بررسی ارتباط میان انتشار دی اکسید گوگرد و میست اسیدسولفوریک با میزان مواجهه فردی کارکنان یکی از واحدهای مجتمع پتروشیمی

رسول یاراحمدی[۱]، سید باقرمرتضوی[۲]،حسن اصیلیان[۳]، علی خوانین[۴]، پروین مریدی[۵]

چکیده

زمینه و هدف: گوگرد از جمله مواد شیمیایی پرمصرف در صنایع شیمیایی، صنایع تولید مواد شوینده، کاغذسازی وصنایع تولید اسید می‌باشد .نتایج مطالعات نشان میدهد که عمده منابع انتشارآلودگی مربوط به اکسیدهای گوگرددار، پروسه های تولید وخروجی دودکشها میباشد. تماس با اکسیدهای گوگرد به صورت اختلال در متابولیسم پروتئینها، هیدروکربنها، ویتامینهای محلول B,C، آمفیزم، برونشیت واثر بر گیاهان به صورت زرد شدن برگ درختان واختلال در کلروفیل سازی گیاهان اثبات شده است .هدف از این تحقیق تعین ارتباط غلظت اکسیدهای گوگرد و میست اسید سولفوریک درمنبع آلودگی با متوسط غلظت محدوده تنفسی پرسنل در معرض آلودگی میباشد.

روش بررسی: منظور سنجش واندازه گیری اکسیدهای گوگرد ومیستهای اسید سولفوریک درناحیه تنفسی پرسنل از روشهای استاندارد شغلی مربوط به انستیتو ملی ایمنی وبهداشت، و برای سنجش و ارزشیابی آلودگی های منتشره فوق از منابع انتشار از روش استاندارد اتحادیه تست مواد آمریکا در این مجتمع استفاده شده است . در این مطالعه ازکارگران در معرض تماس باآلودگی در دوطبقه اول ودوم باکمک تجهیزات نمونه برداری، تعداد ۳۲ نمونه از ناحیه تنفسی کارگران و ۹ نمونه از منابع انتشار سطحی آلودگی جمع آوری وآنالیز شده است . این مطالعه در دو طبقه واحد تولید کودهای سولفاته ودر دو شیفت کاری صبح و عصر در مجتمع پتروشیمی مذکور انجام شده است .

یافته ها: نتایج حاصل از مطالعه نشان میدهد که میانگین تراکم گاز دی اکسید گوگرد واحد تولید کودهای سولفاته در طی شیفتهای صبح ppm ۰/۵ . و شیفتهای عصر، میباشد همچنین نتایج ارزیابی تراکم میستهای اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران در معرض تماس همان واحد در طی شیفتهای صبح mg/m^3 ۰/۵ ودر شیفتهای عصر mg/m ۱/۴۱ ($REL_{TWA}=1mg/m^3$) را نشان می‌دهد . نتایج تحقیق نشان میدهد که متوسط غلظت آلودگی میست اسید سولفوریک در طبقه همکف (شیفت عصر) با حداکثر میزان (mg/m^3 ۱/۴۷)وحداقل مقدار تراکم آلودگیها میست اسید سولفوریک مربوط به همان طبقه (شیفت صبح) بمیزان (mg/m^3 ۰/۳۶)میباشد.

همچنین بین غلظت منتشره میست اسید سولفوریک و اکسید گوگرد از منبع با میزان مواجه شغلی پرسنل در معرض ارتباط معنی داری(pvalue=۰/۴۱ pvalue=۰/۳۷) بترتیب مشاهده نشد .

نتیجه گیری : مقایسه وتطبیق نتایج حاصل از انتشار آلایندهای اکسید گوگرد و میست اسید سولفوریک در محدوده تنفسی نشان میدهد که تراکم متوسط هر دوآلاینده در طبقه همکف بیش از طبقه اول میباشد. همچنین نتایج بررسی نرخ آلودگی از منبع انتشار و غلظت درناحیه تنفسی پرسنل در دوآلاینده میست اسید سولفوریک ودی اکسید گوگرد بترتیب با p> ۰/۴۱ و p> ۰/۳۷ ارتباط معنی داری نشان نمی‌دهند.

کلیدواژه ها: اکسیدهای گوگرد، میست اسید سولفوریک تماس شغلی، منبع انتشار .

۱- (نویسنده مسئول)، دانشجوی مقطع PhD، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس (email: Rasoulpch@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس
۴- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس
۵-کاشناس ارشد محیط زیست مرکز پژوهشی جهاد دانشگاهی ایران

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-21]

مقدمه

هوا اصلی‌ترین عنصر برای حیات آدمی‌است .بدون وجود آن انسان چند دقیقه زنده نمی‌ماند .مهمترین مشخصه هوای تنفسی، پاکیزه بودن وبی بو بودن آن است. حال اگر این ماده حیاتی (هوا) آلوده به مواد شیمیایی ومسموم‌کننده نیز گردد باز انسان ناگزیر است که برای ادامه حیات خود در دقیقه ۲۰-۱۲ مرتبه مواد خطرناک را به همراه هوا به درون ریه های خود بفرستد واز این طریق در معرض اثرات نامطلوب وگاه مهلک آن قرار گیرد. دی اکسید گوگرد ومیستهای اسید سولفوریک از جمله آلوده کننده های محیط کار ومحیط زیست بویژه در صنایع شیمیایی وپتروشیمی هستند. یکی از تولیدات مهم در صنایع پتروشیمی کود شیمیایی با پایه سولفاته میباشد.کودهای سولفات آمونیم توسط راکتور های شیمیایی از مواد خام اولیه اسید سولفوریک و امونیاک در شرایط اتمسفریک تولید میشود . به دلایل فنی واجرایی مختلف، از جمله ماهیت پروسه، عملیات نمونه گیری در طول شیفت کاری و حتی رفتارهای غیر ماهرانه کارگران در واحد مذکور، میستهای اسیدی واکسید های گوگرد به همراه محصولات جنبی مانند سولفاتهای هوابرد وارد محیط کار شده و پتانسیل مواجه شغلی را برای پرسنل فراهم میکنند، پخش وانتشار اکسیدهای گوگرد SO_3-۲٪-۱ , O_2 وترکیبات حاصله یکی از معضلات شغلی و زیست محیطی این مجتمع پتروشیمی بوده، این موضوع سبب آسیبهای جبران ناپذیر به منابع انسانی وملی شده است. لذا شناسایی وتعیین تراکم اکسیدهای گوگرد، میستهای اسیدسولفوریک درصنعت مذکور مهمترین فاکتورهای مورد پژوهش می‌باشند(۱، ۲، ۳).

مطالعات شغلی نشان میدهد که اثرات مخرب سولفاتهای اسیدی در مقایسه با اکسید های گوگرد روی افراد در معرض دارای پیامدهای بیشتری میباشد. در دو دهه گذشته مطالعات سم شناسی زیادی بشکل آزمایشگاهی انجام شده است (۴،۵). بر این اساس شناسایی وارتباط پتانسیلهای‌شیمیایی بویژه اکسید های گوگرد و میستهای اسید سولفوریک بعنوان یک اقدام پایش‌شغلی وبمنظور تاکید و تایید اقدامات‌کنترلی هدف این تحقیق قرارگرفت .

بطور کلی هدف از این پژوهش بررسی ومطالعه تطبیقی اکسیدهای گوگرد محیط کار وارائه روشهای کنترلی در این مجتمع می‌باشد .

در طی این بررسی، موضوعات زیر مطالعه وپیگیری شده است .

- تعیین میانگین تراکم اکسیدهای گوگرد ومیستهای اسیدسولفوریک در منابع انتشارآلودگی.
- تعیین میانگین تراکم اکسیدهای گوگرد ومیستهای اسید سولفوریک درناحیه تنفسی کارگران .
- بررسی و مقایسه تراکم اکسید های گوگرد و میست اسید سولفوریک بین منابع انتشارو ناحیه تنفسی پرسنل در معرض .

روش بررسی

الف) روش ومواد اندازه گیری اکسیدهای گوگرد ومیستهای، اسید سولفوریک از منابع انتشارآلودگی: بر اساس استاندارد ملی اتحادیه تست مواد امریکا میباشد، سیستم نمونه برداری‌شامل پمپ نمونه برداری‌ولوله های-گازیاب می‌باشد (۳، ۶، ۷).

عمده منابع انتشارآلودگی (SO_x)شامل V_{314}، تسمه نقاله، تانک کریستالیزاسیون در واحد ۳۰۰ بودند که مطابق دستورالعمل روش استاندارد تعداد ۹ نمونه در فواصل معین (۳۰-۲۰ سانتی متر) جمع آوری و سپس میانگین تراکم آلودگی بعنوان شاخص آلاینده در هر منبع گزارش شده است .

ب) روش ومواد اندازه گیری دی اکسید گوگرد ومیستهای اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران : به منظور تعیین غلظت دی‌اکسید گوگرد ومیستهای‌اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران نمونه های فردی(تعداد کارگر در هر شیفت ۶ نفر که ۴ نفر از آنها مورد پایش قرار گرفت) جمع آوری شده برای هر طبقه و هر شیفت که دو نفر مستقر و فعالیت میکردند ۱۶ نمونه که در مجموع ۶۴ نمونه در این مرحله جمع‌آوری ومطابق با دستور العمل های استانداردملی ایمنی وبهداشت آمریکاآنالیز شده است .(۷) سیستم نمونه برداری‌شامل پمپ نمونه بردارفردی، میجت ایمپینجر حاوی ml ۱۵آب اکسیژنه N ۰/۳ وفیلتر استرسلولزی که مجموعاً به منطقه تنفسی کارگر وصل شده ودهانه فیلتر در ناحیه تنفسی کارگر (۱۰-۱۷ اینچی بینی) قرار می‌گیرد . این نمونه ها طی شیفتهای صبح وعصر ودر طبقات اول وهمکف واحد۳۰۰، جمع آوری، آنالیز وسپس میانگین وزنی زمانی (TWA)هر شیفت به عنوان شاخص میزان

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-21]

مواجهه شخص در آن شیفت اعلام شده است .

با عبور نمونه هوا از روی محلول آب اکسیژنه ۰/۳N (محلول جاذب)، گاز دی اکسید گوگرد موجود در هوا به اسید سولفوریک تبدیل شده سپس با کمک محلول پرکلرات باریم ۰/۰۵M در حضور معرف تورین توسط تکنیک تیتراسیون تعیین مقدار شده است .نقطه پایانی واکنش زمانی است که محلول تیترشونده از رنگ زرد به سمت صورتی تغییر رنگ بدهد .این روش به ۰/۰۳۸ppm از گاز SO_2 حساس می‌باشد .

در سیستم نمونه برداری از میستهای اسیدسولفوریک بجای میجت ایمپینجر حاوی محلول آب اکسیژنه از فیلتر استرسلولز ۳۷ mm با پورسایز ۰/۸μm استفاده شده است .روش میکرو تیتراسیون میستهای اسیدسولفوریک در غلظت ۱ mg/m^3 باکمک معرف تورین به روش رنگ سنجی دارای سطح اطمینان ۹۰٪ می‌باشد(۶، ۷، ۸، ۹) .

در پایان مراحل نمونه برداری و آنالیز اطلاعات وداده ها پس از جمع آوری ودسته بندی توسط نرم افزار spss version 11 تجزیه وتحلیل گردیده است .در عملیات این تحقیق از آزمونهای آماری T-test و Correlation استفاده شده است نمودارها بوسیله نرم افزار Excel و Harvard graphic رسم گردیده است .

یافته ها

نتایج حاصل از سنجش گاز دی اکسید گوگرد ومیستهای اسید سولفوریک در منابع انتشار آلودگی ومنطقه تنفسی کارگران طبقات همکف و اول، به همراه سایر مشخصات آنالیز آماری در جداول نتایج(۱، ۲، ۳، ۴)آمده است .

نتایج میانگین تماس فردی ۸ ساعتگاز SO_2 در شیفتهای صبح وعصر واحد ۳۰۰ در جداول شماره یک آمده است. چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه همکف (شیفت عصر) وکمترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه اول (شیفت عصر) میباشد.

نتایج میانگین تماس فردی ۸ ساعته(۸) میستهای اسید سولفوریک در شیفتهای صبح وعصر واحد ۳۰۰ در جداول شماره دو آمده است . چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه همکف (شیفت عصر) وکمترین مقدار آلودگی مربوط به همان طبقه (شیفت صبح)میباشد .

نتایج میانگین و میستهای H2SO در منابع تولید و انتشار در شیفتهای صبح وعصر واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی در جدول شماره ۳ آمده است. چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به منبع V314 در طبقه همکف از واحد ۳۰۰ وکمترین مقدار آلودگی در تانک کریستالیزاسیون واقع در طبقه اول همان واحد میباشد .

نتایج تطبیقی غلظت گازهای ومیست های اسیدسولفوریک در منابع انتشار آلودگی وناحیه تنفسی واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی در جدول ۴ آمده است همانطوری که ملاحظه می شود بین انتشار آلودگی SO_2 در منبع با ناحیه تنفسی رابطه معنی داری وجود ندارد که این میزان با Pvalue=۰/۳۷ تائید شده است . تحلیل رگرسیون پراکنش آلودگی H_2SO_4 که به منظور بررسی ارتباط پراکنش از منبع و تماس در ناحیه تنفسی رابطه معنی دار مشاهده نشد همانطوری که در سطح معنی دار Pvalue = ۰/۴۱ این ارتباط با سطح معنی دار ۰/۰۵ رد شده است .

قسمت کاری	طبقه همکف			طبقه اول			P-value	ملاحظات
تعداد نمونه--SD TWA شیفت کاری	تعداد نمونه	انحراف معیار	میانگین غلظت (mg/m^3)	تعداد نمونه	انحراف معیار	میانگین غلظت نمونه (mg/m^3)		
صبح	۸	۰/۰۰۳	۰/۱	۸	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	در هرشیفت کاری ودرهر طبقه ۳ نفر حضور داشتند که در تمام شیفت دو نفر مورد اندازه گیری وارزیابی دقیق قرار گرفتند
عصر	۸	۰/۰۰۱	۰/۱۵		۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۱	
P-value	---	-----	/۰۰۱	۸ -----	-	۰/۰۰۱	----	

جدول ۱- میانگین تماس فردی ۸ ساعته یا (TWA_8) گاز SO_2 بر حسب PPM در طبقات مختلف واحد ۳۰۰ در شیفتهای صبح وعصر مجتمع پتروشیمی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-21]

قسمت کاری	طبقه همکف			طبقه اول			P-value	ملاحظات
تعداد نمونه--SD TWA شیفت کاری	تعداد نمونه	میانگین غلظت (mg/m^3)	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین غلظت (mg/m^3)	انحراف معیار		در هرشیفت کاری ودرهر طبقه ۳ نفر حضور داشتند که در تمام شیفت دو نفر مورد
صبح	۸	۰/۳۶	٪۲	۸	٪۶۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	اندازه گیری وارزیابی دقیق قرار
عصر	۸	۱/۴۷	٪۱۴	۸	۱/۳۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	گرفتند
P-value	---	/۰۰۰۱	-----	-----	۰/۰۰۰۱	-	----	

جدول ۲- میانگین تماس فردی ۸ساعته یا (TWA_8) میست اسید سولفوریک بر حسب mg/m^3 در طبقات مختلف واحد ۳۰۰ در شیفتهای صبح وعصر مجتمع پتروشیمی

بحث

متوسط تراکم آلودگی دی اکسید گوگرد از منابع انتشار آلودگی حاکی از یکنواخت بودن غلظت اندازه گیری شده بین سه منبع انتشار آلودگی وتفاوت معنی دار در متوسط تراکم میستهای اسیدی بین همان سه منبع انتشار میباشد (جدول ۳). یکنواختی تراکم آلودگی گاز (SO_2) بین سه منبع انتشار آلودگی بعلت یکسانی شرایط پروسه ها از نظر خصوصیات فیزیکی وشیمیایی (دما-فشار-رطوبت و مشخصات شیمیایی نوع آلاینده) می‌باشد وتفاوت در تراکم میستهای اسیدی بین سه منبع را می‌توان بعلت نوع فرایند از جنبه های مکانیکی و پراکنش میستهای اسیدی به شیوه فیزیکی و مکانیکی بیان نمود . میزان تماس فردی ۸ ساعته گاز دی اکسید گوگرد در هر شیفت کاری وهر طبقه متغیر می‌باشد .بیشترین میزان (Average TWA (Time Weigth مربوط به شیفت عصر و طبقه همکف وکمترین میزان TWA مربوط به شیفت عصر و طبقه اول میباشد .نتایج آزمون مقایسه میانگین ها به میزان موید تفاوت معنی دار بین طبقات وشیفتها در واحد ۳۰۰ و۶۰۰ می‌باشد .علت تفاوت آلودگی عمدتاً تغییرات کمی-کیفی در منابع انتشار آلودگی وچگونگی فرایند می‌باشد .همچنین تفاوت آلودگی بین شیفتها را می‌توان به نوسانات مدت زمان مواجهه وشرایط جوی طی دو شیفت کاری نسبت داد

متوسط تراکم میستهای اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران بین طبقات همکف و اول طی شیفتهای صبح وعصر تفاوت معنی دار نشان می‌دهد حداکثر آلودگی میستهای اسید سولفوریک در طبقه همکف طی شیفت عصر وحداقل آلودگی در طبقه همکف شیفت صبح می‌باشد عمدتاً تفاوت تراکم آلودگی بین طبقات بعلت تغییرات کیفی وکمی در منابع تولید کننده آلودگی می‌باشد وتفاوت بین شیفتهای صبح وعصر بواسطه تغییرات شرایط جوی در صبح وعصر می‌باشد .

مقایسه وتطبیق نتایج حاصل از انتشار آلودگیهای شغلی در محدوده تنفسی ومنابع انتشارآلودگی نشان میدهد که ارتباط خطی و معنی داری با ۰/۹۵ اطمینان و سطح معنی داری (Pvalue=۰/۰۵) بین انتشار از سطح منبع ومواجهه شغلی بویژه در ناحیه تنفسی پرسنل وجود ندارد واین موضوع را می‌توان به باز بودن شرایط میحط کار (Open work area) ناشی از فقدان سقف کامل و باز

مشخصات نمونه منبع تولید و انتشار آلودگیهای گوگردی	تعدادایستگاه (نمونه)	میانگین تراکم محاسبه شده				ملاحظات
		انحراف معیار	SO_2 PPM	SD	H_2SO_4 Mg/m^3	
تانک کریستالیزاسیون	۳	۰/۰۰۳	۰/۰۷۴۳	۰/۱۵	۴/۷	
تسمه نقاله سانتریفوژ	۳	۰/۰۰۴۳	۰/۰۹۲۳	۰/۱۸	۷/۶۵	
V_{314}	۳	۰/۰۰۳۱	۰/۱۵۴	۱/۴۲	۴۰	
P-value	------	-----	۰/۴۸۳	----	۰/۰۰۱	

جدول ۳- میانگین غلظت گاز SO_2 و H_2SO_4 میست در منابع انتشار آلودگی در قسمتهای مختلف واحد ۳۰۰ درطی دو شیفت صبح وعصر مجتمع

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-21]

ایستگاه اندازه گیری (منبع آلودگی)	میانگین غلظت آلودگی $SO_2(PPm)$		میانگین غلظت آلودگی $H_2SO_4(mg/m^3)$	
	منابع انتشار آلودگی	ناحیه تنفسی کارگران	منابع انتشار آلودگی	ناحیه تنفسی کارگران
تانک	۰/۰۷۴۲	/۰۱۶۵		۱
کریستالیزاسیون	۰/۰۹۲۳	/.۱۲۵	۴/۷	۰/۹۱۵
تسمه نقاله	۰/۱۵۴	/.۱۵	۷/۶۵	۰/۶
V_{314}			۴۰	
P_{value}	۰/۳۷		۰/۴۱	

جدول ۴- ارتباط میانگین های منابع انتشار آلودگی با میزان مواجهه تنفسی پرسنل در معرض در واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی

بودن دیوارها در واحد ۳۰۰ آن مجتمع ارتباط داد همچنین تاثیر آموزش و روشهای کسب مهارت در جهت فرار از ناحیه خطر و باریسک بالا بویژه در تماسهای شغلی با بخارات و مواد شیمیایی واسیدی در این مطالعه بی ارتباط نیست(۱۲).

نتیجه گیری

طبقه همکف از جنبه مواجهه شغلی آلاینده های مذکور بیشترین ریسک را به خود اختصاص داده (در شیفت عصر متوسط تراکم آلودگی در هر دو آلاینده حداکثر میباشد) در حالی که حداقل ریسک مواجهه در طبقه اول و بویژه در شیفت صبح میباشد . بعضی از پارامترهای صنعتی از جمله فرایندی، محیطی، عملیات کاری، و رفتاری بعنوان شاخص تماس با منابع انتشار آلودگی شغلی موثر هستند ودر انتخاب روشهای کنترل آلودگی (مدیریتی- فنی مهندسی) بایستی لحاظ گردند (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷)

تقدیر و تشکر
از آقای مهندس اردلان سلیمانیان مسئول آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس که با مساعدت خود امکان تسریع در دسترسی به وسایل وتجهیزات نمونه برداری مورد نیاز را فراهم نموده‌اند تشکر می شود.

منابع

1. William N.R, Environmental & Occupational Medicine Third Edition, Elsvier, 1997, PP-157-180

2. Threshold limit values for chemical substance and physical agents and biological exposure indices, ACGIH, 2006-PP-65, 88, 99

3. Niosh manual of analytical methods 2003, vol :1 PP-170

4. Chen LC, Fine JM, Qu QS. Effects of fine and ultrafine sulfuric acid aerosols in guinea pigs. Toxicol Appl Pharmacol. 1992 Mar;113(1):109-17.

5. Chen LC, Miller PD, Lam HF, Guty J. Sulfuric acid-layered ultrafine particles potentiate ozone-induced airway injury , J Toxicol Environ Health. 1991 Nov; 34 (3): 337-52.

6. Essential Reference for Air sampling catalogue and Guide SKC 2003, 5ed-pp-88

7. Morris K, Method of Air sampling and analysis, 1977 sec: 2: 559 - 639

8. Wessex . Institute of technology International conference on Air pollution proceedings, 2004.

9. Naeher, L; Jankun -M, Environment , Health - Perspex, 2004, 107(3): 223-31.

10. Carlson, RW, Johnson, RE. Occupational exposures science , 2005, pp.286

11. Kreider, J.F, et Al. Environmental Engineering Mechanical Engineering Handbook, Boca Raton: CRC Pres LLC, 1999.

12. Ighigeanu.D, Martin.D, Radoiu.R, Iovu.H, Calinescu.I, SO_2 and NOx Removal by Synergetic Methods, 12 Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering, 2001.

13. Runyon .D. J, Background on Air Quality Control (Obtained from UNIDO , Sustainable Industrial Development), 2005.

14. Zanetti.P,Barebbia.CA,Garcia.J.E, Ayalamilian. G ,Air Pollution,2th Ed ,New York, Elsevier Applied Science ,1993; 703-718.

15. Ighigeanu, D. Martin, D. Zissulescu, E. Macarie R, Oproiu.C, SO2 and NOx removal by electron beam and electrical discharge induced non-thermal plasmas, Vacuum , 2005,77, 493-500.

16. Xiao F and Chen J, Application of Non-thermal plasma Technology for Indoor Air Pollution Control International Society for Environmental Information Sciences , 2004, Vol 2 , 628-634.

17. Ighigeanu D, Martin.D,Zissulescu.E, Macarie.R, Oproiua.R, Cirstea.E, SO_2 and NOx removal by electron beam and electrical discharge induced non-hermal plasmas , Vacuum , 2005,77, 493-500.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-21]