



دانشگاه پیام نور

فیزیک لایه‌های نازک

(رشته فیزیک)

دکتر علیرضا رازقی‌زاده

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

نه	پیشگفتار
۱	فصل ۱- معرفی لایه نازک و اهمیت آن
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های رفتاری
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ تقسیم‌بندی لایه‌ها از نظر ضخامت
۳	۳-۱ تقسیم‌بندی لایه‌ها براساس رسانایی
۳	۴-۱ انواع زیرلایه
۳	۵-۱ ویژگی‌های لایه‌های نازک
۴	۶-۱ کیفیت لایه‌های نازک
۵	۷-۱ مسائل فصل اول
۷	فصل ۲- آشنایی مقدماتی با ایجاد و سنجش خلاء
۷	هدف کلی
۷	هدف‌های رفتاری
۷	۱-۲ مقدمه
۸	۲-۲ مفاهیم پایه‌ی خلاء
۱۱	۳-۲ انواع جریان‌های گازی
۱۱	۴-۲ هدایت گازها
۱۶	۵-۲ عناصر سیستم‌های خلاء
۳۷	۶-۲ مسائل فصل دوم
۴۱	فصل ۳- نحوه‌ی ساخت لایه‌های نازک
۴۱	هدف کلی
۴۱	هدف‌های رفتاری
۴۱	۱-۳ مقدمه
۴۳	۲-۳ فرآیندهای فیزیکی

۵۷	۳-۳ روش های تبخیر فیزیکی
۶۲	۴-۳ تبخیر باریکه الکترونی
۶۷	۵-۳ برآرایی باریکه ی مولکولی
۷۲	۶-۳ لایه نشانی لیزر پالسی
۷۶	۷-۳ لایه نشانی به روش کندوپاش
۸۳	۸-۳ لایه نشانی بافتی
۸۴	۹-۳ فرآیندهای لایه نشانی تبخیری شیمیایی
۸۷	۱۰-۳ آبکاری
۹۴	۱۱-۳ لایه نشانی سل-ژل
۹۶	۱۲-۳ انواع زیرلایه ها در فرایند لایه نشانی
۹۶	۱۳-۳ مسائل فصل سوم
۹۹	فصل ۴- روش های مختلف ضخامت سنجی
۹۹	هدف کلی
۹۹	هدف های رفتاری
۱۰۰	۱-۴ مقدمه
۱۰۰	۲-۴ ضخامت سنج های مکانیکی
۱۰۴	۳-۴ ضخامت سنج های الکتریکی
۱۰۷	۴-۴ ضخامت سنج های نوری
۱۱۹	۵-۴ ضخامت سنجی بر اساس تابع کار
۱۲۰	۶-۴ مسائل فصل چهارم
۱۲۳	فصل ۵- فرآیند شکل گیری لایه نازک
۱۲۳	هدف کلی
۱۲۳	هدف های رفتاری
۱۲۳	۱-۵ مقدمه
۱۲۴	۲-۵ مراحل شکل گیری لایه
۱۲۸	۳-۵ انواع شکل گیری لایه
۱۳۰	۴-۵ تحلیل ریاضی مراحل رشد لایه ها بر اساس نظریه های رشد
۱۳۴	۵-۵ مسائل فصل پنجم
۱۳۷	فصل ۶- شناخت لایه ی نازک
۱۳۷	هدف کلی
۱۳۷	هدف های رفتاری
۱۳۷	۱-۶ مقدمه
۱۳۸	۲-۶ میکروسکوپ های الکترونی و یونی برای شناخت لایه های نازک
۱۴۴	۳-۶ میکروسکوپ های پروبی- روبشی برای شناخت لایه های نازک
۱۵۴	۴-۶ بررسی ساختار لایه نازک با پراش پرتو x
۱۵۶	۵-۶ بررسی ساختار لایه نازک بر اساس پراش الکترونی

۱۶۳	۶-۶ بررسی سطح لایه با استفاده از باریکه یونی
۱۶۴	۶-۷ بررسی سطح لایه بر اساس پرتوهای نوری
۱۶۴	۶-۸ مسائل فصل ششم
۱۶۷	فصل ۷- بررسی خواص لایه نازک
۱۶۷	هدف کلی
۱۶۷	هدف‌های رفتاری
۱۶۷	۷-۱ مقدمه
۱۶۸	۷-۲ ویژگی‌های مکانیکی لایه‌های نازک
۱۸۱	۷-۳ بررسی خواص الکتریکی و مغناطیسی لایه‌های نازک
۱۹۲	۷-۴ بررسی خواص نوری لایه‌های نازک
۲۰۴	۷-۵ مسائل فصل هفتم
۲۰۹	فصل ۸- کاربردهای لایه‌های نازک
۲۰۹	هدف کلی
۲۰۹	هدف‌های رفتاری
۲۱۰	۸-۱ مقدمه
۲۱۰	۸-۲ کاربردهای مکانیکی لایه‌های نازک
۲۱۱	۸-۳ کاربردهای الکتریکی و مغناطیسی
۲۱۴	۸-۴ کاربردهای نوری لایه‌های نازک
۲۱۸	۸-۵ مسائل فصل هشتم
۲۲۱	واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی
۲۲۴	واژه نامه‌ی انگلیسی به فارسی
۲۲۷	مراجع

پیشگفتار

فن‌آوری لایه‌های نازک، قدمتی چند هزار ساله دارد و امروزه نیز یکی از پیچیده‌ترین شاخه‌های علمی و فنی را به خود اختصاص داده است. هنر قدیمی چکش‌کاری طلا در چهار هزار سال پیش برای تولید ورقه‌های بسیار نازک به کار می‌رفت. با این شیوه، لایه‌های زیبا و پایدار در برابر فرآیندهای شیمیایی تولید می‌شد که کاربردهای فراوانی به همراه داشت. شاید مصریان نخستین مردمانی باشند که به هنر مطلا نمودن مجسمه‌ها، تاج‌ها، کتاب‌های خطی و غیره دست یافته‌اند. همچنین در گذشته سال‌های متمادی لایه‌نشانی جیوه بر روی قطعه‌های مسی انجام شده است. اما امروزه کاربرد لایه‌نشانی در صنایع، موضوع پژوهشی بسیار توسعه یافته‌ای است به گونه‌ای که بخش بزرگ پیشرفت در زندگی مدرن را مدیون توسعه‌ی صنعت لایه‌نشانی می‌دانند.

بی‌شک رشد چشم‌گیر ارتباطات، پردازش اطلاعات، ذخیره‌سازی، صفحه‌های نمایش و بسیاری صنایع تزئینی، ابزارآلات نوری، مواد سخت و عایق‌ها نتیجه‌ی تولید لایه‌های نازک بر اساس فن‌آوری‌های نوین می‌باشد. در ساخت لایه‌های نازک نیز سال‌های اخیر تحولات وسیعی صورت گرفته است که خود ناشی از پیشرفت در فن‌آوری خلاء، تولید میکروسکوپ‌های الکترونی و ساخت وسایل دقیق و پیچیده‌ی شناسایی مواد است.

اثری که پیش رو دارید برگرفته از یادداشت‌های درس فیزیک لایه‌های نازک می‌باشد که طی چندین دوره برای دانشجویان کارشناسی رشته‌ی فیزیک ارائه نموده‌ام. لذا ضرورت وجود یک کتاب احساس می‌شد و همین امر باعث شد تا به تألیف کتاب فیزیک لایه‌های نازک مبادرت ورزم. این کتاب برابر برنامه‌ی درسی فیزیک لایه‌های نازک شورای عالی برنامه‌ریزی درسی و به منظور گذراندن سه واحد درسی دوره‌ی کارشناسی به رشته‌ی تحریر درآمده است و دروس پیش‌نیاز آن، درس علم مواد یا درس فیزیک حالت جامد می‌باشد.

هدف اصلی کتاب ارائه و گسترش مفاهیم، ساخت و کاربردهای لایه‌های نازک می‌باشد اما همواره یک خط اصلی تعقیب شده است و آن ارائه‌ی مطالب متنوع فراوان به دور از مباحث و فرمول‌های پیچیده‌ی ریاضی می‌باشد. امید است که این کار راه آشنایی و علاقه‌مندی پویندگان راه علم و دانش به موضوع فیزیک لایه‌های نازک را هموار کرده باشد.

ضمن سپاس به درگاه ایزد منان به حکم اخلاق و ادب وظیفه‌ی خود می‌دانم از همکاران بزرگوار و خانواده‌ی عزیزم که در تهیه این اثر به نحوی مرا یاری نموده‌اند و همچنین از جناب آقای دکتر احمد حسن‌پور به خاطر ویرایش علمی و راهنمایی‌های در خور تحسین و سرکار خانم جوادی‌پور که در تایپ و تهیه‌ی برخی تصاویر و سرکار خانم زینب حیدری عراقی که در صفحه‌آرایی آن همکاری داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

از آن جا که، "هر چیزی در جهان بر جای نیست جمله در تغییر و سیر سرمدی است" با توجه به تحولات و پیشرفت سریع فن‌آوری لایه‌های نازک توصیه‌های اساتید و اصحاب علم و اندیشه را در خصوص موضوعات جدید و رفع نواقص به دیده‌ی منت پذیرا هستم. همچنین تلاش بسیاری شده است تا کتاب حاضر عاری از خطا و اشکال باشد اما یقیناً خطاهایی به همراه دارد. لذا دست همه‌ی اساتید ارجمند و دانشجویان گرامی را به گرمی فشرده و استدعا دارد اشکالات کتاب را برای اینجانب ارسال فرمایند.

علیرضا رازقی‌زاده

استادیار دانشگاه پیام‌نور

پست الکترونیک: Razeghizadeh@Pnu.ac.ir

فصل اول

معرفی لایه‌ی نازک و اهمیت آن

هدف کلی

تعریفی ساده و مختصر از لایه نازک و برخی خصوصیت‌های فیزیکی آن ارائه می‌شود. که پیش‌زمینه‌ی مطالب ارائه شده در فصول بعد می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

- دانشجو پس از مطالعه‌ی این فصل باید،
۱. با تعریف لایه و زیرلایه آشنا شود.
 ۲. با ایجاد خواص فیزیکی جدید در اثر اتصال دو سطح تماس، آشنا شود.
 ۳. با تقسیم‌بندی لایه‌ها از نظر ضخامت آشنا شود.
 ۴. بتواند ویژگی ایجاد شده در اثر نازکی و بزرگی سطح لایه‌های نازک را توضیح دهد.
 ۵. با لایه‌ها و زیرلایه‌ها از نظر رسانایی الکتریکی آشنا شود.
 ۶. عوامل مؤثر و مباحث مربوط در رابطه با کیفیت لایه‌های نازک را بشناسد.

۱-۱ مقدمه

معمولاً در شاخه‌ی حالت جامد مواد را به صورت کپه‌ای مورد بررسی قرار می‌دهیم. هنگامی که ماده را از حالت کپه‌ای به صورت اتم‌ها، مولکول‌ها یا یون‌های مجزا در آوریم و بر روی سطح یک زیرلایه بنشانیم، پوششی ایجاد می‌شود که آن را لایه می‌نامیم. چگالش ذرات اتمی، مولکولی یا یونی برای تشکیل لایه بر روی زیرلایه به

وسیله‌ی فرآیندهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی صورت می‌گیرد. معمولاً اگر لایه‌ی تشکیل شده نازک باشد، خواص فیزیکی جدیدی را از خود بروز می‌دهد که با خواص همان لایه به صورت کپه‌ای متفاوت است. این خواص عمدتاً از فاصله‌ی بسیار کم (در حد ابعاد اتم) دو سطح لایه و زیرلایه ناشی می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان قابلیت‌های جدیدی به محصول افزود. ساختار شماتیک زیرلایه و لایه نازک نسبت به یکدیگر در شکل ۱-۱ ارائه شده است.



شکل ۱-۱ طرح‌واره‌ای از ساختار زیرلایه و لایه نازک نسبت به یکدیگر.

۲-۱ تقسیم‌بندی لایه‌ها از نظر ضخامت

لایه‌ها از نظر ضخامت به سه دسته تقسیم می‌شوند. اگر ضخامت لایه در محدوده‌ی میلی‌متر باشد، لایه‌ی ضخیم نامیده می‌شود. تا حدودی ویژگی‌ها این نوع لایه به خواص حالت کپه‌ای ماده‌ی تشکیل دهنده نزدیک است. اگر ضخامت لایه در محدوده‌ی میکرون باشد، لایه‌ی نازک نامیده می‌شود. ضخامت لایه در حدود نانومتر را لایه‌ی خیلی نازک می‌نامند.

لایه‌های نازک و خیلی نازک دو ویژگی مهم دارند. اولین ویژگی، ضخامت زیر میکرون است و هرچه به نانو نزدیک‌تر شود، ویژگی‌ها جدیدی برای لایه به وجود می‌آید. دومین ویژگی آن است که لایه‌ها می‌توانند سطوح فوق‌العاده بزرگی نسبت به ضخامت دارا باشند که این دو ویژگی سبب می‌شود، نسبت سطح به حجم لایه بزرگ شود و در نتیجه ویژگی‌هایی را ایجاد کند که در بخش‌های بعد به آن پرداخته خواهد شد.

۳-۱ تقسیم‌بندی لایه‌ها بر اساس رسانایی

لایه‌ها از نظر رسانایی به سه دسته‌ی بزرگ تقسیم می‌شوند. اولین دسته، لایه‌های رسانا می‌باشند. این نوع لایه‌ها از مواد رسانا تشکیل می‌شوند و دارای هدایت الکتریکی و گرمایی بالایی هستند.

نوع دیگر، لایه‌های نارسانا می‌باشند. این نوع لایه‌ها از مواد عایق تشکیل می‌شوند و می‌توانند عایق نازک خوبی بین لایه‌های رسانا باشند. نوع دیگر این لایه‌ها نیم‌رساناها هستند. این نوع لایه‌ها، از مواد نیم‌رسانا تشکیل می‌شوند و تحت شرایط ویژه می‌توانند عایق یا رسانای خوبی باشند. این مواد در ساخت قطعات الکترونیک و میکروالکترونیک کاربرد فراوانی دارند.

۴-۱ انواع زیرلایه

زیرلایه‌ها دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی می‌باشند. بر اساس نوع و عملکرد مورد نظر لایه نازک از زیرلایه‌ی خاصی استفاده می‌شود. موادی که به عنوان زیرلایه استفاده می‌شوند، در گستره‌ی وسیعی از فلزها، عایق‌ها و نیم‌رساناها قرار می‌گیرند که از جمله‌ی این مواد، شیشه، سرامیک و ... می‌باشند. معمولاً برای اینکه لایه نازک از کیفیت ساختاری بالایی برخوردار باشد، از زیرلایه‌ی بلوری که صفحه‌های آن دارای جهت خاصی است، استفاده می‌شود. زیرلایه تأثیر زیادی روی دانه‌بندی و رشد لایه دارد که در فصول بعد این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱ ویژگی‌های لایه‌های نازک

لایه‌های نازک خواصی را از خود بروز می‌دهند که در فن‌آوری‌های نوین، کاربرد فراوانی پیدا می‌کنند. این خواص از دو ویژگی اساسی لایه‌های نازک که همان نازک بودن و بزرگی فوق‌العاده سطح است، حاصل می‌شوند.

برخی از خصوصیتی که در اثر نازک بودن سطح، به وجود می‌آیند، افزایش مقاومت ویژه، ایجاد پدیده‌ی تداخل نور، پدیده‌ی تونل‌زنی، مغناطیس شدگی سطحی، افزایش میدان مغناطیسی و دمای بحرانی ابررساناها می‌باشند. برخی از خصوصیتی که

از بزرگی سطح لایه‌های نازک ناشی می‌شوند، پدیده‌ی جذب سطحی فیزیکی، پدیده‌ی جذب سطحی شیمیایی، پدیده‌ی پخش و فعال سازی می‌باشند.

۱-۶ کیفیت لایه‌های نازک

با توجه به نوع کاربرد لایه‌نازک می‌توان کیفیت ساخت آن‌ها را تغییر داد. از عواملی که در کیفیت لایه‌های نازک مؤثرند، می‌توان از نوع خلاء مورد استفاده، سرعت لایه‌نشانی، دمای زیرلایه، ساختار زیرلایه و تطابق شبکه‌ای بین لایه و زیرلایه نام برد. این عوامل به چند دسته تقسیم می‌شوند. به اولین موردی که می‌توان اشاره کرد، موضوع سطح مشترک است. مرز مشترک لایه و زیرلایه باید عاری از آلودگی و ناخالصی بوده و میزان ناصافی آن به کمترین مقدار ممکن برسد تا اتصال دو سطح به خوبی صورت گیرد. مورد دیگر، مربوط به ساختار است. نظم اتمی لایه و زیرلایه می‌تواند، نقش مهمی در ویژگی‌های لایه نازک داشته باشد. مورد دیگر، خواص شیمیایی است که به دلیل ایجاد واکنش شیمیایی بین اتم‌های لایه و زیرلایه ایجاد می‌شود، این موضوع باید با دقت مورد بررسی قرار گیرد. خاصیت حرارتی، موضوع مهم دیگری است که بر اساس آن درمی‌یابیم باید ضریب انبساط حرارتی لایه‌نازک و زیرلایه به هم نزدیک باشد تا لایه‌ی نازک، چروک یا پاره نشود. همچنین زیرلایه در برابر شوک‌های حرارتی باید بسیار مقاوم باشد. دیگر خاصیتی که می‌توان به آن اشاره کرد، خاصیت مکانیکی است که لایه و زیرلایه باید از استقامت مکانیکی خوبی برخوردار باشند تا برای لایه مشکلات مکانیکی ایجاد نشود.

موارد فوق در فصل‌های بعد توضیح داده خواهد شد. برای تهیه لایه‌های نازک، ابتدا باید محیطی فراهم شود که مولکول‌های مزاحم حذف شوند. بدین منظور، اکثر لایه‌نشانی‌ها، نیاز به محیط خلاء مناسب دارند. در فصل بعد با نحوه‌ی ایجاد خلاء و اندازه‌گیری فشار در خلاء آشنا خواهیم شد.

۷-۱ مسائل فصل اول

۱. تعریفی از لایه ارائه دهید.
۲. پس از تشکیل لایه نازک، خواص جدیدی به وجود می آید. این خواص عمدتاً به چه خصوصیتی مربوط است؟
۳. لایه‌ها از نظر ضخامت به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید و محدوده‌ی هر یک را برحسب متر بنویسید.
۴. دو ویژگی مهم لایه‌های نازک را نام ببرید.
۵. لایه‌ها از نظر رسانایی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.
۶. انتخاب زیرلایه‌ها به چه عواملی بستگی دارد؟
۷. زیرلایه‌ها از نظر رسانایی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.
۸. جنس برخی از زیرلایه‌ها را نام ببرید.
۹. برخی از ویژگی‌ها لایه‌های نازک ناشی از اثر نازک بودن لایه است، آن‌ها را نام ببرید.
۱۰. برخی از ویژگی‌ها لایه‌های نازک را که در اثر بزرگی فوق‌العاده‌ی سطح به وجود می‌آیند نام ببرید.
۱۱. چه عواملی در کیفیت لایه‌های نازک در هنگام ساخت مؤثر است؟
۱۲. برای اینکه عواملی که در کیفیت لایه‌های نازک مؤثرند، مورد بررسی قرار گیرند، باید به چه مباحثی پرداخته شود؟
۱۳. در برخی از انواع لایه‌نشانی که نیاز به ایجاد محیط تمیز و حذف مولکول‌های مزاحم می‌باشد، چه فرایندی ایجاد می‌شود؟

فصل دوم

آشنایی مقدماتی با ایجاد و سنجش خلاء

هدف کلی

آشنایی با اصول اولیه‌ی خلاءسازی و خلاءسنجی است. این موضوع، مقدمه‌ای برای تهیه‌ی لایه‌های نازک می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

دانشجو پس از مطالعه‌ی این فصل باید،

۱. با اصول اولیه‌ی خلاء آشنا شده باشد.
۲. قوانین حاکم بر گازها و انواع جریان‌های گازی را بشناسد.
۳. ضریب هدایت گاز از مجراها و لوله‌ها با اشکال مختلف را محاسبه کند.
۴. انواع اتاقک‌های خلاء و نحوه‌ی کارکرد آن‌ها را بشناسد.
۵. با انواع پمپ‌های خلاء بالا و خلاء پایین آشنا شده باشد.
۶. نحوه‌ی کارکرد پمپ‌های خلاء را یاد گرفته باشد.
۷. با انواع و نحوه‌ی کارکرد خلاءسنج‌ها آشنا شده باشد.
۸. با عملکرد طیف‌سنج جرمی آشنا شده باشد.

۱-۲ مقدمه

روش‌های لایه‌نشانی متداول فیزیکی، که در فن‌آوری لایه‌های نازک به کار می‌روند؛ نیاز به ایجاد خلاء دارند. عمده‌ی پیشرفت بسیار شگرف فن‌آوری ایجاد لایه‌های نازک در

طول دو دهه‌ی اخیر، پیشرفت در فن‌آوری ایجاد خلاء بوده است. به خصوص برای انجام برخی پژوهش‌های بنیادی، لایه‌های نازک باید در شرایطی بسیار تمیز و عاری از ناخالصی تهیه گردند. بدین منظور، یک صنعت کامل و یک چرخه جدید علم، برای برآوردن این شرایط ایجاد شده است. در بسیاری از این روش‌ها، کیفیت و استحکام محصولات نهایی، بستگی به شرایط خلاء در فرآیند لایه‌نشانی دارد. در نتیجه، بیان مفاهیم پایه‌ای فن‌آوری خلاء در اینجا لازم و ضروری است.

۲-۲ مفاهیم پایه‌ی خلاء

دلایل متعددی برای ضرورت انجام لایه‌نشانی مواد در محیط خلاء وجود دارد. شرایط خلاء، می‌تواند مسیرپوش آزاد میانگین ذرات^۱ را افزایش دهد، نیروهای بین ملکولی گازها که مواد رسوب شده تحت تأثیر آن‌ها قرار می‌گیرند را حذف کند، فشار بخار را کم کند و در نهایت یک محیط تمیز ایجاد نماید.

چند واحد اندازه‌گیری، برای کمی کردن اندازه‌ی خلاء، ایجاد شده است که می‌توان برخی از آن‌ها را همچون تور (Torr)، میلی‌متر جیوه (mm Hg)، پاسکال (Pa)، میلی‌بار (mbar)، پوند بر اینچ مربع (Psi) و دین بر سانتیمتر مربع نام برد. متأسفانه، طیف وسیعی از واحدهای اندازه‌گیری فشار، وجود دارد. جدول ۲-۱ شامل تبدیل واحدهایی است که در اندازه‌گیری خلاء به کار می‌روند. در دستگاه SI، «پاسکال» به عنوان واحد اندازه‌گیری اصلی انتخاب شده است؛ اگرچه استفاده از واحد اندازه‌گیری تور و میلی‌متر جیوه، رایج‌تر است.

در یک سیستم لایه‌نشانی، از یک اتاقک استفاده می‌شود؛ که اکثر گازها، رطوبت و ذراتی که محیط درون اتاقک را پر کرده‌اند، از درون آن خارج شده و بدین ترتیب خلاء ایجاد می‌شود. جمع‌آوری و خارج کردن کامل گازها از درون هر اتاقک، تقریباً غیرممکن است. در نتیجه با توجه به موارد استفاده و کاربرد مورد نظر، درجه یا کیفیت خلاء مورد نیاز انتخاب شده و بر اساس آن گازها و رطوبت درون اتاقک خلاء از آن

۱. مسیر پوش آزاد میانگین ذرات، مقدار مسافتی است که یک ذره بدون برخورد با ذرات دیگر می‌تواند حرکت کند.

خارج می‌شود. یادآوری این نکته ضروری است که تفاوت بین حالت گاز و بخار یک ماده در آن است که عموماً به ذرات ماده‌ای که در فضا منتشر شده در صورتی که قابل چگالش نباشد گاز و در صورتی که قابل چگالش باشد بخار اطلاق می‌شود.

جدول ۱-۲ ضریب‌های تبدیل برای واحدهای اندازه‌گیری خلاء.

	Pascal (N/M ^۲)	Torr (mm Hg)	In Hg	mbars	atm
Pascal (N/M ^۲)	۱	$۲,۹۵ \times 10^{-۴}$	$۲,۹۵ \times 10^{-۴}$	$۱۰^{-۲}$	$۹,۸۷ \times 10^{-۶}$
Torr (mm Hg)	۱۳۳,۳۳۲	۱	$۳,۹۴ \times 10^{-۲}$	۱,۳۳	$۱,۳۲ \times 10^{-۳}$
In Hg	۳۳۸۶,۳۸۹	۲۵,۴	۱	۳۳,۸۵۰۰۰	$۳,۳۴۲ \times 10^{-۲}$
mbars	۱۰۰	۰,۷۵	$۲,۹۵۴ \times 10^{-۲}$	۱	$۹,۸۷ \times 10^{-۴}$
atm	۱۰۱,۳۲۵	۷۶۰	۲۹,۹	۱,۰۱۳	۱

انواع خلاء بر اساس اندازه‌ی فشار به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند. خلاء پایین یا خلاء سخت در گستره‌ی فشار $۱۰^۰$ تا $۱۰^۳$ پاسکال، خلاء متوسط در گستره‌ی فشار $۱۰^۳$ تا $۱۰^{-۱}$ پاسکال، خلاء بالا در گستره‌ی فشار $۱۰^{-۱}$ تا $۱۰^{-۴}$ پاسکال و خلاء فوق العاده بالا در گستره‌ی فشار $۱۰^{-۴}$ تا $۱۰^{-۷}$ پاسکال می‌باشند. بسیاری از فرایندهای لایه‌نشانی عملی، در گستره‌های خلاء متوسط تا خلاء بالا انجام می‌شوند.

گازهای موجود در دستگاه خلاء، از نشت بخار آب و دیگر مواد دیواره‌های اتاقک خلاء، حاصل می‌شوند. تبخیر از دیواره‌های اتاقک خلاء به خاطر تشکیل یک لایه از بخار آب و ذرات معلق بر روی آن‌ها است که در هنگام ساخت و یا در زمان تعمیر، که این دیواره‌ها در معرض هوا قرار می‌گیرند بر روی آن به‌وجود می‌آید. این مواد آلوده‌کننده، باعث کاهش کیفیت خلاء می‌شوند. آهنگ گازهای خروجی از سطح می‌تواند از فرمول زیر پیروی کند:

$$R = qA \quad (۱.۲)$$