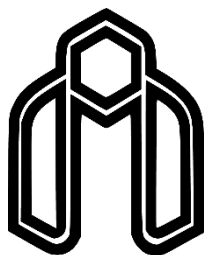


به نام خدا



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده فنیک و مهندسی هسته‌ای

دستورالعمل ایمنی و کار در آزمایشگاه پلاسما

تهیه و تنظیم: صادق سلطانی

اردیبهشت 1400

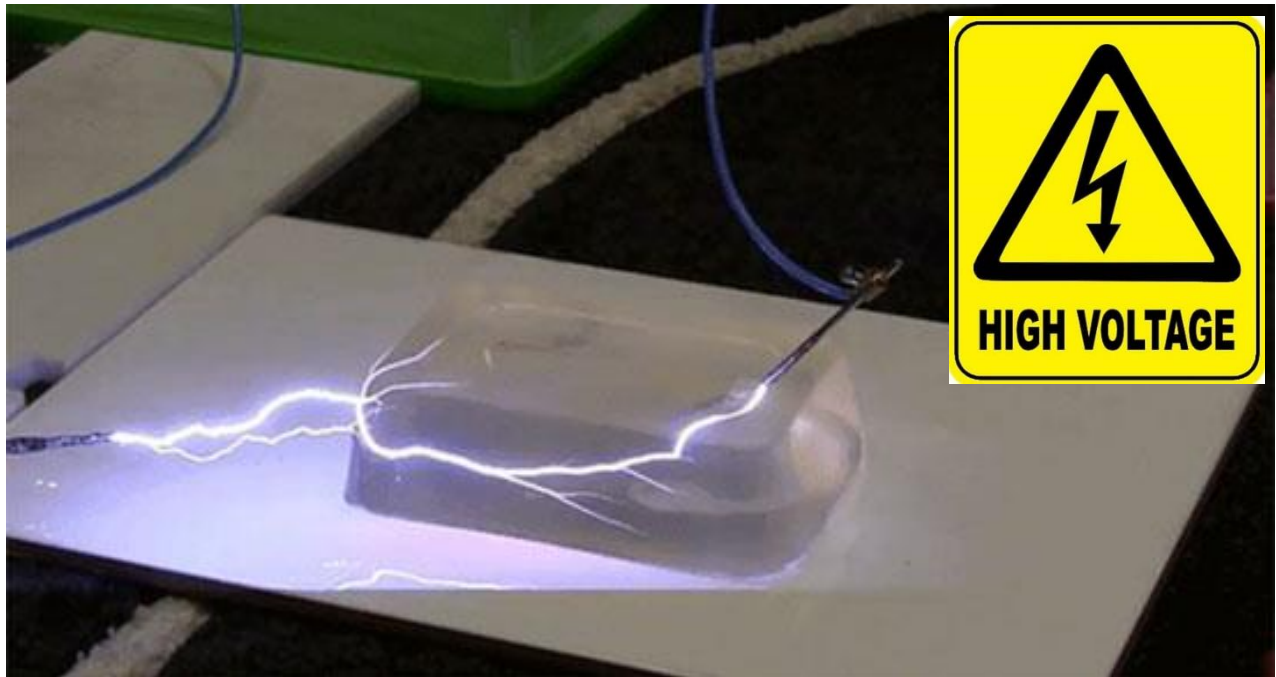
مقدمه

کار در آزمایشگاه بسته به ماهیت آزمایش، مواد به کار رفته در آن، و ابزارهای مورد استفاده، می‌تواند متضمن خطرات مختلفی باشد. این خطرات می‌تواند فقط متوجه شخص آزمایش کننده باشد، یا سلامت دیگر افراد حاضر در آزمایشگاه یا حتی ساختمان را به خطر بیندازد. آگاهی و شناخت این عوامل خطرآفرین و تهدید کننده سلامت، و شیوه‌های پیشگیری از بروز مخاطرات برای برقراری نظام ایمنی در آزمایشگاه ضروری است.

چند نکته کلی که در هنگام کار در آزمایشگاه پلاسما باید مدنظر داشته باشید عبارتند از:

- استفاده از تجهیزات آزمایشگاه بدون هماهنگی با کارشناس آزمایشگاه و استاد مربوطه ممنوع می‌باشد.
- به علامت‌ها و موارد و نکات متصل به دیوار، دستگاه‌ها در محیط آزمایشگاه توجه داشته باشید.
- قبل از کار با دستگاه حتما دفترچه راهنمای دستگاه را به دقت مطالعه نموده و با موارد ایمنی و نحوه استفاده از آن آشنایی کامل داشته باشید.
- پس از پایان کار در آزمایشگاه، تجهیزات و گازهای مورد استفاده را در فرم مخصوصی که بدین منظور تهیه شده و در محل آزمایشگاه قرار دارد، وارد نمایید.
- توجه شود که به دلیل عدم حضور ابزارهای مناسب مانند هود آزمایشگاهی و همچنین تهویه نامناسب، از تهیه محلول‌های شیمیایی با اسیدها یا مواد خورنده و سمی و یا انبار کردن آن در آزمایشگاه پلاسما خودداری نمایید.
- در نهایت به یاد داشته باشید که خود شما بهترین کسی است که می‌تواند از شما در زمان کار با تجهیزات و مواد خطرناک محافظت کند.
- عمده خطرات موجود در آزمایشگاه پلاسما شامل خطرات ناشی از ولتاژ بالا، لیزر و یا کپسول‌های گاز می‌باشد. در ادامه به این خطرات و اقدامات ایمنی مربوط به آنها پرداخته می‌شود.

بخش اول) ولتاژ بالا و نکات ایمنی مربوط به آن



از آنجا که تقریباً تمامی تجهیزات موجود در آزمایشگاه پلاسما با ولتاژ بالا (از مرتبه کیلو ولت تا چند ده کیلو ولت) کار می کنند، رعایت نکات ایمنی کار با ولتاژ بالا بسیار ضروری است.

هر ولتاژ بیشتر از 40 ولت به طور بالقوه خطرناک است. میزان خطرناک بودن ولتاژ به عوامل مختلفی بستگی دارد. مهمترین این عوامل شامل میزان ولتاژ، توان منبع تغذیه و مقدار شار جریان (از طریق بدن) است که می تواند منجر به مرگ شود. باید بدین نکته توجه کرد که مقاومت بدن حین افزایش میزان ولتاژ اعمال شده، کاهش می یابد. بنابراین این پدیده فیزیولوژیکی همزمان، میزان خطر را چندین بار افزایش می دهد.

ایمنی ولتاژ بالا یک نگرش است. بیشترین میزان مرگ و میر در میان موتورسواران بلافاصله پس از صدور گواهینامه نیست، بلکه حدود دو سال پس از صدور آن است؛ درست هنگامی که اعتماد به نفس موتورسوار در مهارتش بالا رفته و بی دقت می شود! نکته مهم آنست که هرگز کار با دستگاه ولتاژ بالا برای شما عادی نگردد و همواره نکات ایمنی استفاده از آن را کاملاً رعایت کنید.

همچنین هیچگاه نباید فرض کرد که عایق بکار رفته شده مصون و بی نقص بوده و یا اینکه چون دستگاه بر روی زمین قرار دارد از اتصال به زمین دستگاه غافل شویم! مثلاً وقتی دی الکتریک یا عایق دچار مشکل می شود، عایق روی کابل دچار سوراخ های ریزی می گردند که منجر به انتقال ولتاژ بالا می گردد. همچنین همواره باید احتمال ایجاد قوس الکتریکی در تجهیزات ولتاژ بالا را در نظر گرفت.

تأثيرات برق گرفتگی و شوک الکتریکی بر بدن انسان

تأثير بر بدن انسان	میلی آمپر
خارش و سوزش خفیفی احساس می شود (مور مور شدن)	۰.۵-۳
فرد، گرفتگی و درد عضلانی را تجربه می کند	۳-۱۰
کنترل عضلات، از دست رفته و ماهیچه ها تا زمان رفع تحریک منقبض می مانند	۱۰-۴۰
عضلات تنفسی فلج می شوند	۳۰-۷۵
فیبریلاسیون بطنی رخ می دهد	۱۰۰-۲۰۰
قلب به سکون می رسد (گیر می کند)	۲۰۰-۵۰۰
بافت ها و اندام ها شروع به سوختن می کنند	بیش از ۱۵۰۰

در صورت برق گرفتگی و مشاهده یک یا چند مورد از موارد زیر در فرد مجروح، حتماً با مرکز اورژانس تماس بگیرید:

سوختگی های شدید، گیجی، اشکال در تنفس، مشکلات ریتم قلب، ایست قلبی، درد و گرفتگی عضلانی، تشنج، از دست دادن هوشیاری

نکات ایمنی هنگام کار با ولتاژ بالا:

- از روشن کردن تجهیزات ولتاژ بالا بدون هماهنگی با مسئول آزمایشگاه، خودداری کنید.
- قبل از روشن کردن دستگاه، از وصل بودن اتصال به زمین آن مطمئن شوید. به یاد داشته باشید که یک اتصال به زمین مناسب این اطمینان را به شما می دهد که فلز متصل به آن نمی تواند در ولتاژ بالا باشد و بنابراین دارای ایمنی می گردد.
- از تماس به سیم های انتقال جریان ولتاژ بالا، هنگامی که کابل دستگاه به برق متصل می باشد (حتی در حالت خاموش)، خودداری کنید.
- اشیاء فلزی از قبیل حلقه، جواهر و ساعت را از خود دور کنید. زیرا این وسایل به عنوان الکترودهای بسیار عالی عمل می کنند.
- هنگام کار حتماً کفش لاستیکی دارای کفی مناسب بپوشید و ترجیحاً یکی از دستان خود را در جیب گذاشته یا پشت سر خود بطور بسته نگه دارید.

- دقت کنید که کف زمین حتما خشک باشد. همچنین از مجاورت آب و مایعات با تجهیزات ولتاژ بالا اجتناب گردد.
- در هنگام کار با دستگاه، از تماس بدن خود با لوله های آب، سیم های اتصال به زمین، و تجهیزات فلزی که بر روی زمین قرار دارند اجتناب کنید.
- توجه شود که بدن شما دارای ظرفیت خازنی می باشد، در نتیجه جریان RF (حتی اگر شما به خوبی عایق شده باشید) می تواند از طریق ظرفیت خازنی بدن شما به زمین جریان یابد.
- هرگز عایق را سالم و بی عیب در نظر نگیرید.
- توجه شود که خطر برق گرفتگی از نوک سیم ها و نقاط نوک تیز افزایش می یابد. بنابراین در استفاده از آنها حداکثر دقت را بکار ببرید.
- به تنهایی با ولتاژ بالا کار نکنید، چرا که در شرایط اضطراری حضور شخص دیگری ممکن است ضروری باشد.
- هرگز نسبت به ترک ستاپ آزمایش ولتاژ بالا بی توجهی نکنید. اگر مجبور به ترک آزمایش برای مدتی هستید، یک علامت هشداردهنده ولتاژ بالا در نزدیکی محل آزمایش قرار دهید.
- زمانی که خسته اید و هوشیاری کامل را ندارید با دستگاه ولتاژ بالا کار نکنید، حتی اگر این به معنی یک تاخیر باشد.
- توجه شود که برخی از دستگاه ها مانند دستگاه پلاسما فوکوس، می توانند ولتاژ داخلی را در خازن ها ذخیره کنند، به طوری که حتی وقتی دستگاه از پریز برق کشیده شده است هنوز هم خطری مهلک می تواند وجود داشته باشد. اینگونه تجهیزات را باید پس از پایین آمدن میزان برق و قبل از حذف کابل، با زمین اتصال کوتاه کرد.
- تنها به یک سوئیچ برای قطع برق منبع تغذیه ولتاژ بالا اکتفا نکنید. برای اطمینان باید کلید برق دستگاه را خاموش کرده و سیم را از پریز دیوار جدا کنید.
- از عینک های لنزدار پلاستیکی بزرگ یا عینک های حفاظدار برای حفاظت از چشمان خود استفاده کنید.
- از محل و نحوه کار کپسول اطفای حریق در محل آزمایشگاه اطلاع کامل داشته باشید.
- در صورت بروز هر گونه مشکل مانند دیدن جرقه، استشمام بوی دود یا ایجاد صداهای ناخواسته، دستگاه را خاموش کرده و سریعاً به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید.

بخش دوم) لیزر و نکات ایمنی مربوط به آن



واژه لیزر به معنی «تقویت نور به روش گسیل القایی تابش» می باشد. لیزر دستگاهی است که با تقویت نوری، نور ساطع می کند و این کار از طریق فرایند گسیل خود القایی تشعشعات الکترومغناطیسی انجام می شود. این ابزار نور را به صورت پرتوهای موازی بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می کنند. این دستگاه از ماده‌ای جمع کننده یا فعال کننده نور تشکیل شده که درون محفظه تشدید نور قرار دارد و این ماده پرتو نور را که به وسیله یک منبع انرژی بیرونی (از نوع الکتروسیته یا نور) به وجود آمده، تقویت می کند.

طبقه بندی لیزرها:

اساس طبقه بندی لیزرها براساس احتمال آسیب رسانی آنها می باشد؛ به طوریکه لیزرهایی که طبقه یا کلاس آنها بالاتر است خطرناکتر می باشند. لیزرها به پنج دسته کلی از نظر میزان خطرات تقسیم بندی می شوند:

لیزر کلاس 1

لیزرهایی هستند که در شرایط عادی کار، نمی توانند به چشم آسیب برسانند. این لیزرها معمولاً لیزرهای بسته هستند و پرتو از آنها به محیط ارسال نمی شود. قابل ذکر است که ممکن است درون یک لیزر کلاس 1 لیزر خطرناکتری وجود داشته باشد که توانایی آسیب رسانی داشته باشد. لذا با تغییر ساختمان فیزیکی لیزر، کلاس آن ممکن است تغییر کند.

لیزر کلاس II

پرتو خروجی این لیزرها نور مرئی است و توان نور خروجی کمتر یا مساوی یک میلی وات است. این لیزرها به چشم آسیب نمی رسانند مگر آنکه کسی عمداً به آنها خیره شود. در غیر این صورت عکس العمل طبیعی چشم به نور مرئی و پلک زدن، چشم را در برابر نور لحظه ای آنها حفاظت میکند.

لیزر کلاس IIIA

لیزرهایی که توان نور خروجی آنها بین 5-1 میلی وات است. این لیزرها معمولاً آسیب جدی به چشم نمیرسانند، مگر آنکه نور آنها با وسایل متمرکزکننده نور مانند دوربین دیده شود.

لیزر کلاس IIIB

لیزرهای پیوسته ای که توان پرتو خروجی آنها بین 500-5 میلی وات است یا لیزرهای پالسی که انرژی آنها در مدت 0/25 ثانیه کمتر از 0/125 ژول است. لیزرهای کلاس IIIB برای چشم خطرناک هستند و نگاه کردن به پرتو مستقیم آنها یا انعکاسات آینه ای آنها میتواند به چشم آسیب جدی وارد کند.

لیزر کلاس IV

لیزرهای پیوسته ای که توان نور خروجی آنها بیشتر از 500 میلی وات باشد و یا لیزرهای پالسی که انرژی تابشی آنها در مدت 0/25 ثانیه از 0/125 ژول بیشتر باشد. این لیزرها بسیار خطرناکند. پرتو مستقیم آنها یا انعکاسات آینه ای و حتی انعکاسات پراکنده پرتوی آنها برای چشم خطر جدی محسوب می شود. پرتوهای این لیزرها می توانند به پوست نیز آسیب برسانند و یا سبب وقوع آتش سوزی شوند.

لیزرهای کلاس IIIB و IV لیزرهای بسیار خطرناکی هستند و باید به دقت نکات ایمنی مربوط به آنها را رعایت کرد.

- لیزر مورد استفاده در آزمایشگاه پلاسما (دستگاه PLD) لیزر کلاس IIIB می باشد.

خطرات ناشی از تابش لیزر بر انسان:

انواع لیزرها با توجه به طول موج و توان خود دارای اثرات مختلفی می‌باشد. توجه شود که برای لیزر های پر توان تنها برخورد مستقیم نور لیزر با اعضای بدن خطرناک نیست، بلکه بازتاب آن نیز خطرناک هستند. خطرات معمول شامل:

1- آسیب‌های چشمی: تا آنجا که به تابش لیزر مربوط می‌شود، یکی از آسیب پذیرترین قسمت های بدن چشم انسان است. پرتو دهی حفاظت نشده و طولانی با شدت بیش از حد مجاز باعث جراحات شبکیه و همچنین سوختگی قرنیه و شبکیه می شود.

2- آسیب‌های پوستی: صدمات پوستی ناشی از لیزر در مقایسه با آسیب‌های چشمی کمترند. سرخی، تورم سطحی، سوختگی، چروکیدگی خشکی، خشکی بیش از حد، پیری زودرس و در برخی موارد خاص بروز سرطان‌های پوستی از جمله آسیب‌های ناشی از تابش پرتو لیزر به طور مکرر و در تماس‌های مزمین ایجاد می گردد.

3- خطر آتش‌سوزی: احتمال آتش‌سوزی به خصوص در زمان استفاده از لیزرهای پرتوان وجود دارد. در این حالت به علت انرژی زیاد لیزر، در صورت برخورد اتفاقی اشعه لیزر با مواد قابل اشتعال، آتش‌سوزی روی می دهد.

4- خطرات ولتاژ بالا: خطرهای مرگبار ولتاژ بالا در بسیاری از لیزرها به خصوص در لیزرهای پرتوان وجود دارد. این خطر که عموماً از نوع برق گرفتگی است به علت سهل‌انگاری هنگام کار با ولتاژ بالا روی می‌دهند. لذا باید در تمام مدت کار با لیزر تمامی موارد ایمنی ولتاژ بالا رعایت گردد.

5- خطرات شیمیایی: برخی مواد که همراه با لیزر استفاده می‌شوند سمی و قابل اشتعال‌اند. از طرف دیگر، واکنش‌های القایی لیزری می‌توانند باعث آزاد شدن ذرات و محصولات گازی خطرناکی شوند. در برخی موارد نیز در حین کار با لیزرهای پرتوان، امکان تولید دود و حتی بخارات زیانبار وجود دارد که ممکن است به بروز اختلالات تنفسی بیانجامد لذا در این موارد از تهویه مناسب استفاده گردد.

نکات ایمنی کار با لیزر

رعایت نکات زیر در هنگام روشن بودن یا کار با دستگاه لیزر الزامی است:

- از ورود به محدوده دستگاه PLD بدون هماهنگی با کارشناس آزمایشگاه اجتناب کنید.
- قبل از کار با لیزر حتما دستورالعمل مربوط به دستگاه را کاملا مطالعه کرده و از بسته بودن محیط اطراف لیزر (درب ها و پرده ها) و عدم حضور افراد متفرقه در ناحیه کار با لیزر اطمینان حاصل نمایید.
- قبل از روشن کردن لیزر و در هنگام کار با آن استفاده از عینک مخصوص لیزر الزامی است.
- اشعه لیزر برای چشم بسیار مضر است. همیشه دقت داشته باشید که از نگاه کردن مستقیم به اشعه آن با عینک یا بدون عینک جدا خودداری کنید.
- بایستی توجه داشت که عینکی که در برابر طول موج خاصی به خوبی از چشم محافظت می کند در برابر طول موج دیگری محافظ خوبی نیست. بنابراین از عینک مخصوص طول موج دستگاه استفاده کنید. (لیزر دستگاه PLD در دو مد 532 و 1064 نانومتر کار میکند و در هر مورد باید عینک مخصوص همان مد استفاده گردد)
- در هنگام کار با لیزر روشنایی محیط حداقل امکان افزایش یابد تا مردمک چشم تنگ تر شود.
- خطر وجود ولتاژ بالا را جدی بگیرید.
- در صورت مشاهده مشکل در سیستم لیزر، به وسیله کلید اضطراری لیزر را خاموش کرده و با مسئول آزمایشگاه تماس بگیرید.
- استفاده از کرم های ضد آفتاب، دستکش و لباس آستین دار در هنگام کار با لیزر توصیه می شود.

بخش سوم) کپسول گاز

کپسول گاز آماده بکار شامل سه بخش اصلی بدنه کپسول، شیر اصلی و رگلاتور تنظیم گاز می گردد. رگلاتور گاز یک شیر کنترلی است که میتواند فشار بالای گاز ورودی را به فشار کمتر یا فشار مورد نیاز مصرف کننده کاهش دهد و در عین حال باعث تثبیت فشار خروجی گاز (علی رغم کاهش تدریجی فشار سیلندر گاز) شود.

اجزای شیر و رگلاتور تنظیم فشار در شکل زیر نشان داده شده است.



همانگونه که در شکل می بینید بر روی رگلاتور دو صفحه مدرج وجود دارد. صفحه مدرج اول (سمت راست) نشان دهنده فشار گاز درون مخزن و صفحه مدرج دوم نشان دهنده فشار گاز خروجی رگلاتور می باشد. توجه داشته باشید که جهت بستن شیر تنظیم دستی رگلاتور در خلاف جهت عقربه های ساعت، و شیر اصلی گاز و همچنین شیر خروجی رگلاتور (به صورت عادی) در جهت عقربه های ساعت می باشد.

تنظیم فشار خروجی گاز

- قبل از باز کردن شیر کپسول، از بسته بودن شیر تنظیم دستی رگلاتور و شیر خروجی گاز مطمئن شوید.
- شیر کپسول گاز را آهسته باز نمایید.
- پیچ تنظیم کننده رگلاتور را بچرخانید تا به فشار خروجی مدنظر برسید. (این فشار نباید از ماکزیمم فشار ثبت شده روی رگلاتور بالاتر باشد).
- شیر خروجی رگلاتور را باز کنید تا جریان گاز در سیستم برقرار شود. این شیر برای کنترل جریان گاز خروجی به کار می رود.
- توجه شود که نباید از رگلاتور به عنوان کنترل کننده جریان (مثلا با تنظیم کردن فشار برای به دست آوردن جریان های متفاوت) استفاده شود و برای این منظور باید از شیرهای سوزنی که در مسیر گاز قرار دارد استفاده نمود.
- پس از برقراری جریان، فشار خروجی ممکن است در ابتدا کاهش بیابد. فشار خروجی را چک کرده و در صورت نیاز تنظیمات لازم صورت گیرد.

نکات ایمنی در استفاده از کپسول های گاز

- قبل از استفاده از سیلندر گاز از محتویات آن کاملا مطمئن شوید.
- هرگز شخصا و بدون هماهنگی کارشناس آزمایشگاه نسبت به جابجایی سیلندر گاز یا تعویض رگلاتور آن اقدام ننمایید.
- از بسته بودن شیر اصلی کپسول گاز پس از انجام آزمایش مطمئن شوید. توجه شود که بیش از حد شیرها را محکم نکنید زیرا باعث آسیب دیدن آن می گردد.
- در صورتی که از سیلندرهایی حاوی گازهای قابل اشتغال یا قابل انفجار استفاده می شود، حتما باید کپسول آتش نشانی در محل وجود داشته باشد و نحوه استفاده از آن را بدانید.
- در صورت مشاهده نشستی در سیستم انتقال گاز، شیر اصلی کپسول را بسته و کارشناس آزمایشگاه را مطلع نمایید.
- قبل از انتقال سیلندرها، گیج و رگلاتور آن را باز کرده و سر پوش روی آن را محکم ببندید.
- هرگز برای حمل سیلندر و جابجایی، شیر یا درپوش آن را نگیرید.

- سیلندرها را باید با گاری یا چرخ دستی مخصوص حمل نموده و در هنگام حمل زنجیر چرخ دستی بسته شده باشد.

- برای جابجایی های بسیار کوچک سانتی متری یا تغییر جهت سیلندر هرگز گیج یا رگلاتور یا شیر سیلندر را در دست نگیرید و کاملاً مراقب باشید تا در صورت این نوع جابجایی ها رگلاتور یا گیج سیلندر به جایی برخورد نکند.

- سیلندرهاى گاز را همواره به حالت ایستاده نگهداری نموده و با کمک زنجیر یا تسمه چرمی و در بالای مرکز ثقل به اشیاء ثابت یا دیوار بسته شده باشند.

- از بستن سیلندرها به میزکار و دیگر محل هایی که امکان اتصال به مدار یا جریان های الکتریکی دارد، اجتناب نمایید.

- هیچ قسمتی از سیلندر نباید در برابر جرقه های الکتریکی یا درجه حرارتی بالاتر از 51 درجه سانتیگراد قرار گیرد.

- تماس اکسیژن با دست آلوده به چربی و روغن ، خطر جدی انفجار را به دنبال دارد. پس سیلندرهاى اکسیژن و یا متعلقات مربوط به آن را مطلقاً نباید با دست، دست کش، ابزار و یا پارچه ی آلوده به روغن جابجا نمود.

- (صرفاً برای گازهای خنثی) قبل از اتصال رگولاتور به سیلندر جهت خارج نمودن گرد و غبار، شیر سیلندر را به آرامی باز نموده و سپس بلافاصله ببندید. این کار را باید در محلی که منبع جرقه یا شعله وجود ندارد انجام دهید و هرگز در مقابل، مجاور شیر و روبروی گیج فشارسنج سیلندر نباید ایستاد.

نکته! سیلندرهاى اکسیژن، هیدروژن و الباقی گازهای آتشنا و یا گازهای سمی را نباید به صورت آنچه که در بالا گفته شد تمیز نمود زیرا احتمال مشتعل شدن و انفجار وجود خواهد داشت.

- نباید شیر سیلندرها را ناگهانی و به سرعت باز کرد زیرا در این صورت بعلت آزاد شدن ناگهانی فشار داخل سیلندر، ممکن است به رگلاتور آسیب وارد شود.

- استفاده از انبردست و ... جهت باز بسته نمودن شیر سیلندرها موجب آسیب دیدن شیر و از بین رفتن آب بندی آن می شود.

- در صورتی که شیر سیلندر نشنی دارد ، در اولین فرصت کارشناس آزمایشگاه را مطلع نموده تا سیلندر را به هوای آزاد یا محلی با تهویه مناسب و دور از هر گونه منبع گرمایی یا جرقه انتقال داده و گروه ایمنی و آتش نشانی را برای اقدام مناسب به محل بخوانید.

- توجه شود که هرگونه اقدام به تعمیر شیر سیلندر گاز تحت فشار، بسیار خطرناک است.

- هرگز از اکسیژن و یا دیگر گازهای تحت فشار جهت یافتن نشنی، تمیزکاری، تحت فشار قرار دادن و... استفاده ننمایید زیرا خطر انفجار وجود دارد.

- شیر سیلنדרهای خالی نیز باید بسته نگهداری شوند. زیرا نفوذ هوا و رطوبت به درون سیلندر، خوردگی بدنه سیلندر و ناخالصی گاز درون سیلندر را در پی خواهد داشت.
- بدون داشتن آگاهی کامل از خواص گازها، از ترکیب آن ها خودداری کنید.
- قبل از جدا نمودن گیج و رگلاتور از سیلندر، شیر سیلندر را بسته و گاز موجود در مسیر را تخلیه نمایید.
- به منظور جلوگیری از ورود رطوبت هوا و محیط از منافذ سیلندری که برای شارژ مجدد ارسال می شود، همیشه مقدار کمی فشار در سیلندر باقی بگذارید زیرا اینکار موجب حفظ خلوص و کیفیت گاز مورد استفاده می شود.