کارگاه آموزشی

نکات کاربردی در انتخاب و تعیین طول عمر

کارتریج ماسکهای تنفسی ویژه بخارات آلی

# روشهای تعیین طول عمر کاتریج ماسکهای تنفسی ویژه بخارات آلی

مدرس: دکتر مهدی جهانگیری

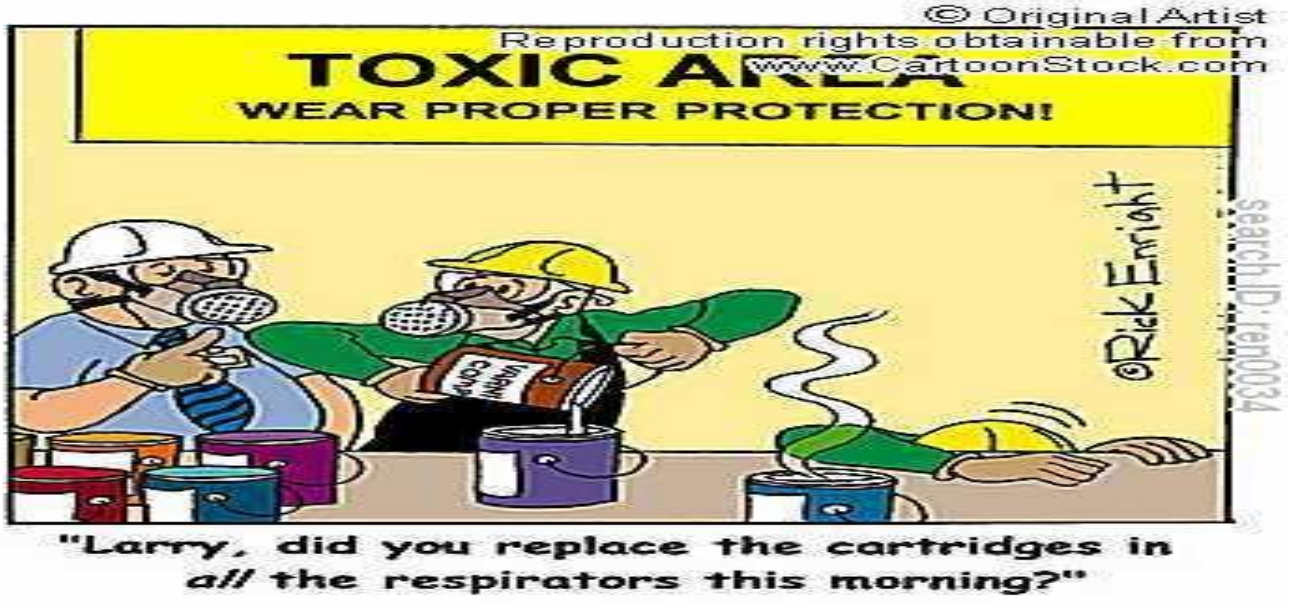
عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

Ja_me۵۹@yahoo.com

# روشهای تعیین طول عمر کاتریج ماسکهای تنفسی ویژه بخارات آلی

مقدمه:

منظور از طول عمر کارتریج دوره زمانی است که کارتریج حفاظت کافی برای کاربر فراهم می کند. پس از اینکه کارتریج مقدار مشخصی از آلاینده ها را جذب کرد و ظرفیتش تکمیل گردید، آلاینده شروع به عبور از کارتریج کرده و وارد قطعه صورتی ماسک می شود که به این شرایط عبور آلاینده(*Breakthrough*)می گویند.



# تعریف طول عمر :

دوره زمانی است که کارتریج حفاظت کافی برای کاربر فراهم می کند. پس از اینکه کارتریج مقدار مشخصی از آلاینده ها را جذب کرد و ظرفیتش تکمیل گردید، آلاینده شروع به عبور از کارتریج کرده و وارد قطعه صورتی ماسک می شود (*Breakthrough*).

مدت زمانی است که طول می کشد تا یک گاز یا بخارمواد جاذب درون کارتریج یا کانیستر را اشباع کرده و از آن عبور کند (به غلظت معیار برسد)
غلظت معیار : درصدی از TLV (۰/۲۵ درصد) به علاوه یک فاکتور ایمنی.

بر طبق یک قاعده سر انگشتی قدیمی یک کارتریج تا زمانی که بوی آلاینده در داخل ماسک تشخیص داده نشود، قابل استفاده است!

!

چرا تکیه بر خواص هشدار دهنده برای تعیین زمان طول عمر کارتریج مجاز نیست؟

?

-حواس انسان (بو، مزه، تحریک و...) مصون از خطا و شکست نیستند .حتی افرادی که قویترین حس بویایی را دارند، در تشخیص ۱۰ پی پی ام ترا کلرید کربن، ۱ پی پی ام وینیل کلراید و ۰/۱ پی پی ام آکرولئین با مشکل مواجه خواهند شد.

- تفاوت در آستانه بویایی افراد (گاها بالاتر از دو برابر بزرگی آستانه)

-تغییر در آستانه بویایی به علت مواجهه کم و طولانی مدت،

-تغییر در آستانه بویایی به علت یک سرماخوردگی ساده و سایر بیماریها

- نقص در تشخیص بو به علت حواس پرتی در محیط های کاری که برای جلب توجه کارگر رقابت وجود دارد.

- برخی مواد فاقد خواص هشداردهندگی کافی هستند و آستانه بویایی آنها خیلی بالاتر از حدود استانه مجاز آنهاست(مثل وینیل کلراید، ۱و۳ بوتادین و ... )

| | Odour Threshold | TLV |
|---|---|---|
| Benzene | 4.7 | 0.5 |
| Xylene | 1 | 20 |
| Toluene | 2.49 | 20 |

# روشهای تعیین طول عمر کارتریج ماسکهای تنفسی:

دو راه اصلی برای تعیین طول عمر(Service Life):مدت زمانی که کارتریج قادر است حفاظت کافی برای فردی که از آن استفاده می کند، فراهم می آورد، وجود دارد:

۱- شاخص انتهای طول عمر(ESLIs)(End-of-service life indicators): شاخصی است که با استفاده از آن می توان به خاتمه کارایی کارتریج ماسک تنفسی پی برد.

۲- برنامه تعویض کارتریج(*Cartridge Change Schedule*): برنامه ای که به منظور تعیین زمان تعویض کارتریج در قبل از فرا رسیدن انتهای طول عمرش تدوین می شود.

# ۱.شاخص انتهای طول عمر

امروزه کارتریج هایی ساخته شده است که قابلیت این را دارند که زمان تعویض را به فرد هشدار دهد. ولی در حال حاضر تعداد کمی از کارتریج ها شاخص انتهای طول عمر(*End-of-service life indicators*) (ESLIs) مورد تایید NIOSH را دارند.

در ناحیه کوچکی در مرکز سطح ورودی کارتریج ESLIS قرار گرفته و دور تا دور کارتریج حاوی کاغذ های آغشته به مواد شیمیایی است. در حین استفاده که کاغذ در معرض مواد شیمیایی خاص قرار می گیرد، این شاخص از رنگی به رنگ دیگر تغییر می یابد. وقتی که رنگ شاخص تغییر کرد، کارتریج شروع به از دست دادن کارایی اش در برابر گاز ها و بخارات نموده و می بایست تعویض گردد.

مکانیزم های مختلف: مقاومت الکتریکی، گرمای واکنش جذب، تغییر رنگ و ...

# مکانیزم های شاخص انتهای طول عمر

الف) Passive Chemically Coated paper : تغییر رنگ کاغذ اغشته به معرف

مزیت: ارزان و به راحتی در کارتریج جای می گیرد.

معایب: نیازمند پایش مداوم و فعال فرد ، نیازمند روشنایی کافی، اختصاصی نسبت به گروههای عاملی شیمیایی خاص

ب) Active : سنسورهای الکترونیکی برای پایش حضور آلاینده و شاخصی (دیداری یا شنیداری ) برای هشدار اتوماتیک

مزیت : کمتر انتخابی و برای رنج وسیعی از آلاینده ها کاربرد دارد

عیب : هزینه

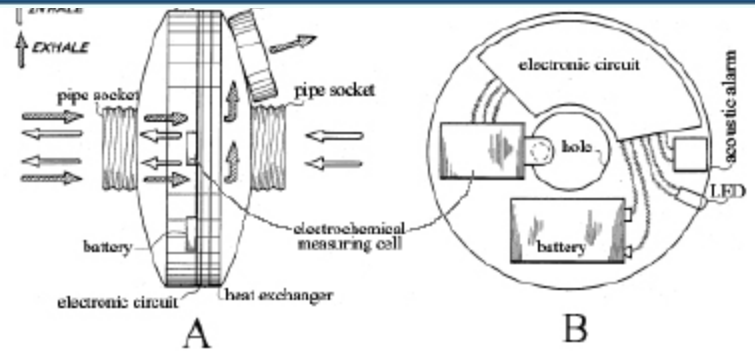
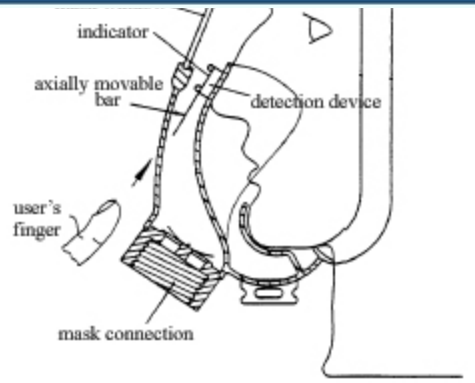



*Figure 20: Auergesellschaft GMBH's respirator shaped warning device containing electrochemical sensor [84, 85] (A) side view (B) top view.*




*aegerwerk's breathing mask with an indicator signalling penetration of a toxic the mask [56].*

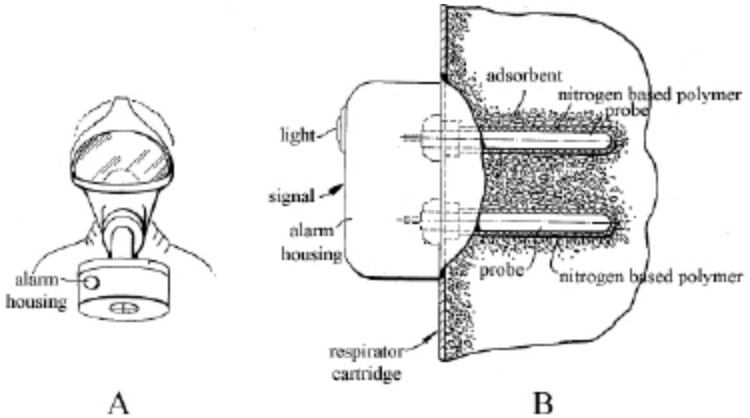



*Figure 16: Electronic alarm system for detecting hazardous gases by measuring changes in the electrical resistance of nitrogen based polymers (A) respirator cartridge (B) detector system*

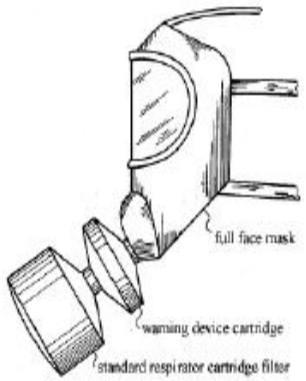



*Figure 21: Auergesellschaft GMBH's warning device positioned between face mask and respirator cartridge filter [84, 85]*

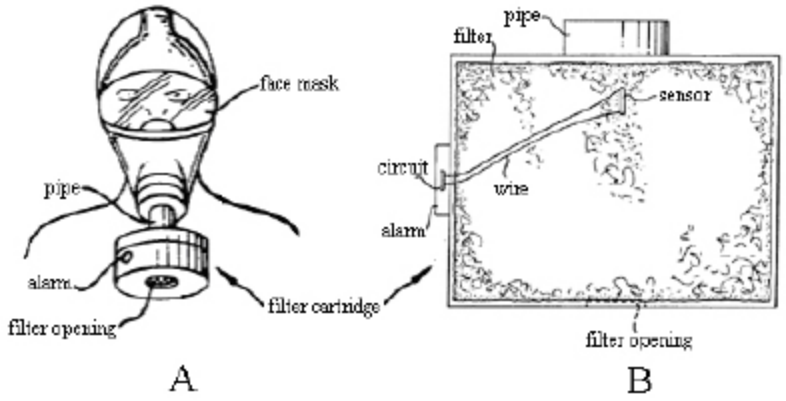



Figure 22: Stetter's design [87] (A) face mask and respirator cartridge (B) respirator cartridge with chemiresistor sensor.

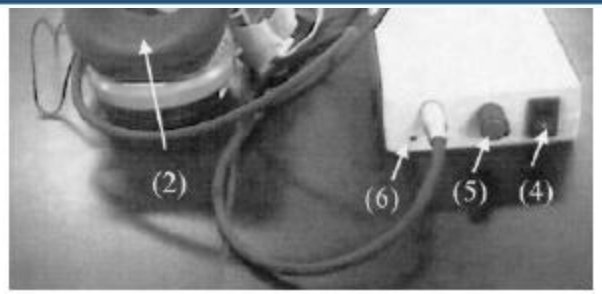



Figure 32: Hori et. al's respirator design. (1) semiconductor sensor, (2) covering, (3) control box with alarm system, (4) power switch, (5) sensitivity knob, (6) alarm indicator, (7) earphone[101].

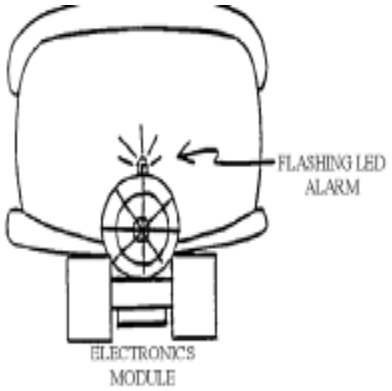



Figure 23: Schematic of the prototype ESLI mounted on a full fask mask [88].

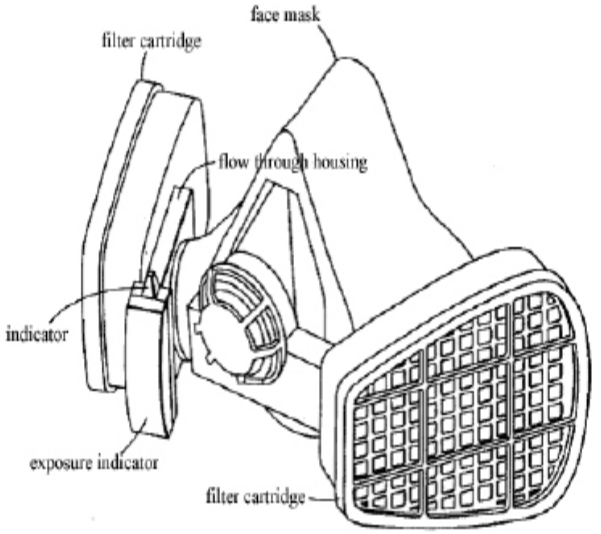
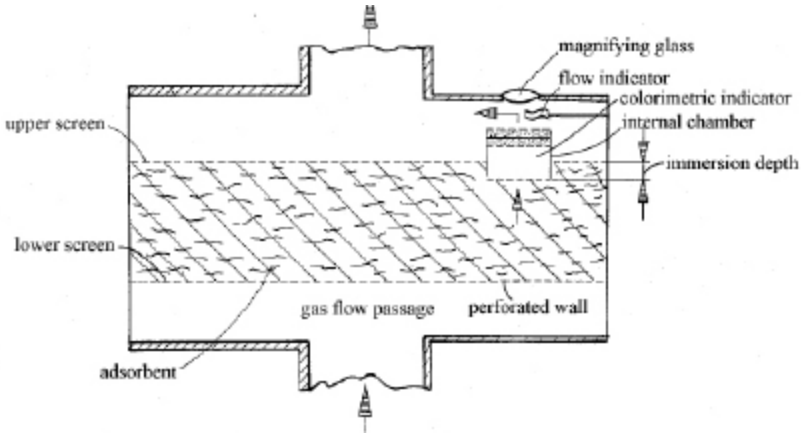



Figure 27: Position of the ESLI relative to the face mask and respirator cartridges [93]



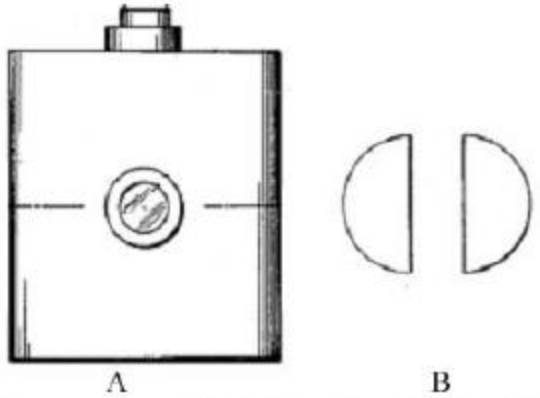




*Figure 3: The Wiswesser canister, 1960 [41], (A) canister with window indicator assembly (B) two half discs making up part of the ESLI.*

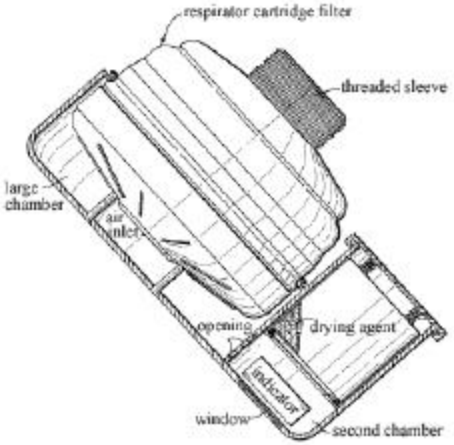



*Figure 5: Auergesellschaft GMBH's supplementary filter attachment containing a drying agent and colourimetric indicator [44].*

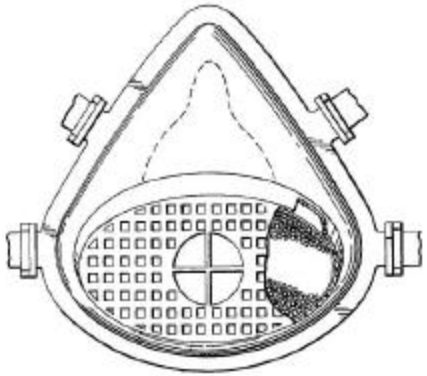
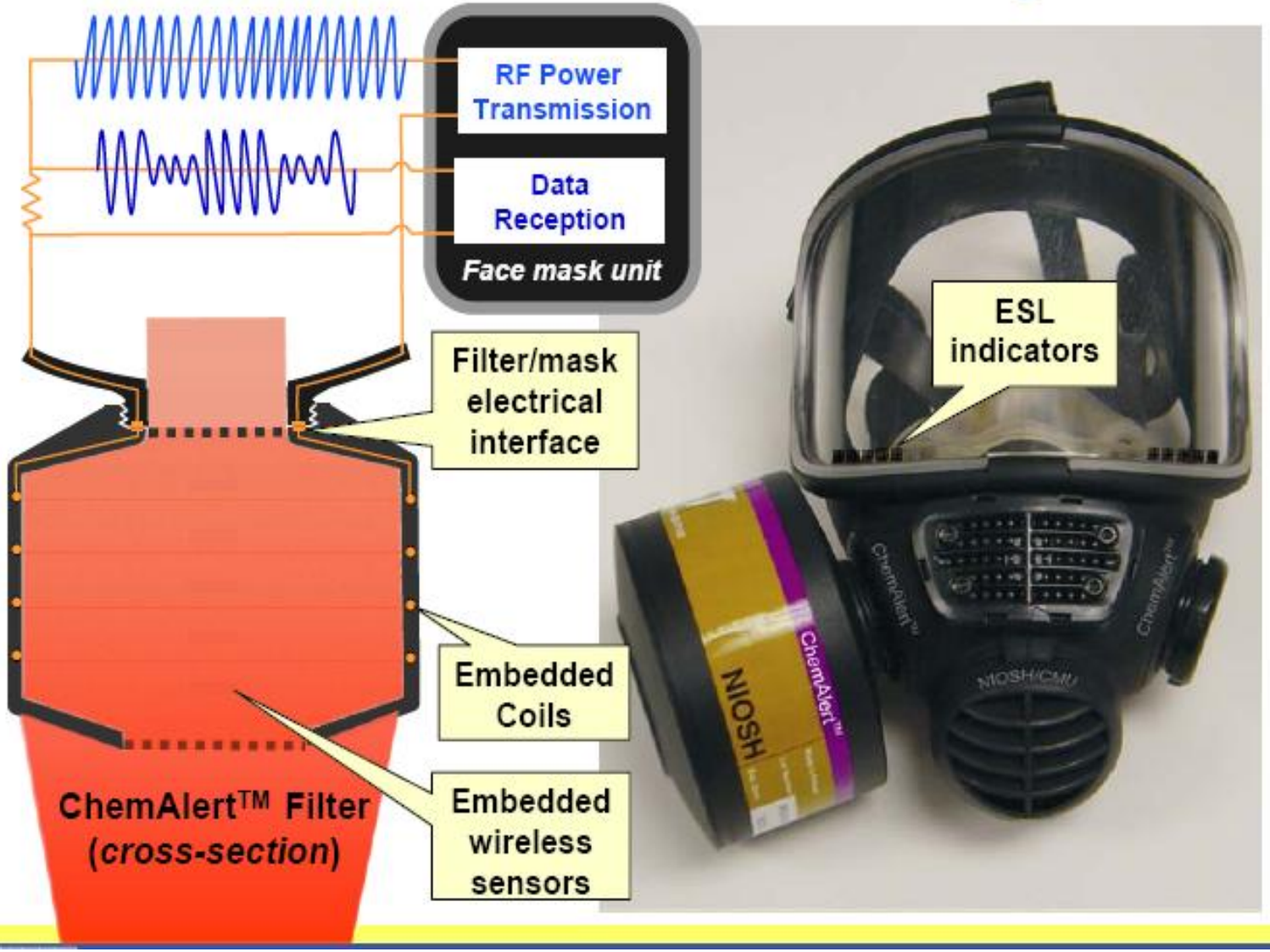


*Figure 8: Respirator design of Eian [52] with built in indicator sheet.*

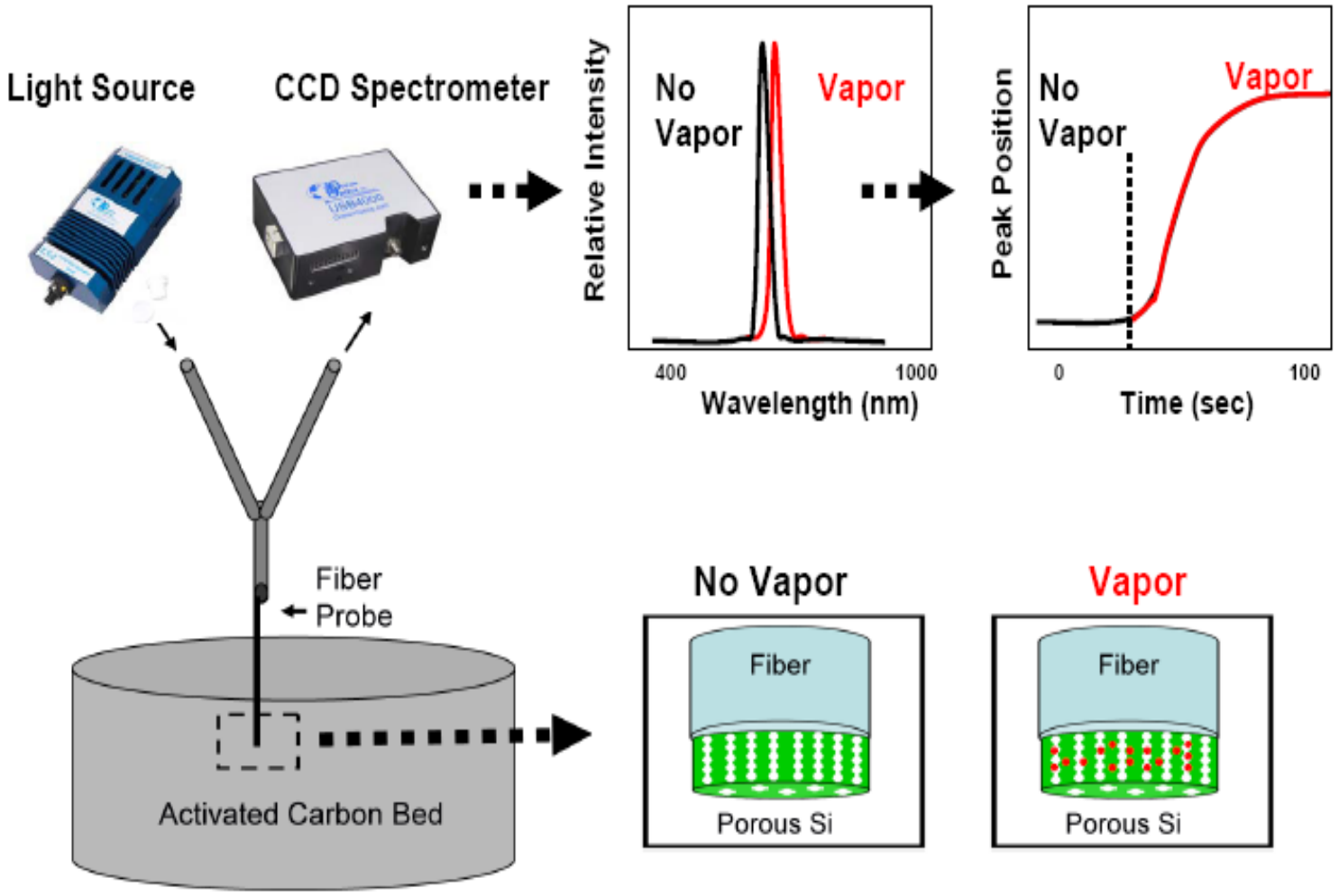
# End of Service Life Indicators

- **There are very few NIOSH-approved ESLI's:**
  - Ammonia
  - Carbon monoxide
  - Ethylene oxide
  - Hydrogen chloride
  - Hydrogen fluoride
  - Hydrogen sulfide
  - Mercury
  - Sulfur dioxide
  - Toluene-2,4-diisocyanate
  - Vinyl chloride

# End-of-Service Life Detection System



# Examples of Sensor Integrated Cartridges


Light Source
CCD Spectrometer
Relative Intensity
No Vapor
Vapor
400
1000
Wavelength (nm)
Peak Position
No Vapor
Vapor
0
100
Time (sec)
Fiber
Probe
Activated Carbon Bed
No Vapor
Fiber
Porous Si
Vapor
Fiber
Porous Si

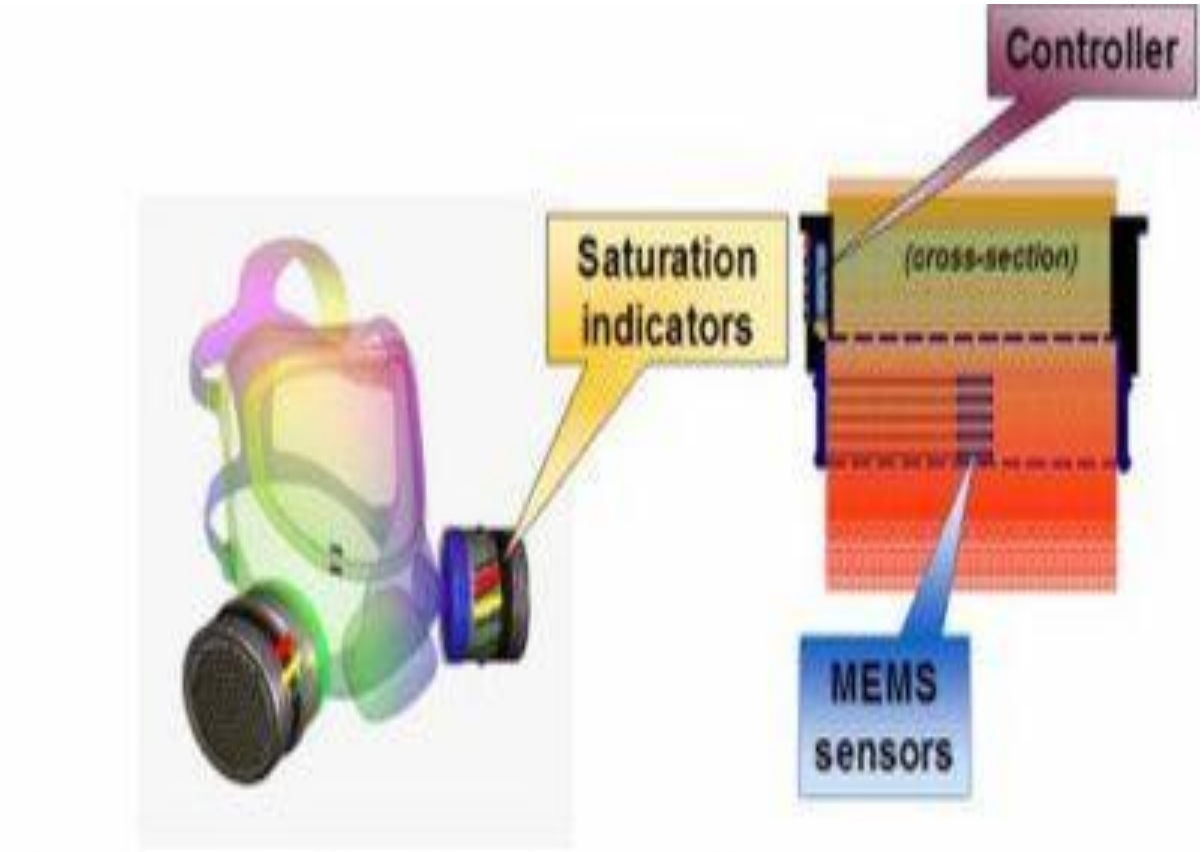



Figure 1. Respirator with ESL indicator system

## 2.7 Conclusions

The complexity of implementing NIOSH's recommended cartridge change schedule [62] is best summarised by an official statement from AOSafety [117].

> *" There is no accurate, reliable method established, at this time, for determining service life of a cartridge for products that are a mixture of chemicals. It is a complex task that requires considerable professional judgement to create a reasonable change schedule. The change schedule for a mixture should be based on reasonable assumptions that include a margin of safety for the worker wearing the respirator. The best guesstimate can only be provided if the total concentration in the air is known. Without a known concentration, the service life of each substance identified in the MSDS, that is a liquid at room temperature, must be calculated at a determined concentration, which may not reflect the actual concentration of the contaminants in the air".*

# ۱.تدوین برنامه تعویض کارتریج

استانداردهای OSHA به شماره (iii)(۳)(d)۱۹۱۰.۱۳۴ بیان می کند که به منظور محافظت در برابر گازها و بخارات، کارفرما می بایست از ماسکهای دارای ESLIs که مورد تایید NIOSH باشد، استفاده کند یا در غیر اینصورت می بایست نسبت به تدوین برنامه زمانبندی برای تعویض به موقع کارتریج ها اقدام گردد.
لازم به ذکر است تعیین طول عمر برای فیلترهای ذرات طبق استاندارد برای ذرات نیاز نیست و فقط در مورد گازها و بخارت الزام شده است.

استاندارد OSHA بیان می کند که از ماسکهای تصفیه گاز می بایست فقط وقتی استفاده شوند که :

- دارای یک شاخص پایان طول عمر قابل اعتماد باشند که کاربر را قبل از اینکه عبور آلاینده رخ دهد مطلع می کند
- و یا یک برنامه تعویض کارتریج بر مبنای داده های طول عمر کارتریج شامل، غلظت مورد انتظار، الگوی استفاده و مدت زمان استفاده تدوین شود.

در مطالعات مشخص شده است که برخی از مواد شیمیایی فرار(موادی که نقطه جوش کمتر از ۶۵ درجه سانتی گراد دارند) تمایل دارند تا از چارکول دفع شوند و در زمان نگهداری (انبار شدن) و زمانی که استفاده نمی شوند، در طول کارتریج مهاجرت کنند.وقتی کارگر ماسک را برای بار دوم می پوشد(مثلا در ابتدای روز کاری بعدی، این احتمال وجود دارد که بخشی از بخار آلاینده از پشت کارتریج دفع شود و کارگر را در معرض مواجهه با آلاینده قرار دهد.

# تعویض فیلترهای ذرات

به طور معمول کارایی فیلتراسیون ذرات در طی استفاده با بارگذاری فیلتر و تشکیل لایه کیک بر روی سطح فیلتر بهبود می یابد.
ماسکها یا فیلتر ها باید می بایست وقتی تعویض شوند که آسیب ببیند، کثیف شود یا مقاومت تنفسی فرد افزایش یابد.
فیلترهای سری N نباید جهت آئروسولهای روغنی استفاده شوند. NIOSH توصیه می کند که فیلترهای سری N اگر جهت آئروسولهای روغنی استفاده می شوند، هر ۸ ساعت یکبار تعویض شوند.
اغلب سازندگان توصیه می کنند که فیلترهای سری P شان در محیط هایی که حاوی آئروسول های روغنی هستند، به ۴۰ ساعت استفاده یا ۳۰ روزه کدام که زودتر برسد، محدود شود)
برای کارتریج ها و کانیستر ها می بایست بر مبنای اطلاعات عینی یا داده هایی که اطمینان می دهد کارتریج یا کانیستر قبل از به پایان رسیدن طول عمرشان تعویض می شوند استفاده گردد.

همچنین کارگران می بایست در مورد برنامه حفاظت تنفسی و اینکه کارگر چه موقع می بایست فیلتر ها یا کارتریج ها را تعویض کند، آموزش ببینند.
با این حال بند ۸-۴-۲ قانون فوق معیار های تعویض فیلتر، کارتریج یا کانیستر را به شرح ذیل اعلام می کند:
الف- وقتی که کارگر مقاومت تنفسی احساس کند.
ب- وقتی که کارگر بو یا مزه آلاینده را احساس کند یا خواص تحریک کنندگی آلاینده را تشخیص دهد.
ج- وقتی که شاخص ESLI نشان دهد.
د- وقتی که الزامات OSHA در مورد برخی موادشیمیایی خاص نشان دهد (مثل فرمالدئید)

مطابق استاندارد OSHA تکیه بر آستانه بویایی و دیگر خواص هشدار دهنده به عنوان تنها مبنای تعیین اینکه ماسکهای تنفسی تصفیه کننده هوا حفاظت کافی را در برابر مواجهه با گازها و بخارات آلاینده فراهم می آورند، مجاز نیست و لازم است بر اساس اطلاعات عینی نسبت به تدوین و اجرای یک برنامه زمانبندی تعویض کارتریج یا کانیستر اقدام شودتا بدین ترتیب اطمینان حاصل شود که کارتریج ها قبل از انتهای طول عمرشان جایگزین
می شوند.

برنامه زمانبندی تعویض کارتریج هم برای ماسکهای فشار منفی و هم برای ماسکهای تصفیه کننده برقی نیاز است.

مبنای برنامه زمانبندی تعویض کارتریج/کانیستر در حالت ایده آل می بایست بر مبنای تست عبور آلاینده که در شدید ترین شرایط از نظر غلظت آلاینده، رطوبت، دما وفلوی هوای عبوری از فیلتر تدوین گردد.

زمان عبور آلاینده مدت زمانی است که طول می کشد تا یک گاز یا بخارمواد جاذب درون کارتریج یا کانیستر را اشباع کرده و سپس از ماسک عبور کند.زمان عبور می بایست به عنوان یک غلظت خاص که در پایین دست بستر جاذب کارتریج و تحت یک شرایط خاص محیطی تعریف شود.

برای این پروتوکل زمان عبور بر روی منحنی عبور به عنوان زمانی که عبور آلاینده به ۲۵ درصد حدود تماس شغلی می رسد، تعریف می شود.

کارتریج می بایست در حالت ایده آل قبل از زمان عبور قابل انتظار تعویض گردد.

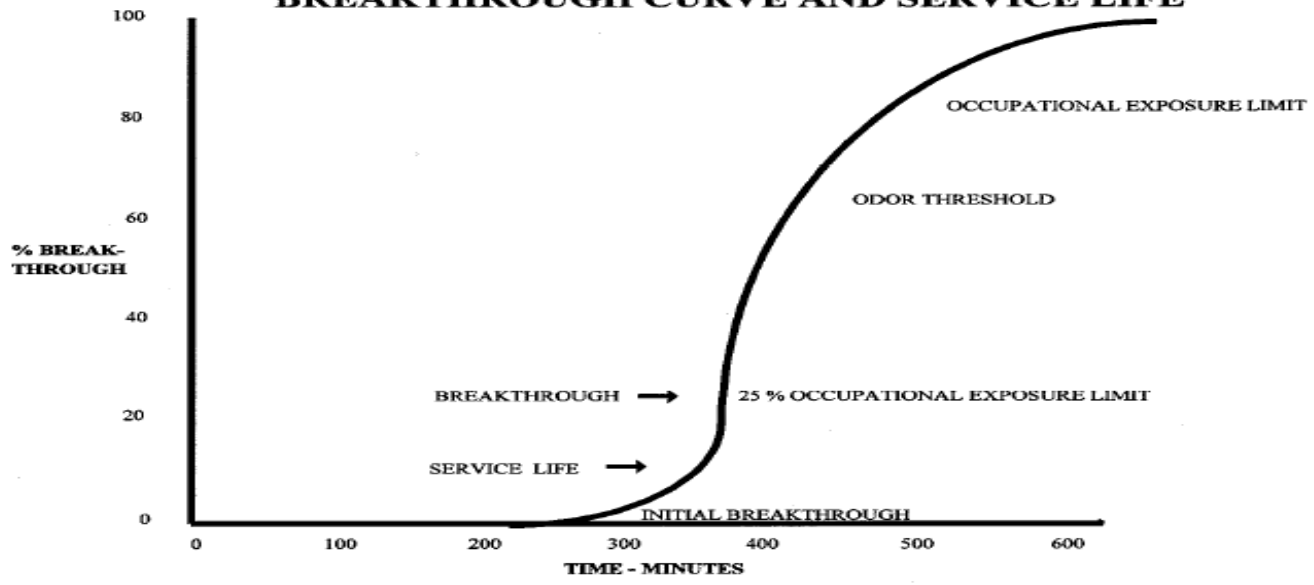
بنابراین لازم است یک فاکتور ایمنی مثلا جایگزینی کارتریج قبل از ۹۰ درصد زمان عبور تخمین زده شده (مثلا اگر زمان عبور ۱۰۰ دقیقه تخمین زده شده، کارتریج حداقل پس از ۹۰ دقیقه استفاده تعویض گردد)

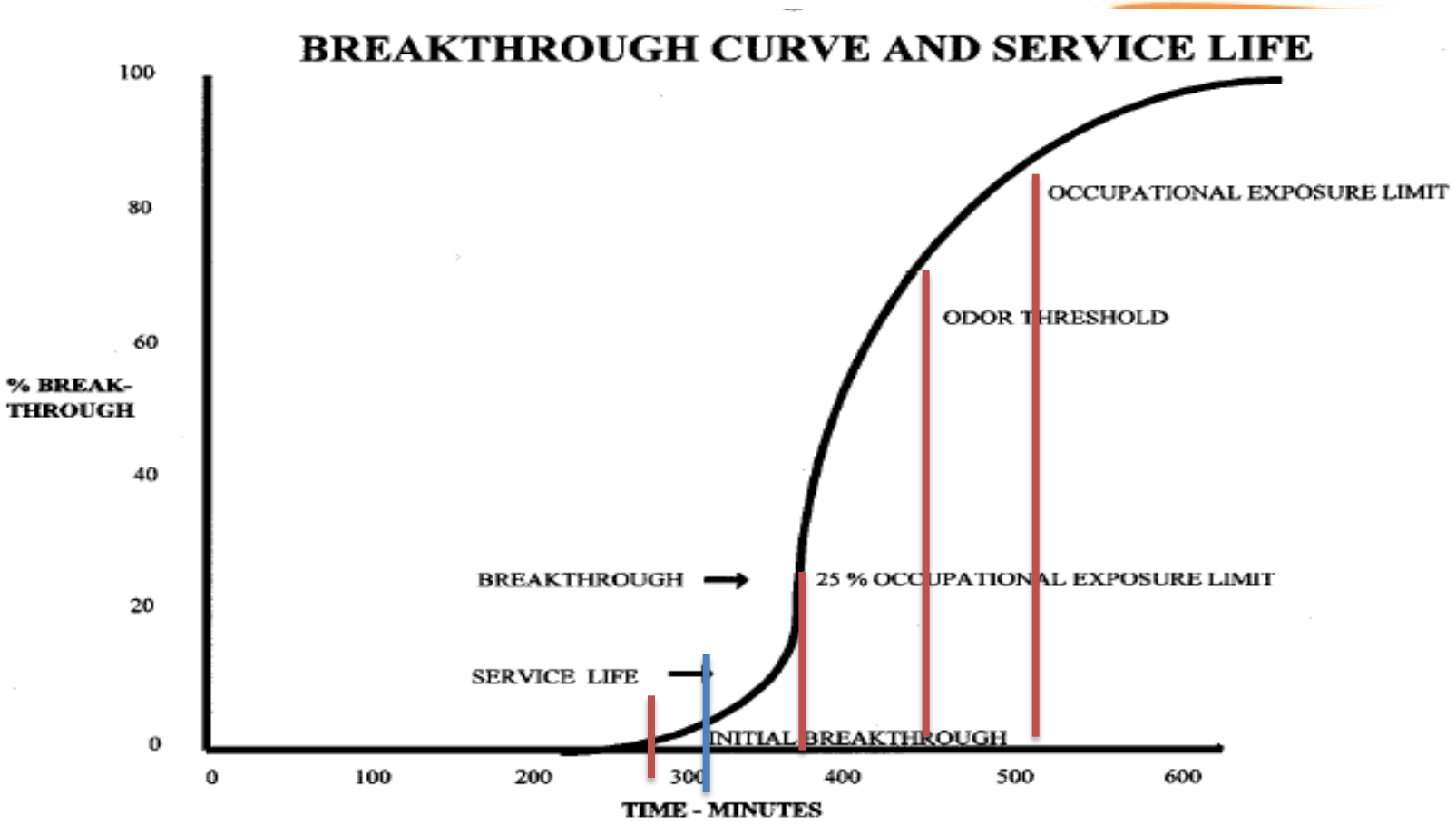
همانطور که نشان داده شده است عبور آلاینده (۲۵ درصد حد تماس شغلی) بعد از ۳۸۰ دقیقه رخ می دهد. پس از اعمال فاکتور ایمنی طول عمر برابر است با ۳۴۲ دقیقه (۳۸۰ دقیقه ضربدر ۹۰ درصد).

برای راحتی برنامه تعویض می تواند طوری تظیم شود که هر ۴ ساعت(۲۴۰ دقیقه) جایگزین گردد. بسته به طول عمر محاسبه شده، برنامه زمانبندی تعویض کارتریج معمولا هر ۴ ساعت یکبار، ۸ ساعت، یک هفته ای و یا برخی دوره های زمانی دیگر که برای تعویض کارتریج راحت باشد، برنامه ریزی می شود.

**Figure 1**

**BREAKTHROUGH CURVE AND SERVICE LIFE**






عبور آلاینده (۲۵ درصد حد تماس شغلی) بعد از ۳۸۰ دقیقه رخ می دهد. پس از اعمال فاکتور ایمنی طول عمر برابر است با ۳۴۲ دقیقه (۳۸۰ دقیقه ضربدر ۹۰ درصد).

طول عمر کارتریج تحت تاثیر متغیرهای متعددی است که عبارتند از :

۱- نرخ تنفسی کارگر (طول عمر به طور عکس با نرخ تنفسی کارگر متناسب است
۲- ظرفیت جذب کارتریج های شیمیایی (هرچه میزان جاذب بیشتر طول عمربیشتر)
۳- دما (هر ۱۰ درجه افزایش می تواند طول عمر ر بیشتر از ۱۰ درصد کاهش دهد)
۴- رطوبت نسبی رطوبت بالای ۸۵ درصد طول عمر بخارات آلی را ۵۰ درصد کاهش می دهد چرا که بخار آب جانشین بخارات آلی در مواد جاذب می شود. رطوبت طول عمر جاذب های گازهای غیر آلی را افزایش می دهد چرا که گازهای غیر آلی در آب محلول هستند. بر خلاف انتظار طول عمر کارتریج های گازهای اسیدی، آمونیاک/ متیل آمین و دیگر مواد شیمیایی که بر اساس اصل جذب شیمیایی عمل می کنند، با افزایش رطوبت نسبی افزایش می یابد.

۵- غلظت آلاینده در محیط کار(کاهش ۱۰ برابری غلظت در کل طول عمر را ۵ برابر کاهش می دهد)

لازم به ذکر است کارایی کارتریج های ماسکهای بخارات آلی در حذف متانول، دی کلرومتان، دی سولفید کربن، متیل کلراید، استون و متیل استات ضعیف است.
به علت زمانهای عبور از آلاینده کوتاه این حلالها، دیگر جاذبهای سطحی یا جمع کننده ها می بایست استفاده شود.
برای افزایش خاصیت انتخابی کارتریج ها برای یک سری مواد شیمیایی خاص می توان مواد جاذب را یا برخی معرف های شیمیایی تلقیح کرد. کربن اکتیو های تلقیح شده برخی ملکولهای بخار و گاز خاص را از طریق جذب شیمیایی حذف می کنند.
جذب شیمیایی عبارتست از تشکیل باند ها بین ملکولهای ماده تلقیح کننده و ماده شیمیایی آلاینده است.
این باند ها یا اتصالات خیلی قوی تر از نیروهای جاذبه در جذب سطحی فیزیکی هستند.این باند ها غیر قابل برگشت هستند.

مراحل تدوین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج:
هدف حصول اطمینان از عدم عبور آلاینده قبل ازتعویض کارتریج ها (نه تعیین دقیق زمان دقیق عبور آلاینده).

۱- تعیین مشخصات محیط کار از نظر غلظت مواجهه با آلاینده های شیمیایی.
۲-تخمین زمان عبور آلاینده برای هر کدام از اجزاء بخارات الی در مخلوط مواد شیمیایی و با استفاده از روشهای مربوطه (که در ادامه بحث خواهد شد).
۳-محاسبه زمان عبور مخلوط و انتخاب یک برنامه تعویض کارتریج که حداقل ۱۰ درصد کمتر از جزئی باشد که کمترین زمان عبور آلاینده را داشته باشد.
۴- سنجش اثر بخشی برنامه تعویض تدوین شده از طریق نمونه برداری در پشت کارتریج و در حالی که ماسک استفاده می شود.

۱- تعیین مشخصات محیط کار:

فرکانس و مدت زمان مواجهه کارگرانی که از ماسک برای حفاظت خودشان در برابر گازها و بخارات آلاینده استفاده می کنند را مشخص کنید. غلظت آلاینده ها را مشخص کنید.

در استراتژی نمونه برداری معمولا توصیه می شود که ۶ تا ۱۰ نمونه از افرادی که به طور رندوم از "گروه های با مواجهه جه مشابه(*similar exposure group*)" انتخاب شده اند گرفته شود تا بدین ترتیب نتایج اندازه گیری ها از نظر آماری معتبر باشند.

از نتایج مربوط به مواجهه در بدترین شرایط برای تخمین مواجهه استفاده کنید.

نمونه ای از اطلاعات مواجهه مورد نیاز برای تدوین برنامه تعویض کارتریج به شرح ذیل می باشد:

پایش هوا غلظت آلاینده های محیط کار را به شرح ذیل نشان داده است:

تولوئن ۶۵ پی پی ام، ان هگزان ۶۰ پی پی ام، ایزوبوتیل استات ۷۵ پی پی ام، اتیل بنزن ۷۵ پی پی ام، تری متیل بنزن ۱۰ پی پی ام، زایلن ۶۰ پی پی ام.کارکنان از ماسک برای مدت ۷ ساعت در یک شیفت ۸ ساعته استفاده می کنند.

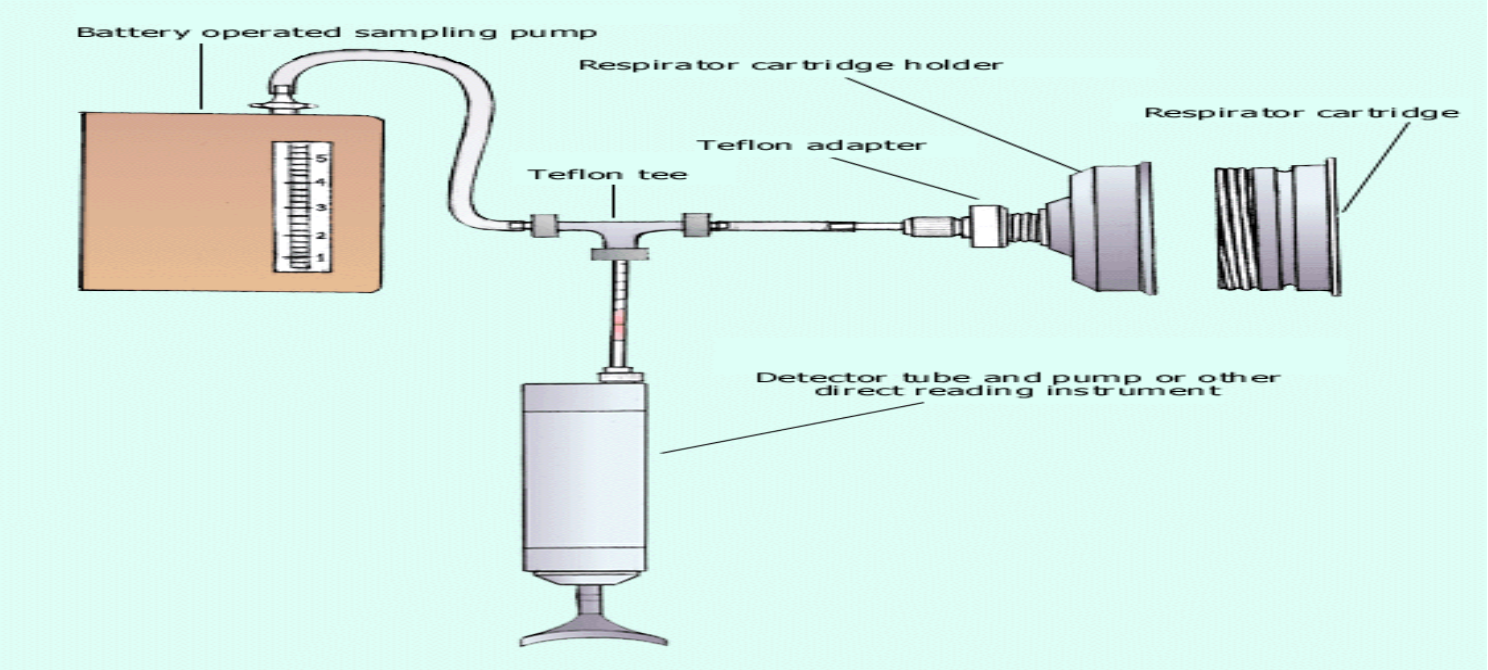
۲- تخمین زمان عبور برای هر جزء از مخلوط :

| جزء مخلوط | زمان عبور برای هز کدام از اجزاء مخلوط (به طور منفرد) با استفاده از نرم افزار تخمین طول عمر (ساعت) |
|---|---|
| تولوئن | ۸۳/۳۷ |
| ان هگزان | ۴۸/۹۳ |
| ایزوبوتیل | ۵۹۵/۰۸ |
| اتیل بنزن | ۶۴/۶۲ |
| تری متیل بنزن | ۳۴۰/۷۸ |
| زایلن | ۱۰۳/۵ |

۳- محاسبه زمان عبور برای مخلوط

۴- تعیین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج

۵- ارزشیآبی برنامه حفاظت تنفسی با نمونه برداری از پشت کارتریج اثر بخشی برنامه تدوین شده را مورد ارزیابی قرار دهید.



- صرفا در جاییکه یک برنامه موثر تعویض کارتریج اجرا می شود، ماسکهای تصفیه کننده هوا می تواند برای محافظت در برابر مواد شیمیایی خطرناک مثل ایزوسایانات ها (شامل آنهایی که خواص هشداردهنده ضعیف یا بدون خاصیت هشدار دهنده هستند، استفاده شود).

اولویت بندی تدوین برنامه زمانبندی:

۱- فرایند هایی که مواجهه کارکنان بیش از حدود مواجهه شغلی است.(حدود سه درصد کل موارد استفاده از ماسک)

۲- جاهایی که کارگران از ماسک استفاده می کنند ولی در این فرایند ها مواجهه بیش از حد رخ نمی دهد (کمتر از حد تماس شغلی یا حد عمل). این دسته از فرایند ها اکثریت موارد مربوط به استفاده از ماسک را به خود اختصاص می دهد.

۳- پایین ترین اولویت مربوط به استفاده داوطلبانه از ماسک است، در زمانی که کارگران در جاهایی که ریسک مواجهه بیش از حد وجود ندارد، به طور داوطلبانه از ماسک استفاده می کنند..

**Table 2**
**Priority For Establishing**
**Respirator Cartridge Change Out Schedules**

| First Priority | → | Second Priority | → | Last Priority |
|---|---|---|---|---|
| Documented Overexposure | | Unnecessary Respirator Use | | Voluntary Respirator Use |

## نحوه محاسبه طول عمر برای مخلوط مواد شیمیایی:

وجود بیش از یک بخار آلاینده تاثیر چشمگیر و غیر قابل پیش بینی بر روی طول عمر کارتریج دارد. عبور آلاینده از کارتریج ممکن است در حضور مخلوط آلاینده ها زودتر از زمان پیش بینی شده برای یک آلاینده منفرد باشد.

زمان عبور آلاینده برای ترکیباتی که به طور ضعیف جذب می شوند، به میزان قابل ملاحظه ای با در معرض مخلوط ها قرار گرفتن کاهش می یابد. تخمین های طول عمر برای آلاینده های تکی یک مخلوط ممکن است در تدوین یک برنامه تعویض یا تعیین اینکه کارتریج شیمیایی مناسب است، مناسب باشد.

برای تخمین طول عمر مواد مخلوط می توان از روشهای زیر استفاده کرد:

۱–قوانین سرانگشتی OSHA برای تخمین زمان عبور آلاینده برای مخلوط مواد(OSHA CPL 2-0.120 - Inspection procedures for the Respiratory Protection Standard :):

اگر زمانهای عبور مخلوط در رنج ۱۰۰ برابر هستند، غلظت ها را با هم جمع کنید و فرض کنید که کل مخلوط مشابه آلاینده ای عمل می کند که زمان عبور کوتاه تری دارد (و زمان عبور را برای غلظت کل و برای ماده های که کوتاه ترین زمان عبور را دارد، محاسبه نمایید).

چنانچه زمانهای عبور اجزاء مخلوط برابر یا بیشتر از ۱۰۰ برابر نوسان دارند، از کوتاه ترین زمان عبور استفاده کنید.

مثال:

زمانهای عبور ذیل برای یک مخلوط و با استفاده از نرم افزار سازنده محاسبه شده اند.

Employees are exposed to following:

Chemical A = ۱۰۰ ppm
Chemical B = ۱۰۰ ppm
Chemical C = ۷۵ ppm

Service life software predicts the following service times for each substance:

Chemical A = ۳۷۷۰ minutes
Chemical B = ۳۲۹۰ minutes
Chemical C = ۲۴۸۰ minutes

در این مثال زمانهای عبور کمتر از ۱۰۰ برابر هم هستند

پس غلظت ها جمع شده و زمان عبور برای ماده ای که کمترین زمان عبور را دارد و براساس غلظت مجموع دوباره تخمین زده می شود: یعنی با استفاده از نرم افزار سازنده زمان عبور ماده C در غلظت ۲۷۵پی پی ام محاسبه می شود که برابر می شود با ۱۶/۵ساعت. پس زمان عبور مخلوط ۱۶/۵ ساعت خواهد بود.

اگر زمان عبور اجزاء مخلوط بیشتر از ۱۰۰ برابر هم باشند (اختلاف بین انها بیشتر از ۱۰۰ باشد)، ماده ای که زمان عبور کوتاه تری دارد به عنوان برنامه تعویض کارتریج در نظر گرفته می شود.

جزء الف: ۱۰۰ پی پی ام، زمان عبور تخمینی : ۱۰ ساعت (کوتاه ترین)

جزء ب : ۲ پی پی ام، زمان عبور تخمینی : ۱۰۰۰۰ ساعت

جزء ج: ۳۰ پی پی ام، زمان عبور تخمینی : ۵۰۰ ساعت

## ۲-روش جزء مولی:

غلظت اجزاء مخلوط با هم جمع شده و غلظت کل محاسبه می شود.
جزءمولی هر یک از اجزاء مخلوط از تقسیم غلظت هر یک بر غلظت کل محاسبه می شود.
زمان عبور هر یک از اجزاء مخلوط به طور جداگانه محاسبه می شود(زمان عبور تکی)
زمان عبور در حالت مخلوط برای هر یک از اجزاء از طریق حاصلضرب جزء مولی در زمان عبور تکی محاسبه می شود( زمان عبور هر یک در حالت مخلوط)
کوتاهترین زمان عبور به عنوان ضریب عبور مخلوط گزارش می شود.

همانطور که مشاهده می شود، زمان عبور اجزاء مخلوط به نسبت اجزاء مولی شان به طور قابل ملاحظه ای از زمان عبور محاسبه شده در نرم افزار تعیین طول عمر کارتریج های شیمیایی کاهش یافته است.

**TABLE 1**
**CALCULATE BREAKTHROUGH TIME OF COMPONENTS BASED ON THEIR PROPORTION OF THE MIXTURE**

| Mixture Component | $UTL_{95\%, 95\%}$ Concentration (ppm) | Mole Fraction | Cartridge Service Life Calculator Estimated Breakthrough Time for Single Component (Hours) | Breakthrough Time of Components Based on Mixture (Hours) |
|---|---|---|---|---|
| Toluene | 65 | 0.2282 | 83.37 | 19.03 |
| n-hexane | 60 | 0.2108 | 48.93 | 10.31 |
| Trimethyl Benzene | 10 | 0.0351 | 595.08 | 20.89 |
| Isobutyl Acetate | 75 | 0.2630 | 64.62 | 16.99 |
| Ethyl benzene | 15 | 0.0526 | 340.87 | 17.92 |
| Xylene | 60 | 0.2103 | 103.5 | 21.77 |
| Total ppm | 285 | | | |

مبنای برنامه تعویض کارتریج بر اساس جزئی از مخلوط است که کوتاه ترین زمان عبور را دارد. با انتخاب برنامه تعویض به نحوی که ۱۰ درصد کمتر از کوتاه ترین زمان عبور (جزئی از مخلوط که کوتاه ترین زمان عبور را دارد) یک فاکتور ایمنی در نظر بگیرید.
در این مورد ان هگزان کمترین زمان عبور را دارد (۱۰/۳۱ساعت) که ۱۰ درصد ۱۰ ساعت برابر است با یک ساعت.
بنابراین برنامه تعویض ماسک می بایست نه ساعت یا کمتر تدوین گردد.
از آنجا که ماسکها درکل یک شیفت کاری استفاده می شوند، بهتر است در پایان هر شیفت جایگزین شوند و در این حالت محافظه کارانه تر خواهد بود.
تعداد استراحت های صبح و عصر را به همراه زمان ناهار به عنوان یک ساعت از زمانهای استفاده مداوم از ماسک شمارش کنید چرا که مواد شیمیایی می توانند در داخل ماسک مهاجرت کنند.

تمرین تخمین طول عمر کارتریج برای مخلوط مواد شیمیایی:

کارکنان در خط پوشش دهی با حلالی با ترکیب زیر به مدت ۸ ساعت مواجهه دارند:

۱۰۰ پی پی ام تولوئن

۷۵ پی پی ام MIBK و

۱۰۰ پی پی ام اتیل استات.

نوع شغل: سبک

رطوبت نسبی: ۵۰ درصد است

نوع کارتریج 3M 6001 مخصوص بخارات آلی (OV)

برنامه تعویض مناسب کارتریج ها را تعیین کنید:

پاسخ:

در برنامه نرم-افزاری پیش-بینی طول عمر شرکت 3M برای یک ماده به طور منفرد، طول عمر:

۳۷۷۰ دقیقه برای تولوئن

۳۲۹۰ دقیقه برای MIBK

۲۴۸۰ دقیقه برای اتیل استات

تعیین می گردد.

این مقادیر زمان رسیدن به ۱۰ درصد غلظت ورودی را در صورتی که کارتریج-ها با هر کدام از آلاینده-ها به طور انفرادی قرار گیرند، نشان می دهد:

مدل OSHA :

از آنجا که زمانهای عبور آلاینده در یک محدوده قرار دارند، غلظت آلاینده های منفرد جمع شده و غلظت کل برای پیش بینی زمان عبور آلاینده مورد استفاده قرا ر می گیرد:

پی پی ام۲۷۵=۷۵+۱۰۰+۱۰۰

از آنجا که اتیل استات کوتاه ترین زمان عبور آلاینده را دارد، فرض می شود که کل مخلوط شبیه اتیل استات عمل می کند. برنامه نرم افزاری طول عمر 3M، طول عمر را۹۸۹ دقیقه (۱۶/۵ساعت) برای ۲۷۵ پی پی ام پیش بینی می کند. تعویض کارتریج ها بعد از هر شیفت معمول به نظر مناسب می رسد.

## -روش جزء مولی:

جزء مولی اجزاء مخلوطها به روش زیر محاسبه می شود:

کل پی پی ام مخلوط= ۲۷۵ پی پی ام

جزء مولی تولوئن= ۱۰۰ تقسیم بر ۲۷۵ پی پی ام = ۰/۳۶

جزء مولی MIBK= ۱۰۰ تقسیم بر ۲۷۵ پی پی ام = ۰/۳۶

جزء مولی اتیل استات = ۷۵ تقسیم بر ۲۷۵ پی پی ام = ۰/۲۷

سپس زمانهای عبور آلاینده برای اجزاء موجود در مخلوط به شرح ذیل محاسبه می شود:

| ماده شیمیایی | جزء مولی | زمان عبور ماده به صورت تکی | زمان عبور آلاینده برای مخلوط |
|---|---|---|---|
| تولوئن | ۳۶/۰ | ۳۷۷۰ دقیقه | ۱۳۶۰ دقیقه |
| MIBK | ۳۶/۰ | ۳۲۹۰ دقیقه | ۱۱۸۰ دقیقه |
| اتیل استات | ۲۷/۰ | ۲۴۸۰ دقیقه | ۶۷۰ دقیقه |

روش جزء مولی زمان عبور آلاینده را زودتر از مدل OSHA پیش بینی می کند (۶۷۰ دقیقه در برابر ۹۸۹ دقیقه). تغییر کارتریج ها بعد از یک شیفت ۸ ساعته به نظر مناسب می رسد ولی حاشیه ایمنی آن کم است.

از آنجا که هنوز داده های کمی در مورد حمایت از چنین روشهایی برای مخلوط مواد وجود دارد، نمونه برداری در پشت کارتریج نزدیک انتهای دوره زمانی پیش بینی شده برای تایید اینکه برنامه زمانی تدوین شده صحیح است توصیه می شود.

# فاکتورهای موثر بر تدوین یک برنامه تعویض کارتریج:

تخمین طول عمر یکی از اطلاعاتی است که در هنگام تدوین برنامه تعویض می بایست در نظر گرفته شود.

یک برنامه مناسب تعویض فقط می تواند پس از در نظر گرفتن طول عمر برای نقاط عبور (مثل TLV، نیم برابر TLV) و فاکتورهای ایمنی دیگر تدوین شود:

در هنگام تدوین برنامه تعویض کیفیت تخمین طول عمر اهمیت زیادی دارد. هر چقدر در هنگام تخمین طول عمر شرایط در نظر گرفته شده به شرایط محیط کار نزدیک تر باشد، فاکتور ایمنی کمتری لازم است در نظر گرفته شود.

۱-نوع آلاینده :
چارکول ظرفیت جذب بالایی برای بسیاری از ترکیبات آلی دارد ولی ظرفیت عبور آلاینده یا زمان عبور آلاینده به میزان قابل توجهی به نوع ترکیب بستگی دارد به طور کلی ترکیبات غیر قطبی مثل زایلن، تولوئن، بر خلاف ترکیبات قطبی یا ترکیباتی که فراریت بالآیی دارند، تمایل جذب بالاتری نسبت به چارکول دارند.

۲-شرایط نگهداری کارتریج: مواجهه با مقایر جزئی آلاینده ها و رطوبت و دماهای بالا شرایط نگهداری در زمانی که از یک کارتریج استفاده های متعدد می شود.آلاینده های جذب شده روی یک کارتریج می تواند در طول بستر کربنی بدون وجود جریان هوا حرکت کند(مهاجرت کند).

۳-خواص هشدار دهنده آلاینده ها:

کیفیت خواص هشدار دهنده در موقع تدوین برنامه تعویض کارترج ها می بایست مد نظر قرار گیرد. برنامه تعویض برای بخارات آلی که خواص هشدار دهندگی ضعیفی دارند ممکن است به ضریب ایمنی بالاتری نسبت به بخارات الی که خواص هشداردهندگی خوبی دارند، داشته باشد. خواص هشدار دهندگی خوب ممکن است به عنوان یک شاخص ثانویه یا پشتیبان در مورد برنامه تعویض کارتریج عمل کند.

۴-نوسانات در غلظت های محیط کار:

غلظت آلاینده در محیط کار می تواند به میزان قابل توجهی تغییر کند. کیفیت تخمین میزان غلظت در محیط کار در محاسبه طول عمر بسیار حائز اهمیت است. تخمین کمتر از شرایط واقعی غلظت آلاینده ها در محیط کار منجر به تخمین طولانی تر طول عمر می شود.

۵-صحت اندازه گیری های غلظت در محیط کار:

صحت اندازه گیری های غلظت در محیط کار اهمیت زیادی دارد.

۶-وجود مخلوط آلاینده ها:

در کارتریج ماسکهای تنفسی تصفیه کننده هوا، از یک بستر کربنی برای جذب بخارات الی و در نتیجه حفاظت در در برابر بخارات آلی استفاده می شود. جذب بخارات آلی بر روی چارکول عمدتا جذب سطحی فیزیکی است. در جذب فیزیکی ظرفیت جذب با افزایش دما کاهش می یابد. بنابراین بخاراتی که در کارتریج در دمای پایین جذب می شوند، می بایست به طور جزئی با گرما دادن دفع شوند. ظرفیت جذب به غلظت بخار، رطوبت نسبی، وجود ترکیبات دیگر و... بستگی دارد. و زمان عبور با حضور آلاینده های مختلف (حالت ترکیبی) کاهش می یابد.

وقتی دو یا چند نوع ترکیب به یک بستر کربنی وارد می شود، همه بخارات در یک زمان عبور پیدا نمی کنند و ترکیبی که جذب ضعیفتری دارد، ابتدا عبور پیدا می کند). چرا که در یک مدل دو ترکیبی، در ابتدای جذب ترکیبی که جذب قویتری دارد (جزء الف) در ابتدای ورودی کارتریج جذب می شود و ترکیبی که جذب ضعیف تری دارد (جزء ب) در پایین دست جزء الف جذب می شود.

با پیشرفت جذب، جزء الف در قسمتی جذب می شود که قبلاجزء ب جذب شده بود. بنابراین جزء الف با جزء ب جایگزین می شود و دفع
می شود. جزء ب دفع شده دوباره در دیگر مکانهای جذب پایین دست کربن جذب می شود. این پدیده به طور مداوم تکرار می شود و نهایتا منجربه این می شود که جزء ب شروع به عبور نماید.

۷-امکان مهاجرت آلاینده در طول بستر کربن :

بخارات آلی جذب شده بر روی کارتریج بخارات الی می توانند در طول بستر کربن بدون جریان هوا مهاجرت کنند. بازجذب آلاینده می تواند پس از مدت کوتاهی (ساعتها) بدون استفاده (مثلا در مدت یک شب) رخ دهد. استفاده جزئی از کارتریج شیمیایی و استفاده مکرر در پی آن می تواند کاربر را در معرض آلاینده قرار دهد. این مسئله بیشتر در مورد بخارات آلی خیلی فرار و ترکیباتی که به طور ضعیف نگه داشته می شوند، (مثل ترکیباتی که نقطه جوش کمتراز ۶۵ درجه سانتی گراد ($65^{\circ}$ >) دارند) رخ می دهد.

برای این بخارات ، توصیه می شود که کارتریج های بخارات الی هرگز طولانی تر از یک شیفت استفاده نشوند، حتی اگر طول عمر تخمین زده شده، طولانی از ۸ ساعت باشد و کارتریج فقط برای مدت کوتاهی در طول یک شیفت استفاده شده باشد.

۸-ویژگی هایی جاذب به کار رفته در کارتریج شامل ناحیه سطحی، حفرات، فعالیت جاذب، ظرفیت جاذب، توانایی بالا برای نگهداری آلاینده جذب شده (به نحوی که دفع(*Desorbtion*) آلاینده را به حداقل برساند) و توانایی گرانولهای جاذب برای حفظ شکل و اندازه و پایداری و حفظ این خواص در شرایط ذخیره سازی و استفاده.

و مواردی همچون تاریخ انقضاء کارتریج، شرایط کارتریج و ماسک، انتخاب ماسک و کارتریج، انطباق ماسک روی صورت فرد، مونتاژ، کارکرد و تعمیر و نگهداری ماسک، آموزش، تجربه و تناسب پزشکی کاربر و دیگر شرایط اختصاصی مربوط به کاربر یا محیط کاربر

# خسته نباشید