

دانش آزمایشگاهی ایران

سال ششم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷ ■ شماره پیاپی ۲۲

ISSN 2538-3450



چگونه می توان در تدوین استاندارد بین المللی ایزو مشارکت داشت؟



تفکر مبتنی بر ریسک برای آزمون شیمیایی



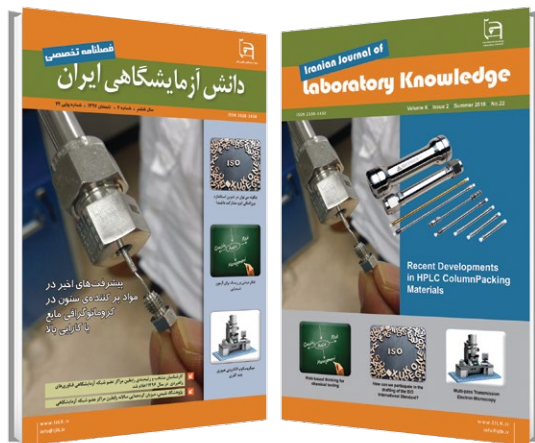
میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری

پیشرفت های اخیر در
مواد پر کننده ی ستون در
کروماتوگرافی مایع
با کارایی بالا

کارشناسان منتخب و رتبه بندی رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی در سال ۱۳۹۶ اعلام شد

پژوهشگاه شیمی، میزبان گردهمایی سالانه رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی





فصلنامه تخصصی

دانش آزمایشگاهی ایران

سال ششم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷ ■ شماره پیاپی ۲۲

ISSN 2538-3450

فهرست مطالب

کارشناسان منتخب آزمایشگاه‌های عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی معرفی شدند

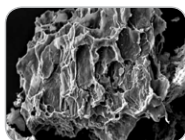
۲ <

رتبه‌بندی رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی بر اساس ارزیابی عملکرد سال ۹۶ اعلام شد

۳ <

پژوهشگاه شیمی، میزبان گردهمایی سالانه رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی

۵ <



Designation: D1993 – 18
روش آزمون استاندارد برای مساحت سطح
سیلیکای رسوبی به روش جذب گاز نیتروژن
با دستگاه BET چند نقطه ای

۶ <



چگونه می‌توان در تدوین استاندارد بین‌المللی ایزو مشارکت داشت؟

۷ <



تفکر مبتنی بر ریسک برای آزمون شیمیایی

۱۳ <



میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری

۲۰ <



پیشرفت‌های اخیر در مواد پرکننده‌ی ستون در کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (قسمت اول)

۲۷ <

صاحب امتیاز: شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

سرمدبیر: رضا اسدی فرد

مدیرمسئول: مجتبی نسب

مدیریت اجرایی: شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

دبیر مقالات: داود قرایلو

همکاران این شماره: فرزانه انصاری، فریبا علی، سیداحمد
ظهیرمیردامادی، مریم بنزاده امیرخیز، ساناز شبیکه، مریم یوسفی،
محمود نادری

طراحی و صفحه آرایی: سیمین رفیع‌پور لنگرودی

ویراستار: زینب زرینچه

نشانی: تهران . صندوق پستی ۳۴۴-۱۴۵۶۵

تلفن: ۰۲۱ ۶۳۱۰۳۴۵۳

پایگاه اینترنتی: www.IJLK.ir

پست الکترونیکی: info@ijlk.ir



شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو



کارشناسان منتخب آزمایشگاه‌های عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی معرفی شدند



شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، ۲۵ نفر از کارشناسان مراکز عضو شبکه را به عنوان کارشناس منتخب، بر اساس عملکرد سال ۱۳۹۶، معرفی کرد.

بنابر اعلام دبیرخانه شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، بر اساس عملکرد مراکز عضو شبکه در سال ۱۳۹۶، ۲۵ کارشناس آزمایشگاه از مراکز مختلف، به عنوان کارشناس منتخب سال ۹۶، معرفی شدند.

با توجه به نقش مهم کارشناسان در ارائه مطلوب خدمات آزمایشگاهی، شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی با به کارگیری شیوه‌های مختلف سعی می‌کند ایشان را به ارتقای مهارت‌ها، به روز نمودن دانش و بهبود مشتری‌مداری، تشویق نماید. فعالیت‌هایی مانند حضور در برنامه‌های آموزشی، انتشار تجربیات به صورت مقاله و یا کتاب، انجام فعالیت‌های گروهی در قالب کارگروه‌های تخصصی و معرفی کارشناسان منتخب در هر دوره ارزیابی و تقدیر از ایشان، از جمله این برنامه‌ها است.

بر اساس دستورالعمل ارزیابی عملکرد مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، کارشناسان بر اساس شاخص‌هایی همچون مهارت در ارائه خدمات، میزان کارکرد، میزان رضایت مشتریان، چگونگی عملکرد سازمانی کارشناس در آزمایشگاه، وضعیت کلی آزمایشگاه در شاخص‌های ارزیابی و همچنین نظر مدیر آزمایشگاه، انتخاب می‌شوند.

فهرست کارشناسان منتخب مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی بر اساس عملکرد سال ۱۳۹۶ به صورت زیر است:

۱. زهرا ساسانی، مرکز پژوهش متالورژی رازی
۲. فرزانه خالقی فر، بنیاد علوم کاربردی رازی
۳. علی کاظمی، آزمایشگاه مرکزی پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
۴. مهدی جهانی، مجتمع خدمات آزمایشگاهی دانشگاه صنعتی شریف
۵. ضیاءالدین پور کریمی، مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران
۶. فاطمه ترحم، شرکت خدماتی، آموزشی و تحقیقاتی

- مرجعان خاتم شعبه بندر امام خمینی (ره)
۷. نرجس آرامون، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
۸. فرشته محمدی فتیده، پژوهشگاه فناوری‌های نوین علوم زیستی جهاد دانشگاهی - ابن سینا
۹. الهام آجورلو، آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف
۱۰. مریم درپریش، مجتمع آزمایشگاهی کیفیت آزمای جنوب
۱۱. الهام طلایی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد
۱۲. امیر منصور وطن خواه، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز
۱۳. مهدی اعلایی، مجتمع آزمایشگاهی پرهام گستر فارس
۱۴. مژگان فلاحتی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۱۵. هادی اصفهانی، آزمایشگاه مرکزی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران
۱۶. وحید حسین‌زاده اقدم، آزمایشگاه جامع تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۱۷. سهیلا صمدی، آزمایشگاه مرکزی دستگاهی دانشگاه تهران
۱۸. آیدا ایرجی، آزمایشگاه جامع دانشگاه علوم پزشکی شیراز
۱۹. اصغر کنعانی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز
۲۰. حدیثه باقری، پارک علم و فناوری مازندران
۲۱. راضیه دوست محمدی، پژوهشگاه فناوری نانو دانشگاه سیستان و بلوچستان
۲۲. محمود انداچه، شرکت توسعه صنایع نفت و گاز سرو
۲۳. جمال طاهران، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش
۲۴. پریسا شاه کریمی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان
۲۵. ناهید ابراهیمی، شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان



رتبه‌بندی رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی بر اساس ارزیابی عملکرد سال ۹۶ اعلام شد



به دنبال انتشار رتبه‌بندی مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، رتبه‌بندی رابطین این مراکز نیز بر اساس عملکرد ایشان در سال ۱۳۹۶، اعلام شد.

فناوری‌های راهبردی بوده‌اند. این مراکز در سال ۹۶ بیش از دو میلیون و ۱۸۰ هزار خدمت آزمایشگاهی به بیش از ۶۸ هزار مشتری شامل پژوهشگران، دانشجویان و صنایع کشور ارائه کرده و درآمدی در حدود ۱۱۶۳ میلیارد ریال داشته‌اند.

شایان ذکر است جزئیات ارزیابی انجام شده و امتیازات مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی و رابطین آنها، در قالب کارنامه‌ای تهیه و برای مراکز ارسال می‌شود تا آزمایشگاه با تقویت نقاط مثبت و توانمندی‌ها و برطرف نمودن نقاط ضعف، نسبت مسیر رشد و توسعه خود را با کیفیت بهتری پیش بگیرد. در این دوره از ارزیابی عملکرد رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی، ۹ نفر توانسته‌اند دست کم ۸۰ درصد امتیاز این ارزیابی را کسب کنند که اسامی آنها عبارت است از:

سالانه پس از ارزیابی عملکرد مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی، رابطین این مراکز نیز با هدف ایجاد انگیزه و افزایش تعامل ایشان با شبکه، مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار می‌گیرند.

در این رتبه‌بندی، شاخص‌هایی مانند حضور در نشست رابطین شبکه، آشنایی با دستورالعمل‌ها و روال‌های شبکه، نقش رابط در توسعه شبکه، میزان و نحوه ارتباط وی با شبکه و سایر مراکز عضو و مواردی دیگر، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در سال ۹۶، عملکرد ۲۳۵ رابط در این ارزیابی پایش شده‌است.

لازم به ذکر است، تا پایان سال ۹۶، ۲۸۲ مجموعه آزمایشگاهی از دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی دولتی و شرکت‌های خصوصی سراسر کشور عضو قطعی شبکه آزمایشگاهی

رتبه	نام رابط	نام سازمان	امتیاز (۱۰۰)
۱	فریده باتقوا	پژوهشکده آنالیزی کیمیاوی	۸۷/۹۵
۲	بهارک سلطانی	آزمایشگاه‌های جامع تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی	۸۴/۴۹
۳	سیما میرزایی	مجموعه آزمایشگاه‌های متالورژی جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف	۸۲/۷۸
۴	شمیم صمدیان	آزمایشگاه تحقیقاتی نانومواد معدنی دانشکده شیمی پردیس علوم دانشگاه تهران	۸۲/۲۳
۵	مرتضی فاراب	پژوهشگاه فناوری‌های نوین علوم زیستی جهاد دانشگاهی - ابن سینا	۸۲/۰۱
۶	محمدعلی ورشابی	مجمع خدمات آزمایشگاهی دانشگاه صنعتی شریف	۸۱/۶۶
۷	صدیقه صادق حسنی	پژوهشکده کاتالیست و نانوفناوری پژوهشگاه صنعت	۸۱/۵۴
۸	محمود نادری	موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور	۸۰/۰۹

ادامه از صفحه قبل

رتبه	نام رابط	نام سازمان	امتیاز (۱۰۰)
۹	مهديه فصاحت	آزمایشگاه مرجع مرکزی دانشگاه علم و صنعت ایران	۷۹/۹۹
۱۰	فريبا علی	آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۷۹/۸۷
۱۱	مرجان شاهمیر	آزمایشگاه مرکزی پژوهشکده سامانه های حمل و نقل فضایی پژوهشگاه فضایی ایران	۷۹/۸۵
۱۲	مهین هوشیار صادقیان	آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد	۷۹/۵۰
۱۳	سمیرا سادات میرجلیلی	شرکت تولیدی و تحقیقات صنعتی آبسار کویر	۷۹/۰۷
۱۴	علی نخستین	آزمایشگاه جامع تحقیقات شهدای جهاد علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز	۷۸/۷۶
۱۵	زینب اصغری	سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران	۷۸/۶۶
۱۶	محمود زارعی	آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تبریز	۷۸/۰۲
۱۷	ساسان ولاشجردی فراهانی	مرکز پژوهش متالورژی رازی	۷۷/۰۰
۱۸	مریم خانی نور	آزمایشگاه علم مواد و میکروسکوپ الکترونی دانشگاه بوعلی سینا همدان	۷۶/۷۷
۱۹	محسن غلامی	آزمایشگاه مرکزی دستگاهی پردیس علوم دانشگاه تهران	۷۶/۲۲
۲۰	محمود زارعی	شرکت سینا آزمای بندر	۷۶/۲۱
۲۱	مریم بنازاده امیرخیز	مرکز تحقیقات کاربردی دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز	۷۵/۵۸
۲۲	لیلا یزدانی	شرکت مهندسين مشاور آزمون فولاد	۷۵/۴۷
۲۳	الهام حسینی	آزمایشگاه جامع تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مشهد	۷۵/۲۴
۲۴	بهنام رحمانی	بنیاد علوم کاربردی رازی	۷۵/۱۶
۲۵	سحر مهدی زاده	مجمع آزمایشگاهی پرهام گستر فارس	۷۵/۰۸



پژوهشگاه شیمی، میزبان گردهمایی سالانه رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی

پنجمین نشست رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی، سیزدهم شهریورماه جاری به میزبانی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی برگزار شد.

راهبردی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، مهندس زهره فتح، کارشناس شبکه آزمایشگاهی، فعالیت جدید شبکه آزمایشگاهی که در سال ۹۷ ارایه شده است و همچنین تغییرات شکل گرفته در برخی از فرایندهای اجرایی شبکه را برای حاضرین تشریح کرد.



در انتهای بخش صبحگاهی این برنامه نیز، مهندس داود قزایلو، مدیر فنی مرکز خدمات تخصصی دانشگاه صنعتی شریف، در زمینه شیوه های بهتر ارایه ایده ها و نظرات و همچنین تعامل سازنده، برای مهمانان صحبت کرد. وی در این سخنرانی، ضمن بیان بخش هایی از کتاب «ایده عالی مستدام»، ساده سازی مطالب، استفاده از مثال های ملموس و بهره مندی از روش های معتبر برای ارایه و انتقال مطالب به مخاطب را از روش های ماندگار ساختن ایده ها و آموزه ها عنوان کرد.

در بخش عصرگاهی نشست رابطین شبکه آزمایشگاهی، مهمانان برنامه از تجهیزات و توانمندی های آزمایشگاهی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی، بازدید کردند.



سپس دکتر رضا اسدی فرد، مدیر شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی، ضمن یادآوری اهداف کلان شبکه آزمایشگاهی، بر نقش مهم رابطین مراکز در تحقق این اهداف تأکید کرد. وی، یادگیری و ترویج تفکر شبکه ای، به اشتراک گذاری منابع، دانش و تجربه را رمز پیشرفت و موفقیت دانست و افزود: «تفکرهای سنتی و توجه فقط به نیازهای شخصی، مانع رشد است و شکستن این سدها می تواند راه را برای ایجاد جریان ایده های نو، باز کند». پس از سخنرانی مدیر شبکه آزمایشگاهی، طی مراسمی، از رابطین منتخب و کارشناسان برگزیده مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی، بر اساس عملکرد سال ۹۶، تقدیر شد.



در بخش دوم پنجمین نشست رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری های

گردهمایی سالانه رابطین مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری های راهبردی، با حضور بیش از ۱۶۰ نفر از رابطین و کارشناسان مراکز عضو شبکه، برگزار شد. از اهداف برگزاری این نشست، هم فکری، هم افزایی، انتقال تجربه و آشنایی با رابطین سایر مراکز است.



در ابتدای این برنامه، دکتر سلمان طاهری، مدیر آزمایشگاه مرکزی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ضمن به مهمانان، توانمندی ها و فعالیت های پژوهشگاه را به صورت خلاصه معرفی کرد. مرکز پژوهش های شیمی و مهندسی شیمی ایران، با هدف فراهم آوردن امکانات پژوهشی بنیادی، کاربردی و آموزشی در کلیه زمینه های شیمی و مهندسی شیمی و پرورش استعدادها و خلاقیت موجود در کشور و بهره گیری از ذخائر عظیم نفت، گاز، معادن، فلزات، گیاهان دارویی و نیز فراهم آوردن تمهیدات برای تولید نیمه صنعتی، مردادماه ۱۳۶۸ تأسیس شد. این مرکز در سال ۱۳۸۶ به پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ارتقا یافت.

مترجم

ماندانا کریمی^{۱*}محبوبه کریمی^۲

*M.Karami@ippi.ac.ir

۱. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، کارشناس

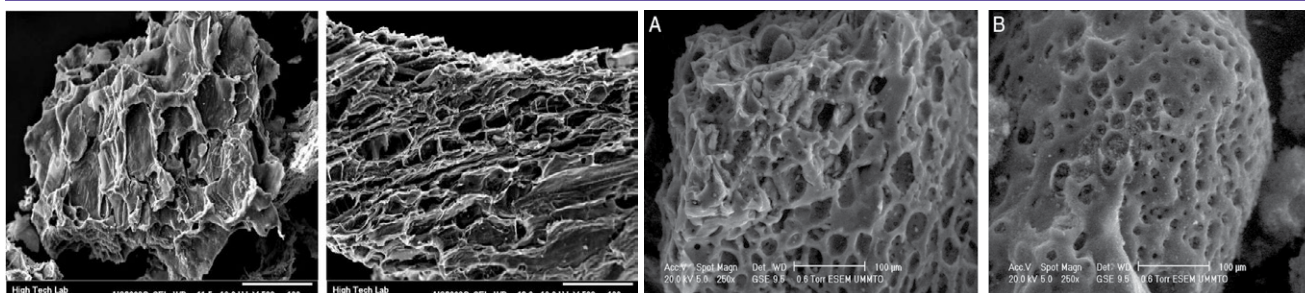
ارشد شیمی معدنی

۲. مرکز خدمات آزمایشگاهی دانشگاه صنعتی

شریف، کارشناس ارشد فیزیک

روش آزمون استاندارد برای مساحت سطح سیلیکای رسوبی به روش جذب گاز نیتروژن با دستگاه BET چند نقطه ای

Designation: D1993 – 18



این روش آزمون دستورالعملی است که برای اندازه گیری مساحت سطح سیلیکای هیدراته رسوبی با تئوری مرسوم رفتار چند لایه ای جذب گاز^۱ (BET) Brunauer, Emmett, Teller با استفاده از اندازه گیری چند نقطه ای با مساحت سطح ویژه ای در بازه $50-100 \text{ m}^2/\text{g}$ استفاده می شود، مشابه آنچه برای کربن سیاه در روش آزمون D6556 استفاده می شود. این روش آزمون آماده سازی و حرارت دهی نمونه، کالیبراسیون های دستگاه، دقت و صحت لازم برای داده های تجربی و محاسبات مساحت سطح به دست آمده از داده ها را مشخص می کند.

جامدات نیتروژن را جذب می کنند و در شرایط خاص مولکول های جذب شده به یک لایه ای تک مولکولی نزدیک می شوند. تعداد مولکول ها در این لایه تک مولکولی فرضی با استفاده از معادله BET محاسبه می شود. ترکیب این با مساحت اشغال شده توسط مولکول نیتروژن مساحت سطح کل جامد را نتیجه می دهد. این روش آزمون مقدار تخمینی نیتروژن در لایه تک مولکولی را به وسیله جذب در دمای نیتروژن مایع و در چندین فشار جزئی نیتروژن (حداقل پنج) اندازه گیری می کند. قبل از تعیین مساحت سطح ضروری است که، سیلیکا از هر ماده ای که ممکن است تاکنون بر روی سطح جذب شده باشد، تهی گردد. حذف مواد خارجی جذب شده دو خطای احتمالی را حذف می کند. اولین خطا مربوط به وزن مواد خارجی و دومین خطا مربوط به مساحت سطحی است که مواد خارجی اشغال کرده اند. دستگاه های تجاری برای اندازه گیری مساحت سطح با استفاده از گاز نیتروژن به روش BET چند نقطه ای در دسترس هستند.

از ظرف های نمونه و سایر امکانات جانبی مطابق آنچه توسط شرکت سازنده برای دستگاه پیشنهاد شده است. برای آماده سازی، یک ظرف نمونه تمیز خشک و گاز زدایی شده را با در و میله پرکننده وزن کنید. (با دقت ۰.۱). اگر مساحت سطح سیلیکا نامشخص است آن را $75 \text{ m}^2/\text{kg}$ در نظر گرفته و ۰.۵ گرم از نمونه را وزن نمایید. نمونه را مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده گاز زدایی کنید. نمونه سیلیکای مورد تست را به ظرف نمونه انتقال دهید به صورتی که ظرف نمونه به طور تقریبی حاوی ۵۰ متر مربع از سیلیکا باشد. اگر نمونه سیلیکا حاوی بیش از ۶ درصد رطوبت باشد، باید در دمای 110°C خشک شود تا رطوبت به ۲ تا ۶٪ برسد. انتقال سیلیکای بسیار خشک (با رطوبت کم تر از ۱ درصد) به ظرف نمونه به دلیل وجود نیروی استاتیک با مشکل انجام می شود. ظرف نمونه را از حرارت خارج کرده و اجازه دهید تا نمونه و ظرف آن تا رسیدن به دمای محیط خنک شوند. اگر پس از ۱ ساعت در گردن ظرف نمونه رطوبت وجود دارد تست را قطع نموده و مجدداً نمونه را در دمای 110°C حرارت دهید و مراحل آماده سازی نمونه را تکرار کنید. پس از خنک شدن ظرف نمونه مطابق دستورالعمل سازنده آن را از جایگاه گاز زدایی جدا کرده و مجدداً وزن نمایید و وزن آن را تا ۰.۱ میلی گرم یادداشت نمایید. وزن نمونه گاز زدایی شده را با استفاده از وزن خالص که یادداشت شده محاسبه نمایید. در برنامه محاسبات وزن نمونه گاز زدایی شده درج می گردد. در دستگاه های خودکار نرم افزار به صورت اتوماتیک نتایج را برای گزارش انتخاب شده محاسبه می کند.

نویسنده

فرزانه انصاری

farzaneh_20031@yahoo.com

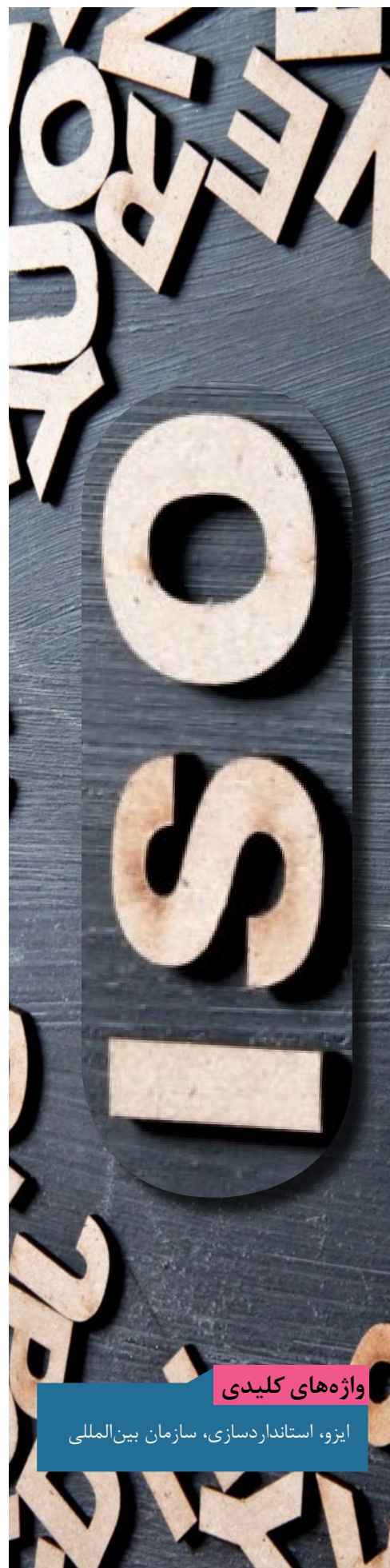
چگونه می‌توان در تدوین استاندارد بین‌المللی ایزو مشارکت داشت؟

چکیده

فعالیت‌های استانداردسازی بین‌المللی، با ایجاد زبانی واحد میان تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان، تسهیل در تجارت بین‌الملل و انتقال فناوری، طرح نیازهای فنی صنعت، توسعه دانش فنی و ظرفیت‌های فناوری، نقش بسیار مهمی در پایه‌ریزی زیربنای اقتصاد کشورها ایفا می‌کند. تاثیر این فعالیت‌ها زمانی ملموس‌تر خواهند بود که با «تدوین یک استاندارد فرآورده بومی» در هر یک از کشورها، شاهد حضور فعال تولیدکنندگان مرتبط در بازارهای جهانی باشیم. مفهومی که امروزه با توجه به شرایط کنونی کشور، با عنوان «نیاز اساسی به توسعه اقتصاد دانش بنیان» با کمبود اساسی آن مواجه هستیم. هدف از تدوین این مقاله تشریح وظایف، فعالیت‌ها و ساختار سازمان جهانی استانداردسازی و چگونگی مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی است. تدوین استاندارد بین‌المللی به‌طور معمول از مرحله آغاز تا حصول نتیجه، با انجام پژوهش‌های مرتبط و آزمون‌های لازم و با مشارکت متخصصین صنایع، اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، سازمان‌های دولتی و خصوصی، اتحادیه‌های صنفی و تمامی گروه‌های ذی‌نفع در کشورهای عضو، حداقل سه سال به طول می‌انجامد. نتایج حاصل پس از طی مراحل داور علمی سخت و با دریافت اکثریت آراء مثبت اعضای بررسی‌کننده، به‌عنوان استاندارد بین‌المللی مورد تایید و تصویب نهایی قرار گرفته و برای بهره‌برداری کشورهای عضو ابلاغ می‌شود. با توجه به نبود دانش فنی و اطلاعات کافی، امروزه ضرورت پرداختن به این امر مهم و ایجاد بستر مناسب به‌منظور مشارکت هر چه بیشتر فرهیختگان کشور بیش از پیش احساس می‌شود. در این مقاله با اشاره به فعالیت‌های سازمان بین‌المللی استاندارد (ایزو)، چگونگی فرایند تدوین استانداردهای بین‌المللی و مشارکت در این فعالیت شرح داده شده‌است.



International
Organization for
Standardization



واژه‌های کلیدی

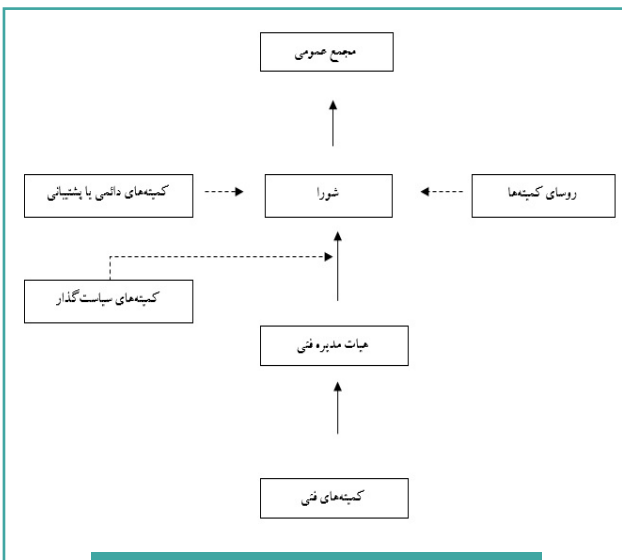
ایزو، استانداردسازی، سازمان بین‌المللی

معرفی ساختار سازمان ایزو



سازمان ایزو در سال ۱۹۴۷ به منظور یکپارچه‌سازی تدوین استاندارد در سراسر جهان و ایجاد زبانی واحد میان تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان، ایجاد تسهیل در تجارت بین‌الملل و انتقال فناوری، طرح نیازهای فنی صنعت، توسعه دانش فنی و ظرفیت‌های فناوری؛ با عضویت ۲۵ کشور، فعالیت خود را آغاز کرد و به دنبال پیوستن تدریجی دیگر کشورها، از جمله ایران توسعه یافت.

این سازمان، ساختاری مطابق شکل (۱) دارد و در راس آن مجمع عمومی^۱ قرار گرفته که با برگزاری اجلاس‌های سالانه تمامی تصمیمات راهبردی سازمان را اتخاذ می‌کند. همچنین این سازمان دارای یک شورا^۲ است که هر سه سال یک بار، با رای‌گیری از اعضای سازمان ایزو، تعداد ۱۸ عضو را انتخاب می‌کند. شورای ایزو مسئولیت سیاست‌گذاری‌های کلان سازمان را بر عهده دارد. دبیرخانه کل و هیئت مدیره فنی^۳، کمیته‌های پشتیبانی شورا^۴، کمیته‌های سیاست‌گذار^۵ و روسای کمیته‌ها^۶، زیر نظر شورا فعالیت می‌کنند. دبیرخانه کل نیز مسئولیت ارائه خدمات به کمیته‌های فنی و فرعی و پایش کمیته‌ها را بر عهده دارد [۲].



شکل ۱: ساختار سازمان ایزو [۱، ۲].

اهداف سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ایزو)

ماهیت و عملکرد سازمان ایزو به عنوان شبکه‌ای از کشورهای مختلف و سازمان‌های رابط بین‌المللی که با مشارکت و همکاری و همسو با اهداف جهانی تبیین گشته، به یکسوسازی عملکردها و اهداف و مشارکت جهانی در تدوین استانداردهای بین‌المللی می‌پردازد. استانداردهای بین‌المللی با هدف پشتیبانی از اهداف زیر توسط سازمان بین‌المللی استانداردسازی تدوین و راه را به سوی اقتصاد کارآمد و پایدار در جهان می‌گشاید:

■ تسهیل تجارت بین‌المللی؛

■ بهبود کیفیت، ایمنی و امنیت، حمایت از مشتری و حفاظت

مقدمه

سازمان بین‌المللی استاندارد (ایزو)^۲ از طریق کمیته‌های فنی و گروه‌های کاری متشکل از متخصصین کشورهای مختلف در سراسر جهان استانداردهای بین‌المللی را تدوین می‌کند. کشورهای عضو این سازمان بین‌المللی، به کمک متخصصین و اعضای هیات علمی مراکز پژوهشی و دانشگاه‌های خود، کلیه موضوعات مورد نیاز خود را به صورت یک پروژه جدید و با تعیین دبیر و مدیر پروژه به سازمان بین‌المللی استاندارد پیشنهاد می‌دهند. راهبر پروژه، مسئولیت پیشنهاد تا مرحله چاپ استاندارد بین‌المللی را به عهده دارد. پیش‌نویس استاندارد بین‌المللی که توسط متخصصین کشورهای عضو سازمان ایزو در سراسر جهان تدوین می‌شود، طی مراحل مورد بررسی دقیق علمی قرار گرفته و پس از دریافت آراء موافق کشورها، تصویب و توسط سازمان ایزو منتشر و در اختیار کشورهای عضو قرار می‌گیرد [۱، ۲].

تدوین استانداردهای بین‌المللی در سازمان‌های جهانی استانداردسازی، به طور معمول از مرحله آغاز تا حصول نتیجه حداقل سه سال به طول می‌انجامد. نتایج حاصل پس از طی مراحل به عنوان استاندارد بین‌المللی مورد تایید و تصویب نهایی قرار گرفته و به کشورهای عضو ابلاغ می‌شود. به دلیل نبود سازوکارهای علمی لازم در وزارتخانه‌ها و سازمان‌های متولی علوم، تحقیقات و فناوری در کشور، به منظور حمایت از تدوین استانداردهای بین‌المللی ایران محور، تاکنون در سطح دنیا، تنها رهبری تعداد ۳۵ فقره استاندارد بین‌المللی بر عهده پژوهشگران ایرانی بوده و این در حالی است که اینگونه فعالیت‌ها در پایه‌ریزی اقتصاد کشور بسیار تاثیرگذار هستند. لذا امروزه ضرورت پرداختن به این امر مهم و ایجاد بستر مناسب برای مشارکت هر چه بیشتر اساتید فرهیخته کشور بیش از پیش احساس می‌شود. مقاله حاضر مجموعه گردآوری شده از کلیه فعالیت‌های مورد نیاز در تدوین استانداردهای بین‌المللی است که با هدف اطلاع‌رسانی به قشر فرهیخته به منظور مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی در مقیاس جهانی تهیه شده است [۱].

وظایف کمیته‌های فنی

هر کمیته فنی در مورد یک موضوع خاص که به‌عنوان موضوعی برای استانداردسازی به تایید رسیده است، به شرح زیر فعالیت می‌کند [۲۰]:

در کمیته‌های فنی نمایندگان شایسته از صنعت، موسسات تحقیقاتی، دولتمردان، مصرف کنندگان، سازمان‌های بین‌المللی از همه جهان گرد هم آمده و به تجزیه و تحلیل و حل مسائل استانداردسازی جهانی می‌پردازند.

■ هر TC دارای یک دبیرخانه است که همه کارهای فنی و اداری در آن انجام می‌گیرد.

■ مسئولیت تغییر رئیس و دبیرخانه TC به عهده TMB است.

■ هر TC دارای اعضای فعال و اعضای ناظر است.

■ اعضای فعال در هر TC دارای حق رای برای تایید استاندارد هستند؛ ولی اعضای ناظر دارای حق رای نبوده و فقط می‌توانند در مورد استاندارد نظرات خود را ارائه دهند.

کشورها می‌توانند از طریق معرفی نهاد مرجع استانداردسازی خود به‌عنوان نماینده آن کشور در سازمان بین‌المللی استانداردسازی عضو شوند. در همین راستا سازمان ملی استاندارد در سال ۱۳۳۹ با تصویب قانون تأسیس موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کار خود را در چارچوب اهداف و مسئولیت‌های تعیین شده آغاز نمود و در همان سال به عضویت سازمان بین‌المللی استاندارد ISO درآمد [۱].

چگونگی مشارکت در تدوین استاندارد بین‌المللی ایزو و یا در سیاست‌های آن

سازمان ISO بنا به گستره تدوین استاندارد ملی کشورها و سطح اقتصادی آن‌ها، روش‌های متفاوتی را برای عضویت همه کشورها (اعضای مجمع^{۱۵}) در نظر گرفته است که تعریف و شرایط آن‌ها به شرح ذیل است [۱]:

عضو اصلی^{۱۶}

عضو اصلی بالاترین مرجع استانداردسازی در هر کشور است که حق رای کامل برای هر کمیته فنی ایزو را دارد. بیش از ۷۰ درصد اعضای اصلی ایزو را سازمان‌ها و موسسه‌های دولتی استانداردسازی کشورها تشکیل می‌دهند. عضو اصلی حق عضویت سازمان ایزو را به‌صورت کامل پرداخت می‌کند. سازمان ملی استاندارد ایران، عضو اصلی سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ایزو) است.

عضو مکاتبه‌ای یا هم‌تراز^{۱۷}

عضویت هم‌تراز در مورد کشورهایی است که فعالیت

از محیط‌زیست؛

■ توسعه بهینه فناوری‌ها.

فعالیت‌های ایزو در ارتباط با افزایش آگاهی و ظرفیت کشورهای در حال توسعه

یکی از موارد مورد نظر برای تحقق اهداف ایزو، فعالیت‌های مرتبط با ارتقاء آگاهی و ظرفیت کشورهای در حال توسعه است. سازمان ایزو با حمایت از کشورهای در حال توسعه، موجبات دستیابی آنان را به بازارهای جهان، پیشرفت‌های فنی، توسعه پایدار برای افزایش آگاهی و مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی و فعالیت‌های مرتبط با آن (برای مثال: ارزیابی و انطباق) را فراهم می‌آورد. آن دسته از اعضای سازمان ایزو که از کشورهای در حال توسعه هستند به ابزارها، روند فعالیت‌ها و برنامه‌هایی که این کشورها را در ایجاد ظرفیت و مشارکت مؤثر در فعالیت‌های فنی ایزو و اجرای استانداردهای بین‌المللی یاری می‌کند، دسترسی دارند.

کمیته‌های سیاست‌گذاری

کمیته‌های سیاست‌گذاری ایزو عبارتند از:

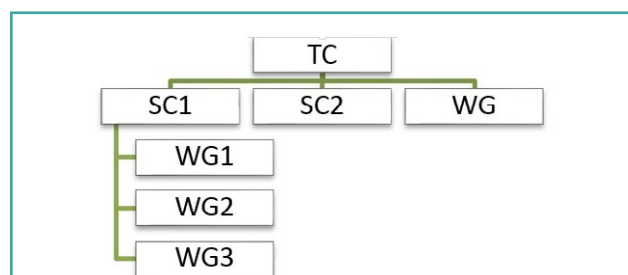
■ کمیته ارزیابی انطباق^{۱۸}؛

■ کمیته سیاست‌گذار مصرف کننده^{۱۹}؛

■ کمیته حمایت از کشورهای در حال توسعه^{۲۰} [۲۰].

کمیته فنی (TC)^{۲۱}

کمیته فنی در واقع گروهی فنی است که در زمینه‌های خاص مسئولیت برنامه‌ریزی و پایش استانداردها را بر عهده دارد. کارهای فنی و استانداردسازی در سازمان ISO مطابق شکل (۲) انجام می‌شود. هر کمیته فنی، دارای تعدادی کمیته فرعی^{۲۲} و گروه‌های کاری^{۲۳} است که هر کدام از آن‌ها مسئول استانداردسازی در مورد یک یا چند مورد از موضوعات مرتبط به TC است که دارای دبیرخانه‌های مجزا هستند و مسئولیت آن‌ها به یکی از اعضای فعال در هر TC سپرده می‌شود. هم‌اکنون سازمان ملی استاندارد در ۸۷۶ کمیته فنی اصلی و فرعی سازمان ایزو عضویت دارد [۲۰].



شکل ۲: نمایی از ساختار کمیته‌های فنی، فرعی و گروه‌های کاری [۱،۲].

مستولیت ایران در اداره دبیرخانه کمیته‌های فنی و زیر کمیته‌های فنی سازمان بین‌المللی استاندارد

سازمان بین‌المللی استاندارد، مسئولیت اداره ۴ دبیرخانه کمیته فنی و همچنین ۱ زیر کمیته فنی به شرح زیر را به ایران واگذار نموده است:

■ دبیرخانه کمیته فنی مواد فعال سطحی (شوینده‌ها):

ISO/TC 91 Surface active agents

■ دبیرخانه کمیته فنی کودها و بهسازی خاک:

ISO/TC 134 Fertilizers and soil conditioners

■ دبیرخانه کمیته فنی فرآورده‌های بهداشتی و آرایشی:

ISO/TC 217 Cosmetics

■ دبیرخانه کمیته فنی بسته‌بندی:

ISO/TC 217 Packaging

■ دبیرخانه زیر کمیته فنی خوراک دام:

ISO/TC 34/SC 10 Animal feeding stuffs

مراحل تدوین استانداردهای بین‌المللی

کشورهای عضو سازمان بین‌المللی استاندارد می‌توانند از طریق متخصصین و اعضای هیات علمی دانشگاه‌های خود، تمامی موضوعاتی که استانداردهای بین‌المللی آن مورد نیاز کشورشان است را به‌صورت یک پروژه جدید و با تعیین راهبر پروژه^{۲۲} به سازمان بین‌المللی استاندارد پیشنهاد کنند. راهبر پروژه مسئولیت پیشنهاد تا مرحله چاپ یک استاندارد بین‌المللی را به عهده دارد. پیش‌نویس استانداردهای بین‌المللی که توسط متخصصین کشورهای عضو سازمان ایزو در سراسر جهان تدوین می‌شود، طی مراحل زیر که شرح آن در شکل (۳) آورده شده‌است، مورد بررسی دقیق علمی قرار گرفته و پس از دریافت آراء موافق کشورها تصویب و توسط سازمان ایزو منتشر و در اختیار کشورهای عضو قرار می‌گیرد:

مرحله اول: ارائه پیش‌نویس اولیه توسط راهبر پروژه و بررسی آن در گروه‌های کاری متشکل از متخصصین کشورهای عضو مشارکت‌کننده (پیش‌نویس نهایی گروه کاری به‌منظور بررسی و رای‌گیری به دبیرخانه‌های بین‌المللی ارسال می‌شود).

مرحله دوم: ارسال پیش‌نویس کمیته از طرف دبیرخانه بین‌المللی مستقر در کشورهای مختلف مستقر، به سازمان استاندارد کشورهای عضو کمیته فنی، برای بررسی‌های فنی و اظهار نظر و ارائه آن به کمیته‌های متناظر یا کمیته‌های مشورتی کشورها که متشکل از متخصصین صنایع مرتبط، اساتید و متخصصین دانشگاهی، سازمان‌های دولتی و خصوصی مرتبط، اتحادیه‌های مصرف‌کنندگان و همه گروه‌های ذینفع دیگر هستند،

استانداردسازی آن‌ها کامل نشده است. این اعضا نمی‌توانند در امور فنی و همچنین در سیاست‌گذاری سازمان ایزو، شرکت فعال داشته باشند، ولی حق آگاهی از فعالیت‌های ایزو را دارند.

عضو مشترک شده^{۱۸}

در سال ۱۹۹۲، سازمان ایزو گروه دیگری با عنوان «مشترک شده» را برای چگونگی عضویت در نظر گرفت. این گروه شامل کشورهایی است که از نظر اقتصادی درآمد پایینی دارند و هزینه عضویت کمتری نسبت به بقیه پرداخت می‌کنند، ولی در تماس با سازمان ISO هستند.

انواع عضویت در کمیته‌های فنی تدوین استاندارد بین‌المللی ایزو

کشورها پس از عضویت در سازمان ISO بنا به نوع عضویت، برای مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی باید در کمیته‌های فنی مرتبط بنا به پتانسیل کاری کشور خود عضو شوند. کشورهایی که عضو اصلی هستند حق مشارکت فعال در همه کمیته‌های فنی را دارند. انواع عضویت در کمیته‌های فنی به شرح زیر هستند:

عضو فعال^{۱۹}

اعضایی هستند که در فعالیت‌های کمیته فنی یا کمیته فرعی، مشارکت فعال دارند و مدارک ایزو به‌طور رسمی برای آن‌ها ارسال می‌شود و ارائه رأی به پیش‌نویس مدارک ایزو برای آن‌ها «اجباری» است. این اعضا در صورت امکان باید در اجلاس‌های کمیته‌های فنی ایزو شرکت کنند. آرای اعضای فعال در رای‌گیری منظور می‌شود.

عضو ناظر^{۲۰}

اعضایی هستند که مشارکت در فعالیت‌های کمیته فنی و یا کمیته فرعی و پاسخ به مدارک ایزو برای آن‌ها الزامی نیست. آراء آن‌ها برای رأی‌گیری محاسبه نمی‌شود، ولی مدارک ایزو برای آن‌ها به‌منظور اطلاع ارسال می‌شود.

عضو در ارتباط^{۲۱}

سازمان‌های بین‌المللی که نقش موثری در فعالیت‌های کمیته فنی و یا کمیته فرعی دارند، می‌توانند عضویت «در ارتباط» داشته باشند. این ارتباط می‌تواند بین کمیته‌های فنی مختلف و یا زیرکمیته‌ها نیز وجود داشته باشد.

هماهنگی استانداردهای مورد استفاده در کشورهای مختلف و تسهیل تجارت بین‌المللی است.

سازمان‌های ISO و IEC^{۲۳} به‌منظور ارائه راهنمایی در فرایند پذیرش استانداردهای بین‌المللی، راهنمای ISO/IEC Guide 21 را با عنوان «پذیرش استانداردها و دیگر نشریات بین‌المللی به‌عنوان استانداردهای ملی و منطقه‌ای» تدوین نموده‌اند که در آن به شرح پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان «انتشار مدارک الزامی ملی یا منطقه‌ای که مرجع آن استاندارد بین‌المللی مربوطه است یا پذیرش مطلق استانداردهای بین‌المللی با اعتبار یکسان نسبت به مدارک الزامی ملی بدون هر گونه تفاوت با استانداردهای بین‌المللی مورد نظر» می‌پردازد.

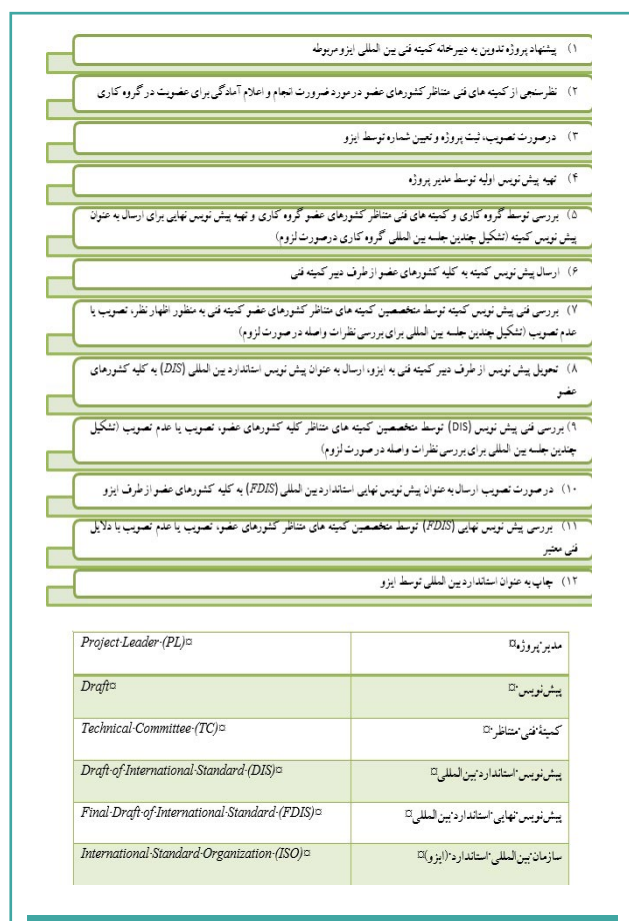
ترویج پذیرش استانداردهای بین‌المللی، همواره یکی از موارد مهم مندرج در خط مشی ISO/IEC بوده است. همچنین به اعضای سازمان تجارت جهانی^{۲۴} امکان پذیرش این استانداردها را در برآورده ساختن الزامات موافقت‌نامه این سازمان درخصوص رفع موانع فنی تجارت^{۲۵} می‌دهد. در واقع این توافق‌نامه، آن‌ها را ملزم می‌کند که حتی الامکان از استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان مبنای مقررات، استانداردها و یا دستورالعمل‌های ارزیابی انطباق در سطح ملی استفاده کنند. موسسات ملی استاندارد، علاوه بر تعهد عمل به پیوست (۳) توافق‌نامه TBT، به استفاده از استانداردهای بین‌المللی در موارد ممکن و مناسب نیز تعهد نموده‌اند [۳].

به‌منظور بررسی دقیق علمی و فنی رأی و نظرات کشورها در رابطه با پیش‌نویس به دبیرخانه بین‌المللی ارسال می‌شود. لازم به ذکر است که تک تک نظرات دریافت شده روی پیش‌نویس کمیته، در صورت نیاز باید در اجلاس‌های بین‌المللی، توسط متخصصان رسمی کشورها مورد بحث و گفتگو قرار گرفته و نظرات فنی قابل قبول در متن استاندارد گنجانده شود. راهبر پروژه موظف است متن جدید را براساس نظرات پذیرفته شده تهیه و بازبینی نماید تا به‌عنوان پیش‌نویس استاندارد بین‌المللی به‌منظور رای‌گیری به اعضا ارسال شود.

مرحله سوم: پیش‌نویس استاندارد بین‌المللی توسط سازمان بین‌المللی استاندارد، برای اظهارنظر فنی به سازمان استاندارد کشورهای عضو ارسال می‌شود تا پیش‌نویس را دوباره به کمیته‌های متناظر یا کمیته‌های مشورتی کشورشان که متشکل از متخصصین صنایع مرتبط، اساتید و متخصصین دانشگاهی، سازمان‌های دولتی و خصوصی مرتبط، اتحادیه‌های مصرف‌کنندگان و کلیه گروه‌های ذینفع دیگر هستند، برای بررسی دقیق علمی و فنی و دریافت آراء ارسال کنند. کشورهای عضو نیز باید آراء و نظرات کشورشان را در رابطه با پیش‌نویس‌های دریافت شده به سازمان ایزو ارسال نمایند. نظرات دریافت شده روی پیش‌نویس بین‌المللی استاندارد، در صورت نیاز باید در اجلاس‌های بین‌المللی توسط متخصصان رسمی کشورها مورد بحث و بررسی قرار گیرد تا نظرات فنی قابل قبول در متن استاندارد منظور شود. راهبر پروژه باید دوباره متن جدید را براساس نظرات پذیرفته شده، تهیه کند تا به‌منظور رأی‌گیری به‌عنوان پیش‌نویس نهایی استاندارد بین‌المللی به اعضا ارسال شود.

مرحله چهارم: پس از تصویب و تایید علمی و فنی رسمی توسط کشورهای عضو، پیش‌نویس فوق به‌عنوان پیش‌نویس نهایی استاندارد بین‌المللی، از طرف سازمان بین‌المللی استاندارد به کشورهای عضو به‌منظور تصویب نهایی ارسال می‌شود. در این مرحله، کشورها می‌توانند با ارائه دلایل علمی قانع‌کننده، فقط رأی منفی خود را اعلام کنند.

مرحله پنجم: پس از تصویب پیش‌نویس نهایی، استاندارد بین‌المللی توسط سازمان بین‌المللی استاندارد منتشر و به همه کشورهای عضو ارسال می‌شود.



شکل ۳: مراحل تدوین استانداردهای بین‌المللی [۱، ۳].

چگونگی پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استانداردهای ملی

پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استانداردهای ملی، روش مهمی به‌منظور ایجاد استانداردهای ملی و اشاعه استانداردهای بین‌المللی و نیز ابزاری برای اطمینان از

پی‌نوشت

۱. دکتری تخصصی مهندسی صنایع غذایی، سازمان ملی استاندارد - پژوهشگاه استاندارد- گروه پژوهشی مواد غذایی
2. International Standard Organization (ISO)
3. General Assembly
4. Council
5. Technical Management Board (TMB)
6. Council Standing Committees
7. Policy Development committee
8. President's Committee
9. Committee on conformity assessment (ISO/CAS-CO)
10. Committee on consumer policy (ISO/COPOL-CO)
11. Committee on developing country matters (ISO/DEVCO)
12. Technical Committee (TC)
13. Sub-Technical Committee (SC)
14. Working Group (WG)
15. General Assembly
16. Member Bodies
17. Correspondent Member
18. Subscriber Member
19. Participating Member
20. Observer Member
21. Liaison Member
22. Project Leader
23. International Electro technical Commission
24. World Trade Organization (WTO)
25. Technical Barriers to Trade (TBT)

نتیجه‌گیری

ترغیب و تشویق اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و خبرگان کشور برای مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی که تمامی آن‌ها با انجام ممیزی‌های دقیق علمی در سطح جهانی تصویب و تایید می‌شوند، موجب توسعه اقتصاد دانش بنیان، گسترش مرزهای دانش و زمینه‌سازی در تسهیل تجاری‌سازی کالاهای دانش بنیان را فراهم می‌سازد. بدون شک یکی از راهکارهای مهم و اساسی در ارتباط موثر بین مجامع علمی داخل و خارج از کشور، از طریق تبدیل یافته‌های علمی به استانداردهای بین‌المللی مورد قبول طرفین کشورهای عضو سازمان بین‌المللی ایزو است. با توجه به کمبود آگاهی عمومی قشر فرهیخته کشور در امر استانداردسازی بین‌المللی، این مقاله با هدف بیان اهمیت سازمان بین‌المللی ایزو به‌عنوان مهمترین مرجع استانداردسازی جهانی و ارائه راهکارهای همکاری با این نهاد بین‌المللی و همچنین چگونگی مشارکت به‌عنوان دبیر و مدیر پروژه در تدوین استانداردهای بین‌المللی و همچنین پیشنهاد تدوین استانداردهای بین‌المللی مورد نیاز کشور به‌صورت پروژه‌ای جدید و با تعیین راهبر پروژه به سازمان بین‌المللی استاندارد و در نهایت پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استانداردهای ملی، تدوین و گردآوری شده‌است.

مرجع

- [1] <http://www.isiri.org/Portal/home>
- [2] <https://www.iso.org/home.html>
- [3] ISO/IEC 2005. GUIDE 21-1. Regional or national adoption of. International Standards and other. International Deliverables. Part 1: Adoption of International

نویسندگان

فریبا علی^{۴۱*}
سیداحمد ظهیر میردامادی^{۴۲}
مریم بنزاده امیرخیز^{۴۳}

*f.ali.ars@gmail.com

تفکر مبتنی بر ریسک برای آزمون شیمیایی



واژه‌های کلیدی

ISO/IEC 17025، تفکر مبتنی بر ریسک،
سیستم مدیریت کیفیت.

چکیده

با تغییرات ایجاد شده در استاندارد ISO 9001 در سال ۲۰۱۵، گنجاندن تفکر مبتنی بر ریسک در سیستم مدیریت کیفیت یکی از الزامات جدید در استاندارد^۵ ISO/IEC 17025 خواهد بود. مفهوم ریسک نباید در آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت تازه‌گی داشته باشد زیرا در نسخه‌های قبلی ISO 9001 و همچنین ISO/IEC 17025 به‌طور ضمنی به آن پرداخته شده‌است؛ با این حال در مورد چگونگی به‌کارگیری عملی و مؤثر تفکر مبتنی بر ریسک در فعالیت روزانه این آزمایشگاه‌ها نگرانی‌هایی وجود دارد. این مقاله با هدف پرداختن به این نگرانی‌ها، بر این اساس پیشنهاد می‌دهد که پس از بررسی اولیه فرایندها، یک فرایند مدیریت ریسک به‌طور مداوم اجرا شود. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود، مباحثی نیز در مورد اجرای فرایند مدیریت ریسک و چگونگی استفاده از نتایج ارزیابی‌های منظم برای کشف فرصت‌های موجود به‌منظور افزایش کارایی سیستم مدیریت، دستیابی به نتایج بهتر و جلوگیری از اثرات منفی مطرح شود.

در سپتامبر سال ۲۰۱۵، نسخه پنجم ISO 9001 منتشر شد تا جایگزین نسخه سال ۲۰۰۸ شود. یکی از تغییرات اصلی این نسخه، گنجاندن تفکر مبتنی بر ریسک در سیستم مدیریت کیفیت است. همان‌طور که در مقدمه نسخه جدید توضیح داده شده‌است، این تغییر به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد تا عواملی را که منجر به انحراف فرایندها و سیستم مدیریت کیفیت از نتایج برنامه‌ریزی شده می‌شوند را شناسایی کنند و کنترل‌هایی را برای به حداقل رساندن اثرات منفی و استفاده بیشتر از فرصت‌های ایجاد شده اعمال کنند. در زمان اجرا، سازمان باید ریسک‌ها و فرصت‌های احتمالی پیش روی فعالیت‌های روزانه را شناسایی و اقداماتی را برای رسیدگی به آن‌ها برنامه‌ریزی و اثربخشی این اقدامات را ارزیابی کند. از آنجایی که استاندارد ISO/IEC 17025 در بخش الزامات مدیریت به ISO 9001 رجوع می‌کند، پس از انتشار نسخه ISO 9001 2015، استاندارد ISO/IEC 17025 نیز باید مطابق با آن تنظیم شود. به این منظور، کمیته ارزیابی انطباق ISO نسخه سوم ISO/IEC 17025 را تنظیم کرده است که پیش‌نویس آن برای رأی‌گیری به هر دو نهاد ملی ISO و IEC^۶ بخشنامه شده‌است [۳]. پیش‌بینی می‌شود که استاندارد جدید ISO/IEC 17025 به زودی جایگزین نسخه فعلی شود (در سال ۲۰۱۷ این مهم اجرایی شد-مترجم).

مفهوم ریسک نباید در آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت تازگی داشته باشد زیرا در نسخه‌های قبلی ISO 9001 و همچنین، ISO/IEC 17025 به‌طور ضمنی به آن اشاره شده‌است [۲]. به‌عنوان مثال، آزمایشگاه باید اقدام پیشگیرانه‌ای برای جلوگیری از عدم انطباق‌های احتمالی انجام دهد و با توجه به اثرات عدم انطباق موجود، برای جلوگیری از بازگشت آن اقدام کند [۲]. با این حال، اقدام پیشگیرانه پویایی پایین‌تری دارد در حالی که تفکر مبتنی بر ریسک توجه به ریسک را به بخشی از سیستم مدیریت کیفیت تبدیل می‌کند. اما آزمایشگاه‌ها نگران چگونگی ادغام این تفکر جدید با سیستم موجود هستند. آن‌ها به‌طور خاص انتظار دارند که اعمال تفکر مبتنی بر ریسک فعالیت‌های روزانه آزمایشگاه‌ها به اصلاحات زیادی نیاز پیدا نکند و یا باعث تحمیل بار اضافه به ایشان نشود. مقاله حاضر به‌منظور پرداختن به این نگرانی تلاش می‌کند تا به چگونگی اجرای این تغییر جدید، به روشی عملی و مؤثر مطابق با الزامات ISO/IEC 17025 بپردازد.

تفکر مبتنی بر ریسک

را شناسایی کرد که احتمال بروز آنها در جنبه‌های مختلف الزامات وجود دارد.

در مرحله دوم، آزمایشگاه می‌تواند یک گروه کاری را برای انجام کار مداوم مدیریت ریسک شامل ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی اقدامات، نظارت بر فرایند و گزارش‌دهی به‌منظور بازبینی تشکیل دهد. آزمایشگاه می‌تواند برای انجام اثربخش این کار، آن را به نوعی کارگروه یا گروه کاری ویژه بسپارد که پیش‌تر تحت نظر سیستم موجود، برای نظارت بر مسائل مربوط به کیفیت در آزمایشگاه تشکیل شده‌اند. اعضای این نوع کارگروه به‌طور معمول از واحدهای مختلف انتخاب می‌شوند و در زمینه‌های آزمون مربوط به خود مهارت دارند و مسئول فعالیت‌ها یا خدمات مختلف ارائه شده توسط آزمایشگاه هستند. مدیریت می‌تواند با استفاده از نتایج بدست آمده از برنامه مدیریت ریسک فوق، فرصت‌های موجود برای افزایش کارایی سیستم مدیریت، دستیابی به نتایج بهتر و جلوگیری از اثرات منفی را کشف کند.

بررسی اولیه فرایند

به‌منظور تسهیل بررسی نظام‌مند فرایند، نقشه فرایندی همچون آن چه که در شکل (۱) نشان داده شده‌است، در نظر گرفته می‌شود که فعالیت‌های معمول آزمایشگاه را به پنج زمینه اصلی شامل

در استاندارد ISO 31000، ریسک به‌عنوان تأثیر عدم قطعیت بر اهدافی تعریف می‌شود که می‌توانند دارای جنبه‌های مختلف باشند و در سطوح مختلف همچون سطوح راهبردی، سازمانی، پروژه‌ای، تولیدی و فرایندی قابل اجرا باشند [۴]. در مورد آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت، ریسک به‌صورت برآورده نکردن نیازهای مشتری، ارائه نتایج آزمون نادرست به مشتری، برآورده نکردن الزامات اعتباردهی، خدشه‌دار شدن شهرت آزمایشگاه و غیره بروز پیدا می‌کند. تفکر مبتنی بر ریسک، این اطمینان را ایجاد می‌کند که ریسک‌ها در طول طراحی و به کارگیری سیستم مدیریت کیفیت، شناسایی، بررسی و کنترل شوند.

شاید اولین قدم برای وارد کردن تفکر مبتنی بر ریسک به سیستم مدیریت کیفیت، بررسی اولیه فرایندها و فعالیت‌های روزانه از منظر ریسک باشد. این کار به‌منظور شناسایی نقاط ضعف یا در صورت وجود، ریسک‌های احتمالی انجام می‌شود که می‌توانند باعث ایجاد خطا یا اشتباه شوند. نسخه جدید ISO/IEC 17025 الزاماتی را از جنبه‌های مختلف اضافه می‌کند که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان نکاتی برای جلوگیری از ریسک‌های احتمالی در جنبه‌های مرتبط فعالیت‌های آزمایشگاهی در نظر گرفت [۳]. برای مثال، مقاله حاضر با انجام بررسی اولیه فرایند در یک آزمایشگاه کنترل کیفی معمولی، ریسک‌هایی

یک دست شوند. در غیر این صورت، ممکن است نتایج تحلیلی به دست آمده به خصوص در مواقعی که مواد مورد آنالیز دارای مقدار ناچیزی هستند قابل اطمینان نباشد. پیشنهاد می‌شود که در فرایند همگن‌سازی، تمام نمونه ارائه شده تا جای ممکن مفید تلقی شوند. همچنین باید اقداماتی برای اطمینان از پایداری ماده مورد آنالیز در نمونه همگن‌شده، صورت پذیرد.

روش آزمون

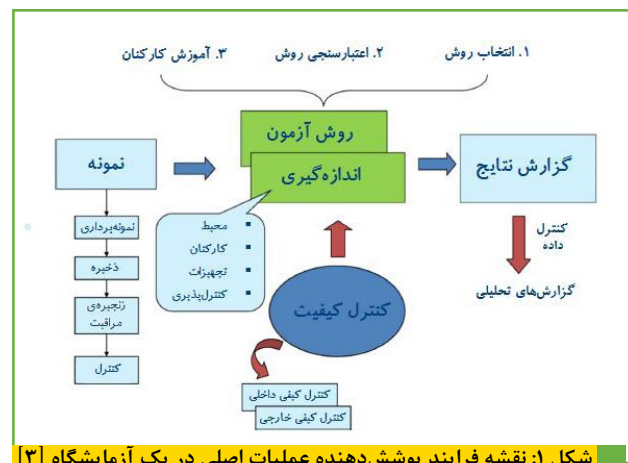
به‌طور معمول در انجام آزمون، در صورت وجود روش‌های استاندارد مناسب یا روش‌های رسمی، باید آن‌ها را به کار گرفت. در غیر این صورت، می‌توان به جای آن‌ها از روش‌های توسعه‌یافته داخلی استفاده کرد. برای جلوگیری از ریسک استفاده از روش‌های داخلی که کاملاً معتبر نیستند، باید روش‌های اعتبارسنجی عمومی بر مبنای دستورالعمل‌های بین‌المللی مربوطه در اختیار تحلیل‌گران قرار داشته باشد؛ در غیر این صورت، تحلیل‌گر در حین طراحی اعتبارسنجی روش، تنها به تجربیات خود متکی خواهد بود. علاوه بر این، طبق نسخه جدید ISO/IEC 17025، آزمایشگاه باید مشخصات الزامات و ابزار تعیین ویژگی‌های روش در طول مرحله اعتبارسنجی را با جزئیات ثبت کند. همچنین باید بررسی و تصدیق شود که الزامات با استفاده از این روش برآورده شده‌است و اظهاریه مبتنی بر اعتبار آن صادر شود و این مهم نه تنها برای حفظ سوابق، بلکه برای اطمینان از اعتبار کامل روش برای کاربرد مورد نظر نیز صورت می‌گیرد.

یک روش تحلیلی می‌تواند شامل مراحل یا عوامل آزمون‌ی باشد که حساس و حائز اهمیت است. برای مثال، میزان شناساگرهایی که قرار است در یک مرحله خاص اضافه شوند، زمان انتظار برای یک واکنش یا یک مرحله خاص در هر آزمون باید بلافاصله بدون تأخیر ادامه پیدا کند. برای جلوگیری از نادیده گرفته شدن این مراحل مهم یا عوامل آزمون، آن‌ها باید به درستی در نسخه کتبی دستورالعمل مشخص و اهمیت آن‌ها به تحلیل‌گر یادآوری شود. در حین آموزش روش به کارکنان مربوطه نیز باید این موارد به وضوح برای ایشان توضیح داده شود.

اندازه‌گیری

در فرایند اندازه‌گیری، عواملی مانند محیط، پرسنل، تجهیزات و قابلیت ردیابی بر نتایج اندازه‌گیری موثرند. همچنین شرایط محیطی از عوامل تأثیرگذار بر آنالیزهای شیمیایی هستند. به‌عنوان مثال، مواد حساس و واکنش‌های مربوطه تحت تأثیر دما و همچنین رطوبت و نور قرار می‌گیرند. نقص در ایجاد شرایط محیطی ضروری مشخص شده در روش اندازه‌گیری،

نمونه‌برداری، روش آزمون، اندازه‌گیری، کنترل کیفیت و گزارش نتایج طبقه‌بندی می‌کند. با رجوع به نکات ارائه شده در بندهای مرتبط استاندارد ISO/IEC 17025، برخی از ریسک‌های بالقوه شناسایی و با جزئیات در ذیل آمده‌اند تا در مورد آن‌ها بحث شود.



شکل ۱: نقشه فرایند پوشش‌دهنده عملیات اصلی در یک آزمایشگاه [۳]

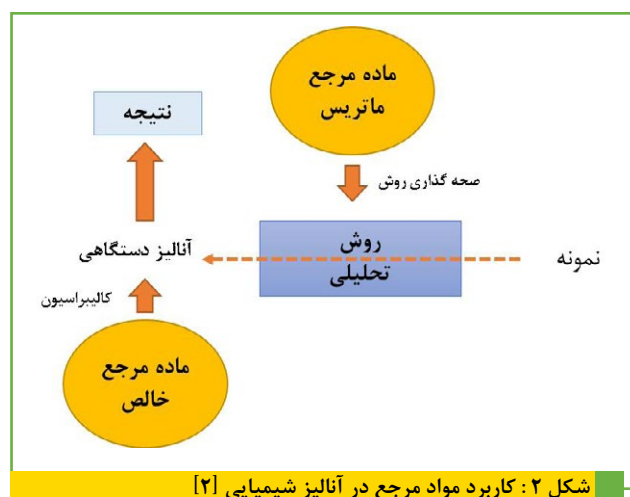
نمونه

نمونه‌ها توسط مشتری برای تحلیل ارائه و نتایج تحلیلی آزمایشگاه درباره آن‌ها به او ارجاع داده می‌شود. بنابراین، از بین رفتن یا ایجاد اشتباه درباره نمونه‌ها عواقب جدی به دنبال خواهد داشت. البته استفاده از یک سیستم مدیریت اطلاعات آزمایشگاهی^۷ می‌تواند در این مورد مفید باشد. LIMS به‌طور خاص عملکردهای مربوط به مدیریت نمونه همچون ثبت نمونه، تولید برچسب بارکد و ردیابی نمونه را دربردارد. زنجیره‌های صیانت و سوابق زاید نمونه‌ها^۸ نیز به‌طور نظام‌مند نگهداری می‌شود. علاوه بر این، LIMS می‌تواند با استفاده از امکانات دیگری همچون مدیریت نمونه فرعی و مدیریت آزمون برای نمونه‌های دریافت شده ارتقاء یابد. با این حال، گاهی اوقات مشکلی در سیستم ثبت نمونه وجود ندارد بلکه به دلیل کافی نبودن فضای ذخیره نمونه یا محدود بودن ظرفیت، به ویژه در هنگامی که حجم بالایی از نمونه‌های اضطراری به‌طور هم‌زمان ثبت شده‌اند، مشکلاتی به وجود می‌آید. برای جلوگیری از بروز ریسک، آزمایشگاه باید ظرفیت خود برای رسیدگی به نمونه‌ها در مواردی مانند فضای ذخیره‌سازی در دسترس را به‌طور منظم ارزیابی کند. به عبارت دیگر، آزمایشگاه باید از ظرفیت خود برای رسیدگی به نمونه‌ها و ذخیره‌سازی آن‌ها در هر نوبت اطلاع داشته باشد. در موقعیتهایی که تعداد نمونه‌های ورودی بالاتر از ظرفیت مدیریت آزمایشگاه است، باید اقداماتی همچون انتقال موقت کارکنان یا برنامه‌ریزی محل‌های ذخیره‌سازی جایگزین، صورت گیرد.

نمونه‌های ارائه شده، به‌صورت معمول قبل از شروع روند تحلیلی، یک فرایند نمونه‌برداری فرعی را پشت سر می‌گذارند. نمونه‌های دارای ماهیت ناهمگن باید قبل از نمونه‌برداری فرعی،

انتخاب شوند، احتمال دارد نتوان عملکرد دستگاه را به طور صحیح ارزیابی کرد. به علاوه برای شناسایی فرصت‌های پیشرفت بیشتر، نظرات تمام کاربران باید به طور مرتب جمع‌آوری و ثبت شود.

طبق الزامات ISO/IEC 17025 به منظور ردیابی اندازه شناختی نتایج تحلیل، باید از مواد مرجع معتبر و مناسب استفاده کرد. برای آزمون‌های شیمیایی دو نوع ماده مرجع کاربرد دارند: ماده مرجع ماتریس که برای صحت‌گذاری روش به کار می‌رود و ماده مرجع استاندارد خالص که در کالیبراسیون تجهیزات کاربرد دارد. با وجود این، پرداختن به موضوع ردیابی اندازه شناختی فقط با استفاده از مواد مرجع مورد نیاز کافی نیست و گاهی دشواری‌های خاص خود را دارد. مهم‌تر این که، آزمایشگاه باید اندازه‌گیری‌هایی را انجام دهد تا از درستی کار مواد مرجع به محض آن که ممکن شد، حفاظت کند. به عنوان مثال، برای جلوگیری از آلودگی و یا فاسد شدن مواد مرجع، آزمایشگاه باید روش‌های اجرایی جابجایی، حمل و نقل، انبارش و استفاده از مواد مرجع را به صورت ایمن داشته باشد تا از آلودگی و خرابی آن‌ها جلوگیری کند. در غیر این صورت، امکان تغییر خاصیت و ویژگی مواد مرجع بدون این که آزمونگر متوجه شود، وجود دارد که این امر سبب شکستن زنجیره ردیابی می‌شود. در خصوص مواد مرجع استاندارد خالص، آزمایشگاه باید پایداری محلول‌های استاندارد کاری را که با استفاده از مواد مرجع استاندارد تهیه می‌کند، مورد مطالعه و بررسی قرار دهد و بر این اساس، شرایط نگهداری مناسب آن‌ها را تعیین و اجرایی کند. به علاوه باید روش‌های اجرایی برای کنترل و بررسی پایداری این محلول‌های استاندارد کاری در طول مدت زمان نگهداری وجود داشته باشد و نتایج این بررسی‌ها باید ثبت و نگهداری شوند تا در مواقع لزوم به آن‌ها رجوع شود. در خصوص مواد مرجع ماتریس، باید شرایط نگهداری توصیه شده توسط شرکت سازنده بطور دقیق و کامل رعایت و نتایج کنترل‌های دوره‌ای ثبت شوند. همچنین برای اطمینان از سالم بودن مواد مرجع، باید قبل از استفاده، حداقل شکل ظاهری آن‌ها بررسی شود.



منجر به انحراف و اشتباهات مهم و قابل توجهی در نتایج اندازه‌گیری می‌شود. به منظور اجتناب از این گونه خطاها، شرایط محیطی مقتضی باید به صورت کاملاً روشن و واضح در روش اندازه‌گیری بیان شود. همچنین در نسخه جدید ISO/IEC 17025 آزمایشگاه ملزم به ثبت و ضبط متناوب شرایط محیطی، متناسب با روش اندازه‌گیری است. این امر نه تنها موجب سهولت بررسی و ارزیابی شده بلکه سبب می‌شود، آزمونگر کنترل شرایط محیطی مورد لزوم را در مدت انجام آزمایش در دست داشته باشد.

خطای انسانی عامل دیگری است که می‌تواند نتایج اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهد. اگر چه ایجاد این چنین خطاها و تأثیرات حاصل از آن‌ها قابل پیش‌بینی نیستند؛ ولی تقویت نظارت بر عملکرد کارکنان، ممکن است یک راه عملی برای کاهش و به حداقل رساندن اشتباهات مذکور باشد. همان‌گونه که نسخه جدید ISO/IEC 17025 پیشنهاد می‌کند، آزمایشگاه باید دارای یک برنامه کنترل و ارزیابی عملکرد کارکنان باشد. این برنامه می‌تواند شامل نظارت در حین انجام کار، مصاحبه شفاهی و بررسی یادداشت‌های آزمونگرها در طول آزمایش، شامل نمونه‌برداری و تحلیل نمونه، محاسبات مورد نیاز و گزارش نتایج باشد. به عنوان مثال، ممکن است چک لیست در رابطه با نمونه‌برداری شامل بازرسی در محل باشد، در حالی که در مورد تحلیل نمونه، برای بررسی انجام صحیح مراحل مهم و حساس، چک لیست می‌تواند شامل کنترل مرحله به مرحله روش آزمون باشد. نتایج این بررسی‌ها و ارزیابی‌ها باید ثبت و نگهداری شوند تا در صورت وجود هر گونه نتایج غیرعادی، بتوان آن را به سرعت ردیابی کرد. به طور یقین هیچ راهی وجود ندارد که بتوان از حذف کامل خطاهای انسانی اطمینان حاصل کرد، ولی با افزایش بررسی‌ها و آگاهی‌ها می‌توان آن‌ها را کاهش داد.

از آن جا که آنالیز نمونه به طور معمول با استفاده از دستگاه انجام می‌گیرد، به منظور اطمینان از نتایج اندازه‌گیری باید دستگاه مربوطه به طور دقیق کالیبره و نیز عملکرد آن به صورت مرتب کنترل شود تا بتوان در فرایندهای پیشنهادی سازمان‌های بین‌المللی مثل مرکز اندازه‌شناسی^۹ به آن‌ها استناد نمود. این فرایند عمومی ممکن است فقط سالی یک بار اجرا شود؛ همچنین ممکن است برای کاربرد متداول یک تجهیز مورد نظر به حد کافی اختصاصی نباشند؛ از این رو توصیه می‌شود آزمایشگاه، عملکرد هر دستگاه را براساس نتایج مؤلفه‌های کنترل کیفیت معمول، مثل دقت، روش و سازگاری سیستم به طور مرتب بررسی و ارزیابی کند. به هر حال این رویکرد مرکب فقط هنگامی کاربرد دارد که شاخص‌های مورد قبول مؤلفه‌های کنترل کیفیت ذکر شده بر طبق نتایج حاصل از اعتبارسنجی روش، با استفاده از همان دستگاه تعیین شده باشند. اگر شاخص‌های مورد قبول به طور صحیح و مناسب تعیین نشوند و یا حتی فقط براساس تفکر و نظر آزمونگر

کنترل کیفیت

طبق الزامات ISO/IEC 17025، آزمایشگاه باید برای پایش اعتبار آزمون‌ها و کالیبراسیون‌هایی که انجام آن‌ها را بر عهده دارد، روش‌های اجرایی کنترل کیفیت داشته باشد. به‌طور معمول، این روش‌های اجرایی شامل عوامل کنترل کیفی برای آزمون‌های روزانه به‌عنوان کنترل کیفی داخلی و نیز شرکت در برنامه‌های آزمون مهارت به‌عنوان کنترل کیفی خارجی است. با این حال در برخی شرایط، حتی با اتخاذ روش‌های کنترل کیفی فوق نمی‌توان از کیفیت کار، اطمینان حاصل کرد.

در خصوص کنترل کیفی داخلی، اگر در مواقعی که در طول آنالیز شرایط تجربی ذکر شده، محدوده‌های قابل قبول برای عوامل مربوطه، مثل تکرارپذیری و انحراف اندازه‌گیری مهیا نباشند، ممکن است کنترل کیفی داخلی منسوخ و یا غیرقابل اعمال باشد. به‌منظور جلوگیری از ریسک، آزمایشگاه باید به‌طور مرتب محدوده‌های مورد قبول برای عوامل کنترل کیفی، به خصوص در هنگام بروز تغییرات در شرایط انجام آزمون را بازبینی کند. به علاوه آزمایشگاه می‌تواند از بسیاری از اقدامات پویاتری که در نسخه جدید ISO/IEC 17025 پیشنهاد شده‌است، استفاده کند. این پیشنهادات شامل استفاده از تجهیزات جایگزین به همراه نتایج اندازه شناختی قابل ردیابی، طراحی و اجرای کنترل عملکرد دستگاه اندازه‌گیری، استفاده از استانداردهای کنترل و کنترل‌های میانی متناوب تجهیزات اندازه‌گیری هستند. همچنین در مواقع مورد نیاز، آزمایشگاه باید ترتیبی اتخاذ کند که نتایج گزارش شده و نیز گزارش‌های کنترل کیفی با یک نگاه جدید، یعنی فردی با مهارت و تخصص مربوطه ولی بدون درگیری مستقیم با آزمون مورد نظر بار دیگر آن را بررسی کند.

چگونگی تخصیص ارزش تعیین شده و انحراف استاندارد آزمون مهارت، برای آزمایشگاه‌هایی که در آزمون کفایت شرکت کرده و امتیاز Z رضایت بخشی کسب کنند، ممکن است خیلی مهم نباشد. آزمایشگاه‌هایی که در آزمون مهارت شرکت کرده و امتیاز Z رضایت بخشی کسب کنند، به چگونگی تخصیص ارزش تعیین شده و انحراف استاندارد آزمون مهارت خیلی اهمیت نمی‌دهند. با این وجود ممکن است گاهی به دلیل وجود اشتباه در تعیین ارزش و یا تفاوت میزان انحراف از استاندارد تخصصی از پیش تعیین شده با محدوده مجاز توافق شده با مشتری، این امتیازات کسب شده، انعکاس کامل عملکرد آن‌ها نباشد. برای اجتناب از ارزیابی نادرست عملکرد، ممکن است آزمایشگاه براساس نتایج تمامی آزمایشگاه‌های شرکت کننده و در نظر گرفتن درخواست‌های مشتریان‌شان در انجام روش‌های به کار گرفته شده در تخصیص ارزش و میزان انحراف از استاندارد آزمون تخصصی، تجدید نظر کند. امتیاز عملکرد در مواقع لازم باید با در نظر گرفتن انحراف از استاندارد مناسب آزمون تخصصی و یا تخصیص ارزش تجدید نظر شده دوباره محاسبه شود. در صورتی که مشخص شود حتی با در

نظر گرفتن امتیاز تجدید نظر شده عملکرد آزمایشگاه زیر سؤال رفته و رضایت‌بخش نیست، باید در خصوص علت آن بررسی‌هایی انجام گیرد.

گزارش نتایج

برای جلوگیری از ارائه گزارش نتایج نادرست به مشتری، همیشه باید از دست‌کاری و یا معدوم کردن نتایج در زمان استفاده، نسخه‌برداری، پردازش و نگهداری آن‌ها ممانعت کرد. به‌طور معمول، برای اطمینان از درستی و صحت گزارش‌های ارائه شده، آزمایشگاه باید در دو یا سه نقطه، داده‌ها و نتایج را بررسی کند. نرم‌افزارها و برنامه‌های تهیه شده داخلی مورد استفاده برای پردازش و به‌کارگیری داده‌ها، باید قبل از استفاده مورد تأیید و صحت‌گذاری واقع شوند تا اطمینان حاصل شود که نتایج به‌طور سهوی دستکاری نشده و تغییر نخواهند کرد. به هر حال برای اطمینان بیشتر، بهتر است این روش‌های اجرایی ثبت و نگهداری شوند و تا آنجا که ممکن است در سیستم مدیریت اطلاعات آزمایشگاه ادغام شوند. در این صورت نسخه‌برداری دستی نتایج به حداقل می‌رسد و یکپارچگی نتایج و داده‌ها توسط سیستم کنترل الکترونیکی به میزان مطلوبی محافظت می‌شود. همچنین به‌منظور ایجاد مرجع، سیستم قادر خواهد بود هرگونه نقص سیستمی و اقدام اصلاحی را ثبت کند. برای اطمینان از حفاظت از داده‌ها، ممکن است آزمایشگاه به هنگام ایجاد و یا به روز نمودن LIMS نیاز به بررسی و ملاحظه الزامات ملی و بین‌المللی داشته باشد. در واقع این یکی از الزامات اضافه شده در نسخه جدید ISO/IEC 17025 در رابطه با سیستم داده‌ها است.

در مواردی که تأییدیه‌ای برای اختصاصی و یا استاندارد بودن آزمونی مورد نیاز باشد، نسخه جدید ISO/IEC 17025 پیشنهاد می‌کند که آزمایشگاه باید قوانین تصمیم‌گیری را به همراه مشکلات و خطرات مربوطه مکتوب کند. به این ترتیب نتایج اعلام شده از ثبات و اطمینان بیشتری برخوردار خواهند شد و از احتمال پذیرش یا عدم پذیرش نادرست اجتناب می‌شود.

در پایان، شایان ذکر است که کسب امتیازات در فرایند بازنگری فوق به‌عنوان مثال ذکر شده‌اند. ممکن است آزمایشگاه‌ها در زمان بازنگری به روش خود نتایج متفاوتی به‌دست آورند. به هر حال به‌منظور بهره‌مندی از بازنگری، باید به‌صورت مناسب و مقتضی پیگیری‌های لازم صورت پذیرند. به‌عنوان مثال، درباره به روز کردن فرایند کاری مربوطه و تشکیل جلسات کوتاه برای کارکنان و همچنین برای تداوم بهبود، آزمایشگاه باید بازنگری را به‌طور مرتب انجام دهد.

یکپارچگی در سیستم مدیریت کیفیت

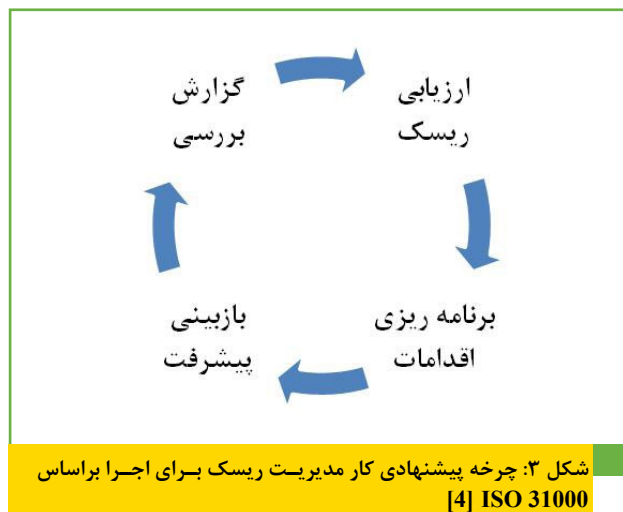
درباره ریسک‌های شناسایی شده در کارگروه و همچنین در مورد این که آیا لازم است اصلاح انجام شود باید بحث نموده و اقدامات پیگیرانه توصیه شود. بهتر است برای سهولت، بازبینی و اقدامات بیشتر برنامه‌ریزی شده و در مواقع مورد نیاز این موارد، به درستی مستند و ثبت شوند. همچنین برای اثربخشی، باید به ترتیب افراد مورد تایید و مسئول، به‌منظور انجام اقدامات برنامه‌ریزی شده، حضور داشته باشد. بسته به ماهیت ریسک شناسایی شده، ممکن است اقدامات برنامه‌ریزی شده شامل بازنگری در برنامه‌های کنترل کیفیت، فراهم کردن آموزش اضافی در زمینه‌های خاص، ارتقا به اشتراک گذاری تجربه، انجام بررسی یا مطالعه، بررسی فرصت‌های بهبود و صدور دستورالعمل‌های جدید، اجرایی شوند و اعضای کارگروه برای پایش پیشرفت کار براساس جدول زمانی پیشنهاد شده به‌منظور اجرای اقدامات برنامه‌ریزی شده، به کار گرفته خواهند شد.

رئیس کارگروه، مسئول گزارش نتایج کار ارزیابی ریسک و پیشرفت اقدامات پیگیری مرتبط به مدیریت به‌صورت منظم خواهد بود. مدیریت، با اطلاعات جمع‌آوری شده در جلسه بررسی خود ریسک‌های شناسایی شده و اقدامات اتخاذ شده برای آن‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد. همچنین به واسطه این کار، می‌توان فرصت‌های افزایش اثربخشی سیستم مدیریت که موجب بهبود نتایج و جلوگیری از وقوع اثرات منفی می‌شوند را مورد بررسی قرار داد.

برای دستیابی به یکپارچگی تفکر مبتنی بر ریسک، در سیستم مدیریت کیفیت آزمایشگاه، باید به جز بررسی فرایند تشریح شده در بالا اقدامات بیشتری انجام گیرد. به‌طور معمول برای کمک به نظارت بر موضوعات مرتبط با کیفیت از جمله بررسی مستندات کیفیت، برنامه‌ریزی و اداره کردن ممیزی‌های سیستمی، کارگروه یا گروه کاری ویژه‌ای با ریاست مدیر کیفیت تشکیل می‌شود که اعضای آن از نیروهای بخش‌های مختلف آزمایشگاه با تخصص‌های گوناگون در حوزه‌های مرتبط هستند. روش مؤثر برای یکپارچه کردن تفکر مبتنی بر ریسک با سیستم مدیریت کیفیت، مداخله این کارگروه خاص در امر مدیریت ریسک از جمله ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی اقدامات، بازبینی پیشرفت و گزارش بررسی است. برای سهولت اقدامات اجرایی، این کارگروه می‌تواند ابتدا بر پیامد یا یافته‌های ارزیابی‌های خارجی و ممیزی‌های سیستم داخلی متمرکز شود. هم‌زمان با افزایش نظارت‌ها، مشکلات و ریسک‌ها باید مورد توجه قرار بگیرند. همان‌گونه که در شکل (۳) نشان داده شده برای مربوط کردن آن با سیستم مدیریت کیفیت و تبدیل آن به یک اصل پویا رویکرد فرایندی توصیه می‌شود که مشابه با چرخه PCDA (برنامه‌ریزی - اجر - بازنگری - اقدام^{۱۰}) ارائه شده در ISO 9001 است. جزئیات کار مربوطه به‌صورت ذیل مورد بحث قرار می‌گیرد.

بی‌طرفی و محرمانه بودن

در ISO/IEC 17025 جدید، بی‌طرفی و محرمانه بودن دو جنبه‌ای هستند که به‌عنوان الزامات عمومی گنجانده می‌شوند و جزئیات بیشتری در مورد الزامات این دو جنبه، در مقایسه با الزامات نسخه قبلی ارائه خواهند شد. به ویژه که آزمایشگاه ملزم به شناسایی ریسک‌ها برای اثبات بی‌طرفی به‌صورت یک اصل پویا می‌شود. اگر ریسکی در زمینه بی‌طرف بودن تشخیص داده شود، آزمایشگاه باید قادر به نشان دادن چگونگی حذف یا به حداقل رساندن چنین ریسکی باشد. به علاوه آزمایشگاه باید حفاظت از اطلاعات محرمانه مشتریان را تضمین کند و از طریق تعهدات قابل اجرا برای مدیریت اطلاعات حاصل شده یا ایجاد شده در حین انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی مسئول باشد. به نظر می‌رسد که ISO/IEC 17025 جدید متمایل به تاکید بر اهمیت این دو جنبه از الزامات با توجه به مدیریت ریسک است. رویه‌ها و یادداشت‌هایی هم ارائه می‌شوند که به اجتناب از ریسک‌های احتمالی کمک خواهند کرد. از نقطه نظر دیگر، به نظر می‌رسد که ISO/IEC 17025 جدید، این مسئله را به‌عنوان نمونه‌ای که نشان‌دهنده چگونگی شناسایی و بررسی ریسک‌های مرتبط با سیستم مدیریت است، مورد توجه قرار می‌دهد.



ارزیابی ریسک باید شامل شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل ریسک و ارزیابی ریسک باشد. به‌طور مختصر، برای هر نظارت انجام شده در ارزیابی خارجی یا ممیزی داخلی، کارگروه باید پیامد احتمالی را ارزیابی کرده و این که آیا منبع ریسک مؤثر بر کیفیت کار آزمایشگاه وجود دارد یا نه را شناسایی کند [۴]. البته اعضای کارگروه می‌توانند برای ارزیابی ریسک که در کار عادی‌شان با آن مواجه هستند، دیگر موضوعات مرتبط با کیفیت را نیز مطرح کنند.

پی‌نوشت

۱. کارشناسی ارشد فیزیک، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲. کارشناسی ارشد مدیریت دولتی، مدیر کیفیت پژوهشگاه مواد و انرژی
۳. کارشناسی ارشد شیمی زیستی بالینی، مرکز تحقیقات دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز
۴. عضو کارگروه استاندارد و کالیبراسیون شبکه آزمایشگاهی
۵. مربوط به استانداردهای عمومی برای کفایت در آزمایش - آزمایشگاه‌ها

6. International Electro technical Commission(IEC)
7. Laboratory Information Management System (LIMS)
8. custody and sample disposal records
9. International Organization of Legal Metrology (IOLM)
10. Plan-Do-Check-Act

مرجع

- [1] Siu-kay Wong, Risk-based thinking for chemical testing, Accred Qual Assur (2017) 22:103–108.

نویسندگان

ساناز شبیکه^۱

researchers4u@yahoo.com



میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری

چکیده

فینمن^۲ به منظور دستیابی به قابلیت مشاهده فعالیت‌های زیستی، از فیزیکدانان درخواست نمود تا میکروسکوپ‌های الکترونی بهتری طراحی کنند. با وجودی که امروزه دستیابی به تصاویری با وضوح یا قدرت تفکیک پذیری اتمی امکان پذیر بوده اما به دلیل آسیب رساندن پرتو الکترونی به نمونه‌های حساس نظیر: پلیمرها یا تک پروتئین‌ها، هنوز تهیه تصاویری با قدرت تفکیک پذیری بالا از نمونه‌های ذکر شده با مشکلات فراوانی روبرو است. در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی نشان داده می‌شود که چگونه بدون میانگین‌گیری از ساختارهای درون چندین تصویر پیاپی و تنها با بهره‌گیری از پروتکل اندازه‌گیری چندگذری ساده در میکروسکوپ الکترونی عبوری می‌توان با حداقل صدمه و قدرت تفکیک پذیری بالا از تک پروتئین‌ها تصویربرداری نمود. در این مقاله، روش چند گذری برای تصویربرداری از اهدافی خاص بررسی شده است اما از آن می‌توان به‌طور گسترده برای ارتقای قدرت تفکیک‌پذیری و حساسیت انواع مختلف حالات تصویربرداری با کمک میکروسکوپ الکترونی نظیر تصویربرداری روبشی و طیف‌نگاری استفاده نمود. این رویکرد در واقع روش بهینه مکانیکی - کوانتومی بوده که در شرایط ایده‌آل بدون برخورد و تعامل در نظر گرفته می‌شود. اما در عمل، کاهش دادن مرتبه بزرگی فرایند آسیب در قدرت تفکیک‌پذیری مشابه امکان پذیر است.

واژه‌های کلیدی

میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری، تفکیک‌پذیری مکانی محدود به دوز، نسبت سیگنال به نویز، جابجایی‌های فاز، نویز ضربه‌ای.



تنها تعداد محدودی از الکترون‌ها پیش از آسیب دیدن ساختار مورد نظر قادر به پروب نمونه زیستی هستند [۱]. این امر به همراه آمار شمارش الکترون (نویز ضربه‌ای) منجر به وقوع نسبت متناهی سیگنال به نویز (S/N) و تفکیک‌پذیری مکانی محدود به حداکثر دوز الکترون مجاز مربوط به نمونه (به جای کیفیت نورشناسی الکترونی) می‌شود. هنگام تصویربرداری از پروتئین‌ها با میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو در صورت وجود شرایط ایده‌آل حداکثر تفکیک‌پذیری مکانی قابل دسترس برابر با ۲ nm است [۲]. به‌طور مرسوم برای بازسازی مدل یک پروتئین در تفکیک‌پذیری اتمی باید از هزاران تصویر تهیه شده از تک پروتئین میانگین گرفت [۳ و ۴]. این فرایند علاوه بر وقت‌گیر بودن و درصد خطای بالا، به‌صورت معمول فرض را بر این گذاشته که تمام پروتئین‌هایی که تصاویرشان تهیه شده دارای ساختاری یکسان هستند [۵]. اجرای روش‌های میانگین‌گیری برای پلیمرها، مولکول‌های آلی ناهمگن و ماده نرم حساس به پرتو نامتناوب امکان‌پذیر نیست. در تحقیق پیشین تمرکز اصلی به سمت دستیابی به تفکیک‌پذیری با دوز محدود^۳ تعیین شده با استفاده از نویز ضربه‌ای^۴ و دوز بحرانی نمونه معطوف شده بود. در میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری^۵ مدرن محدودیت تفکیک‌پذیری مکانی فرایندهای طیف‌سنجی و تصویربرداری به جای نورشناسی الکترونی به آسیب تابشی مربوط می‌شود. اخیراً پیشرفت قابل توجهی [۶ و ۷] در زمینه آشکارسازهای نوین [۸]، عناصر نوری الکترونی [۹ و ۱۰] و روش‌های آماده‌سازی نمونه [۱۱ و ۱۲] انجام شده‌است. به زودی دسترسی به DLR مرسوم بهینه شده نیز امکان‌پذیر خواهد بود [۴]. نمونه‌های زیستی در میکروسکوپ الکترونی عبوری به‌عنوان اشیائی با فاز ضعیف در نظر گرفته می‌شوند. انجمن اندازه‌گیری کوانتومی حساسیت دسترس‌پذیر در فرایندهای اندازه‌گیری فاز را مورد بررسی قرار داده است [۱۳]. حداقل خطای اندازه‌گیری دسترس‌پذیر با استفاده از ذرات پروب ناهمبسته برابر با $1/\sqrt{N}$ است؛ که در آن: N نماینده تعداد برخورد و تعاملات نمونه - ذره پروب است. با استفاده از ذرات همبسته می‌توان بر محدودیت نویز ضربه‌ای غلبه نمود و خطای مورد نظر را نیز به $1/N$ کاهش داد (محدودیت هایزنبرگ) [۱۴]. فوتون‌های به اندازه کافی درهم تنیده^۶ این همبستگی‌های مورد نیاز را فراهم می‌آورند. از این روش در میکروسکوپ‌های نوری استفاده شده‌است [۱۵ و ۱۶]. در اینجا باید به دشوار بودن فرایند ایجاد این حالت‌های درهم تنیده اشاره نمود. در ضمن، حالت‌های $N00N$ نیز به ماهیت بوزونیک^۷ فوتون‌ها^۸ وابسته هستند [۱۷]. در تئوری می‌توان سیستم‌های درهم تنیده (ترکیبی) که با استفاده از فرمیون‌ها^۹ دستیابی به محدودیت هایزنبرگ را امکان‌پذیر ساخته را بررسی نمود. اما اجرای این سیستم‌ها در عمل دشوار است [۱۸ و ۱۹]. یکی دیگر از روش‌های پیشنهادی برای دستیابی به محدودیت ذکر شده، استفاده از تعامل یا برخورد چند مرتبه‌ای یک ذره پروب با شیء فازی است [۲۰]. در صورت وجود تعداد معینی از برخوردهای نمونه - ذره پروب می‌توان این روش را به‌عنوان رویکردی بهینه برای اندازه‌گیری در نظر گرفت [۲۱]. این روش با استفاده از حفره‌های تصویرسازی خودکار [۲۲] درون میکروسکوپ‌های نوری میدان کامل بکار برده شده‌است [۲۳ و ۲۴]. در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی‌های مختلف نشان داده می‌شود که پروتکل چند گذری قادر به افزایش حساسیت و تفکیک‌پذیری مکانی میکروسکوپ الکترونی عبوری با دوز محدود است. شبیه‌سازی‌های تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری^{۱۰} تهیه شده از ساختارهای پروتئین قرار گرفته درون محیط یخ شیشه‌ای نشانگر بهینه‌سازی مرتبه بزرگی در آزمایش‌های انجام گرفته با میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو است. با استفاده از شبیه‌سازی‌های تصاویر گرافن تک لایه نیز محدودیت‌های روش چند گذری شرح داده می‌شود.

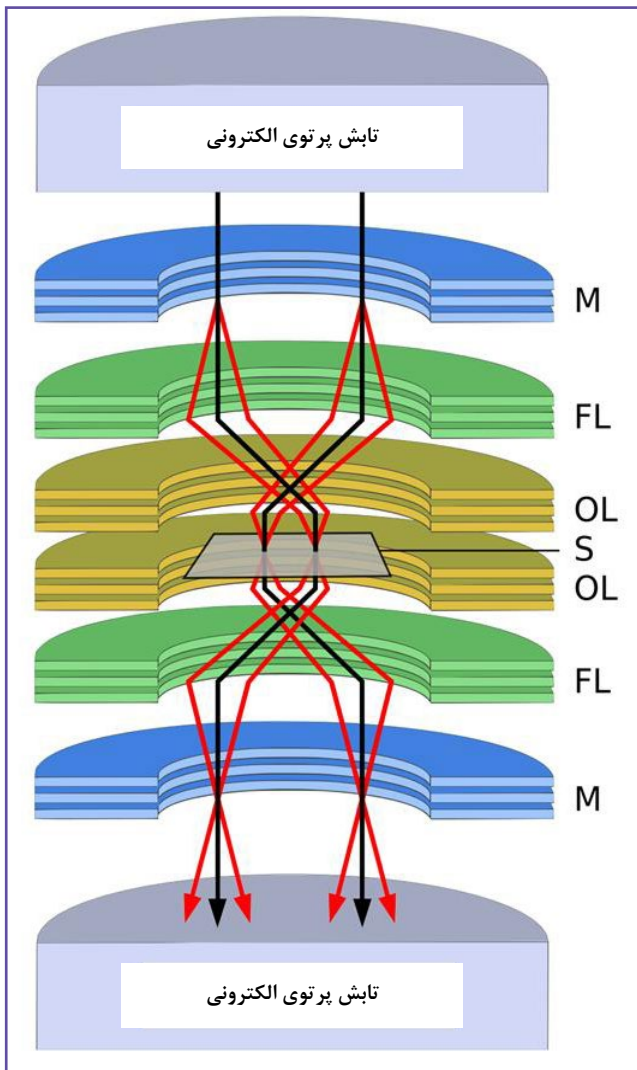
نتایج

کاهش آسیب رسیدن به نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری چندگذری:

کاهش آسیب رسیدن به نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری چندگذری در شکل (۱) به نمایش گذاشته شده‌است. تصویر مورد نظر با استفاده از تجهیزات فاقد ابیراهی^{۱۱} از طریق تکرار تابع عبوری تک گذری t نمونه بدست می‌آید. به ازای m گذر، تابع عبوری t_m برای $t_m = t^m = |t|^m e^{im\Phi}$ خواهد بود. که در آن: $|t|$ نماینده دامنه عبوری و Φ نیز نشان‌دهنده جابجایی فاز توسط پتانسیل

مربوطه است. هر دو عامل فوق از نظر مکانی تغییر می‌کنند. در صورت وجود نمونه ضعیف ($m\Phi \ll 1$) با قابلیت عبوردهی بالا ($1 - |t|^m \ll 1$) درون میکروسکوپ فازی [۲۵ و ۲۶]، اگر تعداد N_0 الکترون ناحیه δ^2 ثبت شده درون یک پیکسل از آشکارساز را روشن نمایند، آنگاه نمونه مذکور تعداد $N(x, y) \sim N_0 [1 - 2m\Phi(x, y)]$ الکترون را آشکار خواهد ساخت [۲۶]. بنابراین، طراحی چند گذری مورد نظر با ارائه نویز ضربه‌ای تقریبی $\sqrt{N(x, y)}$ ، سیگنال و حساسیت را به اندازه m برابر افزایش می‌دهد. در اینجا نسبت سیگنال به نویز برابر است با:

$$SNR = |N_S - N_B| / \sqrt{N_S + N_B} \sim \sqrt{2N_0 m \Delta \Phi}$$

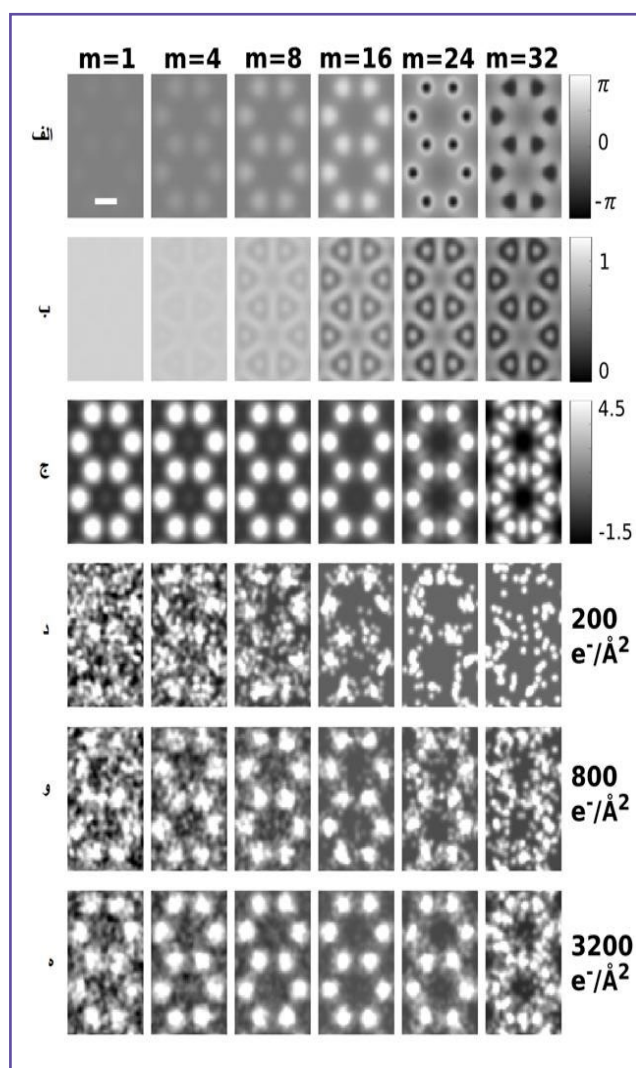


شکل ۱: طرح کلی میکروسکوپ چند گذری. نمونه S میان دو عدسی شیئی و میدانی (به ترتیب OL و FL) قرار گرفته است. این پیکربندی میان دو آینه M استقرار یافته که می توان آنها را برای تزویج ورودی و خروجی پرتو الکترونی مهار نمود. پرتو پروب پالسی به درون مسیر نوری میکروسکوپ چند گذری تزویج شده و نمونه S را روشن می کند. موج خروجی در ادامه دوباره تصویربرداری شده و روی نمونه (که هم اکنون توسط تصویر واضح خود روشن شده) برمی گردد. این فرایند تا زمانی که استخراج تزویجی پالس مورد نظر صورت پذیرفته و تصویرش روی آشکارساز شکل گیرد، چندین (M) مرتبه تکرار می شود. برای درک بهتر، اشعه های میدانی (سیاه رنگ) و تصویربرداری (قرمز رنگ) در شکل فوق نمایش داده شده اند. این اشعه ها پس از یک دور کامل دوباره فرایند را از سر می گیرند.

شبیه سازی های میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری:

در قسمت ذیل شبیه سازی های میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری مربوط به سه سیستم نمونه از ساختارهای معین گرافن [۳۳ و ۳۴]، واحد شش وجهی شبکه CTD-SP1HIV-1 Gap نابالغ (HIV-1 Gap-ID:5I4TPDB) [۳۵] و ویروس ماربورگ VP35 [۳۶] شرح داده شده است. در شبیه سازی های میکروسکوپ ذکر شده، پرتو الکترونی چندین مرتبه از نمونه عبور می کند. پس از m عبور، موج خروجی

که در آن: N_B و N_S به ترتیب نماینده تعداد الکترون های آشکار شده هنگام تصویربرداری از نمونه و پس زمینه هستند. هنگام انجام عملیات در نرخ ثابتی از آسیب، تعداد ذرات پروب ورودی را باید به گونه ای انتخاب کرد که تعداد کل برخوردهای پروب - ذره نمونه مستقل از m باشد (به عنوان مثال: $N_{0,m} \sim N_{0,1}/m$). این امر منجر به حصول SNR^{12} در نرخ آسیب ثابت متناظر با \sqrt{m} و به تبع آن، کاهش نرخ آسیب در SNR ثابت متناظر با $1/m$ می شود. این امر برای روش های آشکارسازی حالت میدان تاریک و ثابت پراکندگی نیز صادق است. روش چند گذری در شرایط ایده آل دارای مقیاس مشابهی از آسیب نسبت به روش های بدون برخورد (پیشنهاد شده برای آشکارسازی غیر تخریبی نمونه های کاملاً جذب کننده) است [۲۷ و ۳۰]. به منظور درک بهتر شرایط ذکر شده، فرض را بر این گذاشته که SNR آستانه برای آشکارسازی شیء فازی برابر است با: $SNR = \sqrt{2N_0 m \Delta \Phi} \approx 1$. از طرف دیگر، تعداد الکترون های آسیب وارد کننده با استفاده از پراکندگی غیرالاستیکی خود نیز برابر با: $N_{inel} = N_0(1 - |t_{inel}|^{2m}) \sim 2N_0 m \alpha$ در نظر گرفته می شوند. در فرمول فوق، $\alpha = 1 - |t_{inel}|$ و افت الاستیکی را نیز می توان نادیده گرفت (بدین معنی که: هیچ الکترونی خارج از روزه 13 میکروسکوپ پراکنده نشده است). منطقه بدون برخورد کوانتومی به ازای $\frac{\alpha}{m \Delta \Phi^2} \ll 1$ قابل دسترسی است. بنابراین، پیکربندی چند گذری را می توان به عنوان پیکربندی بدون برخورد مناسب برای نمونه های ضعیف در نظر گرفت. دستورالعمل های بدون برخورد اصلی [۲۷ و ۲۸] برای آشکارسازی جاذب های کامل طراحی شده اند، در صورتی که روش چند گذری قادر به ارائه اطلاعات فازی و مقیاس خاکستری در رابطه با نمونه های بسیار شفاف و نازک است. در قسمت ذیل، کاهش قابل توجه آسیب در فرایند تصویربرداری از نمونه های زیستی نازک در شرایط واقعی با بکارگیری میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری اثبات می شود. در هر صورت پیشنهاد می شود تصویربرداری به طور کامل بدون برخورد تنها به عنوان محدودیت نظری مورد استفاده قرار گیرد. کاهش آسیب به طور مستقیم به ارتقای تفکیک پذیری مکانی محدود به دوز (DLR) می انجامد. از آنجائی که SNR در نرخ آسیب ثابت متناظر با $\sqrt{N_0 m \Delta \Phi}$ بوده، لذا حتی در شرایط $m=1$ تا زمانی که N_0 به اندازه کافی بزرگ باشد کوچکترین شیء فازی با SNR بالا قابل آشکارسازی هستند. لازم به ذکر است، تشعشع قادر به تخریب ویژگی های ساختاری مورد نظر است، لذا تصاویر به صورت معمول در دوز تک گذری $D = \frac{eN_0}{82}$ که تقریباً دو برابر دوز بحرانی D_C بوده بدست می آیند [۳۱ و ۳۲]. این امر منجر به حصول حداقل اندازه ویژگی/مشخصه δ قابل تصویربرداری با SNR معین می شود. با استفاده از معادلات فوق می توان به فرمول $\delta \propto 1/\sqrt{m}$ دست پیدا کرد. این تناسب برای کنتراست پراکندگی نیز صادق است.



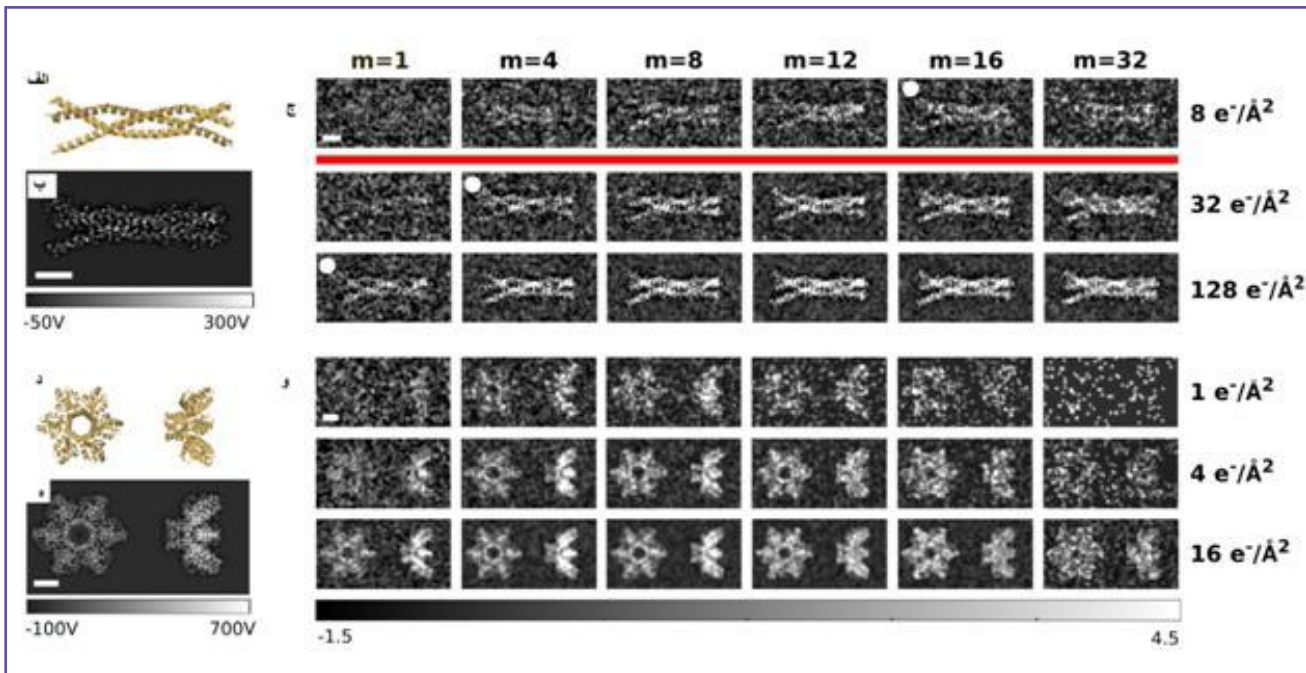
شکل ۲: شبیه‌سازی میکروسکوپ الکترونی عبوری چندگذری از نمونه گرافن. (الف) و (ب) به ترتیب فاز و دامنه تابع موج خروجی پس از تعداد معینی فرایند عبور را نمایش می‌دهند. تصاویر شبیه‌سازی شده بدون نویز میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری در شکل (ج) و همچنین تصاویر شبیه‌سازی شده در سطوح مختلفی از دوز مؤثر نیز در شکل‌های (د) و (ه) نمایش داده شده‌اند. مقیاس رنگی برای شکل‌های (ج) و (ه) بر حسب واحدهای انحراف استاندارد از متوسط میزان شدت هر تصویر محاسبه شده‌است. نوار مقیاس برابر است با ۰/۱۴.

میانگین غیرالاستیک برابر با ۳۵۰ nm خواهد بود [۴۲]. در شکل (۳-ج) نتایج شبیه‌سازی شده میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری در سطوح‌های مختلفی از دوزهای مؤثر نمایش داده شده‌است. در ازای وجود دوز مؤثر معین (D_{eff})، کیفیت تصویر هم‌زمان با افزایش تعداد گذرها بهینه می‌شود. بهترین SNR پس از اجرای ۱۲ الی ۱۶ گذر حاصل می‌شود. در این هنگام یک شش ضلعی آلفا در دوزی پایین‌تر از دوز بحرانی تعیین شده برای نمونه‌های زیستی به وضوح مشاهده می‌شود. در صورت بالاتر رفتن تعداد فرایندهای گذر SNR به دلیل افت‌های غیرالاستیک و افزایش جایجایی‌های فاز دوباره کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل (۳-ج) مشاهده می‌شود در ازای وجود SNR ثابت، آسیب به اندازه $1/m$ کاهش می‌یابد. پیش از در نظر

حاصل شده روی آشکارسازی ایده‌آل تصویر مورد نظر را شکل می‌دهد. در اینجا طرح آشکارسازی حساس به فاز در برگرنده یک پله یا صفحه فازی به‌منظور جابجایی فاز پرتوی نپراشیده به اندازه $\pm\pi/2$ مدنظر است. دستیابی به چنین آشکارسازی از چندین روش امکان‌پذیر است [۹،۲۵،۳۷،۳۹]. به‌منظور شبیه‌سازی نویز ضربه‌ای در واقع نویز پواسونی^{۱۵} به میزان شدت آشکار شده اعمال می‌شود. دوز الکترون ورودی به‌گونه‌ای انتخاب شده که دوز مؤثر (تعداد برخوردهای الکترون - نمونه و در نتیجه صدمه وارد شده با استفاده از الکترون) مستقل از m باشد. این امر برای نمونه بدون افت بدین معنی است که دوز ورودی توسط $1/m$ مقیاس‌گذاری شود. در شبیه‌سازی‌های مربوطه هر دو افت الاستیکی و غیرالاستیکی در نظر گرفته شده‌اند: شبیه‌سازی‌های مربوط به نمونه گرافن برای به حداقل رساندن آسیب با استفاده از انرژی الکترونی برابر با ۶۰ KeV انجام پذیرفته‌اند [۴۰]. در شکل (۲-الف) و (۲-ب) به ترتیب فاز و دامنه تابع موج خروجی شبیه‌سازی شده به‌عنوان تابعی از تعداد برخوردها نمایش داده شده‌است. جایجایی‌های فازی به‌صورت خطی افزایش یافته و در نهایت به بیش از π می‌رسند. دامنه تابع موج خروجی با تعداد برخوردها کاهش می‌یابد. با وجودی که افت در سرتاسر سلول واحد همگن [۴۱] در نظر گرفته شده، اما ساختار شبکه کلی در تعداد بالاتری از برخوردها و تعاملات ظاهر می‌شود. دلیل این امر، وقوع اثر عدسی^{۱۶} قابل توجه در اثر جابجایی‌های فازی با توزیع مکانی است. در این منطقه، کنتراست فاز حتی در غیاب پله فازی نیز به کنتراست دامنه تبدیل می‌شود. تصویر بدون نویز تابع موج خروجی در شکل (۲-ج) نمایش داده شده‌است. اثر منفی و مخرب شمارش آمار براساس تفکیک‌پذیری مکانی در شکل‌های (۲-د) و (۲-ه) که تصاویر شبیه‌سازی شده به‌عنوان تابعی از دوز مؤثر نمایش داده شده‌اند، آشکار می‌شود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، ساختار شبکه توری پس از یک تعامل و برخورد به‌طور واضح در شکل‌های (۲-د) و (۲-و) قابل تشخیص نیست، به همین دلیل برای بهینه‌سازی SNR و تفکیک‌پذیری مکانی از روش چند گذری استفاده می‌شود. در صورت وقوع تعداد بالاتری از تعاملات، SNR دوباره کاهش می‌یابد. در این حالت، کاهش SNR به دلیل اینکه جایجایی‌های فاز به درجه‌ای رسیده که دیگر نمی‌توان از میکروسکوپ فازی استاندارد به‌عنوان دستگاه تحلیلی کارآمد استفاده نمود به وقوع می‌پیوندد (شکل (۲-ج)). در صورت حصول تعداد برخوردهای بالاتر، وقوع افت‌های الکترون‌ها نیز رویت‌پذیری را کاهش می‌دهد.

در شکل (۳-الف) و (۳-ب) به ترتیب نمودار نواری و پتانسیل تصویر شده VP35MARV تعیبه شده درون یخ شیشه‌ای برای عملیات میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو نمایش داده شده‌است. افت‌های غیرالاستیکی بیشتر به دلیل وقوع پراکندگی درون یخ شیشه‌ای شکل می‌گیرند (به ازای اعمال الکترون‌ها با انرژی 300 KeV، پویش آزاد



شکل ۳: شبیه‌سازی ساختارهای پروتئینی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی چند گذری. (الف) نمودار نواری و (ب) پتانسیل تصویر شده نمونه MARV VP35 را نمایش می‌دهد. (ج) تصاویر شبیه‌سازی شده میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری در ازای اعمال الکترون‌هایی با انرژی 300 KeV را در سه سطح نسبی از دوز موثر محاسبه نموده (مشاهده شده در قسمت راست) و نمایش می‌دهد. توجه کنید که دوز ورودی برای هر PANEL تقریباً به اندازه m برابر کمتر از دوز موثر است. دایره‌های سفید رنگ، نماینده شکل‌هایی با SNR یکسان هستند. خط قرمز رنگ، نماینده دوز بحرانی ($20 \text{ e}^-/\text{\AA}^2$) تعیین شده برای نمونه‌های زیستی است [۳۲]. (د) و (و) نتایج مربوط به دو جهت تصویربرداری مختلف از نمونه HIV-1 Gag را نمایش می‌دهند. تمامی نوارهای مقیاس برابر با ۲ nm هستند. مقیاس رنگ برای شکل‌های (ج) و (و) بر حسب واحد انحراف‌های استاندارد از میانگین شدت هر تصویر تعیین شده است.

شرح مطالب

تحلیل‌های انجام گرفته در این مقاله نشان می‌دهد که تقویت سیگنال مورد نظر از طریق بکارگیری دستورالعمل‌های چند گذری امکان آشکارسازی نمونه‌های در بر گیرنده قابلیت فوق‌العاده عبوردهی الکترون با حداقل آسیب ممکن را فراهم می‌آورد. همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد با استفاده از این روش می‌توان در شرایط تصویربرداری واقعی و بدون میانگین‌گیری جزئیات نمونه‌های حساس به دوز را آشکار ساخت. میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری رویکرد کوانتومی بهینه‌ای را برای تحقیق در زمینه تک پروتئین‌ها، DNA و پلیمرها برای محققان ارائه می‌کند.

روش‌ها

میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری کنتراست پراکندگی (مقیاس خاکستری):

در این نوع میکروسکوپ، کنتراست از تغییرات مکانی افت الکترون به دلیل وقوع رویدادهای پراکندگی الاستیک و غیرالاستیک بدست می‌آید. لازم به ذکر است، کنتراست پراکندگی نسبت به جابجایی‌های ضعیف فاز حساس نیست. بنابراین می‌توان ویژگی‌های عبوردهی محلی و واقعی T نمونه را بر حسب λ_p تعریف کرد:

گرفتن افت‌ها می‌توان SNR یک تصویر با مشخصات $(m=1, D_{\text{eff}}=128 \text{ e}^-/\text{\AA}^2)$ را با تصاویری با مشخصات $(m=4, D_{\text{eff}}=32 \text{ e}^-/\text{\AA}^2)$ و $(m=16, D_{\text{eff}}=8 \text{ e}^-/\text{\AA}^2)$ برابر دانست. در شکل‌های (۳-د) و (۳-و) شبیه‌سازی‌های مربوط به HIV-1 Gag از دو جهت مختلف نمایش داده شده است. به دلیل وجود رویداد روی هم افتادگی فاز^{۱۷} بهترین SNR به ترتیب برای تصویرسازی در امتداد محور نازک و ضخیم پروتئین مورد نظر پس از وقوع ۸ الی ۱۲ و ۴ الی ۸ گذر حاصل می‌شود. میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری قابلیت شناسایی جهت‌گیری پروتئین‌هایی با اندازه متوسط را در دوز فوق‌العاده پایین فراهم می‌آورد.

یکی از کاربردهای مهم این فرایند، ضبط تصاویر متحرک با دوز تقسیم‌بندی شده و همچنین سطوح پرتودهی موثر پایین‌تری به ازای هر فریم در مقایسه با سطوح مورد نیاز برای تنظیم فریم‌های متوالی است. یکی از دلایل اهمیت انجام این کار به شرح ذیل است:

حرکت ناشی از پرتو الکترونی در طول نخستین ۲ الی $4 \text{ e}^-/\text{\AA}^2$ فرایند پرتودهی بسیار زیاد بوده و در عین حال ویژگی‌های تفکیک‌پذیری و وضوح بالای نمونه نیز در مدت زمان مذکور به سرعت آسیب خواهد دید [۴۳]. انتظار می‌رود با استفاده از روش کاهش حرکت فریم به فریم، بیشتر سیگنال تفکیک‌پذیری و وضوح بالا حفظ شود.

نمونه جابه‌جا کننده کامل فاز Φ^2 m^2 به دست می‌آید [۲۶].
نویز ضربه‌ای نیز در بر گیرنده مقیاسی مشابه m بوده و این امر منجر به حصول قوانین مقیاس‌گذاری یکسان برای SNR و DLR (مشابه قوانین موجود برای روش‌های حالت میدان روشن) می‌شود.

شبیه‌سازی‌های چند مقطعی میکروسکوپ الکترونی عبوری چندگذری:

شبیه‌سازی‌های چند مقطعی با استفاده از روش‌ها و پتانسیل‌های اتمی ارائه شده در مقاله کرکلند [۴۴] انجام شده که شامل کدنویسی سفارشی و اختصاصی با نرم‌افزار متلب^{۱۹} است. یک موج صفحه‌ای ایده‌آل در جهت‌های متناوب بدون اعمال ابیراهی‌های جبهه موج میان مسیره‌های گذر از نمونه عبور داده می‌شود (فرض بر این است که عدسی‌ها و آینه‌های درون سیستم نوری قادر به جبران ابیراهی یکدیگر هستند). برای هر دو نمونه‌های پروتئینی و گرافنی به اندازه 0.1 \AA پخش حرارتی بر پتانسیل‌های اتمی اعمال شده‌است. این امر برای نمونه گرافن با ۳۲ پیکربندی فونون منجمد و برای نمونه‌های پروتئینی از طریق اعمال درهم پیچش گاوسی بر پتانسیل‌های اتمی انجام می‌پذیرد. حداکثر زاویه پراکندگی مجاز بین هر فرایند گذر تعیین شده توسط تابع قطع روزنه برای نمونه‌های پروتئینی و گرافنی به ترتیب برابر است با 20 mrad و 50 mrad . از طریق حذف بخشی از موج الکترونی هر یک از فرایندهای گذر، با فرض دسترس پذیر بودن قابلیت حذف موثر الکترون‌های در بر گیرنده افت‌های غیرالاستیک بالا ($> 5 \text{ eV}$) در هر فرایند گذر با استفاده از پشته نوری، می‌توان افت‌های غیرالاستیک را نیز در نظر گرفت. در صورت تصویربرداری از گرافن با انرژی 60 keV می‌توان افت غیرالاستیک را به ازای هر فرایند گذر برابر با $1/54$ درصد در نظر گرفت (این عدد از طریق اندازه‌گیری افت‌های ثبت شده در طیف ترکیبی میکروسکوپ الکترونی عبوری/روشنی - طیف نگاری افت انرژی الکترون^{۲۰} بدست آمده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری شرکت نیون^{۲۱} واقع در موسسه سوپر استم^{۲۲} حاصل شده‌است). در صورت تصویربرداری از نمونه پروتئینی فرض بر این است که بخش یخ شیشه‌ای نمونه بر افت‌های غیرالاستیک غلبه می‌کند. اگر ضخامت یخ برابر با 20 nm فرض شود، آنگاه با استفاده از مراجع موجود می‌توان افت تقریبی $5/5$ درصد را به ازای هر فرایندگذر در شرایط اعمال انرژی 300 keV محاسبه کرد [۴۲]. ساختارهای پروتئینی از بانک داده‌های پروتئینی استخراج شده‌اند پروتئین مورد نظر مدل پیوسته یخ شیشه‌ای ارائه شده توسط شانگ^{۲۳} و سیگورث^{۲۴} [۴۵] با استفاده از یکپارچه‌سازی سه بعدی بکار برده شده‌است. سرانجام فرض بر این گذاشته

$$T(\alpha_0) = |t(\alpha_0)|^2 = e^{-S/\lambda_f(\alpha_0)}$$

که در آن: S : نماینده ضخامت محلی نمونه و λ_f : نماینده طول پویس آزاد میانگین بین هر رویداد پراکندگی که منجر به وقوع افت می‌شود، است.

به دلیل آشکار نشدن الکترون‌های پراکنده شده در زاویه‌های بالاتر، λ_f به α_0 (روزنه عدسی شیئی) وابسته است. نمونه در میکروسکوپ الکترونی عبوری به‌طور معمول روی فیلم محافظ یا درون محیطی همگن (به‌عنوان مثال، درون آب منجمد شیشه‌ای برای میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو) قرار می‌گیرد. ضریب انتقال/عبور نمونه T_S و محیط یا فیلم پس‌زمینه T_B را می‌توان مطابق با فرمول شماره (۱) محاسبه کرد. اگر فرض بر وجود آشکارسازی الکترون محدود به نویز ضربه‌ای باشد، آنگاه SNR میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری کنتراست پراکندگی را می‌توان از فرمول ذیل بدست آورد:

$$SNR_m = \sqrt{N_0} \frac{|T_S^m - T_B^m|}{\sqrt{T_S^m + T_B^m}}$$

عبور دادن الکترون ورودی به اندازه تعداد دفعات معین از نمونه منجر به افزایش میزان کل دوز قابل تحمل توسط نمونه مورد نظر می‌شود. در نتیجه، دوز چند گذری موثر به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$D_{\text{eff}} = \frac{eN_0}{\delta^2} \sum_{i=1}^m T_S^{i-1} = \frac{eN_0}{\delta^2} \frac{1 - T_S^m}{1 - T_S}$$

در ازای $1 \rightarrow T_S$ ، $D = m \frac{eN_0}{\delta^2}$ بدست خواهد آمد. در صورت $m=1$ معادله‌های ذکر شده نتایج مورد نیاز برای یک گذر را ارائه می‌دهند. به‌منظور تعیین یک ویژگی با $SNR = SNR_0$ و اعمال دوز موثر معین $D_{\text{eff}} = D_{\text{eff},0}$ ، اندازه ویژگی مذکور باید برابر با:

$$\delta_m = \frac{SNR_0 \sqrt{e} \sqrt{T_S^m + T_B^m}}{\sqrt{D_{\text{eff},0}} |T_S^m - T_B^m| \sqrt{\frac{1 - T_S^m}{1 - T_S}}}$$

باشد. از این طریق می‌توان DLR چند گذری را تعیین کرد. مقیاس δ_m برای نمونه‌هایی با قابلیت عبوردهی فوق‌العاده الکترون‌ها ($T_S \rightarrow 1, T_B \rightarrow 1$) برابر با $1/\sqrt{m}$ است. تصویر با تفکیک‌پذیری ثابت را می‌توان در دوز موثر m مرتبه کمتر نیز تهیه کرد (بدین معنی که آسیب، m مرتبه کمتر خواهد بود).

SNR و DLR در میکروسکوپ الکترونی عبوری چندگذری با حالت میدان تاریک:

در روش‌های تصویربرداری حالت میدان تاریک پرتوی پراشیده نشده مسدود می‌شود و سیگنال مورد نظر برای یک

یکدیگر استفاده کرد [۴۶]. زمان‌های ذخیره‌سازی طولانی و اندازه‌گیری‌های پیشرفته حفره درون تله‌های ذرات شارژ شده و حلقه‌های انبارش نمایش داده شده‌اند [۴۷ و ۴۸]. دستیابی به تزویج ورودی و خروجی پرتوی ذرات شارژ شده از طریق بکارگیری الکترودهای ورودی و خروجی پالسی و فرایند قطع سریع پرتو امکان‌پذیر است [۴۹]. طرح بهینه تجاری برای میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری هم اکنون در دست بررسی است. اثبات مفهومی شبیه‌سازی‌های مذکور در شرایط طراحی تمام الکترواستاتیک میدان کامل با استفاده از آینه تترود برای اصلاح ابیراهی‌های به وقوع پیوسته با عدسی شیئی، تصویربردای مجدد با انرژی ۱۰ KeV تا ۴ nm را امکان‌پذیر می‌داند.

شد که یک صفحه فازی ایده‌آل (با جابجایی فاز $-\pi/2$ برای پرتو مرکزی پراکنده نشده) درست پس از خروج موج تخت الکترونی از حفره نوری با استفاده از فرایند تزویج بر آن اعمال می‌شود (طرح نزدیک به ایده‌آل صفحه فازی به صورت آزمایشی در مرجع ارائه شده است [۱۰]).

مهندسی و طراحی تجهیزات میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری

فناوری تولید قطعات و تجهیزات مورد نیاز برای ساختن میکروسکوپ الکترونی عبوری چند گذری به سرعت در حال پیشرفت است. از عدسی‌ها و آینه‌های بدون افت بکار رفته در این نوع میکروسکوپ می‌توان برای اصلاح ابیراهی‌های

پی‌نوشت

۱. لیسانس الکترونیک، کارشناس آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری دانشگاه شیراز، عضو کارگروه تخصصی میکروسکوپ الکترونی عبوری شبکه آزمایشگاهی

2. Feynman

3. Dose Limited Resolution (DLR)

4. Shot-Noise

5. Transmission Electron Microscope (TEM)

6. entangled

7. bosonic

8. photons

9. fermions

10. Multi-Pass Transmission Electron Microscope

11. Aberration

12. Signal to Noise Ratio

13. Aperture

14. Oligomerization Domain P4222 (MARV VP35, PDB ID: 5TOI)

15. Poissonian noise

16. Lensing

17. Phase Wrapping

18. Kirkland

19. MATLAB

20. STEM-EELS

21. NION

22. SuperSTEM

23. Shang

24. Sigworth

مراجع

[1] Thomas Juffmann, Stewart A. Koppell, Brannon B. Klopfer, Colin Ophus, Robert M. Glaeser & Mark A. Kasevich, Multi-pass transmission electron microscopy, Scientific Reports volume 7, Article number: 1699 (2017)

چکیده

در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه مواد پرکننده‌ی ستون‌های کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا^۱ بدست آمده است. از جمله این پیشرفت‌ها می‌توان به استفاده از ذرات بسیار کوچک متخلخل (قطر کمتر از $2\mu\text{m}$)، نوع جدید ذرات لایه‌دار و یا متخلخل سطحی و نسل دوم ستون‌های مونولیتیک سیلیکا با کارایی بالا اشاره نمود. در این مقاله به برخی از این پیشرفت‌ها به همراه کاربرد آن‌ها در آنالیز مولکول‌های کوچک اشاره شده است.

مقدمه

اگر چه به نظر می‌رسد روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا به تکامل رسیده است، اما پیشرفت‌های جدید همچنان ادامه دارند. توسعه انواع مختلف مواد پرکننده، شیمی فاز ساکن و ساخت ستون و تغییر شکل آن‌ها همچنان انجام می‌شود. امروزه کاربران دستگاه درک بهتری از مزایا و محدودیت‌های مواد پر پایه سیلیکا دارند و از این ستون‌ها در شرایطی که منجر به کاهش طول عمر و یا کاهش کارایی آن‌ها می‌شود، استفاده نمی‌کنند. علاوه بر این، با پیشرفت‌های به وجود آمده در فازهای جدید، محدوده استفاده از pH، هم در مقدار بالا و هم در مقدار پایین، بیشتر شده است و تنوع بیشتری در نوع ستون‌ها فراهم آمده و طول عمر ستون نیز افزایش یافته است. در قسمت اول این مقاله به جای پرداختن به همه زمینه‌ها، پیشرفت‌های پرکننده‌ها در چند محدوده کلیدی (ذرات بسیار کوچک، ذرات هسته-پوسته و ستون‌های مونولیتیک) مورد بررسی قرار گرفته است. در قسمت دوم مقاله به دیگر موارد پرداخته خواهد شد.

نویسندگان

مریم یوسفی^{۱*}محمود نادری^۲

*m.yousefi@avicenna.ac.ir

پیشرفت‌های اخیر در مواد پرکننده‌ی ستون در کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

(قسمت اول)

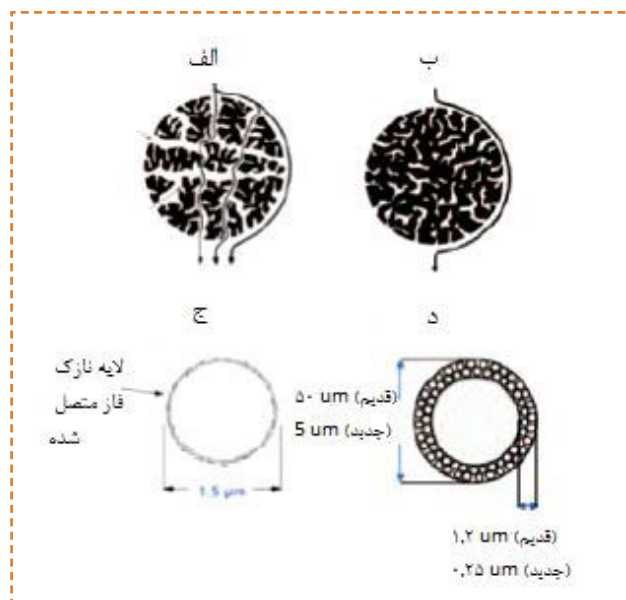
واژه‌های کلیدی

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، پرکننده‌های ستون، ذرات هسته-پوسته، ستون‌های مونولیتیک.

پیشرفت‌های پرکننده‌های متخلخل

■ ذرات بسیار کوچک

اولین مواد پرکننده کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا ذراتی بودند که در آن‌ها روی یک ذره غیرقابل نفوذ، لایه متخلخلی با قطر $50-40\text{ }\mu\text{m}$ پوشش داده شده بود (شکل ۱-د). پرکننده‌های کاملاً متخلخل (شکل ۱-ب) در میان دیگر اشکال متداول‌تر بودند. ذراتی که سطح آن‌ها متخلخل بود از ذرات کاملاً متخلخل بزرگ (با قطر $100\text{ }\mu\text{m}$) کارآمدتر بودند اما به دلیل مساحت سطح پایین‌تر آن‌ها، ظرفیت نمونه کم‌تری داشتند. در اوایل دهه ۱۹۷۰ هم‌زمان با عرضه سیلیکاهای با قطر کم‌تر از $10\text{ }\mu\text{m}$ به بازار، ذرات متخلخل کوچک نیز ساخته شد و به تدریج جایگزین ذرات متخلخل بزرگ‌تر و ذرات با سطح متخلخل شد [۱]. ذرات بی‌شکل در طی دهه هفتاد تا زمانی که ذرات کروی ساخته شوند، متداول‌تر بودند. ذرات کروی بسیار هم‌وزن‌تر از ذرات بی‌شکل درون ستون پر می‌شوند و کارایی بالاتری را فراهم می‌کنند. ذرات سیلیکای نوع B که مقدار فلزات در آن‌ها بسیار اندک بود در اوایل دهه ۱۹۹۰ بر بقیه ذرات غلبه پیدا کردند و امروزه هم متداول‌ترین ذرات پرکننده، سیلیکاهایی با خلوص بسیار بالا هستند. وجود فلزات در ذرات سیلیکای نوع A باعث برهم‌کنش با برخی مواد شده و روی اسیدیته و سیلانول‌های باقیمانده تأثیر می‌گذارند [۲].



شکل ۱: نمایی از انواع مختلف ذره شامل (الف) پر فیوژن، (ب) کاملاً متخلخل، (ج) غیر متخلخل و (د) به‌طور سطحی متخلخل [۱].

متخلخل، مواد حل‌شونده از فاز متحرک بیرونی به فاز متحرک درون حفرات انتقال می‌یابند تا با فاز ساکن برهم‌کنش کنند. به دنبال این برهم‌کنش، مولکول‌های حل‌شونده باید از ذرات خارج شوند و به سفر خود درون ستون ادامه دهند. چنین انتقال جرمی هزاران یا حتی میلیون‌ها بار رخ می‌دهد تا زمانی که جداسازی انجام و حل‌شونده از ستون خارج شود. از آنجا که حل‌شونده زمان خود را درون حفرات می‌گذراند، فاز متحرکی که حل‌شونده را در خود دارد رو به پایین ستون و جلوتر از حل‌شونده حرکت می‌کند. سرعت آهسته انتقال جرم به درون و بیرون حفرات، منبع عمده پهن شدن باند در HPLC است. استفاده از ذرات کوچک‌تر طول مسیر را برای فرایند نفوذ به درون و بیرون حفرات کوتاه‌تر می‌کند و انتقال جرم را بهبود بخشیده و کارایی را افزایش می‌دهد. امروزه، سازندگان ستون‌ها، قطر ذرات را کاهش داده و توزیع اندازه ذره را هم به قطر متوسط $1/5\text{ }\mu\text{m}$ کاهش داده‌اند. البته همچنان ذرات $3-3/5\text{ }\mu\text{m}$ و $5\text{ }\mu\text{m}$ متداول هستند. البته این کاهش اندازه ذرات باعث کاهش نفوذپذیری در ستون و افزایش فشار برگشتی نیز می‌شود. پمپ‌های مدرن موجب افزایش فشار شده و می‌توانند سرعت جریان‌های متداول (به‌عنوان مثال، $1-3\text{ mL/min}$) برای حلال‌های معمولی چون آب، متانول، استونیتریل، هگزان و غیره را ایجاد کنند.

کارآمدی ستون و ارتفاع بشقابک تئوری^۵ متناسب با قطره ذره و جداسازی هم متناسب با $N^{1/2}$ است. بنابراین، اگر از ذرات کوچک‌تر در ستون‌های کوتاه‌تر با قطر یکسان استفاده شود، جداسازی به حدی که کارایی افزایش می‌یابد، افت نمی‌کند. رویکردی که امروزه در HPLC برای جداسازی استفاده می‌شود، استفاده از ستون‌های کوتاه‌تر با اندازه‌های کوچک‌تر (قطر ذرات $1/5-1/9\text{ }\mu\text{m}$ و $3-3/5\text{ }\mu\text{m}$ و طول $50-20\text{ mm}$ و قطر درونی ستون $4/6\text{ mm}$) به جای ستون‌های بلندتر با ذرات بزرگ‌تر (قطر ذره $5\text{ }\mu\text{m}$ ، در ستون‌هایی به طول $250-150\text{ mm}$ و قطر داخلی ستون $4/6\text{ mm}$) است. از آنجایی که زمان جداسازی متناسب با طول است، کوتاه کردن ستون منجر به جداسازی‌های سریع‌تر می‌شود [۳].

■ ذرات هسته-پوسته^۵

تولید این نوع ذرات، امروزه در میان سازندگان ذرات با وجود تفاوت در جزئیات روش‌های تهیه، متداول شده‌است. دو روش کلی در شکل (۲) نشان داده شده‌است [۴].

فرایند لایه به لایه شامل افزودن یک پلیمر کاتیونی به هسته سیلیکای جامد (فرایند استوبر) در pH بالا است به‌گونه‌ای که سیلانول‌ها دارای بار منفی شده‌اند. پس از حذف مواد اضافی، یک سوسپانسیون از نانوذرات سیلیکا با اندازه $16-10\text{ nm}$ افزوده و فرایند چندین بار تکرار می‌شود تا ضخامت مورد نظر حاصل شود. روش جایگزین، استفاده از یک پلیمر به‌عنوان هسته است که در آن لایه‌های مختلفی از ذرات So1^y را جذب می‌کند، به صورتی که در هر بار $10-5$ لایه، به لایه‌های متخلخل اضافه شود. این فرایند همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود به یک فرایند یک مرحله‌ای تبدیل شده‌است.

برای درک بهتر راه‌های مختلف بهبود کارایی ستون، ابتدا بحث مختصری در مورد مورفولوژی مواد پرکننده متخلخل مانند سیلیکا یا آلومینا خواهیم داشت. حفره‌های پراکنده در ذرات پرکننده متخلخل بسیار زیاد هستند (شکل ۱-ب) و در قسمت عمده مساحت سطح ذرات، این حفرات وجود دارند. کاهش اندازه ذره هم انتقال جرم درون ذرات و هم انتقال جرم بین ذرات را افزایش می‌دهد. در یک ذره

سطح این مواد، حفرات بسیار کوچکی با قطر کم‌تر از ۲nm دارد، اما تخلخل بالای آن‌ها، امکان جداسازی پروتئین‌های بزرگ را به علت فضای میان سطوح نانوسفرها می‌دهد. یک ستون هسته - پوسته که ۲/۷ μm قطر دارد، کارایی معادل یک ستون متخلخل زیر ۲ μm داشته و نصف فشار برگشتی آن را داراست. این مسئله ممکن است کمی مبهم به نظر برسد؛ اما دلیل این امر آن است که تخلخل ستون روی فشار برگشتی اثر ندارد. به دلیل اینکه حفرات به قدری کوچک هستند که امکان عبور حلال از میان آن‌ها وجود ندارد و جریان حلال اصولاً فقط در اطراف ذرات انجام می‌شود. بنابراین ستون‌های لایه‌ای و متخلخل با قطر یکسان، فشار برگشتی یکسانی تولید می‌کنند. فشار برگشتی پایین‌تر ذرات لایه‌ای ۲/۷ μm صرفاً به علت قطر ذرات بزرگ‌تر آن است. در ستون‌های لایه‌ای، ارتفاع بشقابک تئوری (۱/۵ - ۱/۲) در مقایسه با ستون‌های با ذرات متخلخل (۲/۱ - ۱/۹) کم‌تر است.

این کارایی بالاتر به چند دلیل رخ می‌دهد:

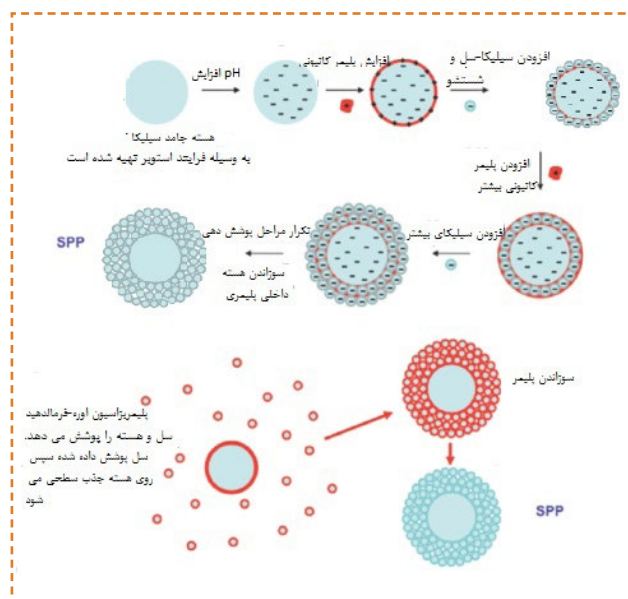
۱. توزیع اندازه ذره کوچک‌تر ذرات لایه‌ای (۵ درصد rsd^۹ در برابر ۲۰ درصد rsd برای ذرات متخلخل)
 ۲. پرشدگی بهتر ستون‌های ذرات لایه‌ای (کاهش عبارت A در معادله ون دیمتر)
 ۳. ستون‌های لایه‌ای مشکلات کم‌تری در رابطه با گرمای ایجاد شده به علت اصطکاک دارند. زیرا هسته جامد، رسانایی گرمایی بیشتری در مقایسه با فاز متحرک که وارد حفرات ستون‌های متخلخل می‌شود، دارد.
- تمامی موارد ذکر شده امکان استفاده از ستون‌هایی با قطر داخلی ۴/۶ mm و ذرات لایه‌ای ۲/۵ μm به جای ستون‌های با قطر داخلی ۲/۱ mm و ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرون را می‌دهد.

■ ستون‌های مونولیتیک

طی سال‌های گذشته کارخانه‌های دارویی زیادی در بخش شیمی ترکیبی^{۱۰} تحقیق می‌کنند و در روند تحقیقاتی برای یافتن موثرترین داروها، باید طیف بسیار وسیعی از آنالیزها با سرعت انجام شوند. در بسیاری موارد، نتایج منجر به تولید و سنتز هزاران ترکیب در ماه می‌شود. هر کدام از مخلوط این ترکیبات باید برای پیدا کردن ترکیب مورد نظر جداسازی و بررسی شوند. برای هر آنالیز، زمان استاندارد ۲۰-۱۵ دقیقه بوده و هنگامی که تعداد نمونه‌ها بسیار زیاد باشد، بسیار وقت‌گیر است. به همین دلیل، ستون‌ها باید مقاوم باشند چرا که بسیاری از آزمایشگاه‌ها ۲۴ ساعته برای آنالیز این ترکیبات کار می‌کنند.

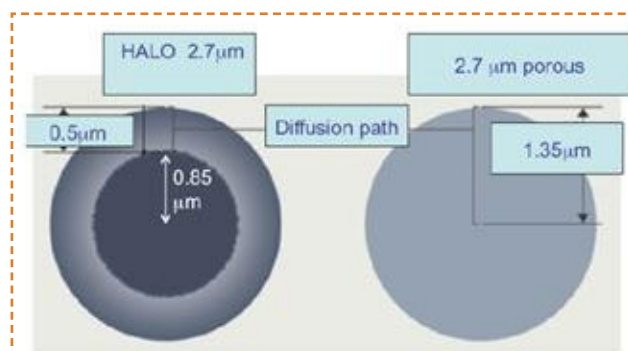
ظهور دستگاه‌های HPLC جدید و کارآمد و طیف‌سنج‌های جرمی برای آشکارسازی، باعث تحقیق در مورد فازهای ساکن مناسب برای این دستگاه‌ها شده‌است. یکی از ستون‌های مناسب برای جداسازی، ستون‌های مونولیتیک هستند.

منحنی ون دیمتر که ارتفاع بشقابک تئوری (H) بر حسب سرعت خطی فاز متحرک (u) است، بیشتر برای ارزیابی کارایی ستون مورد



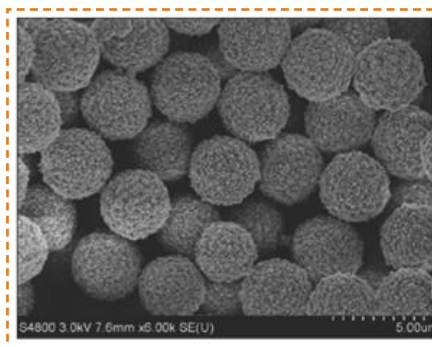
شکل ۲: (بالا) فرایند لایه به لایه و (پایین) فرایند Coacervation که تجمعات کروی قطرات کلونیدی با نیروهای هیدروفوبیک در کنار هم نگه داشته می‌شوند [۲].

در هر روش، پلیمر در انتها با سوزاندن حذف و ذرات برای بهبود خواص مکانیکی شان سخت می‌شوند. شکل (۳) ابعاد این ذرات متخلخل سطحی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: ابعاد ذرات متخلخل سطحی [۲].

روش دیگر برای سنتز تک ظرف، روش کره روی کره^۸ است که در آن میکروسفرهای سیلیکا با یک تک لایه از نانوسفرها پوشانده می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴: میکروگراف اسکن الکترونی ذرات کره روی کره [۲].

هر دو نوع ستون‌های مونولیتیک سیلیکایی و ستون‌های HPLC ذره‌ای بر پایه سیلیکا و بر پایه پلیمر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ایده این ستون‌ها برای نخستین بار، ۳۰ سال گذشته معرفی شدند [۵]. این ستون‌ها به صورت یک فوم صلب که حفرات به هم پیوسته آن یک شبکه را تشکیل می‌دهد، درون ستون هستند و فاز متحرک از میان آن‌ها عبور می‌کند.

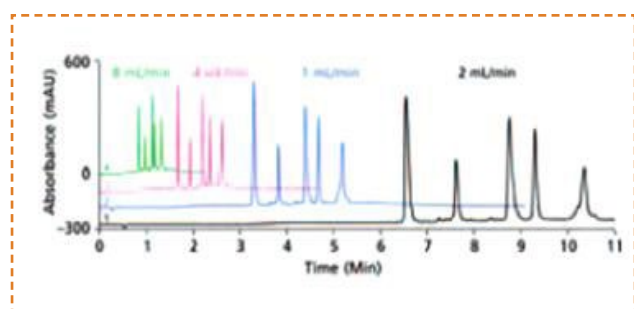
در این بخش بیشتر بر ستون‌های مونولیتیک بر پایه سیلیکا تأکید می‌شود. مونولیت‌های آلی به صورت عمده در آنالیز مولکول‌های زیستی بزرگ موفقیت داشته‌اند تا جداسازی مولکول‌های کوچک. سیلیکاهای مونولیتیک در دهه ۱۹۹۰ توسعه یافته و در سال ۲۰۰۰ تولید آن‌ها تجاری‌سازی شد. اولین ستون سیلیکایی مونولیتیک با PEEK^{۱۱} و کرومولیت^{۱۲} (قطر داخلی ۴/۶ mm و طول ۱۰ cm) پر شد و کارایی معادل یک ستون با اندازه ذره ۳/۵-۴ μm را داشت. اما افت فشار (یا نفوذپذیری آن) معادل یک ستون پر شده با ذراتی با اندازه ۷-۸ μm بود. این ستون‌ها از طریق پلیمریزاسیون هیدرولیتیک، تترامتوکسی سیلان در استیک اسید آبی در حضور پلی اتیلن گلیکول^{۱۳} تهیه شدند. حفره‌های مزوپور در ساختار ستون از طریق افزودن آمونیاک آبی ایجاد می‌شوند. اولین نسل ستون سیلیکایی مونولیتیک (میله‌ای و موئین)، حفره‌های ۲-۸ μm داشتند که برای ایجاد کارایی بسیار بزرگ بود.

به طور کلی می‌توان دو ویژگی عمده برای ستون‌های سیلیکایی مونولیتیک ذکر نمود:

۱. ستون‌های سیلیکایی مونولیتیک کارایی معادل ذرات سیلیکایی ۳-۵ μm را دارند و افت فشار آن‌ها ۴۰-۵۰ درصد کمتر از ذرات سیلیکایی با اندازه ۵ μm است. به همین علت این ستون‌ها را می‌توان به روش سریالی به هم متصل نمود تا تعداد صفحات بیشتری برای جداسازی‌های دشوار به دست آورد.

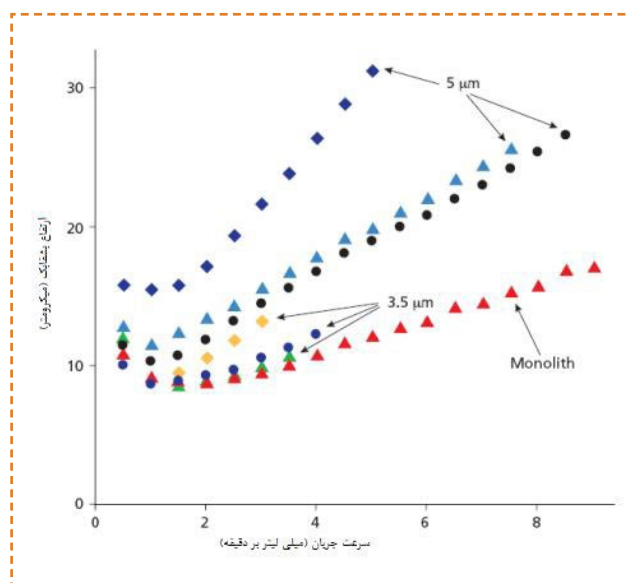
۲. برای به دست آوردن جداسازی‌هایی با راندمان بالا، این ستون‌ها با سرعت جریان بسیار آهسته‌تر از ستون‌های متناظر خود (در حدود ۳-۵ mL/min) کار می‌کنند.

ستون‌های مونولیت پلیمری، پلیمرهای مونولیتی متخلخل اتصال عرضی شده هستند که می‌توان آن‌ها را به صورت دیسک و یا تیوبی شکل در آورد و به دستگاه HPLC وصل نمود. در شکل (۷) می‌توان جداسازی سریع چندین پروتئین را در سرعت‌های بالا مشاهده نمود. ساختار متخلخل پروتئین، امکان نفوذ سریع پروتئین‌ها را می‌دهد.



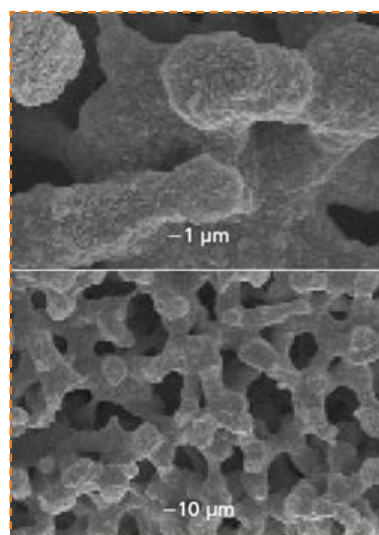
شکل ۷: جداسازی سریع پروتئین‌ها روی ستون مونولیتیک پلیمری. ستون ۴/۶ mm × ۵۰ cm [۱].

استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین، منحنی مذکور نشان می‌دهد که ستون‌های مونولیتیک، کارایی بسیار بیشتری از ستون‌های معمول با قطر ۵ μm دارند. کارایی آن‌ها معادل ستون‌هایی با مواد پرکننده با قطر ۳/۵ μm است و مزیت آشکار آن‌ها این است که سرعت جریان‌هایی به بزرگی ۹ mL/min برای آن‌ها قابل استفاده است (شکل ۵).



شکل ۵: منحنی H بر F برای ستون‌های مونولیتیک سیلیکایی Chromolith و ستون‌های HPLC ذره‌ای [۳].

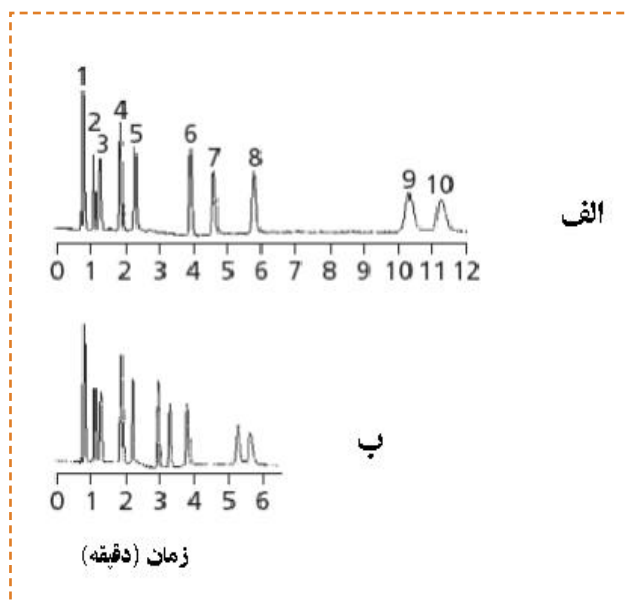
در شکل (۶) نمایی از ساختار ستون مونولیتیک سیلیکایی با حفرات مزوپور (قطر حدود ۳ nm) دیده می‌شود.



شکل ۶: میکروگراف الکترونی ساختار (الف) ماکرو پوروس و (ب) مفرور پوروس ستون‌های مونولیتیک سیلیکایی میله‌ای [۳].

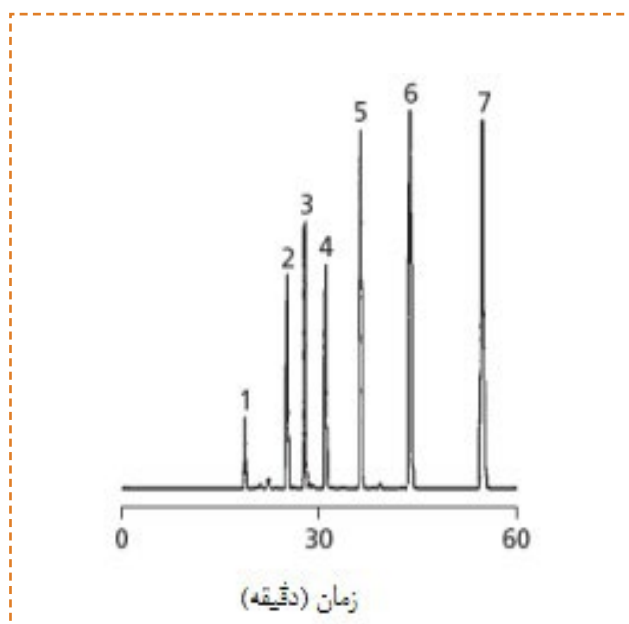
ستون‌های مونولیتیک، ستون‌هایی هستند که به جای آن که ذرات منفرد و مجزا درون ستون پر شوند، در یک فاز هموزن به شکلی پیوسته قالب‌ریزی می‌شوند (درست مانند بتون‌ریزی). ستون‌های مونولیتیک، پتانسیل بالایی از لحاظ پایداری دارند و به آسانی با هر دو جداسازی‌های آنالیتیکی و تهیه‌ای سازگار می‌شوند.

انتهای هر آزمایش به سادگی به ترکیب اولیه برگرداند (شکل ۹).



شکل ۹: جداسازی داروهای مسدود کننده β (الف) بدون و (ب) با فلوی گرایانی. ستون $100 \times 4/6$ mm chromolith [۳].

همان‌طور که گفته شد، از آنجایی که جداسازی سریع مدنظر است، ستون‌های کوتاه‌تر با ذرات کوچک‌تر امکان جداسازی سریع‌تر را ایجاد می‌کنند. درمورد نمونه‌های ترکیبات طبیعی، مانند داروهای گیاهی و نمونه‌های غذایی و نوشیدنی، با استفاده از ستون‌های مونولیتیک سریالی، می‌توان طول بیشتر و بشقابک بیشتر به‌دست آورد. شکل (۱۰) به وضوح نشان می‌دهد که ستون‌های سیلیکای مونولیتیک بزرگ‌تر از یک متر را می‌توان با نتایج قابل قبول به‌دست آورد [۶]. این طول بیشتر به دلیل فشار برگشتی کم‌تر در این ستون‌ها قابل دستیابی است.

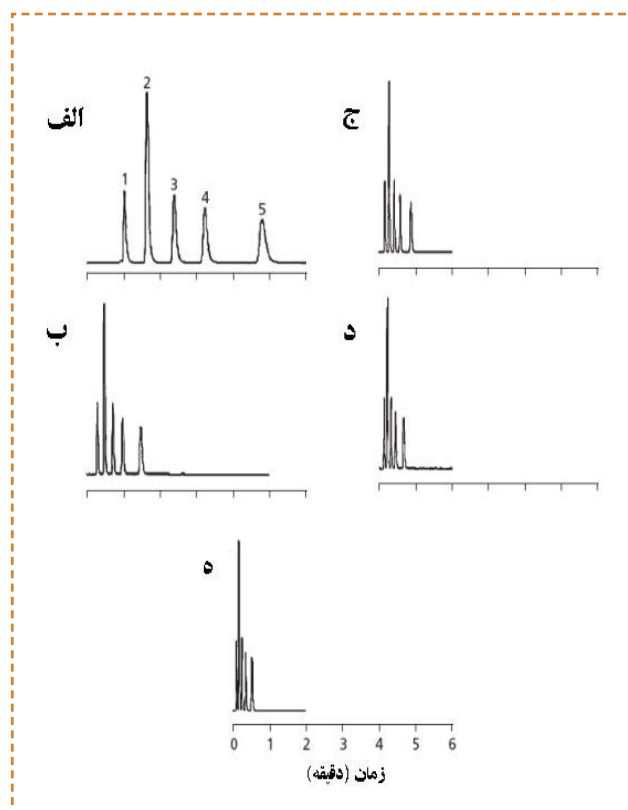


شکل ۱۰: جداسازی از طریق جفت کردن ۱۴ ستون Chromolith با ابعاد $100 \times 4/6$ mm [۳].

پلیمرهای مونولیتیک تجاری موجود به شکل‌های تبادل یونی برهم‌کنش هیدروفوبی، فاز معکوس و کروماتوگرافی میل ترکیبی وجود دارند. البته باید در نظر داشت که غشاهای عامل‌دار شده که مدت‌ها برای جداسازی مولکول‌های زیستی استفاده می‌شدند، شکلی متفاوت از ستون‌های مونولیت هستند. به‌صورت کلی، مونولیت‌های پلیمری برای جداسازی بیومولکول‌های بزرگ مناسب بوده و در واقع مکمل مونولیت‌های سیلیکا هستند و نه رقیب آن‌ها.

ستون مونولیتیک که دارای دنباله C18 بوده و انتهای آن نیز بسته شده‌است، از لحاظ گزینش‌پذیری قابل مقایسه با ستون‌های فاز معکوس هستند. مقایسه‌ای نشان می‌دهد که اگر گزینش‌پذیری ستون مونولیتیک و ستون ذره‌ای مشابه هم است، زمان بازداری به‌دست آمده در ستون مونولیتیک بسیار کوتاه‌تر است؛ بنابراین، جداسازی سریع‌تری را فراهم می‌آورد و دلیل این امر هم، انتقال جرم بهتر در ستون‌های مونولیتیک است.

به‌عنوان نمونه، پنج ترکیب در ستون معمولی با سرعت جریان ۱ mL/min در عرض ۵ دقیقه جداسازی شد و فشار برگشتی کل دستگاه ۱۳ bar بود اما همین پنج ترکیب در یک ستون مونولیتیک در عرض ۰/۵ دقیقه با فشار برگشتی ۷۲ bar و سرعت جریان ۹ mL/min جدا شدند (شکل ۸).



شکل ۸: جداسازی پنج ترکیب مسدود کننده β در سرعت جریان‌های (الف) ۱، (ب) ۳، (ج) ۵، (د) ۷ و (ه) ۹ میلی‌لیتر بر دقیقه. ستون $50 \times 4/6$ mm chromolith [۳].

برعکس ستون‌های ذره‌ای، نیازی به تعادل رساندن مجدد ستون در شستشوی گرایانی نیست، ترکیب فلو را می‌توان در

پی‌نوشت

۱. دکتری شیمی آلی، مرکز تحقیقات ریزفناوری زیستی، پژوهشکده فناوری‌های نوین علوم پزشکی جهاد دانشگاهی ابن‌سینا
۲. کارشناسا رشد شیمی آلی، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور
۳. عضو کارگروه تخصصی کروماتوگرافی شبکه آزمایشگاهی
4. High performance liquid chromatography (HPLC)
5. Height Equivalent to a Theoretical Plate (HETP)
6. Core-Shell
7. Sol Particles
8. Sphere on sphere
9. relative standard deviation
10. Combinatorial Chemistry
11. Polyether ether ketone
12. Chromolith
13. Polyethylene glycol (PEG)

نتیجه‌گیری

ستون‌های دارای ذرات کوچک که در فشارهای بالا کار می‌کنند، می‌توانند کارایی مشابه ستون‌های HPLC متداول داشته باشند و در عین حال زمان و حلال مصرفی نیز در آن‌ها کاهش می‌یابد. این دستگاه‌ها به دستگاهوری پیچیده‌تر نیاز دارند که بتوانند فشارهای بالا را هم تحمل کنند. ذرات لایه‌ای کارایی بیشتری را باعث می‌شوند و حتی می‌توان ذرات بالاتر از $2\frac{1}{2}\mu\text{m}$ در فشارهای پایین‌تر به جای ذرات $2\mu\text{m}$ که همان کارایی را دارند، استفاده نمود. از سوی دیگر، ذرات کوچک‌تر از $2\mu\text{m}$ لایه‌ای، کارایی بیشتری نسبت به ذرات کاملاً متخلخل با همان اندازه در فشار یکسان دارند. نسل اولیه ستون‌های مونولیتیک نویدبخش کارآمدی بیشتر و فشار برگشتی کمتر در مقایسه با ذرات $5\mu\text{m}$ بود که بسیار متداول هستند. اما از نظر سرعت جداسازی و کارایی، قابل رقابت با ستون‌های هسته-پوسته نیستند.

مراجع

- [1] R.E. Majors, Anal. Chem. 44, 1722 (1972).
- [2] R.K Iler, Chemistry of Silica Gel (John Wiley and Son, New York, 1979), p. 671.
- [3] J.W. Henderson and R.E. Majors, "High Throughput Separation of Xanthines by Rapid Resolution HPLC," Agilent Technologies, Application Note, Publication Number 5989-4857EN, March 2006.
- [4] W. Chen, K. Jiang, A. Mack, B. Sachok, X. Zhu, W.E. Barber, X. Wang, J. Chromatograph. A 1414, 147-157(2015).
- [5] J.H. Knox and P.A. Bristow, Chromatographia, 10, 279 (1977).
- [6] Karin Cabrera, "Mololithic vs. Particulate Silica Materials for HPLC," paper presented at the International Symposium on Chromatography, London, UK, October 2000.

Author

Maryam Yousefi^{1,3*}Mahmoud Naderi^{2,3}

f.ali.ars@gmail.com

1. Organic Chemistry Ph.D,
Nanobiotechnology Research
Center, Avicenna Research
Institute, Academic Center for
Education, Culture and Research

2. M.Sc. Organic Chemistry, Medi-
cal Plants Department, Research
Institute of Forests and Rangelands

3. Laboratory Network
Chromatography Experts
Workgroup



Recent Developments in HPLC Column Packing Materials

(Part 1)

Abstract

A number of advances have taken place in the last decade in the area of support materials for high performance liquid chromatography (HPLC). These developments have included the use of very small porous particles ($< 2.0 \mu\text{m}$ diameter), new types of superficially porous or 'shell' particles and the development of a second generation of silica monolithic columns with increased efficiency compared with earlier versions. This article will consider these developments mostly with regard to their use in the analysis of small molecules.

Keywords

High Performance Liquid
Chromatography, Packing
Materials, Core-shell particles,
Monolithic columns.

Author

Sanaz Shobikeh

researchers4u@yahoo.com

1. B.Sc. of Electronic Engineering, SHIRAZ University Transmission Electron Microscope laboratory Specialist
2. Laboratory Network (INLN), TEM Experts work group



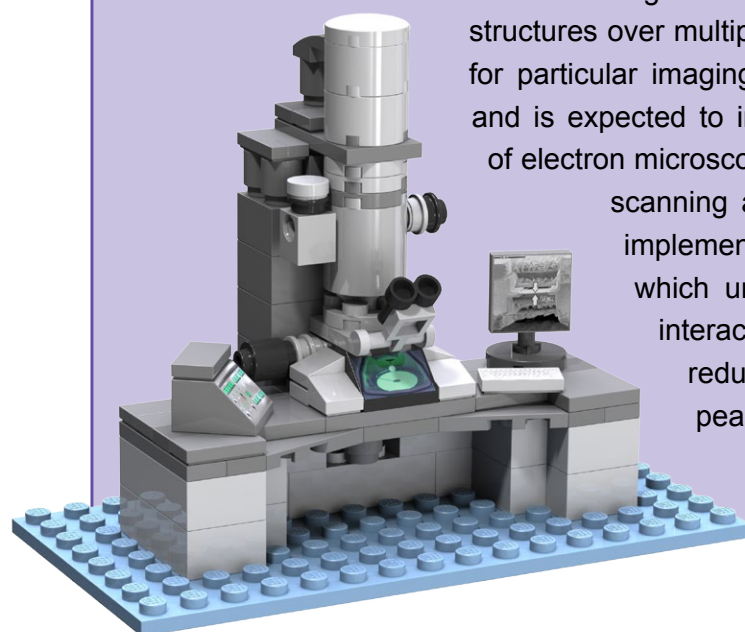
Multi-pass Transmission Electron Microscope

Abstract

Feynman once asked physicists to build better electron microscopes to be able to watch biology at work. While electron microscopes can now provide atomic resolution, electron beam induced specimen damage precludes high resolution imaging of sensitive materials, such as single proteins or polymers. Here, we use simulations to show that an electron microscope based on a simple multi-pass measurement protocol enables imaging of single proteins at reduced damage and at nanometer resolution, without averaging structures over multiple images. While we demonstrate the method for particular imaging targets, the approach is broadly applicable and is expected to improve resolution and sensitivity for a range of electron microscopy imaging modalities, including, for example, scanning and spectroscopic techniques. The approach implements a quantum mechanically optimal strategy which under idealized conditions can be considered interaction-free. In practice, an order-of-magnitude reduction in damage at equivalent resolution appears feasible.

Keywords

spatial resolution, Signal-to-noise, shot-noise, Phase Wrapping, Transmission Electron Microscope



Risk-based thinking for chemical testing



Keywords

ISO/IEC 17025, Risk-based thinking Quality management system

Author

Fariba Ali^{1,4*}

Seyed Ahmad Zahirmirdamadi^{2,4}

Maryam Banazade Amirkhiz^{3,4}

*f.ali.ars@gmail.com

1. MSc Physics, Amirkabir University of technology
2. MSc governmental management, quality management of MERC (Material and Energy Research Center)
3. MSc clinical Biochemistry, Tabriz University of medical science
4. Laboratory Network Standard and Calibration Experts Workgroup

Abstract

As a result of the changes to the ISO 9001 in 2015, integration of risk-based thinking into the quality management system is going to be a new requirement in ISO/IEC 17025. Though the concept of risk should not be new to the testing laboratories as it has been implicit in the previous editions of ISO 9001 and ISO/IEC 17025 as well, there might be concern on how risk-based thinking could be introduced to their daily operations in a practical and effective way. As a means to address the concern, this paper recommends an initial process review followed by an ongoing risk management process. Besides, a number of potential risks were identified and ways to avoid them were also discussed. Furthermore, there were discussions on the implementation of the risk management process and how could the management make use of the outcome of regular assessments to explore opportunities for increasing the effectiveness of the management system, achieving improved results and preventing negative effects. Keywords ISO/IEC 17025 Risk-based thinking Quality management system.

Authors

Farzaneh Ansari

farzaneh_20031@yahoo.com

Ph.D. in Food Science, Engineering and Technology-Food Biotechnology, Institute of Standards & Industrial Research of Iran (ISIRI), Standard Research Institute (SRI), IRAN

How can we participate in the drafting of the ISO International Standard?

Abstract

International standardization activities play an important role in establishing the infrastructure of the countries by creating a single language between producers and consumers, facilitating international trade and technology transfer, developing technical industry needs, developing technical knowledge and technology capacities. The impact of these activities will be more tangible when it comes to "developing a native product standard" in each country, to see the active presence of related producers in the global markets. A concept that is nowadays, given the current state of the country, entitled "The Essential Need for the Development of the Knowledge Based Economy", and we are faced with a lack of it. The purpose of this article is to describe the tasks, activities and structure of the World Organization for Standardization and how to contribute to the development of international standards.

Usually, the drafting of an international standard from the start to the end result; requires conducting relevant research and testing, participating of industry experts, faculty members from universities, research centers, public and private organizations, trade unions, all interest groups in member countries; which it takes three years. After the hard stages of arbitration and with the majority of positive votes of the reviewing members, the results are considered as the international standard approved and endorsed and communicated to the member countries.

Due to the lack of sufficient technical knowledge and information, today, the need to address this important issue and the creation of a suitable platform for the participation of the more knowledgeable people of the country is felt more and more. In this paper, with describing the activities of the International Organization for Standardization (ISO), the process of developing international standards and participation in this activity is described.

Keywords

ISO, standardization, international organization.

Iranian Journal of

laboratory Knowledge

Volume 6 ■ Issue 1 ■ Spring 2018 ■ No.22

ISSN 2538-3450

Concessionaire: Iran Nanotechnology
Laboratory Network

Managing Editor: Reza Asadifard

Editor in Chief: Mojtaba Nasab

Executive Management: Iran Nanotechnology
laboratory network (INLN)

Article Editor: Davoud Gharailou

Authors:

Farzaneh Ansari, Fariba Ali, Maryam Banazadeh
Amirkhiz, Seyed Ahmad Zahir Mirdamadi,
Maryam Yousefi, Mahmoud Naderi

Designer : Simin Rafipour Langroudi

Editor: Zeinab Zarincheh

Iran, Tehran, Po.Box: 14565-344

www.IJLK.ir

Email : info@ijlk.ir



Iran Nanotechnology
Laboratory Network



Contents

Recent Developments in HPLC ColumnPacking Materials (Part 1)

31 <



Multi-pass Transmission Electron Microscopy

>32

Risk-based thinking for chemical testing

33 <



How can we participate in the drafting of the ISO International Standard?

>34



Recent Developments in HPLC Column Packing Materials



Risk-based thinking for
chemical testing



How can we participate in the
drafting of the ISO
International Standard?



Multi-pass Transmission
Electron Microscopy