تواند علامت سازنده را، بصورت برجسته یا گود بصورت زیر داشته باشد:

- روی بخش مرکزی وزنه‌های متوازی‌السطوح؛

- روی سطح فوقانی دستگیره‌ی دکمه‌ای وزنه‌های استوانه‌ای؛ یا

- در مورد وزنه‌های استوانه‌ای از رده‌ی M_3 ، بر روی سطح فوقانی استوانه که به دستگیره‌ای مجهز شده است همانطور که در شکل الف-۱، الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است.

۷-۴-۱۴ وزنه‌های رده‌ی M_3 از ۵۰ کیلوگرم یا بیشتر

این وزنه باید مقدار نامی را بصورت عددی همراه با نماد یکا دارا باشد.

۵-۱۴ وزنه‌های رده‌ی M_{1-2} و M_{2-3}

وزنه‌های رده‌ی M_{1-2} و M_{2-3} بترتیب باید علامت M_{1-2} و M_{2-3} را بصورت برجسته یا گود، همراه با مقدار نامی و نماد "kg" دارا باشند. وزنه‌های رده‌ی M_{1-2} و M_{2-3} می‌توانند علامت سازنده را بصورت برجسته یا گود روی سطح فوقانی و به همان اندازه‌ای (ابعادی) که در شکل الف-۱، الف-۲ یا الف-۳ برای سایر وزنه‌های M نشان داده شده، دارا باشند.

۶-۱۴ نشانه‌گذاری کاربر

برای یک کاربر شناسایی واضح وزنه‌ها بطور جداگانه مناسب می‌باشد به نحوی که به ارتباط بین وزنه و گواهینامه‌ی کالیبراسیون یا مدرک بررسی آن کمک کند. بیشینه مقادیر قابل قبول برای نشانه‌گذاریهای کاربر در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- بیشینه تعداد نشانه‌گذاریهای کاربر

رده	مقدار نامی	ارتفاع حرف	بیشینه تعداد علائم، اعداد یا حروف
M_2 و M_1, F, E	$< 1\text{ g}$	1mm	۲
E_1	$\geq 1\text{ g}$	۲mm	۳
E_2	$\geq 1\text{ g}$	۳mm	۵
M_2 تا F_1	1 g تا ۱۰۰ g	۳mm	۵
M_2 تا F_1	۱۰ kg تا ۲۰۰ g	۵mm	۵
M_2 تا F_1	$\geq 20\text{ kg}$	۷mm	۵

نشانه‌گذاریهای کاربر باید شامل علائم، اعداد یا حروف باشند بطوریکه با نشان‌دهی مقدار نامی یا رده اشتباه نشوند.

۱۵ عرضه

۱-۱۵ کلیات

به استثناء وزنه‌های رده‌های M_1 ، M_2 و M_3 ، وزنه‌ها باید مطابق با الزامات زیر عرضه شوند:

۱-۱-۱۵ در جعبه‌های محتوی وزنه‌ها باید بصورتی نشانه‌گذاری شود که رده‌ی آنها را به شکل " E_1 "، " E_2 "، " F_1 "، " F_2 " یا " M " نشان دهد.

۲-۱-۱۵ وزنه‌های متعلق به یک مجموعه، باید رده‌ی درستی یکسانی داشته باشد.

۲-۱۵ وزنه‌های رده‌ی F و E

۱-۲-۱۵ وزنه‌های تکی و مجموعه‌های وزنه در مقابل فرسودگی یا آسیب‌پذیری ناشی از ضربه، لرزش یا هر آسیب دیگری باید محافظت شود. آنها را باید در جعبه‌های چوبی یا پلاستیکی یا از هر ماده مناسب دیگری که دارای حفره‌های مجزا است، قرار داد.

۲-۲-۱۵ وسایل جابجایی وزنه‌های رده‌ی E و F باید طوری ساخته شوند که ایجاد خراش یا تغییر در سطح وزنه نکند.

۳-۱۵ وزنه‌های رده‌ی M_1

۱-۳-۱۵ وزنه‌های استوانه‌ای رده‌ی M_1 تا ۵۰۰ گرم و خود ۵۰۰ گرم (تکی یا بصورت مجموعه‌ای) باید در جعبه‌ای با حفره‌های مجزا قرار داده شوند.

۲-۳-۱۵ وزنه‌هایی به شکل ورقه‌های نازک و مفتولی باید در جعبه‌هایی با حفره‌های مجزا قرار داده شوند. رده‌ی آنها (M_1) باید روی در جعبه نشانه‌گذاری شود.

۱۶ کنترل‌های اندازه‌شناختی

۱-۱۶ مطابقت با کنترل‌های اندازه‌شناختی

در جمهوری اسلامی ایران وزنه‌ها تحت کنترل‌های اندازه‌شناختی هستند، این کنترل‌ها بر اساس قانون اوزان و مقیاسها و دستورالعمل‌های مربوطه اعمال می‌شود و شامل موارد زیر می‌باشد: تصویب نوع، کالیبراسیون، کالیبراسیون مجدد، بررسی، بررسی اولیه و بررسی بعدی (جدول ۸ راهنمایی برای تعیین آزمون‌های است که باید در حین مرحله ارزیابی انجام شود).

جدول ۸- راهنمایی برای تعیین آزمون‌هایی که باید برای تصویب نمونه انجام داد و آزمون‌های پیشنهادی برای بررسی اولیه و بعدی

جرم قراردادی m_0			مغناطش دائمی M			پذیرفتاری مغناطیسی χ			زبری سطح			چگالی ρ			آزمون
M	F	E	M	F	E	M	F	E	M	F	E	M	F	E	رده
✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	تصویب نوع
✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	صرفاً بازرسی چشمی	صرفاً بازرسی چشمی	صرفاً بازرسی چشمی			✓+	تصدیق اولیه‌ی وزنه زمانی که اولین بار مورد استفاده قرار می‌گیرد
✓	✓	✓	*	*	*				صرفاً بازرسی چشمی	صرفاً بازرسی چشمی	صرفاً بازرسی چشمی				تصدیق بعدی یا دوره‌ای

علائم و اختصارات:

■ آزمون غیر قابل اجرا

✓ آزمون مورد نیاز

* در حالت تردید، مغناطش دائمی وزنه می‌تواند در حین بررسی بعدی آزمون شود

+ فقط برای رده‌ی E_1 ، نه E_2 بکار می‌رود.

۱۶-۲ تصویب نوع

۱۶-۲-۱ برای ساخت وزنه، کارخانه‌ی سازنده یا نمایندگی مجاز باید نمونه‌ای از وزنه‌ها را جهت مطابقت با قوانین و آئین‌نامه‌های اجرائی اوزان و مقیاسها به سازمان مسئول خدمات اندازه‌شناسی قانونی ارائه دهد.

دستورالعمل‌های آزمون اجباری در پیوست‌های ب و ث این استاندارد ارائه شده‌اند. برای تصویب نوع، فرمت گزارش آزمون اجباری در R111-2 داده شده است. در جدول ۸ آزمونهای اجباری برای تصویب نوع ارائه شده است.

۱۶-۲-۲ در نمونه یا الگوی تصویب شده، نباید بدون مجوز رسمی تغییری ایجاد شود، (به بند ۲-۱۱ مراجعه کنید).

۱۶-۳ کالیبراسیون و تصدیق

کالیبراسیون و تصدیق وزنه‌ها یا مجموعه‌ای از آنها باید با مسئولیت سازمان ملی مسئول یا کاربر، بسته به قانون جاری اوزان و مقیاسها و هدف از کاربردشان انجام پذیرد. گواهینامه‌های کالیبراسیون و تصدیق باید تنها توسط آزمایشگاههای مجاز یا تأیید صلاحیت شده، صادر گردند. قابلیت ردیابی به استانداردهای ملی یا بین‌المللی باید برقرار باشد.

۱۶-۳-۱ گواهینامه‌های کالیبراسیون و تصدیق

در یک گواهینامه کالیبراسیون یا تصدیق باید حداقل: جرم قراردادی هر وزنه (m_c)، یک نشان‌دهی اگر وزنه قبل از کالیبراسیون تنظیم شده است، عدم قطعیت بسط یافته (U) و مقدار ضریب پوشش (k) نوشته شود.

۱۶-۳-۲ وزنه‌های رده‌ی E باید همراه با گواهینامه کالیبراسیون باشند.

۱۶-۳-۳ در گواهینامه وزنه‌های رده‌ی E_1 باید حداقل، مقادیر جرم قراردادی (m_c) عدم قطعیت بسط یافته (U) ضریب پوشش (k) و چگالی یا حجم هر وزنه نوشته شود. علاوه بر این در گواهینامه باید نوشته شود که چگالی یا حجم، اندازه‌گیری یا برآورد شده است.

۱۶-۳-۳-۳ در گواهینامه وزنه‌های رده‌ی E_2 باید حداقل اطلاعات زیر نوشته شود:

الف- مقادیر جرم قراردادی (m_c) هر وزنه، عدم قطعیت بسط یافته (U) ضریب پوشش (k)؛ یا

ب- اطلاعات لازم برای گواهینامه‌های وزنه‌های رده‌ی E_1 (تحت شرایط بند ۱-۳-۱).

۱۶-۴ کالیبراسیون مجدد، تصدیق اولیه و بعدی

۱۶-۴-۱ آزمون‌های پیشنهادی برای تصدیق اولیه و بعدی در جدول ۸ ارائه شده است. دسته‌هایی از وزنه‌ها را که تحت کالیبراسیون یا تصدیق اولیه قرار گرفته‌اند به منظور بررسی حفظ خواص اندازه‌شناختی آنها، باید دوباره کالیبره یا تحت تصدیق دوره‌ای قرار گیرند. هر وزنه‌ای که در زمان کالیبراسیون مجدد یا تصدیق بعدی، معیوب باشد باید آن را کنار گذاشت یا دوباره تنظیم کرد.

۱۶-۴-۲ وزنه‌ها باید حداقل در بررسی بعدی از نظر طراحی و شرایط سطح بازرسی چشمی شوند و جرم با گواهینامه‌ی آن و گواهینامه‌ی انطباق OIML تطبیق داده شود.

۱۷ علامت‌گذاری یا انگ زدن برای کنترل

۱۷-۱ کلیات

زمانی که برای وزنه‌ها گواهینامه کالیبراسیون صادر گردد، نیاز به نشانه‌های کنترل نیست.

۱۷-۲ وزنه‌های رده‌ی E

۱۷-۲-۱ نشانه‌های کنترل می‌تواند بر روی جعبه نصب شود.
۱۷-۲-۲ برای هر وزنه یا مجموعه‌ای از وزنه‌ها باید گواهینامه توسط سازمان‌های مجاز اندازه‌شناختی (مانند آزمایشگاه‌های کالیبراسیون تأیید صلاحیت شده) ارائه شود.

۱۷-۳ وزنه‌های رده‌ی F

۱۷-۳-۱ وزنه‌های رده‌ی F_1

اگر وزنه‌هایی تحت کنترل‌های اندازه‌شناختی قرار داشته باشد، نشانه‌های این کنترل‌ها باید روی در جعبه‌ی محتوی آنها نقش شود.

۱۷-۳-۲ وزنه‌های رده‌ی F_2

اگر وزنه‌های استوانه‌ای F_2 تحت کنترل‌های اندازه‌شناختی قرار داشته باشد، نشانه‌های کنترل مناسب باید در محل مهر و موم کردن حفره‌ی تنظیم نقش شود. در مورد وزنه‌های بدون حفره‌ی تنظیم، نشانه‌های کنترل باید در زیر آنها نقش شود یا روی در جعبه محتوی آنها نقش شود.

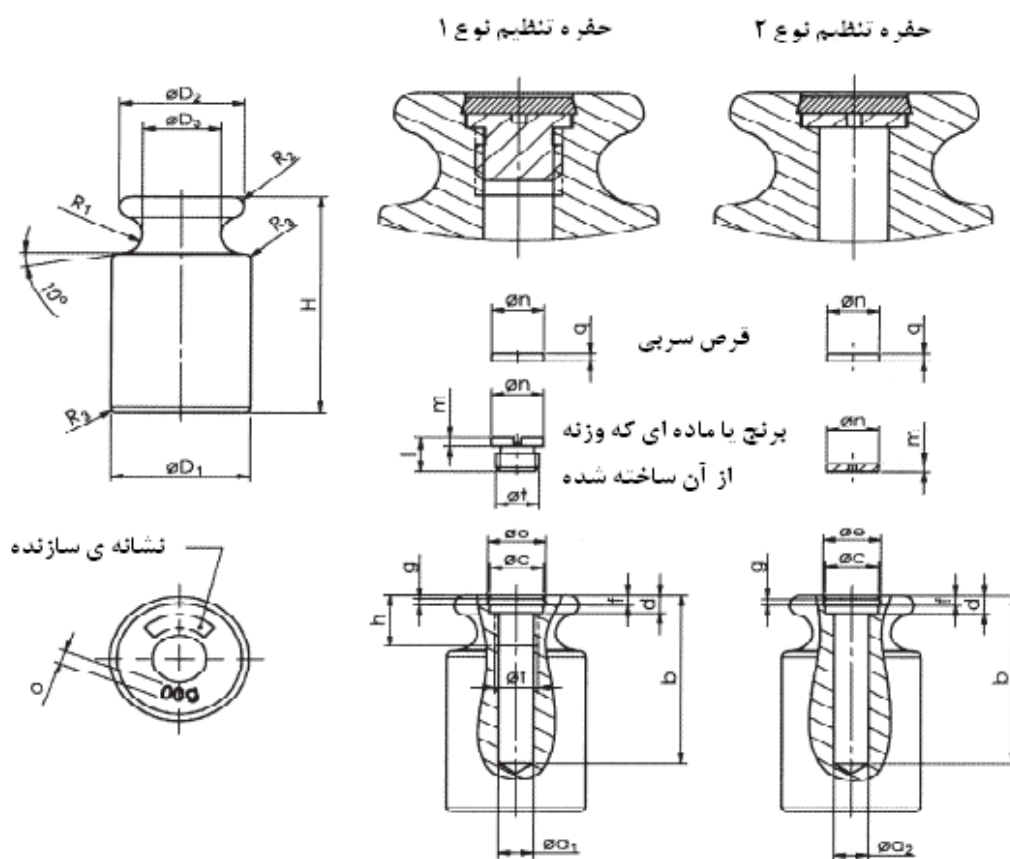
۱۷-۴ وزنه‌های رده‌ی M

۱۷-۴-۱ اگر وزنه‌های رده‌ی M_1 ، M_2 و M_3 تحت کنترل‌های اندازه‌شناختی قرار داشته باشند، نشانه‌های کنترل مناسب باید در محل مهر و موم کردن حفره تنظیم نقش شود. در مورد وزنه‌های بدون حفره تنظیم، نشانه‌های کنترل باید در زیر آنها نقش گردد.
۱۷-۴-۲ اگر وزنه‌های ورقه‌ای نازک و مفتولی رده‌ی M_1 تحت کنترل‌های اندازه‌شناختی قرار داشته باشند، نشانه‌های کنترل قانونی باید روی جعبه نقش شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

نمونه‌های از اشکال و ابعاد مختلف



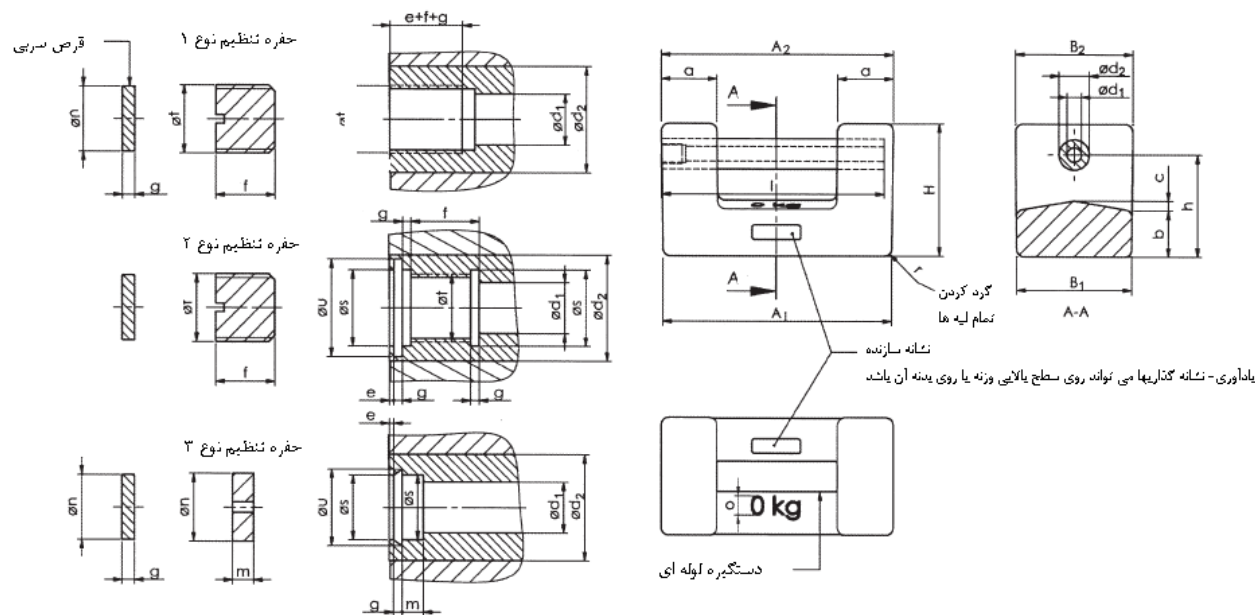
شکل الف ۱- نمونه‌های از وزنه‌های استوانه‌ای

جدول الف-۱- ابعاد

ابعاد بر حسب میلی‌متر

مقدار نامی	D ₁	D ₂	D ₃	H	R ₁	R ₂	R ₃	O	a ₂	a ₁	b _⊙	c	d	e	f	g	h	l	m	n	q	t
۱g	۶	۵/۵	۳	بستگی به جنس ماده دارد	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۱	بدون حفره تنظیم													
۲g	۶	۵/۵	۳		۰/۹	۰/۵	۰/۵	۱														
۵g	۸	۷	۴/۵		۱/۲۵	۰/۷	۰/۵	۱														
۱۰g	۱۰	۹	۶		۱/۵	۰/۸	۰/۵	۱														
۲۰g	۱۳	۱۱/۵	۷/۵		۱/۸	۱	۰/۵	۱/۵														
۵۰g	۱۸	۱۶	۱۰		۲/۵	۱/۵	۱	۲														
۲۰g	۱۳	۱۱/۵	۷/۵		۱/۸	۱	۰/۵	۱/۵	۳/۵	۳	۱۸	۵/۵	۲/۵	۶/۵	۱/۵	۱	۹	۵	۱	۵	۱	M۴×۰/۵
۵۰g	۱۸	۱۶	۱۰		۲/۵	۱/۵	۱	۲	۵/۵	۴/۵	۲۵	۷/۵	۳/۵	۹	۲	۱	۱۰	۵	۱/۵	۷	۱/۵	M۶×۰/۵
۱۰۰g	۲۲	۲۰	۱۳		۳/۵	۲	۱	۲	۵/۵	۴/۵	۳۰	۷/۵	۳/۵	۹	۲	۱	۱۰	۵	۱/۵	۷	۱/۵	M۶×۰/۵
۲۰۰g	۲۸	۲۵	۱۶		۲/۲۵	۱/۵	۳/۲	۶/۹	۶/۹	۷	۴۰	۱۰/۵	۴/۵	۱۲	۲/۵	۱/۵	۱۵	۸	۲	۱۰	۲	M۸×۱
۵۰۰g	۳۸	۳۴	۲۲		۵/۵	۳	۱/۵	۳/۲	۶/۹	۷	۵۰	۱۰/۵	۴/۵	۱۲	۲/۵	۱/۵	۱۵	۸	۲	۱۰	۲	M۸×۱
۱kg	۴۸	۴۳	۲۷		۷	۴	۲	۵	۱۲/۴	۱۲	۶۵	۱۸/۵	۷	۲۰	۴	۲/۵	۲۰	۱۳	۳	۱۸	۳	M۴×۱/۵
۲kg	۶۰	۵۴	۳۶		۹	۵	۲	۵	۱۲/۴	۱۲	۸۰	۱۸/۵	۷	۲۰	۴	۲/۵	۲۰	۱۳	۳	۱۸	۳	M۴×۱/۵
۵kg	۸۰	۷۲	۴۶		۱۲	۶/۵	۲	۱۰	۱۸/۴	۱۸	۱۲۰	۲۴/۵	۸	۲۶/۵	۴	۲/۵	۳۵	۱۸	۴	۲۴	۳	M۲۰×۱/۵
۱۰kg	۱۰۰	۹۰	۵۸		۱۵	۸/۵	۳	۱۰	۱۸/۴	۱۸	۱۶۰	۲۴/۵	۸	۲۶/۵	۴	۲/۵	۳۵	۱۸	۴	۲۴	۳	M۲۰×۱/۵
۲۰kg	۱۲۸	۱۱۲	۷۴		۱۸	۱۱	۳	۱۰	۱۸/۴	۱۸	۱۶۰	۲۴/۵	۸	۲۶/۵	۴	۲/۵	۳۵	۱۸	۴	۲۴	۳	M۲۰×۱/۵

① عمق حفره‌های تنظیم فقط برای راهنمایی است.



شکل الف ۲- وزنه های متوازی السطوح دسته دار (نوع ۱)

جدول الف ۲- ابعاد

ابعاد بر حسب میلی متر

مقدار نامی	A_1	A_2	B_1	B_2	H	a	b	c	d_1	d_2	e	f	g	h	l	m	n	r	s	t	u
۵kg	۱۵۰	۱۵۲	۷۵	۷۷	۸۴	۳۶	۳۰	۶	۱۲	۱۹	۱	۱۴	۲	۶۶	۱۴۵	۵	۱۶	۱۲	۵	۱۶/۵	۱۸
۱۰kg	۱۹۰	۱۹۳	۹۵	۹۷	۱۰۹	۴۶	۳۸	۸	۱۲	۲۵	۱	۱۴	۲	۸۴	۱۸۵	۵	۱۶	۱۶	۶	۱۶/۵	۱۸
۲۰kg	۲۳۰	۲۳۴	۱۱۵	۱۱۷	۱۳۹	۶۱	۵۲	۱۲	۲۴	۲۹	۲	۲۱	۳	۱۰۹	۲۲۰	۸	۲۷	۲۰	۸	۲۷/۵	۳۰
۵۰kg	۳۱۰	۳۱۴	۱۵۵	۱۵۷	۱۹۲	۸۳	۷۴	۱۶	۲۴	۴۰	۲	۲۱	۳	۱۵۲	۳۰۰	۸	۲۷	۲۵	۱۰	۲۷/۵	۳۰

ابعاد A_1 و A_2 همچنین B_1 و B_2 می توانند جابه جا شوند.

پیوست ب

(الزامی)

دستورالعمل‌های آزمون وزنه‌ها

ب-۱ مقدمه

این پیوست، روش‌های مورد قبول برای تعیین خواص انتخاب شده‌ی وزنه‌ها را بیان می‌کند. این روش‌ها برای وزنه‌های تکی یا مجموعه‌ای از آنها بکار می‌رود.

ب-۱-۱ گزارش‌های آزمون باید به وضوح روشی را که برای هر آزمون انجام می‌شود نشان دهد. روش‌ها می‌توانند به شماره‌ی بند مربوطه در این پیوست ارجاع داده شوند. اگر روش‌های دیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد، صحت‌گذاری این روش‌ها باید با مدرک اثبات شود.

ب-۱-۲ عبارت "جرم قراردادی" در همه جا مورد استفاده قرار می‌گیرد، به جز بخش چگالی که عبارت "جرم واقعی" استفاده می‌شود (به بند ۴-۷ مراجعه کنید).

ب-۲ ترتیب آزمون

ارزیابی‌های مقدماتی و آزمون‌ها به ترتیب زیر انجام می‌شود (در صورت قابل اجرا بودن):

الف- بازنگری مدارک و بازرسی چشمی مطابق با فهرست (به فرم گزارش آزمون در استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 مراجعه کنید)؛

ب- تمیز کردن وزنه‌ها (به بند ب-۴ مراجعه کنید)؛

پ- زبری سطح (به بند ب-۵ مراجعه کنید)؛

ت- خاصیت مغناطیسی (به بند ب-۶ مراجعه کنید)؛

ث- چگالی (به بند ب-۷ مراجعه کنید)؛

یادآوری- تمیز کردن باید بعد از اندازه‌گیری چگالی تکرار شود اگر مایع مورد استفاده در سیستم چگالی آب نباشد (سیالات دیگری که به طور نمونه استفاده می‌شوند (مثلاً فلوروکربن‌ها) رسوب به جا می‌گذارند که باید به وسیله تمیز کردن با یک حلال مثلاً الکل آن را از بین برد).

ج- اندازه‌گیری جرم قراردادی (به پیوست پ مراجعه کنید)

ب-۳ بازنگری مدارک و بازرسی چشمی

ب-۳-۱ بررسی مدارک

بازنگری (مطابق بند ۱۷-۲) مدارکی که ثبت شده‌اند، شامل عکسهای ضروری، نقشه‌ها، ویژگی‌های فنی مربوطه و غیره برای اطمینان از صحیح و مناسب بودن مدارک.

ب-۳-۲ مقایسه‌ی ساختار با مدرک

بررسی ظاهر فیزیکی وزنه و جعبه وزنه برای اطمینان از انطباق با مدارک (مطابق بندهای ۸-۱، ۹-۱، ۱۰-۱، ۱۶-۱ و ۱۷-۱ از این استاندارد).

ب-۳-۳ بررسی اولیه

ب-۳-۳-۱ ویژگی‌های اندازه‌شناختی

به ویژگی‌های اندازه‌شناختی، مطابق فرم گزارش آزمون استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 توجه کنید.

ب-۳-۳-۲ نشانه‌گذاری‌ها (به بند ۱۵ و ۱۸ این استاندارد مراجعه کنید)

نشانه‌گذاری‌ها طبق فرم گزارش آزمون استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 بررسی شوند.

ب-۴ تمیز کردن وزنه‌ها

ب-۴-۱ قبل از انجام هر اندازه‌گیری، تمیز کردن وزنه‌ها مهم است زیرا روند تمیز کردن می‌تواند جرم وزنه را تغییر دهد. تمیز کردن نباید مقدار قابل توجهی از جنس وزنه را از بین ببرد. وزنه‌ها باید طوری جابجا و نگهداری شوند که تمیز باقی بمانند. قبل از کالیبراسیون، گرد و غبار و هر ذره خارجی باید از بین برود. باید دقت شود که ویژگی سطح وزنه تغییر نکند (مثلاً به وسیله خراشیدن وزنه).

اگر وزنه‌ای بسیار کثیف باشد و با روشهای ذکر شده در بالا نتوان آن را تمیز کرد، وزنه یا قسمتی از آن را می‌توان با الکل یا آب مقطر یا سایر حلالها شست. وزنه‌های که دارای حفره می‌باشند معمولاً برای اجتناب از نفوذ احتمالی سیال به داخل حفره، نباید در حلال غوطه‌ور شوند.

اگر به پایش پایداری وزنه مورد استفاده، نیاز باشد در صورت امکان جرم وزنه باید قبل از تمیز کردن تعیین شود.

ب-۴-۲ در جدول ب ۱ مدت زمان برقراری تعادل و ثبات وزنه‌ها بعد از تمیز کردن آنها با حلال، داده شده است.

جدول ب ۱- زمان برقراری تعادل و ثبات وزنه بعد از تمیز کردن

رده‌ی وزنه	E_1	E_2	F_1	F_2 تا M_2
بعد از تمیز کردن با الکل	۷ تا ۱۰ روز	۳ تا ۶ روز	۱ تا ۲ روز	۱ ساعت
بعد از تمیز کردن با آب مقطر	۴ تا ۶ روز	۲ تا ۳ روز	۱ روز	۱ ساعت

ب-۴-۳ تعادل گرمایی

قبل از انجام آزمون‌های کالیبراسیون، وزنه‌ها نیاز به همدمايي با دمای آزمایشگاه را دارند. مخصوصاً وزنه‌های رده‌ی E_1 ، E_2 ، F_1 باید نزدیک دمای محیط توزین باشند.

ب-۴-۳-۱ حداقل زمان مورد نیاز برای تعادل دما (بسته به اندازه‌ی وزنه، رده‌ی وزنه و اختلاف دمای اولیه‌ی وزنه‌ها و دمای آزمایشگاه) در جدول ب ۲ نشان داده شده است. به عنوان یک راهنمای عملی زمان انتظار ۲۴ ساعته توصیه می‌شود.

جدول ب ۲- تعادل دمایی بر حسب ساعت [۵]

ΔT_1	مقدار نامی	رده‌ی E_1	رده‌ی E_2	رده‌ی F_1	رده‌ی F_2
$\pm 20^{\circ}C$	۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ kg	-	-	۷۹	۵
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ kg	-	۷۰	۳۳	۴
	۱۰، ۲۰، ۵۰ kg	۴۵	۲۷	۱۲	۳
	۱، ۲، ۵ kg	۱۸	۱۲	۶	۲
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ g	۸	۵	۳	۱
	۱۰، ۲۰، ۵۰ g	۲	۵	۱	۱
	< ۱۰ g	۱		۰/۵	
$\pm 5^{\circ}C$	۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ kg	-	-	۱	۱
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ kg	-	۴۰	۲	۱
	۱۰، ۲۰، ۵۰ kg	۳۶	۱۸	۴	۱
	۱، ۲، ۵ kg	۱۵	۸	۳	۱
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ g	۶	۴	۲	۰/۵
	۱۰، ۲۰، ۵۰ g	۲	۱	۱	۰/۵
	< ۱۰ g	۰/۵			
$\pm 2^{\circ}C$	۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ kg	-	-	۱	۰/۵
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ kg	-	۱۶	۱	۰/۵
	۱۰، ۲۰، ۵۰ kg	۲۷	۱۰	۱	۰/۵
	۱، ۲، ۵ kg	۱۲	۵	۱	۰/۵
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ g	۵	۳	۱	۰/۵
	< ۱۰۰ g	۲	۱		۰/۵
$\pm 0.5^{\circ}C$	۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ kg	-	-	-	-
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ kg	-	۱	۰/۵	۰/۵
	۱۰، ۲۰، ۵۰ kg	۱۱	۱	۰/۵	۰/۵
	۱، ۲، ۵ kg	۷	۱	۰/۵	۰/۵
	۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ g	۳	۱	۰/۵	۰/۵
	< ۱۰۰ g	۱	۰/۵		

۱- ΔT : اختلاف بین دمای اولیه‌ی وزنه و دمای آزمایشگاه

ب-۵ زبری سطح

ب-۵-۱ مقدمه

پایداری جرم یک وزنه بستگی زیادی به ساختار سطح وزنه دارد. یک وزنه با سطح هموار اگر شرایط دیگر را برابر بگیریم، انتظار می‌رود که پایدارتر از وزنه‌ای با سطح زبر باشد. وقتی که زبری سطح وزنه ارزیابی می‌شود، تمیز بودن سطح آن مهم است.

ب-۵-۱-۱ برای وزنه‌های نو بدون خراشهای آشکار، زبری سطح را می‌توان به روشی که خوب تعریف شده، تعیین کرد. برای سطوحی با خراشهای زیاد، تعیین زبری مشکل است. در اندازه‌شناسی ابعادی، زبری سطح به وضوح از عیوب سطح مانند خراشها، تشخیص داده می‌شود. اگرچه خراشها محل تجمع اجسام خارجی هستند اگر وزنه در برابر آن حفاظت نشده باشد، بنابراین اندازه خراشها باید بموازات زبری قسمت بدون خراش سطح ارزیابی شود. ارزیابی زبری سطح فقط برای وزنه‌های رده‌ی E و F از یک گرم و بیشتر انجام می‌شود.

ب-۵-۲ ارزیابی کلی

ارزیابی زبری یک وزنه ابتدا به وسیله بازرسی چشمی انجام می‌شود. اگرچه برای وزنه‌های رده‌ی E و F، این ارزیابی همچنین باید با نمونه‌ی مقایسه‌ی زبری (CS)، با استفاده از دستگاه نوک سوزنی (SI) یا سایر دستگاه‌های متداول انجام شود.

هشدار: استفاده از دستگاه سوزنی می‌تواند به سطح وزنه آسیب رسانده و آن را بخرشد. زبری سطح را می‌توان به وسیله یک تعداد از پارامترهای مختلف زبری مشخص کرد. هر پارامتر یک ویژگی سطح را که برای یک تابع ویژه‌ی سطح مهم است، شرح می‌دهد.

ب-۵-۲-۱ نمونه مقایسه (روش CS)

اگر مقدار واقعی زبری سطح مورد نیاز نباشد، اما تنها باید با ویژگی معینی انطباق داده شود، سطح می‌تواند به طور بصری با یک نمونه‌ی مقایسه‌ی زبری، مقایسه شود. یک چنین نمونه‌ای شامل یک آرایه از نیمرخهای سطح با افزایش زبری معین است. نمونه‌ای مورد تأیید است که به وسیله یک آزمایشگاه تأیید صلاحیت شده کالیبره شده و همراه با گواهی‌نامه باشد، این گواهی‌نامه باید شامل پارامتر زبری R_z یا R_a باشد. سطح نمونه‌ی مقایسه باید دارای وضع مشابه باشد و به وسیله روشهای براده برداری مشابه، مانند سطح وزنه‌ها تولید شده باشد. چون وزنه‌ها دارای سطوح مسطح همچنین استوانه‌ای هستند، دو مجموعه نمونه یکی با سطوح مسطح و دیگری با سطوح استوانه‌ای باید استفاده شود.

ب-۵-۲-۲ دستگاه تماس سوزنی (روش SI)

یک دستگاه (تماس) سوزنی مطابق قرارداد زبری سطح را اندازه‌گیری می‌کند. در این دستگاه، یک سوزن نوک تیز بسیار به آهستگی در امتداد یک خط روی سطح حرکت می‌کند و حرکت عمودی سوزن به عنوان تابعی از موقعیت امتداد آن خط ثبت می‌شود. در این روش یک نیمرخ از سطح ثبت می‌گردد. هشدار: استفاده از دستگاه (تماس) سوزنی می‌تواند به سطح وزنه آسیب برساند یا آن را بخرشد.

ب-۵-۲-۳ سایر دستگاه‌ها

علاوه بر دستگاههای متداول برای اندازه‌گیری زبری، دستگاههای دیگری در دسترس است مانند دستگاه اندازه‌گیری به وسیله‌ی نور پراکنده شده [۶].

ب-۵-۳ روش اجرایی آزمون

ب-۵-۳-۱ بازرسی چشمی (وزنه‌های رده‌ی E، F و M)

ب-۵-۳-۱-۱ لوازم

الف- اتاق با نور کافی؛

ب- دستکش آزمایشگاهی؛

پ- دستمال بدون پرز.

ب-۵-۳-۲ روش اجرایی اندازه‌گیری

ب-۵-۳-۱-۲ وزنه‌های نو

الف- بازرسی چشمی سطح وزنه، برای تمام رده‌ها:

۱- به "آسیب‌ها" یا فرورفتگی‌ها و عمق خراش‌های سطح وزنه توجه کنید؛

۲- سطوح باید هموار باشند (به بند ۱۲-۱-۱ مراجعه کنید)؛

۳- لبه‌ها باید گرد باشند؛

۴- برای وزنه‌های یک گرم تا ۱۰ کیلوگرم سطح وزنه نباید متخلخل باشد.

ب- بازرسی چشمی سطح وزنه‌های رده‌ی E و F:

۱- سطوح نباید متخلخل باشند (به بند ۱۲-۱-۲ مراجعه کنید)؛

۲- سطوح باید صیقلی باشد.

پ- وزنه‌های استوانه‌ای رده‌ی M از یک گرم تا ۵۰ کیلوگرم، باید دارای سطح صاف باشد و متخلخل نباشد.

ت- پرداخت سطح وزنه‌های متوازی‌السطوح رده‌ی M (۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ کیلوگرم)، باید شبیه سطح چدن خاکستری باشد (به بند ۱۲-۱-۳ مراجعه کنید).

ث- سطح وزنه‌های رده‌ی M_۳ از ۵۰ کیلوگرم و بیشتر می‌تواند برای جلوگیری از خوردگی با مواد مناسب و غیرقابل نفوذ به وسیله پرداخت سطح پوشش‌دهی شود. این پوشش‌دهی باید در برابر ضربه و شرایط جوی مقاوم باشد (به بند ۹-۵-۱ مراجعه کنید).

ب-۵-۳-۲-۲ وزنه‌های استفاده شده

علاوه بر زیر بند ب-۵-۳-۱-۲ سطح وزنه را به منظور اثرات استفاده، به شرح زیر بازرسی کنید.

سطح وزنه را بازرسی چشمی کنید. وزنه‌های استفاده شده معمولاً خراشهایی مخصوصاً در سطح زیرین خواهند داشت:

۱- اگر تعداد و عمق خراشیدگیها با پایداری مناسب وزنه سازگار باشد، وزنه می‌تواند مورد قبول باشد؛

۲- در حین ارزیابی زبری سطح، خراشیدگیهای مجزا و سایر عیوب نباید در نظر گرفته شوند؛ یا

۳- اگر خراشیدگی‌های روی سطح به اندازه‌ای زیاد باشد که امکان ارزیابی زبری سطح نباشد، وزنه نباید پذیرفته شود.

ب-۵-۳-۱-۳ گزارش نتایج

ارزیابی را بر روی فرمهای استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2، فرم گزارش آزمون، نشان‌دهی "بازرسی چشمی" همانند روش ارزیابی ثبت کنید.

ب-۵-۳-۲ نمونه مقایسه زبری به روش CS (وزنه‌های رده‌ی E و F)

زبری سطح می‌تواند بطور چشمی با نمونه‌ی مقایسه‌ی زبری مقایسه گردد.

ب-۵-۳-۲-۱ لوازم

الف- نمونه‌ی مقایسه‌ی زبری گواهی شده تمیز (به بند ب-۵-۲-۱ مراجعه کنید)؛

ب- اتاق با نور کافی؛

پ- دستکش آزمایشگاهی؛

ت- دستمال بدون پرز.

ب-۵-۳-۲-۲ روش اجرایی اندازه‌گیری

الف- سطح نمونه‌ی مقایسه را با دستمال تمیز بدون پرز آغشته به الکل تمیز کنید. اگر سطح وزنه تمیز نباشد، باید آن را بخوبی تمیز کرد.

یادآوری- تمیز کردن ممکن است جرم وزنه را به طور قابل توجهی تغییر دهد. در مورد تمیز کردن وزنه‌ها به بند ب-۴ مراجعه کنید.

ب- وزنه را در مقابل بخشی از نمونه‌ی مقایسه با قرار دادن دو سطح موازی نگاه دارید.

پ- بطور همزمان به دو سطح از دو زاویه متفاوت نگاه کنید.

ت- ارزیابی کنید که آیا زبری وزنه‌ی موجود کوچکتر یا بزرگتر از مقطع خاص نمونه‌ی مقایسه زبری است.

ث- حد بالاتر زبری را با تکرار نمونه‌های مختلفی از نمونه‌ی مقایسه، تعیین کنید.

ب-۵-۳-۲-۳ گزارش نتایج

مقادیر R_a و R_z را که بیشترین همانندی را با R_a و R_z وزنه‌ی مورد آزمون دارند در فرمهای استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2، فرم گزارش آزمون ثبت کنید، CS روش ارزیابی را نشان می‌دهد. اگر ارزیابی چشمی به وضوح نشان می‌دهد که زبری سطح وزنه، R_a یا R_z ، کمتر از بیشینه مقدار معین شده در بند ۱۲-۲ می‌باشد، اندازه‌گیریهای بیشتری از زبری مورد نیاز نیست. اگر در مورد زبری R_a یا R_z تردید وجود دارد، باید زبری را با دستگاه تماس سوزنی اندازه‌گیری کرد.

ب-۵-۳-۳ اندازه‌گیری زبری با استفاده از دستگاه تماس سوزنی به روش SI (وزنه‌های رده‌ی E و F)

این بخش تنها در مورد وزنه‌هایی بکار می‌رود که برآوردن الزامات زبری سطح نمی‌تواند بدون شک به وسیله امتحان چشمی، ارزیابی شود. قبل از استفاده، دستگاه تماس سوزنی باید بطور صحیح با استفاده از نمونه‌های کالیبراسیون گواهی شده مطابق با ISO 5436 (به بند ۲-۱۲ مراجعه کنید)، کالیبره شود. دستگاههای دیگری را می‌توان تنها در صورت برقراری قابلیت ردیابی به یکای طول که مستند شده، استفاده کرد.

ب-۵-۳-۳-۱ لوازم

الف- دستگاه تماس سوزنی مطابق با استاندارد ISO 3274 (به بند ۲-۱۳ مراجعه کنید)؛
ب- دستکش آزمایشگاهی.

ب-۵-۳-۳-۲ روش اجرایی اندازه‌گیری (مطابق با استاندارد ملی شماره ۷۵۲۸: سال ۱۳۷۸) (به بند ۲-۲ مراجعه کنید))

الف- حداقل ۶ اندازه‌گیری را انجام دهید:

۱- دو تا بر روی سطح مسطح فوقانی؛ و

۲- چهار تا بر روی سطح استوانه‌ای.

ب- نیم‌رخهای ترسیم شده، خراشها یا سایر عیوب سطح را شامل نشود.

پ- تمام مقادیر اندازه‌گیری شده زبری سطح، R_a یا R_z ، باید کمتر از بیشینه مقدار تعیین شده در جدول ۶ بند ۱۲-۱-۲ باشد.

ب-۵-۳-۳-۳ گزارش نتایج

مقادیر R_a ، R_z را که بیشترین همانندی را با R_a و R_z وزنه‌ی مورد آزمون داشته باشد، مطابق با فرمهای استاندارد بین‌المللی 2-OIMLR111 "شکل گزارش آزمون" ثبت کنید، SI روش ارزیابی را نشان می‌دهد.

ب-۶ خاصیت مغناطیسی

ب-۶-۱ مقدمه

نیروهای مغناطیسی می‌توانند در روند توزین بطور مخالف اثر کنند، در صورت نبودن تحقیق سیستماتیک، این نیروهای کاذب نمی‌توانند از نیروهای گرانشی در تعیین جرم متمایز شوند. نیروهای مغناطیسی می‌توانند از برهم کنش متقابل دو جرم استاندارد، همچنین بین یک جرم استاندارد، مقایسه‌گر^۱ جرم مورد استفاده برای توزین، و سایر اجسام مغناطیسی مجاور ناشی شود.

ب-۶-۱-۱ ملاحظات کلی

برای اطمینان از اینکه برهم‌کنشهای مغناطیسی قابل چشم‌پوشی هستند، خواص مغناطیسی (مغناطش و پذیرفتاری) استانداردهای جرم باید قبل از کالیبراسیون جرم (پیوست پ) تعیین شود. یک وزنه که در آزمون خاصیت مغناطیسی مردود شده است نباید کالیبره شود.

ب-۶-۱-۱-۱ اندازه‌گیری خاصیت مغناطیسی وزنه‌های ساخته شده از آلومینیم ضرورتی ندارد، زیرا آلومینیم به عنوان ماده غیرمغناطیسی شناخته شده و دارای پذیرفتاری مغناطیسی (χ) خیلی کمتر از ۰/۰۱ است. مضافاً، برای وزنه‌های کوچک (کمتر از ۲ g) و در مورد رده‌های درستی پایین‌تر (از F_1 به پایین کوچکتر از ۲۰)، ارجاع به ویژگی سازنده در مورد خاصیت مغناطیسی موادی که وزنه از آن ساخته شده، کافی است (به بند ب-۶-۳ مراجعه کنید).

ب-۱-۶-۲ بسیاری از وزنه‌های رده‌ی M از چدن یا آلیاژهای ساده فولادی ساخته شده‌اند. بنابراین وزنه‌های رده‌ی M اغلب بیش از وزنه‌های رده‌ی E و F دارای خطاهای نسبی بزرگ ناشی از برهم کنش خاصیت مغناطیسی بین وزنه و دستگاه توزین می‌باشد. تمام فلزات دارای پذیرفتاری مغناطیسی هستند. اگرچه آلیاژهایی که دارای ناخالصیهای مغناطیسی هستند پذیرفتاری بیشتری داشته و می‌توانند مغناطیسی شوند.

یادآوری- نیروهای مغناطیسی موجود در اطراف وزنه نیاز به بررسی دارد اما در این ویرایش به آن اشاره‌ای نشده است.

ب-۱-۶-۲ مروری بر روشهای اجرای آزمون

بندهای ب-۲-۶ تا ب-۶-۶ دو روش پذیرفته شده برای تعیین مغناطش وزنه‌ها (ب-۲-۶ و ب-۴-۶) و چهار روش پذیرفته شده برای تعیین پذیرفتاری مغناطیسی (ب-۳-۶، ب-۴-۶، ب-۵-۶ و ب-۶-۶) شرح داده است که شامل فرمول برای محاسبه مغناطش و پذیرفتاری مغناطیسی می‌باشد. حدود مغناطش دائمی و پذیرفتاری مغناطیسی در ۱-۱۰ و ۲-۱۰ آمده است. روش‌های پیشنهادی برای رده‌های درستی مختلف و جرم‌های نامی در جداول ب-۳(الف)، ب-۳(ب) و ب-۳(پ) نشان داده شده است. همچنین روش‌های دیگری نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد به شرطی که صحت‌گذاری آنها با مدارک مناسبی که به گزارش آزمون ضمیمه می‌شوند، ثابت شده باشد.

یادآوری- تعیین تمام مشخصه‌ی مغناطش وزنه‌ها از نظر فنی غیر عملی است. روش‌های موجود در اینجا استناد به تقریب‌های دارند که مفید بودن آنها ثابت شده است. در مواردی که نتایج روش‌های مختلف موجود در اینجا با هم مغایر باشند، نتایج روش ذکر شده در بند ب-۴-۶ بر روش هال و بر روش شارسنجی ترجیح داده می‌شود.

ب-۲-۶ روش تعیین مغناطش دائمی، گوس‌متر

مغناطش دائمی وزنه می‌تواند از اندازه‌گیری، با یک گوس‌متر، میدان مغناطیسی نزدیک وزنه، برآورد شود. این روش می‌تواند در مورد تمام رده‌های درستی همانطور که در جدول ب-۳(پ) فهرست شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

ب-۱-۲-۶ ملاحظات کلی

الف- اتاقتی که این آزمون در آن انجام می‌شود باید از جهت میدان مغناطیسی محیطی با یک گوس‌متر قبل از شروع آزمون، بررسی گردد. این آزمون باید در یک محیط عاری از اجسام فرومغناطیسی انجام شود. کاربر نباید اجسام فرو (آهنی) حمل کند یا پوشیده باشد.

ب- میدان مغناطیسی ناشی از وزنه را، برای مثال، با یک حس‌گر هال (دستگاه ترجیحی) یا یک مغناطیس‌سنج شار سنجی اندازه‌گیری کنید. مغناطیس‌سنج شارسنجی نباید برای وزنه‌های کوچکتر از ۱۰۰ گرم مورد استفاده قرار گیرد. پراب^۱ را طوری تنظیم کنید که محور حساسیت آن عمود بر سطح وزنه باشد. پ- اندازه‌گیری باید در جهتی انجام شود که القاء مغناطیسی محیطی که پراب را تحت تأثیر قرار می‌دهد نزدیک به صفر باشد.

ت- متناوباً زمانی که وزنه وجود ندارد مقدار القاء محیطی باید از القاء اندازه گیری شده کم شود.

ب-۶-۲-۲ لوازم

الف- گوس متر، نظیر حس گر هال یا مغناطیس سنج شارسنجی؛

ب- ابزاری برای جابجایی وزنه (برای مثال دستکش های آزمایشگاهی، دستمال بدون پرز، پنس های آزمایشگاهی)؛ و

پ- اتاق با نور کافی.

ب-۶-۲-۳ روش اجرایی اندازه گیری

الف- وسیله اندازه گیری را صفر کنید.

ب- پراب را روی یک سطح غیر مغناطیسی قرار دهید.

پ- میدان مغناطیسی را با یک جهت خاص پراب بخوانید. این مقدار، مقیاس یا معیاری از میدان مغناطیسی محیطی است. این مقدار خوانده شده، از هر قرائتی که در آینده با وجود وزنه یا نزدیک آن انجام می گردد، کم می شود.

ت- در حالیکه جهت پراب را تغییر نداده اید وزنه را روی حس گر قرار دهید. مرکز ته وزنه باید روی حس گر قرار گیرد. برای بررسی همگنی مغناطش، وزنه را از مرکز به سمت حاشیه یا لبه ته آن حرکت دهید و تغییرات در قرائت را مشاهده کنید. اگر قرائت ها به آرامی کاهش نیابند، وزنه ممکن است به طور ناهمگن مغناطیسی شده باشد.

ث- اگر وزنه به طور همگن مغناطیسی شده باشد، اندازه گیری ها می تواند در مرکز ته وزنه نزدیک به سطح آن انجام شود، بدون تماس و مطابق با مشخصات گوس متر.

یادآوری- برای بعضی از پراب های نظیر شار سنجی، حس گر در فاصله ای از انتهای پراب قرار می گیرد [۷]. معمولاً نتایج در اندازه های پایین تر برای شدت میدان با یک حس گر هال که تا حد امکان نزدیک به وزنه قرار دارد، بدست می آید. اگر وزنه بطور ناهمگن مغناطیسی شده باشد، اندازه گیری ها باید در امتداد محور مرکزی وزنه در یک فاصله از سطح، حداقل نصف قطر یک وزنه ای استوانه ای یا حداقل نصف بزرگترین بعد (ضلع) وزنه متوازی السطوح، انجام شود. قرائت های پراب باید به وسیله فرمول داده شده در زیر، تصحیح گردد.

ج- نشان دهی را بخوانید و برحسب μT ثبت کنید.

چ- برای اندازه گیری سطح فوقانی، وزنه را برعکس کنید (تنها برای وزنه های که دارای سطح فوقانی تخت هستند بکار می رود)، از این رو مراحل الف تا ج را تکرار کنید.

ح- خواندن پراب را تصحیح کنید و قطبش ($\mu_0 M$) را با استفاده از فرمول زیر برآورد کنید.

$$\mu_0 M = \frac{2B}{\frac{d+h}{\sqrt{R^2 + (d+h)^2}} - \frac{d}{\sqrt{R^2 + d^2}}} - f(B_E) \quad (\text{ب-۶-۲-۱})$$

با:

$$f(B_E) = \Delta/4 B_E \quad \text{M برای وزنه های رده ی}$$

$$\text{و: } f(B_E) = \frac{\chi}{1 + 0.23\chi} B_E \quad \text{برای وزنه های رده ی E و F}$$

که در آن:

B قرائت گوس متر با وجود وزنه که میدان محیطی از آن کم شده، به پ مراجعه کنید)؛

B_E قرائت گوس متر از میدان مغناطیسی محیطی زمانی که وزنه وجود ندارد؛

d فاصله بین مرکز عنصر حسی (که داخل پراب قرار گرفته است) و سطح وزنه؛

h ارتفاع وزنه؛

R شعاع وزنه استوانه‌ای یا در حالتی که وزنه متوازی السطوح است، شعاع یک دایره با همان محیطی که سطح وزنه اندازه‌گیری شده است.

یادآوری - B و B_E ممکن است در برخی موارد دارای علامت متفاوت باشند.

خ- تجهیزات مورد استفاده، و فاصله باید در تمام موارد در گزارش آزمون ثبت شود.

ب-۶-۲-۴ عدم قطعیت

این وسایل با عدم قطعیتی کالیبره می‌شوند همراه با الزاماتی که مغناطش بتواند با عدم قطعیتی که حد آن کمتر از یک سوم حد خطای داده شده در جدول ۳ می‌باشد، تعیین شود. این روش اجرایی با عدم قطعیت بسط یافته‌ی $U (k=2)$ مغناطش تقریباً ۳۰ درصد (شامل عدم قطعیت کالیبراسیون گوسمتر) نتیجه می‌دهد، اگر چه در این روش نمی‌توان ساده‌سازیهای را در عدم قطعیت بحساب آورد. بنابراین تعیین مغناطش به این صورت با وجود مفید بودن، مقدار قراردادی است.

ب-۶-۲-۵ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را با استفاده از فرمهای استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 "شکل گزارش آزمون" ثبت نمائید.

ب-۶-۳ ویژگی جنس

اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی می‌تواند با استفاده از روش اجرایی ب-۶-۴ بر روی قطعه‌ی مورد آزمون که از قطعه فلزی که برای ساخت وزنه مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام شود. در این مورد، عدم قطعیت بسط‌یافته‌ی اندازه‌گیری $U (k=2)$ ، با در نظر گرفتن تغییر احتمالی این پارامتر در قطعه‌ی فلزی باید به اندازه‌ی ۲۰ درصد افزایش یابد، اگرچه تمام وزنه‌های پرداخت شده باید الزامات داده شده در جدول ۳ را برآورده نمایند. بدلیل اثرات اشباع در اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی، میدان مغناطیسی اعمال شده بر وزنه باید به اندازه کافی کوچک باشد (کوچکتر از 4 kAm^{-1} برای نمونه فولاد آلیاژی).

ب-۶-۳-۱ وزنه‌های ساخته شده از آلومینیم دارای پذیرفتاری مغناطیسی $< 0.1\%$ هستند.

ب-۶-۳-۲ برای وزنه‌های کوچک، زیر ۲ گرم به مشخصات سازنده از خواص مغناطیسی مواد مورد استفاده در ساخت مراجعه کنید.

ب-۶-۳-۳ برای وزنه‌های رده‌ی F کمتر از ۲۰ گرم، به مشخصات سازنده از خواص مغناطیسی مواد مورد استفاده برای ساخت آنها، مراجعه کنید.

ب-۶-۴ پذیرفتاری مغناطیسی، مغناطش دائمی، روش پذیرفتارسنجی

ب-۶-۴-۱ اصول آزمون

این روش را می‌توان هم برای تعیین پذیرفتاری مغناطیسی و هم برای مغناطش دائمی وزنه‌هاییکه ضعیف مغناطیسی شده‌اند در مدت زمان اندازه‌گیری نیروی اعمال شده بر روی جرم استاندارد از اثر تغییر میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای دائمی قوی، استفاده کرد (به شکل ب-۱ مراجعه کنید). این روش تنها برای وزنه‌هاییکه پذیرفتاری مغناطیسی $\chi < 1$ دارند، قابل اجرا می‌باشد. روش پذیرفتارسنجی برای وزنه‌های چند تکه توصیه نمی‌شود. برای استفاده از این روش، آشنایی با مرجع [۱] لازم است.

برای نمونه، پذیرفتارسنجی دارای یک حجم اندازه‌گیری است که به بزرگی روی میز (تقریباً ۱۰ سانتی‌متر مکعب)، نزدیک و به طور عمودی بالای آهن‌ربا محدود می‌شود. برای وزنه‌های بیشتر از ۲ kg اندازه‌گیری در مرکز پایه (ته) وزنه انجام شود (اگر اندازه‌گیری مغناطش دائمی در چندین جا در امتداد پایه الزامی باشد از گوس‌متر بجای پذیرفتارسنج استفاده شود). معمولاً وزنه باید رو به بالا (راست) باشد. برای اندازه‌گیری خواص مغناطیسی بدنه یا قسمت فوقانی، روش‌هایی با جزئیات بیشتر مرجع [۱] لازم است.

ب-۶-۴-۲ ملاحظات کلی

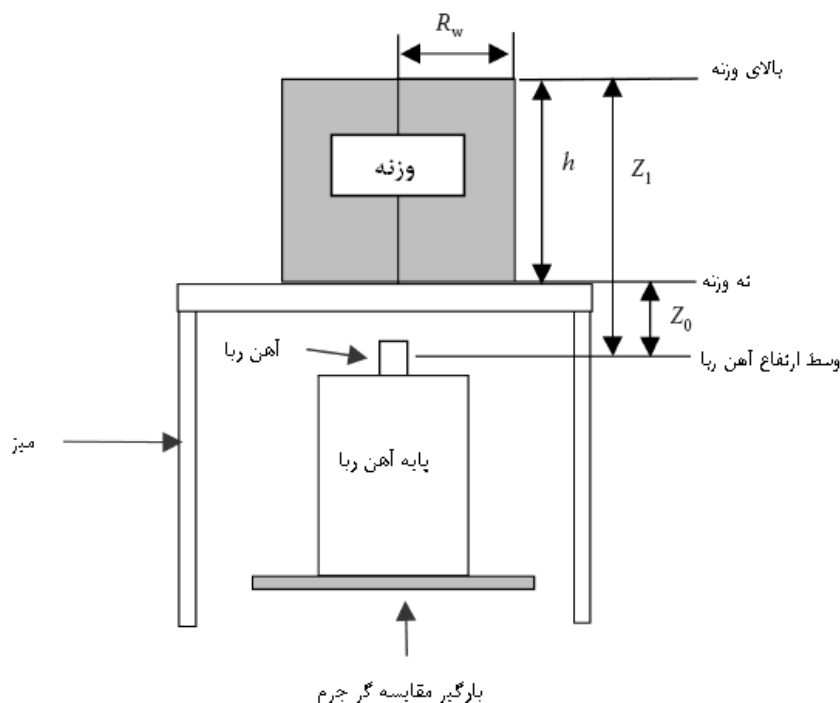
اگر وزنه‌ها در معرض میدانهای مغناطیسی خیلی قوی قرار گیرد (بزرگتر از 2 kAm^{-1} برای وزنه‌های E_1 از جنس فولاد آلیاژی نمونه) احتمال زیادی وجود دارد که وزنه‌ها بطور دائم مغناطیسی شوند. توصیه می‌شود، مثلاً این آزمون‌ها برای وزنه‌های رده‌ی E_1 ابتدا در فاصله، Z_0 ، حدود ۲۰ میلی‌متر بین مرکز ارتفاع آهن‌ربا و پایه وزنه (به شکل ب-۱ مراجعه کنید) انجام شود. اگر پذیرفتاری نمونه برای تولید سیگنال معقول بسیار کوچک باشد، بنابراین Z_0 را فقط کاهش دهید [۱]. زمانیکه وزنه‌ها با پذیرفتاری بالاتر آزمون می‌شوند (به بند ب-۶-۴-۵ پ مراجعه کنید) پیش‌بینی‌های اضافی ممکن است ضروری باشد.

ب-۶-۴-۳ لوازم

الف- دستگاه توزین با بازه مقیاس (زینه بندی) که بزرگتر از $10 \mu\text{g}$ نباشد ؛
ب- میز غیر مغناطیسی برای قرار دادن وزنه روی آن ؛
پ- یک استوانه برای قرار دادن آهن‌رباها روی آن ؛
ث- آهن‌رباهای استوانه‌ای با گشتاور مغناطیسی (m_d) در حدود 0.1 Am^2 (این گشتاور نمونه نوعی از آهن‌رباهای ساماریم-کبالت یا نئودیمیم-آهن-بورن با حجم تقریبی ۱۰۰ میلی‌متر مکعب است) [۱].

ب-۶-۴-۴ شمای کلی لوازم

ارتفاع آهن‌ربا به طور ایده‌آل برابر با 0.87 برابر قطرش باشد [۱] اگرچه نسبت مورد قبول ارتفاع به قطر یک است. Z_0 فاصله از وسط ارتفاع آهن‌ربا تا ته وزنه می‌باشد.



راهنما

h : ارتفاع وزنه،

Z_1 : فاصله از بالای وزنه تا وسط ارتفاع آهن ربا،

Z_0 : فاصله از وسط ارتفاع آهن ربا تا ته وزنه، و

R_w : شعاع وزنه

شکل ب ۱- دستگاه اندازه گیری پذیرفتاری مغناطیسی و مغناطش، روش پذیرفتار سنج

ب-۶-۴-۵ روش اجرایی اندازه گیری

این آزمون ها باید در جایی که اشیاء فرو (آهنی) بزرگ وجود ندارند، انجام شوند. کاربر نباید اشیاء فرو (آهنی) حمل کند یا بپوشد.

الف- پارامترهای مختلف (Z_0 , R_w , h) را اندازه گیری کنید، به شکل ب ۱ بند شمای کلی دستگاه و همچنین مرجع [۱] برای اندازه گیری Z_0 مراجعه کنید.

ب- دانستن مقدار شتاب ناشی از گرانش g ، با تقریب یک درصد مورد نیاز است.

پ- آهن ربا را طوری که قطب شمال آن به سمت پایین باشد، (قطب شمال یک آهن ربا ایستوانه ای انتهایی است که قطب شمال عقربه قطب نما را دفع می کند) قرار دهید. گشتاور دوقطبی (m_d) مورد نیاز خواهد بود. آهن ربا، بیشینه میدان را در سطح فوقانی میز ایجاد می کند:

$$H = \frac{m_d}{2\pi \times Z_0^3} \quad (\text{ب-۶-۴-۱})$$

که H بر حسب Am^{-1} ، m_d بر حسب Am^2 و Z_0 بر حسب m است.

زمانیکه وزنه های رده ی E_1 آزمون می شوند، در ابتدا مهم است که H باید از 2000 Am^{-1} بیشتر نباشد، برای وزنه های رده ی E_2 از 800 Am^{-1} و برای وزنه های رده های دیگر از 200 Am^{-1} بیشتر نباشد. این میدان H

ممکن است افزایش یابد فقط اگر سیگنال پذیرفتارسنج خیلی ضعیف باشد. در این مورد، میدان (H) به وسیله کاهش ارتفاع Z_0 افزایش می‌یابد.

ت- دستگاه را صفر کنید.

ث- وزنه را روی میز طوری قرار دهید که محورش، هم محور با محور عمودی آهن‌ربا باشد، و دستگاه توزین را بخوانید. به طور مرتب وزنه را با افزایش زاویه حول محور عمودیش بچرخانید و در هر موقعیت دستگاه توزین را بخوانید. در مورد روش‌های اجرایی بعدی، وزنه را به زاویه‌ای که قرائت آن بیشینه اختلاف را از صفر دارد، بچرخانید.

ج- وزنه را روی میز، معمولاً سه بار، مستقیماً بالای آهن‌ربا قرار دهید. مطمئن باشید که وزنه در مرکز است. ۱- زمانی را که بارگذاری انجام می‌شود ثبت کنید، زمانی را که قرائتی انجام می‌گیرد و همچنین بار جابجا می‌شود را نیز ثبت نمایید.

۲- Δm_1 را از قرائت‌های مکرر محاسبه کنید. معمولاً Δm_1 منفی خواهد بود، این نشان می‌دهد که آهن‌ربا وزنه را کمی جذب می‌کند.

۳- نیروی F_1 از $F_1 = -\Delta m_1 \times g$ تعیین می‌شود.

چ- این اندازه‌گیری باید با آهن‌ربای وارونه (سر و ته شده)، تکرار شود.

۱- فاصله Z_0 ثابت نگه داشته شود.

۲- دستگاه را صفر کنید.

۳- دوباره، وزنه را روی میز معمولاً سه بار مستقیماً بالای آهن‌رباها قرار دهید. مطمئن شوید که وزنه در مرکز است.

۴- زمان بارگذاری، زمان انجام قرائت و زمان جابجا کردن بار را ثبت نمایید.

۵- Δm_2 را از قرائت‌های مکرر محاسبه کنید. معمولاً Δm_2 منفی خواهد بود اما می‌تواند بطور قابل توجهی از Δm_1 اختلاف داشته باشد.

۶- نیروی F_2 از $F_2 = -\Delta m_2 \times g$ تعیین می‌شود.

ح- مراحل پ تا چ را تکرار کنید.

ب-۶-۴-۶ محاسبات

پذیرفتاری مغناطیسی χ و مغناطش دائمی M_z وزنه را به وسیله وارد کردن پارامترهای مختلف در معادلات زیر محاسبه کنید. همیشه از پذیرفتاری هوا صرف‌نظر می‌شود.

ب-۶-۴-۶-۱ اگر F_1 و F_2 اندازه‌گیری شود، عبارت پذیرفتاری مغناطیسی بصورت زیر بیان می‌شود:

$$\chi = \frac{F_a}{I_a \times F_{max} - 0.4F_a} \quad (\text{ب-۶-۴-۶})$$

که در آن:

$$F_{max} = \frac{3\mu_o}{64\pi} \times \frac{m_d^2}{Z_o^4} \quad (\text{ب-۶-۴-۵})$$

$$(\text{ب-۶-۴-۶})$$

$$F_a = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

قطبش مغناطیسی:

$$\mu_o M_z = \frac{F_b}{\frac{m_d}{Z_o} \times \frac{1}{4\pi} \times I_b} - \frac{\chi}{1 + 0.23\chi} B_{EZ} \quad (\text{ب-۶-۴-۷})$$

که در آن:

$$F_a = \frac{F_1 - F_2}{2} \quad (\text{ب-۶-۴-۸})$$

B_{EZ} مؤلفه عمودی القاء مغناطیسی محیطی در آزمایشگاه است. معمولاً B_{EZ} می‌تواند به عنوان مؤلفه عمودی القاء مغناطیسی زمین در محل آزمایشگاه در نظر گرفته شود، در حالتی که $-48\mu T < B_{EZ} < 60\mu T$ به عرض جغرافیایی بستگی دارد. مقدار B_{EZ} در استوا صفر است و در قطبها بیشینه مقدار را دارد. علامت B_{EZ} در نیمکره شمالی مثبت و در نیمکره جنوبی منفی است.

ب-۶-۴-۶-۲ ضرایب تصحیح هندسی، I_a و I_b معادلات بالا به ترتیب داده شده‌اند:

$$I_a = 1 - \left[\frac{Z_o}{Z_I} \right]^4 - \frac{1 + \frac{(R_w/Z_o)^2}{3}}{\left[1 + \left(\frac{R_w}{Z_o} \right)^2 \right]^3} + \left[\frac{Z_o}{Z_I} \right]^4 \times \frac{1 + \frac{(R_w/Z_I)^2}{3}}{\left[1 + \left(\frac{R_w}{Z_I} \right)^2 \right]^3} \quad (\text{ب-۶-۴-۹})$$

9

$$I_b = 2\pi \left[\frac{\left(\frac{R_w}{Z_o} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{R_w}{Z_o} \right)^2 \right]^{3/2}} - \frac{\left(\frac{R_w}{Z_o} \right)^2 / \left(\frac{Z_I}{Z_o} \right)^3}{\left[1 + \left(\frac{R_w/Z_o}{Z_I/Z_o} \right)^2 \right]^{3/2}} \right] \quad (\text{ب-۶-۴-۱۰})$$

برای اطلاعات بیشتر در مورد I_a و I_b به مرجع [۱] مراجعه کنید. از پذیرفتاری هوا می‌توان در تمام مراحل عملی صرف‌نظر کرد.

ب-۶-۴-۳ فرمول‌های بالا برای وزنه استوانه‌ای است. در صورتیکه وزنه به شکل استوانه کامل نباشد، تصحیحات اضافی یا یک عدم‌قطعیت بزرگتر ممکن است لازم باشد. برای مثال محاسبات بیشتر برای وارد کردن گوشه ته (وزنه)، دکمه و غیره ضروری است همان طور که در مرجع [۱] با جزئیات آمده است. تصحیحات برای اثرات این شکل در مورد کوچکترین وزنه‌ها ($2g$)، بزرگترین مقدار را دارد که بالغ بر حدود ۱۰ درصد است.

ب-۶-۴-۷ عدم‌قطعیت

عدم‌قطعیت این روش اجرایی، برای پذیرفتاری مغناطیسی در گستره‌ی ۱۰ درصد تا ۲۰ درصد است. مقدار عدم‌قطعیت وابسته به این روش برای وزنه‌های کوچک، بزرگتر است [۱۷، ۱۸، ۴۰].

ب-۶-۴-۸ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرمهای استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 "شکل گزارش آزمون" ثبت کنید.

ب-۶-۵ پذیرفتاری مغناطیسی، روش جذب کردن

ب-۶-۵-۱ اصول آزمون

کمیتی که به وسیله این روش اندازه‌گیری می‌شود تراوایی مغناطیسی نسبی است، که به وسیله مقایسه نیروی مغناطیسی اعمال شده توسط یک آهن‌ربای دائمی بر روی جرم استاندارد که با یک نیرویی که متناسب با نفوذپذیری استاندارد است، تعیین می‌شود (به شکل ب-۲ مراجعه کنید). پذیرفتاری مغناطیسی با استفاده از معادله رابطه بین پذیرفتاری مغناطیسی نسبی و پذیرفتاری مغناطیسی محاسبه می‌شود $(\mu_r = 1 + \chi)$.

این روش ممکن است برای وزنه‌های ۲۰ گرم و بزرگتر و برای وزنه‌های E_2 تا F_2 استفاده شود [۱۰ و ۹] (همچنین به جدول ب-۳ مراجعه کنید). معمولاً دستگاه‌های در دسترس برای این روش ممکن است فقط برای تعیین تراوایی مغناطیسی در گستره‌ی $1.01 \leq \mu_r \leq 2.5$ ($0.01 \leq \chi \leq 1.5$) استفاده شوند.

ب-۶-۵-۲ ملاحظات کلی

یک ایراد این روش، مشکل کالیبراسیون دستگاه‌های مورد استفاده است.

هشدار: احتمال دارد این روش اجرایی، مغناطش دائمی در وزنه مورد آزمون ایجاد نماید.

آهن‌ربا، وزنه یا ماده‌ی مرجع، هر کدام که دارای تراوایی مغناطیسی بزرگتری است را، جذب می‌کند.

ب-۶-۵-۳ لوازم

الف- یک آهن‌ربا که روی یک تکیه‌گاه با یک وزنه تعادل در حال تعادل است (شکل ب-۲)؛

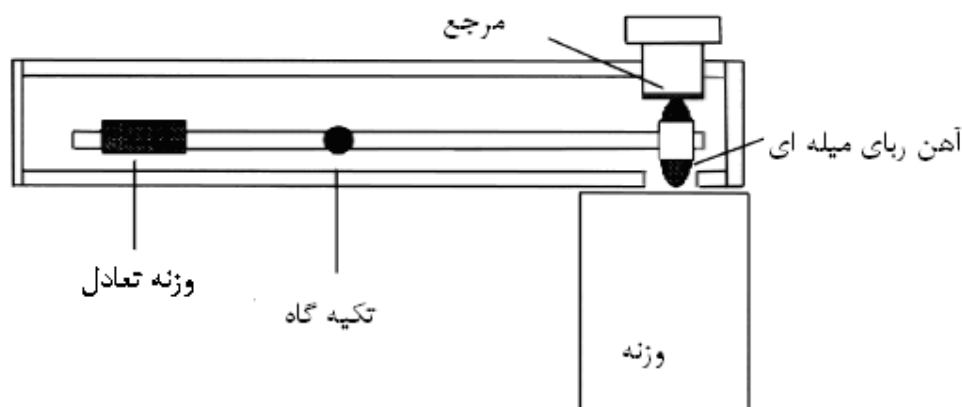
ب- ماده‌ی مرجع با تراوایی مغناطیسی معلوم؛

پ- وسایلی برای جابجا کردن وزنه‌ها (مانند دستکش آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی)؛

ت- اتاق با نور کافی.

ب-۶-۵-۴ شمای کلی دستگاه

در شکل ب ۲ دستگاه اندازه‌گیری اثرپذیری مغناطیسی نشان داده شده است. معمولاً دستگاه شامل مجموعه‌ای از مواد مرجع که ممکن است مورد استفاده قرار گیرند، می‌باشد.



شکل ب ۲- دستگاه اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی، روش جذب

ب-۶-۵-۵ روش اجرایی اندازه‌گیری

- الف- یک ماده‌ی مرجع مناسب با تراوایی مغناطیسی نسبی مناسب در دستگاه قرار دهید.
 - ب- دستگاه را در یک وضعیت ثابت با آهن‌ربایی که سر آن رو به پایین است، نصب کنید.
 - پ- وزنه را به سمت دستگاه حرکت دهید (آهن‌ربای میله‌ای با ماده‌ی مرجع معلوم) تا اینکه با دستگاه تماس یابد.
 - ت- سپس وزنه را به آرامی از دستگاه جدا کنید.
 - ث- اگر آهن‌ربای میله‌ای وزنه را جذب کرده باشد، آنگاه نفوذپذیری نسبی وزنه بیشتر از ماده‌ی مرجع است.
 - ج- این آزمون باید در وضعیت‌های مختلف روی سر و هم ته وزنه انجام شود.
- برای برقراری قابلیت ردیابی در تعیین پذیرفتاری، روش اجرا باید با اندازه‌گیری‌هایی روی یک نمونه با پذیرفتاری معلوم تکرار شود (برای مثال همانطور که به وسیله پذیرفتارسنج در بند ب-۶-۴ تعیین شده است).

ب-۶-۵-۶ عدم قطعیت

این دستگاه دارای عدم قطعیت وابسته‌ی نفوذپذیری تقریباً 0.3% درصد (30% درصد در پذیرفتاری) در پایین‌ترین نفوذپذیری ($\mu_r=1.01$) و 8% درصد (13% درصد در پذیرفتاری) در بالاترین نفوذپذیری ($\mu_r=2.5$) است. روش اجرای اندازه‌گیری ممکن است عدم قطعیت‌های بزرگی باشد [۱۰].

ب-۶-۵-۷ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرمهای استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 "شکل گزارش آزمون" ثبت کنید.

ب-۶-۶ پذیرفتاری مغناطیسی، روش فلاکس گیت^۱

ب-۶-۶-۱ اصول آزمون

این روش، تراوایی مغناطیسی نسبی یک شیء را با استفاده از مغناطیس سنج فلاکس گیت با یک پراب نفوذپذیری شامل یک آهن ربای دائمی که نزدیک شیء قرار می گیرد، تعیین می کند [۱۱].
هشدار: احتمال دارد که این روش اجرایی موجب مغناطش دائمی وزنه مورد آزمون شود.

ب-۶-۶-۲ ملاحظات کلی

معمولاً دستگاه های مورد استفاده در این روش ممکن است برای تعیین تراوایی مغناطیسی در گستره ی $1.0001 \leq \mu_r \leq 2.00$ ($0.0001 \leq \chi \leq 1.00$) استفاده شود. برای برقراری قابلیت ردیابی در این روش های اجرایی، روش اجرا باید با اندازه گیری هایی روی یک نمونه با پذیرفتاری معلوم تکرار شود (مانند ماده ی مرجع مناسب دارای گواهی نامه از یک آزمایشگاه صلاحیت دار).

ب-۶-۶-۳ لوازم

- الف- یک مغناطیس سنج فلاکس گیت با پراب نفوذپذیری شامل آهن ربای دائمی؛
- ب- ماده ی مرجع با تراوایی مغناطیسی معلوم؛
- پ- وسایلی برای جابجا کردن وزنه ها (مثلاً دستکش آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس های آزمایشگاهی)؛
- ت- اتاق با نور کافی.

ب-۶-۶-۴ روش اجرایی اندازه گیری

به مشخصات سازنده مراجعه کنید.

ب-۶-۶-۵ عدم قطعیت

این دستگاه دارای عدم قطعیت وابسته ی نفوذپذیری تقریباً ۰/۲ درصد (از ۴۰ درصد تا ۴ درصد در پذیرفتاری) در گستره ی $1.005 \leq \mu_r \leq 1.05$ ($0.005 \leq \chi \leq 1.05$) است [۱۱]. به مشخصات سازنده مراجعه کنید.

ب-۶-۶-۶ ثبت نتایج

نتایج اندازه گیری در فرم های استاندارد بین المللی OIMLR111-2 "شکل گزارش آزمون" ثبت کنید.

ب-۶-۷ روش های پیشنهادی برای تعیین مغناطش و پذیرفتاری با توجه به رده و اندازه (ابعاد) وزنه

ب-۶-۷-۱ اندازه گیری ها باید روی وزنه های پرداخت شده انجام شوند.

ب-۶-۷-۲ ۲ گوس متر (بند ب-۶-۲) می تواند برای تعیین مغناطش تمام رده های درستی، حس گر حال برای مقادیر نامی یک گرم و بزرگتر از آن، و فلاکس گیت برای مقادیر نامی ۱۰۰ g و بزرگتر از آن استفاده شود.

ب-۶-۷-۳ جداول ب ۳ الف، ب، و پ روش های اجرایی پیشنهادی برای رده های مختلف وزنه است.

جدول ب ۳ (الف) - مغناطش دائمی، روش پذیرفتاری سنج

اندازه‌ی وزنه	رده
$\geq 20 \text{ g}$	وزنه‌های E_1, E_2, F_1 و F_2 بدون حفره‌ی تنظیم
$2 \text{ g} \leq m \leq 20 \text{ g}$	E_1, E_2 و F_1
$\leq 2 \text{ g}$	E_1 و E_2

جدول ب ۳ (ب) - پذیرفتاری

رده‌ی F ₂	رده‌ی F ₁	رده‌ی E ₂	رده‌ی E ₁	اندازه‌ی وزنه		
F A S*	F A S*			۵۰۰۰kg		
				۲۰۰۰kg		
		F A S*		۱۰۰۰kg		
				۵۰۰kg		
				۲۰۰kg		
				۱۰۰kg		
F A S	F A S	F A S	S F	۵۰kg		
				۲۰kg		
				۱۰kg		
				۵kg		
				۲kg		
				۱kg		
				۵۰۰g		
				۲۰۰g		
				۱۰۰g		
A S	A S	S	S	۵۰g		
				۲۰g		
Sp	Sp					۱۰g
						۵g
						۲g
		۱g				
		۵۰۰mg				
				Sp	Sp	۲۰۰mg
						۱۰۰mg
						۵۰mg
						۲۰mg
						۱۰mg
۵mg						
۲mg						
۱mg						

Sp ویژگی جنس (ب- ۶- ۳)

S پذیرفتارسنج برای وزنه‌هایی که حفره تنظیم ندارند (ب- ۶- ۴)

A روش جذب (ب- ۶- ۵)

F شارنما + مغناطیسی دائمی (ب- ۶- ۶)

S* روشهای F و A برای وزنه‌های رده‌ی E₂ از ۱۰۰ kg تا ۱۰۰۰ kg توصیه می‌شود. برای اینکه در ایجاد روش مناسب تلاش فراوان می‌شود و انجام اندازه‌گیریهای اثرپذیرسنجی در مقایسه با روشهای F و A برای وزنه‌های رده‌ی E₂ از ۱۰۰ kg تا ۱۰۰۰ kg دارای مزایای بیشتری است. روش پذیرفتارسنجی برای وزنه‌های چند قطعه‌ای توصیه نمی‌شود.

جدول ب ۳ (پ) - مغناطیسی شدن دائمی، گوس‌متر (ب- ۶- ۲)

اندازه‌ی وزنه	رده‌ی درستی
(حس گر هال) $\geq 1\text{ g}$	M ₃ , M ₂₋₃ , M ₂ , M ₁₋₂ , M ₁ , F ₂ , F ₁ , E ₂ , E ₁
(فلاکس گیت) $\geq 100\text{ g}$	

ب- ۷ چگالی

ب- ۷- ۱ مقدمه

حدود چگالی وزنه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. ۶ روش پذیرفته شده برای تعیین چگالی وزنه‌ها در زیر ارائه شده است. روش دیگر، برای مثال توزین با ترازویی که در حال غوطه‌وری در سیال فلور و کربن است [۱۲]، یا استفاده از یک حجم سنج صوتی [۱۴، ۱۳]، در صورتیکه اعتبار آنها با مدارک مناسبی که به گزارش آزمون ضمیمه شده، اثبات شود.

در روشهای آزمون A، B، C و D از آب یا مایع مناسب دیگر برای آزمون به عنوان چگالی مرجع استفاده می‌شود. روشهای E و F برای وزنه‌های رده‌ی پایین‌تر مناسب است، و در صورتی که شناوری در مایع غیر قابل قبول باشد. جدول ب ۴ خلاصه‌ای از روشهای تعیین چگالی است. جدول ب ۸ (در انتهای بند ب- ۷) روشهای پیشنهادی را برای تعیین چگالی بر حسب رده ارائه می‌دهد.

جدول ب ۴ - روشهای تعیین چگالی

روش	توضیح
A	درست‌ترین روش است. روش هیدروستاتیک که وزنه‌ی آزمون با وزنه مرجع هم در هوا و هم در مایع با چگالی مشخص مقایسه می‌شود.
B	سریع‌ترین و مناسب‌ترین روش است. توزین وزنه در آب و تأیید اینکه نشان‌دهی ترازو در محدوده مقادیر جدول‌بندی شده است، یا محاسبه چگالی به وسیله نشان‌دهی ترازو و جرم واقعی مشخص وزنه آزمون.
C	تعیین جرم و حجم وزنه آزمون بطور جداگانه. تعیین حجم از طریق افزایش نشان‌دهی ترازو هنگامیکه وزنه در یک حمام آبی که بر روی کفه‌ی ترازو قرار دارد، معلق است.

جدول ب ۴- روشهای تعیین چگالی - ادامه

روش	توضیح
D	این روش برای وزنه‌های بیش از ۱kg مناسب است. توزین مخزن آزمون پر از مایع با ظرفیت حجمی مشخص با وزنه آزمون و بدون آن.
E	این روش برای وزنه‌هایی مناسب است که دارای حفره هستند و نباید در آب شناور شوند. محاسبه حجم از طریق ابعاد وزنه.
F	برآورد چگالی براساس ترکیبات معین آلیاژی که وزنه از آنها ساخته شده است.

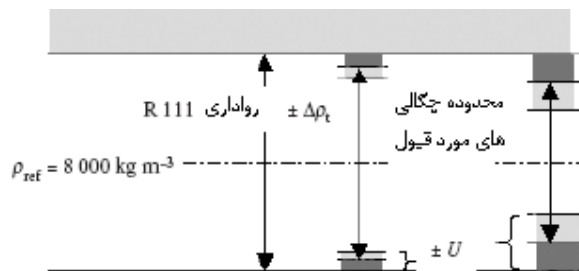
ب-۷-۱-۱ تصدیق حدود چگالی باید با در نظر گرفتن عدم قطعیت مربوط به روش آزمون مورد استفاده، انجام شود. جدول ب ۵ برآورد کلی از عدم قطعیت‌های مربوط به هر یک از روشها را نشان می‌دهد. برای هر وزنه، با عدم قطعیت بسط یافته، U (به ازای $k=2$)، چگالی باید در محدوده‌ی زیر باشد:

$$\rho_{\min} + U \leq \rho \leq \rho_{\max} - U \quad (\text{ب-۷-۱-۱})$$

اگرچه، در صورتیکه بتوان عدم قطعیت چگالی (وزنه) آزمون را در حد پایین نگه‌داشت یک گستره‌ی افزایشی از نتایج را می‌توان برای تأیید پذیرفت، همانطور که در شکل ب ۳ نشان داده شده است. با کار دقیق می‌توان عدم قطعیت‌های پایین‌تری را بدست آورد.

جدول ب ۵- عدم قطعیت‌های برآورد شده نمونه، U (به ازای $k=2$) به وسیله روش و اندازه وزنه (بر حسب kgm^{-3})

روش	۵۰kg	۱kg	۱g
A1	-	۱/۵	۶۰
A2/A3	-	۳	۶۰
B1	۵	۵	۶۰
B2	۲۰	۲۰	۶۰
C	۱۰	۱۰	۱۰۰
D	۵	۱۰	-
E	۳۰	۴۰	۶۰۰
F	۱۳۰ تا ۶۰۰		



شکل ب ۳- رواداری چگالی و حدود تصدیق در نتیجه عدم قطعیت اندازه گیری

ب-۷-۲ ملاحظات کلی

ب-۷-۲-۱ دمای مرجع

دمای مرجع برای بیان چگالی 20°C است. اگر اندازه گیری در دمای متفاوتی انجام شود (دماهای دیگر آزمایشگاه استاندارد 23°C یا 27°C است)، چگالی باید برای 20°C با استفاده از ضریب انبساط حجمی مواد، γ ، مجدداً محاسبه شود. اگر γ بوضوح مشخص نباشد، برای وزنه های (از جنس) فولاد زنگ نزن استفاده از مقدار $\gamma = 50 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ توصیه می شود.

$$\rho(t_{ref}) = \rho(t_{meas}) \times [1 + \gamma(t_{meas} - t_{ref})] \quad (\text{ب-۷-۲-۱})$$

عدم قطعیت اندازه گیری:

(ب-۷-۲-۲)

$$u^2(\rho(t_{ref})) = u^2(\rho(t_{meas})) \left[\left(\frac{\rho(t_{ref})}{\rho(t_{meas})} \right)^2 + u^2(\gamma) \rho^2(t_{meas}) (t_{meas} - t_{ref})^2 + u^2(t_{meas}) \rho^2(t_{meas}) \gamma^2 \right]$$

ب-۷-۲-۲ الزامات تصدیق برای وزنه های کوچک

چگالی وزنه های کوچک که در جدول ۵ مقادیر محدودی برای آنها ارائه نشده، نیاز به بررسی ندارند. چگالی وزنه هایی با جرم کمتر از یک گرم باید طبق روش F (به بند ب-۷-۹ مراجعه کنید) با توجه به اطلاعات سازنده در مورد موادی که وزنه ها از آن ساخته شده اند، در نظر گرفته شود.

ب-۷-۲-۳ مایع شناوری

مایع شناوری نباید تأثیر نامطلوب بر روی وزنه‌ها داشته باشد. آب مقطر و آب بدون هوا (هواگیری شده)، بدلیل اینکه چگالی آن تابع مشخصی از دما است [۱۵][۱۶]^۱ و خلوص آن به آسانی قابل کنترل است [۱۷]^۲، مناسب است.

در معادلات این بخش، چگالی مایع ثابت فرض می‌شود.

برای محاسبه دستی که با استفاده از ماشین حساب انجام می‌شود، در جدول ۶ بعضی مقادیر چگالی آب فهرست شده است. چگالی هوا می‌تواند با استفاده از فرمول تقریبی (ث-۳-۱) محاسبه شود.

جدول ۶- چگالی آب

$\Delta\rho/\Delta t_i$ $\text{kgm}^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	ρ_i kgm^{-3}	t_i $^{\circ}\text{C}$
	۹۹۸/۵۹۳	۱۸/۰
-۰/۱۹۰	۹۹۸/۴۹۹	۱۸/۵
	۹۹۸/۴۰۲	۱۹/۰
-۰/۲۰۱	۹۹۸/۳۰۳	۱۹/۵
	۹۹۸/۲۰۱	۲۰/۰
-۰/۲۱۲	۹۹۸/۰۹۶	۲۰/۵
	۹۹۷/۹۸۹	۲۱/۰
-۰/۲۲۲	۹۹۷/۸۷۹	۲۱/۵
	۹۹۷/۷۶۷	۲۲/۰
-۰/۲۳۲	۹۹۷/۶۵۲	۲۲/۵
	۹۹۷/۵۳۵	۲۳/۰
-۰/۲۴۲	۹۹۷/۴۱۵	۲۳/۵
	۹۹۷/۲۹۳	۲۴/۰

ب-۷-۲-۴ نفوذ آب در حفره تنظیم

وزنه‌های دارای حفره تنظیم نباید در آب شناور شوند چون ممکن است آب در طی اندازه‌گیری وارد حفره شود. این امر بر روی چگالی و هم بر روی جرم وزنه اثر گذاشته و برای پایداری جرم وزنه مضر است. در وزنه‌های دارای حفره، اولین انتخاب، تعیین حجم هندسی آن است. اگرچه بعد از آن همه آب را می‌توان تخلیه کرد، توزین هیدروستاتیک باید با حفره باز که با دقت هواگیری شده، انجام شود.

۱- وزنه‌ای که قبل از آزمون تمیز نشده باشد، ممکن است بعد از غوطه‌وری در آب خالص و در ادامه برقراری تعادل وزن کمتری را نشان دهد.

۲- استفاده از مایعات دیگر با چگالی مشخص و ثابت مجاز است. برای بدست آوردن عدم قطعیت‌های کوچک اندازه‌گیری، کار در شرایط دمایی ثابت و مشخص ضروری است (و) این امر از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد اگر از مایعی با ضریب انبساط حرارتی بالاتر از آب استفاده شود.

ب-۷-۲-۵ تخلیه هوا

برای اندازه‌گیری‌های صحیح در آب، از بین بردن حباب‌های هوا از وزنه و نگهدارنده‌ی آن بسیار مهم است. این امر برای دیواره‌های حمام مایع در روش‌های C و D به ویژه اگر وزنه‌های کوچک بررسی شوند، نیز صادق است.^۱

یک روش عملی برای کاهش خطر احتمالی حباب‌های هوا، هواگیری کردن آب و وزنه داخل آن به وسیله اعمال فشار پایین‌تر از جو در داخل اتاقک به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه است.^۲

ب-۷-۲-۶ نگهدارنده‌ی وزنه و سیم آویز

قرار دادن وزنه در آب به وسیله نگهدارنده ممکن است باعث آسیب دیدن وزنه و حمام (شیشه) شود. بهتر است وزنه و نگهدارنده‌ی آن را با هم غوطه‌ور کنیم.

اگر وزنه و نگهدارنده‌ی آن بطور مجزا در آب فرو برده شوند، حباب‌های هوا بهتر آشکار می‌شوند. از نگهدارنده‌های استفاده کنید که بتوانند مانع افتادن وزنه شوند. اگر عدم قطعیت اندازه‌گیری پایینی مورد نیاز باشد، سیم آویز بهتر است باریک و تمیز باشد و از سطح مشترک هوا و آب با زاویه‌ی قائمه عبور کند.^۳

ب-۷-۲-۷ جرم یا جرم قراردادی

در فرمول زیر جرم را می‌توان به عنوان جرم قراردادی و برعکس در نظر گرفت، زیرا با توجه به عدم قطعیت بدست آمده و مورد نیاز برای چگالی یک وزنه، اختلاف بین مقادیر جرم و جرم قراردادی آن در عدم قطعیت چگالی وزنه وارد نمی‌شود. به همین دلیل مقدار نامی می‌تواند برای جرم و جرم قراردادی یک وزنه در نظر گرفته شود، اگر بتوان فرض کرد که جرم قراردادی وزنه، بیشینه خطای مجاز متناظر در جدول یک را برآورده می‌نماید.

ب-۷-۲-۸ خشک کردن وزنه

پس از بیرون آوردن وزنه از حمام آب، مقدار زیادی از آب خیلی سریع از سطح وزنه می‌ریزد و قطرات باقی مانده بهتر است با یک دستمال نرم خشک شود. برای پایداری، وزنه را می‌توان زیر یک پوشش مناسب قرار داد (یک بشر وارونه با فاصله از سطح برای تهویه هوا).

ب-۷-۳ اندازه‌گیری قطعه‌ی آزمون

برای اندازه‌گیری چگالی می‌توان از یک قطعه آزمون از جنس فلزی که وزنه از آن ساخته شده، استفاده کرد. این قطعه آزمون تا حد امکان شبیه وزنه در نظر گرفته می‌شود و دارای حجم و شکل مناسب برای اندازه‌گیری چگالی آن است. زبری قطعه آزمون برابر یا کوچکتر از زبری وزنه باشد. چگالی وزنه برابر با چگالی قطعه

۱- برای مثال، در مورد وزنه ۲۰ mg، تغییر ۲۰ μg در قرائت ترازو منجر به اختلاف در نتیجه چگالی از ۸۰ kgm⁻³ خواهد شد.

۲- چگالی هوای اشباع شده با آب تقریباً ۰/۰۰۲۵ kgm⁻³ کمتر از آب بدون هوا (مقطر) است.

۳- روش مقایسه‌ای را در نظر می‌گیریم که نگهدارنده بعلاوه سیم آویز غوطه‌ور، آب را جابجا کند و بیشتر نیروی اضافی در نتیجه تشکیل تفرع در سطح مشترک هوا و آب را جبران نماید. در اکثر موارد سیم به قطر ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر برای وزنه‌ی بیش از ۲ kg مناسب است.

آزمون فرض می‌شود. عدم قطعیت استاندارد این مقدار به وسیله ترکیب مؤلفه‌ی عدم قطعیت استاندارد نسبی، برابر با 5×10^{-5} ، با عدم قطعیت استاندارد قطعه آزمون بدست می‌آید.

ب-۷-۴ روش آزمون A (مقایسه هیدروستاتیکی)

این روش را می‌توان به ۳ طریق مختلف انجام داد:

روش A_1 (دو وزنه مرجع متفاوت توزین شده در هوا):

مقایسه بین وزنه آزمون و مرجع در هوا و مقایسه بین وزنه آزمون در مایع و وزنه مرجع دوم در هوا؛

روش A_2 (وزنه‌های مرجع توزین شده در هوا و در مایع):

مقایسه بین وزنه آزمون و مرجع در هوا و مقایسه بین وزنه آزمون و (همان مرجع یا مرجع دیگر)، هر دو در مایع؛ یا

روش A_3 (توزین مستقیم):

توزین وزنه‌ی آزمون در هوا و مایع با استفاده از نشان‌دهی ترازو بجای جرم وزنه‌های مرجع.

ب-۷-۴-۱ لوازم

الف- ترازو (های) آزمایشگاهی با ظرفیت کافی و تفکیک‌پذیری بالا، مجهز بوسیله‌ای برای توزین بار آویزان شده از زیر ترازو (به شکل ب ۴ مراجعه کنید)؛

ب- حمام آب با قابلیت کنترل دما بین $20^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ؛

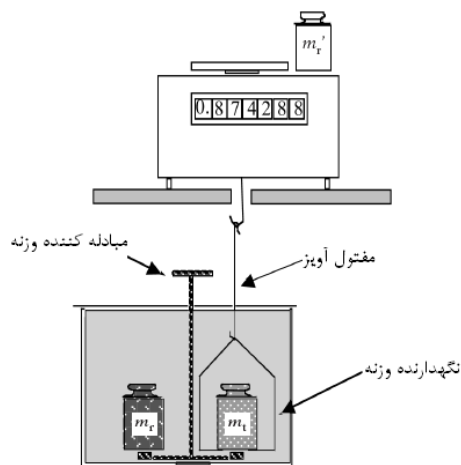
پ- مفتول‌های آویز و نگهدارنده‌ی وزنه برای اندازه‌های مختلف وزنه؛

ت- ساز و کار بارگیری و تخلیه بار نگهدارنده‌ی وزنه در آب؛

ث- استانداردهای جرم با چگالی معلوم؛

ج- ابزارهایی برای جابجایی وزنه (نظیر: دستکش آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی)؛

چ- اتاق با نور کافی.



شکل ب ۴- شمای روش A

ب-۷-۴-۲ روش A_1 (دو وزنه مرجع متفاوت توزین شده در هوا)

ب-۷-۴-۲-۱ روش انجام اندازه‌گیری

چگالی مایع، ρ_l ، و چگالی هوا، ρ_a را در زمان آزمون تعیین کنید:

الف- اولین توزین (وزنه آزمون در هوا):

۱- وزنه آزمون (m_{ta}) را در هوا (با چگالی ρ_a) وزن کنید؛

۲- نشان‌دهی (I_{ta}) را ثبت کنید؛

۳- وزنه (m_{ta}) را با دقت بردارید.

ب- دومین توزین (وزنه مرجع در هوا):

۱- وزنه مرجع (m_{ra}) را در هوا (با چگالی ρ_a) وزن کنید؛

۲- نشان‌دهی (I_{ra}) را ثبت کنید؛

۳- وزنه (m_{ra}) را با دقت بردارید.

پ- سومین توزین (وزنه آزمون در مایع):

۱- وزنه آزمون (m_{tl}) را در حمام مایع (با چگالی ρ_l) وزن کنید؛

۲- نشان‌دهی (I_{tl}) را ثبت کنید؛

۳- وزنه (m_{tl}) را با دقت بردارید.

ت- چهارمین توزین (وزنه مرجع دوم در هوا):

۱- وزنه مرجع (m_{rl}) را در هوا (با چگالی ρ_{al}) وزن کنید؛

۲- نشان‌دهی (I_{rl}) را ثبت کنید؛

۳- وزنه (m_{rl}) را با دقت بردارید.

وزنه مرجع دوم (m_{rl}) معمولاً ترکیبی از وزنه‌ها است بطوریکه نشان‌دهی ترازو نزدیک به نشان‌دهی ترازو برای وزنه غوطه‌ور باشد.

ب-۷-۴-۲-۲ محاسبات

نمادهای m_{rl} و ρ_{rl} به ترتیب جرم کل ترکیب و چگالی مؤثر را نشان می‌دهد. چگالی مؤثر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_{rl} = \sum_i m_{rli} / \sum_i V_{rli} \quad (\text{ب-۷-۴-۱})$$

که V_{rli} حجم وزنه‌ها است. بنابراین چگالی وزنه آزمون، ρ_t به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_{al} m_{rl} + \Delta m_{wl})}{C_a m_{ra} + \Delta m_{wa} - C_{al} m_{rl} - \Delta m_{wl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۲})$$

با:

$$C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ra}} \quad (\text{ب-۷-۴-۳})$$

$$C_{al} = 1 - \frac{\rho_{al}}{\rho_{rl}} \quad (\text{ب-۴-۷-۴})$$

$$\Delta m_{wa} = (I_{ta} - I_{ra}) C_s \quad (\text{ب-۴-۷-۵})$$

$$\Delta m_{wl} = (I_{tl} - I_{rl}) C_s \quad (\text{ب-۴-۷-۶})$$

$$C_s = 1 - \frac{\rho_{as}}{\rho_s} \quad (\text{ب-۴-۷-۷})$$

نماد ρ_s چگالی وزنه حساسیت و ρ_{as} چگالی هوا در زمانی که ترازو کالیبره شده است، می باشد.

عدم قطعیت نسبی:

(ب-۴-۷-۸)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(\rho_{al}) \frac{u(\rho_{al})}{\rho_{al}} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(c(\rho_{ra}) \frac{u(\rho_{ra})}{\rho_{ra}} \right)^2 + \left(c(\rho_{rl}) \frac{u(\rho_{rl})}{\rho_{rl}} \right)^2 +$$

$$c^2(m_r) \left[\left(2 \frac{u(m_r)}{m_r} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{rl}} \right)^2 + \left(\frac{u(m_{cap})}{m_{rl}} \right)^2 \right]$$

با:

(ب-۴-۷-۹) در اکثر موارد قابل صرف نظر کردن است)

$$c(\rho_a) = -\frac{\rho_a}{\rho_t} \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_{ra}} \right) \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_l} \right) \quad c(\rho_{al}) = \frac{\rho_{al}}{\rho_l \rho_{rl}} (\rho_l - \rho_t) \quad (\text{ب-۴-۷-۱۰})$$

$$c(\rho_{ra}) = \frac{\rho_a}{\rho_l \rho_{ra}} (\rho_t - \rho_l) \quad (\text{ب-۴-۷-۱۱})$$

$$c(\rho_{rl}) = -c(\rho_{al}) = \frac{\rho_{al}}{\rho_l \rho_{rl}} (\rho_t - \rho_l) \quad (\text{ب-۴-۷-۱۲})$$

$$c(m_r) = \frac{(\rho_t - \rho_l)}{\rho_l} \quad (\text{ب-۷-۴-۱۳})$$

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{ra})}{m_{ra}} + \frac{u(m_{rl})}{m_{rl}} \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۱۴})$$

فرض می‌شود که جرم و چگالی وزنه‌های مرجع با هم مرتبط هستند.

$u(m_{cap})$ عدم قطعیت ناشی از اثر کشش سطحی روی سیم آویز است (با سیمی که دارای قطر یک میلیمتری است، بیشینه اثر ۲۳ میلی گرمی مجاز است؛ اگر قطر سیم یک دهم میلیمتر باشد، اثر ۲/۳ میلی گرمی مجاز است).

در دمای نزدیک 20°C ، عدم قطعیت چگالی آب تقریباً با عدم قطعیت دمای آن، t_r بر حسب $^\circ\text{C}$ (دمای آب) مرتبط است، همانطور که در زیر آمده:

$$\left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 = \left(-4.1 \times 10^{-3} \frac{u(t_l)}{t_l} \right)^2 \quad (\text{ب-۷-۴-۱۵})$$

عدم قطعیت‌های کمتر از 0.05 kgm^{-3} ممکن است از معادله (ب-۷-۴-۲) بدست آید.

در اکثر موارد، ضرایب تصحیح شناوری C_a ، C_{al} و C_s بطور قابل توجهی با هم اختلاف ندارند و می‌توان آنها را برابر با یک در نظر گرفت، در نتیجه معادله (ب-۷-۴-۲) به صورت زیر ساده می‌شود:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a (m_{rl} + \Delta m_{wl})}{m_{ra} + \Delta m_{wa} - m_{rl} - \Delta m_{wl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۱۶})$$

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + c^2(m_r) \left[\left(2 \frac{u(m_r)}{m_r} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}} \right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{rl}} \right)^2 + \left(\frac{u(m_{cap})}{m_{rl}} \right)^2 + u_C^2 \right]$$

با:

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{ra})}{m_{ra}} + \frac{u(m_{rl})}{m_{rl}} \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۱۸})$$

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left(\frac{\rho_t}{\rho_l} - 1 \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۱۹})$$

$$|c(m_r)| = \frac{(\rho_t - \rho_l)}{\rho_l} \quad (\text{ب-۷-۴-۲۰})$$

$$u_C = \left(\frac{\rho_t}{\rho_l} - 1 \right) \left(\frac{\rho_a}{\rho_{ra}} - \frac{\rho_{al}}{\rho_{rl}} \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۲۱})$$

از معادله (ب-۷-۴-۱۶) می‌توان عدم قطعیت‌های کمتر از 0.2 kgm^{-3} را بدست آورد.

ب-۷-۴-۳ روش A_2 (وزنه‌های مرجع توزین شده در هوا و مایع)

ب-۷-۴-۳-۱ روش انجام اندازه‌گیری

این روش مشابه روش زیربند ب-۷-۴-۲-۱ است با این تفاوت که:

ت- چهارمین توزین (وزنه مرجع در مایع)

۱- وزنه مرجع (m_{rl}) را در مایع وزن کنید؛

۲- نشان‌دهی (I_{rl}) را ثبت کنید؛

۳- وزنه (m_{rl}) را با دقت بردارید.

وزنه مرجع (m_{rl}) ممکن است دومین وزنه مرجع یا همان وزنه‌ای که در هوا (m_{ra}) استفاده شده بود، باشد.

ب-۷-۴-۳-۲ محاسبات

بنابراین چگالی وزنه آزمون، ρ_t به وسیله معادله (ب-۷-۴-۲۲) یا معادله (ب-۷-۴-۳۱) محاسبه می‌شود.

۱- هنگامیکه وزنه مرجع واحدی (یکسانی) برای اندازه‌گیری در آب و در هوا استفاده شود، $m_{ra}=m_{rl}=m_r$ و $\rho_{ra}=\rho_{rl}=\rho_r$ بنابراین:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_r + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_l m_r + \Delta m_{wl})}{m_r \frac{\rho_l - \rho_a}{\rho_r} + \Delta m_{wa} - \Delta m_{wl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۲۲})$$

با:

$$C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} \quad (\text{ب-۷-۴-۲۳})$$

$$C_l = 1 - \frac{\rho_l}{\rho_r} \quad (\text{ب-۷-۴-۲۴})$$

تعریف Δm_{wa} و Δm_{wl} به همان صورتی که برای معادله (ب-۷-۴-۲) تعریف شده‌اند، هستند.

عدم قطعیت نسبی:

(ب-۷-۴-۲۵)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t}\right)^2 = \left(c(\rho_a)\frac{u(\rho_a)}{\rho_a}\right)^2 + \left(c(\rho_l)\frac{u(\rho_l)}{\rho_l}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_r)}{\rho_r}\right)^2 + \left(c(m_r)\frac{u(m_r)}{m_r}\right)^2 +$$

$$\left(c(\Delta m_{wa})\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}}\right)^2 + \left(c(\Delta m_{wl})\frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{ra}}\right)^2 + \left(c(\Delta m_{wl})\frac{u(m_{cap})}{m_{ra}}\right)^2$$

با:

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left(\frac{\rho_t - \rho_r}{\rho_l} \right) \quad (\text{در اکثر موارد قابل صرفنظر کردن است}) \quad (\text{ب-۷-۴-۲۶})$$

$$c(\rho_t) = \frac{1}{\rho_t} (\rho_r (1 + \Delta m_{wa} / m_r) - \rho_t) \quad (\text{در اکثر موارد قابل صرفنظر کردن است}) \quad (\text{ب-۷-۴-۲۷})$$

$$c(m_r) = \frac{\rho_r - \rho_t}{\rho_t} \quad (\text{ب-۷-۴-۲۸})$$

$$c(\Delta m_{wa}) = \frac{\rho_r}{\rho_t} \left(\frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_l} \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۲۹})$$

$$c(\Delta m_{wl}) = \frac{\rho_r}{\rho_l} \quad (\text{ب-۷-۴-۳۰})$$

از معادله (ب-۷-۴-۲۲) می توان عدم قطعیت هایی تا 10^{-3} kgm^{-3} را بدست آورد.

۲- وقتی که وزنه های مرجع متفاوتی برای اندازه گیری در مایع و هوا استفاده می شود، $m_{ra} \neq m_{rl}$ و $\rho_{ra} \neq \rho_{rl}$ ، بنابراین:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_l m_{rl} + \Delta m_{wl})}{C_a m_{ra} + \Delta m_{wa} - C_l m_{rl} - \Delta m_{wl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۳۱})$$

با:

$$C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ra}} \quad (\text{ب-۷-۴-۳۲})$$

$$C_l = 1 - \frac{\rho_l}{\rho_{rl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۳۳})$$

عدم قطعیت نسبی:

(ب-۷-۴-۳۴)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t}\right)^2 = \left(c(\rho_a)\frac{u(\rho_a)}{\rho_a}\right)^2 + \left(c(\rho_l)\frac{u(\rho_l)}{\rho_l}\right)^2 + \left(c(\rho_{ra})\frac{u(\rho_{ra})}{\rho_{ra}}\right)^2 + \left(c(\rho_{rl})\frac{u(\rho_{rl})}{\rho_{rl}}\right)^2 +$$

$$c^2(m_r) \left[\left(2\frac{u(m_r)}{m_r}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta m_{wa})}{m_{ra}}\right)^2 \right] + \left(c(\Delta m_{wl})\frac{u(\Delta m_{wl})}{m_{ra}}\right)^2 + \left(c(\Delta m_{wl})\frac{u(m_{cap})}{m_{ra}}\right)^2$$

با:

$$\frac{u(m_r)}{m_r} = \frac{1}{2} \left(\frac{u(m_{ra})}{m_{ra}} + \frac{u(m_{rl})}{m_{rl}} \right) \quad (\text{ب-۷-۴-۳۵})$$

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a}{\rho_t} \left[1 - \frac{\rho_{rl}}{\rho_{ra}\rho_l} (\rho_{ra} - \rho_t + \rho_l) \right] \quad (\text{ب-۷-۴-۳۶}) \quad (\text{در اکثر موارد قابل صرفنظر کردن است})$$

$$c(\rho_l) = \frac{1}{\rho_t} (\rho_{rl} - \rho_t) \quad (\text{ب-۷-۴-۳۷}) \quad (\text{در اکثر موارد قابل صرفنظر کردن است})$$

$$c(\rho_{ra}) = \frac{\rho_{rl}\rho_a}{\rho_l\rho_{ra}\rho_t} (\rho_l - \rho_t) \quad (\text{ب-۷-۴-۳۸})$$

$$c(\rho_{rl}) = \frac{\rho_t}{\rho_{rl}} \quad (\text{ب-۷-۴-۳۹})$$

$$c(m_r) = \frac{\rho_{rl}}{\rho_l} \frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_t} \quad (\text{ب-۷-۴-۴۰})$$

$$c(\Delta m_{wl}) = \frac{\rho_{rl}}{\rho_l} \quad (\text{ب-۷-۴-۴۱})$$

فرض می شود که جرم وزنه های مرجع با هم مرتبط هستند. برای $u(m_{cap})$ به زیر بند (ب-۷-۴-۲-۲) مراجعه کنید. از معادله (ب-۷-۴-۳۱) می توان عدم قطعیت هایی تا 0.1 kgm^{-3} را بدست آورد.

ب-۴-۷-۴ روش A₃ (توزین مستقیم)

به جای روش مقایسه‌ای می‌توان از روش ساده‌ی قرائت مستقیم نشاندهی ترازو، استفاده کرد

ب-۴-۷-۴-۱ روش انجام اندازه‌گیری

این روش مشابه روش زیر بند (ب-۴-۷-۲-۱) است به استثنای مراحل ب و ت که حذف می‌شود.

ب-۴-۷-۴-۲ محاسبات

معادله مناسب برای این وضعیت:

$$\rho_t = \frac{I_{ta} \times \rho_l - I_{tl} \times \rho_a}{I_{ta} - I_{tl}} \quad (\text{ب-۴-۷-۴۲})$$

شرط لازم برای این ساده‌سازی، داشتن یک ترازویی است که کالیبره شده است. بعد از اینکه ترازو را بدون وزنه‌ای بر روی کفه‌ی آن یا بر روی نگهدارنده غوطه‌وری صفر کردیم، I_{ta} و I_{tl} به ترتیب مقادیر نشاندهی ترازو برای وزنه‌ی مورد آزمون در هوا (نمایه‌ی پایین a) و مایع (نمایه‌ی پایین 1) در نظر گرفته می‌شود.

عدم قطعیت نسبی:

(ب-۴-۷-۴۳)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l} \right)^2 + \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(I_{ta}) \frac{u(I_{ta})}{I_{ta}} \right)^2 + \left(c(I_{tl}) \frac{u(I_{tl})}{I_{tl}} \right)^2 + \left(c(I_{tl}) \frac{u(m_{cap})}{I_{tl}} \right)^2 + u_C^2$$

با:

$$c(\rho_a) = \rho_a \frac{\rho_t - \rho_l}{\rho_t \rho_l} \quad (\text{ب-۴-۷-۴۴})$$

$$c(I_{ta}) = \frac{\rho_l - \rho_t}{\rho_l} \quad (\text{ب-۴-۷-۴۵})$$

$$c(I_{tl}) = \frac{\rho_t - \rho_l}{\rho_l} \quad (\text{ب-۴-۷-۴۶})$$

$$u_C = \left(\frac{\rho_t}{\rho_l} - 1 \right) \frac{\rho_a - \rho_{al}}{\rho_{ref}} \quad (\text{ب-۴-۷-۴۷})$$

از معادله (ب-۴-۷-۴۲) می‌توان عدم قطعیت‌هایی تا 0.2 kgm^{-3} را بدست آورد.

ب-۷-۵ روش آزمون B (تصدیق چگالی)

ب-۷-۵-۱ اصول

روش B شکل ساده شده‌ای از روش هیدروستاتیک است و فقط شامل توزین در مایع است. وزنه‌ی مورد آزمون را به وسیله یک سیم نازک با استحکام کافی در آب با چگالی ρ_1 آویزان می‌کنیم. صفحه نمایش ترازو مقدار جرم I_{H1} را نشان می‌دهد. این روش می‌تواند از دو راه مختلف انجام شود:

روش B_1 : محاسبه چگالی با استفاده از معادله (ب-۷-۵-۱) و معادله عدم قطعیت وابسته (ب-۷-۵-۲) (برای وزنه‌های رده‌ی E_1 الزامی است).

روش B_2 : تصدیق اینکه چگالی در گستره‌ی تعیین شده‌ای، است. مقادیر حدی برای نشاندهی ترازو (به استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 مراجعه کنید) براساس حدود کمینه و بیشینه چگالی که در جدول ۵ این استاندارد آمده است، محاسبه می‌گردد. عدم قطعیت اندازه‌گیری برآورد شده‌ی روش تعیین چگالی با توجه به اندازه‌ی وزنه در نظر گرفته می‌شود. برای اطمینان بیشتر از اندازه‌گیری، حدود کمینه و بیشینه‌ی چگالی به ترتیب بر پایه‌ی دمای فرضی آب 24°C و 18°C است.

ب-۷-۵-۲ لوازم

الف- ترازو(های) آزمایشگاهی با گستره‌ی مناسب؛

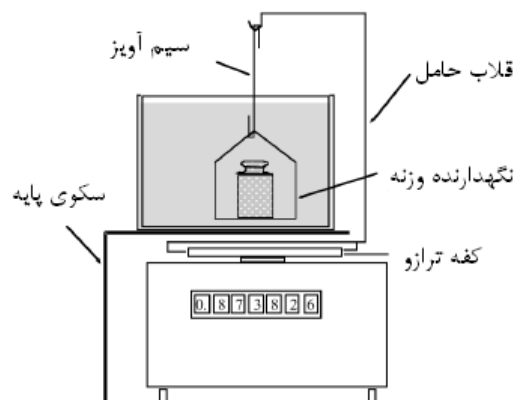
ب- حمام مایع با دمای ثابت در گستره‌ی 18°C تا 24°C . اگر ترازو مجهز به وسیله‌ای برای توزین از زیر آن باشد، ترازو می‌تواند بر روی پایه‌ای در بالای حمام آورده شود (به شکل ب۴ مراجعه کنید) یا حمام می‌تواند بر روی سکوی نگهدارنده همانطور که در شکل ب۵ نشان داده شده، قرار گیرد؛

پ- قلاب حاملی که می‌تواند به کفه ترازو وصل شود؛

ت- نگهدارنده(های) وزنه در اندازه‌های مختلف و سیم(های) نگهدارنده مناسب؛

ث- وزنه‌های مرجع جهت کالیبراسیون ترازو؛

ج- وسایل برای جابجا کردن وزنه‌ها (مانند دستکش‌های آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی).



شکل ب ۵- شمای روش B

ب-۷-۵-۳ روش انجام اندازه‌گیری

الف- وزنه (یا مجموعه‌ای از وزنه‌ها) را در یک حمام آب مقطر که دمای آن بین 18°C تا 24°C است، فرو ببرید. حمام می‌تواند روی سکوی نگهدارنده مطابق شکل ب ۵ قرار گیرد.

ب- قلاب حامل را به کفه ترازو وصل کنید و نگهدارنده را از قلاب حامل به وسیله سیم نازک با استحکام کافی آویزان کنید، بطوریکه نگهدارنده وزنه بطور کامل غوطه‌ور شود. سطح مشترک آب و هوا باید در محل سیم نگهدارنده کاملاً مشخص باشد.

پ- ترازو را صفر کنید.

یادآوری- اگر ترازو دارای دکمه صفر کن نباشد، I_{tl} اختلاف بین توزین‌های اول و دوم است.

ت- حباب‌های هوا را از وزنه خارج کنید و وزنه را روی نگهدارنده قرار دهید.

ث- به منظور جلوگیری از بهم خوردن سطح تقعر آب، سیم را حرکت ندهید.

ج- وقتی که نشانه‌ی ترازو، I_{tl} ثابت ماند، آن را خوانده و ثبت نمایید.

چ- به وسیله پنس وزنه مورد آزمون را به مکان نگهدارنده برگردانید.

ح- شرایط محیطی آزمایشگاه (دمای هوا، فشار و رطوبت) و دمای مایع را ثبت کنید.

ب-۷-۵-۴ نتایج

ب-۷-۵-۴-۱ روش B₁

محاسبه چگالی با استفاده از جرم نامی وزنه، m_0 . چگالی طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_t = \frac{\rho_l m_t}{m_t - I_{tl} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}} \right)} \quad (\text{ب-۷-۵-۱})$$

عدم قطعیت اندازه‌گیری روش B₁

(ب-۷-۵-۲)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t}\right)^2 = \left(\frac{u(\rho_l)}{\rho_l}\right)^2 + \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a}\right)^2 + \left(c(I_{tl}) \frac{u(I_{tl})}{I_{tl}}\right)^2 + \left(c(m_t) \frac{u(m_t)}{m_t}\right)^2 + \left(c(I_{tl}) \frac{u(m_{cap})}{I_{tl}}\right)^2$$

با:

$$c(m_t) = \frac{m_t(\rho_l - \rho_t)}{\rho_t(m_t - I_{tl})} \quad (\text{ب-۷-۵-۳})$$

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a I_{tl}}{\rho_{ref}(I_{tl} - m_t)} \quad (\text{ب-۷-۵-۴})$$

$$c(I_{tl}) = \frac{I_{tl}}{m_t - I_{tl}} \quad (\text{ب-۷-۵-۵})$$

$u(m_{cap})$ عدم قطعیت ناشی از کشش سطحی سیم نگهدارنده است (همچنین به زیر بند ب-۷-۴-۲-۲ مراجعه کنید).

عدم قطعیت اندازه گیری روش B_1 بسته به اندازه وزنه و دقت در جابجایی آن برای وزنه های بزرگتر برای نمونه $\pm 5 \text{ kgm}^{-3}$ یا بهتر و برای یک وزنه یک گرمی بیشتر از $\pm 60 \text{ kgm}^{-3}$ است. عدم قطعیت اندازه گیری با کاهش اندازه وزنه، افزایش می یابد.

ب-۷-۵-۴-۲ روش B_2

چگالی، ρ_t وزنه به وسیله مقایسه مقدار I_{tl} با دو مقدار حدی $I_{tl(min)}$ و $I_{tl(max)}$ متناسب با اندازه وزنه تصدیق می شود. این مقادیر حدی در استاندارد بین المللی OIMLR111-2 برای وزنه های رده ی E_1 تا F_1 جدول بندی شده اند.

ب-۷-۵-۵ ثبت نتایج

نتایج اندازه گیری را در فرم های موجود در استاندارد بین المللی OIMLR111-2 تحت عنوان "تصدیق چگالی - روش B و مقادیر حدی چگالی" ثبت کنید.

ب-۷-۶ روش آزمون C (تعیین حجم به وسیله توزین مایع جابجا شده)

این روش برای وزنه های کمتر از یک گرم عملی نیست.

ب-۷-۶-۱ اصول

این روش به دو صورت می تواند انجام شود:

۱- جرم وزنه مورد آزمون مشخص نیست؛ یا

۲- جرم وزنه مورد آزمون مشخص است.

ب-۷-۶-۲ ملاحظات کلی

به جای اندازه‌گیری نیروی شناوری که بر روی وزنه در آب وارد می‌شود، امکان تعیین حجم مایعی که در اثر غوطه‌ور شدن وزنه جابجا می‌شود، وجود دارد. با داشتن جرم وزنه مورد آزمون، m_t چگالی آن را می‌توان محاسبه کرد.

ب-۷-۶-۳ لوازم

الف- ترازو(های) آزمایشگاهی با ظرفیت ۲۰۰ گرم تا ۱۰۰ کیلوگرم؛

ب- حمام(های) مایع در اندازه(های) مناسب؛

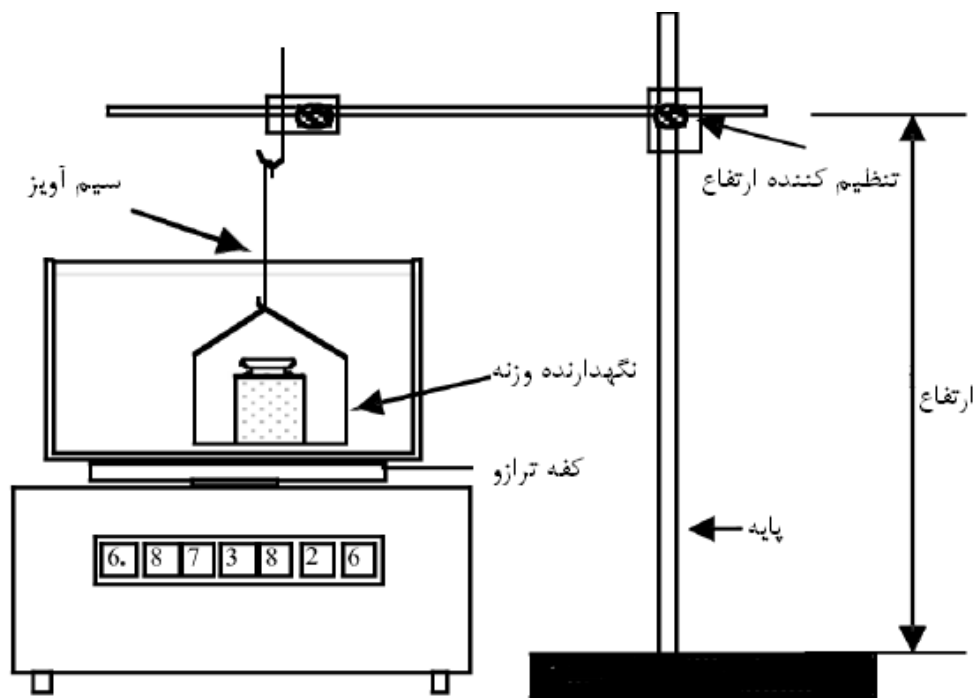
پ- یک پایه با قابلیت تنظیم ارتفاع جهت نگه‌داشتن وزنه‌ها در آب؛

ت- سیم نگهدارنده و نگهدارنده‌های وزنه در اندازه(های) مناسب؛

ث- وسایل برای جابجا کردن وزنه(ها) (مانند دستکش‌های آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی)؛ و

ج- اتاق با نور کافی.

ب-۷-۶-۴ روش انجام اندازه‌گیری



شکل ب ۶- شمای روش C

الف- یک ظرف آب روی کفه ترازو قرار دهید.

ب- نگهدارنده وزنه و سیم نگهدارنده را از پایه مجزا آویزان کنید.

پ- در صورت امکان، ترازو را صفر کنید. در غیر اینصورت نشاندگی I_1 را بخوانید.
ت- نگهدارنده وزنه را بالای سطح آب آورده و وزنه را روی آن قرار داده و دوباره آن را داخل آب غوطه‌ور کنید.

ث- ارتفاع پایه را طوری تنظیم کنید که سیم نگهدارنده در همان ارتفاع قبلی از سطح مشترک هوا/آب عبور کند.

ج- نشاندگی I_{dl} را بخوانید (یا I_2 اگر ترازو دارای دکمه صفر کن نباشد، $I_{dl} = I_2 - I_1$).

چ- شرایط محیطی آزمایشگاه، دمای هوا، فشار و رطوبت و دمای مایع را ثبت کنید.

ح- چگالی هوای آزمایشگاه، ρ_a و چگالی حمام آب، ρ_t را با استفاده از معادله (ث-۳-۱) و جدول ب ۶ تعیین کنید.

جرم آب جابجا شده، $V_t \rho_t$ به وسیله مقدار وزن، I_{dl} نشان داده می‌شود. در صورت لزوم، برای تبخیر در طی زمان بعد از آخرین صفر کردن، برون‌یابی کنید^۱.

ب-۶-۷ محاسبات

اختلاف بین دو قرائت، I_{dl} با مقدار مایع جابجا شده‌ای که در هوا توزین شده، برابر است. اگر جرم وزنه مورد آزمون، m_t از قبل مشخص باشد مقادیر I_{dl} و m_t رادر معادله (ب-۶-۷-۱) برای محاسبه چگالی وزنه مورد آزمون، ρ_t جایگذاری می‌کنیم.

$$\rho_t = \frac{\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_l}\right) m_t \times \rho_l}{\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}}\right) \times I_{dl}} \quad (\text{ب-۶-۷-۱})$$

اگر m_t را نداشته باشیم، وزنه مورد آزمون را به وسیله یک ترازو وزن کرده، و مقدار نشان داده شده، I_{ta} در هوا را با I_{dl} در معادله (ب-۶-۷-۲) برای محاسبه چگالی، ρ_t استفاده می‌کنیم.

$$\rho_t = \rho_a + (\rho_l - \rho_a) \frac{I_{ta}}{I_{dl}} \quad (\text{ب-۶-۷-۲})$$

ب-۶-۷ عدم قطعیت اندازه‌گیری روش C

عدم قطعیت اندازه‌گیری بسته به اندازه وزنه‌ها و دقت در جابجایی، در گستره‌ی $1 \text{ kg} \geq m_t \geq 1 \text{ g}$ ، $\pm 10 \cdot \text{kgm}^{-3}$ تا $\pm 10 \cdot \text{kgm}^{-3}$ است. قبل از مقایسه مقدار چگالی محاسبه شده، ρ_t با حدود کمینه و بیشینه چگالی در جدول ۵، باید مقدار ρ_t به عدم قطعیت مورد انتظار از این روش یا به حد عدم قطعیت برآورد شده، بسط داده شود.

۱- ترازو را به منظور برآورد آهنگ تبخیر نسبت به زمان چندین بار بخوانید و اختلاف زمانی بین صفر کردن و خواندن را تصحیح کنید. توجه کنید که تکرار روش C بدلیل اینکه وزنه باید قبل از غوطه‌وری مجدد در آب خشک شود، امکان پذیر نیست.

ب-۷-۶-۷ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرم‌های موجود در استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 تحت عنوان " تعیین چگالی - روش C" ثبت کنید.

ب-۷-۷-۷ روش آزمون D (تعیین مایع جابجا شده در ظرفی با حجم ثابت)

ب-۷-۷-۱ اصول

در توزین هیدروستاتیک، جابجا کردن (برداشتن و گذاشتن) وزنه‌های بزرگ مشکل است. روش پیشنهادی برای تعیین حجم وزنه‌های بزرگ بطور غیر مستقیم، توزین مایعی است که این وزنه‌ها موجب جابجا شدن آن می‌شوند با استفاده از ظرفی با حجم ثابت قابل تنظیم.

ب-۷-۷-۱-۱ ظرف را تا حد مشخص پر کرده و آن را یک بار با وزنه‌ی داخل آب و یک بار هم بدون آن وزن کنید. نشاندهی ترازو به ترتیب I_{1+t} و I_1 است. گردن ظرف نباید از ۱ سانتی‌متر بزرگتر باشد و آب داخل ظرف در دمای یکنواخت و ثابت به اندازه‌ی $\pm 0.1^\circ\text{C}$ نگهداری شود. باید دقت شود که حجم وزنه نسبت به ظرفیت ظرف خیلی کوچک نباشد، درپوش ظرف نشتی نداشته باشد و هیچ هوایی وارد نشود (درپوش خوب کیپ شود). مایعی با چگالی ثابت ρ_1 در نظر بگیرید، چگالی وزنه ρ_t از اختلاف ($I_{1+t} - I_1$) در معادله (ب-۷-۷-۱) که مشابه معادله (ب-۷-۵-۱) است، محاسبه می‌شود.

$$\rho_t = \frac{m_0 \rho_1}{m_0 - (I_{1+t} - I_1) \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ref}} \right)} \quad (\text{ب-۷-۷-۱})$$

ب-۷-۷-۲ لوازم

الف- ترازو(های) آزمایشگاهی با ظرفیت ۵ kg تا ۱۰۰ kg؛

ب- ظرف (ظروف) شفاف آزمون با طراحی مناسب و با سطح پرشدگی دقیق قابل کنترل؛

پ- وسایل برای جابجا کردن وزنه(ها) (مانند دستکش‌های آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی)؛ و

ت- اتاق با نور کافی.

ب-۷-۷-۳ روش انجام اندازه‌گیری

الف- وزنه را در ظرف قرار دهید و ظرف را با دقت تا سطح مشخص از آب پر کنید (برای مثال تا اینکه آب از دریچه ریزش سر ریز شود).

ب- ظرف را با آب و وزنه، وزن کنید.

پ- نشاندهی، I_{1+t} را خوانده و ثبت نمائید.

ت- وزنه را برداشته و آب با همان دما و تا همان سطح اضافه کنید. اگر دمای آب ثابت نگه داشته شود، نیازی به دانستن حجم نیست.

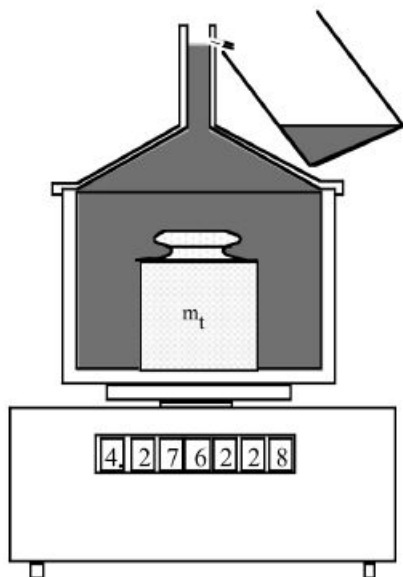
ث- ظرف محتوی آب را وزن کنید.

ج- نشاندهی، I_1 را خوانده و ثبت نمائید.

چ- اختلاف بین قرائت‌ها (نشاندهی‌ها) ($I_{t+1} - I_1$) در نتیجه جرم وزنه منهای جرم آب جابجا شده، است^۱.

ح- شرایط محیطی آزمایشگاه، دمای هوا، فشار و رطوبت و دمای مایع را ثبت کنید.

خ- چگالی هوای آزمایشگاه، ρ_a و چگالی آب داخل حمام، ρ_1 را با استفاده از معادله (ث-۳-۱) و جدول ب ۶ تعیین کنید.



شکل ب ۷- شمای روش D

ب-۷-۷-۴ عدم قطعیت اندازه‌گیری روش D

(ب-۷-۷-۲)

$$\left(\frac{u(\rho_t)}{\rho_t} \right)^2 = \left(c(\rho_a) \frac{u(\rho_a)}{\rho_a} \right)^2 + \left(c(m_t) \frac{u(m_t)}{m_t} \right)^2 + \left(\frac{u(\rho_1)}{\rho_1} \right)^2 + 2(c_I u_I)^2 + (c_I u_w)^2$$

که:

$$c(\rho_a) = \frac{\rho_a \rho_t (I_{t+1} - I_1)}{\rho_{ref} \rho_1 m_t} \quad \text{(ب-۷-۷-۳)}$$

$$c(m_t) = \frac{\rho_t - \rho_1}{\rho_1} \quad \text{(ب-۷-۷-۴)}$$

۱- در صورت تکرار روش D، نیازی به خشک کردن وزنه قبل از غوطه‌روی مجدد نیست.

$$c_1 = \frac{\rho_t}{m_1 \rho_1} \quad (\text{ب-۷-۷-۵})$$

u_w سهم عدم قطعیت در نتیجه دو سطح آب، یکی با وزنه و دیگری بدون وزنه است. عدم قطعیت این روش بترتیب برای وزنه‌ی ۱ kg، $\pm 15 \text{ kgm}^{-3}$ یا بهتر است ولی عدم قطعیت وزنه‌های بزرگتر کاهش می‌یابد به شرطی که دهانه ظرف خیلی باریک باشد، دمای آب داخل ظرف به اندازه $\pm 0.1^\circ\text{C}$ یکنواخت و پایا نگهداشته شود، حجم وزنه نسبت به ظرفیت ظرف خیلی کوچک نباشد و درپوش ظرف نشستی نداشته باشد و هوایی وارد ظرف نشود.

ب-۷-۷-۵ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرم‌های موجود در استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 تحت عنوان "تعیین چگالی - روش D" ثبت کنید.

ب-۷-۸ روش آزمون E (تعیین حجم به وسیله اندازه‌گیری هندسی)

ب-۷-۸-۱ اصول

حجم وزنه را می‌توان از ابعاد آن و فرمول‌های مناسب محاسبه کرد. حجم ممکن است به چندین مؤلفه اولیه تقسیم شود که شامل حفره نیز باشد [۱۸]. در زیر وزنه‌هایی که مطابق شکل الف-۱ ساخته شده‌اند بررسی می‌شود (اینجا بدون حفره، به شکل ب-۸ مراجعه کنید). فرمول استاندارد برای سه شکل نسبتاً ساده‌ی دستگیره، A حلقه، B و بدنه‌ی اصلی، C داده شده است [۱۸]. در برخی موارد ته وزنه ممکن است دارای فرو رفتگی، D باشد. محاسبه قسمت‌های حجم سراسر است و آسان است.

ب-۷-۸-۱-۱ در روش E غوطه‌ور کردن وزنه غیر ضروری است که این امر برای وزنه‌های دارای حفره، مفید است. اگرچه احتمال خراشیده شدن سطح در هنگام اندازه‌گیری وجود دارد، و بنابراین روش آزمون E نباید برای وزنه‌های رده‌ی E و F استفاده شود.

ب-۷-۸-۲ لوازم

الف- کولیس ورنیه‌دار، ترجیحاً با تفکیک‌پذیری (کوچکترین زینه) 0.01 mm ؛

ب- میکرومتر (برای وزنه‌های کوچک)؛

پ- شعاع سنج (استفاده از مقادیر جدول الف-۱ پیشنهاد می‌شود)؛

ت- وسایل برای جابجا کردن وزنه(ها) (مانند دستکش‌های آزمایشگاهی، پارچه بدون پرز، پنس‌های آزمایشگاهی)؛ و

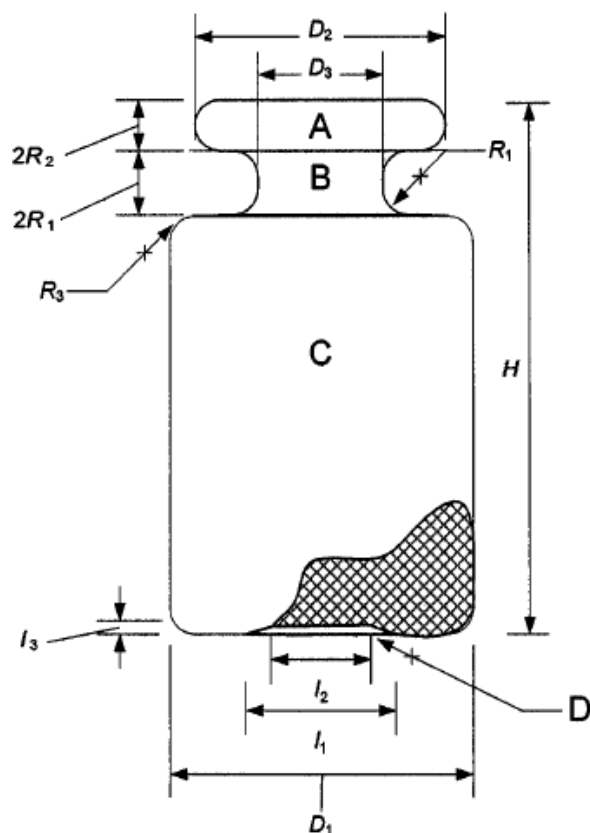
ث- اتاق با نور کافی.

ب-۷-۸-۳ روش انجام اندازه‌گیری

الف- ارتفاع‌ها، قطر‌ها، شعاع‌ها و هرگونه حفره یا فرو رفتگی را طبق شکل ب-۸ اندازه‌گیری کنید.

ب- حجم قسمت‌های A, B, C و D را طبق معادلات (ب-۸-۱) تا (ب-۸-۵) محاسبه کرده و جمع کنید.

پ- چگالی را از جرم و حجم محاسبه کنید.



شکل ب ۸- شمای تعیین حجم یک وزنه‌ی استوانه‌ای (به جدول الف-۱ مراجعه کنید)

$$V_A = 2\pi R_2 \left(\frac{D_2^2}{4} - R_2 D_2 + R_2^2 + \frac{\pi R_2 D_2}{4} - \frac{\pi R_2^2}{2} + \frac{2R_2^2}{3} \right) \quad (\text{ب-۸-۱})$$

$$V_B = \pi R_1 \left(\frac{D_3^2}{2} + 2R_1 D_3 - \frac{\pi R_1 D_3}{2} - \pi R_1^2 + \frac{10R_1^2}{3} \right) \quad (\text{ب-۸-۲})$$

$$V_C = \pi \frac{D_1^2}{4} (H - 2(R_1 + R_2)) - \pi R_3^2 \left(2D_1 - \frac{10R_3}{3} - \frac{\pi D_1}{2} + \pi R_3 \right) \quad (\text{ب-۷-۸-۳})$$

$$V_D = \frac{1}{12} l_3 (l_1^2 + l_1 l_2 + l_2^2) \quad (\text{ب-۷-۸-۴})$$

$$V_{\text{weight}} = V_A + V_B + V_C \{-V_D\} \quad (\text{ب-۷-۸-۵})$$

ب-۷-۸-۴ عدم قطعیت اندازه گیری روش E

بیشترین سهم عدم قطعیت در نتیجه انحراف شکل واقعی از مدل ریاضی است. برای وزنه‌هایی که طبق پیوست الف ساخته شده‌اند، گستره‌ی عدم قطعیت از 30 kgm^{-3} برای وزنه‌های بزرگ تا 600 kgm^{-3} برای وزنه‌های کوچک است. عدم قطعیت برای وزنه‌های دارای حفره و اشکال دیگر ممکن است دو برابر شود [۱۶].

ب-۷-۸-۵ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرم‌های موجود در استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 تحت عنوان "تعیین چگالی - روش E" ثبت کنید.

ب-۷-۹ روش آزمون F (برآورد برپایه ترکیب مشخص)

ب-۷-۹-۱ اصول

بیشتر وزنه‌ها از یک تعداد محدود از آلیاژها تهیه می‌شود. مقدار دقیق چگالی به مقدار نسبی هر آلیاژ تشکیل دهنده بستگی دارد. بطور نمونه گستره‌هایی از چگالی در جدول ب۷ آمده است.

ب-۷-۹-۲ روش F₁

در صورتیکه معلوم شود تهیه‌کننده همیشه از آلیاژ یکسانی برای رده‌ی خاصی از وزنه‌ها استفاده می‌کند و چگالی آن از آزمون‌های قبلی مشخص شده باشد، در این صورت چگالی مشخص باید با استفاده از یک سوم عدم قطعیتی که در جدول ب۷ برای همان آلیاژ داده شده، بکار برده شود.

ب-۷-۹-۳ روش F₂

ترکیب آلیاژی را از تهیه‌کننده وزنه‌ی مورد نظر بدست آورید. مقدار چگالی را از کتاب راهنمای شیمی/فیزیک که دارای جداول چگالی بصورت تابعی از غلظت عناصر آلیاژ است، پیدا کنید. از مقدار چگالی کتاب راهنما استفاده کنید و مقدار عدم قطعیت را از جدول ب۷ بکار ببرید. برای وزنه‌های رده‌ی E_۲ تا M_۲ مقدار چگالی مفروض در جدول ب۷ مناسب است. چگالی وزنه‌های رده‌ی M_۲ معمولاً مهم نیستند.

جدول ب ۷- روش F₂ - فهرست آلیاژهای که غالباً برای وزنه‌ها استفاده می‌شوند

آلیاژ/ مواد	چگالی مفروض kgm ⁻³	عدم قطعیت (k=۲) kgm ⁻³
پلاتین	۲۱۴۰۰	± ۱۵۰
نقره نیکل	۸۶۰۰	± ۱۷۰
برنج	۸۴۰۰	± ۱۷۰
فولاد زنگ نزن	۷۹۵۰	± ۱۴۰
فولاد کربنی	۷۷۰۰	± ۲۰۰
آهن	۷۸۰۰	± ۲۰۰
چدن سفید	۷۷۰۰	± ۴۰۰
چدن خاکستری	۷۱۰۰	± ۶۰۰
آلومینیم	۲۷۰۰	± ۱۳۰

ب-۷-۹-۴ محاسبات

ب-۷-۹-۴-۱ چگالی وزنه‌هایی با حفره تنظیم

تنظیم یک وزنه با ماده‌ی چگال، داخل حفره همچنین ممکن است بر روی چگالی وزنه تأثیر بگذارد. اگر آلیاژ X (با چگالی ρ_x) به مقدار x درصد و ماده تنظیم‌کننده Y (با چگالی ρ_y) به مقدار y درصد از جرم نهایی باشد، بنابراین چگالی ρ_t به کمک معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_t = \frac{100}{\frac{x}{\rho_x} + \frac{y}{\rho_y}} \quad (\text{ب-۷-۹-۱})$$

ب-۷-۹-۴-۲ چگالی یک وزنه ترکیبی

در صورتیکه وزنه از دو ماده‌ی تشکیل دهنده متفاوت ساخته شده باشد یا دو وزنه با چگالی متفاوت به عنوان وزنه مرجع استفاده شود از همین معادله برای تعیین چگالی نهایی می‌توان استفاده کرد. فلزات پیشنهادی برای تنظیم وزنه‌ها عبارتند از: تنگستن (۲۰۰ kgm⁻³ ± ۱۸۸۰ kgm⁻³)، سرب (۱۵۰ kgm⁻³ ± ۱۳۰۰ kgm⁻³)، مولیبدن (۱۵۰ kgm⁻³ ± ۱۰۰۰ kgm⁻³) و قلع (۱۰۰ kgm⁻³ ± ۷ kgm⁻³).

ب-۷-۹-۵ ثبت نتایج

نتایج اندازه‌گیری را در فرم‌های موجود در استاندارد بین‌المللی OIMLR111-2 تحت عنوان "تعیین چگالی - روش F" ثبت کنید.

ب-۷-۱۰ روش‌های پیشنهادی برای تعیین چگالی

جدول ب-۸- روش‌های پیشنهادی برای تعیین چگالی با توجه به رده‌ی وزنه‌ها

وزنه	رده‌ی E ₁	رده‌ی E ₂	رده‌ی F ₁	رده‌های F ₂ ,M ₁ ,M ₂						
۵۰۰۰kg			E,F	F						
۲۰۰۰kg										
۱۰۰۰kg		E,F								
۵۰۰kg										
۲۰۰kg										
۱۰۰kg										
۵۰kg	A,C,D	D,E,F	D,E,F							
۲۰kg										
۱۰kg	A,B1*,C,D									
۵kg										
۲kg										
۱kg	A,B*,C	B,F	B,C,F							
۵۰۰g										
۲۰۰g										
۱۰۰g										
۵۰g	A,B1*	B,C,F	F							
۲۰g										
۱۰g		F								
۵g										
۲g	B*,F1									
۱g										
۵۰۰mg	F1									
۲۰۰mg										
۱۰۰mg										
۵۰mg										
۲۰mg										
* هنگام استفاده از روش B برای وزنه‌های رده‌ی E ₁ ، مقدار چگالی باید از معادله (ب-۷-۵-۱) محاسبه شود.										

یادآوری ۱- برای وزنه‌های رده‌ی M_3 معمولاً چگالی مهم نیست.

یادآوری ۲- در صورتیکه از مایعاتی بغیر از آب در سیستم چگالی استفاده می‌شود باید تمیز کردن (وزنه) بعد از اندازه‌گیری چگالی تکرار شود (مایعات دیگری که برای نمونه استفاده می‌شود (برای مثال فلوروکربن‌ها) رسوبی به جا می‌گذارند که باید به وسیله یک حلال مانند الکل تمیز شود).

ب-۸ اختصاص دادن یک رده‌ی این استاندارد به وزنه‌های قدیمی یا خاص

ب-۸-۱ هدف

این بخش برای وزنه‌هایی که قبل از ۱۹۹۴ ساخته شده‌اند (زمانی که استاندارد بین‌المللی OIMLR111:1994 معتبر بود) (وزنه‌های قبل از ۹۴)، یا وزنه‌هایی که دارای طرح ویژه یا مقدار نامی غیر استاندارد بدلیل اینکه آنها برای مصارف منحصر بفردی ساخته شده‌اند، بکار می‌رود.

ب-۸-۱-۱ برای وزنه‌های قبل از ۱۹۹۴ و/یا وزنه‌های خاص، استثنائات معینی در رابطه با شکل و زبری سطح وجود دارد ولی توصیه‌هایی در ب-۸-۲ و ب-۸-۳ در مورد آنها داده شده است. ملاحظات خاصی برای وزنه‌های قدیمی، بویژه در مواردی که توصیه دقیقی در مورد پایداری وزنه‌ها در دسترس است باید در نظر گرفته شود. با این وجود، جدا از استثنای خاص مجاز در ب-۸-۲ و ب-۸-۳، تمام الزامات دیگر R111 هنوز بکار می‌رود.

ب-۸-۱-۲ در این بخش وزنه‌های قدیمی و/یا خاص ممکن است به یکی از رده‌های E_1 تا M_3 اختصاص داده شوند. عموماً فقط یکبار طبقه‌بندی کردن وزنه‌ها کافی است. در کالیبراسیون‌های مجدد بعدی از رواداری‌ها و شرایط مخصوص خود رده پیروی می‌شود.

ب-۸-۲ استثنای مربوط به زبری سطح

بند ۱۱-۲ این استاندارد بیان می‌کند که:

"بجز در موارد تردید یا بحث، امتحان چشمی کافی است. در این موارد، مقادیر داده شده در جدول ۶ باید استفاده شود. بیشینه زبری مجاز سطح برای وزنه‌های بیش از ۵۰ کیلوگرم باید دو برابر مقادیر داده شده در جدول ۶ باشد."

طبق زیر بند (ب-۵-۳-۱-۲-۲) قسمت ۲ خراش‌های تکی در حین اندازه‌گیری زبری سطح مهم نیستند. برای وزنه‌های قبل از ۹۴ و/یا خاص زبری باید قابل قبول فرض شود، در صورتیکه توصیه مناسبی برای نشان دادن پایداری جرم وزنه‌ها وجود داشته باشد، و زبری سطح بیش از ۲ برابر حد جدول ۶ برای رده‌ی مورد نظر نباشد.

ب-۸-۳ عرضه

برای وزنه‌های قبل از ۹۴ و/یا خاص، الزامات بند ۱۴ این استاندارد در صورتیکه رده بر روی جعبه وزنه نشانه‌گذاری شده باشد، برآورده می‌شود. این امر برای رده‌های E_1 ، E_2 ، F_1 ، F_2 و M_1 بکار می‌رود. طبق بند ۱۳-۴-۳ وزنه‌های رده‌ی M_1 با " M_1 " یا " M " نشانه‌گذاری می‌شوند.

پیوست پ

(الزامی)

کالیبراسیون یک وزنه یا مجموعه‌ای از وزنه‌ها (یک جعبه وزنه)

پ-۱ هدف

این پیوست دو روش برای تعیین جرم قراردادی وزنه‌ها در یک جعبه وزنه را شرح می‌دهد.

۱- روش مستقیم مقایسه‌ای؛ و

۲- روش تقسیم جزیی/ضرب (تکثیر)، که فقط برای مجموعه‌ای از وزنه‌ها کاربرد دارد.

سه نوع توزین چرخه‌ای شرح داده می‌شود، که تمام آنها شکلی از توزین جانشینی هستند، اما به ترازوهای یک کفه‌ای محدود نمی‌شود.

قبل از تعیین جرم، چگالی وزنه‌ها باید با درستی کافی مشخص شده باشند. بعلاوه، شرایط محیطی و مشخصه‌های اندازه‌شناختی دستگاه‌های توزین مورد استفاده در تعیین جرم باید با درستی کافی مشخص شده باشند. فرمول‌هایی برای تعیین جرم قراردادی و عدم قطعیت آنها داده شده است.

پ-۲ الزامات کلی

پ-۲-۱ شرایط محیطی

کالیبراسیون وزنه‌ها باید در شرایط محیطی ثابت تحت فشار جوی محیط و دمایی نزدیک به دمای اتاق انجام شود. نمونه‌ای از مقادیر پیشنهادی در جدول پ ۱ آمده است.

یادآوری- همچنین مهم است که اختلاف دمای بین وزنه‌ها و هوای داخل مقایسه‌گر جرم تا حد امکان کوچک باشد. نگهداشتن وزنه مرجع و وزنه مورد آزمون در داخل مقایسه‌گر جرم قبل و در حین کالیبراسیون می‌تواند این اختلاف دما را کاهش دهد.

جدول پ ۱- شرایط محیطی در حین کالیبراسیون (نمونه‌ای از مقادیر پیشنهادی برای دستیابی به

نتایج موفقیت آمیز)

رده‌ی وزنه	تغییر دما در حین کالیبراسیون ^۱
E₁	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ در ساعت با بیشینه $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ در ۱۲ ساعت
E₂	$\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ در ساعت با بیشینه $\pm 1^{\circ}\text{C}$ در ۱۲ ساعت
F₁	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ در ساعت با بیشینه $\pm 2^{\circ}\text{C}$ در ۱۲ ساعت
F₂	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ در ساعت با بیشینه $\pm 3.5^{\circ}\text{C}$ در ۱۲ ساعت
M₁	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ در ساعت با بیشینه $\pm 5^{\circ}\text{C}$ در ۱۲ ساعت
یادآوری ۱- این تغییر دما در آزمایشگاه است. پایداری حرارتی ترازوها و وزنه‌ها (به بند ب-۴-۳ مراجعه کنید) همچنین یک پایداری دمای مناسب آزمایشگاهی به مدت ۲۴ ساعت قبل از کالیبراسیون مورد نیاز است.	

ادامه‌ی جدول پ ۱

رده‌ی وزنه	گستره‌ی رطوبت نسبی هوا (hr) ^۲
E ₁	۴۰٪ تا ۶۰٪ با بیشینه ۵٪ ± در ۴ ساعت
E ₂	۴۰٪ تا ۶۰٪ با بیشینه ۱۰٪ ± در ۴ ساعت
F	۴۰٪ تا ۶۰٪ با بیشینه ۱۵٪ ± در ۴ ساعت
یادآوری ۲- حد بالاتر اساساً در زمان نگهداری وزنه‌ها اهمیت بسزایی دارد.	

پ-۱-۲- برای وزنه‌های رده‌ی E₁ و E₂ دما باید بین ۱۸°C تا ۲۷°C باشد. شرایط محیطی باید در حدود ویژگی‌های دستگاه توزین باشد.

پ-۲-۱- اگر چگالی هوا از ۱/۲kgm⁻³ به اندازه‌ی بیش از ۱۰ درصد منحرف شود، مقادیر جرم باید در محاسبات استفاده شود و جرم قراردادی باید از جرم محاسبه گردد.

پ-۲-۲- دستگاه توزین

مشخصه‌های اندازه‌شناختی دستگاه توزین مورد استفاده باید از اندازه‌گیری‌های قبلی مشخص شده و تفکیک‌پذیری، خطی بودن، تکرارپذیری و بارگذاری غیرمتمرکز آن (به بند پ-۶-۴ مراجعه کنید) باید طوری باشد که عدم قطعیت موردنیاز را بتوان بدست آورد.

پ-۲-۳- وزنه‌های مرجع

رده‌ی درستی وزنه باید بالاتر از رده‌ی درستی وزنه‌ای که کالیبره می‌شود، باشد (به بند ۱-۳-۱ مراجعه کنید). در کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی E₁، وزنه‌ی مرجع باید دارای مشخصه‌های اندازه‌شناختی مشابه یا بهتر (خاصیت مغناطیسی، زبری سطح) از وزنه‌ای که کالیبره می‌شود، باشد. پ-۲-۳-۱ بندهای ۲-۶ و ۳-۶ باید برآورده شود.

پ-۳- طرح‌های توزین

پ-۳-۱- مقایسه مستقیم

معمولاً وزنه مورد آزمون باید به وسیله مقایسه با یک یا چند وزنه مرجع کالیبره شود. در هر مقایسه، جرم نامی وزنه مورد آزمون و وزنه مرجع باید برابر باشد. یک بررسی استاندارد (به بند ۳-۵ مراجعه کنید) می‌تواند برای بازنگری فرآیند اندازه‌گیری استفاده شود [۱۹].

یادآوری ۲- مشکلات خاصی ممکن است هنگام کالیبراسیون وزنه‌های کمتر از یک گرم رده‌ی E₁ بوجود آید. این مشکل بطور جزئی در نتیجه یک عدم قطعیت نسبتاً بزرگ وزنه‌های مرجع در این گستره است. بعلاوه ناپایداری دستگاه‌های توزین و یک مساحت سطح بزرگ عواملی هستند که اثر منفی بر روی عدم قطعیت اندازه‌گیری می‌گذارد بنابراین روش تقسیم جزئی شدت برای چنین وزنه‌هایی توصیه می‌شود.

پ-۳-۲ تقسیم جزئی

یک مجموعه‌ی کامل از وزنه‌ها می‌تواند با یک یا چند وزنه مرجع کالیبره شود [۲۳، ۲۲، ۲۱، ۱۳]. این روش به چندین توزین در هر مجموعه‌ی ده تایی نیازمند است. در این توزین‌ها، ترکیبات مختلفی از وزنه‌ها با جرم نامی کل برابر مقایسه می‌شود. این روش اساساً برای کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی E_1 هنگامیکه بالاترین درستی مورد نیاز است، استفاده می‌شود. اگر در این روش، فقط از یک وزنه استفاده شود تعداد معادلات توزین باید بیشتر از تعداد وزنه‌های نامشخص باشد و محاسبه‌ی تنظیم مناسبی به منظور جلوگیری از انتشار خطاها باید انجام شود. اگر بیش از یک وزنه‌ی مرجع استفاده شود تعداد معادلات می‌تواند با تعداد وزنه‌های نامشخص برابر باشد. در چنین موردی محاسبه‌ی تنظیم لازم نیست. مزیت چنین روش‌های درین حقیقت است که آنها شامل یک فراوانی معین می‌باشد که اطمینان بیشتری را در نتایج ارائه می‌دهند. اگرچه، این روشها، مخصوصاً روشهای تنظیم، نیاز به ریاضیات خیلی پیشرفته دارد [۲۱، ۲۰]. یک نمونه از طرح توزین برای مجموعه‌ای از جرم‌های $(\times 10^{-n} \text{ g})$ $1^*؛ 2^*؛ 5؛$ در جدول پ ۲ نشان داده شده است.

جدول پ ۲- نمونه‌ای از طرح توزین

$5+2+2^*+1$	در مقابل	وزنه‌ی مرجع
$5+2+2^*+1^*$	در مقابل	وزنه‌ی مرجع
$2+2^*+1$	در مقابل	۵
$2+2^*+1^*$	در مقابل	۵
2^*+1^*	در مقابل	۱+۲
2^*+1^*	در مقابل	۱+۲
2^*+1	در مقابل	1^*+2
2^*+1	در مقابل	1^*+2
1^*+1	در مقابل	۲
1^*+1	در مقابل	۲
1^*+1	در مقابل	2^*
1^*+1	در مقابل	2^*

در این مثال، وزنه‌ی مرجع باید دارای مقدار نامی $(\times 10^{-n} \text{ g})$ ۱۰ باشد. که 2^* می‌تواند هر ترکیبی از جرم‌های ترکیبی برای داشتن مقدار نامی ۲، باشد. وزنه‌ی 1^* می‌تواند ترکیبی از وزنه‌های $(\times 10^{-n} \text{ g})$ $0/5+0/2+0/2^*+0/1$ باشد یا می‌تواند یک استاندارد بررسی (به بند ۳-۵ مراجعه کنید) باشد. بعضی از مقایسه‌ها برای ساده کردن محاسبات دوبار انجام می‌شود. اگر فقط همان دستگاه توزین در تمام مقایسه‌ها استفاده شود، معمولاً طرح توزین بالا بکار می‌رود.

پ-۴ چرخه‌های توزین

روش‌های پذیرفته شده برای سه چرخه‌ی توزین مختلف برای یک توزین مقایسه‌ای تکی در بندهای پ-۴-۱ و پ-۴-۲ شرح داده شده است.

یادآوری- روش‌ها و چرخه‌های توزین دیگری می‌تواند استفاده شود. اگر بویژه، چرخه‌های توزینی که استفاده می‌شود از یکدیگر مستقل نباشد، نظیر $A_1B_2A_2, A_2B_2A_3, \dots$ ، عدم قطعیت باید با در نظر گرفتن عبارات کوواریانس ارزیابی شود و فرمول‌های داده شده در بند پ-۶-۱ باید بطور متناسبی اصلاح شود [۲۴].

در چرخه‌های توزین A توزین وزنه‌ی مرجع و B توزین وزنه‌ی مورد آزمون را نشان می‌دهد. چرخه‌های ABBA و ABA معمولاً هنگام کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی E و F بکار می‌رود.

چرخه‌های $AB_1, \dots, B_nA$ اغلب هنگام کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی M استفاده می‌شود اما عموماً برای وزنه‌های رده‌ی E و F توصیه نمی‌شود. اگر مقایسه‌گر جرم با یک ساز و کار تعویض خودکار وزنه استفاده شود و اگر سیستم در یک محفظه محافظ نصب شده باشد، این چرخه می‌تواند همچنین برای کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی E و F پذیرفته شود.

فقط چرخه‌های ABBA و ABA در توزین به روش تقسیم جزئی مفید می‌باشد. بیش از یک وزنه‌ی مرجع می‌توان استفاده کرد، در این حالت چرخه‌ی توزین می‌تواند برای هر وزنه‌ی مرجع بطور جداگانه بکار رود. سپس وزنه‌های مرجع ممکن است با یکدیگر مقایسه شود.

پ-۴-۱ مقایسه‌ی وزنه مورد آزمون با یک وزنه‌ی مرجع (برای وزنه‌های رده‌ی E و F)

چرخه‌های توزین متعددی را می‌توان استفاده کرد [۲۵]. برای دو وزنه امکان استفاده از چرخه‌های زیر که به ABBA و ABA معروف هستند، وجود دارد. این چرخه‌ها رانش خطی را حذف می‌کند.

چرخه‌ی ABBA $(r_1t_1t_2r_2): I_{r1\ 1}, I_{t1\ 1}, I_{t2\ 1}, I_{r2\ 1}, \dots, I_{r1\ n}, I_{t1\ n}, I_{t2\ n}, I_{r2\ n}$

$$\Delta I_i = (I_{t1\ i} - I_{r1\ i} - I_{r2\ i} + I_{t2\ i})/2 \quad (\text{پ-۴-۱-۱})$$

که: $i=1, \dots, n$

چرخه‌ی ABA $(r_1t_1r_2): I_{r1\ 1}, I_{t1\ 1}, I_{r2\ 1}, \dots, I_{r1\ n}, I_{t1\ n}, I_{r2\ n}$

$$\Delta I_i = I_{t1\ i} - (I_{r1\ i} + I_{r2\ i})/2 \quad (\text{پ-۴-۱-۲})$$

که: $i=1, \dots, n$

n در چرخه‌های ABBA و ABA تعداد توالی‌ها است. مقادیر i به ترتیبی که وزنه‌ها باید بر روی کفه ترازو قرار گیرند، اشاره می‌کند. اینجا نمایه‌های پایین r و t به ترتیب برای وزنه‌ی مرجع و وزنه‌ی مورد آزمون علامت گذاری شده است. ΔI_i اختلاف نشان‌دهی در اندازه‌گیری توالی i است.

پ-۴-۱ بازه‌ی زمانی بین توزین‌ها باید ثابت نگه داشته شود.

پ-۴-۱-۲ اگر در حین روند توزین نیاز به تعیین حساسیت دستگاه توزین وجود داشته باشد، توالی ABBA می‌تواند به کل I_r, I_t, I_{t+ms} و I_{r+ms} اصلاح شود که m_s وزنه حساسیت است.

پ-۴-۲ مقایسه چندین وزنه مورد آزمون با جرم نامی یکسان با یک وزنه مرجع (چرخه‌ی $AB_1, \dots, B_nA$). اگر چندین وزنه مورد آزمون $t(j)$ ($j=1, \dots, J$) با جرم نامی یکسان بطور همزمان کالیبره شوند، چرخه توزین ABA می‌تواند به $AB_1, \dots, B_nA$ به صورت زیر تبدیل شود:

$$AB_1, \dots, B_nA \text{ چرخه‌ی } \rightarrow I_{r1\ 1}, I_{t(1)\ 1}, I_{t(2)\ 1}, \dots, I_{t(J)\ 1}, I_{r2\ 1}, I_{r1\ 2}, I_{t(1)\ 2}, I_{t(J-1)\ 2}, \dots, I_{t(1)\ 2}, I_{r2\ 2}, \dots, [I_{r1\ i-1}, I_{t(1)\ i-1}, I_{t(2)\ i-1}, \dots, I_{t(J)\ i-1}, I_{r2\ i-1}, I_{r1\ i}, I_{t(J)\ i}, I_{t(J-1)\ i}, \dots, I_{t(1)\ i}, I_{r2\ i}]$$

که: $i=1, \dots, n$

$$\Delta I_{t(j)} = I_{t(j)\ i} - (I_{r1\ i} + I_{r2\ i})/2 \quad (\text{پ-۴-۲-۱})$$

که: $i=1, \dots, n$

اگر رانش در نشان‌دهی توزین ناچیز باشد، یعنی کمتر یا برابر یک سوم عدم قطعیت مورد نیاز باشد، معکوس کردن ترتیب وزنه‌های مورد آزمون در $AB_1, \dots, B_nA$ هنگام تکرار توالی، ضروری نیست. تعداد وزنه‌ها معمولاً نباید بیش از ۵ باشد ($J \leq 5$).

پ-۴-۳ تعداد چرخه‌های توزین

تعداد چرخه‌های توزین (n) باید بر پایه عدم قطعیت مورد نیاز و تکرارپذیری و تجدیدپذیری اندازه‌گیری‌ها باشد. کمینه تعداد اندازه‌گیری‌هایی که برای رده‌ی E_1 تا M_3 باید انجام شود در جدول پ ۳ داده شده‌اند.

جدول پ ۳- کمینه تعداد چرخه‌های توزین

رده	E_1	E_2	F_1	F_2	M_3, M_1, M_2
کمینه تعداد ABBA	۳	۲	۱	۱	۱
کمینه تعداد ABA	۵	۳	۲	۱	۱
کمینه تعداد $AB_1, \dots, B_nA$	۵	۳	۲	۱	۱

پ-۵ تحلیل داده‌ها

پ-۵-۱ میانگین اختلاف جرم قراردادی - یک وزنه‌ی مورد آزمون

برای چرخه‌های ABBA و ABA اختلاف جرم قراردادی (Δm_c)، بین وزنه مورد آزمون و وزنه مرجع از یک چرخه (i) به شرح زیر است:

$$\Delta m_c = m_{ct} - m_{cr} \quad (\text{پ-۵-۱-۱})$$

$$\Delta m_{ci} = \Delta I_i + m_{cr} C_i \quad (\text{پ-۵-۱-۲})$$

که:

$$C_i = (\rho_{ai} - \rho_0) \times \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right) \quad (\text{پ-۵-۱-۳})$$

میانگین اختلاف جرم قراردادی برای n چرخه:

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci} \quad (\text{پ-۵-۱-۴})$$

پ-۵-۱-۱ اگر چگالی ρ_r یا ρ_t وزنه مشخص نباشد ولی جنس آن معلوم باشد، باید از مناسبترین چگالی فرضی در جدول ب۷ استفاده کرد. اگر فقط چگالی وزنه در محدوده‌های مجاز مشخص باشد بنابراین باید مقدار 800 kgm^{-3} را استفاده کرد.

پ-۵-۱-۲ در مواردی که تصحیح شناوری هوا که برآورد شده ناچیز باشد یعنی اگر:

$$|C_i| \leq \frac{1}{3} \frac{U}{m_0} \quad (\text{پ-۵-۱-۵})$$

عبارت $m_0 C_i$ می‌تواند حذف شود. اگرچه سهم عدم قطعیت C ممکن است ناچیز نباشد (به بند پ-۶-۳-۱، زیر مراجعه کنید). اگر فقط یک مقدار میانگین‌گیری شده یا تک مقدار برای چگالی هوا در دسترس باشد، تصحیح شناوری ($m_{cr} C$) می‌تواند بعد از میانگین گرفتن اعمال شود.

پ-۵-۲ میانگین اختلاف جرم قراردادی - چندین وزنه‌ی مورد آزمون

اگر چندین وزنه مورد آزمون طبق چرخه $AB_1 \dots B_n A$ کالیبره شود، میانگین اختلاف جرم برای وزنه زاز معادله (پ-۵-۱-۴) با جایگذاری ΔI_i بجای $\Delta I_{i(j)}$ در معادله (پ-۵-۱-۲) بدست می‌آید.

پ-۵-۳ میانگین اختلاف جرم قراردادی - چندین سری از اندازه‌گیری‌ها

اگر چندین سری یکسان (J) از اندازه‌گیری‌ها با مقادیر میانگین $\overline{\Delta m_{cj}}$ و انحراف معیار تقریباً برابر وجود داشته باشد مقدار میانگین تمام اندازه‌گیری‌ها بصورت زیر است:

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \overline{\Delta m_{cj}} \quad (\text{پ-۵-۱-۳})$$

پ-۵-۱-۳ چندین سری از اندازه‌گیری‌ها معمولاً فقط در کالیبراسیون وزنه‌های رده‌ی E زمانی انجام می‌شود، که تجدیدپذیری توزین‌ها باید بررسی شود.

پ-۵-۴ جرم قراردادی وزنه‌ی مورد آزمون

جرم قراردادی وزنه مورد آزمون می‌تواند از فرمول زیر محاسبه شود:

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c} \quad \text{پ-۵-۴-۱}$$

پ-۵-۴-۱ در تصدیق، جرم قراردادی وزنه مرجع همیشه مشخص نیست. در این حالت مقدار نامی آن باید استفاده شود.

پ-۶ محاسبات عدم قطعیت

عدم قطعیت بر پایه (به بند ۲-۹ مراجعه کنید) و مطابق [۲۶].

در مراجع [۲۷ و ۲۲، ۲۱، ۲۰، ۱۹] محاسبات عدم قطعیت برای مقایسه‌های جرم بکار رفته است. عدم قطعیت یا به وسیله روش ارزیابی A و یا B ارزیابی می‌شود. ارزیابی نوع A بر پایه تحلیل آماری یک سری از اندازه‌گیری‌ها است در صورتیکه ارزیابی نوع B بر پایه سایر علوم می‌باشد.

پ-۶-۱ عدم قطعیت استاندارد فرآیند توزین u_w (نوع A)

عدم قطعیت استاندارد فرآیند توزین $u_w(\overline{\Delta m_c})$ انحراف معیار اختلاف جرم است. برای n چرخه‌ی اندازه‌گیری:

$$u_w(\overline{\Delta m_c}) = \frac{s(\Delta m_{ci})}{\sqrt{n}} \quad \text{پ-۶-۱-۱}$$

که $s(\Delta m_{ci})$ برای رده‌های مختلف وزنه بصورت زیر تعریف می‌شود.

پ-۶-۱-۱ برای رده‌های F_2, M_1, M_2, M_3 اغلب چرخه‌های ABA، ABBA، یا $AB_1, \dots, B_n A$ بکار می‌رود. برای وزنه‌های این رده‌ها، اگر انحراف معیار اندازه‌گیری‌های اختلاف جرم از داده‌های قبلی معلوم نباشد، می‌توان آن را بصورت زیر برآورد کرد:

$$s(\Delta m_c) = \frac{\max(\Delta m_{ci}) - \min(\Delta m_{ci})}{2 \times \sqrt{3}} \quad \text{پ-۶-۱-۲}$$

برای $n \geq 3$ چرخه اندازه‌گیری.

همچنین انحراف معیار می‌تواند همانطور که در پ-۶-۲-۱ شرح داده شده، محاسبه شود.

پ-۶-۱-۲ برای وزنه‌های رده E_1, E_2 و F_1 واریانس اختلاف جرم (Δm_c) فرآیند توزین $s^2(\Delta m_c)$ از چرخه‌ی اندازه‌گیری بصورت زیر برآورد می‌شود:

$$s^2(\Delta m_c) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta m_{ci} - \overline{\Delta m_c})^2 \quad \text{پ-۶-۱-۳}$$

با $n-1$ درجه آزادی.

پ-۶-۱-۳ اگر تنها تعداد کمی اندازه‌گیری انجام شود، برآورد $s(\Delta m_c)$ می‌تواند غیرقابل اطمینان باشد. یک برآورد ادغامی^۱ حاصل از اندازه‌گیری‌های قبلی که تحت شرایط مشابه انجام شده‌اند، باید استفاده شود (به بند ت-۱-۲ مراجعه کنید). اگر این امر امکان‌پذیر نباشد n نباید کمتر از ۵ باشد.

پ-۶-۱-۴ در مواردی که سری‌های از اندازه‌گیری‌ها J (که $J > 1$) وجود داشته باشد، واریانس Δm_c به وسیله تعمیم به سری‌های J به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$s^2(\Delta m_c) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J s_j^2(\Delta m_{ci}) \quad (\text{پ-۶-۱-۴})$$

با درجه آزادی $J(n-1)$ (به بند ت-۲ مراجعه کنید).

یادآوری- نمایه‌ی پایین ز به منظور تمایز بین انحرافات استاندارد هر سری به $s_j^2(\Delta m_c)$ اضافه شده است.

پ-۶-۲ عدم قطعیت وزنه مرجع $u(m_{cr})$ (نوع B)

عدم قطعیت استاندارد جرم وزنه مرجع $u(m_{cr})$ باید از گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون که بصورت عدم قطعیت بسط یافته بیان شده (U) به وسیله تقسیم بر ضریب پوشش (k) (معمولاً $k=2$) محاسبه شده و باید با عدم قطعیت ناشی از ناپایداری جرم وزنه مرجع ($u_{inst}(m_{cr})$) ترکیب شود.

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})} \quad (\text{پ-۶-۲-۱})$$

عدم قطعیت ناشی از ناپایداری وزنه مرجع ($u_{inst}(m_{cr})$) را می‌توان از تغییرات جرم که بعد از چند بار کالیبراسیون آن مشاهده می‌شود، برآورد کرد. اگر مقادیر کالیبراسیون‌های قبلی در دسترس نباشد، در این صورت برآورد عدم قطعیت باید بر پایه تجربه باشد.

پ-۶-۲-۱ اگر وزنه‌های تصدیق شده‌ای از رده‌ی F_1 یا با رده‌ی درستی پایین‌تر به عنوان وزنه مرجع استفاده شود که گواهی‌نامه انطباق با این استاندارد را داشته باشد که در آن جرم و عدم قطعیت وزنه ذکر نشده باشد، عدم قطعیت را می‌توان از بیشینه خطای مجاز (δm) آن رده‌ی مورد نظر برآورد کرد:

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{\delta m^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})} \quad (\text{پ-۶-۲-۲})$$

پ-۶-۲-۲ اگر ترکیبی از وزنه‌های مرجع برای مقایسه جرم استفاده می‌شود که کوارینانس آنها معلوم نیست، ضریب همبستگی را می‌توان یک فرض کرد [۲۸] که به مجموع خطی عدم قطعیت‌ها منتهی می‌شود:

$$u(m_{cr}) = \sum_i u(m_{cri}) \quad (\text{پ-۶-۲-۳})$$

که $u(m_{cri})$ عدم قطعیت استاندارد وزنه مرجع i ام است. این یک حد بالایی برای عدم قطعیت است.

پ-۶-۳ عدم قطعیت تصحیح شناوری هوا، u_b (نوع B)

عدم قطعیت تصحیح شناوری هوا را می‌توان از معادله (پ-۶-۳-۱) محاسبه کرد [۲۹].

(پ-۳-۶-۱)

$$u_b^2 = \left[m_{cr} \frac{(\rho_r - \rho_t)}{\rho_r \rho_t} u(\rho_a) \right]^2 + \left[m_{cr} (\rho_a - \rho_0) \right]^2 \frac{u^2(\rho_t)}{\rho_t^4} + m_{cr}^2 (\rho_a - \rho_0) [(\rho_a - \rho_0) - 2(\rho_{al} - \rho_0)] \frac{u^2(\rho_r)}{\rho_r^4}$$

که ρ_{al} چگالی هوا در کالیبراسیون (قبلی) وزنه مرجع با استفاده از وزنه‌ی مرجعی با رده‌ی بالاتر است، هنگام استفاده از معادله (پ-۳-۶-۱) اطمینان حاصل کنید که همان مقدار عدم قطعیت چگالی وزنه‌ی مرجع $u(\rho_r)$ که در کالیبراسیون قبلی بکار رفته، استفاده می‌شود. عدم قطعیت بزرگتر نمی‌تواند به دلخواه انتخاب شود. پ-۳-۶-۱ حتی اگر تصحیح شناوری هوا ناچیز باشد (به بند پ-۵-۱-۲ مراجعه کنید)، سهم عدم قطعیت اثر شناوری ممکن است ناچیز نباشد، و اگر $u_b \geq u_c/3$ باید در نظر گرفته شود (به بند پ-۳-۶-۱ مراجعه کنید).

پ-۳-۶-۲ برای رده‌های M_1 ، M_2 و M_3 عدم قطعیت ناشی از تصحیح شناوری هوا ناچیز است و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

پ-۳-۶-۳ برای رده‌های F_1 و F_2 ، چگالی وزنه‌ها باید با دقت کافی مشخص شود.

پ-۳-۶-۴ اگر چگالی هوا اندازه‌گیری نشده باشد و از میانگین چگالی هوا برای محل آزمون استفاده شود، در این صورت عدم قطعیت چگالی هوا بصورت زیر برآورد می‌شود:

$$u(\rho_a) = \frac{0.12}{\sqrt{3}} \text{ [kg m}^{-3}\text{]} \quad (\text{پ-۳-۶-۲})$$

در صورتیکه داده‌های تأیید شده‌ای فراهم شود می‌توان از مقدار کمتر عدم قطعیت نیز استفاده کرد.

چگالی هوا در سطح دریا باید $1/2 \text{ kg m}^{-3}$ فرض شود.

پ-۳-۶-۵ برای وزنه‌های رده‌ی E، چگالی هوا باید تعیین شود. معمولاً عدم قطعیت آن از عدم قطعیت دما، فشار و رطوبت هوا برآورد می‌شود. در مورد رده‌ی E_1 ، برای محاسبه چگالی هوا می‌توان از فرمول $CIPM^1$ (۱۹۸۱/۹۱) [۳] یا از یک تقریب استفاده نمود (به پیوست ۳ مراجعه کنید).

پ-۳-۶-۶ واریانس چگالی هوا عبارتست از:

$$u^2(\rho_a) = u_F^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial p} u_p \right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial t} u_t \right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_a}{\partial hr} u_{hr} \right)^2 \quad (\text{پ-۳-۶-۳})$$

در رطوبت نسبی (۵۰٪) $hr=0.5$ ، دمای 20°C و فشار 101325 Pa ، تقریباً مقادیر عددی زیر بکار می‌رود:

$u_F = 10^{-4} \rho_a$ برای فرمول $CIPM$ [عدم قطعیت فرمول مورد نظر]

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial p} = 10^{-5} \rho_a \text{ Pa}^{-1}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial t} = -3/4 \times 10^{-3} \rho_a K^{-1}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial hr} = -10^{-2} \rho_a$$

که hr رطوبت نسبی بصورت یک کسر است.

پ-۶-۳-۷ چگالی وزنه مرجع ρ_r و عدم قطعیت آن باید از گواهی نامه کالیبراسیون بدست آید.

پ-۶-۳-۸ برای وزنه های رده ی E_2 چگالی ρ_t همیشه مشخص نیست، بنابراین یا باید اندازه گیری شود یا از جدول پ ۷ در بند ب-۷-۹-۳ در نظر گرفته شود.

پ-۶-۴ عدم قطعیت ترازو u_{ba} (نوع B)

پ-۶-۴-۱ عدم قطعیت ناشی از آزمون ترازوها و مقایسه گرهای جرم

روش پیشنهادی برای تعیین این مؤلفه، آزمون ترازوها و مقایسه گرهای جرم در بازه ی زمانی مناسب و استفاده از نتایج حاصل از آن در محاسبه عدم قطعیت است. هنگام کالیبراسیون وزنه های رده ی E_1 انجام چندین آزمون در زمان های مختلف برای اطمینان از وجود اطلاعات کافی درباره ی عدم قطعیت در زمان اندازه گیری، توصیه می شود.

پ-۶-۴-۲ عدم قطعیت ناشی از حساسیت ترازو

اگر ترازو با وزنه (های) حساسیت به جرم m_s و عدم قطعیت استاندارد $u(m_s)$ کالیبره شود، سهم عدم قطعیت ناشی از حساسیت بصورت زیر است:

$$u_s^2 = \left(\overline{\Delta m_c} \right)^2 \left(\frac{u^2(m_s)}{m_s^2} + \frac{u^2(\Delta I_s)}{\Delta I_s^2} \right) \quad (\text{پ-۶-۴-۱})$$

که در آن: ΔI_s تغییر در نشان دهی ترازو در اثر وزنه حساسیت؛

$u(\Delta I_s)$ عدم قطعیت ΔI_s ؛ و

$\overline{\Delta m_c}$ میانگین اختلاف جرم بین وزنه مورد آزمون و وزنه مرجع.

اگر حساسیت ترازو نسبت به زمان، دما و بار ثابت نباشد، انحراف آن باید در عدم قطعیت در نظر گرفته شود.

پ-۶-۴-۳ عدم قطعیت ناشی از تفکیک پذیری نمایشگر ترازوهای دیجیتال

برای یک ترازوی دیجیتال با فاصله کمی درجه بندی d عدم قطعیت ناشی از تفکیک پذیری عبارتست از:

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}} \right) \times \sqrt{2} \quad (\text{پ-۶-۴-۲})$$

ضریب $\sqrt{2}$ ناشی از دو قرائت، یکی برای وزنه ی مرجع و یکی برای وزنه مورد آزمون است.

پ-۴-۶-۴ عدم قطعیت ناشی از بارگذاری غیرمتمرکز

در صورتیکه این مؤلفه با اهمیت تشخیص داده شود، مقدار آن باید برآورد شود و در صورت لزوم این مؤلفه باید در جدول عدم قطعیت وارد شود.

پ-۴-۶-۴-۱ راه حل قابل قبول برای عدم قطعیت ناشی از بارگذاری غیرمتمرکز:

$$u_E = \frac{\frac{d_1}{d_2} \times D}{2 \times \sqrt{3}} \quad (\text{پ-۴-۶-۳})$$

که D اختلاف بین بیشینه و کمینه مقدار حاصل از آزمون بارگذاری غیرمتمرکز که طبق استاندارد بین‌المللی OIMLR76-2 انجام شده است؛

d_1 فاصله برآورد شده بین مراکز وزنه‌ها؛ و

d_2 فاصله بین مرکز بارگیر تا یکی از گوشه‌ها است.

در بسیاری از موارد، این مؤلفه عدم قطعیت u_E به وسیله عدم قطعیت فرآیند توزین u_w پوشش داده می‌شود و ممکن است از آن صرف‌نظر شود (به بند ۶-۱ مراجعه کنید).

پ-۴-۶-۴-۲ در صورت استفاده از ترازوهای دارای سازوکار تعویض خودکار وزنه، اختلاف نشاندهی بین دو وزنه ΔI ممکن است متفاوت از زمانی باشد که جای وزنه‌ها باهم عوض شده است: $\Delta I_1 \neq \Delta I_2$ این اختلاف ممکن است به عنوان خطای بارگذاری غیرمتمرکز تفسیر شود و عدم قطعیت متناظر باید با استفاده از معادله ی پ-۴-۶-۴ برآورد شود. این مؤلفه عدم قطعیت در صورتیکه از اندازه‌گیری‌های تعویضی قبلی وزنه‌ها با مقدار نامی یکسان مشخص شده باشد، عملی است. در مواردی که تعویض در طی فرآیند کالیبراسیون انجام می‌شود، میانگین اختلاف دو نشاندهی باید به عنوان نتیجه توزین در نظر گرفته شود و از u_E می‌توان صرف‌نظر کرد.

$$u_E = \frac{|\Delta I_1 - \Delta I_2|}{2} \quad (\text{پ-۴-۶-۴})$$

یادآوری - معادله ی (پ-۴-۶-۴) بر پایه همان سابقه ریاضی معادله ۱۶ در استاندارد ملی ۹۳۶۳، سال: ۱۳۸۶ است.

پ-۴-۶-۵ عدم قطعیت ناشی از خاصیت مغناطیسی، u_{ma}

اگر وزنه‌ای دارای پذیرفتاری مغناطیسی بالایی باشد و یا مغناطیسی شده باشد اغلب می‌توان با قرار دادن یک فاصله‌انداز^۱ غیر مغناطیسی بین وزنه و بارگیر تأثیر متقابل مغناطیسی را کاهش داد. اگر وزنه‌ها الزامات این استاندارد را برآورده نمایند، عدم قطعیت ناشی از خاصیت مغناطیسی u_{ma} ممکن است صفر فرض شود.

پ-۴-۶-۶ عدم قطعیت استاندارد مرکب ترازو، u_{ba}

مؤلفه‌های عدم قطعیت بصورت توان ۲ باهم جمع می‌شوند:

$$u_{ba} = \sqrt{u_s^2 + u_d^2 + u_E^2 + u_{ma}^2} \quad (\text{پ-۶-۴-۵})$$

پ-۶-۵ عدم قطعیت بسط یافته، $U(m_{ct})$

عدم قطعیت استاندارد مرکب جرم قراردادی وزنه مورد آزمون بصورت زیر است:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + u_{ba}^2} \quad (\text{پ-۶-۵-۱})$$

اگر تصحیح شناوری $m_{cr}C$ اعمال نشود (پ-۵-۱-۲)، باید یک سهم متناظری برای شناوری به عدم قطعیت مرکب علاوه بر u_b اضافه کرد (به معادله ۱۶ و یادآوری ۶ در مرجع [۳] مراجعه کنید):

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + (m_{cr}C)^2 + u_{ba}^2} \quad (\text{پ-۶-۵-۲})$$

عدم قطعیت بسط یافته جرم قراردادی وزنه مورد آزمون U به صورت زیر است:

$$U(m_{ct}) = k u_c(m_{ct}) \quad (\text{پ-۶-۵-۳})$$

پ-۶-۵-۱ معمولاً ضریب پوشش $k=2$ باید استفاده شود. با وجود این، اگر انحراف معیار ادغامی فرآیند توزین مشخص نباشد و تعداد اندازه گیری ها نتواند بطور معقول تا بیش از ۱۰ اندازه گیری افزایش یابد (برای وزنه های خیلی بزرگ و روش های توزین طولانی) و عدم قطعیت $u_w(\overline{\Delta m_c})$ (مؤلفه مهمی در تحلیل عدم قطعیت باشد یعنی: $u_c(m_l)/2\overline{\Delta m_c} > u_w(\overline{\Delta m_c})$) آنگاه ضریب پوشش k از توزیع t با فرض سطح اطمینان ۹۵/۵٪ و درجه آزادی مؤثر v_{eff} (همانطور که از فرمول Welch Satterthwaite محاسبه شده [۲۶]) باید محاسبه شود. ضریب پوشش k برای درجات آزادی مؤثر مختلف v_{eff} در جدول پ ۴ آمده است. اگر بتوان فرض کرد که برآوردهای عدم قطعیت نوع B با درجات آزادی بی نهایت محافظه کارانه است آنگاه فرمول درجه آزادی مؤثر بصورت زیر خواهد بود:

$$v_{eff} = (n-1) \times \frac{u_c^4(m_{ct})}{u_w^4(\overline{\Delta m_c})} \quad (\text{پ-۶-۵-۴})$$

برای جزئیات بیشتر به مرجع [۸] مراجعه کنید.

جدول پ ۴- ضریب پوشش k برای درجات آزادی مؤثر مختلف v_{eff}

∞	۲۰	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳	۲	۱	v_{eff}
۲/۰۰	۲/۱۳	۲/۲۸	۲/۳۷	۲/۵۲	۲/۶۵	۲/۸۷	۳/۳۱	۴/۵۳	۱۳/۹۷	k

ت-۱-۳ مقادیر بحرانی که در S وابسته به درجه آزادی هستند در جدول ت ۱ برای آزمون دو طرفه با سطح معناداری $\alpha = 0.05$ نشان داده شده‌اند. اگر درجات آزادی بزرگ باشد (> 15)، استفاده از ضریب ۲ به جای مقدار بحرانی از جدول، قابل قبول است. اگر تشخیص داده شود که کالبراسیون از کنترل t آزمون خارج شده آنگاه علت باید مشخص شده و قبل از گزارش نتایج کالبراسیون، باید اصلاح شود. این آزمون برای تشخیص بی‌نظمی‌ها و تغییرات ناگهانی در میان فرآیند شامل تغییرات در مقدار وزنه مرجع، انحراف معیار از

مرتبه ۲ یا بیشتر بسیار قدرتمند است. برای محافظت در برابر تغییرات کوچک از مرتبه نیم یا یک انحراف معیار و یا انحراف تدریجی مؤثر نیست.

ت-۱-۴ مقدار قابل قبول استاندارد بازبینی بصورت داده‌های تجمعی به روز می‌شود. از چندین روش می‌توان نتیجه گرفت، اگر چه داده‌ها باید همیشه بر روی نمودار نمایش داده شود و برای رانش یا تغییر امتحان شوند. مقدار استاندارد بازبینی از مقدار قبلی خود $\bar{m}_{diff}$ به مقدار جدیدش $\bar{m}'_{diff}$ بر پایه ۱۰ تا ۱۵ اندازه‌گیری اخیر است، اگر:

$$t = \frac{|\bar{m}_{diff} - \bar{m}'_{diff}|}{\sqrt{\frac{s_{old}^2}{J} - \frac{s_{new}^2}{K}}} > t_{\alpha/2}(v) \quad \text{(ت-۱-۴-۱)}$$

که به ترتیب J و K تعداد اندازه‌گیریهای قبلی و جدید است، و $v=J+K-2$

ت-۲ دقت ترازو

دقت ترازو را می‌توان همچنین با استفاده از روش کنترل آماری پایش نمود. انحراف معیار باقی‌مانده از یک طرح توزین یا انحراف معیار اندازه‌گیریهای تکرار شده برای یک وزنه، اساس این آزمون است. دوباره، این آزمون بر پایه داده‌های قبلی انحرافات استاندارد همان ترازو متکی است. اگر m انحراف معیار $s_1, \dots, s_m$ از داده‌های قبلی وجود داشته باشد، برآورد انحراف معیار ادغامی به صورت زیر خواهد بود:

$$s_p = \sqrt{\frac{1}{m} \sum s_i^2} \quad \text{(ت-۲-۱)}$$

این فرمول بهترین برآورد انحراف معیار ترازو است. معادله بالا بر این فرض است که هر یک از انحرافات استاندارد دارای درجات آزادی v است در حالی که انحراف معیار ادغامی دارای درجات آزادی m.v است. برای هر طرح جدید یا مجموعه‌ای از اندازه‌گیریها، انحراف معیار باقی‌مانده s_{new} می‌تواند در برابر مقدار ادغامی، آزمون شود. آماره‌ی آزمون عبارت است از:

$$F = \frac{s_{new}^2}{s_p^2} \quad \text{(ت-۲-۲)}$$

ت-۲-۱ معمولاً تنزل در دقت ترازو آزمون می‌شود. دقت ترازو زمانی کنترل می‌شود که:

$$F \leq F$$

با درجه آزادی v برای s_{new} و درجه آزادی m.v برای s_p . مقادیر بحرانی F برای آزمون یک طرفه با سطح معناداری $\alpha = 0.05$ در جدول ت-۲ آمده است. اگر تشخیص داده شود که انحراف معیار کاهش یافته است آنگاه باید علت‌یابی و اصلاح شود.

جدول ت ۱- مقادیر بحرانی توزیع t استودنت برای آزمون ۲ طرفه با سطح معناداری $\alpha=0.05$

۷	مقدار بحرانی	۷	مقدار بحرانی	۷	مقدار بحرانی	۷	مقدار بحرانی	۷	مقدار بحرانی
۱	۱۲/۷۰۶	۱۱	۲/۲۰۱	۲۱	۲/۰۸۰	۳۱	۲/۰۴۰	۴۱	۲/۰۲۰
۲	۴/۳۰۳	۱۲	۲/۱۷۹	۲۲	۲/۰۷۴	۳۲	۲/۰۳۷	۴۲	۲/۰۱۸
۳	۳/۱۸۲	۱۳	۲/۱۶۰	۲۳	۲/۰۶۹	۳۳	۲/۰۳۵	۴۳	۲/۰۱۷
۴	۲/۷۷۶	۱۴	۲/۱۴۵	۲۴	۲/۰۶۴	۳۴	۲/۰۳۲	۴۴	۲/۰۱۵
۵	۲/۵۷۱	۱۵	۲/۱۳۱	۲۵	۲/۰۶۰	۳۵	۲/۰۳۰	۴۵	۲/۰۱۴
۶	۲/۴۴۷	۱۶	۲/۱۲۰	۲۶	۲/۰۵۶	۳۶	۲/۰۲۸	۴۶	۲/۰۱۳
۷	۲/۳۶۵	۱۷	۲/۱۱۰	۲۷	۲/۰۵۲	۳۷	۲/۰۲۶	۴۷	۲/۰۱۲
۸	۲/۳۰۶	۱۸	۲/۱۰۱	۲۸	۲/۰۴۸	۳۸	۲/۰۲۴	۴۸	۲/۰۱۱
۹	۲/۲۶۲	۱۹	۲/۰۹۳	۲۹	۲/۰۴۵	۳۹	۲/۰۲۳	۴۹	۲/۰۱۰
۱۰	۲/۲۲۸	۲۰	۲/۰۸۶	۳۰	۲/۰۴۲	۴۰	۲/۰۲۱	۵۰	۲/۰۰۹

یادآوری - ۷ درجه آزادی است.

جدول ت ۲- مقادیر بحرانی توزیع F برای آزمون یکطرفه که S_{new} (۷ درجات آزادی) بیش از $s_p(m, v, v)$ با سطح معناداری $\alpha=0.05$ نیست

v										$F(\alpha, m, v)$ $\alpha=0.05$
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	m
۲/۹۷۸	۲/۱۷۶	۲/۴۳۸	۲/۷۸۷	۴/۲۸۴	۵/۰۵۰	۶/۳۸۸	۹/۳۷۷	۱۹/۰۰۰	۱۶۱/۴۴۸	۱
۲/۳۴۸	۲/۴۵۶	۲/۵۹۱	۲/۷۶۴	۲/۹۹۶	۲/۳۲۶	۲/۸۳۸	۴/۷۵۷	۶/۹۴۴	۱۸/۵۱۳	۲
۲/۱۶۵	۲/۲۵۰	۲/۳۵۵	۲/۴۸۸	۲/۶۶۱	۲/۹۰۱	۲/۲۵۹	۲/۸۶۳	۵/۱۴۳	۱۰/۱۲۸	۳
۲/۰۷۷	۲/۱۵۳	۲/۲۴۴	۲/۳۵۹	۲/۵۰۸	۲/۷۱۱	۲/۰۰۷	۲/۴۹۰	۴/۴۵۹	۷/۷۰۹	۴
۲/۰۲۶	۲/۰۹۶	۲/۱۸۰	۲/۲۸۵	۲/۴۳۱	۲/۶۰۳	۲/۸۶۶	۲/۲۸۷	۴/۱۰۳	۶/۶۰۸	۵
۹۹۳	۲/۰۵۹	۲/۱۳۸	۲/۲۳۷	۲/۳۶۴	۲/۵۳۴	۲/۷۷۶	۲/۱۶۰	۲/۸۸۵	۵/۹۸۷	۶
۱/۹۶۹	۲/۰۳۳	۲/۱۰۹	۲/۲۰۳	۲/۳۲۴	۲/۴۸۵	۲/۷۱۴	۲/۰۷۳	۲/۷۳۹	۵/۵۹۱	۷
۱/۹۵۱	۲/۰۱۳	۲/۰۸۷	۲/۱۷۸	۲/۲۹۵	۲/۴۴۹	۲/۶۶۸	۲/۰۰۹	۲/۶۲۴	۵/۳۱۸	۸
۱/۹۳۸	۱/۹۹۸	۲/۰۷۰	۲/۱۵۹	۲/۳۷۳	۲/۴۳۳	۲/۶۳۴	۲/۹۶۰	۲/۵۵۵	۵/۱۱۷	۹
۱/۹۳۷	۱/۹۸۶	۲/۰۵۶	۲/۱۴۳	۲/۲۵۴	۲/۴۰۰	۲/۶۰۶	۲/۹۲۳	۲/۴۹۳	۴/۹۶۵	۱۰
۱/۹۱۸	۱/۹۷۶	۲/۰۴۵	۲/۱۳۱	۲/۲۳۹	۲/۳۸۳	۲/۵۸۴	۲/۸۹۳	۲/۴۴۳	۴/۸۳۴	۱۱
۱/۹۱۰	۱/۹۶۸	۲/۰۳۶	۲/۱۲۱	۲/۲۳۷	۲/۳۶۸	۲/۵۶۵	۲/۸۶۶	۲/۴۰۳	۴/۷۴۷	۱۲
۱/۹۰۴	۱/۹۶۱	۲/۰۲۹	۲/۱۱۲	۲/۲۱۷	۲/۲۵۶	۲/۵۵۰	۲/۸۴۵	۲/۳۶۹	۴/۶۶۷	۱۳
۱/۸۹۹	۱/۹۵۵	۲/۰۲۲	۲/۱۰۴	۲/۲۰۹	۲/۲۴۶	۲/۵۳۷	۲/۸۲۷	۲/۳۴۰	۴/۶۰۰	۱۴
۱/۸۹۴	۱/۹۵۰	۲/۰۱۶	۲/۰۹۸	۲/۲۰۱	۲/۲۳۷	۲/۵۳۵	۲/۸۱۳	۲/۳۱۶	۴/۵۴۳	۱۵
۱/۸۹۰	۱/۹۴۵	۲/۰۱۱	۲/۰۹۳	۲/۱۹۵	۲/۲۳۹	۲/۵۱۵	۲/۷۹۸	۲/۲۹۵	۴/۴۹۴	۱۶
۱/۸۸۷	۱/۹۴۳	۲/۰۰۷	۲/۰۸۷	۲/۱۸۹	۲/۲۳۳	۲/۵۰۷	۲/۷۸۶	۲/۲۷۶	۴/۴۵۱	۱۷
۱/۸۸۴	۱/۹۳۸	۲/۰۰۳	۲/۰۸۳	۲/۱۸۴	۲/۳۱۶	۲/۴۹۹	۲/۷۷۶	۲/۲۵۹	۴/۴۱۴	۱۸
۱/۸۸۱	۱/۹۳۵	۲/۰۰۰	۲/۰۷۹	۲/۱۷۹	۲/۳۱۰	۲/۴۹۳	۲/۷۶۶	۲/۲۴۵	۴/۳۸۱	۱۹
۱/۸۷۸	۱/۹۳۳	۱/۹۹۷	۲/۰۷۶	۲/۱۷۵	۲/۳۰۵	۲/۴۸۶	۲/۷۵۸	۲/۲۳۳	۴/۳۵۱	۲۰
۱/۸۶۳	۱/۹۱۵	۱/۹۷۷	۲/۰۵۳	۲/۱۴۹	۲/۲۷۴	۲/۴۴۷	۲/۷۰۶	۲/۱۵۰	۴/۱۷۱	۳۰
۱/۸۵۴	۱/۹۰۶	۱/۹۶۷	۲/۰۴۳	۲/۱۳۶	۲/۲۵۹	۲/۴۳۸	۲/۶۸۰	۲/۱۱۱	۴/۰۸۵	۴۰
۱/۸۵۰	۱/۹۰۱	۱/۹۶۲	۲/۰۳۶	۲/۱۲۹	۲/۲۵۰	۲/۴۱۷	۲/۶۶۵	۲/۰۸۷	۴/۰۳۴	۵۰
۱/۸۴۶	۱/۸۹۷	۱/۹۵۸	۲/۰۳۱	۲/۱۲۴	۲/۲۴۴	۲/۴۰۹	۲/۶۵۵	۲/۰۷۳	۴/۰۰۱	۶۰
۱/۸۴۴	۱/۸۹۵	۱/۹۵۵	۲/۰۲۸	۲/۱۲۰	۲/۲۴۰	۲/۴۰۴	۲/۶۴۸	۲/۰۶۱	۲/۹۷۸	۷۰
۱/۸۴۳	۱/۸۹۳	۱/۹۵۳	۲/۰۲۶	۲/۱۱۷	۲/۲۳۷	۲/۴۰۰	۲/۶۴۳	۲/۰۵۳	۲/۹۶۰	۸۰
۱/۸۴۱	۱/۸۹۱	۱/۹۵۱	۲/۰۲۴	۲/۱۱۵	۲/۲۳۴	۲/۳۹۷	۲/۶۳۸	۲/۰۴۶	۲/۹۴۷	۹۰
۱/۸۴۰	۱/۸۹۰	۱/۹۵۰	۲/۰۲۳	۲/۱۱۴	۲/۲۳۳	۲/۳۹۴	۲/۶۳۵	۲/۰۴۱	۲/۹۳۶	۱۰۰
۱/۸۳۱	۱/۸۸۰	۱/۹۳۸	۲/۰۱۰	۲/۰۹۹	۲/۳۱۴	۲/۳۷۳	۲/۶۰۵	۲/۹۹۶	۲/۸۴۱	∞

پیوست ث

(اطلاعاتی)

فرمول CIPM و یک فرمول تقریبی

ث-۱ فرمول CIPM

در سال ۱۹۸۱، کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاسها استفاده از معادله زیر (معادله CIPM) [۳۰] را برای تعیین چگالی هوای مرطوب توصیه کرد:

$$\rho_a = \frac{pM_a}{ZRT} \left[1 - x_v \left(1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right] \quad (\text{ث-۱-۱})$$

که:

p فشار؛

M_a جرم مولی هوای خشک؛

Z قابلیت تراکم؛

R ثابت گاز مولی؛

T استفاده از دمای ترمودینامیکی ITS-90؛

x_v کسر مولی بخار آب؛ و

M_v جرم مولی آب.

این فرمول به معادله CIPM-81 معروف است. از زمان انتشار آن در سال ۱۹۸۱، چندین تغییر وجود داشته که موجب استفاده از مقدار ثابتهای پیشنهادی شده است. بعد از اینکه مجمع کمیته مشورتی برای جرم (CCM) چندین اصلاح در ثابتهایی که در این فرمول استفاده شده‌اند، انجام داد به این فرمول به عنوان معادله ۱۹۸۱/۹۱ برای تعیین چگالی هوای مرطوب و یا فقط معادله ۱۹۸۱/۹۱ اشاره شده است.

ث-۲ ثابتها

ث-۲-۱ جرم مولی هوای خشک، M_a

جرم مولی هوای خشک M_a را می‌توان با استفاده از x_{CO_2} به عنوان کسر مول دی‌اکسید کربن به صورت زیر محاسبه کرد:

$$M_a = [28.9635 + 12.011 (x_{CO_2} - 0.0004)] < 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} \quad (\text{ث-۲-۱-۱})$$

جدول ث-۱- مقدار پیشنهادی برای M_a/R با $x_{CO_2}=0.0004$

یکها	مقدار پیشنهادی سال ۱۹۹۱	ثابت
$10^{-3} \text{ kgKJ}^{-1}$	۳/۴۸۳۴۹	M_a/R

ث-۲-۲ کسر مول بخار آب، x_v

کسر مول بخار آب x_v که تابعی از رطوبت نسبی hr یا دمای نقطه شبنم t_r ، ضریب افزایش f و فشار بخار اشباع شده از هوای مرطوب p_{sv} است بصورت زیر آمده است:

$$x_v = (hr)f(p, t) \frac{p_{sv}(t)}{p} = f(p, t_r) \frac{p_{sv}(t_r)}{p} \quad (\text{ث-۲-۲-۱})$$

که در آن:

hr رطوبت نسبی است که بصورت کسر بیان می‌شود؛

p فشار؛

t دما برحسب سلسیوس است؛

p_{sv} فشار بخار اشباع شده از هوای مرطوب؛ و

t_r دمای نقطه شبنم است.

ث-۲-۲-۱ فشار بخار اشباع شده از هوای مرطوب p_{sv} را می‌توان بصورت زیر محاسبه کرد:

که A ، B ، C و D پارامتر ثابت فشار بخار در حالت اشباع است. مقادیر پیشنهادی بصورت زیر است:

جدول ث ۲- مقادیر پیشنهادی برای ثابت‌های A ، B ، C و D

یکایها	مقدار پیشنهادی سال ۱۹۹۱	ثابت
$10^{-5} K^{-2}$	۱/۲۳۷۸۸۴۷	A
$10^{-2} K^{-1}$	۱/۹۱۲۱۳۱۶	B
	۳۳/۹۳۷۱۱۰۴۷	C
$10^{-3} K$	-۶/۳۴۳۱۶۴۵	D

ث-۲-۲-۲ ضریب افزایش، f

ضریب افزایش f تابعی از سه ثابت (α, β, γ) و دما t برحسب درجه سلسیوس است. این ضریب می‌تواند بصورت زیر محاسبه شود:

$$f = \alpha + \beta p + \gamma t^2 \quad (\text{ث-۲-۲-۳})$$

جدول ث ۳- مقادیر پیشنهادی برای ثابت‌های α ، β ، γ

یکایها	مقدار پیشنهادی سال ۱۹۹۱	ثابت
	۱/۰۰۰۶۲	α
10^{-4} pa^{-1}	۳/۱۴	β
$10^{-7} K^{-2}$	۵/۶	γ

ث-۲-۳ ضریب قابلیت تراکم، Z

ضریب قابلیت تراکم Z را می‌توان با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$Z = 1 - \frac{P}{T} \left[a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + (b_0 + b_1 t) x_v + (c_0 + c_1 t) x_v^2 \right] + \frac{P^2}{T^2} (d + e x_v^2) \quad (\text{ث-۲-۳-۱})$$

جدول ث ۴- مقادیر پیشنهادی برای ثابت‌های $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, c_0, c_1, d, e$

یکایها	مقدار پیشنهادی سال ۱۹۹۱	ثابت
10^{-6} Kpa^{-1}	۱/۵۸۱۲۳	a_0
10^{-8} pa^{-1}	-۲/۹۳۳۱	a_1
$10^{-10} \text{ K}^{-1} \text{ pa}^{-1}$	۱/۱۰۴۳	a_2
10^{-6} Kpa^{-1}	۵/۷۰۷	b_0
10^{-8} pa^{-1}	-۲/۰۵۱	b_1
10^{-4} Kpa^{-1}	۱/۹۸۹۸	c_0
10^{-6} pa^{-1}	-۲/۳۷۶	c_1
$10^{-11} \text{ K}^2 \text{ pa}^{-2}$	۱/۸۳	d
$10^{-8} \text{ K}^2 \text{ pa}^{-2}$	-۰/۷۶۵	e

ث-۳ فرمول تقریبی برای چگالی هوا

صحیح‌ترین فرمول چگالی هوا، فرمول CIPM (۱۹۸۱/۹۱) [۳۹] است. همچنین فرمول تقریبی زیر ممکن است استفاده شود:

$$\rho_a = \frac{0.34848 p - 0.009 (hr) \times \exp(0.061 t)}{273.15 + t} \quad (\text{ث-۳-۱})$$

که در آن:

چگالی هوا ρ_a برحسب kgm^{-3} بدست می‌آید؛

فشار p برحسب mbar یا hPa داده شده است؛

رطوبت نسبی hr برحسب درصد بیان می‌شود؛ و

دما t برحسب $(^\circ\text{C})$.

معادله‌ی (ث-۳-۱) دارای یک عدم قطعیت نسبی 2×10^{-4} در گستره $900 \text{ hPa} < p < 1100 \text{ hPa}$ ،

$30^\circ\text{C} < t < 10^\circ\text{C}$ و $hr < 80\%$ است.

برای وزنه‌های رده‌ی E_1 چگالی هوا باید همیشه بر پایه اندازه‌گیری‌های متناظر تعیین شود. اگرچه معادله تقریبی زیر روشی برای برآورد چگالی هوا در آزمایشگاههایی است که وسایلی برای تعیین چگالی هوا در آن وجود ندارد. ارتفاع بالای سطح دریا همیشه مشخص است. بنابراین اگر چگالی هوا اندازه‌گیری نشود باید به عنوان مقدار میانگین برای مکان آزمایشگاه بصورت زیر محاسبه شود:

$$\rho_a = \rho_0 \times \exp\left(\frac{-\rho_0}{p_0} gh\right) \quad (\text{ث-۳-۲})$$

که در آن:

P_0 برابر است با 101325 Pa ؛

ρ_0 برابر است با $1/2 \text{ kgm}^{-3}$ ؛

g برابر است با $9/81 \text{ ms}^{-2}$ ؛ و

h ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر.

- [1] Davis, R. S., "Determining the magnetic properties of 1 kg mass standards" J. Res. National Institute of Standards and Technology (USA), 100, 209-25, May-June 1995; Errata, 109, 303, March-April 2004
- [2] Myklebust T, Källgren H, Lau P, Nielsen L and Riski K, "Testing of weights: Part 3 - Magnetism and convection", *OIML Bulletin XXXVIII* (1997), pp. 5-10
- [3] Gläser, M., "Magnetic interactions between weights and weighing instruments." *Meas. Sci. Technol.* 12 (2001), pp. 709-715
- [4] ISO 261:1998 – ISO general-purpose metric screw threads – General plan
- [5] Gläser, M., "Change of the apparent mass of weights arising from temperature differences," *Metrologia* 36 (1999), pp. 183–197
- [6] Jean M. Bennett and Lars Mattsson, "Introduction to Surface Roughness and Scattering" Optical Society of America (1989)
- [7] Myklebust, T., "Methods to determine magnetic properties of weights and magnetic field and field gradients of weights." National Measurement Service, Norway (1995)
- [8] Myklebust, T. 1997 "Intercomparison: Measurement of the volume magnetic susceptibility and magnetization of two cylindrical (kg) weights. EUROMET project 324", Justervesenet (NO)
- [9] Myklebust, T. and Davis, R.S., "Comparison between JV and BIPM to determine the volume susceptibility of one 20 g weight and two 1 g weights", Justervesenet (1996)
- [10] Myklebust, T. and Börjesson, L., "Comparison of two instruments based on the attracting method." National Measurement Service, Norway (1995)
- [11] Ueki, M., Nezu, Y. and Ooiwa, A., "New facility for weight calibration service", *Proceedings of the 14th IMEKO World Congress and Bulletin of NRLM vol. 46, No 4*, pp. 223–228 (1997)
- [12] Schoonover, R.M. and Davis, R.S., "Quick and Accurate Density Determination of Laboratory Weights".(Proceedings. 8th Conference. IMEKO Technical Committee TC3 on Measurement of Force and Mass, Krakow, Poland. September 9-10, 1980) (Paper in "Weighing Technology," pp. 1123–1127, (Druk, Zakład Poligraficzny Wydawnictwa SIGMA, Warsaw, Poland (1980)
- [13] Kobata, T., Ueki, M., Nezu, Y., Ooiwa, A. and Ishii, Y., "Characterization of an Acoustic Volumeter for Measuring the Volume of Weights", *Proceedings of 15th IMEKO World Congress* (1999)
- [14] Ueki, M., Kobata, T., Mizushima, S., Nezu, Y., Ooiwa, A. and Ishii, Y., "Application of an Acoustic Volumeter to Standard Weights", *Proceedings of 15th IMEKO World Congress* (1999)
- [15] Bettin, H., Spieweck, F., "Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990", *PTB-Mitt.* 1003/90, pp. 195–196
- [16] Tanaka, M., Girard, G., Davis, R., Peuto, A., Bignell, N., [NMIJ, BIPM, IMGIC, NML], "Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports", *Metrologia*, 2001,

38, n°4, pp. 301–309

[17] Gorski, W., Toth, H.G., “Destilliertes Wasser als Dichtereferenzmaterial - Die elektrische Leitfähigkeit als Kriterium seiner Güte” - PTB-Mitt. 98 5/88, pp. 324–325

[18] Lau, P., “Weight Volume and Centre of Gravity”, SP-AR to be published. (Secretariat is updating this reference (9/6/02))

[19] Croarkin, C., “An Extended Error Model for Comparison Calibration”, *Metrologia* 26, 107 (1989)

[20] Schwartz, R. “Guide to mass determination with high accuracy” PTB-Bericht MA-40, Braunschweig, (1995). See also Kochsiek, M., Gläser, M., “Comprehensive Mass Metrology”, Wiley, New York, Sec.3.4, “Mass determination with balances” (Roman Schwartz) (2000)

[21] Chapman, G.D., “Orthogonal designs for calibrating kilogram submultiples”, NRCC25819. 27 April 1995, National Research Council Canada, Canada

[22] Morris, E.C., “Decade Design for Weighings of Non-uniform Variance”, *Metrologia* 29, 373 (1992)

[23] Cameron, J.M., Croarkin, M.C., and Raybold, R. C.R., “Designs for the calibration of standards of mass”, NBS TN 952 (1977)

[24] Gläser, M., “Cycles of comparison measurements, uncertainties and efficiencies”, *Meas. Sci. Technol* 11 (2000), pp. 20–24

[25] Sutton, C.M. and Clarkson, M.T., “A general approach to comparisons in the presence of drift” *Metrologia* 30, 487 (1993/94)

[26] Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA-4/02 (1999)

[27] Bich, W., Cox, M.G., and Harris, P.M., “Uncertainty modelling in mass comparisons”, *Metrologia* 30, 495 (1993/4)

[28] Bich, W., “Covariances and restraints in mass metrology”, *Metrologia* 27, 111 (1990)

[29] Gläser, M., “Covariances in the determination of conventional mass.” *Metrologia* 37, 249–251 (2000)

[30] Davis, R.S., “Equation for the determination of the density of moist air” (1981/91), *Metrologia* 29, 67 (1992). Giacomo, P., “Equation for the determination of the density of moist air” (1981), *Metrologia* 18, 33 (1982)

[31] Chung, J.W., Ryu, K.S., Davis, R.S. “Uncertainty analysis of the BIPM susceptometer”, *Metrologia* 38 (2001), pp. 535-541