



سیستم مدیریت ایزو  
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران  
۱۴۱۷  
تجدیدنظر اول  
۱۳۹۷

INSO

14117

1st Revision

2019

Identical with  
ASTM E 1038:  
2015

مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت  
مدول های فتوولتاییک در برابر تگرگ به  
وسیله اصابت گلوله های یخی پرتاب شونده

**Photovoltaic modules- Determining  
Resistance of Photovoltaic Modules to Hail  
by Impact with Propelled Ice Balls**

ICS: 27.160

استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۷ (تجدیدنظر اول) : سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

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

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

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

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها پایش میکند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

- 
- 1- International Organization for Standardization
  - 2- International Electrotechnical Commission
  - 3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
  - 4-Contact point
  - 5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول‌های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله‌های یخی پرتاب شونده»

### رئیس:

نجفی، حمید رضا

(دکتری مهندسی برق - قدرت)

### سمت و/یا محل اشتغال:

نیروگاه فتوولتاییک دانشگاه بیرجند

### دبیر:

بذری، مصطفی

(کارشناسی مهندسی صنایع)

اداره کل استاندارد استان خراسان جنوبی

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی بروغنی، زهرا

(کارشناسی ارشد مهندسی رایانه - نرم افزار)

دانشگاه بیرجند

احمدی بروغنی، سید یوسف

(دکتری مهندسی مکانیک - طراحی کاربردی)

دانشگاه بیرجند

بهار، شیرین

(کارشناسی ارشد مهندسی طراحی محیط)

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

خدایی فرد، شراره

(کارشناسی ارشد فیزیک)

اداره کل استاندارد استان زنجان

صفوی نژاد، علی

(دکتری مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی)

دانشگاه بیرجند

میربزرگی، سید علی

(دکتری مهندسی مکانیک)

دانشگاه بیرجند

### ویراستار:

طاهری، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - طراحی کاربردی)

اداره کل استاندارد استان خراسان شمالی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها
۳	۴ اهمیت و کاربرد
۵	۵ دستگاه‌ها
۶	۶ خطرات
۶	۷ روش اجرایی
۹	۸ گزارش
۱۰	۹ دقت و اریبی

## پیش‌گفتار

استاندارد «مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول‌های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله- های یخی پرتاب شونده» که نخستین بار در سال ۱۳۸۹ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یکصد و سیزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۹۷/۱۲/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۷ : سال ۱۳۸۹ می‌شود.

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

ASTM E 1038: 2015, Determining Resistance of Photovoltaic Modules to Hail by Impact with Propelled Ice Balls

## مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول‌های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله‌های یخی پرتاب شونده

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری توانایی مقاومت مدول‌های فتوولتاییک در برابر ضربه نیروهای دانه‌های تگرگ می‌باشد. از گلوله‌های یخی پرتاب شونده برای شبیه‌سازی بارش دانه‌های تگرگ استفاده می‌شود.

۲-۱ این استاندارد، اقسام مورد آزمون و روش‌های نصب آنها را تعیین کرده و مکان‌های اصابت بر روی هر نمونه آزمون را مشخص و معادله‌ای برای تعیین سرعت هر گلوله‌ی یخی ارائه و روشی برای مورد اصابت قراردادن اقسام مورد آزمون با گلوله‌های یخی تعیین می‌نماید و همچنین روشی برای تعیین تغییرات عملکرد الکتریکی ارائه کرده و پارامترهایی را که باید ثبت و گزارش شوند را نیز مشخص می‌کند.

۳-۱ این استاندارد معیاری را برای قبول یا مردود شدن اعلام نمی‌کند. تعیین معیار قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن مقاومت در مقابل اصابت گلوله یخی، خارج از دامنه این استاندارد است.

۴-۱ اندازه‌ی گلوله‌ی یخی مورد استفاده در این آزمون مشخص نشده است. در این روش آزمون از گلوله‌های یخی با اندازه‌های مختلف می‌توان استفاده کرد.

۵-۱ این استاندارد می‌تواند برای مدول‌های متمرکزکننده و غیرمتمرکز کننده بکار رود.

۶-۱ مقادیر معین شده در سیستم SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود. هیچ واحد اندازه‌گیری دیگری در این استاندارد به کار گرفته نشده است.

### ۲ مراجع الزامی

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

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



استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

**2-1 ASTM E 772: Terminology Relating to Solar Energy Conversion**

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۰۸: سال ۱۳۹۳، تبدیل انرژی خورشیدی واژه‌نامه با استفاده از استاندارد ASTM E 772:2013 تدوین شده است.

**2-2 ASTM E 822: Practice for Determining Resistance of Solar Collector Covers to Hail by Impact with Propelled Ice Balls**

**2-3 ASTM E 1036: Test Methods for Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells**

**2-4 ASTM E 1462: Test Methods for Insulation Integrity and Ground Path Continuity of Photovoltaic Modules**

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۰۸: سال ۱۳۹۳، یکپارچگی عایق و پیوستگی مسیر اتصال زمین مدول‌های فتوولتائیک-روش‌های آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM E 1462:2012 تدوین شده است.

**۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها**

۱-۳ در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استاندارد ASTM E772 به کار می‌رود.

۲-۳ نمادها - نمادهای زیر در این استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

m : جرم گوی یخی، g

d : قطر گوی یخی، mm

r : شعاع گوی یخی، mm

۱-۲-۳ سرعت:

$V_t$  : سرعت نهایی گلوله یخی،  $ms^{-1}$

$V_w$  : سرعت باد،  $ms^{-1}$

$V_r$  : سرعت برآیند گلوله یخی،  $ms^{-1}$

#### ۴ اهمیت و کاربرد

۴-۱ در بسیاری از مناطق جغرافیایی، در مورد تاثیر بارش تگرگ بر روی مدول‌های فتوولتاییک نگرانی وجود دارد. این استاندارد می‌تواند برای تعیین توانائی مدول‌های فتوولتاییک جهت تحمل نیروهای اصابت دانه‌های تگرگ استفاده شود. در این استاندارد، توانایی مدول فتوولتاییک برای تحمل اصابت تگرگ را به توانایی آزمون شده برای تحمل اصابت گلوله‌های یخی مرتبط می‌سازد. اثرات برخورد ممکن است باعث کاهش خواص الکتریکی یا فیزیکی مدول گردد.

۴-۲ این روش آزمون، رویه استاندارد برای قرار دادن نمونه آزمون، انجام آزمون اصابت و گزارش آثار را تشریح می‌کند.

۴-۲-۱ برای سوار کردن نمونه‌های آزمون، روش‌هایی ارائه می‌شوند تا اطمینان دهند که مدول‌ها در ترکیبی آزمون می‌شوند که به استفاده از آنها در یک آرایش فتوولتاییک مربوط می‌شود.

۴-۲-۲ تعداد ۶ محل برخورد یا بیشتر انتخاب می‌شوند تا مکان‌های آسیب‌پذیر بر روی مدول‌ها را ارائه کنند و مکان‌های کلی در جدول ۱ مشخص شده‌اند. در هر محل برخورد، فقط یک تک اصابت مشخص می‌شود.

۴-۲-۳ سرعت برآیند برای شبیه سازی سرعتی بکار می‌رود که ممکن است با تگرگ توام با باد، همراه باشد. سرعت برآیند بکار رفته در این روش آزمون، با افزودن بردار سرعت افقی به سرعت ترمینال عمودی تعیین می‌شود.

#### جدول ۱- مکان‌های انتخابی و پیشنهادی برای نقاط اصابت گلوله

شماره مکان	توصیف
۱	مرکز سلول‌ها
۲	لبه‌های سلول‌ها به ویژه نزدیک اتصالات الکتریکی
۳	نقاط با کمینه فاصله بین سلول‌ها
۴	نقاط با بیشینه فاصله از نقاط تکیه‌گاه در مکان ۶
۵	گوشه‌ها و لبه‌های مدول
۶	نقاط تکیه‌گاه با هر ماده‌ی پوششی
۷	پشت مدول، اگر بدون حفاظ باشد
۸	پایانه‌های الکتریکی و اتصالات
۹	مرکز لنزها تقریباً ۵۰ mm از نقطه امن لنز

۴-۲-۴ در این روش آزمون برای شبیه‌سازی دانه‌های تگرگ از گلوله‌های یخی استفاده شد. دانه‌های تگرگ در ویژگی‌هایی همچون شکل، چگالی، و شکنندگی دارای تغییراتی هستند (برای خصوصیات شکست به بند 10 استاندارد ASTM E822 مراجعه شود). این ویژگی‌ها بر روی عواملی همچون مدت و مقدار نیروی ضربه‌ای که بر روی مدول عمل می‌کند و سطحی که ضربه توزیع می‌شود مؤثر می‌باشد. در حال حاضر گلوله‌های یخی با چگالی، شکنندگی و سرعت نهایی نزدیک به دانه‌های تگرگ (نزدیک‌ترین تقریب به دانه تگرگ شناخته شده است. گلوله‌های یخی عموماً سخت‌تر و متراکم‌تر از دانه‌های تگرگ هستند؛ بنابراین گلوله یخی، بدترین حالت دانه‌ی تگرگ را شبیه‌سازی می‌کند. شاید تفاوت عمده بین گلوله‌های یخی و دانه‌های تگرگ، آن باشد که دانه‌های تگرگ گوناگونی بیشتری نسبت به گلوله‌های یخی دارند. گلوله‌های یخی می‌توانند بصورت یکنواخت و مکرر ساخته شوند تا از پرتابه‌ای با خصوصیات مشخص مطمئن باشند.

۴-۲-۵ گلوله‌های یخی به طور طبیعی به سطح یک نمونه آزمون هدایت می‌شوند که بیشترین انرژی جنبشی را به نمونه آزمون، بر خلاف یک اصابت غیر معمول در یک زاویه انحرافی انتقال دهند.

۴-۳ داده‌های ایجاد شده با این روش آزمون، می‌تواند برای موارد زیر استفاده شوند:

- ۱- ارزیابی مقاومت برخورد یک مدول،
  - ۲- مقایسه مقاومت برخورد مدول‌های مختلف،
  - ۳- ارائه‌ی یک مبنای مشترک برای انتخاب مدول‌ها جهت استفاده در مناطق جغرافیایی مختلف، یا
  - ۴- ارزیابی تغییر در مقاومت اصابت مدول‌ها بدلیل عوامل محیطی دیگری همچون فرسایش در مقابل هوا.
- ۴-۳-۱ این روش آزمون مستلزم آنالیز اثرات قابل مشاهده، و همچنین اندازه‌گیری‌های الکتریکی است. عموماً اثرات چشمی از اندازه‌گیری‌های الکتریکی حساس‌تر هستند، بنابراین مقدار مطلق برای ولتاژ و جریان بحرانی نیستند، اما شرایط قابلیت تکرار برای قبل و بعد از آزمون‌ها، جهت تعیین تغییرات الکتریکی لازم است.

۴-۳-۲ ممکن است گستره‌ای از اثرات قابل مشاهده، با ضربه زدن به انواع مختلف مدول‌های فتوولتاییک تولید شود. اثرات فیزیکی بر روی مدول‌ها، ممکن است از بدون تاثیر بودن تا نفوذ به بوسیله گلوله یخی تغییر کند. ممکن است تغییراتی فیزیکی در مدول دیده شود درحالی‌که هیچ کاهش خواص الکتریکی واضحی در مدول وجود نداشته باشد.

۴-۳-۳ تغییرات الکتریکی ممکن است از بدون تاثیر تا بدون خروجی تغییر کنند. تمام اثرات برخوردها باید در گزارش توصیف شوند، به طوری که بتوان تخمینی از اهمیت‌شان ارائه کرد.

۴-۴ این استاندارد اندازه یا سرعت گلوله‌های یخی یا تعداد حداکثر برخوردی‌هایی که باید در انجام آزمون به کار آیند را مشخص نمی‌کند. تعیین این‌ها بر مبنای فرکانس و شدت بارش تگرگ مورد انتظار و هدف آزمون است.

۱-۴-۴ در صورتی که آزمون برای ارزیابی مقاومت به برخورد یک یا چندین مدول انجام می‌شود، بهتر است آزمون با استفاده از چندین اندازه و سرعت مختلف گلوله‌های یخی تکرار شود. در این شیوه، تاثیر اندازه‌های مختلف و سرعت‌های گوناگون گلوله‌های یخی را می‌توان تعیین نمود. هرچند هیچ نقطه‌ای نباید بیش از یکبار مورد اصابت قرار گیرد (به زیربند ۷-۱۰ مراجعه شود).

۲-۴-۴ اندازه و فراوانی تگرگ در مناطق جغرافیایی مختلف به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت دارند. در صورتی که آزمون برای ارزیابی مدول‌هائی انجام می‌شود که قرار است در منطقه جغرافیائی خاصی بکار گرفته شوند، اندازه گلوله یخی باید منطبق بر سطح مورد نیاز مقاومت به اصابت تگرگ برای آن منطقه باشد. اطلاعات در خصوص اندازه و فراوانی تگرگ را می‌توان در پیوست A استاندارد ASTM E822 و پانوشت ذیل این صفحه<sup>۱</sup> استاندارد پیدا کرد، یا می‌تواند از طریق تاریخچه هواشناسی محلی در دسترس قرار گیرد.

۳-۴-۴ زمانی که مدول‌ها آزمون می‌شوند، طراحی آن‌ها به گونه‌ای است که هنگام طوفان تگرگ در یک موقعیت نزدیک به هم (فشرده) قرار می‌گیرند، بهتر است مطابق با آن محل‌های برخورد اضافی انتخاب شوند.

۵-۴ مقاومت برخورد تگرگ مدول‌ها، هنگامی که مواد در معرض عوامل محیطی مختلف قرار داده می‌شوند، ممکن است تغییر کند. از این روش آزمون می‌توان برای برآورد میزان تنزل با مقایسه داده‌های مقاومت اصابت تگرگ که قبل از قرار گرفتن در معرض چنین عوامل محیطی اندازه گیری شده و پس از آن استفاده کرد.

## ۵ دستگاه‌ها

۱-۵ پرتاب‌گر، دارای قابلیت پرتاب یک گلوله‌ی یخی انتخاب شده با سرعت مشخص در چارچوب  $\pm 5\%$  دقت هدف پرتاب‌گر، بایستی برای گلوله یی کافی باشد تا به سطح برخورد مشخص شده، برخورد کند، یا آنکه سطح اطراف بایستی برای حفاظت از برخوردهای غیر عمدی با نقاب پوشیده شود.

یادآوری - پرتاب‌گرهایی که مناسب بودن آنها برای این کار اثبات شده است، باید از یک منبع هوای متراکم، یک مخزن اکومولاتور، یک دریچه با قطر زیاد که قابلیت باز شدن سریع را دارد، و مجرای قابل تغییر برای تهیه‌ی اندازه‌های مختلف گلوله‌های یخی تشکیل شده باشد. پرتاب‌گر دیگری که استفاده شده است، یک تیر و کمان نصب شده با یک تکیه‌گاه تنظیم شدنی، بر روی میز است.

1 - Moore, D., and Wilson, A., "Photovoltaic Solar Panel Resistance to Simulated Hail," *Low-Cost Solar Array Project Report 5101-62*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, 1978. Available from National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161-0001. Jenkins, D. R., and Mathey, R. G., "Hail Impact Testing Procedure for Solar Covers," NBSIR 82-2487, National Bureau of Standards, April 1982. Available from National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161-0001.

- ۲-۵ سرعت سنج، برای اندازه‌گیری سرعت گلوله‌ی یخی با دقت در حدود  $\pm 2\%$ .
- ۳-۵ پایه‌ی آزمون - یک پایه محکم برای نگهداری مدول آزمون به صورتی که پایه‌ی واقعی را شبیه‌سازی کند.
- ۴-۵ قالب‌ها، برای قالب‌ریزی گلوله‌های یخی کروی با قطر مناسب.  
یادآوری - قالب‌های ساخته شده از لاستیک سیلیکون یا پلی استایرن<sup>۱</sup> منبسط شده، مناسب می‌باشند.
- ۵-۵ فریزر - برای تولید گلوله‌های یخی در قالب‌ها، با دمای کنترل شده  $(5 \pm 10)^\circ\text{C}$ .
- ۶-۵ ظرف ذخیره ساز - یک قفسه‌ی یخی یا ترکیبی از آب/نمک یخ و کیسه‌ای برای گلوله‌های یخی که توانایی نگهداری دما در  $(2 \pm 4)^\circ\text{C}$  را دارد.
- ۷-۵ ترازو- برای تعیین جرم گلوله یخی با دقت در حدود  $\pm 1\%$ .
- ۸-۵ اندازه‌گیر حلقوی<sup>۲</sup> یا معادل آن، برای تعیین اندازه‌ی گلوله‌ی یخی.

## ۶ خطرات

عملیات تجهیزات توصیف شده در بند ۵، ممکن است آسیب حاصل از گلوله‌های یخی پرتاب شده یا برگشت داده شده، قطعات نمونه‌های آزمون خرد شده، سرو صدایی که می‌تواند ایجاد گردد، پرسنل را در معرض خطر قرار دهد. حفاظت از چشم و گوش، حداقل برای متصدی منظور شود.

## ۷ روش اجرایی

- ۱-۷ اندازه گلوله یخی مورد استفاده در آزمون را تعیین کنید.  
یادآوری- اندازه‌ی گلوله یخی، باید با افزایش ۱۰ mm توسط مدیر یا مسئول آزمون مشخص خواهد شد.

جرم بر حسب  
g

قطر بر حسب  
mm

1 - Polystyrene  
2 - Ring Gages

۱/۶	۱۵
۷/۵	۲۵
۲۰/۶	۳۵
۴۳/۹	۴۵
۸۰/۱	۵۵
۱۳۲/۲	۶۵
۲۰۳	۷۵
۲۹۶	۸۵

$$m=0.00385 r^3$$

۲-۷ با استفاده از قالب‌های یخی، مقادیر کافی گلوله‌های یخی با اندازه‌های تعیین شده، تهیه کنید. از لحاظ ترک‌ها، اندازه و وزن بررسی کنید. باید یک گلوله قابل قبول، معیارهای زیر را برآورده سازد:

۱-۲-۷ ترک‌ها - فاقد هرگونه ترک مرئی با چشم غیر مسلح.

۲-۲-۷ اندازه - حدود  $\pm 5\%$  از قطر مشخص شده، و

۳-۲-۷ جرم - حدود  $\pm 5\%$  مقدار عددی ذکر شده.

۳-۷ سرعت حاصل از قطر یخ و سرعت باد انتخاب شده را با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه کنید::

$$V_r = \sqrt{V_t^2 + V_w^2} \quad (1)$$

که در آن:

$$V_t = 4.44\sqrt{d} \quad (2)$$

۱-۳-۷ سرعت باد از جدول زیر به کمک مدیر یا مسئول آزمون انتخاب می‌شود.

سرعت باد بر حسب m/s
۰
۱۵
۲۰
۳۰

یادآوری - ملاحظاتی برای سرعت‌های مناسب باد، ممکن است در مراجع پانوش ۱ ذیل زیربند ۴-۴-۲ ارائه شده باشد.

## ۴-۷ آزمون‌های الکتریکی

۱-۴-۷ مطابق با زیربند 7.1 استاندارد ASTM E1462، یک آزمون نشت جریان عایق بر روی مدول آزمون انجام دهید.

۲-۴-۷ اندازه‌گیری ولتاژ مدار باز و جریان مدار اتصال کوتاه مدول. به عنوان روشی قابل قبول در استاندارد ASTM E1036 ارائه می‌شود.

یادآوری- چون آسیب به یک مدول که در اثر برخورد گلوله‌ی یخی معمولاً فاجعه آمیز است، فقط ضروری است تعیین شود که  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  آزمون ضربه را سپری کنند. بنابراین یک اندازه‌گیری ساده  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  با استفاده از یک ولت‌سنج و یک آمپرسنج ضمن آنکه مدول روشن است، امکان پذیر خواهد بود.

۵-۷ حداقل ۶ نقطه هدف ضربه شناسایی شده، در جدول ۱ را انتخاب کنید.

۶-۷ در مناطق برخورد که ممکن است به وسیله‌ی گلوله‌های یخی تحت تاثیر قرار بگیرند، ویژگی‌های چشمی را مستند کنید.

۷-۷ مدول آزمون را روی یک پایه آزمون مناسب نصب کنید تا یک نصب واقعی از مدول را شبیه‌سازی کنید. وسایل نصب نباید مانع نقاط ضربه مشخص شده، شوند.

۸-۷ دمای آزمون مدول باید ثابت باشد و دمای محیط باید  $(20 \pm 10)^\circ C$  باشد.

۹-۷ مدول را جهت اطمینان از اینکه در مسیر گلوله یخی متحرک برای ضربه است، روی سطح نقطه هدف به صورت عمود  $(90 \pm 5)^\circ$ ، نصب کنید.

یادآوری- این دستگاه می‌تواند تا زمانی که سایر الزامات آزمون برآورده می‌شود، به گونه‌ای طراحی گردد تا مسیر گلوله یخ در هر زاویه‌ای، به عنوان مثال، افقی یا عمودی باشد.

۱۰-۷ هدف برخورد وسیله پرتاب را نقطه‌ای در نظر بگیرید، که قبلاً مورد اصابت قرار نگرفته است. هر نقطه باید فقط یکبار مورد اصابت قرار بگیرد.

۱۱-۷ موقعیت سرعت‌سنج را طوری انتخاب کنید که سرعت گلوله‌ی یخی بین پرتابگر و نمونه‌ی آزمون را اندازه‌گیری کند. بهتر است گلوله یخی بیشتر از ۱ m از مقابل محل برخورد، از سرعت‌سنج خارج نشود. سرعت‌سنج را برای آزمون آماده کنید.

یادآوری ۱- آزمون دستگاه می‌تواند با تأثیر گلوله‌های یخی بر روی یک هدف شبیه‌سازی شده در جلوی مدول انجام شود.

یادآوری ۲- یک حفاظ در اطراف نقطه‌ی برخورد بمنظور حفاظت می‌تواند گذاشته شود.

۷-۱۲ کنترل‌های پرتاب را تنظیم کنید تا اطمینان حاصل شود که توپ با سرعت مشخص شده در زیربند ۷-۳ حرکت می‌کند.

۷-۱۳ یک گلوله یخی از ظرف ذخیره‌سازی بردارید.

۷-۱۴ گلوله یخی را در پرتابگر قرار دهید.

۷-۱۵ گلوله یخی را پرتاب کنید. سرعت گلوله یخی را اندازه‌گیری و ثبت کنید. گلوله‌های یخی باید ۶۰s بعد از برداشتن از ظرف ذخیره‌سازی با نمونه آزمون برخورد کنند.

یادآوری- ممکن است در طی این مرحله تجهیزات حفاظتی شخصی لازم باشند (به زیربند ۶-۱ مراجعه شود).



- ۷-۱۶ محل برخورد گلوله یخی را علامت گذاری کنید.
- ۷-۱۷ تمام اثرات چشمی برخورد را ثبت کنید.
- ۷-۱۸ مراحل زیربندهای ۷-۸ تا ۷-۱۶ را تکرار کنید، تا یکی از وقایع زیر روی دهد:
- ۷-۱۸-۱ تمام نقاط هدف انتخابی مورد برخورد قرار گرفته باشند، یا
- ۷-۱۸-۲ آسیب شدید مدول اتفاق بیافتد.
- ۷-۱۹ در پایان آزمون، آزمون‌های الکتریکی زیربند ۷-۴ را تکرار کنید.

## ۸ گزارش

- ۸-۱ حداقل، اطلاعات زیر را گزارش کنید:
- ۸-۱-۱ تولیدکننده مدول و نوع آن،
- ۸-۱-۲ توصیف مدول که شامل موارد زیر است:
- ۸-۱-۲-۱ ابعاد اصلی،
- ۸-۱-۲-۲ ماده‌ی زیرلایه وضخامت،
- ۸-۱-۲-۳ ماده لایه‌رویی<sup>۱</sup> وضخامت، و
- ۸-۱-۲-۴ ماده سلول،
- ۸-۱-۱ ترسیم خط یا عکس مدول از محل‌های برخورد علامت گذاری شده،
- ۸-۱-۲ ترسیم یا عکس از نصب مدول،

- ۳-۱-۸ توصیف اثرات چشمی برخورد گلوله یخی، اگر باشد،
- ۴-۱-۸ تغییرات بین نتایج قبل و بعد از آزمون الکتریکی، اگر باشد،
- ۵-۱-۸ اندازه، جرم و سرعت گلوله‌های یخی مورد استفاده،
- ۶-۱-۸ دمای مدول در طی برخوردها،
- ۷-۱-۸ توصیف پرتاب‌گر گلوله‌های یخی و سرعت‌سنج، و
- ۸-۱-۸ هرگونه انحرافی از این روش آزمون.

## ۹ دقت و اریبی

آزمون ضربه گلوله یخی که در این استاندارد توصیف شده است، نتایج عددی برای ارزیابی دقت و اریبی روش آزمون این استاندارد، تولید نمی‌کند. با این حال، دقت و انحراف اندازه‌گیری‌های عملکرد الکتریکی، زمانی که مطابق با استاندارد ASTM E1036 انجام می‌شود، به مفاد آن استاندارد مربوط می‌شود.