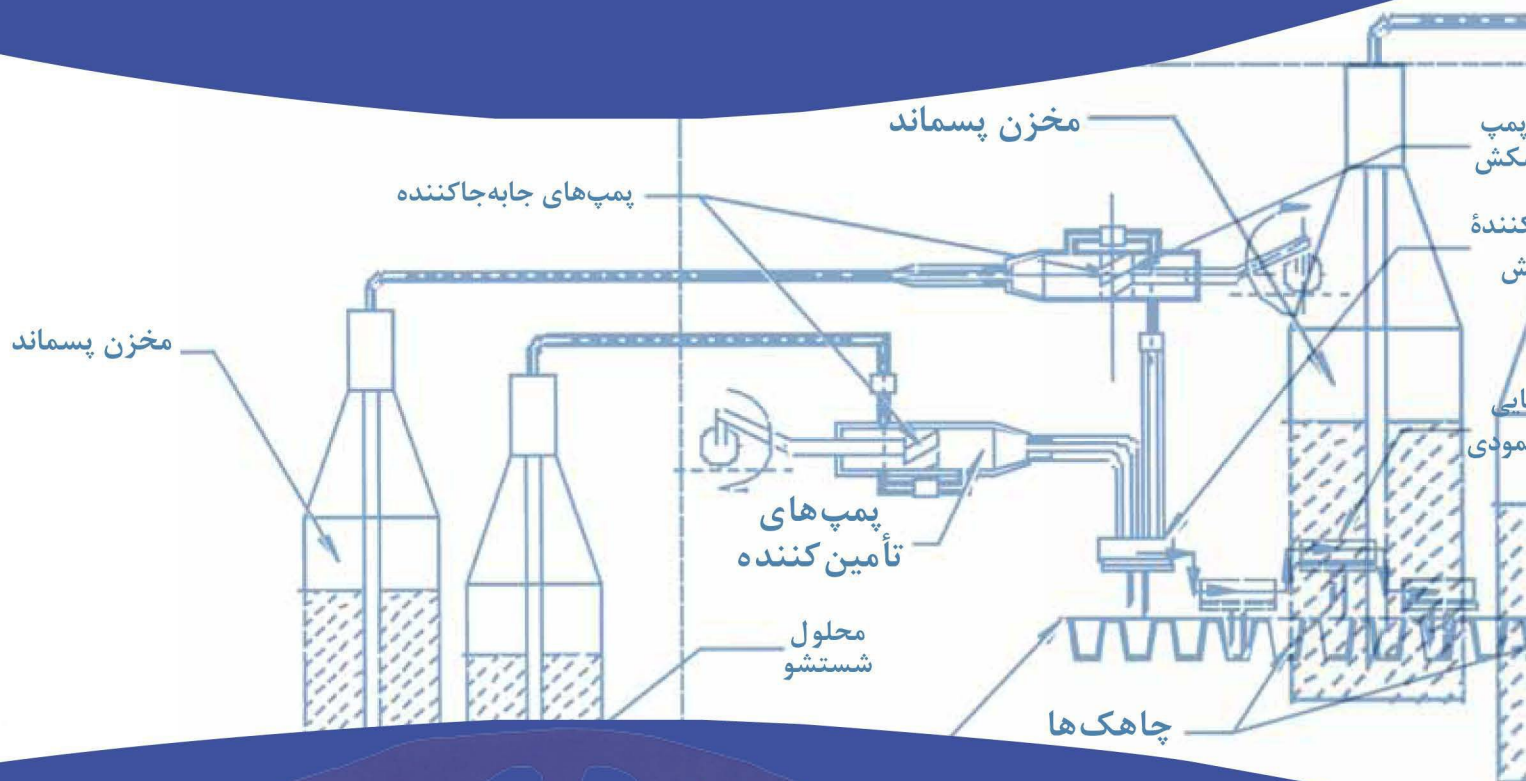




# کتاب راهنمای نگهداشت

تجهیزات آزمایشگاهی

ویرایش دوم



مترجمان:

مهری علی اصغرپور (MS.ASCP)

مهناز صارمی (BS)

ویراستار:

دکتر مرجان رهنمای فرزانی (M.D.AP,CP)



# کتاب راهنمای نگهداشت

## تجهیزات آزمایشگاهی

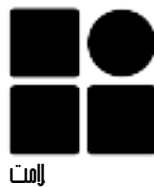
مترجمان:

مهری علی اصغرپور (MS. ASCP)،

مهناز صارمی (BS)

ویراستار:

دکتر مرجان رهنمای فرزنامی (M.D.,AP,CP)



**Pan American  
Health  
Organization**

Regional Office of the  
World Health Organization

# فهرست

## فهرست

- فصل ۱. دستگاه خوانشگر میکروپلیت ..... ۱
- فصل ۲. دستگاه شستشودهنده میکروپلیت ..... ۷
- فصل ۴. ترازوها ..... ۲۱
- فصل ۵. حمام آب ..... ۳۱
- فصل ۶. هود بیولوژی ایمنی ..... ۳۵
- فصل ۷. سانتریفوژ ..... ۴۵
- فصل ۸. دستگاه تقطیر آب ..... ۵۳
- فصل ۱۱. اسپکتروفتومتر ..... ۶۹
- فصل ۱۲. اتوکلاو ..... ۸۱
- فصل ۱۳. فور ..... ۹۵
- فصل ۱۴. انکوباتور ..... ۱۰۱
- فصل ۱۵. میکروسکوپ ..... ۱۰۹
- فصل ۱۸. یخچال‌ها و فریزرها ..... ۱۳۵

# فصل ۱



## دستگاه خوانشگر میکروپلیت

کد GMDN	۳۷۰۳۶
کد ECRI	۱۶-۹۷۹
نام گذاری	خوانشگر میکروپلیت فتومتر

### اصول عملکرد

خوانشگر میکروپلیت یک اسپکتروفتومتر اختصاصی است. برخلاف اسپکتروفتومترهای معمولی که قرائت در محدوده وسیعی از طول موج‌ها را آسان‌تر می‌کند، خوانشگرهای میکروپلیت فیلترهای شبکه‌های انکسار دارند که طول موج استفاده‌شده در الیزا را بین ۴۰۰ تا ۷۵۰ نانومتر محدود می‌سازد. بعضی از میکروپلیت‌ها آزمایش را در محدودهٔ ماوراء بنفش و بین طول موج ۳۴۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام می‌دهند. در سیستم اپتیکی، از فیبرهای نوری<sup>۳</sup> که نور را به چاهک‌های حاوی نمونه در میکروپلیت هدایت می‌کند، استفاده می‌شود. شعاع نور که از نمونه می‌گذرد، دارای پهنای ۱ تا ۳ میلی‌متر است. یک سیستم آشکار ساز، نوری را که از نمونه ساطع می‌شود نمایان ساخته و با تقویت سیگنال میزان جذب در نمونه را تعیین می‌کند. سپس یک سیستم خوانشگر آن را به اطلاعاتی تبدیل می‌کند که تفسیر نتایج آزمایش را ممکن می‌سازد. بعضی از خوانشگرها سیستم نوری دوشعاعی<sup>۴</sup> دارند.

نمونه‌ها در درون پلیت‌های خاص با تعداد مشخص چاهک قرار داده می‌شوند که آزمایش در آنها انجام می‌گیرد. پلیت‌های معمولی دارای ۸ ستون، ۱۲ ردیف و در مجموع ۹۶ چاهک هستند، ولی پلیت‌هایی با تعداد چاهک‌های بیشتر نیز وجود دارد. برای کاربردهای اختصاصی، روش معمول افزایش تعداد چاهک‌ها به ۳۸۴ است که مقدار مصرف نمونه و محلول‌های مورد استفاده را کمتر و کارایی را بیشتر می‌کند. محل قرار گرفتن حس‌گرهای نوری روی خوانشگرها متفاوت است و ممکن است در بالای پلیت یا زیر چاهک‌ها در پلیت نصب شوند.

امروزه خوانشگرهای میکروپلیت به‌وسیلهٔ میکروپروسسور کنترل می‌شوند. ارتباط کامپیوتر با سیستم‌های اطلاعاتی، برنامه‌های کنترل کیفیت و مراحل فرآیند کار سبب می‌شود آزمایش‌ها کاملاً خودکار انجام شوند.

دستگاه خوانشگر میکروپلیت که «فتومتر خوانشگر میکروپلیت یا الیزا (ELISA)<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود، یک اسپکتروفتومتر اختصاصی است و برای خواندن نتایج آزمایش الیزا طراحی شده است. این روش حضور آنتی‌بادی یا آنتی‌ژن را در نمونه به‌طور مستقیم و یا به‌وسیلهٔ آنتی‌بادی نشان‌دار ثانویه در روی سطح جامد تعیین می‌کند و در نهایت، جذب محصول واکنش ایجادشده با اسپکتروفتومتر خوانده می‌شود. این فصل استفاده از دستگاه خوانشگر میکروپلیت را برای آزمایش‌های الیزا توضیح می‌دهد. برای اطلاعات بیشتر دربارهٔ اساس کار دستگاه و نگهداری، به فصل ۱۱ مراجعه‌نمایید که در مورد اسپکتروفتومتر می‌باشد.

### تصویر سیستم خوانشگر میکروپلیت



### موارد استفاده از خوانشگر میکروپلیت

خوانشگر میکروپلیت برای خواندن نتیجه آزمایش‌های الیزا استفاده می‌شود. این روش در ایمنولوژی و سرولوژی کاربرد مستقیم دارد. از کاربردهای دیگر، تأیید حضور آنتی‌بادی یا آنتی‌ژن یک عامل عفونی در یک موجود زنده و همچنین آنتی‌بادی‌های حاصل از واکسیناسیون و یا اتوانتی‌بادی‌ها<sup>۲</sup> در بیماری‌هایی مثل رماتیسم می‌باشد.

3. Optic Fiber  
4. Double Beam

1. Ezyme Linked Immunosorbent Assay  
2. Auto Antibody

## لایزا

- برای انجام آزمایش‌های لایزا تجهیزات زیر مورد نیاز هستند:
۱. خوانشگر میکروپلیت.
  ۲. شستشودهنده میکروپلیت (فصل ۲).
  ۳. سیستم توزیع‌کننده محلول<sup>۱</sup> (از پی‌پت‌های چندکاناله نیز می‌توان استفاده نمود).
  ۴. انکوباتور برای انکوبه کردن پلیت‌ها.
- شکل ۱ چگونگی ارتباط این دستگاه را نشان می‌دهد.

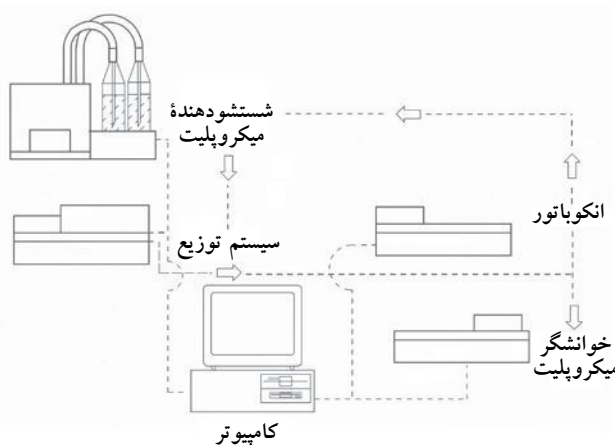
## لایزا

### استفاده از دستگاه

- مراحل یک آزمایش کامل لایزا معمولاً به شرح زیر است:
۱. شستشوی اولیه پلیت با استفاده از شستشودهنده میکروپلیت.
  ۲. پرکردن چاهک‌ها از نمونه و محلول با استفاده از سیستم توزیع‌کننده یا پی‌پت‌های چندکاناله.
  ۳. قراردادن پلیت در دمای کنترل‌شده انکوباتور برای شروع واکنش‌ها.
- مراحل ۱، ۲ و ۳ را می‌توان بسته به نوع آزمایش چند بار تکرار نمود تا واکنش معرف‌های اضافه‌شده تکمیل شود.
- در نهایت، زمانی که تمام مراحل انکوباسیون تکمیل شد، پلیت به خوانشگر منتقل و نتایج خوانده‌شده و تشخیص قابل استنتاج است.

لایزا

شکل ۱.



## مراحل بیوشیمیایی روش الایزا<sup>۲</sup>

لایزا از نقطه نظر بیوشیمیایی:

۱. چاهک‌های پلیت با آنتی‌بادی و یا آنتی‌ژن پوشیده شده‌اند.
۲. نمونه‌ها، کنترل‌ها و استانداردها به چاهک‌ها افزوده شده و متناسب با ویژگی‌های آزمایش در درجه حرارت بین دمای اتاق و  $37^{\circ}\text{C}$  برای مدت زمان مشخص انکوبه می‌شوند. در طول مرحله انکوباسیون، آنتی‌ژن موجود در نمونه به آنتی‌بادی روی پلیت‌ها یا بالعکس متصل می‌شود. اتصال، به مقدار آنتی‌ژن یا آنتی‌بادی در نمونه بستگی دارد.
۳. بعد از انکوباسیون، آنتی‌ژن یا آنتی‌بادی آزاد به وسیله دستگاه شستشودهنده با بافر مناسب شسته می‌شوند.
۴. سپس آنتی‌بادی دوم<sup>۳</sup> که کونژوگه نام دارد اضافه می‌شود. این آنتی‌بادی آنزیمی تولید می‌کند که با واکنش با یک سوبسترا در مراحل بعد سبب تغییر رنگ می‌شود.
۵. در ادامه، مرحله دوم انکوباسیون آغاز می‌شود که در آن کونژوگه به کمپلکس آنتی‌ژن - آنتی‌بادی در چاهک‌ها متصل می‌شود.
۶. بعد از انکوباسیون، چرخه جدید شستشو آغاز می‌شود تا کونژوگه آزاد از چاهک خارج شود.
۷. سوبسترا اضافه می‌شود. آنزیم با سوبسترا ترکیب و سبب تغییر رنگ محلول می‌شود. این تغییر رنگ نمایانگر میزان کمپلکس آنتی‌ژن - آنتی‌بادی در مرحله آخر آزمایش است.
۸. زمانی که انکوباسیون کامل شد، یک معرف افزوده می‌شود تا واکنش بین آنزیم و سوبسترا متوقف شده و تغییر بیشتری در رنگ به وجود نیاید. این معرف معمولاً یک اسید رقیق است.
۹. در نهایت پلیت با خوانشگر خوانده می‌شود و نتایج به دست آمده نمایانگر حضور آنتی‌ژن یا آنتی‌بادی و مقدار آن در نمونه است.

**نکته:** بعضی از چاهک‌ها برای نمونه‌های استاندارد و کنترل استفاده می‌شوند. با استانداردها غلظت نقاط حد مرز<sup>۴</sup> را تعیین می‌کنند. استانداردها و کنترل‌ها، مقادیر مشخصی هستند که با اندازه‌گیری آنها می‌توان از مطلوب بودن آزمایش اطمینان حاصل کرد.

مراحلی که در بالا توضیح داده شد، مراحل معمول در روش‌های الایزا است، ولی روش‌های دیگر الایزا با فاکتورهای خاص برای هر آزمایش نیز وجود دارند.

۲. توضیح جزئیات بیشتر در مقالات تخصصی باید جستجو شود.

3. Secondary Antibody

4. Cut-off

سپس پلیت را  $180^\circ$  بچرخانید و دوباره خواننده‌ها را قرائت کنید. اگر هر دو سری خواننده مشابه باشند، دستگاه کالیبر است. ۵. اطمینان حاصل کنید دستگاه ستون به ستون کالیبر است برای این کار با استفاده از یک پلیت خالی و تمیز یک سری خواننده به دست آورید. اگر تفاوتی بین میانگین خواننده‌های ستون اول تا آخر وجود ندارد، می‌توان فرض کرد که دستگاه خوانشگر کالیبر است.

### نگهداری معمول

نگهداری زیر منحصراً برای دستگاه خوانشگر میکروپلیت است. نگهداری دستگاه شستشودهنده میکروپلیت در فصل ۲ توضیح داده شده است.

### نگهداری پایه

#### توانر: روزانه

۱. از تمیزبودن حسگرهای چشمی هر کانال مطمئن شوید. اگر کثیف بودند، آنها را با یک برس کوچک تمیز کنید.
۲. از تمیزبودن سیستم نوری مطمئن شوید.
۳. از کالیبربودن دستگاه مطمئن شوید. در آغاز کار روزانه، دستگاه را روشن کنید و بگذارید به مدت ۳۰ دقیقه گرم شود سپس نمونه بلانک را بخوانید و بعد قرائت پلیت سوستر را شروع کنید. خواننده‌ها باید مشابه هم باشند. در غیر این صورت، پلیت را بچرخانید و قرائت را تکرار کنید تا مشخص شود که علت اختلاف مربوط به پلیت یا خوانشگر است.
۴. سیستم لغزشی کشوی خودکار را بازرسی کنید که باید ثابت، هموار و یکنواخت باشد.

### نگهداری پیشگیرانه

#### توانر: هر ۴ ماه

۱. از محکم‌بودن لامپ اطمینان حاصل کنید. با پلیت کالیبراسیون یکسان، هر ۳۰ دقیقه یک سری خواننده از دستگاه به دست آورید. سری خواننده‌ها باید با هم مطابقت داشته باشند.
۲. سیستم نوری آشکارساز و منبع نور را تمیز کنید.
۳. کشوی پلیت را تمیز کنید.
۴. از تراز بودن هر چاهک با نور ساطع شده و سیستم آشکارکننده اطمینان حاصل نمایید.

### الزامات نصب و راه‌اندازی

برای اینکه دستگاه خوانشگر میکروپلیت عملکرد صحیح داشته باشد، رعایت نکته‌های زیر الزامی است:

۱. وجود یک محیط تمیز و عاری از گرد و خاک.
۲. وجود یک میز کار ثابت دور از تجهیزاتی که ایجاد ارتعاش می‌کنند، مانند سانتریفوژ و دستگاه همزن. این میز باید اندازه مناسب داشته باشد تا فضای کار کافی در کنار دستگاه خوانشگر باقی‌ماند. وسایل جانبی لازم عبارت است از: شستشودهنده انکوباتور، توزیع‌گر و کامپیوتر با ضمائم جانبی.
۳. وجود یک منبع تغذیه الکتریکی که با استانداردهای کشور هماهنگ باشد (برای امریکا  $110V$  با فرکانس  $60Hz$  و برای کشورهای دیگر  $220-240V$  تا با فرکانس  $50-60Hz$ ).

### کالیبراسیون دستگاه خوانشگر میکروپلیت

کالیبراسیون دستگاه خوانشگر میکروپلیت یک فرآیند تخصصی است و باید توسط یک تکنیسین و یا مهندس آموزش‌دیده و با رعایت دستورالعمل‌های سازنده انجام شود. برای کالیبراسیون یک سری فیلترهای خاکستری روی یک پلیت نصب شده‌اند. این پلیت با پلیت‌های مورد استفاده در آزمایش ابعاد هندسی یکسان دارد.

سازندگان، پلیت‌های کالیبراسیون را برای هر طول موج مورد نیاز، لاً حداقل سه میزان جذب نوری کم، متوسط و زیاد را در محدوده اندازه‌گیری دارند. برای انجام کالیبراسیون مراحل زیر را انجام دهید:

۱. پلیت کالیبراسیون را روی دستگاه قرار دهید.
۲. با استفاده از پلیت کالیبراسیون، مرحله قرائت را کامل کنید. اگر خواننده‌ها از یک چاهک به چاهک بعدی تفاوت دارد، آنها را مشخص نمایید. در این صورت، پلیت را  $180^\circ$  بچرخانید و قرائت را تکرار کنید تا اگر تفاوت مربوط به پلیت است، حذف شود. به‌طور کلی، اگر نتایج پلیت در دو طول موج، معادل مقادیر مورد انتظار است، دستگاه احتیاجی به کالیبراسیون بیشتر ندارد.
۳. چنانچه دستگاه به کالیبراسیون احتیاج داشته باشد آن را با روش پیشنهادی سازنده کالیبر کنید و مطمئن شوید توانایی خطی بودن دستگاه تا حد ممکن حفظ شده است.
۴. اگر دستگاه پلیت کالیبراسیون ندارد، یک محلول رنگی در چاهک‌های پلیت بریزید و بلافاصله به‌طور کامل قرائت کنید.

## جدول مشکل‌یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
جذب‌های قرائت‌شده دستگاه غیرمنطقی است.	لامپ لومینسانس سرویس نشده‌است.	
جذب‌های قرائت‌شده دستگاه ردیف به ردیف متفاوت است.	حسگرهای نوری کثیف هستند.	حسگرها را تمیز نمایید.
	لنز یا قسمتی از سیستم نوری کثیف است. یک یا چند کانال کالیبر نیست.	لنزهای سیستم نوری را تمیز کنید. از کالیبر بودن کانال‌ها اطمینان حاصل نمایید.
لا را نشان می‌دهد.	تاریخ استفاده از محلول‌ها به پایان رسیده‌است و یا صحیح تهیه نشدند.	بی‌رنگ بودن TMB و روش تهیه محلول‌ها را کنترل کنید.
	آلودگی با نمونه‌های دیگر وجود دارد.	آزمایش را تکرار و نحوه برچسب‌گذاری، کار شستشودهنده و روش استفاده از پی‌پت را کنترل کنید.
	فیلتر طول موج صحیح نیست.	از انتخاب طول موج برای آزمایش مطمئن شوید و در صورت درست نبودن، آن را تصحیح نمایید.
	پلیت به اندازه کافی و مؤثر شستشو نشده‌است.	از روش شستشوی پلیت‌ها اطمینان حاصل نمایید. از آزمایش‌های کنترل کیفیت استفاده کنید.
	لانی یا درجه حرارت خیلی بالا است.	مدت زمان انکوباسیون و درجه حرارت را کنترل کنید.
	نمونه صحیح رقیق نشده‌است.	مراحل رقیق کردن نمونه را کنترل نمایید.
	بعضی محلول‌ها استفاده نشدند.	از انجام مراحل آزمایش مطابق دستورالعمل اطمینان حاصل نمایید.
	مدت زمان انکوباسیون خیلی کوتاه و درجه حرارت خیلی پایین است.	مدت زمان انکوباسیون و درجه حرارت را کنترل کنید.
	محلول‌ها در دمای اتاق نگهداشته نشدند.	پایداری محلول‌ها را در دمای اتاق کنترل نمایید.
	پلیت بیش از حد نیاز شستشو شده‌است.	سیستم شستشودهنده را با توجه به توصیه‌های سازنده تنظیم کنید.
خوانشگر جذب پایین را نشان می‌دهد.	فیلتر طول موج صحیح نیست.	از انتخاب طول موج توصیه‌شده برای آزمایش اطمینان حاصل نمایید.
	تاریخ استفاده از محلول‌ها به پایان رسیده‌است و یا صحیح تهیه نشدند.	محلول‌های استفاده‌شده را کنترل کنید. نحوه رقیق‌سازی را کنترل کنید.
	یک محلول استفاده نشده‌است.	از رعایت دستورالعمل مراحل آزمایش اطمینان حاصل نمایید.
	چاهک‌های پلیت در قسمت تحتانی خراش دارند.	پلیت نو تهیه و آزمایش را تکرار نمایید.
	پلیت صحیح انتخاب نشده و یا کثیف است.	از نوع پلیت استفاده‌شده اطمینان حاصل نمایید. پلیت نو تهیه و آزمایش را تکرار نمایید.
	چاهک‌های پلیت خشک شدند.	روش شستشوی پلیت را تغییر دهید.
	پلیت صحیح روی دستگاه قرار داده نشده و یا کج روی دستگاه گذاشته شده‌است.	نحوه قرارگرفتن پلیت را روی دستگاه کنترل کنید. قرائت پلیت را تکرار کنید.
	رطوبت و یا اثر انگشت در سطح بیرونی قسمت تحتانی پلیت وجود دارد.	از تمیز بودن سطوح بیرونی قسمت تحتانی پلیت اطمینان حاصل نمایید.
	مقداری بافر پیش از افزودن سوبسترا در چاهک‌ها باقی مانده‌است.	از خارج شدن بافر شستشو از چاهک‌ها اطمینان حاصل نمایید.
	قرص‌های سوبسترا کامل حل نشدند.	از حل شدن کامل قرص‌های سوبسترا اطمینان حاصل نمایید.
	قرص‌های سوبسترا نمدار هستند یا گیره‌های فلزی شکسته شده‌اند.	سالم بودن قرص‌های سوبسترا و روش استفاده از آنها را کنترل نمایید.
	لانک ممکن است تغییر کند و مقدار جذبی که از هر خواننده کم می‌شود، صحیح نباشد.	از تنظیم چاهک‌های پلیت اطمینان حاصل نمایید.
	لامپ دستگاه ثابت نیست.	لامپ را با لامپی دیگر با مشخصات لامپ اول جایگزین نمایید.
	کالیبراسیون موتور محرک پلیت نامناسب است.	موتور محرک را کالیبر نمایید تا در هر مرحله چاهک‌ها با سیستم نوری همسو باشد.
	اعداد جذب در مقایسه با محدوده ارزیابی نوری کاربر بسیار پایین است.	لازم برای آزمایش به‌دست آمده‌است.

## فصل ۱ دستگاه خوانشگر میکروپلیت

معرف‌ها را پیش از استفاده مخلوط‌نمایید. اجازه‌دهید که آنها به دمای اتاق برسند.	نمونه همگن نیست.	تکرارپذیری کم است.	
از تعویض نوک سمپلر در حین انتقال هر نمونه و همچنین، خالی شدن مایعات اضافی اطمینان حاصل‌نمایید.	از پی‌ت صحیح استفاده نشده‌است.		
کالیبراسیون را کنترل‌نمایید. از روش کنترل کیفی مناسب استفاده‌نمایید.	خوانشگر کالیبر نیست.		
تا وقتی که خوانشگر به دمای لازم برای کار نرسیده‌است، منتظر بمانید.	قرائت پیش از گرم‌شدن دستگاه انجام شده‌است.		
تاریخ انقضاء معرف‌ها را کنترل کنید. شستشودهنده را از بافر خالی‌نمایید.	تاریخ استفاده معرف‌ها تمام شده‌است.		
از پرشدن کامل چاهک‌ها و خالی‌شدن آنها به‌صورت یکنواخت در زمان شستشو، اطمینان حاصل‌نمایید.	شستشو کافی و مؤثر نیست.		
بی‌رنگ‌بودن TMB و روش تهیه آن را کنترل کنید.	سوبسترا آلوده است.		
کدهای انتخابی را کنترل کنید.	کدهای خوانشگر و میکروپروسور متفاوت است.		اطلاعات از خوانشگر به میکروپروسور منتقل نمی‌شود.
سرعت انتقال انتخاب‌شده را کنترل‌نمایید.	سرعت انتقال اطلاعات متفاوت است.		
شرایط استفاده کلیدهای دریافت/انتقال را بررسی کنید. این شرایط باید مطابق با پارامترهای تعریف‌شده سازنده باشد.	شرایط استفاده کلیدهای دریافت/انتقال به‌درستی تعریف نشده‌است.		
از متخصص فنی کمک‌بگیرید.	جابه‌جایی خوانشگر بدون رعایت موارد احتیاط انجام شده‌است.	شعاع نوری غیرهمتراز وجود دارد.	
از راه‌اندازی صحیح و همتراز بودن شعاع نوری اطمینان حاصل‌نمایید.	لامپ - تعویض شده ولی نصب و تراز شدن مجدد به‌طور صحیح انجام نشده‌است.		
مراحل شناسایی نمونه را کنترل کنید. قرائت را بعد از تنظیم مراحل شناسایی نمونه کنترل کنید.	پلیت صحیح بارگذاری نشده‌است.	نمونه درست شناسایی نمی‌شود.	
مراحل شناسایی نمونه را کنترل کنید. قرائت را بعد از تنظیم مراحل شناسایی نمونه کنترل کنید.	نمونه ثبت‌شده صحیح شناسایی نشده‌است.		
از متخصص فنی کمک‌بگیرید.	لارم و پیغام‌های هشداردهنده را کنترل می‌کند، معیوب است و یا از طرف سازنده فعال نشده‌است.	کامپیوتر کدهای خطا را نشان نمی‌دهد.	
از متخصص فنی کمک‌بگیرید.	اجزای مختلفی در سیستم دچار مشکل هستند، مانند سیستم شناسایی سطح مایع.	خوانشگر نمی‌تواند خطاها را شناسایی کند.	

### تعاریف پایه

**کمی لومینسانس**<sup>۱</sup> ساطع شدن نور یا لومینسانس که بلافاصله در نتیجه یک واکنش شیمیایی در دمای محیط ایجاد می‌شود. **الایزا**. روش بیوشیمیایی که بیشتر در ایمونولوژی برای شناسایی حضور یک آنتی‌بادی یا یک آنتی‌ژن در نمونه کاربرد دارد. **لایزا**. لایزا با ۳۸۴ الی ۱۵۳۶ چاهک برای انجام آزمایش‌های تخصصی مراکز با نیاز بیشتر وجود دارند. **شستشودهنده میکروپلیت**. دستگاهی که برای شستشوی پلیت در مراحل خاص الایزا کاربرد دارد. هدف شستشودهنده مواد آزاد واکنش است. این دستگاه‌ها از بافرهای خاص در مراحل شستشو استفاده می‌کنند. **آنزیم**. پروتئینی که انجام واکنش شیمیایی را تسریع می‌کند. **فلوروفور**<sup>۲</sup>. مولکول‌هایی که نور را در طول موج تعیین‌شده جذب و در طول موج بالاتر از آن ساطع می‌کنند. **خوانشگر میکروپلیت**. نامی که به اسپکتروفتومتر با توانایی قرائت میکروپلیت داده شده‌است. **TMB**. تترامتیل بنزداین<sup>۳</sup>، یک سوبسترا برای آنزیم HRP<sup>۴</sup>.

1. Chemiluminescence  
2. Fluorophore

3. Tetramethylbenzidine  
4. Horseradish Peroxidase



## فصل ۲



### دستگاه شستشودهنده میکروپلیت

کد GMDN	۱۷۴۸۹
کد ECRI	۱۷-۴۸۹
نام گذاری	دستگاه شستشودهنده میکروپلیت

دستگاه شستشودهنده میکروپلیت یا «شستشودهنده الیزا» برای لایزا طراحی شده است. این دستگاه چاهک‌های میکروپلیت را در مراحل مختلف آزمایش شستشو می‌دهد.

#### تصویر سیستم شستشودهنده میکروپلیت



#### موارد استفاده از سیستم شستشودهنده میکروپلیت

این دستگاه به منظور تأمین بافرهای شستشو به صورت خودکار برای روش الیزا طراحی شده است. همچنین مواد زائد و اضافی به جامانده از واکنش درون چاهک‌ها را تخلیه می‌کند. براساس نوع آزمایش، دستگاه ممکن است یک تا چهار بار برنامه‌ریزی شود به طوری که در هر نوبت، بافر شستشو را تأمین و مواد زائد<sup>۱</sup> تا پایان برنامه زمان‌بندی شده را از سیستم خارج کند تا زمان و چرخه برنامه‌ریزی کامل شود. این سیستم دو منبع ذخیره دارد؛ یکی برای تأمین بافر شستشو و دیگری برای مایعات و پسماند تولیدشده در حین مراحل آزمایش.

۱. به فصل ۱ (دستگاه خوانشگر میکروپلیت) و خلاصه‌ای از روش الیزا مراجعه نمایید.

#### اصول عملکرد

لایزا طراحی شده است. این دستگاه حداقل دارای سیستم‌های جانبی زیر است که امکان دارد براساس طراحی سازنده متفاوت باشد:

- **سیستم جانبی کنترل.** به طور معمول، سیستم شستشو با میکروپروپروسورها کنترل می‌شود که اجازه برنامه‌ریزی و کنترل مرحله‌ای که به وسیله دستگاه اجرامی شود، مانند: تعداد چرخه شستشو<sup>۲</sup> (۱-۵)، زمان مورد نظر، فشار لازم جهت تأمین بافر و خارج کردن آن از چاهک‌ها، قالب‌بندی پلیت (۳۸۴-۹۶ چاهک)، تنظیم عمل مکش با توجه به نوع چاهک<sup>۳</sup> (دارای کف صاف، دارای کف گرد، و یا به شکل V)، حجمی که توزیع و یا مکش می‌شود، چرخه‌های خیس‌اندن و مخلوط کردن و غیره را می‌دهد.
- **سیستم جانبی تأمین‌کننده محلول.** به طور معمول، این سیستم شامل یک منبع ذخیره محلول شستشو، یک یا چند پمپ، یک سرنگ متحرک و یک توزیع‌گر است. انتقال محلول شستشو به چاهک‌های مختلف به وسیله این سوزن‌ها انجام می‌گیرد. لاً ۸ جفت سوزن دارد که شستشو و مکیدن هم‌زمان چاهک‌ها را در هر ردیف انجام می‌دهد. مدل‌هایی با دوازده جفت سوزن و یا مدل‌های دیگر وجود دارند که مراحل شستشو را هم‌زمان در تمام چاهک‌ها انجام می‌دهند. همچنین با توجه به نحوه برنامه‌ریزی توسط کاربر، بعضی از دستگاه‌ها امکان شستشو با محلول‌های مختلف را نیز فراهم می‌کنند.

۲. دفعات شستشو به نوع آزمایش بستگی دارد و در دفترچه راهنمایی هر سازنده، این مراحل توضیح داده شده است.

۳. اگر کف چاهک صاف است، سوزن مکش نزدیک به دیواره یکی از چاهک‌ها است؛ اگر کف چاهک گرد یا V شکل است، سوزن مکش در مرکز است.



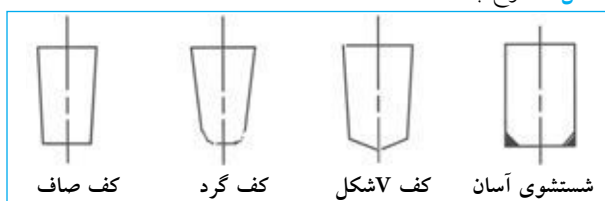
### مراحل شستشو

شستشوی میکروپلیت یکی از مراحل روش الیزا محسوب می شود. محلول های خاصی برای مراحل شستشو استفاده می شوند. در میان آنها بافر فسفات<sup>۱</sup> متداول ترین نوع محلول است. این بافر اگر در دمای ۴°C نگهداری شود، برای ۲ ماه پایدار است. به طور تقریبی ۱ تا ۳ لیتر محلول برای شستشوی کامل یک میکروپلیت لازم است و هر بار ۳۰۰ میکرولیتر برای هر چاهک مورد استفاده قرار می گیرد. ممکن است مراحل شستشو دستی نیز انجام شود، ولی استفاده از شستشودهنده خودکار اولویت دارد زیرا کارایی بهتر داشته و احتمال آلودگی بالقوه را به حداقل می رساند.

در بین مراحل مختلف شستشو، روش های زیر بیشتر مورد استفاده هستند:

○ **مکش از سطح به کف چاهک**. وقتی این مرحله آغاز می شود، سوزن ها به صورت عمودی حرکت کرده و به محض اینکه وارد محلول داخل چاهک شدند، مکش شروع می شود. این مرحله تا زمانی که سوزن ها نزدیک کف چاهک ها برسند ادامه دارد. در این مرحله مکش متوقف می شود تا از مکش هوایی که در جهت مخالف بر سطح دیواره چاهک ها جاری است، جلوگیری شود. این نوع مکش، از خشک شدن پروتئین روی سطح دیواره داخلی چاهک ها به علت جریان هوا جلوگیری می کند.

شکل ۳. انواع چاهک ها

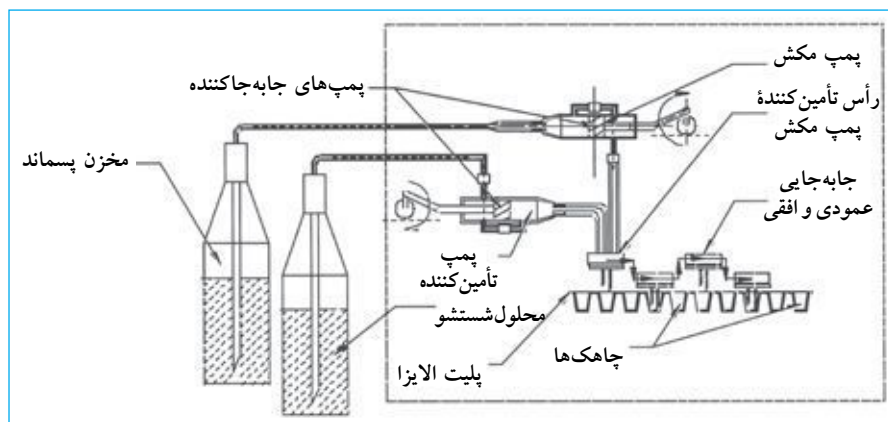


○ **سیستم مکش با استخراج**. این سیستم به یک مکانیسم خلأ و یک سیستم ذخیره برای جمع آوری مایعات و پسماند احتیاج دارد. خلأ ممکن است به وسیله پمپ داخلی و خارجی تأمین شود. تخلیه با سری سوزن هایی انجام می شود که روی شستشودهنده/ خشک کننده نصب شدند. تعداد سوزن ها از یک تا سه عدد بسته به مدل دستگاه متفاوت است.

اگر دستگاه از یک سوزن استفاده می کند، شستشو و تخلیه هر دو با یک سوزن انجام می شود. اگر از دو سوزن استفاده می کند، یکی برای تأمین محلول شستشو و دیگری برای تخلیه است. اگر سیستم مجهز به سه سوزن است، سوزن اولی برای محلول شستشو، دومی برای تخلیه و سومی برای کنترل (خارج نمودن) حجم اضافه لا، سوزن مکش درازتر از سوزن تأمین کننده محلول است تا بتواند محلول را از عمق ۰/۳ و ۰/۵ میلی متری کف چاهک بالا بکشد.

○ **سیستم جانبی پیشرفته**. این قسمت از مکانیسمی تشکیل یافته است که سوزن تأمین کننده محلول و تخلیه را به صورت افقی حرکت می دهد تا به تک تک چاهک ها در پلیت الیزا وارد شود. وقتی حرکت افقی روی هر ردیف پلیت انجام می گیرد با یک حرکت عمودی محلول شستشو وارد و یا از چاهک خارج می شود. در این راستا سیستم های شستشودهنده ای وجود دارد که این مراحل را همزمان انجام می دهند. این سیستم های جانبی در شکل ۲ نشان داده شده اند. شکل ۳ انواع چاهک های پلیت الیزا را نشان می دهد. هر نوع چاهک برای یک آزمایش خاص استفاده می شود.

شکل ۲. شستشوی میکروپلیت



1. Phosphate Buffer Solution
2. Aspiration from top to bottom

### تصدیق مراحل شستشو

برای اطمینان از اینکه مراحل شستشو متناسب با ویژگی های روش الایزا انجام می گیرد، سازندگان الایزا روش هایی را طراحی کرده اند که باید به طور منظم انجام شود. یکی از کنترل ها<sup>۱</sup> استفاده از محلول پراکسیداز<sup>۲</sup> است که با استفاده از پی پت در چاهک های پلیت اضافه و در طول موج های ۴۰۵، ۴۵۰ و ۴۹۲ نانومتر خوانده می شود. سپس چاهک ها شسته شده و یک سوبسترای بی رنگ<sup>۳</sup> به آن افزوده می شود. مقدار باقی مانده کونزوگه آنزیم را هیدرولیز می کند و رنگ محلول را به آبی تغییر می دهد. بعد از متوقف کردن واکنش با اسید، سوبسترا به رنگ زرد درمی آید. شدت رنگ محلول به طور مستقیم به مؤثر بودن شستن چاهک ها بستگی دارد.

### الزامات نصب و راه اندازی

برای اینکه دستگاه شستشودهنده میکروپلیت صحیح کار کند، رعایت موارد زیر لازم است:

۱. محیط پاکیزه و بدون گرد و خاک.
۲. یک میز کار ثابت به دور از وسایلی که ارتعاش ایجاد می کنند (مانند سانتریفوژ و همزن ها). میز باید ابعاد مناسب برای قراردادن وسایل جانبی مانند انکوباتور، توزیع گر، خوانشگر، کامپیوتر و ضمائم آن داشته باشد.
۳. یک منبع جریان الکتریکی با شرایط خوب متصل به سیم زمین و یک رابط که با استاندارد کشور و یا آزمایشگاه مطابقت داشته باشد. در امریکا، ۱۱۰۷ و فرکانس ۶۰-۵۰ Hz<sup>۱</sup> لاً استفاده می شود. در لاً ۲۴۰۷-۲۲۰ و فرکانس ۶۰-۵۰ Hz<sup>۲</sup> استفاده می شود.

### نگهداری معمول

نگهداری معمول دستگاه شستشودهنده میکروپلیت در اینجا ذکر شده است. نگهداری سیستم خوانشگر در فصل ۱ شرح داده شده است.

### نگهداری پایه

#### تواتر: روزانه

۱. از حجم مایع توزیع شده اطمینان حاصل نمایید.
۲. از یکسان بودن حجم محلول اطمینان حاصل نمایید.
۳. از مؤثر بودن سیستم مکش اطمینان حاصل نمایید.
۴. از تمیزی سوزن مکش و تأمین کننده اطمینان حاصل نمایید.

○ **توزیع و مکش هم زمان.** در بعضی از شستشودهنده ها، عمل لاطم کنترل شده

درون چاهک ایجاد می شود که سبب خارج شدن مواد آزاد از درون چاهک می شود.

○ **مکش در کف چاهک ها.** در این سیستم سوزن مکش به کف چاهک بسیار نزدیک است و بلافاصله مرحله مکش آغاز شده لاً در زمان کنترل شده انجام می گیرد. اگر سطح محلول پایین تر از حجم لازم باشد، سیستم ممکن است هوا را مکش کند.

### کالیبراسیون دستگاه

دستگاه شستشودهنده میکروپلیت برای تضمین عملکرد صحیح روش الایزا الزامی است. مراحل تنظیم برای عملکرد مؤثر این دستگاه ها در زیر توضیح داده شده است:

○ **وضعیت سوزن (سر تأمین کننده و مکنده).** تنظیم عمودی و افقی سوزن نسبت به چاهک ها باید دقیق باشد. اگر چاهک ها کف صاف هستند، سوزن تأمین کننده بافر باید به دیواره چاهک ها بسیار نزدیک باشد. اگر کف چاهک ها گرد و یا شکل هستند، سوزن مکش باید در مرکز چاهک قرار گیرد. در حرکت عمودی، فاصله سوزن و کف چاهک بین ۰/۳ تا ۰/۵ میلی متر تنظیم می شود و سوزن هرگز نباید با کف چاهک تماس داشته باشد تا از بروز صدمات مکانیکی بین نوک سوزن و کف چاهک در حین مکش جلوگیری شود.

○ **زمان مکش.** لایه محلول که روی دیواره چاهک ها را پوشانده است به طرف کف چاهک حرکت کند. از فاصله دادن طولانی بین زمان مکش ها خودداری کنید تا از خشک شدن لایه محلول روی دیواره چاهک ها جلوگیری شود. از تمیز و باز بودن سوزن ها و سیستم مکش نیز مطمئن شوید.

○ **حجم توزیع شده.** از اینکه مقدار حجم توزیع شده به حداکثر میزان گنجایش چاهک نزدیک و سطح محلول در تمام چاهک ها یکسان است اطمینان حاصل نمایید. از تمیز و باز بودن سوزن های توزیع گر مطمئن شوید.

○ **خلأ سیستم مکش** باید به طور کامل و مؤثر کالیبر شود. اگر مکش خیلی قوی باشد، می تواند شرایط آزمایش را تغییر دهد. در واقع، ممکن است سبب خشک شدن چاهک شود و فعالیت آنزیم در چاهک ها را به طور قابل توجهی ضعیف کند و در نهایت، روی نتایج آزمایش تأثیر گذار باشد. اکثر شستشودهنده ها با قدرت مکش در محدوده ۶۰٪ و ۷۰٪ فشار اتمسفر کار می کنند. در بعضی از آنها، سیستم به صورت یک پمپ خارجی و یک وسیله جانبی عمل می کند. عملکرد آن به وسیله شستشودهنده کنترل می شود؛ یعنی سیستم فقط در زمان مورد نیاز کار می کند.

1. Procedure developed by PANBIO, ELISA check plus, Cat. N° E-ECP 01T  
2. Peroxidase Reagent  
3. TMB/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Tetramethylbenzidine/Hydrogen Peroxide

۳. تنظیم بودن سیستم‌های جانبی را کنترل نمایید و براساس توصیه‌های سازنده کالیبر نمایید.
  ۴. لات الکتریکی و کابل ارتباطی داخلی سالم است.
  ۵. برای از بین بردن باقی مانده ذرات نمک در کانال‌های تخلیه و تأمین کننده بعد از هر بار استفاده، شستشودهنده را با آب مقطر شستشو نمایید.
  ۶. از سالم بودن فیوز و تمیزبودن محل اتصال آن اطمینان حاصل نمایید.
- نکته:** کاربران فنی آموزش دیده باید مراحل نگهداری سیستم لازم‌شد با سازنده یا نمایندگی آن تماس بگیرید.

۵. بعد از استفاده، دستگاه را با آب مقطر بشویید تا باقی مانده ذرات نمک در کانال‌های تخلیه و تأمین کننده خارج گردد. سوزن‌ها ممکن است در آب مقطر غوطه‌ور بمانند.
۶. از تمیز بودن سطح خارجی بدنه دستگاه اطمینان حاصل نمایید. اگر لازم است آن را با پارچه مرطوب و کمی محلول شستشو تمیز کنید.

### نگهداری پیشگیرانه

#### تواتر: هر ۳ ماه

۱. تمام کانال‌ها و اتصالات را جدا کنید و از یکپارچگی و سالم بودن آنها مطمئن شوید. اگر نشت یا آثار خوردگی وجود داشت، آنها را تنظیم یا جایگزین نمایید.
۲. از سالم بودن قسمت‌های مکانیکی مطمئن شوید. براساس توصیه‌های سازنده روغن کاری کنید.

جدول مشکلیابی		
مشکل	علت محتمل	راه حل
پس از تکمیل مرحله شستشو، رسوب محلول در چاهکها باقی می ماند.	سیستم شستشو مشکل دارد.	از کارکرد سیستم شستشو در فشار مناسب اطمینان حاصل نمایید.
	کانالهای سیستم مکش دارای قطرهای متفاوت با دستورالعمل سازنده می باشند.	قطر کانالهای ارتباطی سیستم را کنترل کنید تا مطابق با توصیه های سازنده باشد.
	لوله مکش گرفتگی دارد.	از تمیز و بازبودن سیستم مکش اطمینان حاصل نمایید.
	مخزن پسماندها پر است.	سطح پسماندها را در مخزن کنترل کنید.
	فیلتر رطوبت یا گرفتگی دارد.	از وضعیت و سالم بودن فیلتر سیستم مکش اطمینان حاصل کنید.
	نوک سوزن ها به کف چاهک نمی رسند و صحیح تنظیم نشده اند.	محل قرارگیری سوسون ها را کنترل کنید.
	پلیت متفاوت در آزمایش استفاده شده است.	از نوع پلیت مناسب آزمایش اطمینان حاصل نمایید.
	سیستم شستشو به طور مؤثر هواگیری نشده است.	سیستم هواگیری را کنترل کنید.
	کاربر توصیه های سازنده را صحیح رعایت نکرده است.	توصیه های سازنده را مرور نمایید و تنظیمات لازم را انجام دهید.
	پلیت مورد استفاده در سیستم به طور صحیح تنظیم نشده است.	محل قرارگیری پلیت را کنترل نمایید.
مخزن ذخیره محلول شستشو خالی است.	منبع ذخیره محلول شستشو را کنترل نمایید. حجم ازدست رفته را جایگزین نمایید.	
	سیستم شستشو در آغاز چرخه کاری خوب هواگیری نشده است.	برای همگن سازی و حذف حباب های هوا، ابتدا سیستم را تمیز و هواگیری نمایید.
	برنامه ریزی برای تنظیم حجم محلول شستشوی توزیع شده اشتباه است.	از حجم لازم برای هر آزمایش و هر پلیت اطمینان حاصل نمایید.
	پلیت در سیستم شستشو نادرست قرار گرفته است.	نصب و صحیح قرار گرفتن پلیت را کنترل نمایید.
	چرخه صحیح انتخاب نشده است.	تنظیم چرخه شستشو که برای هر پلیت توصیه شده است را بررسی نمایید.
	پلیت های مورد استفاده مطابق با توصیه های سازنده نیست.	از تناسب کامل پلیت ها با سیستم شستشو اطمینان حاصل نمایید.
	مقدار محلول در چاهکها کافی نیست.	
	قطر لوله تأمین کننده محلول شستشو مطابق با توصیه سازنده نیست.	از توصیه های سازنده استفاده نمایید. در صورت لزوم تصحیح کنید.
	فشار برای توزیع مقدار کافی از محلول شستشو کافی نیست.	کانالها و سیستم تأمین کننده را کنترل نمایید. ممکن است کانال گرفتگی داشته باشد.
	سیستم اکثراً استفاده نمی شود.	روش های جلوگیری از رشد باکتری و قارچ را کنترل نمایید.
در مخزن شستشو باکتری و قارچ رشد کرده است.	روش مناسبی برای ضد عفونی کردن اجرا نمی شود.	روش های جلوگیری از رشد باکتری و قارچ را کنترل نمایید.
	تعویض لوله ها و کانال های ارتباطی با تواتر لازم انجام نشده است.	از انجام توصیه های سازنده و یا بخش فنی در تعویض ظرف ها و کانالها اطمینان حاصل نمایید.
	محلول شستشو آلوده شده است.	مراحل مدیریت و تهیه محلول شستشو را با هدف تعیین علت آلودگی و حذف آن کنترل نمایید.
	نگهداری با توجه به برنامه ریزی تعیین شده انجام نشده است.	زمان برنامه نگهداری را کنترل نمایید. به فرد مسئول اطلاع دهید.

### تعاریف پایه

**بافر.** محلولی که شامل یک اسید ضعیف با نمک آن، یک باز ضعیف با نمک آن است و نسبت به تغییرات pH در دمای مشخص مقاوم است.

**بافر فسفات.** یکی از محلول‌هایی که در سیستم شستشو در آزمایش‌های الیزا استفاده می‌شود. این محلول از مواد زیر تهیه می‌شود:  
 $NaCl, KCl, NaHPO_4, 2H_2O$  and  $KH_2SO_4$ .  
 اِلاعات فنی را جهت تهیه این بافر ارائه می‌دهند. به‌طور معمول، یک قسمت از بافر غلیظ با ۱۹ قسمت از آب دیونیزه مخلوط می‌شود.

**پلیت (الیزا).** پلیت طراحی شده است. معمولاً، این پلیت‌ها ۹۶، ۳۸۴ یا ۱۵۳۶ چاهک دارند و از پلاستیک‌هایی نظیر پلی‌استیرن و پلی‌پروپیلن ساخته شدند. پلیت‌های ویژه‌ای نیز برای تسهیل انجام آزمایش وجود دارند.

**پمپ با فشار مثبت.** یک پمپ که به واسطه یک پیستون داخل یک سیلندر حرکت می‌کند. مکانیسم عمل مشابه یک سرنگ است. این پمپ مجهز به یک سری دریچه برای کنترل جریان به داخل و خارج پمپ است.

لایزا کاربرد دارند.

<sup>۲</sup>.TMB/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

1. Phosphate Buffer Solution (PBS)
2. Tetramethylbenzidine/ Hydrogen Peroxide

# فصل ۴



## ترازوها

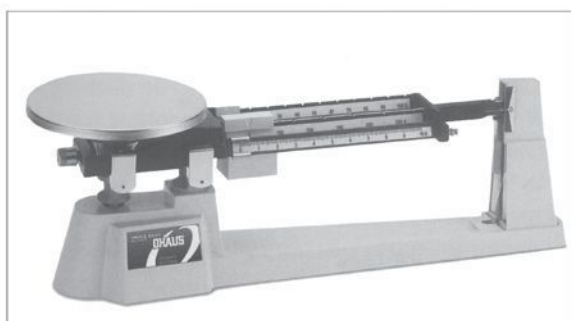
کد GMDN	۱۰۲۶۱	۱۰۲۶۳	۴۵۵۱۳	۴۶۵۸۴
کد ECRI	۱۰-۲۶۱	۱۰-۲۶۳	۱۸-۴۴۹	۱۸-۴۵۱
نام‌گذاری	ترازوها	ترازوهای الکتریکی	ترازوهای الکترونیکی آنالیتیک	ترازوهای میکروالکترونیکی، میکرو آنالیتیک

یک ماده وارد می‌کند، وزن نام‌دارد و این نیرو در واقع محصول حاصلضرب وزن ماده در شتاب مکانی جاذبه زمین\* است. استفاده از واژه «مکان» تأکید بر این دارد که شتاب به عواملی نظیر عرض جغرافیایی، ارتفاع، طول جغرافیایی و حجم لایه‌های زمین بستگی دارد؛ و این نیرو برحسب نیوتن محاسبه می‌شود.

ترازو وسیله‌ای است که در نتیجه نیروی جاذبه‌ای که به جسم یا ماده وارد می‌شود، وزن آن را اندازه‌گیری می‌کند. ترازو<sup>۱</sup> برگرفته لاتین bis به معنای «دو» و lanx به معنای «صفحه» است. نام‌های مقیاس<sup>۲</sup> و میزان<sup>۳</sup> نیز به ترازو اطلاق می‌شود. توجه به این نکته مهم است که نیرویی که میدان جاذبه زمین روی

### تصویر ترازوها

ترازوی مکانیکی



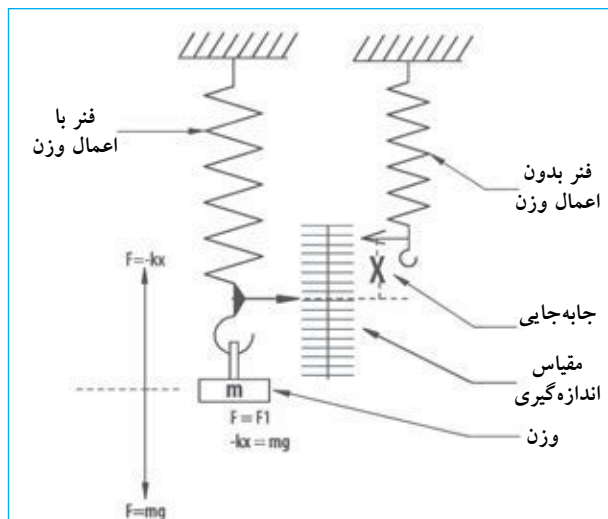
ترازوی الکترونیکی



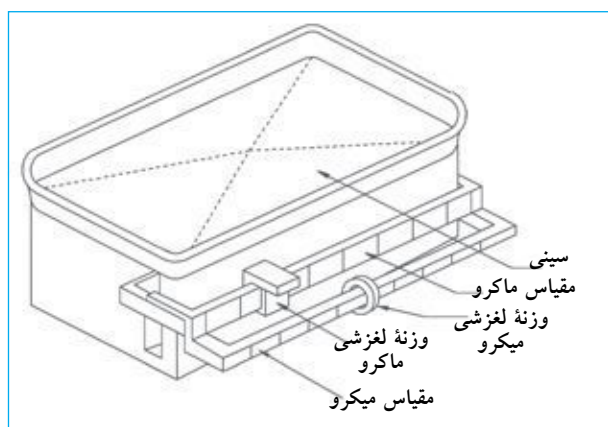
\* شتاب جاذبه زمین با نمادهای  $g_0$ ،  $g_n$  و  $g$  نشان داده می‌شود ولی مطلقاً نباید با  $g$  که خلاصه کلمه گرم (gram) است، اشتباه شود. نماد  $g$  بعضی وقت‌ها (gee) نیز نوشته می‌شود [م.].

1. Balance
2. Scale
3. Weight
4.  $[F = m \times g]$

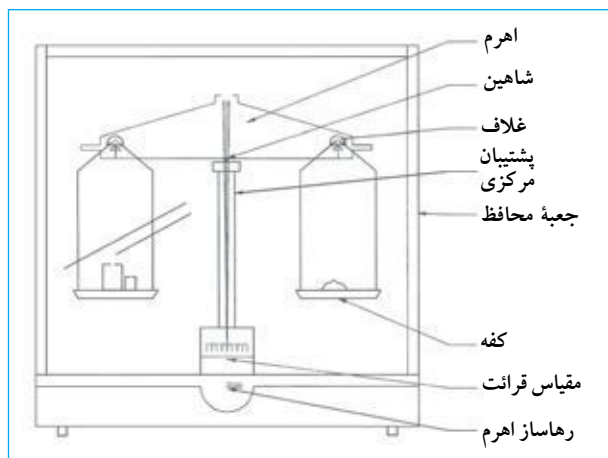
شکل ۷. ترازوی فنری



شکل ۸. ترازو با وزنه لغزشی



شکل ۹. ترازوی آنالیتیک



## موارد استفاده از ترازو

ترازو برای اندازه گیری وزن یک ماده استفاده می شود. در آزمایشگاه، ترازو برای بخشی از فعالیت های کنترل کیفی (ابزارهایی مانند پی پت ها)، تهیه مخلوطی از ترکیبات با نسبت های از قبل تعیین شده و همچنین تعیین چگالی و یا وزن کاربرد دارد.

## اصول عملکرد

تفاوت های عمده ای در طراحی، اساس کار و اهداف اندازه گیری در ترازوها وجود دارد. در حال حاضر، ترازوها به دو گروه عمده تقسیم می شوند: ترازوهای مکانیکی و الکترونیکی.

## ترازوهای مکانیکی

ترازوهای زیر از ترازوهای متداول مکانیکی هستند:

۱. **ترازوی فنری**<sup>۱</sup>: این ترازو بر اساس خاصیت مکانیکی فنر

کاری می کند. نیروی وارد شده روی فنر متناسب با ضریب ثابت کشسانی [k] فنر ضربدر طول فنر [x] است [F = -kx]. اگر وزن ماده [m] زیاد باشد، با در نظر گرفتن اینکه طول فنر متناسب با ضریب ثابت کشسانی فنر است، طول فنر بیشتر خواهد شد. کالیبراسیون ترازوی فنری به نیروی جاذبه وارد شده روی ماده مورد اندازه گیری بستگی دارد. این نوع ترازو زمانی که نیازی به دقت زیادی نیست کاربرد دارد.

۲. **ترازو با وزنه لغزشی**<sup>۲</sup>: این نوع ترازو به دو نوع وزنه مشخص

مجهز است که می تواند روی مقیاس انتخابی حرکت کند (یکی میکرو و دیگری ماکرو). وقتی یک ماده با وزن نامشخص روی کفه ترازو قرار داده می شود، وزن آن با تنظیم هر دو مقیاس و متعادل شدن آن تعیین می گردد. در این حالت، وزن برابر با مجموع اعداد هر دو مقیاس است.

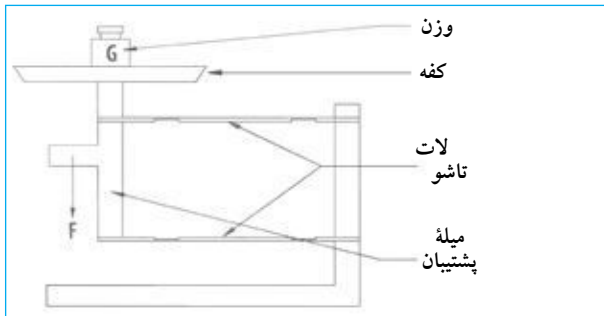
۳. **ترازوی آنالیتیک**<sup>۳</sup>: نحوه کار این ترازو مقایسه وزنه هایی با جرم

معین، با وزن های نامشخص است. این ترازو از یک پایه در وسط و یک بخش مسطح و قرینه که با تیغه ای به نام شاهین پشتیبانی می شود، تشکیل شده است. در انتها، کابل ها قرار دارند که با همان تیغه پشتیبانی می شوند و به آرامی و یکنواخت تاب می خورند. به انتهای کابل ها دو کفه متصل است. وزنه های معتبر<sup>۴</sup> در یک کفه و ماده مورد اندازه گیری در کفه دیگر قرار داده می شود. ترازو یک قفل ایمنی نیز دارد و زمانی که مورد استفاده قرار نمی گیرد و یا وزنه های تعادلی باید میزان شوند، سبب پایداری اهرم شاهین می شود. ترازو داخل یک جعبه قرار دارد تا از تداخل عوامل محیطی مانند جریان هوا جلوگیری شود. ترازوهای آنالیتیک می توانند تا ده هزارم (۰/۰۰۰۱) گرم یا صد هزارم (۰/۰۰۰۰۱) گرم را اندازه گیری کنند و تا وزن ۲۰۰ گرم ظرفیت<sup>۵</sup> دارند.

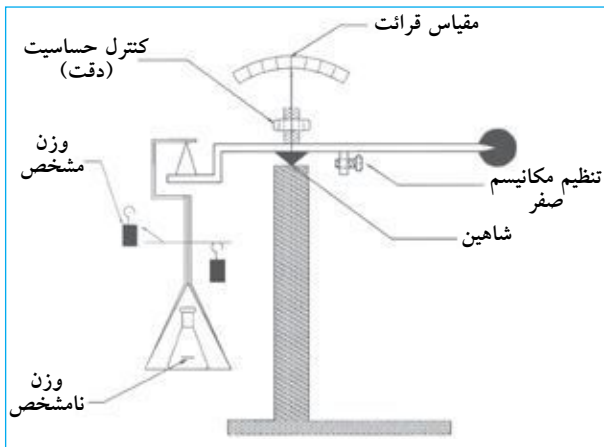
1. Spring Balance
2. Sliding Weight Balance
3. Analytical Balance
4. Certified Weights
5. Capacity



شکل ۱۰. ترازو با کنترل موازی



شکل ۱۱. ترازوی یک کفه‌ای



۳. حساسیت دقت ترازو را تنظیم و تأیید نمایید. تنظیم مجدد زمانی صورت می‌گیرد که با استانداردهای معین و با توجه به مراحل زیر انجام شود:

الف) ترازو را قفل نمایید.  
ب) یک وزنه استاندارد روی کفه قرار دهید (برابر با محدوده سیستم نوری ترازو).

ج) تنظیمات میکرو را روی یک (۱) قرار دهید.

د) اهرم ترازو را رهانمایید.

ه) صفر دستگاه را تنظیم نمایید.

و) تنظیمات میکرو را روی صفر (۵) قرار دهید. ترازو باید ۱۰۰ را نشان دهد. اگر ترازو کمتر یا بیشتر از ۱۰۰ را نشان دهد، حساسیت پیچ کنترل باید دوباره تنظیم شود که لازمه آن قفل کردن ترازو، بازکردن رویه فلزی و پیچاندن پیچ حساسیت است. اگر ترازو بیشتر از ۱۰۰ را نشان می‌دهد، پیچ باید در جهت عقربه‌های ساعت و اگر کمتر از ۱۰۰ نشان می‌دهد، باید در خلاف جهت عقربه‌های ساعت پیچانده شود. این مراحل را تا زمانی تکرار کنید که ترازو (پیچ صفر و حساسیت) تنظیم شود.

3. Substitution Balance (Unequal-lever arm or two-knife Balance)  
4. Operation Verification

در اختیار داشتن مجموعه‌ای از وزنه‌های معتبر برای کنترل ترازو ضروری است. معمولاً این مجموعه از وزنه‌های زیر تشکیل یافته است:

نوع وزنه	ظرفیت
قطعه‌های ساده	۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰g
	۱۰۰ و ۲۰۰، ۵۰۰g
قطعه‌های کوچک (کسری)	۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰mg
	۱۰۰ و ۲۰۰، ۵۰۰mg

#### ۴. ترازو با صفحه فوقانی (با بارگذاری زیاد یا ترازو با کنترل موازی)۱.

لای آن نصب شده است

و به وسیله یک میله پشتیبان به اتصالات موازی تاشو وصل می‌باشد. نیروی وارد شده به وسیله ماده مورد اندازه‌گیری از این میله به صورت مستقیم یا مکانیکی به کفه ترازو منتقل می‌شود. لات موازی باید دقت  $\pm 1$  میکرومتر را

داشته باشد. در غیر این صورت، خطایی به نام خطای بار جانبی<sup>۲</sup> ایجاد می‌شود (با قرار گرفتن ماده مورد اندازه‌گیری و قرائت در مرکز یا روی یکی از لبه‌ها اختلاف‌هایی در قرائت را نشان خواهد داد). نمای صفحه بعد اساس کار بعضی از ترازوهای الکترونیکی را توضیح می‌دهد.

#### ۵. ترازوی یک کفه‌ای (میلۀ شاهین نامساوی یا ترازوی دوتیغه‌ای).

این ترازو یک کفه دارد. ماده مورد اندازه‌گیری (وزن نامشخص) روی کفه ترازو قرار داده می‌شود و در سمت وزنه متعادل‌کننده جرم‌های مشخص طوری جابه‌جا می‌شوند تا ترازو دوباره به حالت تعادل برسد و وزن قرائت شود. این عمل با استفاده از یکسری دندانه‌های مکانیکی صورت می‌گیرد. شاهین ترازو معمولاً در مرکز آن نیست و متمایل به قسمت جلوی ترازو است. وقتی ماده‌ای روی کفه ترازو قرار داده شده و اهرم ترازو آزاد می‌شود، حرکت شاهین از طریق یک سیستم نوری به صفحه نمایش در قسمت جلوی ترازو منتقل می‌شود.

#### تصدیق عملکرد<sup>۴</sup>

مراحل مورد استفاده برای تصدیق عملکرد یک ترازوی مکانیکی (نوع یک کفه‌ای) متداول در زیر توضیح داده شده است.

۱. از ترازو بدون ترازو اطمینان حاصل نمایید. این کار با تنظیم پیچ قسمت پایه ترازو و یا با تنظیم شار داخل حباب روی ترازو در قسمت جلو امکان‌پذیر است.

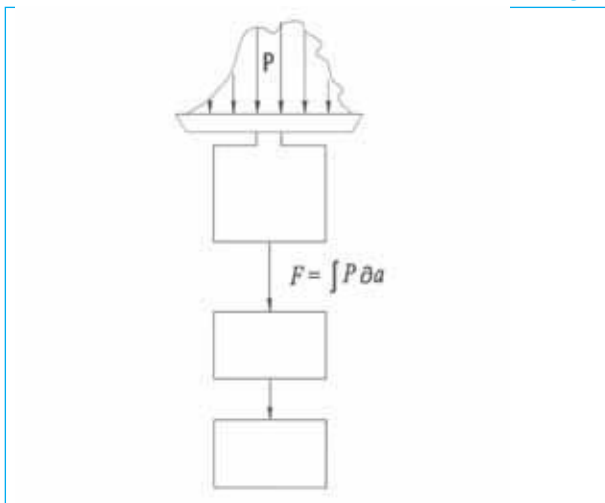
۲. سیستم صفر دستگاه را کنترل کنید. پیچ کنترل را روی صفر قرار داده و اهرم ترازو را آزاد نمایید. اگر سیستم روی صفر ثابت نیست، با استفاده از پیچ افقی نزدیک شاهین ترازو آن را تنظیم نمایید. این کار را تا زمانی ادامه دهید که صفحه نمایش صفر را نشان دهد.

1. Upper Plate Balance (Top loading or parallel guidance)  
2. Lateral Load

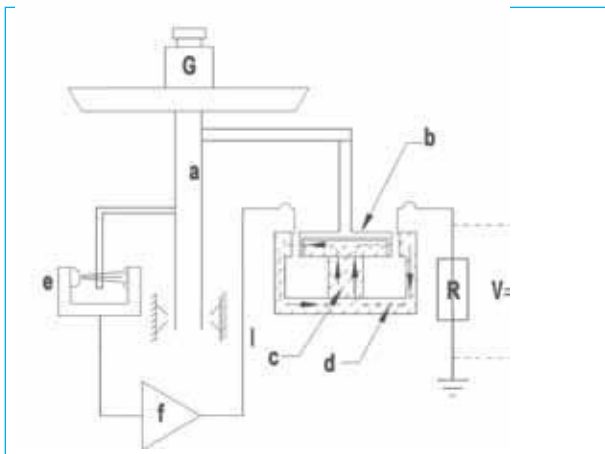
وسط یک فرقه در آهن ربای مغناطیسی تولید می شود و از فرمول  $[F = I \times L \times B]$  که  $I$ : شدت جریان الکتریکی،  $L$ : طول سیم و  $B$ : شدت جریان مغناطیسی محاسبه می شود.

هر تغییری که در وزن یا جرم باعث حرکت کم و عمودی سیستم های متحرک مکانیکی شود با حسگر نوری دریافت  $[e]$  و به تقویت کننده و تنظیم کننده  $[f]$  فرستاده می شود. این حالت جهت جریان الکتریکی را که از وسط فرقه آهن ربا  $[c]$  عبور می کند، تغییر می دهد. در نهایت، در نتیجه تنظیم جریان الکترومغناطیسی سیستم های متحرک به حالت تعادل برمی گردند. هم زمان، می توان وزن ماده  $[G]$  را به صورت غیرمستقیم اندازه گیری کرد. این جریان از وسط مداری می گذرد که ولتاژ  $[V]$  را با استفاده از فرمول  $[V = I \times R]$  به دست می آورد. امروزه، سیستم های الکتریکی زیادی برای اندازه گیری دقیق وزن طراحی شده اند. طرح های زیر عملکرد ترازوهای الکترونیکی را نشان می دهد.

شکل ۱۲. اجزای ترازوی الکترونیکی



شکل ۱۳. ا.د



1. Load Cell

2. Precision Resistor

۴. محور کفه ترازو را که زیر صفحه و متصل به آن قرار دارد، کنترل کنید. وقتی ترازو قفل است، این محور از حرکت کفه جلوگیری می کند. در صورت تراز نبودن، زمانی که ترازو قفل است و استفاده نمی شود، محور خیلی کم باید چرخانده شود تا فاصله بین آن و کفه به صفر برسد.

### نگهداری ترازوی مکانیکی

نگهداری ترازوی مکانیکی به طور معمول در زیر خلاصه شده است:

#### تواتر: روزانه

۱. تصدیق تراز بودن ترازو،
۲. تصدیق و تنظیم صفر دستگاه،
۳. تصدیق حساسیت دستگاه،
۴. تمیز بودن کفه یا صفحه توزین.

#### لانه

۱. ترازو را کالیبر کرده و مراحل را ثبت نمایید.
۲. قطعات داخلی ترازو را باز و تمیز نمایید. این مراحل باید طبق دستورالعمل سازنده انجام پذیرد و یا شرکت های خاص مسئولیت انجام این کار را عهده دار باشند.

### ترازوی الکترونیکی

ترازوی الکترونیکی سه قسمت اصلی دارد:

۱. کفه توزین. ماده مورد اندازه گیری، روی کفه ترازو قرار داده می شود و فشار یکنواختی به کفه وارد می کند. با انتقال این فشار به وسیله اهرم ها، حسگرها و اتصالات، وزن ماده به صورت یک نیروی قابل اندازه گیری  $[F]$  متمرکز و محاسبه می شود  $[F = \int P da]$ .
۲. یک ابزار اندازه گیری<sup>۱</sup> سیگنالی متناسب با وزن بار ایجاد می کند. این سیگنال به صورت تغییر در ولتاژ یا فرکانس نشان داده می شود.
۳. مدار جریان الکتریکی نتیجه نهایی را روی صفحه نمایش ترازو نشان می دهد.

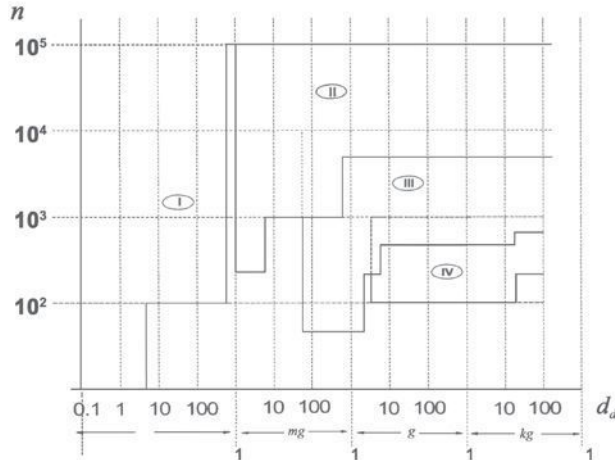
ترازوهای آزمایشگاهی براساس جبران نیروی الکترومغناطیسی وارد شده در نتیجه جابه جایی (گشتاور) کفه ترازو کار می کنند. صفحه نمایش قرائت وزن را با صحت معین که به مدل ترازو بستگی دارد، نشان می دهد.

اساس. قسمت های متحرک (کفه توزین، میله پشتیبان  $[a]$  فرقه، موقعیت و نشانگر وزن  $[G]$  و ماده مورد اندازه گیری) با جبران نیروی وارد شده  $[F]$  که برابر با وزن ماده مورد اندازه گیری است، در حال تعادل می باشد. نیروی  $[F]$  در نتیجه عبور جریان الکتریکی از

این سیستم طبقه‌بندی ترازوهای الکترونیکی، فقط به دو پارامتر مهم اشاره دارد:

۱. بیشترین بار (وزن) قابل اندازه‌گیری [Max.]
۲. تقسیمات روی صفحه نمایش [d]<sup>۵</sup>.

شکل ۱۴. طبقه‌بندی ترازوها براساس دقت



تعداد تقسیمات از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{\text{Max}}{d_d}$$

این سازمان اصول زیر را به‌طور قراردادی برای ترازوهای آزمایشگاهی می‌پذیرد:

۱. اولترامیکروآنالیتیک<sup>۶</sup>  $d_d = 0.1 \mu\text{g}$
۲. میکروآنالیتیک<sup>۷</sup>  $d_d = 1 \mu\text{g}$
۳. نیمه‌آنالیتیک<sup>۸</sup>  $d_d = 0.01 \text{mg}$
۴. ماکروآنالیتیک<sup>۹</sup>  $d_d = 0.1 \text{mg}$
۵. دقت<sup>۱۰</sup>  $d_d \geq 1 \text{mg}$

## سیستم پردازش سیگنال

این سیستم از یک مدار تشکیل شده‌است که سیگنال الکتریکی ساطع شده از ترانسفورماتور را به اطلاعات عددی روی صفحه نمایش تبدیل می‌کند و شامل قسمت‌های زیر است:

۱. تنظیم صفر<sup>۱</sup>: تنظیم صفر باید برای هر بار توزین انجام گیرد. لاً در قسمت جلوی ترازو است، انجام می‌شود و برای صفرکردن ظرف توزین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲. کنترل تکرارپذیری<sup>۲</sup>: در این روش مقادیر اندازه‌گیری شده در مدت زمان معین جمع و میانگین خوانده‌ها محاسبه می‌شود. استفاده از این روش زمانی که اعداد در حالت ناپایدار جمع‌آوری می‌شوند، برای مثال در مکانی که جریان هوا و یا ارتعاشات زیادی وجود دارد، بسیار مفید است. این نوع کنترل، زمان لازم برای پایدار ماندن یک خوانده را تعیین می‌کند. همچنین این کنترل در استفاده از روش خاص، مناسب است.

۳. گم‌کردن<sup>۳</sup>: به‌طور معمول، ترازوهای الکترونیکی بسیار سریع‌تر نتایج را پردازش می‌کنند و نتیجه نهایی گردشده را روی صفحه نمایش می‌دهند.

۴. چراغ نشانگر پایداری: وقتی نتایج اندازه‌گیری ثابت شد، این چراغ کم‌رنگ شده و نتایج قرائت می‌شوند. در مدل‌های دیگر ترازو، این چراغ، نمایش نتیجه روی صفحه را امکان‌پذیر می‌سازد.

۵. مراحل سیگنال الکتریکی: در این مرحله نتایج نهایی روی صفحه نمایش داده می‌شود. همچنین، ممکن است عملکردهای ویژه دیگر مانند شمارش قطعات، درصد وزنی و اندازه‌گیری وزن اجسام متحرک (مانند حیوانات) و محاسبه‌های مرتبط وزن را نیز داشته‌باشد. محاسبات به‌وسیله میکروپروسسور و براساس دستورالعمل کاربری دستگاه انجام می‌شود.

## طبقه‌بندی ترازوها

«سازمان بین‌المللی اوزان و مقادیر»<sup>۴</sup> (OIML) ترازوها را به چهار

گروه تقسیم کرده‌است:

○ گروه I: با دقت ویژه

○ گروه II: لا

○ گروه III: با دقت متوسط

○ گروه IV: با دقت معمولی

در نمودار شکل ۱۴ این طبقه‌بندی نشان داده شده‌است.

5. Kupper, W., Balances and Weighing, Mettler Instrument Corp., Princeton-Hightstown, NJ

6. Ultra Microanalytics 7. Microanalytics

8. Semi-Microanalytics 9. Macroanalytics 10. Precision

1. Tare Setting

2. Repeatability Setting Control

3. Rounding off

4. International Organization of Legal Metrology

## کنترل‌های ترازوی الکترونیکی

یک نما از کنترل‌های معمول ترازوی الکترونیکی در شکل ۱۵ نمایش داده شده است. با در نظر گرفتن این نما توجه به نکته‌های زیر اهمیت دارد:

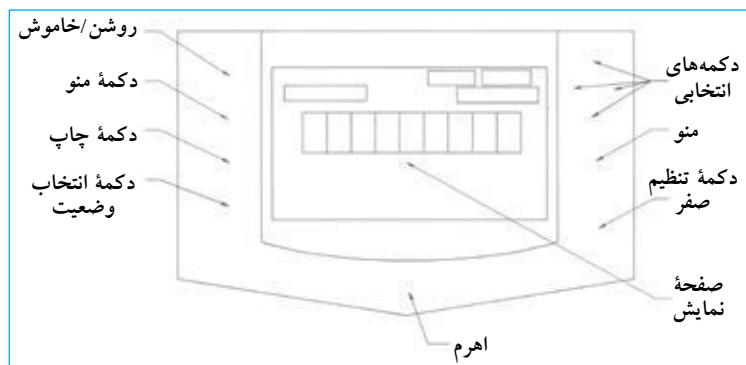
۱. عملکردهای بیشتر در این ترازوها وجود دارد.
۲. واحدهای اندازه‌گیری متنوع و متعدد می‌تواند انتخاب شود.
۳. امکان ثبت روز و ساعت اندازه‌گیری وجود دارد.
۴. مراحل اندازه‌گیری را می‌توان ثبت و چاپ نمود.
۵. انتخاب زبان امکان‌پذیر است.

## الزامات نصب و راه‌اندازی

برای راه‌اندازی و استفاده مناسب از ترازو، توجه به نکته‌های زیر ضروری است:

۱. محیط عاری از جریان هوا، گرد و خاک یا تغییر ناگهانی دما باشد.
۲. یک سطح تراز شده محکم که برای کم کردن اثر ارتعاش از دستگاه‌های مجاور مانند سانتریفوژ و یخچال جدا باشد. همچنین فضای کافی برای راه‌اندازی دستگاه و هر وسیله جانبی دیگر لازم برای اندازه‌گیری باید موجود بوده و فضای مناسب برای کابل‌های ارتباطی برق و کامپیوتر باید در نظر گرفته شود.
۳. از نصب و راه‌اندازی دستگاه‌هایی مانند سانتریفوژ، موتورهای الکتریکی و ژنراتورها که هنگام کار، میدان‌های مغناطیسی و یا ارتعاشات زیاد تولید می‌کنند، در مجاورت ترازو خودداری نمایید.
۴. از قراردادن ترازو در زیر کولر و نور خورشید خودداری نمایید.
۵. وجود یک پریز برق همخوان با برق استاندارد کشور و یا آزمایشگاه، ضروری است و باید به سیم زمین متصل باشد.

شکل ۱۵. سیستم کنترل ترازوی آنالیتیک



## عملکرد ترازوهای الکترونیکی

روش کار با ترازوهای الکترونیکی به صورت کامل در دفترچه راهنمای ترازو توسط سازنده ذکر شده است. این روش معمولاً شامل مراحل زیر است:

۱. در اولین استفاده، اجازه دهید ترازو با دمای محیطی که راه‌اندازی شده است به تعادل برسد. یعنی اگر دمای داخل کارتن ترازو به دمای اتاق نزدیک است زمان آمادگی کمتر و در غیر لاینی خواهد بود.
۲. تا گرم شدن<sup>۱</sup> ترازو صبر نمایید و سپس اندازه‌گیری را شروع کنید. معمولاً اتصال ترازو به پریز برق برای گرم شدن دستگاه کافی است. بعضی سازندگان این زمان را ۲۰ دقیقه توصیه می‌کنند. این زمان برای ترازوهای آنالیتیک کلاس ۱ حداقل ۲ ساعت پیش از شروع کار است. از کالیبره کردن ترازو اطمینان حاصل نمایید. لایک روش کالیبراسیون ذخیره شده در حافظه دستگاه (پیش فرض) توسط کارخانه دارند که می‌تواند در صورت نبود وزنه‌های کالیبراسیون استفاده شود. اگر ترازو احتیاج به کالیبراسیون دارد، از وزنه‌های کالیبراسیون به روش پیشنهادی سازنده استفاده کنید. این وزنه‌ها باید با خطای مجاز یا تولرانس<sup>۲</sup> «انجمن آزمون و مواد امریکا» (ASTM)<sup>۳</sup> مطابقت داشته باشد. برای اطلاعات عمومی جدول زیر خطای مجاز مورد قبول برای وزنه‌های کلاس ۱ انجمن آزمون و مواد امریکا را نشان می‌دهد.<sup>۴</sup>

وزن (gr)	بالاترین حد (گرم)	پایین‌ترین حد (گرم)
۱۰۰	۱۰۰/۰۰۰۳	۹۹/۹۹۹۸
۲۰۰	۲۰۰/۰۰۰۵	۱۹۹/۹۹۹۵
۳۰۰	۳۰۰/۰۰۰۸	۲۹۹/۹۹۹۳
۵۰۰	۵۰۰/۰۰۱۳	۴۹۹/۹۹۸۸
۱۰۰۰	۱۰۰۰/۰۰۲۵	۹۹۹/۹۹۷۵
۲۰۰۰	۲۰۰۰/۰۰۵۰	۱۹۹۹/۹۹۵۰
۳۰۰۰	۳۰۰۰/۰۰۷۵	۲۹۹۹/۹۹۲۵
۵۰۰۰	۵۰۰۰/۰۱۲۵	۴۹۹۹/۹۸۷۵

۳. از روش پیشنهادی سازنده در دفترچه راهنما پیروی کنید.

## کالیبراسیون ترازوها

کالیبراسیون ترازوها باید به وسیله کارشناسان ویژه انجام پذیرد. باید در نظر داشت که این کالیبراسیون مطابق با روش «سازمان بین‌المللی اوزان و مقادیر»، و یا «انجمن آزمون و مواد امریکا» و یا سازمان دیگری انجام گیرد که روش‌های لازم برای طبقه‌بندی وزنه‌های استاندارد را تعیین کرده‌اند. طبقه‌بندی وزنه‌های مرجع «سازمان بین‌المللی اوزان و مقادیر» در جدول صفحه بعد آمده است.

1. Warm-up
2. Tolerance
3. American Society for Testing and Materials
4. Field Services Handbook for High Precision Scales, IES Corporation, Portland, Oregon, 2004.

جدول سازمان بین‌المللی اوزان و مقادیر برای طبقه‌بندی وزنه‌های مرجع

کلاس	توضیح	خطای مجاز	عدم قطعیت مجاز	فاصله کالیبراسیون مجدد
E1	وزنه‌های استیل ضدزنگ بدون علامت و غیرقابل تنظیم	$\pm 0.5 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/3$ از خطای مجاز	۲ سال
E2	وزنه‌های استیل ضدزنگ بدون علامت و غیرقابل تنظیم	$\pm 1 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/3$ از خطای مجاز	۲ سال
F1	وزنه‌های استیل ضدزنگ دکمه‌ای با حفره تصحیح یا تنظیم	$\pm 5 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/5$ از خطای مجاز	۱ سال
F2	وزنه‌های برنز آب‌کاری‌شده	$\pm 15 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/5$ از خطای مجاز	۱ سال
M1	وزنه‌های برنز (که خورده نمی‌شوند و رنگ نمی‌گیرند) یا وزنه‌های آهن قالبی با کیفیت جلای رنگی بالا	$\pm 50 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/5$ از خطای مجاز	۱ سال
M2	وزنه‌های برنز یا وزنه‌های آهن قالبی (وزنه‌های تجاری)	$\pm 200 \text{ ppm/kg}$	$\pm 1/5$ از خطای مجاز	۱ سال

جدول استفاده از وزنه‌های استاندارد با توجه به ظرفیت ترازو

تفکیک <sup>۲</sup>								ظرفیت
۰/۰۱mg	۰/۱mg	۱mg	۱۰mg	۱۰۰mg	۱g	۱۰g	۱۰۰g	
F2	F1	F2	M1	M1	—	—	—	تا ۲۰۰ گرم
E2	E2	F1/E2	F2	M1	M1	—	—	۲۰۰ گرم تا ۱ کیلوگرم
—	E2	E2	E2	F2	M1	M2	M2	۱ تا ۳۰ کیلوگرم
—	—	—	E2	F1	F2	M1	M2	۳۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم
—	—	—	—	E2	F1	M1/F2	M2	بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم

۳. از کارکرد صحیح مکانیسم‌های تنظیم در قسمت جلوی محفظه مطمئن شوید.

۴. همیشه از ظرف تمیز و از قبل وزن‌شده برای وزن‌کردن (از ظرف شیشه‌ای یا یک کاغذ وزن در صورت امکان) استفاده کنید. پلاستیک می‌تواند به روش الکترومغناطیسی دارای بار الکتریکی شود که برای وزن‌کردن پودر و یا پودری از دانه‌های ریز شیمیایی<sup>۳</sup> مناسب نیست.

۵. هرگونه ریخت و پاش سریعاً باید تمیز شود تا از خوردگی و یا آلودگی جلوگیری شود. می‌توان از اتانول ۷۰٪ برای گندزدایی کفه ترازو استفاده کرد.

**بسیار مهم:** هرگز ترازو را روغن‌کاری نکنید، مگر به پیشنهاد سازنده. هر ماده که در مکانیسم ترازو تداخل ایجاد کند، در مراحل اندازه‌گیری تأثیرگذار خواهد بود.

**توجه:** به‌طور معمول، سازنده یا نماینده ویژه سازنده، مسئول نگهداری ترازوها است. این نگهداری مراحل مختلف دارد و با توجه به نوع و مدل ترازو متفاوت است.

1. Guidelines for calibration in laboratories, Drinking Water Inspectorate by LGC(Tenddington) Ltd., December 2000.

2. Resolution

3. Granulated Chemicals

هرگونه کالیبراسیون باید با استفاده از وزنه‌های استاندارد صورت گیرد. نتایج به‌دست‌آمده باید تجزیه و تحلیل شوند تا مشخص گردد که درصد خطای آنها در محدوده «قابل قبول» قرارداد یا خیر. وزنه‌های استاندارد باید براساس ظرفیت ترازو انتخاب شوند. جدول فوق برای این منظور کاربرد دارد. به کمک این جدول می‌توان وزنه‌های استاندارد مناسب را با توجه به ظرفیت یک ترازو برای کالیبر کردن تعیین نمود.

## نگهداری معمول

ترازو دستگاهی با دقت بالا است، به همین دلیل فقط کاربر مسئول انجام حداقل نگهداری به شرح زیر می‌باشد:

## رسیدگی‌های روزانه

۱. کفه ترازو را تمیز کنید تا عاری از گرد و خاک شود. این کار با یک پارچه تمیز مرطوب‌شده با آب مقطر انجام می‌گیرد. اگر آلودگی لایم استفاده کرد. همچنین، می‌توان از یک قلم با موهای نرم برای پاک کردن ذرات روی کفه استفاده کرد.

۲. محفظه شیشه‌ای ترازو را از داخل و خارج تمیز کنید و مطمئن باشید که محفظه عاری از گرد و خاک است.

### جدول مشکل یابی

ترازوی الکترونیکی		
مشکل	علت محتمل	راه حل
ترازو روشن نمی شود.	کابل ارتباط قطع و یا صحیح تنظیم نشده است.	ارتباط را کنترل نمایید. اگر قطع آن عامل روشن نشدن ترازو است، کابل را تنظیم نمایید.
	در خروجی الکتریکی (پریز) برق وجود ندارد.	پریز برق را کنترل نمایید.
خوانده در صفحه نمایش صحیح نیست.	صفر ترازو پیش از شروع به کار تنظیم نشده است.	صفر ترازو را تنظیم و اندازه گیری را تکرار کنید.
	ترازو درست کالیبر نشده است.	با توجه به توصیه سازنده ترازو را کالیبر نمایید.
	ترازو تراز نیست.	ترازو را تراز نمایید.
واحد انتخابی اندازه گیری روی صفحه نمایش نشان داده نمی شود.	واحدها صحیح انتخاب نشده اند.	مراحل انتخاب واحد مناسب و تعریف شده توسط سازنده را کنترل نمایید.
	واحد انتخاب شده در سیستم وجود ندارد یا فعال نشده است.	واحدهای اندازه گیری را با توجه به مراحل پیشنهادی سازنده فعال کنید.
ترتیب فهرست ترازو تغییر نمی کند.	ممکن است صفحه منو قفل شده باشد.	اگر سوئیچ قفل فعال شده است، آن را غیرفعال نمایید.
انتخابها یا تغییرات در ترازو ثابت نمی مانند.	کلید پایان <sup>۱</sup> برای کامل کردن مراحل فعال نیست.	اطمینان حاصل نمایید که تغییرات و انتخاب مطابق با دستورالعمل سازنده است. مراحل را تکرار نمایید. ترازو را خاموش و یک لحظه بعد دوباره روشن کنید.
خوانده روی صفحه نمایش پایدار نیست.	روی سطح میز ترازو لرزش وجود دارد.	ترازو را در یک سطح تراز و پایدار قرار دهید.
	در شیشه ای محفظه ترازو باز است.	در شیشه ای محفظه را ببندید و اندازه گیری نمایید.
اتصالات RS ۲۳۲ عمل نمی کند.	کابل اتصال خوب نصب نشده است.	کابل اتصال را کنترل کنید.
خوانده روی صفحه نمایش کامل نیست و یا ترازو قفل است.	میکروپروسور قفل است.	ترازو را خاموش و یک لحظه بعد دوباره روشن کنید. اگر مشکل حل نشد، از متخصص فنی خدمات پس از فروش کمک بگیرید.
صفحه نمایش کد خطا می دهد.	دلایل گوناگون دارد.	نوع کد خطا را مشخص نمایید.

خطای عملکرد	علت خطا
خواندهها تکرارپذیری ندارند <sup>۱</sup> .	محفظه اندازه گیری تمیز نیست. محفظه و کفه اندازه گیری خوب نصب نشده است.
خواندهها خطی نیستند.	سیستم الکتریکی معیوب است. سیستم مکانیکی مشکل دارد.
خواندهها پرش دارند و ثابت نیستند.	سیستم الکتریکی معیوب است. دمای اتاق را تغییر دهید. محفظه اندازه گیری تمیز نیست. شرایط محیطی مانند جریان هوا، ارتعاش و یا الکتریسیته ساکن در محل وجود دارد.
را نشان می دهد.	لازم بی معنی سیستم الکتریکی معیوب است.
صفحه نمایش بدون اعمال بار، اضافه بار و یا بار منفی را نشان می دهد.	کفه اندازه گیری با بار اضافه آسیب دیده است. کفه اندازه گیری مناسب نصب نشده است.
ترازو کالیبر نمی شود.	باتری کالیبراسیون معیوب است. سیستم الکتریکی معیوب است. کفه اندازه گیری مناسب نصب نشده است.

## تعاریف پایه

ASTM. «انجمن آزمون و مواد امریکا».

کالیبراسیون. تنظیم و تعیین صحیح خوانده یک دستگاه با استفاده از یک استاندارد یا میانگین. ترازو با استفاده از وزنه‌های استاندارد کالیبر می‌شود.

وزنه‌های معتبر<sup>۱</sup>. وزنه‌هایی که با خطای مجاز اعلام شده مراکز معتبر همخوانی دارند. وزنه‌های کلاس ۱ تا ۴ «انجمن آزمون و مواد امریکا»، وزنه‌های رایج مورد استفاده هستند و باید برای کالیبراسیون معمول (رفرانس الزامی) استفاده شوند.

دقت<sup>۲</sup>. مجموع همه خطاهای ترازو. محدوده خطای کل نیز نامیده می‌شود.

هیستریزیس<sup>۳</sup>. اختلاف در نتایج وقتی که بار روی ترازو افزایش یا کاهش می‌یابد.

بار جانبی<sup>۴</sup>. توانایی ترازو که وزن نمونه روی کفه را بدون در نظر گرفتن محل قرارگیری نمونه اعلام کند، بار گوشه‌ای<sup>۵</sup> نیز نامیده می‌شود.

خطای بار جانبی. لاف در نتایج وزن نمونه وقتی که نمونه در قسمت‌های مختلف کفه ترازو قرار داده می‌شود، برای مثال در مرکز صفحه یا در لبه‌ها.

خطای خطی. تفاوتی که با بیشتر کردن وزن در کفه ترازو تا زمانی که به حداکثر ظرفیت برسد، یا برعکس در زمان استفاده از ترازو مشاهده می‌شود. اختلاف مشاهده شده بین خوانده‌های به دست آمده و ارزش ریاضی (واقعی) به عنوان غیر خطی بودن نتایج تفسیر می‌شوند.

خطی بودن. توانایی ترازو در به دست آوردن نتایج صحیح وزن در طی زمان اندازه‌گیری. نمودار خط راست نشان‌دهنده خطی و در تراز بودن ترازو است. به منظور تعیین خطای خطی بودن یک ترازو، وزنه‌های معتبر باید استفاده شوند. این مراحل خطای خطی را با خواندن وزن وزنه‌های معتبر و بدون آنها تعیین می‌کند. اختلاف بین خوانده‌ها محاسبه خطای خطی را امکان‌پذیر می‌سازد.

جرم. از خواص فیزیکی مواد که به مقدار بستگی دارد و واحد آن کیلوگرم است. در فیزیک، دو کمیت وجود دارد که جرم به آن اطلاق می‌شود:

جرم گرانشی<sup>۶</sup>. که اثر متقابل اندازه‌گیری وزن در میدان جاذبه است. در مقایسه با جرم بزرگ، اگر جرم کوچک است، نیروی ضعیفی را تحمل می‌کند.

جرم اینرسی<sup>۷</sup>. که اندازه‌گیری عددی از اینرسی یک ماده است، در واقع، مقاومت ماده در نتیجه شتاب است. واحد جرم کیلوگرم است.

OIML. «سازمان بین‌المللی اوزان و مقادیر».

حساسیت (دقت)<sup>۸</sup>. کمترین مقداری که ترازو توانایی اندازه‌گیری آن را دارد یا کمترین مقداری که ترازو با دقت اندازه‌گیری می‌کند.

خطای حساسیت (دقت). خطای ثابت در حین اندازه‌گیری و در محدوده اندازه‌گیری و یا در حد ظرفیت ترازو.

قابلیت ردیابی<sup>۹</sup>. قابلیت که مقدار اندازه‌گیری شده به وسیله یک دستگاه را می‌تواند به استانداردهای تعریف شده نسبت دهد.

1. Certified Masses

2. Exactitude

3. Hysteresis

4. Lateral Load

5. Corner Load

6. Gravitational Mass

7. Inertial Mass

8. Sensitivity

9. Traceability

# فصل ۵

## حمام آب

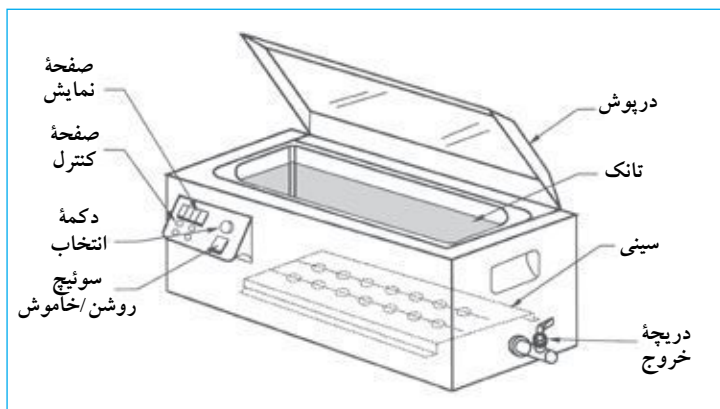
کد GMDN	۳۶۷۵۴	۱۶۷۷۲
کد ECRI	۱۵-۱۰۸	۱۶-۷۷۲
نام گذاری	حمام آب	حمام آب، همزن

○ **مقاوم متغیر<sup>۲</sup>**: این نوع از مقاوم‌ها در داخل یک لوله بسته جاسازی شده‌اند و در قسمت پایینی مخزن با سیستم گرمایی تانک در تماس مستقیم هستند.

○ **مقاوم بیرونی<sup>۳</sup>**: این مقاوم‌ها در قسمت پایینی ولی در خارج از تانک قرار دارند و با یک ماده عایق‌دار حفاظت می‌شوند که از به‌هدر رفتن گرما جلوگیری می‌کند. این مقاوم‌ها گرما را از طریق یک هادی گرما به زیر تانک منتقل می‌کنند.

حمام آب دستگاهی است که برای انجام آزمایش‌های سرولوژی، آگلوتیناسیون، غیرفعال‌سازی، بیولوژی پزشکی و آزمایش‌های داروسازی و حتی برای مراحل آنکوباسیون صنعتی کاربرد دارد. مایع لاً آب و در بعضی روغن است. محدوده دمای کاری حمام‌های آب از دمای محیط تا  $60^{\circ}\text{C}$  است. با استفاده از یک درپوش خاص، امکان انتخاب درجه حرارت  $100^{\circ}\text{C}$  نیز وجود دارد. حمام‌های آب با گنجایش ۲ تا ۳۰ لیتر ساخته می‌شوند.

شکل ۱۶. حمام آب



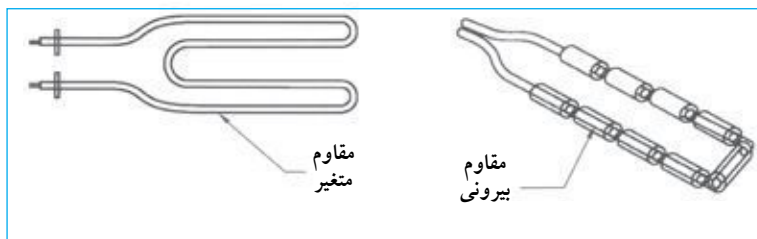
### نمای یک حمام آب

در تصویر مقابل نمای یک حمام آب نمایش داده شده است. در این تصویر، امکان مشاهده کنترل‌های الکتریکی، صفحه نمایش، درپوش (قطعه جانبی اختیاری) و تانک وجود دارد. قسمت‌های دیگر مانند دماسنج و یک همزن که دمای داخلی حمام آب را ثابت نگه می‌دارد ممکن است به دستگاه متصل شوند.

### اصول عملکرد

حمام‌های آب از جنس استیل هستند و معمولاً با لایه رنگ الکترواستاتیک<sup>۱</sup> که قابلیت جذب بالا داشته و نسبت به شرایط محیطی آزمایشگاه مقاوم است، پوشیده شده‌اند. کلیدهای کنترل فعالیت دستگاه در قسمت بیرونی حمام آب قرار دارند و در سطح پایین تانک ضدزنگ آنها، مقاوم‌های الکتریکی نصب شدند. استفاده از آنها گرما را به آب یا روغن داخل تانک منتقل می‌کند تا دمای انتخابی حاصل شود. مقاوم‌ها ممکن است از انواع زیر باشند:

شکل ۱۷. مقاوم‌های متغیر و بیرونی



1. Electrostatic
2. Immersion Resistor
3. External Resistor



## عملکرد حمام آب

### نصب و راه اندازی

۱. حمام آب را کنار پریز برق نصب کنید. پریز باید به سیم زمین مجهز باشد تا ایمنی کاربر و دستگاه حفظ شود. حمام‌های آب معمولاً با ولتاژ ۱۲۰V، فرکانس ۶۰Hz و یا ۲۳۰V و فرکانس ۶۰Hz کار می‌کنند. اگر یک سینک برای تأمین و یا خالی کردن آب دستگاه موجود باشد، راه‌اندازی آن ساده‌تر خواهد بود.
۲. از تراز و همچنین مقاوم بودن سطح برای نگهداری وزن حمام آب اطمینان حاصل نمایید.
۳. از کافی بودن فضا برای چیدن نمونه‌ها و لوازم جانبی دیگر که لازم است، مطمئن شوید.
۴. حمام آب را در مکانی با جریان شدید هوا قرار ندهید. این عمل در کار با دستگاه تداخل ایجاد می‌کند. برای مثال، از گذاشتن حمام آب در مجاورت کولر یا پنجره خودداری کنید.

### ایمنی

۱. در مکان‌هایی که مواد آتش‌زا و سوختنی وجود دارد، از دستگاه استفاده نکنید. این دستگاه مجهز به اجزای مقاومی است که درجه حرارت خیلی بالا ایجاد می‌کند و ممکن است سبب انفجار شود.
۲. همواره دستگاه را به سیم زمین وصل نمایید تا ایمنی کاربر و دستگاه تأمین شود. این اتصال الکتریکی باید با برق استاندارد کشور و آزمایشگاه هم‌خوانی داشته باشد.
۳. برای پر کردن حمام آب از مایعات غیر قابل اشتعال استفاده نمایید.
۴. زمان کار با حمام آب از وسایل حفاظت شخصی استفاده نمایید.
۵. حمام آب مقاوم‌هایی دارد که لمس ناآگاهانه آن ممکن است سبب سوختگی حتی بعد از خاموش کردن دستگاه شود.
۶. هنگام کار با موادی که بخار تولید می‌کنند، حمام آب را زیر هود شیمیایی یا در محلی که جریان هوای کافی دارد، بگذارید.
۷. به خاطر داشته باشید، اگر دست‌ها ناآگاهانه داخل حمام آب پر و داغ قرار گیرد، ممکن است سبب سوختگی شود.
۸. حمام آب برای استفاده زمانی که داخل تانک آن آب است طراحی شده است. اگر حمام آب خالی باشد، دمای آن می‌تواند خیلی بالا رود. از سینی<sup>۱</sup> که برای یکنواخت کردن دمای آب داخل تانک است برای نگهداری ظرف نمونه داخل حمام آب استفاده نمایید.
۹. اگر هر کدام از کنترل‌های حمام آب کار نکنند، از استفاده آن خودداری کنید. برای مثال، کنترل محدوده دما.

مدل‌های خاص حمام‌های آب لوازم جانبی مانند سیستم همزن دارند که جریان آب داخل تانک را با حرکت‌های موزون جابه‌جا می‌کند و سبب یکنواختی دما در سراسر تانک می‌شود. جدول زیر مدل‌های اصلی حمام‌های آب را نشان می‌دهد.

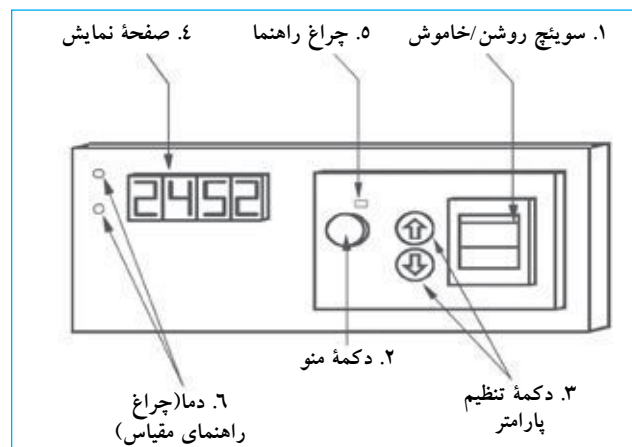
کلاس	محدوده دما
حرارت کم	دمای اتاق تا ۶۰°C
	دمای اتاق تا ۱۰۰°C
حرارت زیاد	دمای اتاق تا ۲۷۵°C. زمانی که لازم است دما به بالای ۱۰۰°C برسد، باید از مایعات به غیر از آب استفاده شود؛ زیرا نقطه جوش آب در شرایط طبیعی ۱۰۰°C است.
عایق‌دار	این نوع حمام آب به‌طور معمول از روغن‌هایی با نقطه جوش بالا استفاده می‌کند. دمای اتاق تا ۱۰۰°C با لوازم جانبی و یا سیستم همزن (با آب).

## کنترل‌های حمام آب

لا کنترل‌های ساده‌ای دارند. بعضی سازندگان این کنترل‌ها را داخل میکروپروسورها جاسازی کرده‌اند که با توجه به مدل حمام آب متفاوت است. در نمای زیر صفحه کنترل حمام آب نشان داده شده که متشکل از قسمت‌های زیر است:

۱. سوئیچ کنترل روشن و خاموش
۲. صفحه و دکمه منو برای انتخاب پارامترهای دما، آلارم و مقیاس دما (°F-°C)
۳. دو دکمه برای تنظیم پارامترها
۴. یک صفحه نمایش
۵. یک چراغ راهنما
۶. راهنماها (۲) برای تعیین مقیاس دما (°F-°C).

شکل ۱۸. کنترل‌های حمام آب



1. Tray

## فصل ۵ حمام آب

روش نگهداری حمام آب بسیار ساده است. روش معمول پیشنهاد شده بر تمیز کردن قسمت‌های بیرونی دستگاه تأکید دارد. رایج‌ترین روش‌های معمول در ادامه بیان شده‌است.

### نظافت

#### تواتر: هر ماه

- دستگاه را از برق بکشید و تا زمان سرد شدن آن صبر کنید تا از ایجاد حادثه و سوختگی جلوگیری شود.
- مایعی را که برای گرم کردن استفاده شده‌است، خالی کنید. اگر این مایع آب است، در فاضلاب خالی نمایید و اگر روغن است، در یک ظرف با گنجایش مناسب جمع‌آوری کنید.
- صفحه مشبک پخش‌کننده گرما در زیر تانک را درآورید.
- همزن را جدا و جلیک‌ها را تمیز کنید.
- داخل تانک را با یک شوینده ملایم تمیز کنید. اگر خوردگی وجود دارد، از مواد تمیزکننده استیل استفاده نمایید. به آرامی با اسفنج‌های معمولی و یا مشابه دستگاه را پاک کنید. از اسکاچ برای از بین بردن زنگ‌زدگی استفاده نکنید چون می‌تواند سبب خوردگی سریع شود.
- لا
- زیر تانک قرارداد.
- قسمت‌های داخلی و خارجی دستگاه را با آب خالص تمیز کنید.

### روغن کاری کردن

#### تواتر: روزانه

برای حمام آب مجهز به یک همزن: محور موتور الکتریکی همزن را روغن کاری کنید. برای این کار یک قطره روغن روی محور آن بریزید. این کار سطح روغن کاری مناسب برای موتور و محور ایجاد می‌کند.

### بازرسی متناوب

#### تواتر: هر ۳ ماه

با استفاده از استانداردهای شناخته شده هر ۳ ماه یکبار دماسنج یا کنترل کننده دما را بررسی کنید. اگر استاندارد فرانس موجود نیست، از مخلوط آب/یخ و یا آب جوش استفاده کنید. همچنین، بعد از راه‌اندازی اولیه دستگاه، دماسنج و یا کنترل کننده‌های دمای حمام آب باید بررسی شوند.

## استفاده از حمام آب

پیش از استفاده از حمام آب، از تمیز بودن آن و اتصال لوازم جانبی مورد احتیاج اطمینان حاصل نمایید. مراحل استفاده معمولاً به ترتیب زیر است:

- حمام آب را با مایع (آب یا روغن) پر کنید تا دما را ثابت نگه‌دارد و اطمینان حاصل نمایید سطح مایع داخل تانک ۴ تا ۵ سانتی متر از لبه تانک پایین‌تر است.
- وسایل کنترل مورد احتیاج مانند دماسنج و همزن<sup>۱</sup> را نصب نمایید. از محل دماسنج برای قرائت صحیح خوانده‌ها اطمینان حاصل نمایید.
- اگر برای پر کردن تانک حمام آب از آب استفاده شده‌است، اطمینان حاصل نمایید که آب تمیز است. بعضی سازندگان برای جلوگیری از رشد قارچ و جلیک، افزودن موادی را پیشنهاد می‌کنند.
- سوئیچ اصلی (N° ۱) دستگاه را روشن کنید (شماره‌ها مربوط به کنترل‌هایی است که در شکل نشان داده شده‌اند). بعضی سازندگان میکروپروسورهای را در دستگاه جاسازی کردند که به محض روشن شدن آن به طور خودکار کلیدهای ضروری را شناسایی و روشن می‌کند.
- دمای کاری در منوی اصلی را با دکمه N° ۲ تنظیم نمایید.
- کنترل دما را فعال نمایید (در حمام آب‌هایی که این کنترل را دارند). زمانی که دما از حد مجاز بالاتر می‌رود، این کنترل جریان برق را قطع می‌کند. این فعالیت با دکمه منوی اصلی نیز انتخاب و با کلید تنظیم پارامتر کنترل می‌شود.
- در حمام آب از مواد زیر استفاده نکنید:

الف) ماده سفیدکننده

ب) مایعات با محتوای کلر زیاد

ج) سالین ضعیف مانند کلرید سدیم (NaCl) و کلرید کلسیم

(CaCl<sub>2</sub>) یا ترکیبات کروم

لا

لا

و) غلظت‌های ضعیف از اسیدهای HCl، HBr، HI، H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

و H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

ز) آب دیونیزه شده که موجب خوردگی و سوراخی بدنه استیل حمام آب شود.

## نگهداری

**هشدار:** پیش از انجام اقدامات نگهداری، دستگاه را از پریز برق بکشید.

### جدول مشکل‌یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
جریان برق در دستگاه وجود ندارد.	حمام آب از پریز برق کشیده شده است.	حمام آب را به برق متصل نمایید.
	سوئیچ روشن معیوب است.	سوئیچ روشن دستگاه را تعویض نمایید.
	فیوز معیوب است.	فیوز را تعویض نمایید.
حمام آب گرم نمی‌شود.	کنترل دما تنظیم نشده است.	کنترل دما را تنظیم کنید.
	مقاوم‌ها معیوب هستند.	مقاوم‌ها را تعویض کنید.
	کنترل محدوده دما تنظیم نشده است.	کنترل محدوده دما را تنظیم نمایید.
دمای آب از دمای انتخابی بیشتر است.	کنترل دما معیوب است.	لازم است، کنترل دما را تعویض نمایید.
	از انتخاب پارامترهای صحیح اطمینان حاصل نمایید.	
نمونه‌ها به آرامی گرم می‌شوند.	تانک آب خالی است یا آب خیلی کم دارد.	تانک را تا سطح آب پیشنهادی پر کنید.
دما به آرامی بالایی رود.	مقاوم (ها) معیوب هستند.	مقاوم (ها) را تعویض نمایید.
	کنترل دما معیوب است.	کنترل دما را تعویض نمایید.

### تعاریف پایه

**وسیله ً یکنواخت‌کننده دما.** وسیله‌ای که مایعات را برای مخلوط و همگن کردن ویژگی‌های آن (دما، رنگ و غلظت) به هم می‌زند. همزن نیز به آنها اطلاق می‌شود.

**سینی نگهدارنده.** وسیله‌ای که برای نگهداری ظرف نمونه در کف حمام آب نصب شده است. همچنین، سبب جابه‌جایی گرما در مایع داخل تانک از بالا به پایین و عقب به جلو می‌شود. این امر سبب یکنواخت‌ماندن دمای انتخابی توسط کاربر در تمام قسمت‌های مایع تانک می‌شود. به‌طور معمول، این سینی‌ها از استیل ساخته شدند.

**رنگ الکترواستاتیک.** در این مراحل از ویژگی جذب ذرات باردار الکتریکی استفاده می‌شود. یک اختلاف پتانسیل بین ۸۰ تا ۱۵۰ کیلووات به شبکه سیمی که رنگ روی آن برای باردار کردن ذرات اسپری می‌شود اعمال می‌گردد. مواد فلزی که اسپری می‌شوند به قطب مخالف ولتاژ قوی متصل هستند؛ بنابراین، ذرات رنگ را جذب می‌کنند. قطعه اسپری شده بعداً برای ذوب کردن ذرات در فور الکتریکی قرار می‌گیرد که سبب چسبیدن قوی این ذرات به قطعه می‌شود.

**فیوز.** یک ابزار ایمنی که مدارهای الکتریکی را از عبور زیاد جریان برق محافظت می‌کند. فیوزها از موادی ساخته شدند که ساختمان و ویژگی‌های آنها تحت شرایط تعریف شده خوب کار کنند. اگر بنا به دلایلی این طراحی به هم بخورد، فیوز می‌سوزد و عبور جریان الکتریکی مختل می‌شود.

**مقاوم متغیر.** یک مقاوم الکتریکی در داخل یک لوله بسته که معمولاً برای گرم کردن مایعات مانند آب یا روغن کاربرد دارد.

**مقاومت.** مقاومتی که یک جسم یا مدار الکتریکی در خلاف جهت جریان الکتریکی وارد می‌کند. مقاومت از ویژگی‌های یک مدار است که انرژی الکتریکی را به گرما (در خلاف جهت) تبدیل می‌کند. مقاومت [R] یک جسم مانند سیم، نسبت مستقیم با طول سیم [L] و نسبت غیرمستقیم با مساحت [a] جسم دارد. مقاومت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R = k \times \frac{L}{a}$$

به طوری که:

$k$  = مقداری ثابت که به واحد مورد استفاده بستگی دارد.

$L$  = طول هادی جریان برق

$a$  = مساحت بخشی از هادی

اهم ( $\Omega$ ) واحد معمول مقاومت الکتریکی است، یک اهم برابر یک ولت/ یک آمپر است.

## فصل ۶



### هود بیولوژی ایمنی

کد GMDN	۱۵۶۹۸	۲۰۶۵۲	۲۰۶۵۳	۲۰۶۵۴
کد ECRI	۱۵-۶۹۸	۲۰-۶۵۲	۲۰-۶۵۳	۲۰-۶۵۴
نام‌گذاری	هودهای بیولوژی ایمنی	هودهای بیولوژی کلاس I	هودهای بیولوژی کلاس II	هودهای بیولوژی کلاس III

#### موارد استفاده از سیستم

هود بیولوژی ایمنی برای موارد زیر کاربرد دارد:

۱. حفاظت کاربر در برابر خطرهای عوامل عفونت‌زا.
۲. حفظ نمونه آزمایش از آلودگی.
۳. حفاظت محیط.

این هودها برای کارهای معمول روزانه در ارتباط با پاتوژن‌ها (انگل‌ها، باکتری‌ها، ویروس و قارچ)، محیط کشت سلولی و تحت شرایط بسیار دقیق برای مواد سمی نیز کاربرد دارند.

#### اصول عملکرد

لازم از جنس استیل، دارای پنجره شیشه‌ای در قسمت جلو با ارتفاع قابل تنظیم، سیستم تهویه با موتور الکتریکی، هواکش و مجموعه‌ای از کانال‌ها که داخل کابینت فشار منفی ایجاد می‌کنند، ساخته شده‌اند. این سیستم برای حفاظت کاربر از داخل به سمت بیرون، لایه‌ای از هوا تولید می‌کند. در داخل کابینت، هوا پس از عبور از یک سری کانال‌ها به فیلترهایی با کارایی بالا (HEPA) می‌رسد. باتوجه به طراحی کابینت‌ها، هوای داخل آزمایشگاه با روش‌های مختلف کلاس II از فیلتر به سطح کار حرکت می‌کند، لایه‌ای و آرام است. خلاصه‌ای از انواع هودها و مشخصات آنها در بخش بعد آورده شده است.

این وسیله برای کنترل ذرات ریز معلق میکروبی یا سمی در هوا در نتیجه فعالیت‌هایی مانند مخلوط کردن، سانتریفوژ کردن، پی‌پت کردن و بازکردن در ظرف‌های خلأ دار کاربرد دارد. هودهای بیولوژی با ایجاد جریان هوای مناسب از کاربر، محیط اطراف و نمونه حفاظت می‌کند. واژه‌های دیگر این وسیله «هود جریان هوای یکنواخت لایه‌ای»<sup>۱</sup> و «هود ایمنی»<sup>۲</sup> است.

#### تصویر یک هود بیولوژی ایمنی

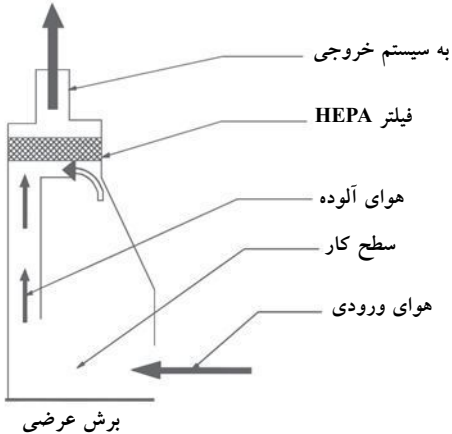
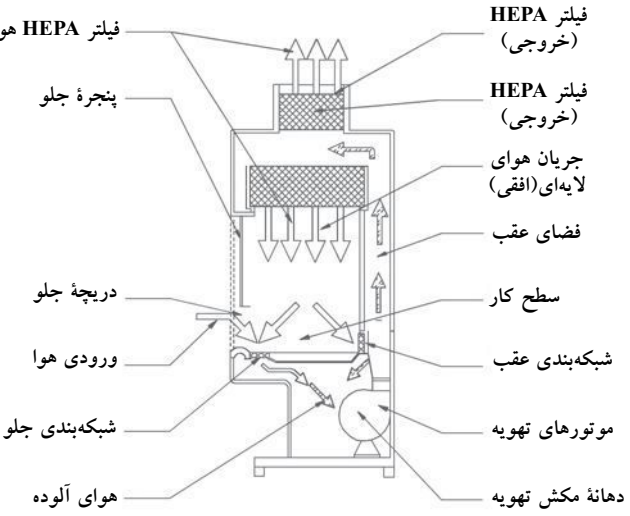
شکل ۱۹. هود بیولوژی ایمنی



1. Biological Safety Cabinets
2. Manipulated Sample
3. Laminar Flow Cabinets

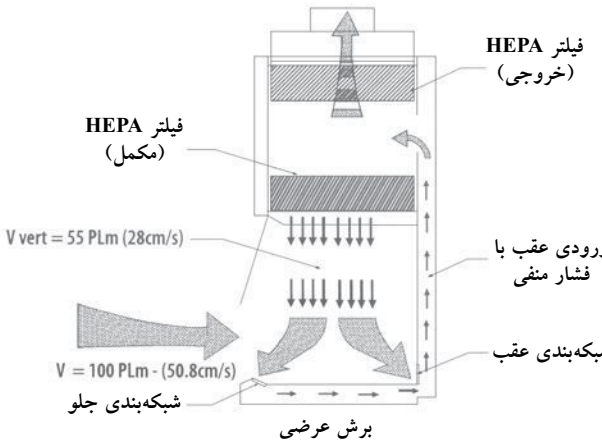
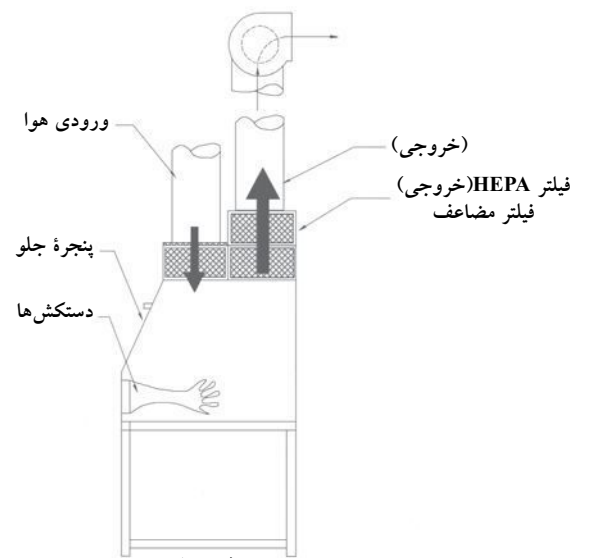
4. High Efficiency Particulate Air

خلاصه‌ای از انواع هودهای بیولوژی ایمنی

مشخصات	نوع هود، با تصویر
<p style="text-align: center;"><b>کلاس I - نوع A</b></p> <p>۱. امکانات: حفاظت کاربر و محیط.                  ۲. سرعت هوا حین ورود به هود: ۳۸ سانتی‌متر بر ثانیه (cm/s).                  ۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۱، ۲ و ۳.                  لا، سیستم خروجی که ممکن است به فضای بیرون ارتباط داشته یا نداشته باشد.                  ۵. معایب: مانع آلودگی نمونه مورد آزمایش در کابینت نمی‌شود.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>س II - نوع A</b></p> <p>۱. امکانات: حفاظت کاربر، نمونه و محیط.                  ۲. سرعت هوا در حین ورود به هود: ۳۸ سانتی‌متر بر ثانیه (cm/s).                  ۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۱، ۲ و ۳.                  ۴. سیستم تهویه: دو فیلتر با کارایی بالا، یکی در قسمت سطح کار هود نصب شده‌است؛ فیلتر دوم در سیستم خروجی که ممکن است به فضای بیرون ارتباط داشته باشد، نصب شده‌است.                  ۵. این مدل‌ها ۷۰٪ حجم هوا را بازیافت<sup>۲</sup> و ۳۰٪ باقی‌مانده را جایگزین<sup>۳</sup> می‌کنند.</p>	

۱. به مشخصات عوامل گروه خطر در قسمت بعد «ایمنی زیستی» توجه فرمایید.

مشخصات	نوع هود، با تصویر
<p>۱. امکانات: حفاظت کاربر، نمونه و محیط.</p> <p>۲. سرعت هوا حین ورود به هود: ۵۰/۸ سانتی متر بر ثانیه (cm/s).</p> <p>۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۱، ۲ و ۳.</p> <p>۴. سیستم تهویه: دو فیلتر با کارایی بالا هوای آلوده (۷۰٪) داخل هود را بازیافت می کنند، و پس از فیلتر کردن از طریق شبکه جلویی به بیرون هدایت می شود (۳۰٪).</p> <p>۵. تمام هودهای بیولوژی یک فشار منفی دارند.</p> <p>۶. امکان کار با مقادیر کم مواد سمی و رادیواکتیو را دارد.</p>	<p>کلاس II - نوع B۱</p>
<p>۱. امکانات: حفاظت کاربر، نمونه و محیط.</p> <p>۲. سرعت هوا در حین ورود به هود: ۵۰/۸ سانتی متر بر ثانیه (cm/s).</p> <p>۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۱، ۲ و ۳.</p> <p>۴. سیستم تهویه: دو فیلتر با کارایی بالا جهت تهویه هوا وجود دارد و هیچ نوع بازیافتی وجود ندارد.</p> <p>۵. در تمام کانال های آلوده یک فشار منفی وجود دارد.</p> <p>۶. یک کانال خروجی دارد که امکان کار با مواد سمی و رادیواکتیو را فراهم می کند.</p>	<p>B۱</p>

مشخصات	تصویر مدل هود
<p style="text-align: center;"><b>کلاس II - نوع B<sup>3</sup> یا A/B<sup>3</sup></b></p> <p>۱. امکانات: حفاظت کاربر، نمونه و محیط.                  ۲. سرعت هوا حین ورود به هود: ۵۰/۸ سانتی متر بر ثانیه (cm/s).                  ۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۱، ۲ و ۳.                  ۴. سیستم تهویه: دو فیلتر با کارایی بالا.                  ۵. در تمام کانال‌های آلوده یک فشار منفی وجود دارد.                  ۶. به نام کابین ترکیبی شناخته شده است و می‌تواند به وسیله کانال به هم اتصال یابد (نوع B<sup>3</sup>). اگر کانالی وجود نداشته باشد، نوع A است.                  ۷۰٪ حجم هوای هود را بازیافت می‌کند.</p>	 <p>فیلتر HEPA (خروجی)                  فیلتر HEPA (مکمل)                  ورودی عقب با فشار منفی                  شبکه بندی عقب                  برش عرضی                  شبکه بندی جلو  <math>V = 100 \text{ PLm} - (50.8 \text{ cm/s})</math>  <math>V \text{ vert} = 55 \text{ PLm} (28 \text{ cm/s})</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>کلاس III</b></p> <p>۱. امکانات: حفاظت کاربر، نمونه و محیط.                  ۲. سیستم تهویه: دو فیلتر با کارایی بالا در محل خروج، یک فیلتر با کارایی بالا در محل مکش.                  ۳. مناسب برای کار با عوامل گروه خطر سطح ۴.                  ۴. محفظه هود کاملاً بسته است. تمام موادی که وارد هود می‌شوند یا از آن خارج می‌گردند از طریق محفظه‌های دودریچه‌ای* به هم ارتباط دارند. هر تغییر و آماده‌سازی مواد با استفاده از دستکش‌های متصل به قسمت جلوی هود امکان پذیر می‌باشد.</p>	 <p>ورودی هوا                  (خروجی)                  فیلتر HEPA (خروجی)                  فیلتر مضاعف                  پنجره جلو                  دستکش‌ها                  برش عرضی</p>

\* محفظه‌های دودریچه‌ای برای وارد/خارج کردن مواد از هود و با استفاده از دستکش‌های متصل به قسمت جلوی هود در یک فضای کاملاً بسته استفاده می‌شود [م].

۴. صاف و تراز بودن زمین برای قرار گرفتن هود ضروری است.
۵. باید اطراف هود فضای آزاد وجود داشته باشد. ارتفاع اتاق باید مطابق و متناسب با ارتفاع اتاق توصیه شده توسط سازنده باشد تا هود بدون هیچ مانعی کار کند.
۶. هود نوع B باید به ابزارهایی مانند دریچه تنظیم کننده که جریان هوا را کنترل و تنظیم می کند، مجهز باشد. همچنین یک کانال کشی بیرونی داشته باشد.
۷. اتصالات گاز باید در مجاورت هود باشد تا ارتباط لازم به دریچه های تنظیم را فراهم کند.
۸. عملکرد هود باید سالانه تأیید شود تا از انطباق آن با دستورالعمل NSF۴۹ اطمینان حاصل گردد.

### استفاده از هود ایمنی

- استفاده صحیح از هودهای ایمنی با روش های زیر حاصل می شود:
۱. هر کاری که باید در هود انجام شود، از قبل برنامه ریزی و طراحی نمایید. روش کار و وسایل مورد استفاده را معین کنید. زمان مورد نیاز را با پرسنل دیگر آزمایشگاه تنظیم کنید تا از تداخل کاری جلوگیری شود.
  ۲. کلید هود را روشن کنید. اگر لامپ UV روشن است، آن را خاموش کنید. لامپ فلورسنت و هواکش هود را روشن و از آزاد بودن شبکه های هوا در عقب و جلو هود مطمئن شوید. سطح میز کار را آماده کنید و پیش از کار، هود را به مدت حداقل ۱۵ دقیقه روشن نمایید.
  ۳. دست و ساعدها را با صابون ضد عفونی کننده بشوید. در صورت لزوم، برای پوشیدن لباس محافظ (روپوش یا کت آزمایشگاه با آستین بلند، محافظ چشم و دستکش) اقدام نمایید. سطح داخلی هود را با اتانول ۷۰٪ یا ماده ضد عفونی کننده دیگر آماده کنید. سپس هواکش داخل هود ایمنی را روشن کنید.
  ۴. فقط لوازم و موادی که برای آزمایش استفاده می شوند، داخل هود ایمنی قرار دهید. محل تمیز و آلوده هود را شناسایی کنید و وسایل را طوری بچینید که مواد تمیز و استفاده شده کنار هم قرار نگیرند و یا مانع شبکه های هوا در جلو و عقب هود نشوند. کیسه حاوی مخاطرات زیستی، ظروف حاوی مواد ضد عفونی کننده برای قراردادن پی پت ها، و یک ظرف دیگر برای وسایل تیز و برنده در هود ایمنی داشته باشید. وقتی تمام وسایل مورد نیاز آماده شد، اجازه دهید هوا به مدت ۳ تا ۵ دقیقه در هود ایمنی جریان داشته باشد تا از انباشته شدن ذراتی که در مرحله قراردادن وسایل در هود ایمنی به وجود آمده است، جلوگیری شود.

### ایمنی زیستی<sup>۱</sup>

عوامل میکروبی یا میکرواورگانیسم ها با توجه به نوع میکروب، مقادیر<sup>۲</sup> بیماریزا، نحوه انتقال، میزبان، دسترسی به روش های پیشگیری، و مؤثر بودن درمان بیماری به چهار گروه طبقه بندی شده اند:

۱. **گروه خطر سطح ۱**<sup>۳</sup>. گروهی از عوامل بیولوژی که در انسان سالم و حیوانات بیماری ایجاد نمی کنند (بدون خطر فردی و اجتماعی).
۲. **گروه خطر سطح ۲**. گروهی از پاتوژن ها که در انسان و حیوانات بیماری ایجاد می کنند و برای پرسنل آزمایشگاه، جامعه، حیوانات اهلی و محیط در شرایط عادی خطرناک نیستند. پرسنل آزمایشگاهی که در مواجهه با این نوع پاتوژن ها باشند، به ندرت دچار بیماری های جدی می شوند. روش های جلوگیری و درمان مؤثر وجود دارد. همچنین، خطر انتشار این نوع پاتوژن ها محدود است (خطر کم فردی و خطر اجتماعی محدود).
۳. **گروه خطر سطح ۳**. گروهی از پاتوژن ها که معمولاً سبب بروز بیماری جدی در انسان و حیوانات می شوند و اثرات جدی اقتصادی به دنبال دارند. ولی عفونت از یک فرد به فرد دیگر با تماس معمولی منتقل نمی شود. بیماری ایجاد شده با داروهای ضد میکروبی و یا ضد انگل درمان پذیر است (خطر زیاد فردی و خطر اجتماعی کم).
۴. **گروه خطر سطح ۴**. لاً بیماری خیلی جدی در انسان و یا حیوانات ایجاد می کنند و درمان قطعی ندارند. این پاتوژن ها به آسانی از یک فرد به فرد دیگر، یا از حیوان به انسان و یا برعکس، به صورت مستقیم یا غیر مستقیم و یا با تماس معمولی می توانند انتقال یابند (خطر بسیار زیاد فردی و اجتماعی).

### الزامات نصب و راه اندازی

- الزامات زیر برای عملکرد صحیح هودهای بیولوژی ضروری هستند:
۱. محلی در آزمایشگاه که دور از جریان هوا و یا سیستم تهویه باشد. همچنین، هودهای بیولوژی نباید در کنار هودهای دیگر مثل هود مواد شیمیایی نصب شود.
  ۲. یک رابط الکتریکی و لوازم جانبی کنترل و ایمنی، پریز برق با سیم زمین.
  ۳. میز محکم و تراز متناسب با وزن هود که به کاربر اجازه کاربری آسان را بدهد. ارتفاع میز باید مناسب باشد.

1. *The Laboratory Biosafety Guidelines*, 3rd. Edition-Draft, Health Canada. 2001.  
2. Infectious Doses  
3. Risk level 1 group



## نگهداری معمول

**هشدار:** نگهداری قسمت‌های داخلی هود ایمنی باید فقط توسط ضدعفونی و وسایل حفاظتی پرسنل نیز استفاده شود. لاً هود باید

روش نگهداری کلی هودهای ایمنی ساده است. روش معمول و تواتر آن در زیر توضیح داده شده است:

### تواتر: هفتگی

۱. سطح داخلی و سطح کار هود را با الکل اتیلیک ۷۰٪ ضدعفونی کنید.
۲. با محلول تمیزکننده معمولی پنجره جلو و سطح لامپ UV را تمیز کنید.
۳. بادقت خواننده‌های مونومتر را کنترل کنید که ممکن است نمایانگر فشار کم درون فیلتر باشد. عدد مونومتر و تاریخ کنترل را در دفترچه مخصوص این کار ثبت نمایید.

### تواتر: ماهانه

۱. سطح خارجی هود مخصوصاً قسمت جلو و بالای آن را با یک دستمال مرطوب تمیز کنید.
۲. قسمت‌های پایین هود را با الکل ۷۰٪ و یا هر مایع ضدعفونی کننده مناسب تمیز کنید.
۳. پیچ‌های کنترل را بررسی نمایید.
۴. مراحل هفتگی را تکرار نمایید.

### لانه

۱. مراحل تأیید عملکرد را براساس استاندارد NSF۴۹ انجام دهید.
۲. شدت جریان لامپ UV<sup>۲</sup> را با رادیومتر<sup>۴</sup> کنترل و در صورت لزوم جایگزین سازید.
۳. شرایط لامپ فلورسنت را کنترل و در صورت لزوم جایگزین سازید.
۴. روش نگهداری ماهانه را تکرار کنید.

### تغییر سطح کار

برای تغییر مکان سطح کار شرایط زیر را در نظر بگیرید:

۱. پیش از اقدام به تغییر، سطح کار را ضدعفونی کنید.
۲. پیچ‌های قسمت جلوی بدنه میز کار را شل نموده و خارج کنید.
۳. پیچ‌های قسمت عقب بدنه را شل کنید، ولی خارج نکنید.
۴. میز کار را بلند نموده و جلو بکشید.
۵. قسمت جلوی سطح کار را ضدعفونی کنید.
۶. برای وصل کردن قسمت‌های جابه‌جاشده مراحل ذکر شده در مراحل ۲، ۳ و ۴ را به ترتیب عکس انجام دهید.

۴. لامپ‌های UV برای ۷۵۰۰ ساعت کارایی دارند، بعضی از سازندگان تعویض سالیانه را پیشنهاد می‌کنند.

4. Radiometer

۵. کار را شروع کنید. مواد را در فاصله ۱۰ سانتی متری شبکه جلویی کابینت نگه‌دارید و سعی کنید فعالیت‌های پرخطر را در قسمت عقب سطح کار هود ایمنی انجام دهید. داخل هود ایمنی از فندک یا شعله استفاده نکنید؛ این ابزارها لایه‌های جریان هوای داخلی را مختل ساخته و باعث سوختن فیلترها می‌شوند. از بیرون آوردن دست‌ها تا زمانی که مراحل آزمایش تمام نشده و مواد آلوده و خطرناک در کیسه یا ظرف‌های ایمنی قرار نگرفته‌اند، خودداری نمایید.

۶. داخل هود ایمنی را تمیز کنید و در پایان جریان هوا را به مدت ۳ تا ۵ دقیقه روشن نگه‌دارید.

۷. سطح تمام مواد و وسایلی را که در تماس با مواد بیولوژی است، تمیز و ضدعفونی کنید. برای این منظور، از اتانول ۷۰٪ و یا هر مایع ضدعفونی کننده مناسب استفاده نمایید و منتظر بمانید تا خشک شود. سطح هود ایمنی را نیز ضدعفونی کنید. در طرف‌ها را پیش از بیرون آوردن از داخل هود ایمنی ببندید و وسایل را به محل‌های (لاو و غیره).

۸. دستکش‌ها و وسایل حفاظت شخصی را با توجه به دستورالعمل مورد استفاده در آزمایشگاه جمع‌آوری کرده، دوربریزید و در خاتمه دست‌ها را با صابون و آب فراوان بشوید.

۹. سیستم تهویه هود ایمنی و لامپ فلورسنت را خاموش کنید. پنجره جلو را ببندید و لامپ UV را روشن نمایید.

**نکته:** در صورت مشاهده نشتی و یا ریختن مواد در حین استفاده، هود نباید خاموش شود و تمام وسایل و اشیای آلوده باید ضدعفونی شوند. انجام این مراحل سبب عدم انتشار آلودگی خواهد شد.

### ضدعفونی کردن هود ایمنی

پیش از انجام هر نوع اقدام نگهداری مانند بازکردن قسمت‌های داخلی هود و یا هر کدام از مراحل زیر، هود ایمنی باید ضدعفونی شود:

۱. تعویض فیلترها.
  ۲. انجام آزمایش داخل هود.
  ۳. پیش از انجام آزمایش‌های تأییدی<sup>۱</sup>، زمانی که هود ایمنی با عوامل بیولوژی گروه خطر سطح ۲ یا ۳ مورد استفاده قرار گرفته است.
  ۴. پیش از جابه‌جایی هود به محل دیگر.
  ۵. پس از ریختن مواد با سطح آلودگی بالا.
- بهترین و مناسب‌ترین روش ضدعفونی باید توسط فرد مسئول ایمنی صنعتی و خطرهای شغلی تعیین شود. در پیوست G استاندارد NSF۴۹ استفاده از پارا-فرمالدئید دپلیمریزه<sup>۲</sup> برای ضدعفونی هود ایمنی توضیح داده شده است و فقط پرسنلی که آموزش‌های لازم را دیده‌اند، باید این مراحل را انجام دهند.

1. Certification tests 2. Depolymerised Paraformaldehyde

## لامپ UV

تأیید عملکرد شامل آزمایش‌های زیر است:

۱. **آزمایش جریان هوای منظم و یکپارچه.** این آزمایش در قسمت خارجی سطح انجام می‌شود. از محکم بودن اتصالات، لحیم‌کاری‌ها و احتمال نشت مطمئن شوید.
۲. **آزمایش نشت فیلتر.** بی‌نقص بودن فیلترها، محل و قاب آن را تعیین می‌کند.
۳. **آزمایش افزایش دما.** زمانی که هواکش و لامپ‌های داخل هود ایمنی روشن است، حداکثر افزایش دما را در آن تعیین می‌کند.
۴. **آزمایش صدای<sup>۲</sup> اضافی در هود.** سطح صدا در هود را تعیین می‌کند.
۵. **آزمایش شدت نور هود.** شدت نور را در سطح کار هود تعیین می‌کند.
۶. **آزمایش ارتعاش.** مقدار ارتعاش را داخل هود روشن تعیین می‌کند.
۷. **آزمایش حفاظت پرسنل، نمونه‌ها و آلودگی آنها.** این آزمایش تعیین می‌کند آیا ذرات معلق ریز در کابینت باقی می‌مانند، آیا آلودگی خارجی به سطح کار می‌رسد، و آیا ذرات ریز داخل کابینت کاهش می‌یابند.
۸. **آزمایش پایداری.** این آزمایش پایداری هود در برابر لرزش، جابه‌جایی در نتیجه نیروی وارد شده، شکستگی در نتیجه وزن مواد، و همچنین مقاومت و لرزش سطح کار در نتیجه وزن زیاد، را نشان می‌دهد.
۹. **آزمایش سرعت جریان هوای مستقیم.** سرعت جریان هوای مستقیم وارد شده به سطح کار هود را تنظیم می‌کند.
۱۰. **آزمایش سرعت هوای وارد شده.** سرعت هوای وارد شده به هود و حجم هوای خارج شده از طریق پنجره جلو را تعیین می‌کند.
۱۱. **آزمایش دود<sup>۳</sup>.** این آزمایش تعیین می‌کند که آیا جریان هوای ورودی به داخل کابینت تمام فضا را دربر می‌گیرد و آیا هوایی که مستقیماً به سمت پایین هود حرکت می‌کند دوباره به داخل برمی‌گردد.
۱۲. **آزمایش رهاسازی فاضلاب<sup>۴</sup>.** گنجایش کانال‌های فاضلاب زیر سینک و تخلیه ضایعات را نشان می‌دهد.
۱۳. **آزمایش کارکرد موتور تهویه.** مقدار فشار ثابت لازم را به سیستم آزمایش می‌کند.
۱۴. **آزمایش سیستم الکتریکی.** احتمال خطرات الکتریکی را نشان می‌دهد و مواردی مانند عبور کم جریان برق به داخل هود، قطبیت، صحیح بودن عملکرد سیستم حفاظتی و مقاومت آن را کنترل می‌کند.

برای تعویض لامپ UV، باید مراحل زیر انجام گیرد:

۱. هود را روشن کنید و برای ۵ دقیقه بگذارید کار کند.
۲. لایبرید.
۳. لامپ UV را ضد عفونی کنید.
۴. اتصال سیم برق هود را خاموش کنید.
۵. اتصال لامپ UV را با چرخش ۹۰° قطع کنید. سپس لامپ را جایگزین نمایید. بعضی از سازندگان لامپ را روی صفحه لازم است که ابتدا پیچ این صفحه باز شود تا محل جایگزین کردن لامپ تعیین گردد. بعد از باز کردن صفحه جلو، لامپ مطابق مراحل ذکر شده تعویض و جایگزین می‌شود.

## نگهداری تخصصی

در نهایت، هود ایمنی به یک نگهداری تخصصی نیز نیاز دارد. مراحل ذکر شده در پایین، مراحل هستند که با توجه به دفترچه راهنمای دستگاه و توسط فرد آموزش دیده باید انجام شود:

۱. تأیید عملکرد سالانه هود ایمنی باید مطابق با استاندارد NSF۴۹ انجام شود.
۲. لاً این موتور با سیستم القا و کنترل فرکانس کار می‌کند و زغال ندارد.<sup>(\*)۱</sup>
۳. قسمت‌های تهویه را جایگزین نمایید.<sup>(\*)</sup>
۴. فیلتر را جایگزین کنید.<sup>(\*)</sup> زمان تعویض این فیلتر به میزان استفاده از هود ایمنی و سیستم تهویه آزمایشگاه بستگی دارد. اگر سیستم مناسب کنترل گرد و خاک در آزمایشگاه وجود داشته باشد، فیلتر چند سال کار می‌کند.
۵. سیستم کنترل الکتریکی را تعمیر کنید: آلارم کنترل جریان هوا، وضعیت پنجره و سرعت را کنترل کنید.
۶. شیرهای تنظیم‌کننده جریان هوا را تمیز و تعمیر نمایید.

## تأیید عملکرد هودهای ایمنی

تأیید عملکرد هودهای ایمنی براساس استاندارد NSF۴۹ است لاس II می‌شود. این مراحل شامل مواد، ساختار و آزمایش‌هایی است که عملکرد ایمن و مناسب هود را تضمین می‌کند. مراحل زیر شامل آزمایش‌های اشاره شده در استانداردها است. اصل استانداردها باید برای جزئیات کار مرور شوند.

2. Noise  
3. Smoke  
4. Drainage escape test

۱(\*) این تأیید مستلزم آماده‌داشتن مستندات از قبل است.

## ارزیابی عملکرد (جایگزین)

۲. **ارزیابی عملی و کاربری.** از اینکه هود مطابق با ادعای سازنده

کاری کند، اطمینان حاصل نمایید.

۳. **ارزیابی عملکرد.** از اینکه گنجایش و سطح کار هود در شرایط

معمول و بحرانی کافی است، اطمینان حاصل نمایید.

در جدول زیر عواملی که در ارزیابی عملکرد در نظر گرفته می شود، ذکر شده اند. این عوامل به طور معمول در فرم های ارزیابی که برای این منظور طراحی شده اند در نظر گرفته می شوند<sup>۱</sup>.

۱. ارزیابی عملکرد منوط به دسترسی به مهندسين باتجربه یا مؤسسات مرتبط است.

۲. هر سازمانی فرم های نگهداری فنی را طراحی می کند.

اگر هود ایمنی در آزمایشگاه وجود دارد، ولی سرویس معتبر موجود نیست، کاربر مسئول می تواند مراحل بازمیانی سالانه را با توجه به استاندارد NSF۴۹ انجام داده و نتایج را ثبت نماید. اگر هود<sup>۱</sup> در شرایط فیزیکی مطلوب است و عملکرد مناسب دارد، مستندات باید نمایانگر لانه مشخص شده است:

۱. **ارزیابی نحوه نصب دستگاه.** از اینکه نصب هود مطابق با توصیه

سازنده است، اطمینان حاصل نمایید.

### جدول ارزیابی عملکرد هودهای ایمنی

پارامترها	ملاحظات
شناسایی شرکتی هود	نام تجاری، مدل، نوع، سری، محل، کد اموال و تاریخ
<b>سیستم الکتریکی</b>	
ولتاژ	اندازه گیری ولتاژ به ولت متر احتیاج دارد.
آمپر	اندازه گیری آمپر. به ولت متر یا آمپر متر احتیاج دارد.
موتور/ تهویه	تعیین دما حین کارکردن. سطح صدا و ارتعاش را تعیین نمایید.
روشنایی - فلورسنت	از عملکرد لامپ اطمینان حاصل نمایید.
روشنایی - ماورای بنفش	از ساعت کار لامپ و شدت نور آن اطمینان حاصل نمایید. به رادیومتر احتیاج دارد.
پریش برق	از بی نقص بودن، کیفیت اتصالات و ولتاژ موجود اطمینان حاصل نمایید.
سوئیچ ها	شرایط بی نقص بودن سوئیچ ها را کنترل نمایید.
یکپارچگی کابل های رابط	تأیید چشمی.
آلارم	شرایط فیزیکی و کالیبراسیون را امتحان کنید.
<b>شرایط فیزیکی</b>	
پایانه های داخلی / خارجی	تأیید چشمی.
شرایط فیلترها	تأیید چشمی. در فیلترها و یا در آب بندی نباید نشی وجود داشته باشد.
آب بندی / واشرها	تأیید چشمی. نباید نشی وجود داشته باشد.
پنجره کشویی	تأیید چشمی. باید به راحتی حرکت کند و در وضعیت انتخاب شده باقی بماند.
<b>عملکرد</b>	
سرعت جریان	سرعت جریان را با توجه به کلاس و نوع هود کنترل می کند. به بادسنج <sup>۳</sup> با مقیاس احتیاج دارد.
سطح صدا	به دستگاه آدیومتر احتیاج دارد.
اختلاف فشار در فیلتر	خوانده مونومتر هود را یادداشت نمایید.
<b>کارایی</b>	
شمارش ذرات	روشی که در استاندارد فدرال E, ۲۰۹۰, E تعریف شده است. دستگاه ژنراتور DOP، فتومتر و دستگاه شمارش ذرات لازم است.
<b>شرایط محل مناسب نصب</b>	
دما	به دماسنج: محدوده دمایی ۲۲°C-۲۰ نیاز است.
رطوبت	به رطوبت سنج <sup>۴</sup> : محدوده ۴۵%-۵۵% نیاز است.
تمیزی	باید کافی باشد.
جریان هوا	جریان هوای مختل کننده عملکرد هود نباید وجود داشته باشد.

3. Anemometer (Wind Gauge)

4. Hygrometer

جدول مشکل‌یابی <sup>۱</sup>		
مشکل	علت محتمل	راه حل
هیچ‌یک از سیستم‌های نوری و تهویه در هود کار نمی‌کنند.	هود به پریز برق وصل نیست.	از اتصال کابل هود به پریز برق اطمینان حاصل نمایید.
	در اتصالات، جریان الکتریکی وجود ندارد. سیستم برق‌رسانی به هود قطع است.	از وجود برق در پریز و اتصال الکتریکی مطلع شوید و سیستم را روشن و خاموش نمایید.
سیستم تهویه هود کار نمی‌کند، ولی لامپ روشن نمی‌شود.	لامپ هود معیوب است.	لامپ را عوض نمایید. از لامپ با مشخصات اولیه استفاده نمایید.
	لامپ هود خوب جاسازی نشده است.	اتصالات لامپ را بررسی نمایید. آن را در موقعیت صحیح تنظیم نمایید.
	سیستم الکتروگرمایی قطع جریان، فعال است.	سوئیچ قطع جریان را در حالت روشن قرار دهید.
	کابل لامپ قطع است.	کابل لامپ را کنترل نمایید.
سیستم تهویه هود کار نمی‌کند، ولی لامپ روشن می‌شود.	لامپ پایدار نیست <sup>۲</sup> .	ابزار کنترل شدت جریان را تعویض نمایید.
	پنجره جلو بسته است.	پنجره جلویی را تا سطح کار باز کنید.
	موتور سیستم تهویه معیوب است.	موتور سیستم تهویه را جایگزین نمایید.
مونومتر افزایش، کاهش فشار روی فیلتر را نشان می‌دهد.	موتور سیستم تهویه قطع است.	اتصالات الکتریکی موتور را کنترل نمایید.
	باقی‌ماندن ذرات در فیلتر (HEPA) <sup>۳</sup> افزایش یافته است.	مدت زمان استفاده از فیلتر را کنترل نمایید.
	انسداد روی شبکه یا شیارها وجود دارد.	از مسدود نبودن شبکه و یا شیارها با مواد و یا ابزار اطمینان حاصل نمایید.
	لوله خروجی مسدود است.	از مسدود نبودن لوله خروجی اطمینان حاصل نمایید.
در نمونه‌های تهیه‌شده در هود آلودگی وجود دارد.	زیر سطح میز کار یک انسداد وجود دارد.	از مسدود نبودن لوله زیر سطح میز کار اطمینان حاصل نمایید.
	مراحل کار ناتمام است.	از استفاده صحیح هود اطمینان حاصل نمایید.
	در لوله خروجی انسداد وجود دارد.	سیستم خروجی و بازگشت را برای اطمینان از نبود هرگونه انسداد کنترل نمایید.
	عوامل خارجی هود روی جریان هوا در داخل تأثیر داشته و باعث آلودگی نمونه‌ها می‌شود.	مراحل نصب هود و مراحل انجام را بررسی نمایید.
	فیلتر معیوب است.	فیلتر را تعویض و از عملکرد هود اطمینان حاصل نمایید.

1. Purifire® Delta® Series, Biological Safety Cabinets, User's Manual, Kansas City, Labconco Corporation, Part N° 36960-20, Rev. A ECO B296.

2. Lamp's ballast

3. High Efficiency Particulate Air

## تعاریف پایه

آئروسول<sup>۱</sup> مخلوطی از ذرات بسیار ریز مایع یا جامد معلق در هوا که میانگین قطر آنها بین  $10^{-7}$ – $10^{-4}$  سانتی متر است.

تأمین هوا در هود. هوایی که از پنجره جلو وارد هود شده و جایگزین هوای خروجی می‌شود.

هود بیولوژی ایمنی. وسیله‌ای با سیستم تهویه مناسب که کاربر، محیط و نمونه را از آئروسول و ذرات ریز که در نتیجه مخلوط و سانتریفوژ کردن، استفاده از پی‌پت‌ها و بازکردن در ظرف‌های خلأ دار حاوی مواد بیولوژی عفونی ایجاد می‌شود، حفاظت می‌کند.

گواهی تأیید. مراحل تأیید عملکرد هود بیولوژی ایمنی که مطابق با حداقل الزامات عملکرد ایمن هود است. استاندارد NSF ۴۹ لاس II نوع A، B۱، B۲ و B۳ است.

آلودگی زدایی. حذف و یا از بین بردن عوامل عفونی؛ حذف و یا خنثی کردن مواد سمی.

فیلتر (HEPA). یک فیلتر که می‌تواند ذرات ریز با قطر  $0.3$  میکرون را با کارایی  $99.97\%$  حذف کند. این فیلترها از میکروفیبرهای سیلیکات بور که با قدرت چسبندگی مولکول‌های آب به هم متصل هستند، ساخته شده‌اند. مواد فیلتر در داخل یک قاب گنجانده شدند که سبب افزایش سطح فیلتر می‌شود.

جریان هوای لایه‌ای. تلاطم یک سیال مانند هوا به صورت لایه‌ای در یک سطح. زمانی که عدد [Re]<sup>۲</sup> کمتر از  $3000$  است، اتفاق می‌افتد.

NSF. مخفف سازمان ملی بهداشت<sup>۳</sup>، یک سازمان غیرانتفاعی است که بهبود و حل مشکلات بشریت را با ارتقای کیفیت زندگی از طریق حفاظت، بهسازی محیط زیست، و همچنین تحقیق، آموزش و خدمت‌رسانی هموار می‌سازد.

سمی. ماده‌ای که اثرات فیزیولوژی مخاطره‌انگیز بر سیستم‌های بیولوژی دارد.

نور ماورای بنفش (UV)<sup>۴</sup>. شعاع نور الکترومغناطیس که طول موج آن بین  $200$  تا  $390$  نانومتر است. در هودهای ایمنی برای جرم‌زدایی استفاده می‌شود.

سطح کار<sup>۵</sup>. سطحی که برای انجام کار و یا فعالیتی داخل هود ایمنی استفاده می‌شود.

1. Aerosol
2. Reynolds Number
3. National Sanitation Foundation
4. Ultraviolet Light
5. Work surface

## فصل ۷

### سانتریفوژ

کد GMDN	۱۵۱۱۵	۱۰۷۷۸	۱۰۷۷۸
کد ECRI	۱۵-۱۱۵	۱۵-۱۱۷	۱۵-۱۱۶
نام گذاری	سانتریفوژ، ایستاده، سرعت کم، بدون یخچال، برای بانک خون	سانتریفوژ، ایستاده، یخچال دار	سانتریفوژ ایستاده

#### موارد استفاده از سانتریفوژ

سانتریفوژ به وسیله نیروی گریز از مرکز (نیروی که وقتی اجسام حول یک محور ثابت می چرخند، ایجاد می شود) ذرات سوسپانسیون را از مایع جداسازی می کند. حرکت دورانی می تواند سبب تفکیک دو مایع با غلظت های مختلف شود. در نتیجه حرکت دورانی نیرویی چند برابر نیروی جاذبه در یک مدت زمان کنترل شده، ایجاد می شود. در آزمایشگاه، سانتریفوژ در مراحل جداسازی مواد جامد از مایعات بالینی در نتیجه تشکیل رسوب و همچنین برای تفکیک اجزای مختلف خون از جمله گلبول های قرمز، گلبول های سفید، پلاکت ها و انجام آزمایش های متعدد دیگر کاربرد دارد. سانتریفوژ مدل های مختلف دارند. بیشترین مدل هایی که در آزمایشگاه های بهداشتی و بالینی استفاده می شوند، سانتریفوژ رومیزی، اولترا سانتریفوژ، سانتریفوژ هماتوکریت و سانتریفوژ ایستاده هستند.

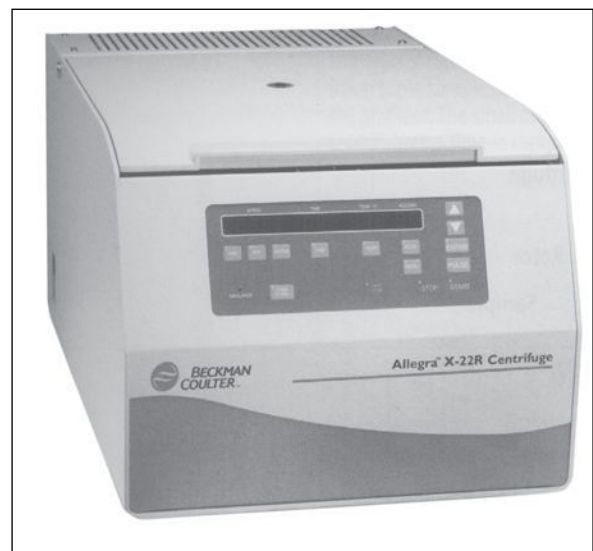
#### اصول عملکرد

اساس کار سانتریفوژها بیانگر قانون حرکت نیوتن است. وقتی جرمی [m] حول یک محور مرکزی ثابت به صورت دورانی [O] حرکت می کند، یک نیروی گریز از مرکز [N] به محور آن به بزرگی  $N = m\omega^2 R$  اعمال می شود. در این فرمول [m] جرم، [R] شعاع و  $\omega$  سرعت زاویه ای است. سانتریفوژها یک محور چرخان مرکزی دارند که به محفظه نگهدارنده نمونه ها متصل است. سرعت از فرمول زیر تعریف شده است:

$$VT = \omega R$$

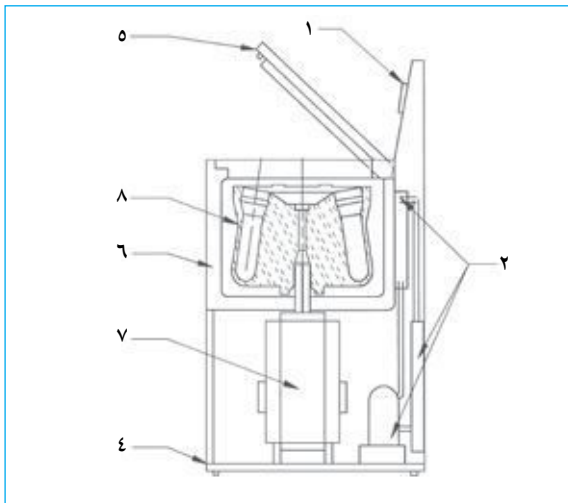
سانتریفوژ<sup>۱</sup> لاتین *Centrum* به معنای مرکز و *Fugere* به معنای گریز است. این وسیله با استفاده از نیروی گریز از مرکز در حرکت دورانی ترکیبات یک مخلوط را از هم جداسازی می کند. انواع مختلف سانتریفوژ در صنعت و تحقیقات کاربرد دارند. در این فصل، لاً در آزمایشگاه های بهداشتی و بالینی کاربرد دارد، صحبت خواهد شد.

#### تصویر سانتریفوژ



۲. سیستم یخچالی (در سانتریفوژهای یخچال دار)
۳. سیستم خلاء (در سیستم‌های اولتراسانتریفوژ، در عکس نشان داده نشده است)
۴. بدنه
۵. در سانتریفوژ
۶. محفظه
۷. موتور الکتریکی
۸. محور چرخان<sup>۴</sup>. انواع مختلف محور چرخان وجود دارد. انواع متداول آن زاویه ثابت، شناور، لوله‌های عمودی هستند که در مبحث بعدی توضیح داده می‌شوند.

نمای مقطع عرضی یک سانتریفوژ (شماره‌ها با توضیح متن مطابقت دارد)



وقتی سیستم با سرعت  $\omega$  رادیان در ثانیه می‌چرخد، نمونه‌ها تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز  $F_p$  به بزرگی  $N$  لاف جهت قرار می‌گیرند. شکل زیر یک نمای کلی از مفهوم نیروی سانتریفوژ و نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد<sup>۱</sup>. نیروی  $F_p$  روی ذرات نمونه عمل می‌کند و سبب جداسازی آنها بر اساس چگالی‌های مختلف می‌شود. در زمان کوتاه، ذرات متراکم رسوب می‌کنند، در حالی که طولانی روی لایه‌های بالایی لوله ته‌نشین می‌شوند. رابطه بین نیروی گریز از مرکز  $[\omega^2 r]$  شعاع مورد نظر  $[r]$  و جاذبه زمین  $[g]$ ، نیروی نسبی سانتریفوژ<sup>۲</sup> (RCF) نام دارد:

$$RCF = \frac{r\omega^2}{g}$$

نیروی سانتریفوژ امکان مقایسه انواع مختلف محورهای چرخان را زمانی که نیروی سانتریفوژ یکسان به آنها وارد می‌شود، فراهم می‌سازد.

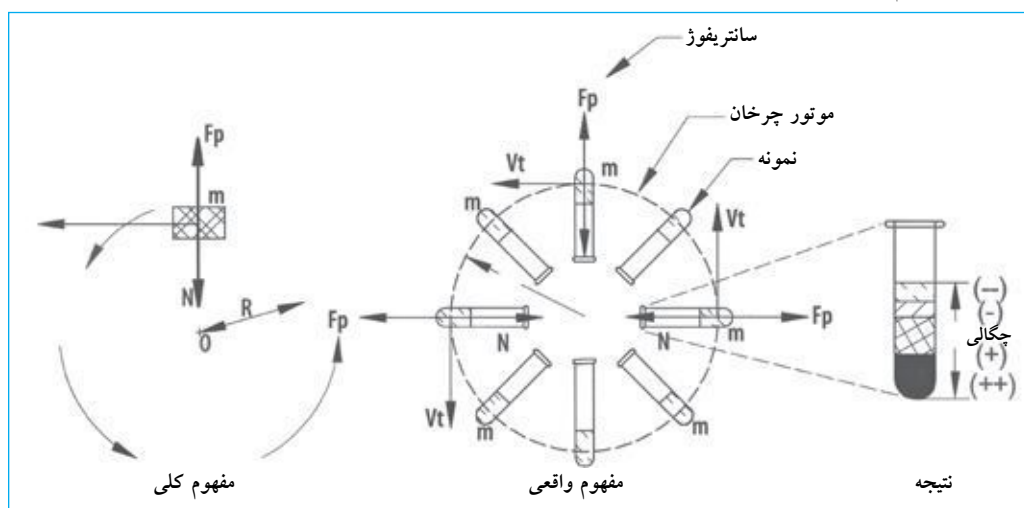
### اجزای سانتریفوژ

اجزای اصلی تشکیل دهنده یک سانتریفوژ در زیر توضیح داده شده است<sup>۳</sup>:

۱. کنترل روشن و خاموش، تایمر، کنترل سرعت (در بعضی سانتریفوژها)، کنترل دما (در سانتریفوژهای یخچال دار)، کنترل ارتعاش (برای ایمنی دستگاه) و سیستم توقف.

لا دارای قسمت‌های زیر است:

شکل ۲۰. مفهوم نیروی سانتریفوژ



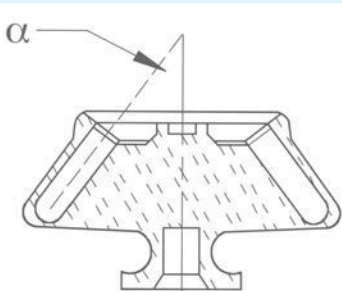
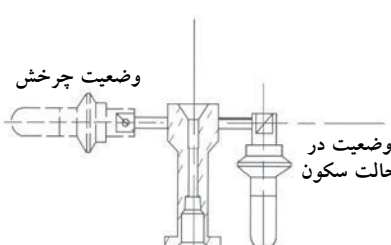
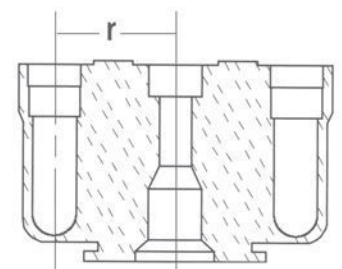
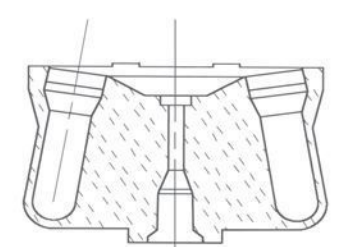
۱. توضیحات بیشتر درباره قانون حرکت نیوتن و اینرسی در کتاب‌های فیزیک و فصل‌هایی در رابطه با حرکت دورانی یکسان (هم‌ارز) موجود است.

### 2. Relative Centrifugal Field

۳. ردیف‌ها با شماره‌ها در عکس (مقطع عرضی) مطابقت دارد.

## انواع محور چرخان

نوع محور چرخان در سانتریفوژها متفاوت است. متداولترین آنها در جدول زیر توضیح داده شده است:

تصویر برش عرضی	مشخصات	انواع محور چرخان
	<p>کاربری عمومی دارد. در این نوع سانتریفوژها، لوله‌ها زاویه ثابت (۲۰-۴۵ درجه) نسبت به محور سانتریفوژ دارند. کاربرد این سانتریفوژها عمدتاً در ایجاد سدیمان‌های سلولی است. زاویه‌دار بودن سبب می‌شود مسیر حرکت ذرات کوتاه‌تر شده و زمان سانتریفوژ آنها در مقایسه با محور چرخان با سبب شناور کمتر شود.</p>	<p>محور چرخان با زاویه ثابت<sup>۱</sup></p>
	<p>این محور چرخان در انجام مطالعات براساس چگالی ذرات<sup>۳</sup> و مطالعاتی که سرعت حرکت ذرات براساس اندازه<sup>۴</sup> آنها است، کاربرد دارد. در این مطالعات تشکیل لایه‌های متعدد در طول لوله مشاهده می‌شود.</p>	<p>محور چرخان با سبب شناور<sup>۲</sup></p>
	<p>در این نوع در زمان چرخش، لوله‌های نمونه در حالت عمودی قراردارند. از این نوع محورهای چرخان برای مطالعات براساس چگالی ذرات و وقتی که زمان کوتاه سانتریفوژ شدن<sup>۶</sup> عامل مهمی در تشکیل لایه‌ها است، استفاده می‌شود.</p>	<p>محور چرخان با لوله‌های عمودی<sup>۵</sup></p>
	<p>این نوع محورهای چرخان برای جداسازی نمونه‌هایی که ته‌نشینی ذرات براساس چگالی یا اندازه نیست<sup>۸</sup>، طراحی شده است. زاویه کوچک در این نوع محورها زمان سانتریفوژ شدن را در مقایسه با محور چرخان با زاویه ثابت کم می‌کند.</p>	<p>محور چرخان بالوله‌های تقریباً عمودی<sup>۷</sup></p>

1. Fixed Angle Rotors

2. Swinging Buckets Rotors

3. Isopycnic Studies

4. Rate-Zonal Studies

(Separation by sedimentation coeffi

5. Vertical Tube Rotors

6. Zonal - Limit Separation (Separation where a short centrifugation time is important)

7. Almost Vertical Tube Rotors

8. Gradient Centrifugation



معمولاً، سازندگان اطلاعات محورهای چرخان را در جدول‌هایی حاوی مشخصات زیر تهیه می‌کنند:

۱. نوع محور چرخان. فنی لازم را معین می‌کند.
۲. گنجایش محور چرخان. گنجایش محور چرخان را براساس لیتر یا مشتقات آن مشخص می‌کند. برای مثال: ۶ لیتر، ۲۵۰ میلی‌لیتر و غیره.
۳. سرعت ماکزیمم. حداکثر سرعت محور چرخان را براساس دور در دقیقه (RPM) <sup>۱</sup> بیان می‌کند.
۴. ماکزیمم نیروی نسبی سانتریفوژ (RCF). <sup>۲</sup> با توجه به نوع محور چرخان تعیین می‌شود.
۵. فاکتور K. ضریب رسوب‌دهی <sup>۳</sup> و از فرمول زیر محاسبه شده است:

$$k = \frac{\ln(r_{\max}/r_{\min})}{\omega^2} \times \frac{10^{13}}{3700}$$

به طوری که:

- $\omega$  = سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه
- $r_{\max}$  = بیشترین شعاع برحسب میلی‌متر، در لوله سانتریفوژ اندازه‌گیری می‌شود
- $r_{\min}$  = کمترین شعاع برحسب میلی‌متر، در لوله سانتریفوژ اندازه‌گیری می‌شود
- مدت زمان لازم برای تشکیل رسوب برحسب ساعت از این فاکتور محاسبه می‌شود.
- ۶. اطلاعات در ارتباط با مطابقت یک نوع محور چرخان با سایر مدل‌های سانتریفوژ همان سازنده.

اخيراً سازندگان سانتریفوژها، قطعات پیشرفته متعددی را در دستگاه‌ها به کار بردند که ایمنی و طول عمر آنها را طولانی کرده است. در بین آنها میکروپروسورهایی است که با استفاده از نرم‌افزارهای ویژه و صفحه کلید، کنترل می‌شوند و برنامه‌های متعدد کاری در حافظه دارند. براساس نوع محور چرخان، این برنامه‌ها زمان سانتریفوژ شدن، دما، دور در دقیقه، افزایش و کاهش سرعت و آلارم را کنترل می‌کنند.

همچنین، سازندگان موتور القا بدون زغال را در سانتریفوژها جاسازی کرده‌اند که مزیت کنترل جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی تنظیم‌کننده سرعت موتور را دارد و باعث کم شدن تعداد مراحل نگهداری می‌شود. نگهداری این دستگاه باید طبق دستورالعمل سازنده باشد.

## الزامات نصب و راه اندازی

برای عملکرد صحیح سانتریفوژها موارد زیر ضروری است:

۱. جریان برق مناسب که ولتاژ پایدار یک‌فاز یا سه‌فاز را ایجاد نماید (با توجه به مدل و مشخصات سانتریفوژ که سازنده اعلام می‌کند).

به طور معمول سانتریفوژها ولتاژ ۱۱۰V یا ۲۲۰V و فرکانس ۶۰Hz را مصرف می‌کنند.

۲. محل تمیز، بدون گرد و خاک و سطح محکم و تراز.
۳. اگر سانتریفوژ مجهز به یخچال است، یک فضای آزاد نزدیک کندانسور برای انتقال گرما نیز لازم است.
۴. یک کابینت برای نگهداری لوازم جانبی سانتریفوژ مانند محور چرخان یدک لازم می‌باشد.

## نگهداری معمول

نگهداری معمول یک سانتریفوژ به عوامل متعددی مانند تکنولوژی به کار رفته، میزان استفاده، آموزش، کیفیت جریان برق مصرفی و شرایط محیطی بستگی دارد. موارد زیر شامل نگهداری معمول برای استفاده مطلوب و صحیح کارکردن با سانتریفوژ است و تعمیرات معمولی و یا تخصصی برای هر بدنه و مدل براساس توصیه‌های سازنده می‌باشد. همیشه بدنه سانتریفوژی که برای جداسازی نمونه‌های بالینی و عفونی استفاده می‌شود، داخل سبدهای نگهدارنده و محور را پیش از هرگونه سرویس ضد عفونی نمایید.

توصیه مهم. اطمینان حاصل نمایید که فقط کاربران آموزش دیده، آشنا با روش کار و نگهداری سانتریفوژ، از آن استفاده کنند. این بر عهده مسئول آزمایشگاه است که اطمینان حاصل نماید کاربرانی لازم برای کار با سانتریفوژ را دیده‌اند.

## مدیریت مناسب و توصیه‌های نگهداری<sup>۴</sup>

### محورهای چرخان

۱. تاریخ خریداری هر محور چرخان شامل اطلاعات لازم مانند سریال و شماره مدل را ثبت نمایید.
۲. دفترچه راهنمای سانتریفوژ، وسایل جانبی و لوله‌ها را پیش از استفاده به طور کامل بخوانید.
۳. این محورهای چرخان را فقط در سانتریفوژهایی استفاده کنید که برای آن طراحی شدند.
۴. ویژگی و شرایط هر محور چرخان را در دفتر خاص سانتریفوژ ثبت نمایید تا زمان جایگزینی آنها مشخص شوند.
۵. از توصیه‌های لازم سازنده برای حداکثر سرعت و غلظت نمونه‌ها استفاده نمایید. هر محور چرخان برای کار مشخص طراحی شده است و این توصیه‌ها باید حتماً به کار گرفته شوند.

1. Revolutions Per Minutes  
 2. Relative Centrifugal Field or Force  
 3. Sedimentation Coefficient  
 4. <http://www.sunysb.edu/facilities/ehs/lab/cs.shtml>

توصیه‌های اصولی شامل نکته‌های زیر است:

۱. لوله‌ها، آداپتور و دیگر لوازم جانبی را با استفاده از محلول تمیزکننده (۱:۱۰) در آب و برس‌های نرم غیرفلزی بشویید. از دستگاه شستشوی خودکار برای این منظور استفاده نکنید.
۲. از استون و یا الکل برای شستشوی لوله‌ها استفاده نکنید. سازندگان محلول‌های خاصی را برای هر نوع لوله سانتریفوژ توصیه می‌کنند.
۳. از خشک کردن لوله‌ها در فور خودداری کنید. همیشه از بخار هوای داغ برای این منظور استفاده کنید.
۴. از یکبار مصرف نبودن لوله‌ها اطمینان حاصل نمایید. اگر آنها برای یکبار مصرف ساخته شده‌اند، دوباره از آنها استفاده ننمایید.
۵. برای استریل نمودن، نوع مواد سازنده لوله‌های آزمایش را بشناسید؛ چون تمام لوله‌ها نمی‌توانند گرمای مراحل استریلیزاسیون را تحمل کنند. لوله‌های شیشه‌ای معمولاً با فشار در دمای  $121^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه استریل می‌شوند.
۶. لوله‌ها و شیشه‌ها را در محل تاریک، خشک و دور از بخارات مواد شیمیایی و یا اشعه ماورای بنفش نگهداری کنید.
۷. میزان پر بودن و بسته بودن در لوله‌های شیشه‌ای را برای جلوگیری از سقوط آنها داخل محور چرخان هنگام چرخیدن تعیین کنید. برای این منظور به توصیه‌های سازنده توجه کنید.

### نگهداری پیشگیرانه

**هشدار:** هرگز روی سانتریفوژی که ضد عفونی نشده است، اقدامات نگهداری و تغییر انجام ندهید.

مهم‌ترین اقدامات نگهداری سانتریفوژ عبارت است از:

### تواتر: ماهانه

۱. از تمیز بودن بخش‌های خارجی سانتریفوژ مطمئن شوید و از ریختن قطرات روی محور چرخان خودداری کنید.
۲. لات و سیستم‌های تنظیم در شرایط مطلوب هستند. قسمت‌های لازم را با توجه به توصیه سازنده روغن کاری نمایید.
۳. قفل ایمنی در سانتریفوژ را کنترل کنید. این کنترل یک جزء اساسی در تأمین ایمنی کاربر است؛ و در سانتریفوژ را زمانی که محور چرخان می‌چرخد، بسته نگه می‌دارد.
۴. برای روغن کاری قسمت‌های مختلف و انتخاب نوع روغن و زمان انجام از توصیه‌های سازنده استفاده نمایید. در سانتریفوژهای مدل جدید بلبرینگ‌هایی استفاده شده است که احتیاج به روغن کاری ندارند.
۵. لات مطمئن شوید.

۶. هنگام کار با محلول‌های غلیظ در لوله‌های استیل یا پلاستیک که توسط سازنده تهیه شدند، از سرعت بالا استفاده نکنید.
۷. اگر اکثراً با محلول نمکی<sup>۱</sup> کار می‌کنید، از محورهای چرخان تیتانیوم<sup>۲</sup> استفاده نمایید.
۸. از پوشش محور چرخان محافظت کرده و از محلول‌های تمیزکننده قلیایی و یا محلول‌های حل‌کننده این پوشش استفاده نکنید. جنس لات از آلومینیم است و با پوشش آندی آلومینیم پوشیده شدند که از ساختار فلزی آنها محافظت می‌کند.
۹. لاستیکی استفاده ننمایید.
۱۰. برس‌های فلزی روی پوشش محافظ خراش ایجاد می‌کنند و سبب فرسودگی آنها در طول زمان می‌شوند. همچنین فرسودگی و خوردگی با توجه به شرایط محیطی می‌تواند تسریع شده و سبب تقلیل مدت زمان استفاده از محور چرخان گردد.
۱۱. اگر قطراتی از مواد خورنده روی محور ریخته است، سریعاً آن را پاک نمایید.
۱۲. پس از اینکه محور چرخان سانتریفوژ با آب شسته شد، با هوای پرفشار خشک نمایید.
۱۳. محور چرخان با لوله‌های عمودی یا تقریباً عمودی را به روشی که سطح بزرگ آنها رو به پایین و بدون در باشد، نگهداری کنید.
۱۴. محور چرخان را در یک محل خشک نگهداری کنید و آنها را به‌طور دائم در سانتریفوژ نگذارید.
۱۵. سبدهای شناور محور چرخان را بدون روکش نگهداری ننمایید.
۱۶. فتر و واشرها را با توجه به توصیه‌های سازنده روغن کاری کنید.
۱۷. به توصیه‌های مربوط به مدت زمان ضمانت و استفاده از انواع مختلف محورهای چرخان توجه کنید.
۱۸. از محورهای چرخان کهنه استفاده نکنید.
۱۹. اگر از مواد رادیواکتیو استفاده می‌کنید، از حفاظ<sup>۳</sup> استفاده کنید.
۲۰. لاتر) کار می‌کنید، محورهای چرخان را داخل کابینت‌های ایمنی، پر و یا خالی نمایید. هیچ‌وقت در سانتریفوژ را زمانی که کار می‌کند باز نکنید و همچنین، سعی نکنید محور چرخان را با دست متوقف سازید.

### لوله‌ها

مواظبت از لوله‌ها شامل پر کردن لوله‌ها، انتخاب دمای مناسب و محدوده سرعت سانتریفوژ، و همچنین شستن و استریل بودن آنها است.

1. Saline  
2. Titanium  
3. Sheild

**تواتر: سالانه**

ب) شرایط فیلترهای هوا را کنترل کنید. اگر فیلتر مسدود است، آن را تمیز و یا جایگزین نمایید.  
 ج) داخل و خارج سانتریفوژ را تمیز کنید و آلودگی های باقی مانده در اثر استفاده متوالی را پاک نمایید. اگر اختلالی در عملکرد دستگاه مشاهده شود، از تکنسین سرویس کمک بگیرید.  
**نکته:** از ریختن مایعات روی کلیدهای کنترل پیشگیری نمایید. این کلیدها باید با نوک انگشتان فعال شوند و استفاده از ناخن سبب ایجاد سوراخ در روکش محافظ آنها می شود.

**هر ۶ ماه:**

اگر سانتریفوژ دارای موتور با زغال است، آنها را کنترل کنید. اگر لازم است، آن را با زغال نو که دارای مشخصات یکسان می باشد، تعویض و جایگزین کنید.

**وسایل و لوازم مورد نیاز**

به منظور ارزیابی و نگهداری معمولی یک سانتریفوژ، ابزار یا دستگاه های زیر ضروری هستند:

۱. کلید و یا آچار برای بازکردن مهره های محور چرخان.
۲. آنالیزور الکتریکی ایمنی یا دستگاهی برای اندازه گیری شدت جریان.
۳. تایمر
۴. دماسنج الکترونیک با دقت  $0.5^{\circ}\text{C}$  برای سانتریفوژهای یخچال دار
۵. سرعت سنج (نوری).

۱. لات و تمیز بودن بوردهای الکتریکی مطمئن شوید.
۲. لارم و قطعات دیجیتالی و آنالوگ را کنترل کنید.
۳. تطابق سانتریفوژ با استانداردهای الکتریکی را کنترل کنید. از یک آنالیزور الکتریکی ایمنی<sup>۱</sup> برای این کار استفاده و سیم زمین و شدت جریان را کنترل کنید.
۴. اگر سانتریفوژ یخچال دارد، از دماسنج الکتریکی برای کنترل دمای داخل آن استفاده نمایید. اختلاف دما نباید بیشتر از  $3^{\circ}\text{C}$  باشد.
۵. دقت زمان سانتریفوژ را با تایمر کنترل کنید. این اختلاف نباید از  $10\%$  زمان تعیین شده بیشتر باشد.
۶. سرعت سانتریفوژ را با سرعت سنج<sup>۲</sup> کنترل کنید. در غیر این صورت، مراحل توصیه شده توسط سازنده باید انجام شود.
۷. از عملکرد قفل ایمنی اطمینان حاصل نمایید.
۸. عملکرد سیستم یخچالی سانتریفوژ را با توجه به مراحل زیر کنترل کنید:  
 الف) دمای انتخابی را کنترل کنید. این دما نباید از دمایی که با دماسنج دیجیتالی نشان می دهد بیش از  $3^{\circ}\text{C}$  تفاوت داشته باشد.

1. Electric Safety Analyzer
2. Tachometer

**جدول مشکل یابی**

محورهای چرخان <sup>۳</sup>		
مشکل	علت محتمل	راه حل
لرزش شدید	محور چرخان بالانس نیست.	بارگذاری محور چرخان را تنظیم کنید.
		وزن لوله های مقابل هم باید یکسان و متقارن باشد.
	سرعت انتخاب شده به سرعت بحرانی نزدیک است.	محورهای چرخان در سانتریفوژهای زاویه ثابت و عمودی را متقارن (هم وزن) بارگذاری کنید.
		سرعت مناسب و خارج از محدوده سرعت بحرانی انتخاب نمایید.
در و محفظه محور چرخان بعد از سانتریفوژ کردن به سختی بازمی شود.	محور چرخان خوب جاسازی نشده است.	اطمینان حاصل نمایید که محور چرخان درست جاسازی شده است و آن را کنترل کنید.
	پایه محور چرخان روغن کاری نشده و یا کم روغن کاری شده است.	محور چرخان را با توجه به توصیه های سازنده روغن کاری نمایید.
	حین سانتریفوژ کردن، خلأ ایجاد می شود.	قسمت تهویه را در سمت بالای محور چرخان یا سبد لوله ها باز کنید تا خلأ از بین برود.
واشرها با روغن و یا ذرات فلزی آلوده شدند.	واشرها را تمیز و روغن کاری نمایید. از توصیه های سازنده برای این منظور استفاده نمایید.	

3. Rotors and Tubes for Beckman Coulter J2, J6 and Avanti<sup>®</sup> J series centrifuges, User's Manual, Palo Alto, California, The Spinco Business Center of Beckman Coulter, 2001.

جدول مشکل‌یابی		
لوله‌ها		
مشکل	علت محتمل	راه حل
لوله‌ها نشستی دارند.	در لوله‌ها محکم بسته نشده‌است.	در لوله‌ها را تنظیم و محکم نمایید.
	لوله‌ها خیلی پر هستند.	سطح مایع <sup>۱</sup> باید پایین‌تر باشد تا از نشستی لوله‌ها جلوگیری شود.
	سطح مایع در لوله‌های در باز، از حد توصیه‌شده بیشتر است.	حجم و سرعت توصیه‌شده برای سانتریفوژ را کنترل نمایید.
	در لوله‌ها محکم بسته نشده‌است.	با حرکت ملایم در لوله را به آرامی گرم کنید (اگر محتویات در اثر گرما آسیب نبینند). چنانچه لوله‌ها هنوز نشستی وجود دارد، در آنها را محکم‌تر ببندید.
لوله‌ها ترک خورده و یا شکسته شدند.	اگر لوله‌ها در دمای کمتر از دمای توصیه‌شده استفاده شوند، می‌توانند ترک خورده و یا بشکنند.	اگر نمونه یخ زده‌است، دمای آنها را پیش از سانتریفوژ کردن به ۲°C برسانید. عملکرد لوله‌ها را در دمای پایین، پیش از سانتریفوژ کردن ارزیابی نمایید.
	لوله‌ها بر اثر استفاده، می‌توانند شکننده شوند.	لوله‌های تاریخ گذشته را دور بریزید و از لوله‌های نو استفاده کنید.

جدول مشکل‌یابی		
سیستم‌های مختلف		
مشکل	علت محتمل	راه حل
سوئیچ اصلی، روشن بودن دستگاه را نشان می‌دهد، ولی سانتریفوژ کار نمی‌کند.	جریان الکتریکی به دستگاه وارد نمی‌شود.	از عملکرد منبع تغذیه اطمینان حاصل کنید.
در سانتریفوژ بازنمی‌شود.	سانتریفوژ خاموش است.	سانتریفوژ را روشن نمایید. دسته را فشار داده و در را باز کنید.
دکمه «عدم تعادل» فعال است.	لوله‌ها در سانتریفوژ بالانس نیستند.	الانس نمایید.
	سانتریفوژ تراز نیست.	سانتریفوژ را در یک سطح تراز قرار دهید.
در سرعت کم، سانتریفوژ لرزش دارد.	مکانیسم تنظیم محور چرخان گیر دارد.	مکانیسم تنظیم محور چرخان را کنترل و تنظیم نمایید.
	لوله‌ها در سانتریفوژ بالانس نیستند.	از بالانس بودن لوله‌ها اطمینان حاصل نمایید.
در سرعت چرخش نوسان وجود دارد.	سرعت انتخابی به رزونانس محور چرخان نزدیک است.	یک سرعت بالای دیگر انتخاب کنید و یا از نوع دیگر محور چرخان استفاده کنید.
	وضعیت تسمه انتقال سرعت بد است. (*).	سانتریفوژ را خاموش و شرایط تسمه را کنترل کنید. تسمه باید میزان باشد.
سرعت چرخش به حداکثر سرعت انتخابی نمی‌رسد.	زغال‌ها معیوب هستند.	سانتریفوژ را خاموش نمایید. از سالم بودن زغال‌ها اطمینان حاصل کنید. در صورت لزوم، زغال‌ها را با زغال نو و با مشخصات یکسان جایگزین نمایید.
	کنترل سرعت کالیبر نیست.	سرعت سنج را کالیبر نمایید.
محفظه سرد، ولی محور چرخان گرم است.	دما صحیح انتخاب نشده‌است.	از انتخاب صحیح دما اطمینان حاصل نمایید.
در صفحه نمایش دکمه نشان‌دهنده وضعیت زغال روشن است.	زغال‌ها در شرایط بدی هستند.	سانتریفوژ را خاموش نمایید. از سالم بودن زغال‌ها اطمینان حاصل کنید. زغال‌ها را با زغال نو و با مشخصات یکسان جایگزین نمایید.

\* Valid procedure in centrifuges with potential belt transmission system.

# فصل ۸



## دستگاه تقطیر آب

کد GMDN	۴۰۴۷۸
کد ECRI	۱۵-۱۳۶
نام‌گذاری	دستگاه تقطیر

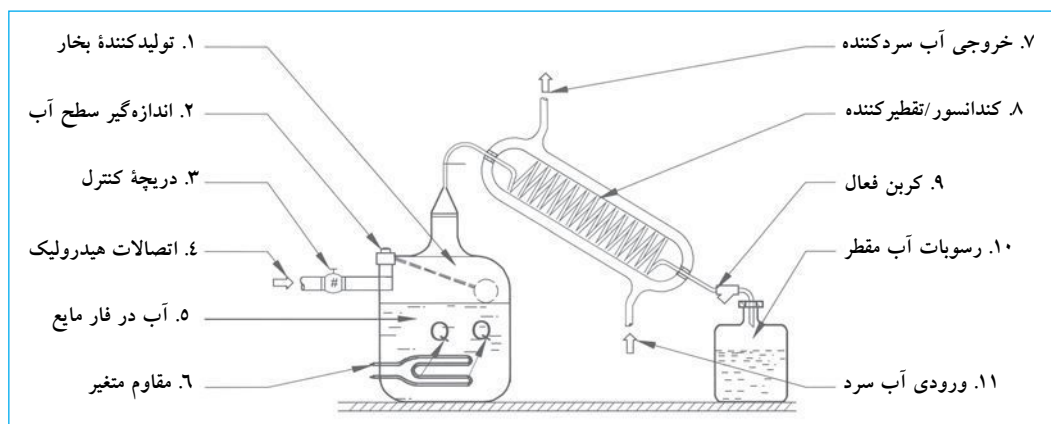
### موارد استفاده از دستگاه تقطیر

دستگاه تقطیر آب خالص را از آب شور یا آب شرب تهیه می‌کند. در آب خالص نباید مواد معلق وجود داشته باشد. از آب خالص در آزمایشگاه‌ها، مراحل شستشو، استریلیزاسیون و مراکز برنامه‌ریزی غذایی استفاده می‌شود. هرچه مراحل خالص‌سازی پیشرفته‌تر باشد، آب مقطر با درجه خلوص بالا تولید می‌شود. برای مثال، تهیه محلول‌ها و مواد بیولوژی، مستلزم داشتن آب با درجه خلوص بالا است. تقطیر یکی از مراحل دستیابی به آب خالص است. آبی که در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید عاری از هرگونه عامل تب‌زا<sup>۲</sup>، با میزان جامدات معلق کمتر از یک قسمت در یک میلیون<sup>۳</sup>، pH بین ۷/۲-۵/۴، و مقاومت الکتریکی حداقل  $3 \times 10^5$  اهم بر سانتی‌متر (ohm/cm) در  $25^{\circ}\text{C}$  باشد<sup>۴</sup>.

تقطیر<sup>۱</sup> لاتین *distillare* به معنای تبخیر کردن مایعات به وسیله گرما است. آب مقطرگیری که دستگاه تقطیر آب نیز نامیده می‌شود، و استفاده آزمایشگاهی دارد، آب شرب را طی مراحلی که شامل تبخیر و سرد کردن است، خالص می‌کند. در نتیجه اثر انرژی گرمایی که در فاز مایع بر آب اعمال می‌شود، آب به بخار تبدیل می‌گردد. این امر سبب می‌شود که مولکول‌های آب از دیگر مواد مخلوط جدا شود. بخارات آب پس از عبور از کندانسور، جایی که بخار سرد می‌شود، دوباره به فاز مایع تغییر حالت می‌دهد و در نهایت در یک ظرف ذخیره جمع‌آوری می‌شود. آب مقطر در مقایسه با آب شرب خالص و بدون آلودگی است.

### نمای کلی از یک دستگاه تقطیر

شکل ۲۱. دستگاه تقطیر



1. Distiller
2. Pyrogens
3. Parts per Million(ppm)
4. Warming cabinets, sterilizers, and associated equipment, Division 11-Equipment, USACE/NAVFAC/AFCEA, UFGS-11710. July 2003.

## اصول عملکرد

روش کار دستگاه تقطیر براساس پدیده‌ای است که در طبیعت در چرخه آب اتفاق می‌افتد: انرژی خورشیدی آب دریاها را گرم و قسمتی از آن را به بخار تبدیل می‌کند. این بخارات در ابرها تغلیظ می‌شوند و زمانی که شرایط جوی مناسب است، سرد شده و به شکل باران به سطح زمین برمی‌گردند.

## عملکرد دستگاه تقطیر

شکل و طراحی این دستگاه برحسب میزان گنجایش حجم آب متفاوت است. در زیر اجزای دستگاه و نحوه کار با آنها توضیح داده شده است.

۱. تولید کننده بخار. این قسمت تانک جوشان نیز نام دارد، و محفظه ذخیره آبی است که تقطیر می‌شود. به‌طور معمول، یک اتصال هیدرولیکی دارد که اجازه می‌دهد آب تبخیر شده و دوباره ذخیره شود. جنس این اتصال دهنده در دستگاه‌های کوچک از شیشه و در دستگاه‌های بزرگ از استیل با روکش مس، قلع و یا تیتانیوم است. همچنین، این قسمت می‌تواند سطح، جریان و کیفیت آب را کنترل کرده و دستگاه را در زمان بروز بی‌نظمی یا اختلال در ورود آب، محافظت کند. این قسمت مانند یک منبع تأمین انرژی، از بخار آب حاصل از تانک جوشان و یا از انرژی گرمایی حاصل از هدایت جریان، از یک مقاوم متغیر استفاده می‌کند. هر دو حالت باعث افزایش دما در شرایط عادی (فشار اتمسفر یک و نیروی جاذبه  $9/80665 \text{ m/s}^2$ ) و در نهایت، تغییر حالت آب از فاز مایع به بخار در  $100^\circ\text{C}$  می‌شود.

۲. سطح آب. وسیله‌ای که سطح مقدار آب در مخزن تولید کننده بخار را تنظیم می‌کند و مستقیماً به اتصال دهنده‌ای وصل است که آب مورد نیاز برای دستگاه تقطیر را تأمین می‌کند. زمانی که مقدار آب در مخزن کاهش می‌یابد، این اتصال دهنده مقدار آب تبخیر شده را بازیافت می‌کند.

۳. سوپاپ کنترل. شیر مکانیکی یا الکترومکانیکی که ورود جریان آب را به مخزن تولید کننده بخار تنظیم می‌کند.

۴. اتصال هیدرولیکی. لاتی که آب را به مخزن تولید کننده بخار هدایت می‌کند.

۵. آب در فاز مایع. به آب داخل مخزن اطلاق می‌شود که انرژی گرمایی حاصل از یک مقاوم متغیر را در شرایط دما و فشار مناسب به بخار تبدیل می‌کند.

۶. مقاوم‌های متغیر. وسیله‌ای که وقتی جریان الکتریکی از آن عبور می‌کند، گرما تولید می‌شود. این مقاوم‌ها با کلاک‌های سرامیک از هم جدا هستند و از محیط بیرون با یک لایه فلزی محافظت می‌شوند.

۷. لوله سرد کننده آب. مسیری که آب برای متراکم شدن بخار و حذف انرژی گرمایی طی می‌کند (سردسازی).

۸. متراکم کننده بخار. وسیله‌ای که در آن بخار آب، انرژی گرمایی خود را از دست داده، سرد و به فاز مایع تبدیل می‌شود. به‌منظور تسریع کار، جریان آب یا هوا با دمای کم در اطراف متراکم کننده که جریان بخار را تولید می‌کند، حرکت می‌کند.

۹. فیلتر. فیلترهای کربن در خروجی متراکم کننده بخار نصب شده‌اند. این فیلترها ذراتی را که ممکن است در بخار متراکم شده وجود داشته باشد، حذف می‌کنند.

۱۰. مخزن آب مقطر. مخزنی که آب مقطر تولید شده در آن ذخیره می‌شود. آب مقطر باید در ظرف‌های پلاستیکی خاص که آلودگی یونی را حذف می‌کند ذخیره شود. معمولاً برای این منظور از ظرف‌های پلی اتیلن، پلی پروپیلن یا پلی تترافلورواتیلن استفاده می‌شود.

## الزامات نصب و راه اندازی

باتوجه به طراحی، مدل، گنجایش و نوع دستگاه تقطیر، الزامات راه اندازی ممکن است متفاوت باشد. روش معمول به شرح زیر است:

۱. مکان آرام. یک محیط آرام با سیستم تهویه کافی، محل مناسب نصب است. این یک امر ضروری است؛ زیرا دستگاه تقطیر گرما را به مایع منتقل و سبب افزایش دمای محیط می‌شود. یک فضای باز اطراف دستگاه لازم است تا امکان جریان هوا وجود داشته باشد. بعضی دستگاه‌ها داخل یک جعبه فلزی قرار دارند که در این صورت، دستگاه روی یک پایه نصب می‌شود تا امکان جریان هوا به قسمت پایین دستگاه فراهم گردد.

۲. اتصالات آب شرب. معمولاً قطر اتصال هیدرولیکی  $1/2$  اینچ است. برای عملکرد مناسب، کیفیت آبی که به دستگاه وارد می‌شود، باید ارزیابی شود تا در صورت لزوم سیستم تصفیه آب<sup>۱</sup> نیز به دستگاه تقطیر متصل شود که از تشکیل رسوب در تانک تولید بخار جلوگیری می‌کند. آب شرب برای پر کردن تانک تولید بخار و سرد کردن کندانسور استفاده می‌شود<sup>۲</sup>.

۳. اتصالات آب مقطر. آب مقطر تولید شده در مخزن ذخیره می‌شود. در دستگاه‌ها با گنجایش بیشتر، آب مقطر تولید و ذخیره شده، با استفاده از اتصالات لوله کشی در محل‌های مورد نیاز توزیع می‌گردد. آب در دستگاه‌ها با گنجایش کمتر، از محل ذخیره به ظرف‌های کوچک منتقل و در محل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴. اتصالات تمیز کننده. یک سیفون برای تخلیه ناخالصی‌هایی که ممکن است در تانک تولید بخار انباشته شود در کنار دستگاه نصب شده است.

۱. دستگاه تصفیه آب برای حذف مواد در آب طراحی شده است. این مواد شامل یون‌های معدنی (آنیون و کاتیون) مانند بی‌کربنات، سولفات، کلراید، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، منگنز، آهن، نیترات و دیگر عناصر در مقدار کم است. ۲. بعضی سازندگان کندانسور را با استفاده از پنکه که سبب عبور جریان هوا در تیغه‌ها است، سرد می‌کنند. این امر سبب انتشار گرما از سطح به محیط می‌شود.

## فصل ۸ دستگاه تقطیر آب

۱۰. مجدد آب اضافه‌نمایید و تانک را خالی کنید تا ماده شیمیایی و  
لا از تانک خارج شوند.
  ۱۱. محافظ تانک را دوباره در جای خود نصب کنید.
  ۱۲. در محافظ جلویی را دوباره جاسازی نمایید.
  ۱۳. دستگاه را در حالت معمولی استفاده‌نمایید.
- هشدار:** در هیچ شرایطی ماده شیمیایی مورد استفاده برای  
از بین بردن رسوب‌ها، نباید تقطیر شود.

### تعویض فیلتر کربن فعال

#### تواتر: هر ۳ ماه

معمولاً فیلتر کربن فعال در آب، در پایین سیستم توزیع، از تانک  
ذخیره آب مقطر منشأ می‌گیرد و در جعبه‌ای نصب شده‌است. این  
فیلتر عموماً وسیله‌ای است که به راحتی می‌شود جایگزین کرد.  
به طور معمول، جایگزینی طبق مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. پیچ قسمت بالای فیلتر را باز کنید.
۲. فیلتر استفاده‌شده را بردارید.
۳. فیلتر جدید و با مشخصات یکسان با اصل را جایگزین کنید.
۴. قسمت بالای فیلتر را محکم کنید.

**هشدار:** فیلتر در جعبه به وسیله یک واشر در محل خود  
لا در محل ثابت شود تا از نشت آب  
مقتر جلوگیری به عمل آید.

### نظافت کندانسور

#### لانه

۱. برای تمیز کردن کندانسور باید محافظ در جلو را باز کرد.
۲. از قطع برق سیستم الکتریکی دستگاه اطمینان حاصل کنید.
۳. کندانسور را بیرون بیاورید. اتصالات مربوط به عبور بخار و  
اتصالانی که کندانسور را به دستگاه تقطیر وصل می‌کند، قطع کنید.
۴. پیچ‌هایی که کندانسور را به هواکش وصل می‌کند، باز کنید.
۵. هواکش را بیرون آورده و تیغه‌های آن را تمیز نمایید.
۶. کندانسور را بیرون آورده و گرد و خاک روی سطح تیغه  
آن را تمیز کنید. استفاده از هوای فشرده و آب و صابون نیز  
می‌تواند مؤثر باشد.
۷. اجزای مختلف را بشویید.
۸. خشک نمایید.
۹. اجزا را دوباره نصب نمایید.

۵. **اتصالات الکتریکی.** این اتصالات مجهز به وسایل کنترل و  
ابزارهای ایمنی، باید با استانداردهای ملی و بین‌المللی مورد  
لا و لتاز مورد  
استفاده بین ۲۴۰۷-۲۲۰ با فرکانس ۶۰-۵۰ Hz است.

**نکته:** همیشه به توصیه‌های سازنده در هنگام نصب توجه‌نمایید تا  
از عملکرد دستگاه متناسب با مشخصات آن اطمینان حاصل شود.

### نگهداری معمول

نگهداری به طراحی و گنجایش دستگاه تقطیر بستگی دارد. نگهداری  
در اینجا روی دستگاه‌هایی که مجهز به تانک استیل تولیدکننده بخار  
مقاوم متغیر و کندانسور یخچالی هستند، متمرکز شده‌است.

**هشدار:** پیش از ارزیابی و یا انجام مراحل نگهداری معمول، اطمینان  
حاصل‌نمایید که دستگاه به پریش برق وصل نیست.

### ارزیابی و تمیز کردن تانک تولیدکننده بخار

#### تواتر: ماهانه

۱. در محافظ جلو را برای دستیابی به تانک تولید بخار باز کنید.
۲. محافظ تانک تولید بخار را باز کنید.
۳. دیواره‌های داخلی تانک و یا مقاوم متغیر را برای وجود رسوب  
مشاهده کنید. مقدار رسوب به کیفیت آب مصرفی دستگاه  
بستگی دارد. اگر مقدار قابل ملاحظه‌ای رسوب وجود داشته‌باشد،  
برای جلوگیری از آسیب به مقاوم‌ها، آنها را باید تمیز کرد.<sup>۱</sup>
۴. رسوب‌ها را تمیز نمایید. عموماً مراحل نظافت شامل استفاده  
از یک ماده شیمیایی است که باید براساس مشخصات آب  
مصرفی انتخاب شود. مشخصات آب مصرفی به وسیله آزمایش  
شیمیایی تعیین می‌شود.
۵. آب تانک را خالی کنید تا سطح آب تقریباً  
میله حسگر<sup>۲</sup> و یا مقاوم داخل آب باشد.
۶. ماده شیمیایی مورد نظر را به آب اضافه‌نمایید.
۷. کاملاً مخلوط‌نمایید.
۸. یک شبانه‌روز در تانک نگه‌دارید تا ماده شیمیایی عمل کند.
۹. صبح روز بعد آب تانک را خالی نمایید.

۱. مواد معدنی روی پوشش مقاوم‌های متغیر هادی کم گرما هستند، به طوری که  
از انتقال مؤثر گرما بین مقاوم و آبی که تقطیر می‌شود، ممانعت می‌کنند. این  
امر سبب افزایش دمای بیش از حد مقاوم‌ها شده و در نهایت سبب خرابی  
آنها می‌شود.

## استریل کردن تانک ذخیره آب مقطر

### تواتر: بعضی اوقات

پیش از استفاده از تانک ذخیره نو، توصیه می شود از استریل و تمیز بودن آن مطمئن شوید. برای مراحل استریلیزاسیون، می توان از محلول سفیدکننده معمولی کلردار استفاده کرد. مراحل به شرح زیر است:

۱. از قطع بودن کلید اصلی برق مطمئن شوید.
۲. محافظ جلو را درآورده تا امکان دسترسی به تانک ذخیره فراهم شود.
۳. فیلتر کربن فعال را از جعبه اش بیرون بیاورید.

۴. یک محلول سفیدکننده با غلظت ۲۰۰ قسمت در یک<sup>۱</sup> میلیون تهیه و داخل تانک بریزید.
۵. این محلول را حداقل به مدت ۳ ساعت داخل تانک نگه دارید.
۶. با استفاده از لوله تخلیه تانک را خالی نمایید.
۷. دستگاه را روشن کنید تا تانک ذخیره با آب مقطر پر شود.
۸. دوباره تانک را خالی نمایید.
۹. فیلتر کربن فعال را در جای خود تعبیه کنید.
۱۰. تانک ذخیره را با آب مقطر پر کنید. فیلتر کربن فعال باقی مانده محلول سفیدکننده را از بین خواهد برد.

### جدول مشکل یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
دستگاه آب مقطر تولید نمی کند.	جریان الکتریکی در سیستم وجود ندارد.	از ارتباط سیم های رابط با پریز اطمینان حاصل نمایید. از وجود جریان الکتریکی در مدار تغذیه دستگاه اطمینان حاصل نمایید. از روشن بودن سوئیچ اصلی اطمینان حاصل نمایید.
	مقاوم های متغیر <sup>۲</sup> سوخته است.	از سالم بودن مقاوم های متغیر مطمئن شوید. هدایت الکتریکی یا مقاومت (برحسب اهم) را اندازه گیری نمایید. مقاوم جدید و با مشخصات یکسان با اصل را جایگزین کنید.
در اطراف دستگاه آب وجود دارد.	دستگاه یا اجزای آن صحیح تنظیم نشده است.	فیلتر را کنترل نمایید که کربن فعال صحیح نصب شده است و از عبور جریان آب اطمینان حاصل نمایید. از نصب صحیح تانک جمع کننده مایع متراکم اطمینان حاصل نمایید. از نصب سیستم تخلیه که نشسته نداشته باشد، اطمینان حاصل نمایید. از وجود فضای آزاد در اطراف و پشت دستگاه اطمینان حاصل نمایید.
	سیستم تهویه دستگاه تقطیر کافی نیست.	از نبود یک شیء خارجی که از عبور جریان هوا به دستگاه جلوگیری کند، اطمینان حاصل نمایید. هر شیئی را که با عبور جریان هوا تداخل دارد، جابه جا کنید.
در اطراف دستگاه بخار وجود دارد.	سیستم تهویه خنک کننده، کار نمی کند.	شرایط سیستم تهویه را کنترل نمایید. اگر روشن است و کار نمی کند، سیستم تهویه را با سیستم جدید و با مشخصات یکسان با اصل جایگزین نمایید.
	فیلتر کربن کهنه است.	فیلتر کربن را تعویض نمایید.

1. 200 ppm

2. Immersion Resistance



## تعاریف پایه

تقطیر. مراحلی که طی آن یک مایع در نتیجه حرارت دیدن به بخار تبدیل می‌شود و بعد سرد و متراکم شده دوباره به حالت مایع برمی‌گردد. این مراحل برای جداکردن مواد مخلوط، با توجه به متفاوت بودن درجه تبخیر آنها کاربرد دارد. برای به‌دست آوردن ماده خالص، از مراحل متعدد تقطیر برای حذف دیگر مواد موجود در مخلوط استفاده می‌شود.

**سختی آب.** ظرفیت شیمیایی آب که با مقدار کربنات، بی‌کربنات، کلراید، سولفات و مواقعی با نیترات کلسیم و منیزیم تعیین می‌شود. مقاومت حاصله در بعضی از مراحل مطلوب نیست. دو مقاومت در آب وجود دارد.

• **سختی موقت.** با مقدار منیزیم، کلسیم کربنات و بی‌کربنات تعیین می‌شود. ممکن است با جوشاندن آب و فیلترکردن رسوب گرفته‌شود. این سختی، مقاومت کربنات نیز نامیده می‌شود.

• **سختی دائم.** با مقدار کلسیم و نمک‌های منیزیم به‌جز کربنات و بی‌کربنات تعیین می‌شود. سختی دائم با جوشاندن آب حذف نمی‌شوند و مقاومت غیر-بی‌کربنات<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود. توجیه مقاومت:

توجیه مقاومت کربنات کلسیم

آب سبک ۰-۷۵

آب با مقاومت کم ۷۵-۱۵۰

آب مقاوم ۱۵۰-۳۰۰

آب با مقاومت زیاد > ۳۰۰

در آب آشامیدنی، حد مجاز ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (mg/L) است.

در آب دستگاهی، حد مجاز صفر میلی‌گرم در لیتر (mg/L) است.

• **مقاومت یا سختی کلسیم.**<sup>۲</sup> مقدار کلسیم موجود در آب.

• **مقاومت یا سختی منیزیم.**<sup>۳</sup> مقدار منیزیم موجود در آب.

• **مقاومت کل یا عمومی.**<sup>۴</sup> مقدار کاتیون‌های کلسیم  $[Ca^{+2}]$  و یا منیزیم  $[Mg^{+2}]$  موجود در محلول و بدون در نظر گرفتن آنیون‌های محلول. این مقدار برحسب ppm کربنات کلسیم<sup>۵</sup> بیان می‌شود.

لایه‌ای<sup>۶</sup>. لایه‌ای در سطح آب مخازن ذخیره اطلاق می‌شود.

محلول<sup>۷</sup>. یک مخلوط مایع همگن از دو و یا چند ماده بدون در نظر گرفتن واکنش‌های شیمیایی بین اجزای مخلوط مایع. محیط حل‌کننده که معمولاً به مقدار زیاد است، حلال<sup>۸</sup> و جزئی که به مقدار کم در محیط مایع وجود دارد، ماده حل‌شونده<sup>۹</sup> نام دارد.

1. Non-bicarbonate Resistance

2. Calcium Resistance or Handness( $RCa^{++}$ )

3. Magnesium Resistance or Handness( $RMg^{++}$ )

4. Total Resistance or General Handness [TH]

5.  $CaCO_3$

6. Incrustation(Scale)

7. Solution

8. Solvent

9. Solute

# فصل ۱۱



## اسپکترومتر

کد GMDN	۳۶۴۱۱	۳۶۴۱۱	۳۶۴۱۱
کد ECRI	۱۵-۰۸۲	۱۵-۰۸۳	۱۵-۰۸۴
نام‌گذاری	اسپکتروفتومتر، ماوراء بنفش	اسپکتروفتومتر، ماوراء بنفش، مرئی	اسپکتروفتومتر، مرئی

### موارد استفاده از دستگاه

در آزمایشگاه اسپکتروفتومتر برای تعیین و میزان غلظت یک ماده در محلول کاربرد دارد و بنابراین با روش‌های اسپکتروفتومتری می‌توان نمونه را مورد تجزیه و تحلیل کمی و کیفی قرارداد.

### اصول عملکرد

به‌عنوان یک اصل پایه، نور نوعی از انرژی الکترومغناطیسی در نظر گرفته می‌شوند. سرعت ثابت نور در فضا [C]، تقریباً  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  است. سرعت نور در صورت عبور از هر محیط شفاف دیگر، کمی کاهش می‌یابد و از معادله زیر می‌توان سرعت آن را به دست آورد:

$$v_o = \frac{C}{n}$$

به طوری که:

$v_o$  = سرعت نور ورودی از هر محیط یا وسیله

$n$  = شاخص بازتاب: که مقدار عددی آن معمولاً بین  $1/0$  تا  $2/5$  می‌باشد.

لاتین *spectrum* به معنای «تصویر»

و واژه یونانی *phos* یا *photos* به معنای «نور» است. اسپکتروفتومتر یکی از دستگاه‌های اصلی طراحی شده برای پژوهش و تشخیص است که در آن از ویژگی‌های نور و تداخل آن با سایر مواد استفاده می‌شود. به‌طور کلی نور یک لامپ با مشخصات خاص از ابزاری عبور می‌کند که طول موج مشخصی را جدا و از نمونه عبور می‌دهد. شدت نور خروجی با شدت نور ورودی مقایسه شده و میزان عبور نور<sup>۱</sup> که به عواملی مانند غلظت نمونه بستگی دارد، محاسبه می‌شود.

### تصویر اسپکتروفتومتر

یک اسپکتروفتومتر معمولی



با توجه به برخورد نور و ماده، شکل ۲۷ در توضیح پیچیدگی پدیده‌ای که رخ می‌دهد، کمک می‌کند.

شکل ۲۷ نشان می‌دهد که نور ورودی  $[I_0]$  می‌تواند تغییر حالت‌های متعددی پیدا کند؛ می‌تواند منعکس (بازتاب) شود  $[I_r]$ ، عبور<sup>۷</sup> کند  $[I_t]$ ، پخش شود یا جذب شود و یا مستقیماً به صورت فلئورسانس<sup>۸</sup> ساطع شود  $[I_f]$ . اساس کار اسپکتروفتومترها اصولاً بر جذب و عبور نور استوار است. برای درک این موضوع قانون لامبرت را مرور می‌کنیم.

لامبرت

بوگر<sup>۹</sup> نیز معروف است. این قانون رابطه بین غلظت نمونه و شدت نوری که از آن عبور می‌کند را نشان می‌دهد. با توجه به این قانون، دو حالت وجود دارد: عبور کردن  $[T]$  و جذب کردن  $[A]$ <sup>۱۱</sup>.

عبور  $[T]$ : بخشی از نور ورودی با طول موج مشخص است که از داخل نمونه عبور می‌کند.

$$T = \frac{I_t}{I_0}$$

به طوری که:

$$I_t = \text{شدت نور عبور کرده (خروجی)}$$

$$I_0 = \text{شدت نور اولیه (ورودی)}$$

انرژی الکترومغناطیسی طیف وسیعی از طول موج‌ها را دارد که در جدول ذیل به برخی از آنها اشاره شده است:

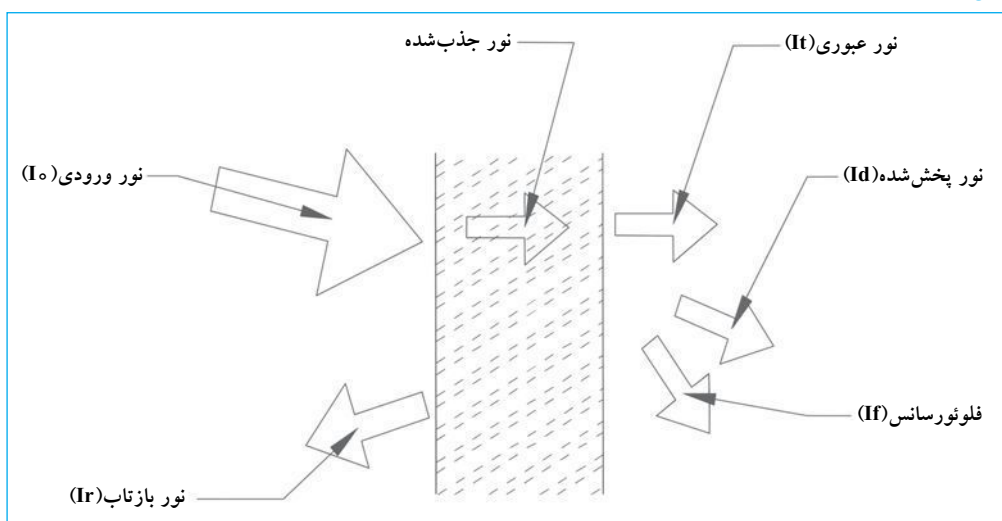
نوع انرژی الکترومغناطیس	گستره طول موج
امواج رادیویی	از چند متر تا چند کیلومتر
امواج رادار	از ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر
امواج مادون قرمز	از ۱ تا ۱۰ میکرون ( $10^{-6}m$ )
نور مرئی	از ۳۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر
پرتوهای X	از ۰/۱ تا ۰/۵ آنگستروم
پرتوهای گاما	تقریباً ۰/۰۰۱۲ آنگستروم

در نتیجه عبور یا برخورد نور با محیط‌های مختلف یکی از پدیده‌های زیر اتفاق می‌افتد: بازتاب<sup>۱</sup>، انکسار (شکست)<sup>۲</sup>، تجزیه<sup>۳</sup>، جذب<sup>۴</sup>، پخش<sup>۵</sup>، پلاریزه شدن<sup>۶</sup>، و پدیده‌های دیگری که با دستگاه‌ها و وسایل مختلف اندازه‌گیری می‌شود.

جدول زیر محدوده طول موج‌های دیگر را نشان می‌دهد که در آزمایش‌های اسپکتروفتومتری استفاده می‌شوند.

طیف نور	گستره طول موج
ماوراء بنفش	۱۰-۲۰۰ نانومتر
ماوراء بنفش نزدیک	۲۰۰-۲۸۰ نانومتر
نور مرئی	۳۸۰-۷۸۰ نانومتر
مادون قرمز نزدیک	۷۸۰-۳۰۰۰ نانومتر
مادون قرمز میانی	۳۰۰۰-۲۰۰۰۰ نانومتر
مادون قرمز دور	۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ نانومتر

شکل ۲۷. برخورد نور با ماده



1. Reflection
2. Refraction
3. Diffraction

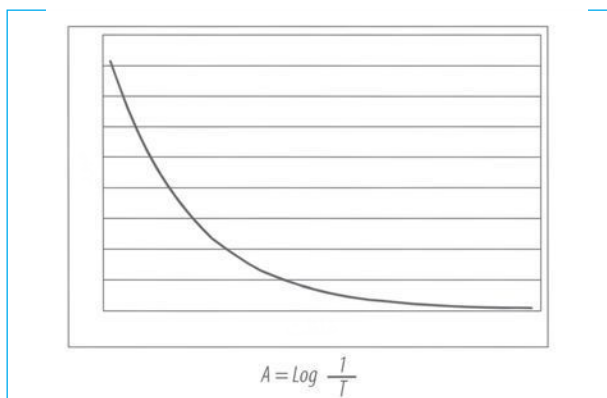
4. Absorption
5. Diffusion
6. Polarization

7. Transmitt
8. Fluorescence
9. Beer Lambert Bouguer's law

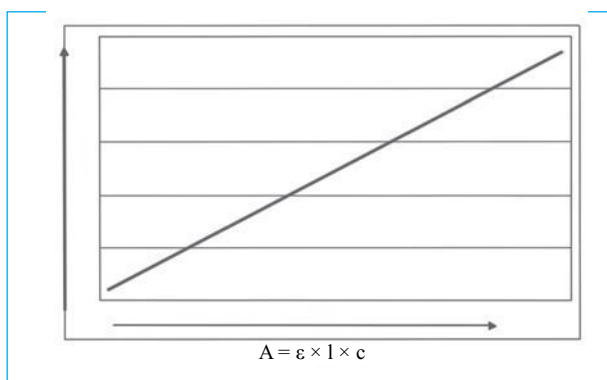
10. Transmittance
11. Absorbance

منحنی‌های ارائه شده در زیر نمایانگر مدلی است که چطور مقدار جذب [A] و عبور نور [T] در اثر غلظت [C] براساس قانون بیر تغییر می‌کند.

منحنی عبور نور



منه



درصد میزان عبور نور [%T] از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100$$

تعداد مولکول‌های جاذب نور در یک نمونه متناسب با میزان جذب آن در نمونه است و به صورت رابطه ریاضی زیر بیان می‌شود:

$$A = \epsilon \times l \times c$$

به طوری که:

A = جذب قابل اندازه‌گیری نور

$\epsilon$  = ضریب جذب [Litres/ mol. cm]

l = طول مسیر عبور نور در نمونه

c = غلظت نمونه [mol/ Litres]

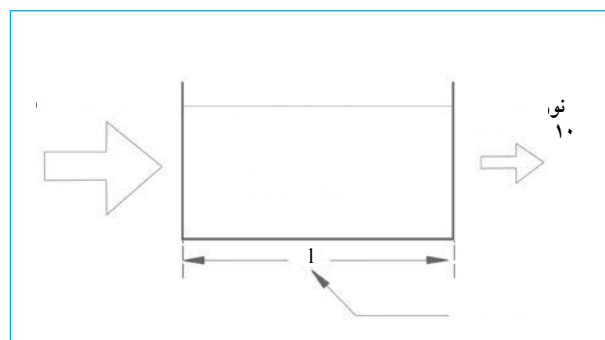
رابطه بین جذب نور [A] و عبور [T] آن با معادله زیر نشان

داده می‌شود:

$$A = \text{log} \frac{1}{T} = \text{log} \frac{I_0}{I_t} = \text{log} 10^{\epsilon \times c \times l} = \epsilon \times c \times l$$

طرح زیر پدیده جذب را توضیح می‌دهد:

شکل ۲۸. پدیده جذب



به طور خلاصه، با افزایش غلظت نمونه، میزان عبور نور کم و جذب بیشتر می‌شود.

لامبرت تحت تاثیر شرایط زیر قرار می‌گیرد:

۱. تغییر تعادل شیمیایی نمونه در نتیجه تغییر غلظت.
۲. تغییر ضریب جذب، در غلظت‌های بالاتر از ۰/۰۱ مول در ماده به دلیل تداخل الکتروستاتیکی بین مولکول‌های مجاور.
۳. لای نمونه.
۴. پخش نور به علت وجود ذرات در نمونه.
۵. فلورسانس یا فسفرسانس<sup>۱</sup> نمونه.
۶. تابش غیر تک‌رنگ<sup>۲</sup>.

## اجزای اسپکتروفتومتر

شکل ۲۹ ارتباط بین اجزای مختلف یک اسپکتروفتومتر را نشان می‌دهد. مهم‌ترین آنها عبارت است از:

۱. منبع نور
۲. مونوکروماتور یا تکرنگ‌ساز
۳. محفظه نمونه
۴. سیستم آشکارساز
۵. سیستم خوانشگر

موارد فوق قسمت‌های اساسی یک اسپکتروفتومتر هستند و تکنولوژی پیشرفته مدل‌های جدید اسپکتروفتومترها را شامل لاصه‌ای از این موارد در شکل ۲۹ نشان داده شده است.

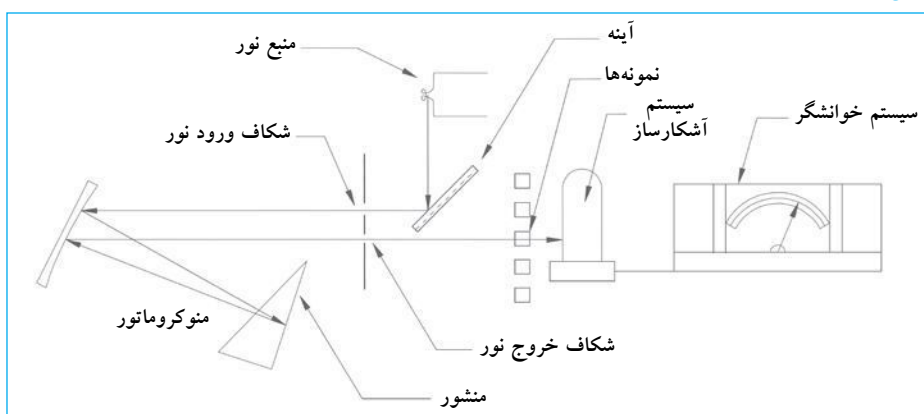
### منبع نور

لامپ تنگستن برای لامپ دئوتریم<sup>۱</sup> برای نور ماوراء بنفش باشد. بعضی سازندگان اسپکتروفتومتری با لامپ نئون طراحی کرده‌اند که توانایی ساطع کردن نور از طیف مرئی تا ماوراء بنفش را دارد. این لامپ‌ها طوری طراحی شده‌اند که در زمان کاربری و یا تعویض لامپ تنظیمات نوری و کانون آنها تغییر نمی‌کند. انرژی تابشی که به وسیله یک لامپ تنگستن ساطع می‌شود، بین ۲۶۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه کلوین است.

### مونوکروماتور یا تک رنگ‌ساز

مونوکروماتور یک مجموعه متشکل از چند ماده است که نور سفید را به موج‌هایی با طول موج متفاوت تبدیل می‌کند. یک طول موج برای قرائت غلظت نمونه کاربرد دارد. مونوکروماتور معمولاً متشکل از اجزای زیر است: یک شکاف که نور تولیدشده به وسیله منبع نور را به یک سطح معین محدود می‌کند، مجموعه‌ای از آینه‌ها برای عبور نور از سیستم نوری، یک جز برای جداسازی طول موج‌های پرتو نور (ممکن است منشور و یا

شکل ۲۹: اجزای اسپکتروفتومتر



شبکه انکسار یا انتقال<sup>۲</sup> باشد) و یک خروجی برای انتخاب طول موجی که به نمونه تابیده می‌شود. شبکه انکسار این مزیت را دارد که انوار غیرخطی را حذف می‌کند و به تغییرات دما نیز حساس نیست.

### محفظة نمونه

این قسمت برای نگهداری نمونه مورد آزمایش است، مدل‌های مختلفی در شکل و حجم‌های متفاوت برای انواع اسپکتروفتومترها و به نام‌های کووت، میکروسول، میکروپلیت، لوله آزمایش و غیره موجود است. در اسپکتروفتومترهای معمولی، محفظه نگهدارنده نمونه، کووت به شکل مکعب مستطیل است. کووت‌های شیشه‌ای در محدوده ۳۴۰ نانومتر تا ۱۰۰۰ نانومتر و انواع دیگر که از سیلیس ساخته شدند در محدوده نور مرئی ۲۲۰ نانومتر تا ۳۴۰ نانومتر قابل استفاده هستند. همچنین، نوع پلاستیکی و یک‌بار مصرف این کووت‌ها از جنس استایرن<sup>۳</sup> یا پلی استایرن<sup>۴</sup> (مانند میکروپلیت) نیز وجود دارد.

### سیستم آشکارساز

این سیستم می‌تواند با استفاده از تقویت‌کننده‌هایی مانند فتوسل‌ها<sup>۵</sup>، فتوتیوب‌ها<sup>۶</sup> و فتودایودها<sup>۷</sup> یا فتوملتی‌پیلرها<sup>۸</sup> بسته به گستره طول موج، حساسیت و سرعت لازم طراحی شود. سیستم آشکارساز آن بخشی از نور که از نمونه ساطع می‌شود و جذب نشده است را به سیگنال الکتریکی متناسب با انرژی دریافت‌شده تبدیل می‌کند. این سیگنال الکتریکی تقویت‌شده و در صفحه نمایش به صورت عددی آشکار می‌شود. در جدول صفحه بعد خلاصه‌ای از معایب و مزایای سیستم‌های آشکارساز ذکر شده است.

### سیستم خوانشگر

سیگنالی که از آشکارساز خارج می‌شود، تا زمانی که شدت آن متناسب با درصدی از نسبت مقدار عبور/جذب است تقویت شده و انتقال می‌یابد. دو نوع سیستم خوانشگر وجود دارد:

1. Deuterium  
2. Diffraction or Transmission Grating

3. Styrene  
4. Polystyrene

5. Photocells  
6. Phototubes

7. Photodiodes  
8. Photomultipliers

## مزایا و معایب سیستم‌های آشکارساز متداول

سیستم	مزایا	معایب
فتوسل یا سلول‌های نوری	مقرون به صرفه	محدوده طول موج محدود بین ۴۰۰ تا ۷۵۰ نانومتر.
	کوچک بودن	حساسیت کم
	متحرک (دینامیک) <sup>۱</sup>	به تغییرات شدت نور به کندی پاسخ می‌دهد.
	به منبع انرژی یا تقویت‌کننده سیگنال، نیاز ندارد.	فرسوده می‌شود. سیگنال وابسته به دما است.
فتوتیوب یا لوله‌های نوری	بین طول موج ۱۹۰ تا ۶۵۰ نانومتر یا ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر کاربرد دارد.	متناسب به دمای محیطی که در آنجا راه‌اندازی شده‌است به کالیبراسیون نیاز دارد. در نتیجه روشنایی زیاد فرسوده می‌شود.
	قسمت‌های متحرک مکانیکی ندارد. دستیابی به داده‌های طیفی هم‌زمان است. محدوده دینامیکی وسیع دارد. تکرارپذیری در طول موج‌ها بسیار خوب است.	
فتوملتی‌پلیر یا چندلایه‌ساز نوری	حساسیت بیشتر نسبت به فتوسل و فتوتیوب دارد.	نفوذ روشنایی روز در زمانی که در حال فعالیت است، سبب سوختن آن می‌شود.
	در محدوده وسیع‌تری از طول موج‌ها کار می‌کند.	بسیار گران است.
	پاسخ سریع به تغییرات شدت نور دارد.	به منبع ولتاژ بالا نیاز دارد.
	مانند فتوسل کهنه نمی‌شود.	فقط در اسپکترومترهای خاص کاربرد دارد.
	می‌توان در محدوده طیفی ماوراء بنفش تا نور مرئی (محدوده طول موج ۱۹۰ تا ۹۰۰ نانومتر) با حساسیت خوب ساخت.	

## نگهداری اسپکتروفتومتر

اسپکتروفتومترها دستگاه‌های بسیار تخصصی و گران‌قیمتی هستند. درستی کارکرد آنها تا حد زیاد به روش راه‌اندازی و استفاده بستگی دارد. همچنین دستگاه به شرایط محیط کار و کیفیت برق مورد استفاده وابسته است. نگهداری معمول برای این دستگاه‌ها متفاوت است، و اقداماتی نظیر نظافت دقیق اجزا تا انجام روش‌های اجرایی تخصصی توسط مهندسين یا تکنیسین‌ها با توصیه اطلاعات فنی مربوط به مدل‌های مختلف دستگاه انجام می‌گیرد. انجام دستورالعمل سازنده و استفاده صحیح، مدت فعالیت دستگاه را افزایش می‌دهد. در مدل‌های جدید، سازندگان، سیستم خودکار برای کالیبراسیون و تصدیق را در دستگاه‌ها طراحی کرده‌اند.

در این فصل توصیه‌های مربوط به نگهداری عمومی گروه وسیعی از اسپکتروفتومترها ارائه شده‌است. نگهداری تخصصی این دستگاه‌ها برای هر مدل خاص تنها براساس توصیه‌های سازنده می‌تواند انجام گیرد. روش نگهداری اسپکتروفتومتر و تواتر کنترل‌های لازم به‌طور تقریبی به شرح زیر است:

نوع عقربه‌ای<sup>۱</sup>: در این نوع نتایج از روی صفحه عقربه‌ای خوانده می‌شود و دقت قرائت در میان عوامل دیگر، به تعداد تقسیم‌بندی مقیاس بستگی دارد (هر چه تعداد تقسیم‌بندی بیشتر باشد، دقت بیشتر است). در این خوانشگر امکان بروز خطا در قرائت به علت خستگی کاربر و یا عدم شناسایی صحیح مقیاس بالا است.

نوع دیجیتالی<sup>۲</sup>: نتایج روی صفحه نمایشگر به صورت عدد و حرف نشان داده می‌شود. در نتیجه خطای قرائت در آنها کمتر است.

## الزامات نصب و راه‌اندازی

برای عملکرد صحیح یک اسپکتروفتومتر رعایت نکات زیر ضروری است:

- منبع تغذیه الکتریکی که مطابق با استانداردهای ملی کشور باشد. در قاره آمریکا ولتاژ ۱۱۰V و فرکانس Hz ۶۰<sup>۱</sup> لاً استفاده می‌شود. در دیگر کشورهای جهان ولتاژ ۲۳۰V-۲۲۰ و فرکانس Hz ۶۰-۵۰ است.
- محیط تمیز و عاری از گرد و غبار.
- میز کار محکم و پایدار و دور از تجهیزات که ارتعاش ایجاد می‌کنند، مانند سانتریفوژ و همزن.

1. Robust 2. Analogous Reading Systems or Meters  
3. Digital Reading Systems

## ارزیابی محیط نصب دستگاه

### لانه

محیطی که دستگاه در آنجا نصب شده است، باید بررسی شده و به لحاظ الکتریکی مورد ارزیابی قرارگیرد تا سلامت کاربر تضمین شود. این بررسی شامل ارزیابی وضعیت الکتریکی و ارزیابی فضای اختصاص داده شده به دستگاه در هنگام نصب اسپکتروفتومتر (زیرساخت فیزیکی) می شود.

### ارزیابی نحوه نصب الکتریکی

این اقدام جهت ایجاد اطمینان از موارد زیر باید انجام گیرد:

۱. یک خروجی یا پریز با سیم زمین موجود باشد.
۲. پریز باید در شرایط خوب بوده و طول سیم اتصال آن بیشتر از ۱/۵ متر تا دستگاه نباشد.
۳. ولتاژ باید مناسب بوده و بنا به توصیه سازنده نباید بیشتر از ۵٪ نوسان داشته باشد.
۴. قطبیت پریز صحیح باشد.

این آزمایشها باید توسط یک تکنسین و یا مهندس برق انجام شده و نتایج برای مراحل بعدی ارزیابی ثبت شوند.

### محل نصب و راه اندازی

۱. برای رعایت موارد زیر مطمئن شوید که اطراف اسپکتروفتومتر فضای خالی وجود دارد:
- الف) عبور آسان و بدون مانع سیمهای رابط و سایر اجزا و دستگاههای پشتیبان مانند تثبیت کننده ولتاژ.
- ب) برقراری جریان تهویه مناسب دستگاه در زمان کار.
۲. از سلامت، تمیزی و شرایط فیزیکی مناسب کنتور برق مطمئن شوید.

۳. مطمئن شوید دستگاهی مانند سانتیفریوژ که ارتعاش ایجاد می کند، در نزدیک دستگاه اسپکتروفتومتر قرار نگرفته است.

۴. دمای مناسب اتاق برای عملکرد این دستگاهها بین  $10^{\circ}\text{C}$  -  $40^{\circ}\text{C}$  لا برای کارکرد

صحیح دستگاه مناسب نیست.

۵. از راه اندازی و نصب دستگاه در محلی که نور مستقیم خورشید وجود دارد، بپرهیزید.

۶. دستگاه را در محلی که میدانهای مغناطیسی، و یا تشعشع قوی الکترومغناطیسی وجود دارد، نصب نکنید.

۷. در محل نصب نباید بخار و مواد خورنده<sup>۱</sup> وجود داشته باشد.

1. Corrosive

## ارزیابی فیزیکی دستگاه

### تواتر: هر ۶ ماه

نمای ظاهری اسپکتروفتومترها باید برای اطمینان از سالم بودن اجزا با توجه به توصیه های سازنده ارزیابی شود. مهم ترین این ارزیابی ها شامل موارد زیر است:

۱. از مناسب بودن میزی که دستگاه روی آن قرار گرفته است، مطمئن شوید.
۲. ساختار کلی دستگاه را کنترل نمایید. از محکم بودن دکمه ها، سوئیچ های کنترل، دریچه های مکانیکی و برچسب شناسایی صحیح آنها اطمینان حاصل نمایید.
۳. از تمیز بودن لوازم جانبی، ترک نداشتن و عملکرد مناسب و خوب آنها مطمئن شوید.
۴. از تنظیمات مکانیکی اجزا مانند (پیچ، مهره و غیره) و شرایط مناسب آنها اطمینان حاصل نمایید.
۵. از سلامت سیم های اتصال الکتریکی و عدم وجود شکاف و سوراخ در آنها مطمئن شوید. از اتصال خوب، عدم گسیختگی و شکاف در رابط های الکتریکی اطمینان حاصل نمایید.
۶. مطمئن شوید که سطوح عایق کاری کابل های برق نشانه های فرسودگی و مستهلک بودن را ندارند.
۷. اطمینان حاصل کنید که گرد و خاک، خوردگی، آلودگی و استهلاک در مسیر اتصال کابل های دستگاه وجود ندارد.
۸. از استاندارد بودن سیم زمین (داخلی و خارجی)، نوع و عملکرد مناسب و اتصال صحیح آن به دستگاه مطمئن شوید.
۹. مطمئن شوید که سوئیچ مدارها، کلیدهای قطع برق، جعبه فیوز و نشانگرها عاری از گرد و خاک هستند.
۱۰. اجزای الکتریکی خارجی دستگاه را از نظر وجود گرمای بیش از حد کنترل کنید.

### نگهداری عمومی

#### نظافت مواد پاشیده شده

در صورت نشست مواد به محفظه نگهداری نمونه، مراحل زیر را برای تمیز کردن، انجام دهید:

۱. دستگاه را خاموش کنید و کابل برق را از پریز بکشید.
۲. از سرنگ برای تمیز کردن محفظه استفاده نمایید و تا حد امکان محلول را از محفظه خارج نمایید.
۳. محفظه نگهداری نمونه را با پارچه نرم کتان خشک کنید.
۴. پنجره فتوسل را با پارچه نرم یا کاغذ لنز تمیز کنید.
۵. قسمت خارجی دستگاه را با پارچه نرم و آغشته به آب تمیز نمایید. این نظافت شامل صفحه نمایش، صفحه کلید و کنترل ها است.

### نظافت کووت‌های کوارتز

۲. اسپکتروفتومتر را خاموش کنید.
۳. کابل اتصال به منبع تغذیه الکتریکی را قطع کنید.
۴. پیچ بالای محفظه لامپ را باز کنید.
۵. پیچی که لامپ را ثابت و محکم نگه می‌دارد، باز کنید.
۶. پیچ‌هایی که سیم برق را به لامپ متصل می‌کند، باز کنید (در بعضی مدل‌ها، این کار ممکن است، لازم نباشد؛ چون کابل برق مستقیم به انتهای لامپ متصل می‌شود).
۷. لامپ جدید با ویژگی‌های لامپ اصلی را جایگزین کنید. از دستکش برای تعویض لامپ استفاده کنید تا اثر انگشت روی سطح لامپ باقی نماند.
۸. لامپ متصل نمایید.
۹. پیچ‌هایی که لامپ را جای خود نگه می‌دارد، ببندید.
۱۰. پیچ‌هایی که در محفظه لامپ را محکم می‌کند، ببندید.
۱۱. دستگاه را دوباره به منبع تغذیه الکتریکی وصل نمایید.
۱۲. کلید را روشن کنید و مراحل کالیبراسیون توصیه شده توسط سازنده را دوباره انجام دهید.

### اقدامات پیشگیرانه

- این اقدامات باید با توصیه‌های سازنده در مورد نحوه نگهداری معمول و تواتر آن مطابقت داشته باشد. مجموعه‌ای از مراحل رایج که در آزمایشگاه قابل اجرا است عبارتند از:
۱. سطوح خارجی اسپکتروفتومتر شامل کنترل‌ها، و صفحه نمایش را تمیز کنید. این کار با استفاده از یک پارچه تمیز و نرم که به آب مقطر آغشته است، انجام می‌شود.
  ۲. کابل برق را بازرسی و تمیز کنید.
  ۳. از سالم و تمیز بودن لامپ اطمینان حاصل کنید. در غیر این صورت، لامپ را (باتوجه به مشخصات لامپ اولیه) تعویض کنید. در اسپکتروفتومترهای مدل جدید، وضعیت و کارکرد لامپ به صورت خودکار به وسیله نرم‌افزاری که عملکرد و شرایط دستگاه را کنترل می‌کند، مشخص می‌شود. استفاده از این نرم‌افزار، تعیین زمان تعویض لامپ را آسان می‌کند. پس از تعویض لامپ، تنظیمات بعدی توصیه شده توسط سازنده را انجام دهید.
  ۴. شرایط فیوز محافظ را کنترل کنید. قبل از باز کردن محفظه فیوز مطمئن شوید که اسپکتروفتومتر خاموش و اتصالات فیوز تمیز است. اگر لازم است، فیوز را با یک فیوز جدید که مطابق توصیه‌های سازنده است، جایگزین سازید.
  ۵. دستگاه را در «وضعیت فعال» قرار دهید.

مراحل زیر برای نگهداری کووت‌های کوارتز در شرایط مناسب توصیه شده است:

۱. کووت‌ها را با محلول قلیایی رقیق شده مانند محلول NaOH ۰/۱ مولار و یک اسید رقیق مانند محلول HCl ۰/۱ لار شستشو دهید.
۲. با آب مقطر چند بار کووت‌ها را شستشو دهید. همیشه از کووت‌های تمیز برای اندازه‌گیری میزان جذب استفاده کنید.
۳. اگر نمونه‌هایی که استفاده می‌کنید، در کووت رسوب ایجاد می‌کند، مراحل تمیز کردن آنها را با دقت بیشتری انجام دهید. بعضی سازندگان استفاده از شوینده‌های خاص را برای این منظور پیشنهاد می‌کنند.

### تعویض باتری

- الاعاتی
- مانند تاریخ و زمان آزمایش از باتری استفاده می‌شود. مراحل تعویض باتری نیز مانند تجهیزات دیگر بوده و عبارت است از:
۱. علامت (شارژ کم باتری) روی صفحه نمایش را کنترل کنید.
  ۲. اسپکتروفتومتر را خاموش کنید.
  ۳. کابل اتصال به منبع تغذیه الکتریکی را قطع کنید.
  ۴. باتری‌های کهنه را از محفظه باتری در آورید.
  ۵. محل اتصال برق را تمیز کنید.
  ۶. باتری‌های جدید که دارای مشخصات یکسان با باتری اصلی هستند را جایگزین کنید.
  ۷. در محفظه را ببندید.
  ۸. دستگاه را دوباره به منبع تغذیه الکتریکی (پریز) وصل کنید.
  ۹. تاریخ و زمان را دوباره تنظیم نمایید.

### تعویض لامپ دستگاه

- لامپ یک جزء مصرفی با طول عمر محدود است و باید زمان لایلی مانند سوختن، رسوب فلز روی سطح داخلی لامپ و تبخیر سبب می‌شود نور ساطع شده از لامپ با ویژگی‌های ذکر شده دستگاه مطابقت نداشته باشد. مراحل تعویض لامپ بسته به مدل‌های مختلف دستگاه متفاوت است و باید به توصیه‌های سازنده توجه شود. مراحلی که در تمام مدل‌ها برای این کار مشترک است عبارت است از:
۱. از وجود نقص و یا سوختن لامپ اطمینان حاصل نمایید.
  - در دستگاه‌های مدل جدید، در صفحه نمایش یک علامت یا کد خطا ظاهر می‌شود که نشان‌دهنده سوختن لامپ است. در لامپ ساطع نمی‌شود.



از ظرف‌های شیشه‌ای دارای ترکیبات اکسیدسیدیم خودداری کنید، چون این ترکیب در نتیجه تماس طولانی با محلول استاندارد جذب محلول شده و نتایج نادرست ایجاد می‌کند.

۷. با احتیاط کووت‌های شیشه‌ای را پس از استفاده تمیز نمایید و از کووت‌هایی که روی سطوح خارجی آنها خراشیدگی دارد، استفاده نکنید.

۸. از معرف‌های با کیفیت مطلوب استفاده کنید. محلول‌های با کیفیت پایین، حتی در غلظت‌های بسیار کم آلودگی ایجاد می‌کنند. آب یا محلول‌هایی که برای رقیق‌سازی استفاده می‌شود، باید عاری از ناخالصی باشند.

۹. اطمینان حاصل کنید که نمونه‌ها یا استانداردها کووت گاز<sup>۱</sup> تولید نمی‌کنند.

۱۰. در نظر داشته باشید که تمام مواد از «قانون بیر» تبعیت نمی‌کند. آزمایش خطی بودن را در محدوده غلظت‌های مورد نظر انجام دهید. یک سری محلول استاندارد در غلظت‌های بالا تهیه و نتایج را به دست آورید. مواردی که «قانون بیر» را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارت است از:

الف) غلظت بالای محلول در نتیجه مشارکت مولکولی یون‌های موجود.

ب) تفاوت میزان آگیری<sup>۲</sup> در غلظت‌های کم که طبیعت کمپلکس‌های یونی را تغییر می‌دهد.

ج) در مواردی که میزان جذب با «قانون بیر» مطابقت ندارد با استفاده از استانداردهای مشخص نموداری رسم کنید (نمودار جذب در برابر غلظت)، و غلظت نمونه مجهول را از نمودار به دست بیاورید.

۶. کلید «روشن» را فعال و ۵ دقیقه زمان برای گرم شدن دستگاه در نظر بگیرید و از موارد زیر مطمئن شوید:

الف) چراغ و عقربه نشانگر کار می‌کنند.

ب) صفحه‌نمایش عدد صفر را نشان می‌دهد.

ج) منبع نوری کار می‌کند.

۷. جریان برق را در موقعیت‌های روشن و خاموش کلید بررسی نمایید.

الف) از سیم زمین و قطبیت صحیح آن اطمینان حاصل نمایید.

ب) از قطبیت صحیح بدون سیم زمین اطمینان حاصل نمایید.

ج) از قطبیت معکوس بدون سیم زمین اطمینان حاصل نمایید.

۸. پانل جلو در دستگاه را با توجه به توصیه‌های سازنده کالیبر کنید.

۹. دقت و حساسیت دستگاه را تعیین نمایید.

۱۰. آزمایش خطی بودن را (بر اساس قانون بیر) انجام دهید.

۱۱. اسپکتروفتومتر را به وضعیت اولیه برگردانید (چنانچه کالیبراسیون با موفقیت کامل انجام شده است).

### روش استفاده مناسب از اسپکتروفتومتر

۱. اسپکتروفتومتر را در هر نوبت استفاده کالیبر نمایید.

۲. در طول زمان اندازه‌گیری محفظه نمونه را بسته نگهدارید.

۳. از استفاده مجدد کووت‌های یکبار مصرف خودداری کنید.

۴. در طول موج پایین‌تر از ۳۱۰ نانومتر فقط از کووت‌های کوارتز استفاده کنید.

۵. لاستیکی استفاده نکنید.

۶. برای تهیه محلول‌های استاندارد از لوازم شیشه‌ای از جنس سیلیکات بور و با کیفیت بالا استفاده کنید. در صورت امکان،

1. Degas  
2. Hydration

## جدول مشکل‌یابی

اسپکتروفتومترهای خود کار <sup>۱</sup>		
مشکل	علت محتمل	راه حل
در دستگاه جریان الکتریکی وجود ندارد.	کلید روشن/خاموش در وضعیت خاموش است.	کلید را به وضعیت روشن تغییر دهید.
	کابل برق به خوبی متصل نیست.	کابل برق را محکم نمایید.
	جریان الکتریکی در پریز وجود ندارد.	از سیستم برق‌رسانی و برقراری مکانیسم‌های ایمنی، اطمینان حاصل نمایید.
دکمه‌های صفحه کلید کار نمی‌کند.	مرحله آماده‌سازی دستگاه کامل نیست.	دستگاه را خاموش و دوباره روشن کنید.
	در مرحله شروع «یک انتخاب اشتباه» فعال شده است.	دستگاه را خاموش و دوباره روشن کنید.
	آماده‌سازی دستگاه کامل صورت نگرفته است.	دستگاه را خاموش و دوباره روشن کنید.
از خروجی RS۲۳۲ پاسخی دریافت نمی‌شود.	کابل رابط متصل نیست.	اتصالات را کنترل کنید.
صفحه نمایش به سختی خوانده می‌شود.	کنترل رنگ زمینه خوب تنظیم نشده است.	کنترل رنگ زمینه را تنظیم نمایید.
	لامپ زمینه سوخته است.	از مهندس سرویس کمک بگیرید.
چاپگر قفل کرده است.	یک برگ کاغذ در چاپگر گیر کرده است.	با گیره کوچک کاغذ را خارج نمایید.
	دستگاه را خاموش و کاغذ را درآوردید و دوباره روشن نمایید.	
	کاغذ چاپگر به‌طور نادرست جاگذاری شده است.	دستگاه را خاموش و کاغذ را دوباره جاسازی نمایید.
کاغذ چاپگر به‌صورت خودکار حرکت نمی‌کند.	لبه جلو کاغذ تاخورد و یا تنظیم نیست.	دستگاه را خاموش و کاغذ را دوباره جاسازی کرده و لبه کاغذ را ببرید.
	کنترل حرکت کاغذ در سینی عمل نمی‌کند.	از مهندس سرویس کمک بگیرید.
	از کووت با اندازه صحیح استفاده نشده است.	از کووت‌هایی که اندازه آنها براساس توصیه‌های سازنده انتخاب شده، استفاده نمایید.
کووت داخل محفظه نگهداری نمونه قرار نمی‌گیرد.	سیستم تنظیم‌کننده کووت صحیح قرار نگرفته است.	تنظیمات محل کووت را تصحیح نمایید.
	در مسیر نور تداخل وجود دارد.	از عدم خراشیدگی در سطوح کووت اطمینان حاصل نمایید.
	نتایج قرائت شده عدد ثابتی نیست و تغییر می‌کند.	از اینکه داخل کووت ذرات معلق وجود ندارد، مطمئن شوید.
نتایج مقادیر منفی دارند و جذبی وجود ندارد.	نمونه در کووت وجود ندارد.	نمونه را در کووت بریزید.
	کووت صحیح جاسازی نشده است.	از جهت صحیح دیواره‌های کووت اطمینان حاصل نمایید.
	طول موج صحیح انتخاب نشده است.	طول موج را در محدوده اندازه‌گیری تنظیم نمایید.
	دستگاه اشتباهی به جای محلول بلانک با نمونه کالیبر شده است.	دستگاه را با محلول بلانک و یا آب مقطر کالیبر کنید.

1. Instruction Manual, Spectrophotometer, SmartSpec™ 3000, BIO-RAD Laboratories.

اسپکتروفتومترهای غیر خودکار <sup>۱</sup>		
راه حل	علت محتمل	مشکل
لامپ را تعویض نمایید.	لامپ سوخته است.	منبع نور روشن نمی شود.
لامپ را تعویض نمایید.	فیوز ایمنی سوخته است.	
لامپ را تعویض نمایید.	در رشته های لامپ مقاومت وجود دارد.	
از وجود ولتاژ صحیح و منبع تغذیه اطمینان حاصل نمایید.	ولتاژ صحیح نیست.	
لامپ را تعویض نمایید.	منبع نور معیوب است.	نتایج روی صفحه نمایش یا گالوانومتر پایین است.
فتوسل را تمیز و یا تعویض نمایید.	فتوسل کثیف و یا معیوب است.	
مدار تقویت کننده را تعویض و یا تعمیر نمایید.	مدار تقویت کننده معیوب است.	
ولتاژ را تنظیم نمایید.	ولتاژ منبع نوری پایین است.	
دیود را تعویض کنید.	پایدارکننده <sup>۴</sup> دیود معیوب است.	اندازه گیری ها ناپایدار است.

1. Operation seminar workshop and Maintenance of Spectrophotometers, Maintenance Subregional Project, RE-HS-02, OPS/OMS Agreement.  
 2. Filament                      3. Amplifying Circuit                      4. Zener Diode Stabilizer

## تعاریف پایه

**جذب.** یک پدیده فیزیکی است و زمانی روی می‌دهد که اتم‌ها و یا مولکول‌های یک ماده فوتون‌های نور را جذب می‌کنند و انرژی فوتون به وسیله جزء  
لاشی شدن فوتون می‌شوند. انرژی جذب شده

از طریق گرما و یا تابش از بین می‌رود. **مقدار جذب** یک اندازه‌گیری ریاضی از پدیده جذب است و با چگالی نوری (OD) بیان می‌شود.

**آنگستروم.** <sup>۲</sup> یک واحد طول که با  $10^{-10}$  متر برابر است. نماد آن [Å] است و در اندازه‌گیری‌های پرتوهای X و گاما کاربرد دارد.

**پهنای باند.** <sup>۳</sup> طیفی از محدوده طول موج منتخب که یک منوکروماتور می‌تواند، انتقال دهد.

**تجزیه نور.** <sup>۴</sup> پدیده‌ای که در نتیجه تغییر در مسیر یا کثرت گروهی از امواج، بعد از برخورد با یک مانع یا گذشتن از یک شکاف باریک که اندازه آن تقریباً  
برابر با طول موج امواج است، حاصل می‌شود.

**شبکه انکسار.** <sup>۵</sup> بخشی از منوکروماتور که «شبکه انتقال» نیز نامیده می‌شود. شبکه انکسار متشکل از یک سری شکاف‌های موازی است. این شبکه به وسیله  
ماشین‌های ردیاب <sup>۶</sup> که در برابر ارتعاش و تغییرات دما محافظت می‌شوند، ساخته شده است. شبکه‌هایی که در اسپکتروفتومترها استفاده می‌شود، نسخه‌ای  
لا بیشتر از ۱۲۰۰ شکاف در هر میلی‌متر دارند. شکل ۳۱ تجزیه نور را نشان می‌دهد.

اگر زاویه بازتاب [δ] و پهنای شکاف [d] معلوم باشد، طول موج [λ] از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\sin \delta = \frac{n\lambda}{d}$$

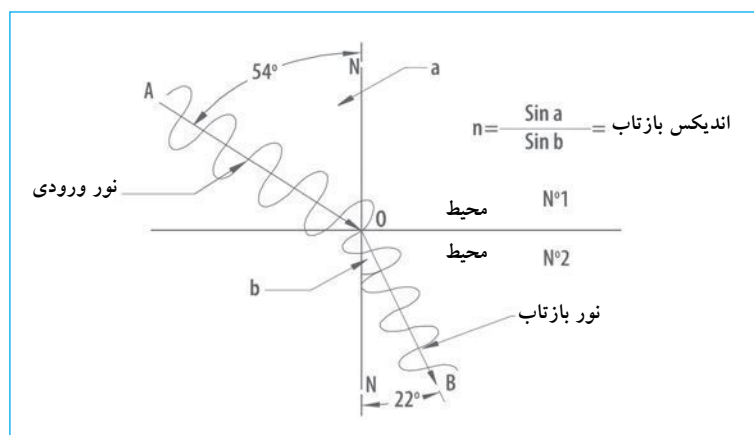
**چگالی یا شدت نور [I<sub>v</sub>].** <sup>۷</sup> مقدار نور ساطع شده از یک منبع و در یک جهت مشخص در واحد زمان است. به‌طور کلی، اندازه‌گیری میانگین جریان انرژی  
در هر واحد زمان نامیده می‌شود. برای به‌دست آوردن چگالی، انرژی در هر واحد حجم در سرعت حرکت انرژی ضرب می‌شود. نتیجه، انرژی برحسب  
مجذور سطح در زمان است.

**ضریب جذب خاموشی [ε].** <sup>۸</sup> نمایانگر قدرت جذب نور یک ماده شیمیایی در طول موج مشخص است. از خواص ذاتی (فیزیکی) مواد شیمیایی است و  
وقتی بیشتر از یک ماده جاذب در یک محلول وجود دارد، جذب کلی مجموع جمع جبری مقادیر جذب برای هر ماده در طول موج معین است. جذب  
برای یک محلول ترکیبی از اجزا مثل X و Y از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \int [C_x \times \epsilon_x + C_y \times \epsilon_y + \dots]$$

که: A جذب محلول است.

شکل ۳۰. شکست نور



1. Optical Density Units  
2. Angstrom  
3. BandWidth

4. Diffraction  
5. Diffraction Grating  
6. Tracer Mashines

7. Intensity  
8. Molor Extinction or Absorptivity Coefficient

نانومتر.<sup>۱</sup> نمایانگر واحد طول و برابر با  $10^{-9}$  متر (۱/۱۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) است. با نماد [nm] نشان داده می‌شود و برای اندازه‌گیری طول موج در محدوده نور مرئی یا ماورای بنفش کاربرد دارد.

طول مسیر نور.<sup>۲</sup> مسیر عبور نور مرئی یا ماورای بنفش از داخل نمونه (داخل کووت).

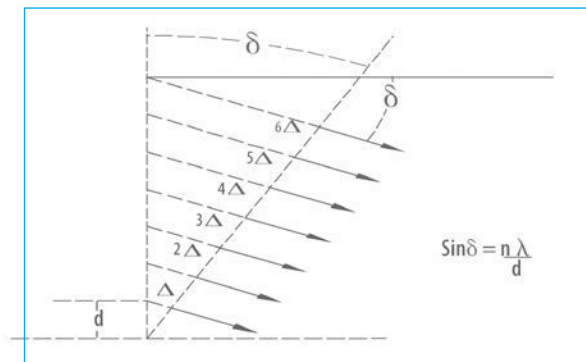
شکست.<sup>۳</sup> تغییر مسیر یک شعاع نور وقتی به محل تلاقی دو محیط برخورد می‌کند، نور در یک زاویه [a] شکسته می‌شود و با زاویه دیگر [b] در محیط دوم انتشار می‌یابد.

اسپکتروفتومتری.<sup>۴</sup> یک روش اندازه‌گیری شیمیایی است که بر اساس میزان جذب یا کاهش عبور نور در طول موج معین به وسیله یک ماده انجام می‌گیرد. نور با شرایط خاص مولکول‌های تحت آزمایش تداخل می‌کند: مقدار نور جذب شده به طول موج، غلظت مواد و طول مسیر بستگی دارد. با این روش غلظت موادی که نقش اساسی در تعیین وضعیت سلامت بیمار دارند، اندازه‌گیری می‌شود.

طول موج.<sup>۵</sup> فاصله بین یک قله موج تا قله‌ای دیگر را طول موج می‌نامند. طول موج ماهیت انواع مختلف انرژی تابشی در یک طیف الکترومغناطیس را تعیین می‌کند. برای موج الکترومغناطیسی، طول موج برحسب متر از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{طول موج برحسب متر} = \frac{\text{سرعت نور}}{\text{تواتر (تعداد موج‌ها در زمان مشخص)}}$$

شکل ۳۱: شبکه انکسار



(تفاوت در طول موج بین ۲ شکاف  $\Delta = \lambda$ )

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| 1. Nonometer   | 4. Spectrophotometry |
| 2. Path Length | 5. Wavelength        |
| 3. Refraction  | 6. Fissure           |

# فصل ۱۲

## اتوکلاو

کد GMDN	کد ECRI	نام گذاری
۳۵۳۶۶	۱۳-۷۴۶	واحد استریل کننده، بخار
۳۵۳۶۶	۱۶-۱۴۱	واحد استریل کننده، حجم
۳۵۳۶۶	۱۶-۱۴۲	واحد استریل کننده، رومیزی

۴. آماده سازی و بسته بندی
۵. استریلیزاسیون
۶. ذخیره سازی
۷. تحویل مواد و لوازم

### موارد استفاده از اتوکلاو

اتوکلاو برای حذف مطمئن<sup>۱</sup> میکروارگانیسم هایی که روی اشیای مورد استفاده در فعالیت های تشخیصی، درمانی یا مراقبتی در مؤسسات بهداشتی (بیمارستان ها، آزمایشگاه ها) وجود دارند طراحی شده است. از اتوکلاو به طور گسترده در صنایع مواد غذایی و دارویی استفاده می شود و در آزمایشگاه، مواد و وسایل با اهداف زیر استریل می گردند:

۱. برای تهیه مواد مورد استفاده جهت کشت باکتری شناسی (لوله های آزمایش، پی پت، ظروف محیط کشت و غیره) و به منظور اجتناب از آلودگی آنها.
۲. برای تهیه وسایل مورد استفاده در نمونه گیری (همه باید در شرایط استریل باشند: سوزن ها، لوله ها، ظروف).
۳. برای استرون نمودن لوازم آلوده.

اتوکلاو ها در اندازه های مختلف در دسترس هستند. کوچک ترین آنها، نوع رومیزی و بزرگ ترین آنها دستگاه های پیچیده ای هستند که برای بهره برداری نیازمند مراحل پیش از نصب می باشند. حجم اتاقک استرون سازی به عنوان مرجع در نظر گرفته شده و اندازه گیری اتوکلاو با واحد دسی متر مکعب و یا لیتر سنجیده می شود. بر اساس نحوه کنترل عملکرد اتوکلاو ها، مدل های دستی، نیمه خودکار و یا تمام خودکار وجود دارند.

۱. سازمان نظارت بر مواد غذایی و دارویی آمریکا (FDA)\* یک شیئی را بر اساس مطالعه آماری طبقه بندی می کند. یک شیء در مقایسه با اشیای دیگر که مراحل استریلیزاسیون یکسان را طی می کنند، زمانی استریل در نظر گرفته می شود که احتمال استریل نبودن آن کمتر از یک در میلیون در نظر گرفته شود. این اندیکس سطح اطمینان استریل بودن (SAL)\*\* نامیده می شود و غیرفعال شدن میکروب ها در مراحل استریلیزاسیون را بیان می کند.

\*. The Food and Drug Administration  
 \*\*. Sterility Assurance Level

اتوکلاو دستگاهی است که برای استرون سازی به کار می رود. استرون سازی به معنای نابودی یا حذف همه اشکال حیات (میکروبی شامل اسپورها) در مواد غیر متحرک از طریق روش های فیزیکی، شیمیایی یا با استفاده از بخار است. کلمه *sterilizer* برگرفته لاتین *sterilis* به معنای فاقد میوه و بار است. تأکید این فصل صرفاً بر لاهوایی است که به طور گسترده در مراکز عمومی بهداشت، آزمایشگاه های بالینی و تحقیقاتی استفاده می شوند. این دستگاه همچنین به نام استریل کننده شناخته شده است. استریلیزاسیون باید به عنوان گروهی از فرآیندهای مرتبط بسیار مهم برای انجام خدمات بهداشتی (استریلیزاسیون مواد، محیط کشت و دستگاه ها) مطابق با شرایط سخت گذردایی در نظر گرفته شود. فرآیندهای دستیابی به شرایط استریل در مواد غیر متحرک به ترتیب زیر است:

۱. تمیز کردن
۲. آلودگی زدایی
۳. بررسی و نظارت

### تصویر اتوکلاو



اجازه چاپ عکس از کمپانی SysTec GmbH

## اصول عملکرد

اتوکلاوها از بخار اشباع تحت فشار (با کیفیتی بیش از ۹۸٪) برای انتقال انرژی حرارتی به مواد و وسایلی که نیاز به استریلیزاسیون دارند، استفاده می‌کنند. به‌طور معمول، این روش به نام‌های استریلیزاسیون بخار یا حرارت مرطوب شناخته شده‌است. از این روش بیشتر به‌علت مؤثر بودن، سرعت بالا و هزینه پایین استفاده می‌شود. از آنجا که همهٔ مواد را نمی‌توان با حرارت مرطوب استریل کرد، برای این گروه از مواد روش‌های جایگزین طراحی شده‌است. در آزمایشگاه، اتوکلاوهای بخار و فور با حرارت خشک بدون رطوبت استفاده می‌شود. ر.ک. فصل ۱۳: فورهای خشک‌کننده.

اتوکلاوها با استفاده از خواص ترمودینامیک آب به‌عنوان یک مادهٔ خالص، کار می‌کنند. در شرایط طبیعی (در سطح دریا و فشار یک اتمسفر) آب (در فاز مایع) می‌جوشد و در  $100^{\circ}\text{C}$  به بخار تبدیل می‌شود (فاز گازی). اگر فشار کاهش یابد، در دمای پایین‌تر و اگر فشار افزایش یابد، در دمای بالاتر می‌جوشد. با کنترل فشار بخار آب، دمای اتاق اتوکلاو ممکن‌است به دماهای بالاتر از  $100^{\circ}\text{C}$  یا برعکس با کنترل دما به فشاری بیشتر از فشار اتمسفر برسد. منحنی زیر نحوهٔ عمل آب را بسته به شرایط فشار و دما نشان می‌دهد.

نمودار دما / حجم	نمودار فشار / دما
<p>۱. این منحنی دو خط مشخص را نشان می‌دهد: خطوط مایع اشباع شده (به سمت چپ) و بخار اشباع (به سمت راست).</p> <p>۲. با افزایش فشار، دما نیز افزایش می‌یابد (ر.ک. خطوط <math>P_1</math>، <math>P_2</math> و <math>P_3</math>) توجه کنید که <math>P_1 &lt; P_2 &lt; P_3</math> است.</p> <p>۳. سمت چپ خط مایع اشباع، آب در فاز مایع است (نمودار A-B). با انتقال گرما، دمای مایع، از دمای A به B افزایش می‌یابد.</p> <p>۴. بین خط مایع اشباع و بخار اشباع (بخش B-C) مخلوطی از فازهای بخار و مایع وجود دارد و دما ثابت می‌ماند. با نزدیک شدن به نقطه C کیفیت بخار بهتر می‌شود.<sup>۳</sup></p> <p>۵. سمت راست خط بخار اشباع، آب تماماً در فاز بخار است (بخش C-D).</p>	<p>۱. این منحنی نحوهٔ عمل و ارتباط بین فازهای جامد، مایع و گاز آب را بسته به شرایط فشار و دما نشان می‌دهد.</p> <p>۲. خط تصعید<sup>۱</sup> نشان می‌دهد که در شرایط تعیین شده اگر گرما به فاز جامد منتقل شود، می‌تواند مستقیماً بدون تبدیل به فاز مایع به فاز بخار (بخش E-E) تبدیل شود.</p> <p>۳. خط ذوب<sup>۲</sup> نشان می‌دهد که با انتقال گرما به آب در شرایط معین، فاز جامد به فاز مایع تبدیل و با افزایش دما، به فاز بخار (بخش H-H') تبدیل می‌شود.</p> <p>۴. خط بخار نشان می‌دهد که در چه شرایط دمایی، آب در فاز مایع به فاز بخار تبدیل می‌شود.</p> <p>۵. نقطه‌ای که در آن سه خط یکدیگر را قطع می‌کنند، نقطهٔ سه‌گانه نامیده می‌شود. در چنین شرایطی، سه فاز به‌طور هم‌زمان در تعادل هستند.</p>

1. Sublimation Line

2. Fusion Line

۳. کیفیت [X]. ارتباط بین حجم کل بخار و حجم کل (حجم مایع و حجم بخار). کیفیت = ۱ یعنی بخار اشباع است و هر افزایشی در دما، بخار را زیاد گرم خواهد کرد.

۵. **دستگیره در:** ابزاری که در بعضی دستگاه‌ها به کاربر اجازه باز لاً، برای فعال کردن در دستگاه‌ها با

گنجایش بیشتر از سیستم‌های موتوری استفاده می‌شود.

۷. **اتاقک استریلیزاسیون:** فضایی که وسایل و موادی که باید استریل شوند، قرار داده می‌شوند. زمانی که در اتاقک بسته‌است، محفظه از فضای بیرون جدامی‌شود و هنگامی که فرایند استریلیزاسیون در حال انجام است اتاقک با بخار پر و تحت فشار قرار می‌گیرد.

۷. **مجرای تخلیه مایع غلیظ درون اتاقک سترون‌سازی:** مجرای که مایع غلیظی که در اثر فرآیندهای انتقال گرما بین بخار و لوازمی که استریل می‌شوند ایجاد می‌شود را جمع‌آوری می‌کند.

۸. **دماسنج:** وسیله‌ای که دمای مراحل استریلیزاسیون را در اتاقک اتوکلاو نشان می‌دهد.

۹. **مجرای تخلیه مایع غلیظ محافظ بیرونی:** مجرای که مایع غلیظ تشکیل شده در اثر انتقال گرما بین بخار و دیواره‌های محافظ را خارج می‌کند.

۱۰. **خروجی بخار در پایان چرخه:** با تمام شدن چرخه استریلیزاسیون، بخار از طریق روش‌های کنترل شده از اتوکلاو خارج می‌شود.

۱۱. **محدودکننده عبور بخار در چرخه استریلیزاسیون مایعات:** ابزار مکانیکی که عبور بخار را در چرخه استریلیزاسیون مایعات محدود می‌کند تا دما به شیوه‌ای کنترل شده کاهش یابد و از جوشیدن مایعات استریل شده، جلوگیری شود.

## نمای مقطعی از اتوکلاو بخار

شکل ۳۲ اجزای اصلی سیستم بخار یک اتوکلاو را نشان می‌دهد. لاً قرار دارند (محل قرارگیری دقیق در تولیدات مختلف فرق می‌کند)، در دو بخش بالا و پایین نما نشان داده شده‌است.

## شرح اجزا در نما

شرح مختصری از معمول‌ترین مسیرهای گردش بخار اتوکلاو در زیر آمده‌است. شماره یکسانی برای نشان دادن هر جزء در شکل ۳۲ و شرح آن در ذیل به کار رفته‌است. توجه کنید که تنوع شکل به طراحی‌های مختلف مربوط است.

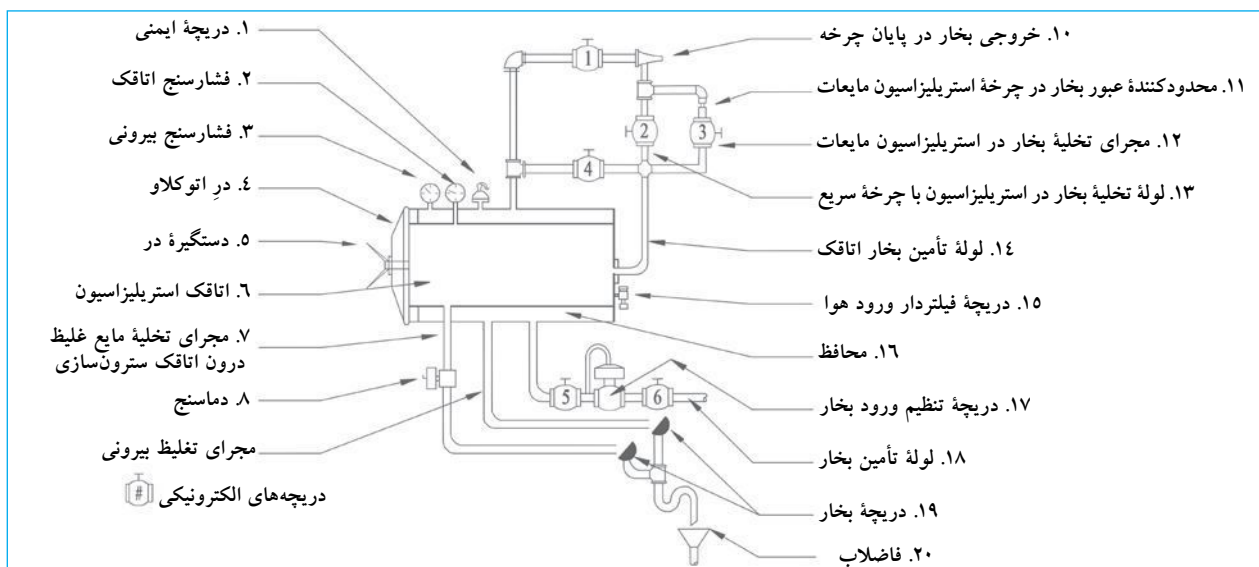
۱. **دریچه ایمنی:** ابزاری که از افزایش فشار بخار بیش از یک مقدار معین جلوگیری می‌کند. سازندگان این دریچه‌ها را در اتاقک استریلیزاسیون و نیز محافظ بیرونی نصب می‌کنند.

۲. **فشارسنج اتاقک:** ابزار مکانیکی که فشار بخار در اتاقک استریلیزاسیون را نشان می‌دهد.

۳. **فشارسنج بیرونی:** ابزار مکانیکی که فشار بخار را در داخل لاًو نشان می‌دهد.

۴. **در اتوکلاو:** وسیله‌ای که اتاقک استریلیزاسیون را از محیط لاً ابزار ایمنی دارد و زمانی که فشار لا است، از باز شدن در ممانعت می‌کند. همچنین درزگیرهایی برای جلوگیری از خروج بخار از اتاقک در زمان کار دستگاه دارد. درهای اتوکلاو ممکن است به صورت دستی یا الکترومکانیکی عمل کنند.

شکل ۳۲. سیستم بخار یک اتوکلاو



1. Safety Valve
2. Chamber Manometer
3. Jacket Monometer (Pressure Gauge)
4. Autoclave Door

5. Door Handle
6. Sterilization Chamber
7. Chamber Condensation Evacuation Line
8. Thermometer

9. The jacket's Evacuation Line
10. Vapour Exit at the End of the Cycle
11. Vapour Passage Restriction for Liquid Sterilization Cycle



سیستم، ثبت می‌گردد و اجازه بررسی مراحل استریلیزاسیون را به کاربر می‌دهد. هر سازنده سیستم‌های ثبت طراحی شده‌ای دارد که برای کنترل کیفی ضروری هستند.

**تولید بخار:** بخاری که اتوکلاوها استفاده می‌کنند در وسیله‌ای تولید می‌شود که با استفاده از انرژی الکتریکی یا سوخت قابل احتراق، انرژی گرمایی را به آب انتقال می‌دهد. این وسایل جوش آورنده آب یا ژنراتور بخار نامیده می‌شوند و یکی از اجزای اصلی اتوکلاو می‌باشند. با توجه به اندازه و استفاده، اتوکلاوها سیستم تأمین بخار دارند که از سیستم مرکزی جوش آورنده آب یا از ژنراتور بخار متعلق به دستگاه منشاء می‌گیرد و معمولاً با مقاوم‌های الکتریکی کار می‌کند و از پیش، داخل دستگاه قرار داده شده یا به‌عنوان وسیله جانبی توسط سازنده تهیه می‌شوند.

### کاربری اتوکلاو

نحوه کاربری عمومی اتوکلاو در ذیل شرح داده شده است. با توجه به نوع و میزان اتوماسیون<sup>۷</sup> دستگاه بعضی روش‌ها متفاوت خواهد بود:

۱. اطمینان حاصل نمایید که سیستم ثبت دستگاه، دارای فرم‌ها یا کاغذ مورد نیاز برای مستند نمودن چرخه استریلیزاسیون است. مواد مصرفی (جوهر، فرم و غیره) را فراهم کنید.
۲. اتوکلاو را روشن کنید.
۳. در اتوکلاو را باز کنید. در اتوکلاوهای با حجم زیاد، این فرآیند به صورت الکترومکانیکی و در اتوکلاوهای متوسط و کوچک اغلب دستی انجام می‌شود.
۴. سبدها یا ظرف‌های استریلیزاسیون که حاوی مواد از قبل آماده شده (تمیز، شسته، خشک، طبقه‌بندی و بسته‌بندی شده) است را مطابق با دستورالعمل‌های نحوه چیدمان توصیه شده توسط سازنده، در داخل اتاقک استریلیزاسیون قرار دهید.
۵. در اتوکلاو را ببندید.<sup>۸</sup>
۶. چرخه استریلیزاسیون مورد نیاز را بسته به نوع موادی که استریل می‌شوند، انتخاب کنید.<sup>۹</sup> به‌طور معمول دکمه متناسب با چرخه مورد نیاز فشار داده می‌شود که به‌طور خودکار چرخه برنامه‌ریزی شده را آغاز می‌کند. از این لحظه به بعد، فرآیند به روش زیر ادامه می‌یابد.<sup>۱۰</sup>

۱۲. **مجرای تخلیه بخار در استریلیزاسیون مایعات:** مسیری که بخار در زمان استریلیزاسیون مایعات با عبور از درون محدودکننده بخار (شرح داده شده در بالا) طی می‌کند.

۱۳. **لوله تخلیه بخار در استریلیزاسیون با چرخه سریع:** مسیری که بخار هنگامی که یک چرخه استریلیزاسیون سریع در حال انجام است، طی می‌کند.

۱۴. **لوله تأمین بخار:** یک لوله که اتوکلاو را با بخار تغذیه می‌کند، این لوله، کنترل‌ها و ضمامی دارد که سبب رسیدن بخار به اتوکلاو در شرایطی که برای چرخه استریلیزاسیون قید شده است، می‌شود.

۱۵. **دریچه فیلتردار ورود هوا:** وسیله‌ای که در پایان چرخه استریلیزاسیون به هوای فیلتر شده اجازه عبور می‌دهد. این دریچه، فشار اتاقک استریلیزاسیون را با فشار اتمسفر، برابر می‌کند.

۱۶. **محافظه:** فضایی در اطراف اتاقک استریلیزاسیون که بخار در آن گردش می‌کند. هدف از آن انتقال گرما به اتاقک و به حداقل رساندن میزان مایع غلیظ شده است. این فضا از طریق لوله‌هایی که توسط دریچه‌های الکتریکی کنترل می‌شوند به اتاقک و فاضلاب اتصال دارد. همه اتوکلاوها محافظ ندارند. بعضی سازندگان آن را با قراردادن مقاوم‌های الکتریکی در اطراف اتاقک استریلیزاسیون جایگزین می‌کنند.

۱۷. **دریچه تنظیم ورود بخار:** وسیله‌ای مکانیکی که فشار بخار ورودی به اتوکلاو را کنترل می‌کند. بسته به نوع چرخه انتخاب شده فشار و دما متفاوت خواهد بود. با افزایش فشار، دما بیشتر می‌شود و هرچه فشار کمتر باشد، دما کمتر می‌شود.

۱۸. **لوله تأمین بخار:** لوله‌ای که بخار را از مخزن آب گرم یا تولیدکننده بخار به اتوکلاو می‌آورد.

۱۹. **دریچه بخار:** وسیله‌ای که برای حداکثر بهره‌گیری از انرژی گرمایی بخار طراحی شده است و از خروج بخار از سیستم ممانعت می‌کند. این دریچه فقط به مایع غلیظ تشکیل شده در اتاقک، محافظ، و لوله‌های اتوکلاو اجازه خروج می‌دهد.

۲۰. **فاضلاب:** لوله جمع‌آوری و خروج مایع غلیظ تولید شده در اتوکلاو است.

امروزه، اتوکلاوها از سیستم‌های کنترل شده با میکروپروسور استفاده می‌کنند و هر یک از دریچه‌ها و ضمام آنها مطابق با برنامه‌های از قبل تعیین شده در حافظه دستگاه کار می‌کنند. عملکردها در یک

### 7. Automation Degree

- لاو، محافظ بیرونی تحت فشار قرار می‌گیرد، بنابراین اتاقک داخلی داغ است که تشکیل مایع تغلیظ شده در شروع چرخه استریلیزاسیون را کاهش می‌دهد.
۹. به اطلاعات چرخه‌های استریلیزاسیون که به آن اشاره خواهد شد، مراجعه نمایید.
  ۱۰. یک چرخه معمول استریلیزاسیون اتوکلاو مجهز به سیستم تخلیه و با یک پمپ آب الکتریکی توضیح داده شده است.

1. Vapour Evacuation Duct for Sterilization of Liquids
2. Vapour Evacuation Line During the Rapid Sterilization Cycle
3. Vapour Feed Line
4. Air Admission Valve Filter
5. Jacket
6. Vapour Trap

۹. پس از خارج کردن اقلام استریل شده، در اتوکلاو را ببندید تا گرما در اتاقک استریلیزاسیون حفظ و چرخه استریلیزاسیون بعدی تسهیل شود.

۱۰. اقلام استریل شده را به روش مناسب نگهداری کنید.

**نکته:** مراحل استریلیزاسیون باید تحت نظارت انجام شود و برای کسب اطمینان از کارآمد بودن آن با استفاده از اندیکاتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی کنترل کیفی گردد.

**هشدار:** همه اقلام را نمی توان با حرارت مرطوب استریل کرد. بعضی به روش های استریلیزاسیون در دمای پایین نیاز دارند. بررسی کنید از چه روشی با توجه به نوع لوازمی که استریل می شوند باید استفاده کرد.

### چرخه های استریلیزاسیون

مراحل استریلیزاسیون از چرخه های از پیش تعریف شده ای تبعیت می کنند که متناسب با نوع اقلامی که باید استریل شوند، تعیین شده اند. برای مواد متخلخل، ابزار پزشکی، مایعات یا مواد حساس به حرارت چرخه های استریلیزاسیون متفاوتی وجود دارد. یکی از شناخته ترین آنها که به نام چرخه های استریلیزاسیون بالینی شناخته شده است، تحت شرایط ذیل انجام می شود:

$$\frac{121^{\circ}\text{C}}{1\text{ kg/cm}^2} \text{ یا } \frac{134^{\circ}\text{C}}{2/2\text{ kg/cm}^2}$$

صفحه ۸۸ مشخص شده است.

**نکته:** زمان چرخه استریلیزاسیون با ارتفاع مکانی تنظیم می شود که اتوکلاو در آن قرارداد شده است. سازندگان برای محاسبه از لاً، هرچه ارتفاع محل لانتری خواهد بود.

### کنترل کیفی

برای آنکه اقلام استریل شوند تمام مراحل فرآیند استریلیزاسیون باید به طور صحیح انجام گیرد. برای تأیید این مراحل یک سری آزمایش طراحی شده است تا ویژگی های فرآیند و تأثیر آن روی فعالیت میکروارگانیسم ها را ارزیابی کنند. ارزیابی دما، فشار، زمان، رطوبت و روش کار دستگاه به طور معمول صورت می گیرد تا تصدیق شود که دستگاه مطابق با روش های معتبر کار می کند. همچنین، به منظور تضمین کیفیت فرآیند استریلیزاسیون، آزمون یا اندیکاتورهای طراحی شده اند که اطمینان کافی از نابودی میکروارگانیسم را ایجاد می کنند.

الف) فرآیند قبل از چرخه<sup>۱</sup> آغاز می شود. در این مرحله، چرخه های کوتاه متناوب تخلیه و تزریق بخار به داخل اتاقک استریلیزاسیون انجام می شود؛ بنابراین، هوا از اتاقک خارج و بسته های محافظ مواد استریل می شوند.

ب) با حذف هوا، پر شدن و افزایش فشار اتاقک استریلیزاسیون آغاز می شود. در این زمان، بخار در تماس با اقلامی است که استریل می شوند و فرآیند انتقال گرما بین بخار با دمای بالا و اقلام آغاز می شود. با انتقال انرژی گرمایی، بخشی از بخار در لایه های بیرونی بسته بندی به مایع غلیظی تبدیل شده و همزمان حجم آن به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در نتیجه، بخار بیشتری می تواند داخل اتاقک استریلیزاسیون و حتی داخل بسته های اقلام شود. بخار در نهایت این بسته ها را به طور کامل احاطه می کند و فشار و دما تثبیت می شوند.

ج) شمارش معکوس برای تکمیل استریلیزاسیون با توجه به نوع وسایل یا مواد شروع می شود. هرچه دما و فشار بیشتر باشد، زمان مورد نیاز برای استریلیزاسیون کمتر است.

د) هرگاه زمان استریلیزاسیون برنامه ریزی شده پایان یابد، فرآیند پس از آن<sup>۲</sup> آغاز می شود. این فرآیند شامل کاهش لاً با کمک سیستم تخلیه و

خشک سازی فراهم می گردد و با انتقال گرما از محافظ بیرونی به اتاقک استریلیزاسیون انجام می شود. پس از کاهش فشار، دمای مورد نیاز برای تبخیر مایع باقی مانده که ممکن است روی اقلام در طی کاهش فشار تشکیل شده باشد، حاصل می شود. خلأی به میزان ۱۰٪ فشار اتمسفر ایجاد می شود که برای مدتی ثابت می ماند. زمانی که مایعات استریل می شوند، خلأ ایجاد نمی شود و برای جلوگیری از جوشیدن مایعات داخل ظرف های اتوکلاو، خروج بخار از طریق یک مکانیسم محدود کننده، کنترل می شود.

ه) در نهایت، جریان هوای کنترل شده از دریچه هایی که فیلترهایی با کارایی بالا دارند، وارد اتاقک استریلیزاسیون می شود تا فشار داخل اتاقک با فشار اتمسفر یکسان شود. در این زمان، چرخه استریلیزاسیون پایان یافته است.

۷. در اتوکلاو را باز کنید.

۸. اقلام استریل شده را بیرون بیاورید.

به برخی از آنها در زیر اشاره می‌شود:

۱. اندیکاتورهای فرآیند استریلیزاسیون. این اندیکاتورها برای لاو طراحی شده‌اند. آنها شامل دستگاه‌هایی می‌شوند که عواملی مانند دما، زمان و فشار (دماسنج، فشارسنج و زمان‌سنج) را کنترل و پیشرفت فرآیند را ثبت می‌کنند. میکروپروسورها در اتوکلاوهای پیشرفته همه عوامل چرخه استریلیزاسیون را ثبت و در صورت بروز هرگونه اختلال چرخه را متوقف می‌کنند. همچنین، آزمایش بووی-دیک<sup>۱</sup> در این گروه وجود دارد؛ این آزمایش کارآیی پمپ تخلیه را با استفاده از یک کاغذ ارزیابی می‌کند. اگر عملکرد چرخه رضایت‌بخش باشد، کاغذ به صورت یکنواخت تغییر رنگ می‌دهد در غیر این صورت رنگ کاغذ یکنواخت نخواهد بود.

۲. اندیکاتورهای شیمیایی. این اندیکاتورها آزمون‌های شیمیایی رایج هستند که در مراحل مختلف فرآیند استریلیزاسیون تغییر رنگ می‌دهند. اندیکاتورهای شیمیایی اقلامی را که فرآیند استریلیزاسیون را گذرانده‌اند، از آنهایی که این مراحل را نگذرانده‌اند، تفکیک می‌کند. معروف‌ترین آنها، نوارچسب یا نوارهایی هستند که روی بسته‌ها یا یک قسمت استفاده می‌شوند. استاندارد ایزو ۱-۱۱۱۴۰<sup>۲</sup> گروه اندیکاتورهای شیمیایی را توضیح می‌دهد. باید در نظر داشت که اندیکاتورهای شیمیایی به تنهایی تضمین‌کننده این‌که فرآیند استریلیزاسیون منطبق با الزامات بوده است، نیستند؛ باید پرسنلی که از این اندیکاتورها استفاده می‌کنند آموزش کامل و دقیق از مراحل داشته باشند تا تعیین کنند که آیا نتیجه به دست آمده با ارزیابی کل فرآیند استریلیزاسیون مرتبط است یا نه.

۳. اندیکاتورهای بیولوژی. این اندیکاتورها به عنوان بهترین روش‌های کنترل کیفیت فرآیند استریلیزاسیون در نظر گرفته می‌شوند. این اندیکاتورها از میکروارگانیسم‌های زنده‌ای که مقاومت بیشتری نسبت به چرخه انتخابی استریلیزاسیون دارند یا از معرف‌های شیمیایی که در حضور پروتئین‌های ویژه این میکروارگانیسم واکنش نشان می‌دهند، ساخته شده‌اند. به منظور کنترل فرآیند استریلیزاسیون با بخار اشباع‌شده (پراکسید هیدروژن) یا فرمالدئید، عموماً از اسپورهای باسیلوس استئاروتروموفیلوس<sup>۳</sup> استفاده می‌شود. برای کنترل استریلیزاسیون با حرارت خشک (فرآیندی که در فورها انجام می‌شود) و اکسیداتیلن، اسپورهای

نوع نایجر<sup>۴</sup> باسیلوس سوبتیلوس<sup>۵</sup> استفاده می‌شوند. اندیکاتور اسپور در بسته‌ای که استریل می‌گردد، قرار داده می‌شود. پس از فرآیند، اندیکاتور انکوبه شده، و بررسی نتیجه نشان می‌دهد که آیا چرخه، مطابق با شرایط تعریف شده لاً تغییر در رنگ مشاهده می‌شود. این آزمون‌ها استاندارد هستند و سازندگان طریقه استفاده و تفسیر نتایج آنها را به کاربران آموزش می‌دهند. اندیکاتورهای بیولوژی به تنهایی تضمین‌کننده انطباق با تمام الزامات چرخه استریلیزاسیون نیستند. تنها روش، تضمین کنترل همه عوامل چرخه استریلیزاسیون است.

### تواتر فرآیندهای کنترل کیفی

جدول زیر خلاصه‌ای از تواتر فرآیندهای کنترل کیفی پیشنهاد شده را با توجه به اندیکاتورهای مورد استفاده نشان می‌دهد:

نوع اندیکاتور	تواتر استفاده
کنترل فرآیند	در هر چرخه استریلیزاسیون
شیمیایی	در هر بسته
بیولوژی	هفتگی در همه وسایل استریلیزاسیون؛ در بسته‌هایی که محتوی نمونه‌های مورد نظر <sup>۶</sup> می‌باشند.

### الزامات نصب و راه‌اندازی

اتوکلاوها برای عملکرد مناسب، به شرایط زیر نیاز دارند:

۱. محیطی با تهویه مناسب برای حذف گرما و رطوبتی که در حین کار ایجاد شده است. همچنین، فضای آزاد در پشت و کنار دستگاه برای انجام خدمات فنی لازم است. این فضا باید حداقل ۰/۸ متر باشد. بسته به طراحی اتوکلاو، زیرساخت باید بزرگ در نظر گرفته شود تا دستگاه به طور رضایت‌بخش کار کند. شکل ۳۳ فضای مورد نیاز در اطراف اتوکلاو را توضیح می‌دهد. دما در مجاورت دستگاه در حال کار ممکن است تا بیش از ۷۰°C در لاً تراز و از مواد مقاوم به رطوبت و

گرما ساخته شده باشد.

۲. یک خروجی جریان الکتریکی برق (پریز) باید متناسب با دستگاه باشد. در این راستا اگر اتوکلاو خودکار باشد، به این مفهوم است که دارای ژنراتور یا مولد بخار نیز هست. در این صورت اتصالات الکتریکی آن باید با جزئیات مطالعه شود؛ زیرا جریان برق مورد نیاز ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر باشد. برای ژنراتور بخار، جریان الکتریکی مورد نیاز

4. Niger  
5. Bacillus Subtilis  
6. Implants

1. Bowie - Dick  
2. ISO N 11140-1  
3. Bacillus Stearothermophilus

از  $5 \times 10^5$  پاسکال به  $9/9 \times 10^5$  پاسکال تغییر می‌کند. شکل زیر حداقل شرایط نصب (دریچه قطع، فیلتر و فشارسنج) را نشان می‌دهد.

سیستم فاضلاب طراحی شده برای جمع‌آوری آب داغ.

۵. لایه دارای ژنراتور تولید بخار نیست، باید

۶. از سیستم مولد بخار مرکزی تغذیه شود. تدارکات نصب باید مطابق با الزامات مورد نیاز باشد: دریچه قطع، فیلتر، فشارسنج و نیز نصب مناسب برای جمع‌آوری مایع غلیظ با فیلتر و دریچه بخار، همان‌طور که در شکل ۳۵ نشان داده شده است.

۷. اتوکلاو باید منحصراً توسط پرسنلی به کار گرفته شود که آموزش لازم را دیده‌اند و برای انجام این فرآیندها ذیصلاح هستند.

لات الکتریکی باید

با وسایل ایمنی لازم مجهز شده باشند. ولتاژهای مورد نیاز برای

۵. لایه‌ها  $220V$ ، فرکانس  $60Hz$ ،  $380V$ ، فرکانس  $60Hz$

سه فاز است.

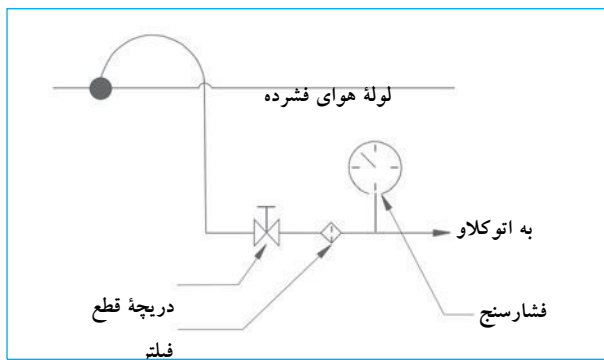
۳. تناسب اتصالات آب با مصرف دستگاه از نظر حجم و فشار:

هرچه دستگاه بزرگ‌تر باشد، مصرف آن بیشتر است. آبی که اتوکلاو مصرف می‌کند، باید برای حذف مواد جامد معلق بهسازی شده باشد. ممکن است این مواد بر عملکرد دریچه‌های الکتریکی

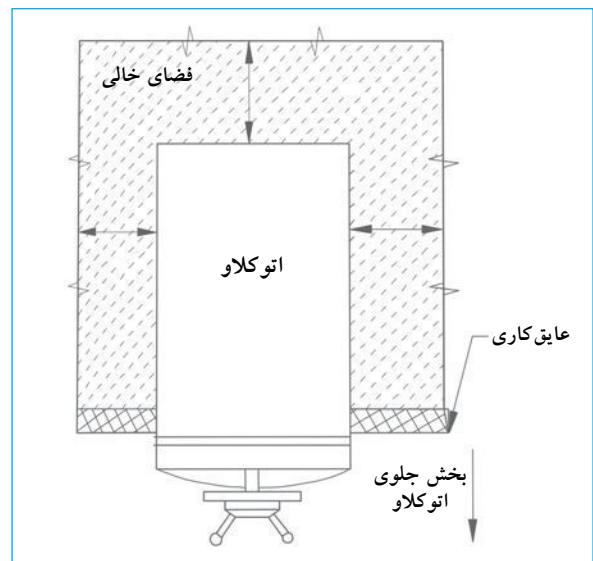
و نیز دستگاه‌های الکترو هیدرولیک تأثیر منفی داشته باشد.

۴. بعضی استریل‌کننده‌ها به هوای فشرده نیاز دارند، زیرا کنترل‌های آنها با فشار هوا کار می‌کنند. معمولاً، لازم

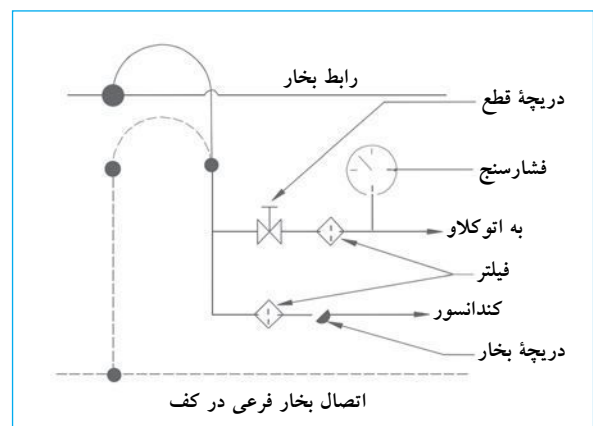
شکل ۳۴. لات هوای فشرده



شکل ۳۳. الزامات فضای اطراف اتوکلاو



شکل ۳۵. اتصالات بخار



شماره چرخه	مواد	درجه حرارت °C	فشار kg/cm <sup>2</sup>	نوع نمودار <sup>۱</sup>
۱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بسته متخلخل</li> <li>• منسوجات</li> <li>• مواد بسته بندی شده دستگاهها</li> <li>• لوله های آزمایش</li> </ul>	۱۳۵	۲/۲	
۲	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دستگاه های سیستم باز<sup>۲</sup></li> <li>• ظروف</li> <li>• ظروف شیشه ای</li> <li>• ظروف در باز</li> </ul>	۱۳۵	۲/۲	
۳	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مواد حساس به گرما</li> <li>• لاستیک</li> <li>• پلاستیک</li> </ul>	۱۲۱	۱/۱	
۴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مایعات در ظروف دربسته یا نیمه بسته<sup>۳</sup></li> </ul>	۱۲۱	۱/۱	
<b>تعاریف</b> الف) فرآیند قبل از چرخه. چرخه های متناوب تزریق / خلأ فشار. (مراحل ۱، ۲، ۳). ب) مرحله ۴: استریلیزاسیون ج) پس از پایان (مرحله ۵: خلأ و خشک کردن) د) مخلوط شدند. نکته: مرحله مایع فاقد خلأ بعد از استریلیزاسیون است. مرحله خشک سازی عادی است.				
<b>قراردادی<sup>۴</sup></b>				

کلاوها دارای پمپ تخلیه می شود، اتوکلاو GE-660

2. Open Instrument  
4. Convention

۳. زمان به مقدار بارگذاری وابسته است. در خشک سازی خلأ وجود ندارد.

۳. اگر محلول‌های کلردار را استریل می‌کنید با محلول اسیدی تمیز کنید، چون کلر باعث خوردگی قسمت‌های استیل ضد زنگ می‌شود. سپس با مقادیر زیاد آب شستشو دهید.
۴. سطوح خارجی مقاوم به زنگ‌زدگی را با محلول پاک‌کننده ملایم تمیز کنید. می‌توان از حلالی مثل کلراید اتیلن استفاده کرد. از تماس الاستیک خودداری کنید.
۵. در اتوکلاوهایی که در آنها دستی باز می‌شود، اطمینان حاصل نمایید که این مکانیسم‌ها به خوبی تنظیم شده و عمل می‌کنند.
۶. آب ژنراتور بخار را خالی کنید (اگر دستگاه ژنراتور دارد). برای این کار، دریچه قرار گرفته روی بخش پایینی ژنراتور را برای خارج کردن محتویات آن باز کنید. به‌طور معمول این کار در پایان فعالیت‌های هفتگی انجام می‌شود. از توصیه‌های سازنده تبعیت نمایید.
۷. هرگز از سیم یا اسکاچ، برای تمیز کردن داخل اتاقک استریلیزاسیون استفاده نکنید.
۸. عملکرد مناسب دستگاه را با استفاده از اندیکاتورهای بیولوژی یا شیمیایی بررسی کنید. برای بررسی درجه حرارت، از نوارهای شیمیایی بررسی دما و زمان که به این منظور طراحی شدند، استفاده کنید.

### نگهداری سه ماهه

#### مسئول: تکنسین اتوکلاو

۱. اطمینان حاصل کنید که عملکرد فشارسنج‌ها مطابق با شرایط مورد انتظار است.
۲. برای تصدیق عملکرد خوب دریچه‌های ایمنی آنها را دستی فعال کنید. برای حرکت دادن اهرم فعال‌سازی که معمولاً در قسمت بالای دریچه قرار دارد، از پیچ‌گوشی بزرگ استفاده کنید. اطمینان حاصل کنید که صورت و بدن کاربر در مسیر بخار نیست. هرگاه دریچه فعال‌شد، از عدم نشستن بخار مطمئن شوید. در صورت وجود هرگونه نشستی، دریچه باید دوباره فعال و به‌خوبی درزگیری شود.

**هشدار:** اگر نشستی بخار برطرف نشود، درزها و اتصالات را به‌سرعت خراب خواهد کرد و کل سیستم دریچه‌های ایمنی باید جایگزین شود.

### نگهداری معمول

لاو دستگاهی است که به‌علت اجزا و سیستم‌های چندگانه، به نظارت و نگهداری پیشگیرانه مستمر نیاز دارد. تأکید این قسمت روی نگهداری معمول است که توسط کاربران انجام می‌شود. به‌منظور نگهداری و سرویس کامل باید از دستورالعمل‌های توضیح داده‌شده در کتابچه‌های راهنما پیروی کرد.

### تصدیق‌های روزانه

پیش از آغاز فرآیندهای استریلیزاسیون، موارد ذیل باید تصدیق شوند:

۱. به‌منظور ثبت مراحل چرخه استریلیزاسیون، یک برگه جدید روی دستگاه ثبت قرار دهید.
۲. مطمئن شوید که قلم ثبت چرخه یا چاپگر اتوکلاو، جوهر و کاغذ دارد.
۳. مطمئن شوید که دریچه‌های آب سرد، هوای فشرده و بخار باز هستند.
۴. سوئیچی که سبب گرم‌شدن محافظ بیرونی اتوکلاو می‌شود، را فعال کنید. پس از فعال‌کردن این کنترل، بخار می‌تواند به محافظ بیرونی اتاقک استریلیزاسیون وارد شود. وقتی بخار به اتاقک استریلیزاسیون وارد شد، فرآیند گرم‌شدن آغاز می‌شود. برای جلوگیری از اتلاف گرما در لاو را تا زمان بارگذاری به‌منظور استریلیزاسیون، بسته نگهدارید.
۵. مطمئن شوید که فشار از لوله تأمین بخار حداقل ۲/۵ بار است.
۶. شرایط فشارسنج‌ها و دماسنج‌ها را آزمایش کنید.
۷. مطمئن شوید که از هیچ یک از سیستم‌های اتوکلاو بخار نشستن نمی‌کند.
۸. قسمت جلوی اتوکلاو، کنترل‌ها، اندیکاتورها و دستگیره‌ها را با پارچه مرطوب تمیز کنید.

### نگهداری هفتگی

#### مسئول: کاربر دستگاه

۱. فیلتر آبگذر اتاقک استریلیزاسیون را تمیز کنید. آنچه داخل آن باقی‌مانده را خارج کنید.
۲. داخل اتاقک استریلیزاسیون را با استفاده از مواد پاک‌کننده فاقد کلر تمیز کنید. طبقه‌های مورد استفاده برای قراردادن سبدها را نیز نظافت کنید.

- ب) بخار را تخلیه کنید و منتظر بمانید تا دستگاه به دمای اتاق برسد.
- ج) محافظ جلوی ژنراتور را بردارید.
- د) انتهای الکتریکی مقاوم‌های حرارتی (متغیر) را قطع کنید.
- ه) پیچ‌های محکم‌کننده صفحه جلو، جایی که مقاوم‌های حرارتی نصب می‌شوند را بردارید و صفحه جلو را باز کنید.
- و) واشر را بررسی و در صورت لزوم آن را جایگزین نمایید.
- ز) جرم انباشته شده روی سطح مقاوم‌های حرارتی را پاک کنید. از مواد توصیه شده استفاده کنید.<sup>۲</sup>
- ح) با ترتیب معکوس دوباره قطعات دستگاه را سوار کنید.

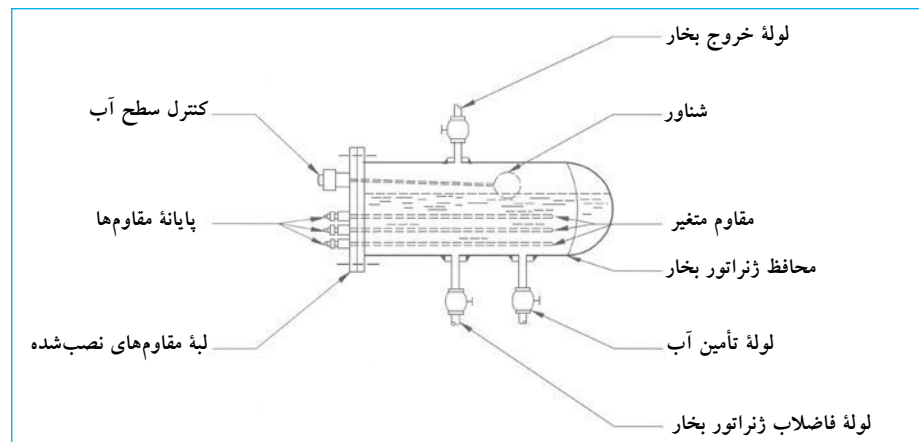
### لانه

#### مسئول: تکنسین اتوکلاو

۱. همه فیلترها را تمیز کنید.
۲. سطح آب مخزن را بررسی و تنظیم کنید طوری که سطح آب در فاصله ۲۰ میلی متری از حداکثر ظرفیت قرار داشته باشد.
۳. فشار فتر دریچه دیافراگم را تأیید و تنظیم کنید.
۴. دریچه‌های ایمنی را باز، تمیز و تنظیم کنید.
۵. فیلتر هوا را عوض کنید.
۶. فرآیند استریلیزاسیون عمومی را با جزئیات فشار، دما، زمان‌های لامپ‌های سیگنال و عملکرد سیستم ثبت را کنترل کنید. از اینکه دستگاه در محدوده تغییرات تعیین شده سازنده کار می‌کند، اطمینان حاصل نمایید.
۷. این برنامه‌ها را به روال سه ماهه انجام دهید.

۳. به واشر در روغن بزنید. از روغن و روش توصیه شده سازنده دستگاه استفاده کنید. بعضی سازندگان روش زیر را توصیه می‌کنند: الف) واشر را بردارید. برای این کار، لازم است با شل کردن مکانیسم‌های نگهدارنده (پیچ‌ها و صفحه‌ها) آن را از شیار باز کنید. ب) واشر و شیار را با الکل تمیز کنید تا ماده خارجی تأثیرگذار روی درز وجود نداشته باشد. سطح واشر باید صاف و تمیز باشد. ج) از روغن توصیه شده سازنده استفاده کنید تا بدنه واشر کاملاً محافظت شود. بسیاری از سازندگان اتوکلاو از روغن گرافیت<sup>۱</sup> مقاوم به دماهای بالا استفاده می‌کنند. د) واشر را دوباره در جای خود قرار دهید. در اتوکلاوها با اتاقک چهارگوش، نصب واشر معمولاً با قراردادن آن در میان یک طرف شیار، بقیه در مقابل دو سمت دیگر این شیار صورت می‌گیرد تا به خوبی در محل قرار گیرند. در اتوکلاوها با اتاقک گرد، نصب واشر از قسمت بالاتر شروع می‌شود و بدون آنکه به آنها فشار وارد شود به تدریج در داخل شیارها و در محل اصلی قرار می‌گیرند. ۴. مطمئن شوید که درز دریچه‌های ایمنی شرایط مناسبی دارند. ۵. سیستم قلم ثبت را با آب و الکل تمیز و حجم جوهر را لا فشار با جوهر قرمز و دما با جوهر سبز ثبت می‌شود. ۶. داخل ژنراتور بخار را تمیز کنید (برای دستگاهی که دارای این قسمت است). برای ژنراتور بخار، روش تمیز کردن شامل انجام فعالیت‌های ذیل است: الف) دوشاخه دستگاه را از پریز برق بیرون بکشید.

شکل ۳۶. ژنراتور بخار



۲. اگر آب مورد استفاده مولد بخار بهسازی کامل نشده است، سطح مقاوم‌ها ورقه ورقه می‌شود.

1. Graphite Libricant

### تمیز کردن فیلتر بخار

**هشدار:** پیش از جدا کردن فیلتر بخار، فشار بخار داخل سیستم را از بین ببرید.

۱. محافظ را بردارید.
  ۲. شبکه توری را بردارید.
  ۳. به دقت تمیز کنید.
  ۴. شبکه توری را دوباره نصب کنید.
  ۵. محافظ را دوباره در جای خود قرار دهید.
- در این قسمت، بعضی از رایج ترین مشکلات توضیح داده شده است. توصیه می شود کابرن بسته به تنوع مدل ها و تکنولوژی های موجود از کتابچه راهنمای کاربری برای اتوکلاو استفاده کنند.

### نگهداری اجزای تخصصی

موارد زیر بعضی نگهداری های تخصصی را شامل می شود که برای اجزا دستگاه طراحی شده و توسط تکنسین شرکت پشتیبان ارائه می گردد. چون اتوکلاوها طراحی های مختلف دارند، نکته های قید شده در ذیل فقط برای مدل های معینی از دستگاه قابل اجرا است.

### نگهداری دریچه های سولنوئید

۱. صدای تولید شده به وسیله بوبین ها<sup>۱</sup> یا سولنوئیدها را بررسی کنید. وجود هرگونه صدای اضافی اعلام خطری است که نشانه بیش از حد داغ شدن سولنوئیدها در اثر عبور جریان برق غیرطبیعی است. با کاهش مقاومت [Z] مدار، جریان متناوب افزایش می یابد. زمانی که سولنوئید به طور مناسب با محافظ آهنی و بسته احاطه نشده باشد، چنین اتفاقی می افتد. در مدار آهن ربایی، وقتی سولنوئید انرژی دار می شود، گرد و خاک می تواند با جلوگیری از رسیدن محافظ به موقعیت نهایی، سبب ایجاد یک شکاف هوایی شود. قسمت بوبین و هسته اصلی آن را به دقت تمیز کنید، طوری که حرکت پیستون با جرم و کثیفی متوقف نشود.
۲. واشرهای فنری<sup>۲</sup> بین سولنوئید و بدنه دریچه را پس از باز کردن، تعویض کنید.
۳. چگونگی نصب دریچه سولنوئید را پیش از باز و جدا کردن آن مطالعه کنید. بعضی از انواع دارای علامت های مشخص نصب هستند، ولی بقیه فاقد چنین اطلاعاتی می باشند.
۴. وقتی دریچه سولنوئید<sup>۳</sup> را جدامی کنید، موقعیت سوراخ هایی را که در تماس با محیط کار هستند، کنترل کنید تا دوباره قادر به سوار کردن دریچه باشید.

1. Bobbins or Solenoids  
2. O-ring  
3. Solinoid Valves



جدول مشکل یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
نشانه‌گر استریلیزاسیون پایان چرخه استریلیزاسیون کامل را نشان نمی‌دهد.	اتاقک استریلیزاسیون نادرست یا بیش از حد بارگذاری شده‌است.	نحوه تقسیم و مقدار بارگذاری را بررسی کنید. مطابق با توصیه‌های سازنده تنظیم کنید.
	دریچه بخار معیوب است.	دریچه بخار را بررسی کنید. آن را تعمیر یا عوض کنید.
	زمان استریلیزاسیون کافی نیست.	زمان استریلیزاسیون را بررسی کنید. آن را مطابق با نوع چرخه تنظیم کنید.
	اتوکلاو به دما و فشار انتخابی استریلیزاسیون نمی‌رسد.	دمای انتخابی را بررسی کنید. تناسب فشار بخار را با چرخه انتخابی بررسی کنید.
		احتمال نشت بخار از در (واشر) یا مسیر ابزارهای کنترلی را بررسی کنید.
	نفوذ بخار کافی نیست.	اقلام درون دستگاه را کم کنید تا بخار بهتر جریان داشته‌باشد.
	فرآیند قبل از آغاز چرخه مناسب نبوده‌است، هوا به مقدار زیاد داخل اتاقک باقی مانده است.	از یک تکنسین سرویس کمک بگیرید تا سیستم تخلیه را بررسی کنید.
اندیکاتور بیولوژی برای چرخه اجرا شده نامناسب است.	مشخصات اندیکاتور بیولوژی را بررسی کنید. چرخه استریلیزاسیون را تکرار کنید.	
چرخه استریلیزاسیون بدون دلیل متوقف شده‌است.	فشار بخار، آب و هوا، هیچ کدام کافی نیستند. در نتیجه، ابزار تنظیم و کنترل عبور دریچه‌های سولنوئیدی فعال نمی‌شوند.	فشارهای تأمین‌کننده بخار، آب و هوا را بررسی کنید. سیستم‌های تنظیم را کنترل نمایید.
	دریچه بخار معیوب است.	دریچه بخار را کنترل/ تمیز کنید. دریچه را تعویض نمایید.
وسایل استریل شده مرطوب باقی می‌مانند.	آب‌گذر اتاقک استریلیزاسیون مسدود شده‌است.	سیستم آب‌گذر را کنترل/ تمیز کنید.
	آب بیش از حد است.	اقلام درون دستگاه را کم کنید. چرخه استریلیزاسیون را تکرار نمایید.
	اتوکلاو تراز نیست.	اتوکلاو را تراز کنید.
اندیکاتور بیولوژی مثبت است.	اندیکاتور بیولوژی برای عملکرد چرخه مناسب نیست.	از اندیکاتور بیولوژی با سری ساخت یا سازنده دیگر استفاده کنید، پارامترها را با دقت ثبت کنید.
فشار بخار خیلی پایین است.	واشر در خراب است.	واشر را بررسی و آن را تعویض کنید.
	بخار داخلی در اجزای دیگر اتوکلاو نشت می‌کند	دریچه‌های الکتریکی و غیره را بررسی کنید.
فشار بخار زیاد است.	اتوکلاو بیش از حد بارگذاری شده‌است.	اقلام درون دستگاه را کم کنید.
	آب کالیبر نیست.	

## تعاریف پایه

**سترونی<sup>۱</sup>** لازم که برای حذف میکروارگانیسم‌ها و ضدعفونی کردن کاربرد دارد.

**اتمسفر<sup>۲</sup>** واحد قدیمی فشار برابر با ۱۰۱۳۲۵ پاسکال<sup>۳</sup> یا ۱۴/۶۹ پوند بر اینچ مربع<sup>۴</sup>.

**بار<sup>۵</sup>** واحد فشار برابر با ۱۰<sup>۵</sup> پاسکال.

**تمیز کردن<sup>۶</sup>** برداشتن مکانیکی همه مواد خارجی روی سطح اشیای بی‌جان؛ به روش اجرایی پایه است که پیش از قرار گرفتن اشیاء در معرض فرآیند استریلیزاسیون انجام می‌گیرد. تمیز کردن ممکن است دستی یا با استفاده از روش‌های خودکار انجام شود. باید توجه شود که تمیز کردن روش نابودی میکروارگانیسم‌ها نیست و فقط مقدار آنها را کاهش می‌دهد.

**آلودگی زدایی<sup>۷</sup>** روشی برای کاهش مقدار میکروارگانیسم‌های یک شیء یا ماده تا استفاده از آن یا تغییر در آن ایمن باشد. برای مثال، اشیای به‌کار رفته در روش‌های مراقبت بیمار که ممکن است در تماس با مایعات یا مواد آلی بدن باشند نیاز به آلودگی زدایی یا حتی استریلیزاسیون دارد (ر.ک. به توضیح زیر).

**ضدعفونی یا گندزدایی<sup>۸</sup>** فرآیندی که با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی، همه اشکال حیات در مرحلهٔ رویشی (به‌جز اسپورها) را از مواد غیر متحرک حذف می‌کند.

**بررسی<sup>۹</sup>** ارزیابی چشمی اقلام شسته‌شده، با هدف یافتن عیب و نقص یا کنیفی که ممکن است فرآیند استریلیزاسیون را مختل کند. بررسی، فرآیند بسیار مهمی است که ممکن است با استفاده از ذره‌بین انجام شود تا جزئیات بسیار ریز تشخیص داده شوند.

**محافظ بیرونی<sup>۱۰</sup>** فضای محصور در اطراف اتاقک استریلیزاسیون که بخار در درون آن به چرخش درمی‌آید و گرما را به اتاقک استریلیزاسیون در فرآیند قبل (حذف هوا) و پس از چرخه (خشک کردن مواد استریل شده) انتقال می‌دهد.

**حرارت مرطوب<sup>۱۱</sup>** یک روش استریلیزاسیون که با شکستن و تغییر ماهیت مولکول‌های پروتئین<sup>۱۲</sup>، میکروارگانیسم‌ها را حذف می‌کند. این حذف در حضور بخار آب تسریع می‌شود.

**پاسکال** واحد فشار در سیستم بین‌المللی که مطابق با نیروی یک نیوتن (N) بر یک (۱) متر مربع است:

$$Pa = \frac{IN}{m^2}$$

**کیفیت<sup>۱۳</sup>** خصوصیت ترمودینامیک که به‌طور معمول با حرف [X] مشخص می‌شود و ارتباط بین حجم بخار و حجم کل ماده تحت شرایط اشباع تعریف شده را نشان می‌دهد.

**دریچه‌های کمکی<sup>۱۴</sup>** نوعی دریچه‌های سولنئیدی که با فشار محیط اطراف باز یا بسته می‌شوند. عموماً این دریچه‌ها، غشاءها با سوراخ‌های کوچک دارند که از طریق آنها شرایط محیطی آماده می‌شود.

**دریچه‌های سولنئیدی** ابزار کنترل الکترومغناطیسی مورد استفاده در کاربردهای چندگانه که به‌عنوان دریچه‌های الکتریکی نیز شناخته شده‌اند. موقعیت پیستون توسط یک بوبین کنترل می‌شود که انرژی دار شده یا در حال استراحت است. پیستون باعث عبور مایع داخل یک مدار مشخص می‌شود یا از آن جلوگیری می‌کند. این دریچه‌ها در سیستم‌های هیدرولیک، هوایی، بخار و خلاء به‌کار می‌روند. سازندگان طراحی‌های متعددی را برای کاربردهای تخصصی طراحی نموده‌اند.

**استریلیزاسیون<sup>۱۵</sup>** یک سری از فرآیندهایی که با استفاده از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بخار همه اشکال حیات (شامل اسپورها) در مواد غیر متحرک را نابود می‌کند.

**اتاقک استریلیزاسیون<sup>۱۶</sup>** فضایی که اقلام مورد نیاز استریلیزاسیون در آن قرار داده می‌شوند. وقتی فرآیند استریلیزاسیون در حال انجام است، اتاقک با بخار تحت فشار پر شده و بسته به فشار انتخاب شده به دمای مورد نظر می‌رسد. طی چرخهٔ استریلیزاسیون، اتاقک با یک درِ مجهز به سیستم حفاظتی، محکم بسته می‌شود که فقط هنگامی که فرآیند استریلیزاسیون کامل و فشار داخلی به فشار اتمسفر می‌رسد، می‌تواند باز شود.

**اندیکاتور استریلیزاسیون<sup>۱۷</sup>** اندیکاتور شیمیایی یا بیولوژی که انجام کامل فرآیند استریلیزاسیون یک ماده یا شیء را کنترل می‌کند. متداولترین اندیکاتورهای نوارهای حساس به حرارت (وقتی به شرایط دمای تعیین شده برسند، تغییر رنگ می‌دهند) و اسپور باسیلوس استنارو ترموفیلوس هستند.

**دریچه بخار<sup>۱۸</sup>** یک وسیلهٔ طراحی شده برای محدود کردن عبور بخار و اجازهٔ عبور به مایع تغلیظ شده است.

1. Asepsis
2. Atmosphere
3. Pascals
4. Pound per square inch
5. Bar

6. Cleaning
7. Decontamination
8. Desinfection
9. Inspection
10. Jacket

11. Moist Heat
12. Denaturation
13. Quality
14. Servo - Assisted Valves
15. Sterilization

16. Sterilization Chamber
17. Sterilization Indicator
18. Vapour Trap

# فصل ۱۳



## فور

کد GMDN	۲۱۰۸۶	۲۱۰۸۷
کد ECRI	۲۱-۰۸۶	۲۱-۰۸۷
نام گذاری	فور آزمایشگاه	فور آزمایشگاه، هوای اجباری (همرفت)

### موارد استفاده از فور

فور برای استریل نمودن یا خشک کردن وسایل شیشه‌ای و فلزی مورد استفاده در آزمایشگاه به کار می‌رود. در فور وسایل تمیز با حرارت خشک در  $180^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲ ساعت استریل می‌شوند. در طی حرارت دیدن به وسیله هوای خشک با دمای بالا، رطوبت ظروف شیشه‌ای تبخیر می‌شود و بنابراین احتمال باقی ماندن هر نوع فعالیت بیولوژی از بین می‌رود.

### اصول عملکرد

عموماً فورها یک اتاقک داخلی و خارجی دارند. اتاقک داخلی از آلومینیوم یا فولاد ضدزنگ یا استیل با هدایت بسیار خوب گرما ساخته می‌شود و یک سری قفسه‌های استیل دارد تا هوا به‌طور آزادانه در اطراف اشیایی که نیاز به خشک شدن یا استریلیزاسیون دارند، به گردش درآید. این قسمت به وسیله مواد عایقی که شرایط دمای بالا را در داخل حفظ و نگهداری می‌کنند و انتقال گرما به خارج را به تأخیر می‌اندازند، از اتاقک خارجی جدامی شود. اتاقک خارجی از ورقه‌های فولادی<sup>۴</sup> ساخته شده که با یک لایه محافظ از رنگ الکتروستاتیک پوشانده شده است. گرما، با عبور از میان ردیف‌هایی از مقاوم‌های الکتریکی ایجاد می‌شود و انرژی را به اتاقک انتقال می‌دهد. این مقاوم‌ها در قسمت پایین فور واقع شده‌اند و گرما به‌روش جابه‌جایی (همرفت) طبیعی<sup>۵</sup> یا اجباری (در فورهایی که دارای سیستم تهویه داخلی هستند)، توزیع می‌شود.

از فور در آزمایشگاه برای خشک کردن و استریل کردن ظروف شیشه‌ای و فلزی استفاده می‌شود. سازندگان چند نوع فور را به این منظور تولید نموده‌اند: بعضی با همرفت طبیعی و یا همرفت اجباری<sup>۱</sup> گرما، بقیه با همرفت گرانشی<sup>۲</sup> گرما کار می‌کنند. به‌طور کلی، فورها در دمای اتاق تا  $350^{\circ}\text{C}$  کار می‌کنند و فور هوای گرم<sup>۳</sup> نیز نام دارند.

### تصویر یک فور



- 4. Steel Laminate
- 5. Natural Convection

- 1. Forced Convection
- 2. Gravity Convection
- 3. Pupinel / Poupinel

جدول دما/ زمان استریلیزاسیون گرمای خشک

زمان (دقیقه)	دما <sup>۲</sup> (°C)
۳۰	۱۸۰
۶۰	۱۷۰
۱۲۰	۱۶۰
۱۵۰	۱۵۰
۱۸۰	۱۴۰
۳۶۰	۱۲۱

### الزامات نصب و راه اندازی

موارد زیر برای استفاده از فور لازم است:

۱. میز کار بزرگ، محکم و تراز
۲. فضای آزاد حداقل ۵ سانتی متر در اطراف فور و فضای کافی برای قراردادن لوازمی که باید خشک یا استریل شوند.
۳. یک پریز برق با سیم زمین و اندازه مناسب برای فراهم کردن برق فور که باید در شرایط مطلوب و متناسب با استانداردهای الکتریکی کشوری یا بین المللی باشد. طول این سیم نباید بیش از یک متر باشد. ولتاژ معمول مورد استفاده برای فور ۱۱۰ یا ۲۲۰V و فرکانس ۶۰Hz است.
۴. اطمینان حاصل نمایید که مدار الکتریکی ابزار حفاظتی لازم را برای تأمین برق کافی دارد.

### کاربری فور

برای کاربری صحیح فور یکسری احتیاطات باید در نظر گرفته شود. موارد ذیل دارای اهمیت بیشتری می باشند:

۱. در فور از مواد قابل اشتعال یا انفجار استفاده نکنید.
۲. از پاشیده شدن محلول های اسیدی یا بخارات خورنده در داخل فور جلوگیری کنید تا از خوردگی سطوح و قفسه های داخلی پیشگیری شود.
۳. از وسایل حفاظت شخصی استفاده کنید (دستکش های عایق، عینک ایمنی و پنس برای قراردادن یا برداشتن وسایل یا مواد در داخل فور).

### کاربری معمول

معمولاً روش اجرایی زیر انجام می شود:

۱. سوئیچ اصلی را با فشار دادن دکمه ای که معمولاً [I] نامت مشخص می شود، فعال کنید.
۲. کلید مشخص شده به عنوان «برنامه» را فشار دهید

۱. این مثال معادله انتقال حرارت برای مقاوم نوع سیمی با شکل حلقوی است. برای اشکال دیگر معادلات متفاوتی باید استفاده شود.
۲. زمان از لحظه ای که حرارت به دمای مورد نظر می رسد، محاسبه می شود.

توان (انرژی در واحد زمان) منتشر شده از مقاوم های الکتریکی از معادله زیر محاسبه می شود:

$$P = I^2 R$$

به طوری که:

$$I = \text{شدت جریان الکتریکی (واحد آمپر [A])}$$

$$R = \text{مقاومت الکتریکی (واحد اهم } [\Omega])$$

با فرض اینکه انرژی نه تولید و نه نابود می شود بلکه تغییر شکل می دهد، می توان میزان انرژی گرمایی را مانند مواد مقاومتی محاسبه کرد. در صورت وجود یک سیم مقاوم، مقدار گرمای تولید و منتشر شده [q] را می توان از معادله زیر محاسبه کرد:

$$I^2 R = q \pi r_0^2 L$$

به طوری که:

$$R = \text{مقاومت سیم}$$

$$I = \text{شدت جریان الکتریکی}$$

$$r = \text{شعاع بیرونی سیم}$$

$$L = \text{طول سیم}$$

$$q = \text{گرمای تولید شده در واحد حجم}$$

مقاومت [R] را می توان با معادله زیر محاسبه کرد:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

به طوری که:

$$\rho = \text{مقاومت مقاوم}$$

$$A = \text{سطح مقطع سیم}$$

فور یک در فلزی با عایق حرارتی دارد که به دسته عایقی برای جلوگیری از سوختن دست، مجهز شده است. در به وسیله یکسری لولا که سبب باز شدن آن تا زاویه ۱۸۰° می شود، به بخش جلویی فور نصب شده است. فورهای مدرن به وسیله یک میکروپروسسور کنترل می شوند که اجازه انتخاب پارامترهای عملی، آلارم های دستگاه و برنامه ریزی چرخه ها یا فرآیندهای حرارتی را می دهد. همچنین در این فورها، نه تنها امکان کنترل دما بلکه روش هایی که برای تغییر زمان در فازهای حرارتی/خنک سازی یا در دماهای ثابت نیاز است، فراهم می شود. فورها به طور طبیعی در محدوده دمای اتاق تا ۳۵۰°C کاری کنند. بعضی از مدل ها دامنه های دمایی محدود دارند. فورهای قدیمی تر به طور ساده یکسری مقاوم دارند که عملکردشان توسط یک ترموستات کنترل می شود.

جدول زیر ارتباط دما/ زمان مورد نیاز برای استریلیزاسیون با گرمای خشک در فورها را نشان می دهد.

هر سازنده، دستورالعمل‌هایی تفصیلی برای کاربری این کنترل‌ها لاً آنها در قسمت پایین فور قرار دارند و با هواکشی که هوای محیط را به گردش درمی‌آورد، خنک می‌شوند.

### مدار الکتریکی

شکل ۳۸، مدار الکتریکی پایه در فور را نشان می‌دهد. اجزای زیر به اجمال آورده شده‌اند:

۱. کلید اصلی. فور را روشن یا آن را خاموش می‌کند.
۲. کنترل. عملکرد فور را کنترل می‌کند (دما، زمان، نوع گرمایش / سرمایش، شیوه‌های انتخابی کاربری مانند از قبل گرم کردن، استریل کردن، آبگیری، آماده سازی، خشک کردن و حتی پختن).
۳. مقاوم‌ها. المنت‌های حرارتی، انرژی الکتریکی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنند.
۴. سیستم‌های نشانگر. ابزاری که سیستم کنترل عمومی را کامل می‌کنند. این نشانگرها روشن و فعال بودن فور را مشخص می‌کند.

۳. لامت (+) انتخاب کنید تا دمای انتخابی روی صفحه ظاهر شود. فور گرم می‌شود تا به دمای انتخابی برسد.

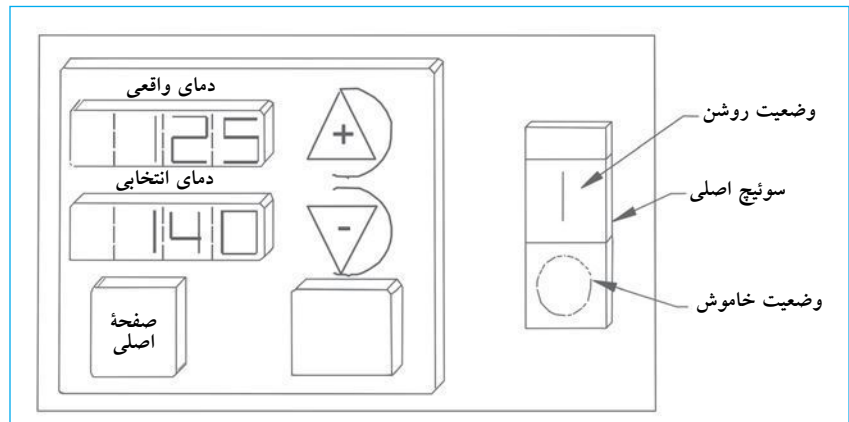
۴. در فورهای قابل برنامه‌ریزی، برای تنظیم پارامترهایی مانند زمان، انواع هشدارها و آلارم‌ها، باید از دستورالعمل‌های تعیین شده توسط سازنده پیروی نمایید.

### کنترل‌های فور

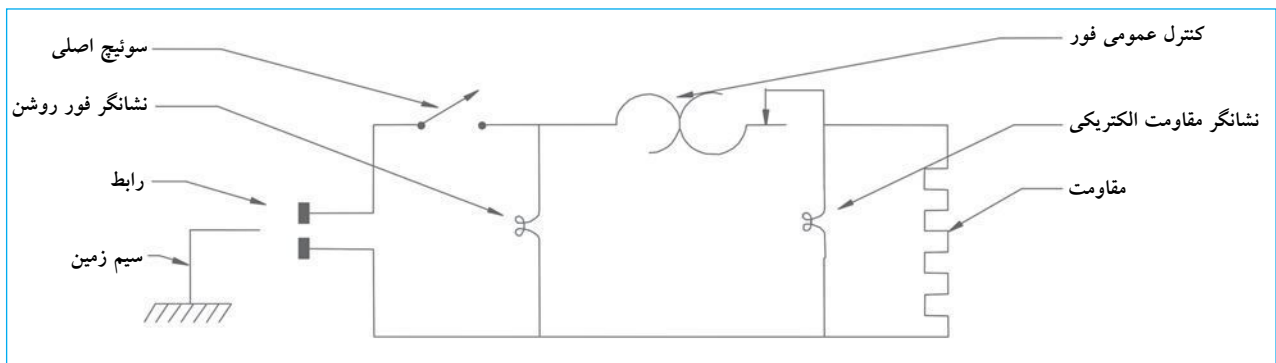
نمای کنترل تنظیم فورهای مدرن در شکل ۳۷ نشان داده شده است و شامل اجزای زیر است:

۱. کلید اصلی
۲. صفحه نمایش برای کنترل دماهای جاری و انتخابی
۳. دکمه انتخاب پارامتر (صفحه اصلی)
۴. دکمه برنامه‌ریزی چرخه‌های کاری
۵. دکمه‌های افزایش و کاهش دما

شکل ۳۷. کنترل الکترونیکی فور



شکل ۳۸. مدار الکترونیکی فور



## کنترل کیفی

کنترل کیفی فوراً کار آسانی نیست؛ چون در استریلیزاسیون با حرارت خشک، پارامترهای دما و زمان تأثیرگذار هستند. عموماً اسپور باسیلوس سوبتیلوس (گونه نایجر) به عنوان اندیکاتور بیولوژی به کار می‌روند. این اندیکاتورها باید بعد از مرحله استریلیزاسیون برای چند ساعت انکوبه شوند. مقدار اولیه اسپور در اندیکاتور بیولوژی، بین  $1 \times 10^6 - 5 \times 10^5$  است. اثربخشی چرخه، به سرعت انتشار گرما، مقدار گرمای موجود و مقدار گرمای از بین رفته، بستگی دارد و میکروب‌کشی آن تحت لام، قرار می‌گیرد. استریلیزاسیون با حرارت خشک باید به موادی که نمی‌توان در اتوکلاوها استریل نمود، محدود گردد.

## نگهداری معمول

نگهداری فوراً ساده بوده و نگهداری معمول پیچیده‌ای لازم ندارد. روال نگهداری کلی بعداً شرح داده می‌شود. تنوع روش‌های اجرایی به نوع فور و طراحی سازندگان مختلف بستگی دارد.

**هشدار:** قبل از انجام هرگونه اقدام جهت نگهداری معمول، اطمینان حاصل نمایید که فور به دمای اتاق رسیده است و به پریز برق متصل نیست.

## دسترسی به قسمت‌های الکترونیک

### تواتر: هر زمان که لازم باشد

اجزای الکترونیک معمولاً در قسمت پایین فور قرار داده می‌شوند. به منظور بررسی آنها، به ترتیب زیر اقدام کنید:

- سیم اتصال فور را از پریز برق بکشید.
  - فور را جلو بکشید تا لبه جلویی قاعده دستگاه با لبه سطح کار مماس شود.
  - دو قطعه به ضخامت تقریبی ۳ سانتی‌متر را زیر هر یک از پایه‌های جلویی قرار دهید. با این کار قسمت جلویی فور در سطح بالایی قرار می‌گیرد و پس از برداشت محافظ زیرین بررسی بخش‌های الکترونیک آسان می‌شود.
  - پیچ‌های صفحه محافظ پایین را باز و آن را بردارید. سپس لاً اجزای زیر
- در این محفظه قرار دارند:
- الف) صفحه کنترل<sup>۱</sup>
  - ب) یک دکمه ایمنی<sup>۲</sup>
  - ج) کلید اصلی و مدارشکن (ترکیبی)
  - هرگاه بررسی کامل شد صفحه محافظ را در جای خود قرار دهید.

## تعویض مقاوم‌های حرارتی

### تواتر: هر زمان که لازم باشد

روش زیر باید توسط پرسنلی که اطلاعات کافی دارند انجام شود:

- سیم اتصال فور را از پریز برق بکشید.
- لایه اتاقت بردارید.
- در را باز کنید و قفسه‌ها را بردارید.
- میله مدرج<sup>۳</sup> دماسنج را قطع کنید.
- پیچ‌های صفحه پایینی را باز کنید.
- صفحه پایینی را بردارید.
- پیچ کابل‌های تأمین‌کننده برق مقاوم‌ها را باز کنید و پایه‌هایی که این کابل‌ها را به مقاوم‌ها می‌بندند، قطع نمایید.
- پیچ مقاوم‌ها و نیز مقاوم‌های خارجی را باز کنید.
- مقاوم‌های جدید با ویژگی‌های یکسان با مقاوم‌های اولیه را نصب کنید.
- قطعات و اجزای الکتریکی را مجدداً نصب و متصل کنید.

## تعویض هواکش خنک‌کننده

### تواتر: هر زمان که لازم باشد

لاً در بخش پایینی قرار دارد، باید از روش‌های زیر استفاده شود:

- همان‌گونه که برای بازکردن قسمت‌های الکترونیک شرح داده شد، اقدام نمایید.
- پایانه‌های تأمین برق هواکش را قطع کنید.
- پیچ‌های هواکش را باز کنید.
- هواکشی با مشخصات یکسان با نوع اولیه را نصب کنید، سیم‌های هواکش را به پایه‌ها متصل کنید.
- صفحه محافظ را در جای خود قرار دهید.

## تعویض واشر در

### تواتر: هر زمان که لازم باشد

لاً از سیلیکون ساخته می‌شود.

- فور را خاموش و در را باز کنید.
- ابزار ایمنی که واشر را در جای خود نگه می‌دارند، شل کنید.
- با استفاده از پیچ‌گوشتی واشر را از محل قرارگیری آن بردارید. از به‌کارگیری نیروی اضافی خودداری کنید؛ چون ممکن است محفظه را بشکند.
- واشر جایگزین را نصب کنید. از قسمت بالا شروع کنید. سپس آن را به طرفین حرکت دهید و به در متصل نمایید. مراحل را در قسمت پایین در نیز به همین روش انجام دهید.

### تعویض ترموکوپل

#### تواتر: هر زمان که لازم باشد

۷. اتصال سیم‌های ترموکوپل کهنه را قطع کنید و سیم‌های ترموکوپل جدید را داخل پایانه‌های اتصال مربوطه قرار دهید. کنترل کنید که قطبیت اولیه حفظ شده باشد.
۸. دوباره صفحه محافظ را در جای خود قرار دهید.

### تعویض لولاهای در فور

#### تواتر: هر زمان که لازم باشد

- برای تعویض لولاهای در، به شرح ذیل اقدام نمایید:
۱. در را باز و آن را از لوله‌ها جدا کنید.
  ۲. لولاهای خراب را باز کنید.
  ۳. لولاهای خراب را بیرون بیاورید.
  ۴. لولاهای جدید را در جای خود قرار دهید و با پیچ‌های اتصال محکم کنید.
  ۵. در را دوباره نصب کنید.

۱. محفظه کنترل الکترونیک را باز کنید.
۲. کابل‌های متصل‌کننده ترموکوپل را از پایانه‌های اتصال روی صفحه کنترل جدا کنید.
۳. لابی فور شل کنید و به بخش جلویی حرکت دهید تا حداقل ۱۵ سانتی‌متر از کابل در معرض دید باقی بماند.
۴. للاف جدا شود.
۵. انتهای بریده ترموکوپل معیوب را با کابل‌های ایمن جایگزین کنید. از نوار چسب برای جلوگیری از شل بودن آنها استفاده نمایید.
۶. درحالی که اتصالات قطع نشده است، ترموکوپل خراب را از بخش الکترونیک به آرامی بیرون بکشید تا به عنوان راهنما در حین جایگزینی مورد استفاده قرار گیرد.

### جدول مشکل‌یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
برق در فور وجود ندارد.	فور به پریز متصل نیست.	فور را به پریز برق متصل کنید.
	کلید اصلی خاموش است.	کلید اصلی را روشن کنید.
	مدارشکن خراب است.	مدارشکن را تعویض کنید.
	صفحه کنترل خراب است.	صفحه کنترل را تعویض کنید.
	کابل متصل‌کننده خراب است.	کابل‌های متصل‌کننده را کنترل/تعمیر کنید.
افزایش دما نامنظم است.	ترموکوپل خراب است.	ترموکوپل را تعویض کنید.
	کنترل خراب است.	کنترل را تعویض کنید.
فور خطای حرارتی نشان می‌دهد.	دما پایین‌تر از مقدار انتخاب شده است.	دما را تغییر دهید. منتظر بمانید تا به دمای انتخابی برسد.
	ترموکوپل خراب است.	ترموکوپل را تعویض کنید.
	مقاوم حرارتی خراب است.	مقاوم حرارتی را تعویض کنید.
	تقویت‌کننده خراب است.	تقویت‌کننده را تعویض کنید.
	کنترل خراب است.	کنترل را تعویض کنید.
صفحه نمایش، پیام «باز است» را به عنوان خطا نشان می‌دهد.	مدار ترموکوپل باز است.	از اتصال ترموکوپل اطمینان حاصل نمایید، یا ترموکوپل را تعویض کنید.

## تعاریف پایه

مدارشکن<sup>۱</sup>. یک ابزار کنترل الکتریکی که باعث می شود قطعه‌ای از دستگاه با یک وسیله روشن یا خاموش شود. این وسیله کلید نیز نامیده می شود.

ترموکوپل الکتریکی<sup>۲</sup>. ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری صحیح دما است. این ابزار با بستن دو فلز متفاوت که در یک انتها به وسیله یک سیم به یکدیگر متصل شده‌اند، تشکیل شده‌است و ولتاژ متناسب با تفاوت دما بین دو انتها تولید می‌کند. این پدیده به افتخار کاشف آن، پزشک آلمانی توماس سبک<sup>۳</sup> به نام پدیده سبک<sup>۴</sup> شناخته می‌شود.

گرما<sup>۵</sup>. شکلی از انرژی که از سیستمی با دمای بالا به سیستم دیگری با دمای پایین‌تر به علت وجود اختلاف دما منتقل می‌شود. وقتی یک سیستم با جرم زیاد [M] با سیستم دیگری با جرم کم [m] با دمای متفاوت در تماس قرار می‌گیرد، دما به دمای اولیه سیستم با جرم زیاد نزدیک است. بنابراین مقدار گرمای  $\Delta Q$  از سیستم با دمای بالاتر به سیستم با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود. مقدار گرما  $\Delta Q$  با تغییر در دما  $\Delta T$  متناسب است. ثابت تناسب [C] یا ظرفیت گرمایی سیستم، باعث برقراری رابطه زیر می‌شود  $\Delta Q = C\Delta T$  که اشاره بر یکی از پیامدهای تغییر دما در یک سیستم یا «انتقال گرما» دارد.

مقاومت<sup>۶</sup>. مقاومتی که یک ماده یا مدار الکتریکی در برابر جریان برق اعمال می‌کند. این ویژگی یک مدار است که در برابر عبور جریان، انرژی الکتریکی را به گرمایی تبدیل می‌کند. مقاومت [R] یک جزء مانند سیم، با طول سیم [l] نسبت مستقیم داشته و به‌طور معکوس با سطح مقطع [a] متناسب است. مقاومت از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$R = k \times \frac{l}{a}$$

به طوری که:

$k =$  عدد ثابتی که به واحدهای مورد استفاده بستگی دارد.

$l =$  طول رسانا

$a =$  سطح مقطع رسانا

اهم ( $\Omega$ ). واحد رایج مقاومت الکتریکی است، یک اهم با یک ولت بر آمپر برابر است.

ترموستات<sup>۷</sup>. وسیله‌ای که دمای سیستم را تنظیم می‌کند. معمولاً با انبساط یکی از اجزایش که به‌طور مکانیکی عامل دیگری را فعال می‌نماید، کار می‌کند. برای مثال کلیدی که عملکرد خاصی را کنترل می‌کند.

- |                          |               |
|--------------------------|---------------|
| 1. Circuit breaker       | 5. Heat       |
| 2. Electric Thermocouple | 6. Resistance |
| 3. Tomas Seeback         | 7. Thermostat |
| 4. Seebeck Effect        |               |



# فصل ۱۴

## انکوباتور

کد GMDN	۳۵۴۸۲	۳۴۸۳
کد ECRI	۱۵-۱۵۱	۱۵-۱۵۲
نام گذاری	انکوباتور هوازی	انکوباتور بی هوازی

با توجه به طراحی و ویژگی‌هایی مختلف، انکوباتورها دما را از  $7^{\circ}\text{C}$  تا  $10^{\circ}\text{C}$  یا بیشتر کنترل می‌کنند. در بعضی دیگر و در شرایط اتمسفری ویژه برای رشد انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها و سلول‌ها، امکان تزریق گاز دی‌اکسید کربن ( $\text{CO}_2$ ) به فضای داخل انکوباتور نیز است.

### اصول عملکرد

انکوباتور از روش‌های مختلف انتقال گرما و کنترل محیطی جهت رسیدن به شرایط لازم برای روش‌های ویژه آزمایشگاه استفاده می‌کند. معمولاً، انکوباتورها دارای یک سیستم مشکل از مقاوم‌های الکتریکی هستند که با ترموستات و یا میکرو پروسور کنترل می‌شوند و برای سیستم‌های انتقال گرما، از هدایت و یا همرفت طبیعی و یا اجباری گرما استفاده می‌کنند.

### هدایت گرما

در انکوباتورهایی که با هدایت گرما کار می‌کنند، یک سری از مقاوم‌های الکتریکی حرارت را به‌طور مستقیم به دیواره اتاقک، جایی که نمونه‌ها انکوبه می‌شوند، انتقال می‌دهد. مقاوم‌ها دمای بالا دارند. در حالی که اتاقک یکی از نواحی با دمای پایین تر است. انتقال انرژی حرارتی همیشه از ناحیه‌ای با دمای بالاتر به ناحیه‌ای با دمای پایین تر مطابق معادله فوریر<sup>۳</sup> محاسبه می‌شود:

$$q = -KA \frac{\partial T}{\partial x}$$

به طوری که:

$q$  = مقدار انتقال گرما به وسیله هدایت (رسانایی)

$K$  = هدایت حرارتی مواد

$A$  = سطح انتقال گرما

$\partial T$  = انتشار دما در جهت جریان گرما

علامت منفی (-)، براساس قانون دوم ترمودینامیک در معادله آورده شده است.

لاتین *incubare* به معنای پرورش دادن<sup>۱</sup> است. انکوباتور محفظه‌ای با دما، فشار هوا و رطوبت کنترل شده می‌باشد که به منظور نگهداری و رشد میکروارگانیسم‌های زنده در محیطی مناسب طراحی شده است. از بیشترین مصارف آن، انکوباسیون کشت‌های باکتری، ویروسی، شناسایی و کشت‌های سلولی با تعیین و فراهم‌سازی میزان نیاز بیوشیمیایی اکسیژن ( $\text{BOD}$ )<sup>۲</sup> و ذخیره بیولوژی است. انکوباتورها در پیچیدگی و طراحی متفاوت هستند. بعضی از آنها فقط دما را کنترل می‌کنند در حالی که بقیه، ترکیب هوا را نیز کنترل می‌کنند. بعضی با استفاده از سیستم سردکننده توانایی ایجاد شرایط دمایی کمتر از دمای اتاق دارند.

### تصویر انکوباتور

انکوباتور استاندارد



1. To breed
2. Biochemical Oxygen Demand

3. Fourier

## همرفت گرما<sup>۱</sup>

سیستم کنترل کننده دمای انکوباتور کار می کند. آب در حالت لایبی در جذب و حفظ گرما دارد. بعضی از سازندگان در طراحی های خود اتاقک های آبی را در اطراف اتاقک انکوباسیون تعبیه می کنند. این کار، برای تضمین حفظ شرایط دمایی ثابت در درون اتاقک انکوباسیون مفید است.

همچنین، انکوباتورهایی طراحی شده که در آنها گازهایی مانند دی اکسید کربن با غلظت ۳٪ و ۵٪ به اتاقک انکوباسیون تزریق شده و حفظ می گردد.

سیستم کنترل دمای انکوباتور، مبتنی بر استفاده از ترموستات ها<sup>۴</sup> (فلزی یا با بسط مایع)، ترموکوپل ها، مقاوم های حرارتی<sup>۵</sup> یا عوامل نیمه رسانای<sup>۶</sup> گوناگون است. مدارهای الکترونیک از طریق میکروپروسورها، دما و عملکرد انکوباتور را کنترل می کنند. طرح های مختلف به سازنده بستگی دارد. دمای واقعی یا برنامه ریزی شده انکوباتور و دیگر اطلاعات روی صفحه<sup>۷</sup> نشان داده می شود.

برای تنظیم صحیح دمای انکوباتور، باید حداقل ۵°C تفاوت بین دمای اتاقک [Tc] و دمای اتاق [Ta] وجود داشته باشد. اگر دمای اتاقک [Tc] باید پایین تر از دمای اتاق [Ta] باشد، یک سیستم سردکننده مورد نیاز خواهد بود. بنابراین خرید انکوباتورها به نوع روش های انجام شده در آزمایشگاه بستگی دارد. مشخصات فنی باید مطالعه و به طور دقیق تعریف گردد تا خرید مطابق با نیازهای واقعی هر آزمایشگاه صورت گیرد.

گرمای تولید شده به وسیله مقاوم ها در انکوباتورهای دارای سیستم همرفت گرما، توسط هوایی که در اتاقک انکوباسیون جریان دارد، به نمونه ها انتقال می یابد. کارایی این فرآیند به الگوهای جریان هوا بستگی دارد. معمولاً، هوا از کف انکوباتور وارد محفظه اتاقک شده و گرم می شود و به طور یکسان در داخل اتاقک انکوباسیون جریان پیدا می کند. در نهایت از طریق لوله ای که در قسمت بالایی انکوباتور قرار دارد، خارج می شود.

معادله ای که همرفت حرارتی را توضیح می دهد<sup>۲</sup>:

$$q = hA(T_w - T_0)$$

به طوری که:

$q$  = مقدار گرمای انتقالی به وسیله همرفت

$h$  = ضریب همرفت برای انتقال گرما

$A$  = سطحی که گرما از آن عبور داده می شود

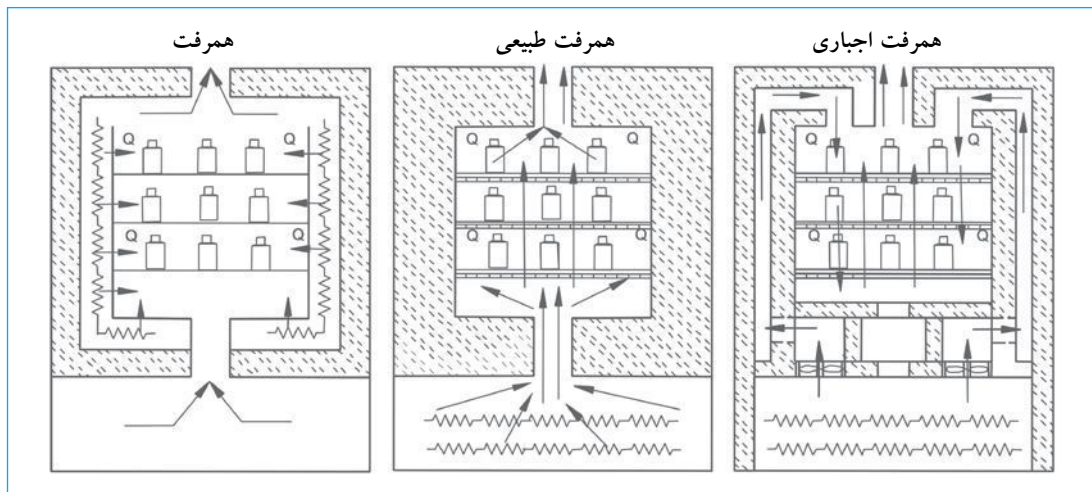
$T_w$  = دمای سطح مقاوم

$T_0$  = دمای مایع (هوا)

بعضی از انکوباتورها هواکش هایی دارند که هوا را با همرفت اجباری<sup>۳</sup> به جریان درمی آورند. در شکل زیر (شکل شماره ۳۹) سه طرح به کار رفته برای انکوباتورها نشان داده شده است: هدایت گرما، همرفت طبیعی و همرفت اجباری.

در اتاقک انکوباسیون زمانی که دمای پایین تر از دمای اتاق [Ta] مورد نیاز است، باید سیستم سردکننده وجود داشته باشد. این سیستم گرما را خارج و اتاقک انکوباسیون را خنک نگه داشته و با

شکل ۳۹. سیستم انتقال گرما در انکوباتورها



4. Thermostats (bi-metallic or fluid expansion)  
5. Thermistor  
6. Semi - Conductor

1. Thermal Convection  
۲. انتقال گرما در معادله همرفت، توسط ایزاک نیوتن مطرح گردید. (قانون سردسازی).  
3. Forced Convection

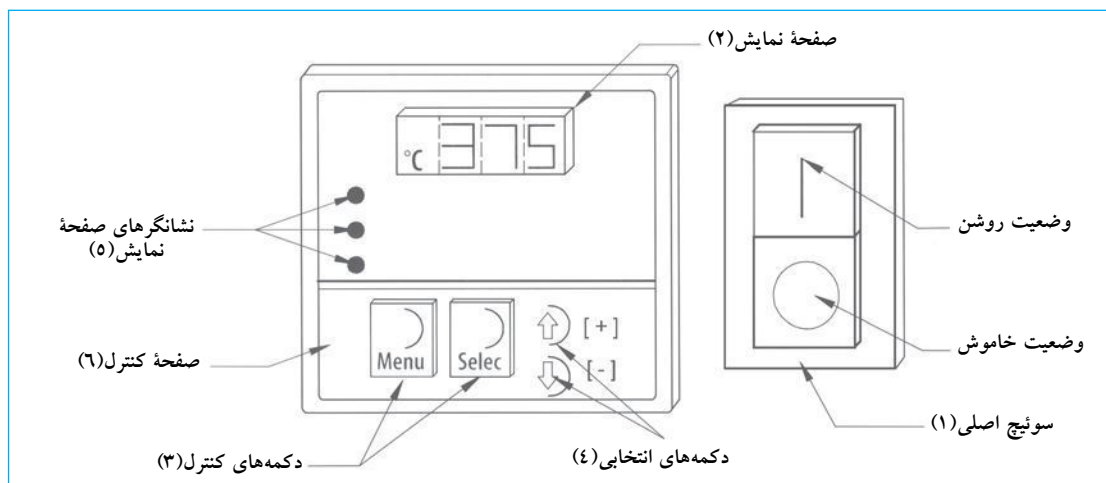
## کنترل‌های انکوباتور

نمای شکل ۴۰، انواع کنترل‌های موجود در مدل‌های اخیر انکوباتور را نشان می‌دهد.

۱. سوئیچ اصلی برای روشن و خاموش کردن دستگاه. برخی از سازندگان یک کلید حفاظتی<sup>۱</sup> نیز تعبیه می‌کنند. کلید دو وضعیت دارد: روشن [I]، در انکوباتور جریان برق وجود دارد. خاموش [O]، در انکوباتور جریان برق وجود ندارد.
۲. صفحه نمایش برای انتخاب پارامترها. برای مثال: دمای انتخابی، دمای هشدار (حداقل و حداکثر).
۳. دو دکمه کنترل که به‌طور معمول صفحه اصلی، انتخاب و تنظیمات را مشخص می‌کنند. این دکمه‌ها همچنین برنامه‌ریزی و آستانه هشدار را تعیین می‌کنند.
۴. دو دکمه انتخاب برای تنظیمات دما. این دکمه‌ها به‌همراه دکمه‌های کنترل استفاده می‌شوند.
۵. نشانگرهای صفحه نمایش که وضعیت کاربری را نمایش می‌دهند. اگر سیستم گرمایی در حال کار باشد، نمایشگر «گرم» را نشان می‌دهد. اگر انکوباتور در حال برنامه‌ریزی شدن باشد نمایشگر «برنامه» را نشان می‌دهد.
۶. دکمه انتخاب و کنترل روی صفحه کنترل قرار دارند.

هر سازنده، از کنترل‌هایی که برای طراحی انکوباتور مناسب باشد، استفاده می‌کند. به‌طور کلی انکوباتورها کنترل‌های فوق‌الذکر را دارند و دستورالعمل‌ها در کتابچه‌های راهنمای کاربری که توسط سازندگان تهیه می‌شوند، نوشته شده‌اند. معمولاً، پارامتر مورد نظر با استفاده از دکمه‌های انتخاب در صفحه اصلی تعیین و تنظیم می‌شود تا شرایط مورد نظر حاصل گردد. این انتخاب بعداً با استفاده از «دکمه تنظیم» و یا «انتخاب» تأیید می‌شود.

شکل ۴۰. کنترل‌های انکوباتور



1. Protection Breaker

## الزامات نصب و راه‌اندازی

الزامات نصب و راه‌اندازی فعالیت انکوباتورها مستلزم شرایط زیر می‌باشد:

۱. یک اتصال الکتریکی مطابق با استانداردهای مورد استفاده در کشور. پریز برق نباید بیش از ۱/۵ متر از انکوباتور فاصله داشته باشد. این اتصال باید ولتاژ ۱۲۰V، فرکانس ۶۰Hz یا ۲۴۰V-۲۲۰، فرکانس ۶۰-۵۰Hz را فراهم کند و دارای سیم زمین باشد.
۲. فضای آزاد در اطراف و پشت دستگاه که عبور کابل‌ها و تهویه مورد نیاز برای عملکرد طبیعی انکوباتور را امکان‌پذیر می‌سازد. این فضا بین ۱۰-۵ سانتی‌متر برآورد می‌شود.
۳. فضایی در آزمایشگاه که میزان تغییر دما در آن حداقل باشد.
۴. یک میز تراز و محکم که قادر به تحمل وزن انکوباتور است.
۵. رگلاتورهای فشار، شیلنگ‌ها و اتصالات برای انکوباتورهایی که از گاز دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) استفاده می‌کنند. این دستگاه‌ها همچنین از یک مهارکننده برای تأمین ایمنی تانک پرفشار گاز CO<sub>2</sub> استفاده می‌کنند.

## نگهداری معمول و استفاده از انکوباتور

در این بخش کاربری و نگهداری عمومی انکوباتورها بحث شده است. روش‌های اجرایی ویژه باید مطابق با توصیه هر سازنده باشد.

### توصیه‌هایی برای کاربری

۱. در حضور مواد قابل احتراق از انکوباتور استفاده نکنید، چون اجزای داخل این دستگاه می‌توانند به‌عنوان منبع احتراق در زمان کاربری عمل کنند.

**هشدار:** قبل از انجام هرگونه تعمیر، مطمئن باشید که انکوباتور، آلودگی زدایی شده، تمیز و از پریز برق کشیده شده است.

نگهداری معمول روزانه که در زیر بحث می‌شود، باید فقط توسط پرسنلی که برای کار با انکوباتور آموزش لازم را دیده‌اند و از خطرات مربوط به این کار آگاه هستند، انجام شود. این اقدامات متمرکز در جهت تأیید شرایط و عملکرد صحیح اجزای ذیل کاربرد دارد:

۱. **واشر در انکوباتور.** لاً از سیلیکا ساخته می‌شود و استفاده از آن برای چند سال تضمین شده است. به منظور تعویض واشر، باید در جدا شود و مکانیسم‌هایی که واشر را به در می‌بندند، لاً، واشر در یک شیار قرار می‌گیرد. واشر جدید، باید مشخصات یکسان با واشر اصلی را داشته باشد. واشر باید روی در قرار گیرد و با مکانیسم‌هایی بسته شود که می‌تواند به سادگی بستن یکسری پیچ در بعضی انکوباتورها باشد.

۲. **المنت‌های حرارتی.** لاً در قسمت پایین انکوباتور قرار داده می‌شوند. به منظور تعویض آنها لازم است که صفحه کلیدها و محافظ‌های پایینی انکوباتور جدا شوند. در بعضی انکوباتورها لازم است درها نیز جدا شوند (در بیرونی، فلزی و در داخلی شیشه‌ای). هنگامی که محافظ‌ها برداشته می‌شوند، المنت‌ها و سیستم‌های حسگر دما، جدا شده و با انواعی که دارای مشخصات یکسان با نمونه‌های اصلی هستند جایگزین می‌شوند. تمام قسمت‌های جدا شده، دوباره متصل و کالیبراسیون انجام می‌گیرد.

۳. **هواکش خنک‌کننده.** در صورت صدمه دیدن، این قسمت باید با هواکش دارای مشخصات یکسان با نمونه اولیه جایگزین شود. برای نصب، بخشی که هواکش در آن قرار دارد باید باز شود. در بعضی انکوباتورها، لازم است که درها و بعضی از صفحه کلیدهای محافظ جدا شوند. سپس هواکش معیوب، جدا و با نمونه جدید پس از اطمینان از جهت صحیح جریان هوا جایگزین می‌شود. تمام قسمت‌های جدا شده مجدداً متصل شوند.

برای جایگزین کردن اجزای اشاره شده در ذیل، همانند آنچه که برای اجزای قبلی شرح داده شده است، اقدام کنید. آنچه بسیار مهم است باید از اجزای جایگزینی استفاده شود که دارای مشخصات یکسان با نمونه‌های اصلی هستند.

۲. از ریختن محلول‌های اسیدی داخل انکوباتور جلوگیری کنید. این محلول‌ها سبب تخریب اتاقک انکوباسیون می‌شوند، هر زمان که امکان داشته باشد از موادی که pH خنثی دارند استفاده کنید، از انکوبه کردن موادی که بخارات خورنده تولید می‌کنند، خودداری کنید.
۳. از قراردادن ظروف روی محافظ پایینی که از مقاومت‌های گرمازا محافظت می‌کند، خودداری کنید.
۴. در زمان کار با انکوباتور از لوازم حفاظتی شخصی مانند عینک ایمنی، دستکش، پنس برای قراردادن و برداشتن ظروف استفاده کنید.
۵. از ایستادن جلوی انکوباتور با در باز خودداری کنید. بعضی از مواد، بخاراتی ساطع می‌کنند که نباید استشمام شوند.
۶. جهت ایجاد پایداری در عملکرد، انکوباتور را در جایی که نصب است کالیبر کنید.
۷. دمای کاربری انکوباتور را در ساعات صبح و عصر با وسایل معتبر کالیبر شده و دارای گواهی (ترمومتر، ترموکوپل و غیره) تأیید نمایید.
۸. هرگونه عملکرد نامطلوب شناسایی شده در انکوباتور (مثل دما، رطوبت یا سطح CO<sub>2</sub>) و اقدام اصلاحی لازم را در فرم مناسب ثبت کنید.
۹. اطمینان حاصل کنید روزانه دما در انکوباتور بیش از ۱°C تغییر نمی‌کند. دما را ثبت کنید.
۱۰. اگر برای حفظ سطح معینی از رطوبت در انکوباتور، آب لازم است، یک عامل مهارکننده میکروبی غیر فرار به آن اضافه کنید.

### توصیه‌های لازم جهت تمیز نمودن دستگاه

انکوباتورهای کشت سلولی یا باکتریایی را به طور مرتب، حداقل هر ۱۴ روز و بعد از ریختن هر ماده عفونی، با استفاده از مواد ضد عفونی کننده مناسب، تمیز کنید.

۱. قبل از تمیز نمودن، انکوباتور را از پریز برق بکشید.
۲. از مواد تمیز کننده که خراش ایجاد نمی‌کنند، استفاده کنید: تکه‌ای از پارچه را به محلول تمیز کننده ملایم آغشته کرده و برای پاک کردن سطوح داخلی و خارجی به کار ببرید.
۳. از تماس بین مواد پاک کننده و عوامل الکتریکی جلوگیری کنید.
۴. قبل از اتصال مجدد انکوباتور به برق، صبر کنید تا انکوباتور خشک (فاقد رطوبت) شود.

### نگهداری معمول

انکوباتوری که به خوبی نصب و راه اندازی شده است به اقدامات زیادی جهت نگهداری نیاز ندارد و سال‌های متمادی می‌تواند قبل از هر مداخله فنی از آن استفاده نمود. هرگونه اقدام جهت نگهداری دستگاه باید مطابق با توصیه‌های سازنده انجام شود.

۴. پروانه تهیه کننده داخلی  
 ۵. کنترل الکترونیک  
 ۶. اجزای الکترونیک  
 ۷. ترموکوپل ها  
 ۸. در شیشه ای (داخلی)  
 ۹. دستگیره  
 ۱۰. بدنه انکوباتور (اجزای داخلی و خارجی).

مشکلات شایع ارائه شده در جدول ذیل باید توسط پرسنلی که آموزش تخصصی کاربری و نگهداری انکوباتور را دارند، رفع شود. در موارد خاص باید مطابق با توصیه های سازنده عمل گردد.			
جدول مشکل یابی			
انکوباتور استاندارد			
مشکل	علت محتمل	راه حل	
انکوباتور کار نمی کند.	دو شاخه به پریز برق متصل نیست.	شرایط اتصال برق را کنترل کنید.	
	کلید روشن/خاموش در وضعیت خاموش قرار دارد.	کلید را در وضعیت روشن قرار دهید.	
انکوباتور خطای حرارتی نشان می دهد.	سیم اتصال معیوب است.	کابل را کنترل یا آن را تعویض کنید.	
	کنترل دما خراب است.	کلید کنترل دما را بررسی و تنظیم کنید یا آن را تعویض نمایید.	
	مقاوم حرارتی خراب است.	مقاوم را با نوع جایگزین و مشخصات یکسان با نمونه اصلی تعویض نمایید.	
	اتصال مقاوم حرارتی نقص دارد.	محل اتصال را تمیز و تنظیم نمایید.	
	ترموکوپل الکتریکی خراب است.	ترموکوپل الکتریکی را تعویض نمایید.	
	دمای انتخابی کمتر از دمای اتاق است.	مشخصات انکوباتور را کنترل کنید. فقط انکوباتورهای یخچال دار می توانند در این شرایط کار کنند. معمولاً دمای محیط پایین تر از دمای انکوباتور است.	
	تقویت کننده خراب است.	تقویت کننده را تعویض کنید.	
	واشر(های) در خراب است.	واشر(های) در را تعویض نمایید.	
	آلارم فعال است و دما بالاتر از دمای انتخابی است.	دمای انتخاب شده نسبت به بیشترین حد دمای تعیین شده آلارم، به مقدار کم تغییر کرده است.	منتظر بمانید تا دمای انکوباتور کم و به دمای انتخابی برسد.
		کنترل دما خراب است.	کنترل دما را تعویض نمایید.
تقویت کننده خراب است.		تقویت کننده را تعویض نمایید.	
صفحه نمایش مکرراً پیغام خطا نشان می دهد. معمولاً صفحه نمایش حروف EEE نشان می دهد.	چراغ آلارم چشمک می زند.	اجازه دهید انکوباتور خنک شود تا در دمای کاربری انتخابی، تثبیت گردد.	

انکوباتور دمای پایین		
مشکل	علت محتمل	راه حل
کنترل انکوباتور کار نمی کند.	کلید اصلی خاموش است.	کلید اصلی را روشن کنید.
	منبع تغذیه الکتریکی وجود ندارد.	مدار تغذیه الکتریکی را کنترل نمایید.
خوانده های دما نامنظم است (بالتر یا پایین تر از دمای انتخابی است).	برفک در اطراف تبخیرکننده انباشته شده است.	مطابق با روش اجرایی سازنده، برفک زدایی نمایید. دمای خنک سازی را کاهش دهید.
	برفک در اطراف تبخیرکننده انباشته شده است.	مطابق با روش اجرایی سازنده برفک زدایی کنید.
از دمای انتخابی است.	جریان هوا در محفظه، به وسیله نمونه ها مسدود شده است.	محتویات انکوباتور را دوباره مرتب کنید تا هوا جریان یابد.
	کنترل دما به کالیبراسیون نیاز دارد.	مطابق با روش اجرایی سازنده کالیبر نمایید.
در وضعیت کاربری اتصال کنترل قطع می شود.	مقدار ولتاژ کافی نیست.	مقدار ولتاژ را تأیید نمایید، نباید بیش از ۵٪ با ولتاژ تعیین شده روی صفحه تفاوت داشته باشد.
		اتصال الکتریکی نقص دارد.
کمپرسور کار نمی کند هر چند که صفحه نمایش روشن است.	محافظ حرارتی کمپرسور باز است	مقدار ولتاژ را تأیید نمایید، نباید بیش از ۵٪ با ولتاژ تعیین شده روی صفحه تفاوت داشته باشد.
	تقویت کننده سیستم خنک ساز خراب است.	تقویت کننده سیستم خنک ساز را جایگزین کنید.
خوانده های دما بالاتر از مقادیر انتخابی است و بالای ۴۰°C آلارم خاموش است.	کمپرسور خراب است.	کمپرسور را تعویض کنید. خنک کننده را کالیبر نمایید (این یک روش اجرایی ویژه است که به ابزار خاص نیاز دارد).

## تعاریف پایه

میزان نیاز بیوشیمیایی اکسیژن (BOD). مقدار اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌های هوازی برای تجزیه مواد آلی در یک نمونه است و به‌عنوان اندیکاتور درجه آلودگی آب به کار می‌رود. این کمیت به‌صورت اکسیژن مورد استفاده (میلی‌گرم اکسیژن به‌ازای هر لیتر نمونه) زمانی که به‌مدت بیشتر از ۶ روز در ۲۰°C کشت داده‌شدند، اندازه‌گیری می‌گردد.

دیود ساطع‌کننده نور (LED).<sup>۱</sup> یک وسیله برقی که به‌طور گسترده برای نمایش اطلاعات روی صفحه نمایش به‌کار می‌رود.

مقاومت. مقاومتی که یک ماده یا مدار الکتریکی در برابر جریان برق اعمال‌می‌کند. این ویژگی یک مدار است که در برابر عبور جریان، انرژی الکتریکی را به گرمایی تبدیل می‌کند. مقاومت [R] یک جزء مانند سیم، با طول سیم [l] نسبت مستقیم داشته و به‌طور معکوس با سطح مقطع [a] متناسب است. مقاومت از معادله زیر محاسبه‌می‌شود:

$$R = k \times \frac{l}{a}$$

به‌طوری که:

k = عدد ثابتی است که به واحدهای مورد استفاده بستگی دارد.

l = طول رسانا

a = سطح مقطع رسانا

اهم (Ω). واحد رایج مقاومت الکتریکی است، یک اهم با یک ولت بر آمپر برابر است.

هدایت گرما.<sup>۲</sup> شکلی از انتقال گرما در یک ماده است، زمانی که گرما از نقطه‌ای با دمای بالاتر به نقطه‌ای با دمای پایین‌تر جریان می‌یابد.

همرفت گرما.<sup>۳</sup> شکلی از انتقال گرما از طریق همرفت مایع یا هوا است.

مقاوم حرارتی.<sup>۴</sup> یک قطعه الکترونیکی است که مقاومت آن نسبت به دما تغییر می‌کند. ابزار کم‌هزینه‌ای که کاربردهای گوناگون دارند. رایج‌ترین آنها کنترل دما است.

ترموکوپل.<sup>۵</sup> ابزاری که برای اندازه‌گیری دما کاربرد دارد و متشکل از دو فلز غیرهمسان می‌باشد که از یک انتها به یکدیگر متصل هستند. وقتی یک انتها دمای بالاتر دارد تولید ولتاژ کم می‌کند که مقدار آن متناسب با اختلاف دمای این دو فلز است. این پدیده به «اثر سی‌بیک»<sup>۶</sup> به افتخار کاشف آن، پزشک آلمانی توماس سی‌بیک معروف است.

ترموستات. لاً با انبساط یکی از اجزایش که به‌طور مکانیکی عامل دیگری را فعال می‌نماید، کار می‌کند.

برای مثال کلیدی که عملکرد خاصی را کنترل می‌کند.

1. Light Emitting Diode
2. Thermal Conduction
3. Thermal Convection
4. Thermistor
5. Thermocouple
6. Seebeck Effect

# فصل ۱۵



## میکروسکوپ

کد GMDN	۳۶۳۵۱
کد ECRI	۱۲-۵۳۶
نام گذاری	میکروسکوپ

- میکروسکوپ نوری معکوس<sup>۴</sup>
- میکروسکوپ استریوسکوپ<sup>۵</sup> (سه بعدی)



میکروسکوپ دو چشمی: این میکروسکوپ از لنزهای مختلف و روشن سازی کنترل شده برای بزرگنمایی شیئی استفاده می کند.

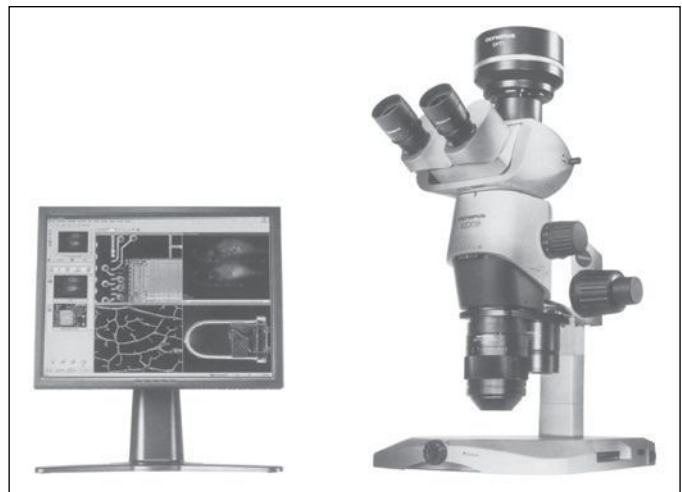
میکروسکوپ<sup>۱</sup> برگرفته از واژه های یونانی micros به معنای کوچک و skopien به معنای دیدن یا بررسی کردن است. در این فصل مراقبت و نگهداری معمول میکروسکوپ های مورد استفاده در مشاغل بالینی ارائه می شود.

میکروسکوپ ها با توجه به رنگ زمینه با اسامی متفاوت رایج در ذیل طبقه بندی می شوند:

- میکروسکوپ نوری با میدان دید شفاف
- میکروسکوپ نوری با میدان دید تیره
- میکروسکوپ نوری فلورسانس
- میکروسکوپ نوری فاکونتراست<sup>۲</sup>
- میکروسکوپ نوری تداخلی<sup>۳</sup>
- لاریزه

### تصویر میکروسکوپ

میکروسکوپ استریوسکوپ



میکروسکوپ سه بعدی: این میکروسکوپ تصویر عکس یا حجم های سه بعدی را با انطباق دو شکل روی هم امکان پذیر می سازد.

1. Microscope
2. Phase Contrast Optical Microscope
3. Interference Optical Microscope
4. Inverted Optical Microscope
5. Stereoscopic Microscope

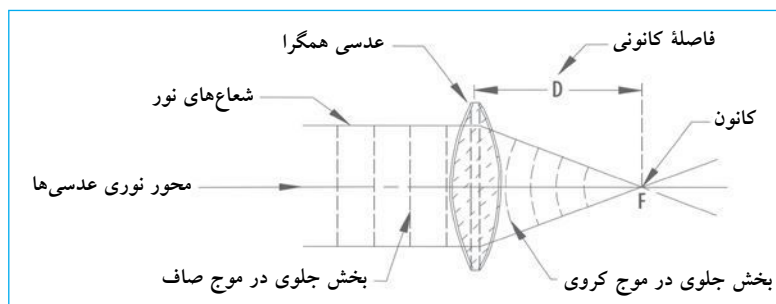


## موارد استفاده از میکروسکوپ

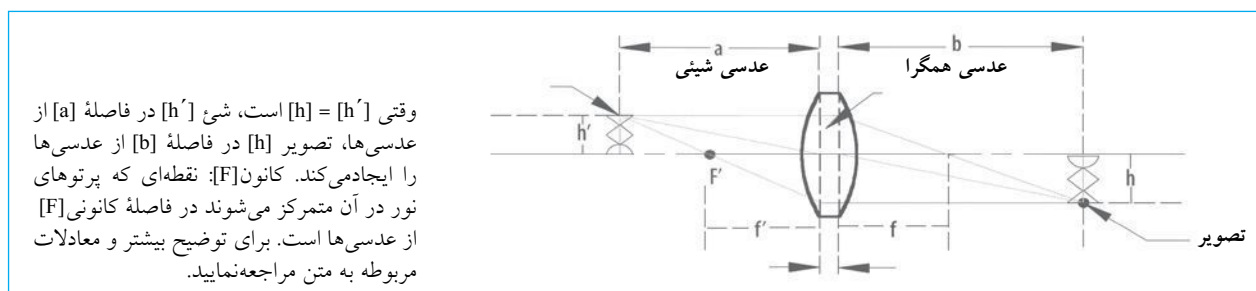
میکروسکوپ وسیله‌ای دقیق با سیستم‌های نوری نظیر (لنزها، فیلترها، منشورها، کندانسورها)؛ سیستم‌های مکانیکی کنترل‌کننده وضعیت نمونه در فضای سه‌بعدی  $X, Y, Z$ ؛ سیستم‌های الکتریکی (مبدل‌ها و منبع نور) و الکترونیکی (دوربین‌ها، ویدئو و غیره) است که تهیه تصویر از نمونه‌هایی را که با چشم غیر مسلح قابل شناسایی و رؤیت نیستند، تقویت و کنترل می‌کند. آماده‌سازی و مشاهده نمونه‌ها، باید براساس استفاده از روش‌هایی که در رؤیت جزئیات مؤثر است، باشد.

میکروسکوپ، یک وسیله تشخیصی مهم در مراقبت‌های بهداشتی، در رشته‌های تخصصی مانند خون‌شناسی، باکتری‌شناسی، انگل‌شناسی و در آموزش منابع انسانی (میکروسکوپ‌هایی با الحاقات ویژه برای دانشجویان وجود دارد تا مشاهدات خود را زیر نظر استاد مربوطه انجام دهند) است. پیشرفت‌های فنی در این زمینه، طراحی مدل‌های تخصصی‌تر میکروسکوپ‌ها را در صنعت و دانشگاه فراهم کرده است که نقشی اساسی در توسعه و پیشرفت دانش بشر و درک عمیق‌تر او از طبیعت دارد.

شکل ۴۱. لنزهای مثبت (همگرا)



شکل ۴۲. سیستم‌های نوری عَدَسِی‌های مثبت یا همگرا



## اصول عملکرد

میکروسکوپ با استفاده از خواص فیزیکی که عَدَسِی‌ها در تعامل با نور دارند، ساخته می‌شود. عَدَسِی، یک وسیله نوری از جنس شیشه است که توانایی انعکاس نور را داشته و به‌طور معمول ابعاد محاسبه‌شده سهمی (محدب) یا کروی (مقعر) را دارد. اگر پرتوهای نور در نتیجه برخورد با سطح لنز و خروج، در نقطه مشترک  $F$  همگرا شوند، عَدَسِی مثبت یا همگرا<sup>۱</sup> نام دارد و اگر عَدَسِی پرتوهای نوری را که به آن برخورد می‌کند، متفرق کند، عَدَسِی منفی یا واگرا<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. عَدَسِی‌های مثبت (همگرا) در شکل ۴۱، اجزا ساختمانی میکروسکوپ‌ها را تشکیل می‌دهند.

در شکل ۴۱، کانون  $F$  (نقطه‌ای که پرتوهای نور در آن متمرکز می‌شوند) و چگونگی شکست نور از میان لنزها قابل شناسایی است. فاصله بین عَدَسِی و کانون فاصله کانونی<sup>۴</sup>  $[D]$  نامیده می‌شود.

شکل ۴۲، نحوه عملکرد لنزها را با توجه به طراحی میکروسکوپ‌ها به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

1. Convergent
2. Divergent
3. Focus
4. Focal Distance

## فصل ۱۵ میکروسکوپ

بزرگنمایی [M] یک عدسی، به رابطه بین اندازه شیء و اندازه تصویر تشکیل شده بستگی دارد که از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$M = \frac{h}{h'} = \frac{b}{a}$$

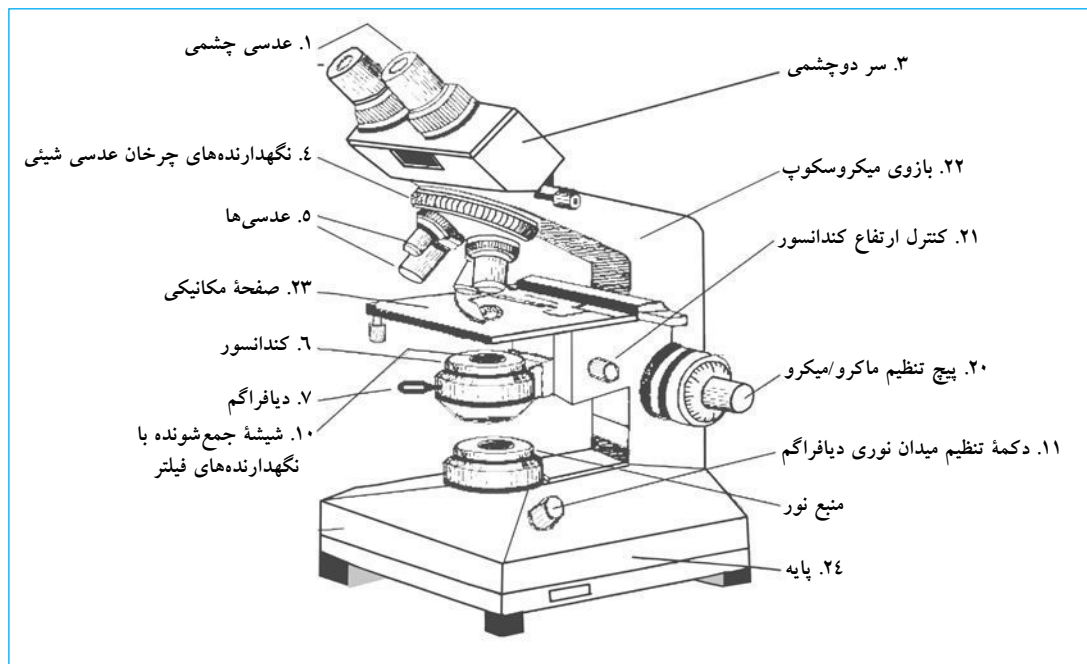
به طوری که:

[h] و [h'] ابعاد تصویر و شیء هستند؛ [a] و [b] به ترتیب فاصله بین لنز و نقطه‌ای که تصویر تشکیل می‌شود و فاصله بین لنز و نقطه‌ای که شیء قرار دارد، می‌باشند.

وقتی یک شیء نورانی [h'] در فاصله‌ای [a] در مقابل عدسی‌های همگرا قرار می‌گیرد، پرتوهای نور از لنز عبور می‌کنند و منعکس می‌شوند. پرتو نوری که از قسمت بالای شیء عبور می‌کند از محور نوری لنز در نقطه کانونی [f'] می‌گذرد. این پرتوها از طریق هر دو سطح لنز منعکس می‌شوند و از طرف دیگر موازی با محور نوری خارج می‌گردند. پرتو نوری که از قسمت بالای شیء به موازات محور نوری از میان لنز عبور کرده و منعکس شده‌است، سپس از نقطه کانونی [F] در سمت تصویر تا زمانی که اولین پرتو در فاصله [b] از لنز در جایی که تصویر تشکیل شده می‌گذرد. همانطوری که در شکل ۴۲ نشان داده شده‌است، فاصله [a] بزرگ‌تر از فاصله کانونی [f'] است، جایی که یک تصویر واقعی به صورت معکوس در فاصله [b] پشت لنز تشکیل شده‌است. فاصله کانونی [f] در معادله زیر به فاصله‌های [a] و [b] بستگی دارد:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

شکل ۴۳. نمای یک میکروسکوپ



## اجزاء

اجزای اصلی یک میکروسکوپ در جدول زیر نشان داده شده است.

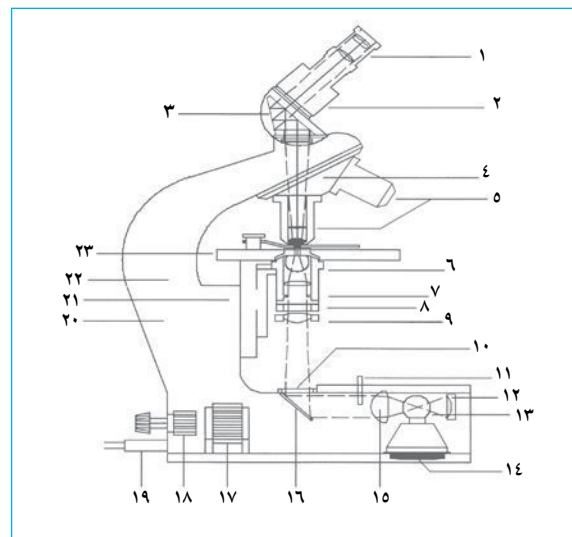
## الزامات نصب و راهاندازی

میکروسکوپ‌ها به طور معمول از برق ولتاژ ۲۲۰V-۱۱۰ و فرکانس ۶۰Hz استفاده می‌کنند. بعضی یک منبع کنترل‌کننده تنظیم شدت نور دارند. بعضی دیگر یک آینه نیز دارند که از طریق آن نور به

جدول راهنما

شماره	سیستم	شماره	اجزاء
۱	سر دو چشمی	۱	چشمی
		۲	لوله دو چشمی
		۳	سر دو چشمی
۲	نگهدارنده‌های چرخان عدسی شیئی	۴	نگهدارنده‌های چرخان عدسی شیئی
		۵	عدسی‌ها
۳	صفحه <sup>۱</sup> یا صفحه <sup>۲</sup> مکانیکی و کنداسیور	۶	کندانسور
		۷	دریچه دیافراگم
		۸	نگهدارنده‌های فیلتر
		۹	عدسی‌ها با برد وسیع
		۲۱	کنترل کندانسور
		۲۳	سطح/صفحه یا صفحه <sup>۲</sup> مکانیکی
۴	منبع نور	۱۰	شیشه جمع‌شونده بانگهدارنده‌های فیلتر
		۱۱	اهرم تنظیم میدان نوری دیافراگم
		۱۲	آینه مقعر
		۱۳	نور تابان
		۱۴	نگهدارنده نور با حلقه تنظیم
		۱۵	عدسی جمع‌کننده
۵	بدنه میکروسکوپ	۱۶	آینه
		۱۷	مبدل داخلی
		۱۸	کنترل مقاوم
		۱۹	سیم برق
		۲۰	پیچ تنظیم ماکرو/ میکرو
		۲۲	بازوی میکروسکوپ
۲۴	پایه		

شکل ۴.۴. برش عرضی یک میکروسکوپ



1. Platform

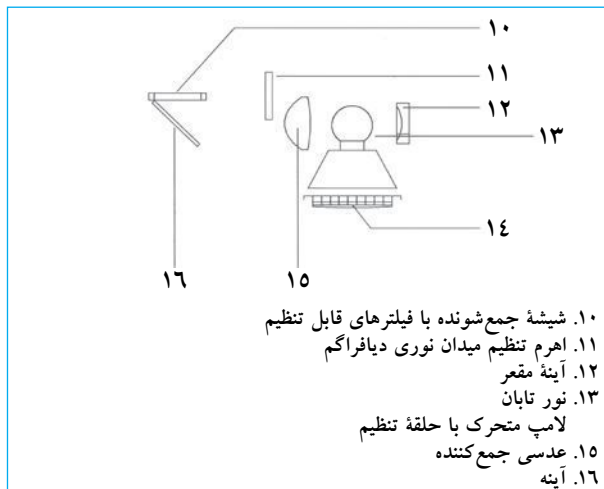
2. Mechanical stage

روی سطح خود دارند که از طریق آن نور، وارد و خارج می‌شود. اگر سطح انعکاسی آسیب ببیند، می‌توان منشور را تمیز کرد، جلا داد، دوباره رنگ و نصب کرد و در سر دو چشمی تنظیم نمود. این نوع نگهداری، بسیار پیچیده است و تنها می‌تواند توسط آزمایشگاه‌ها یا شرکت‌های تخصصی ارائه‌دهنده این خدمات انجام شود. جداکردن منشورها بدون آموزش و ابزار مناسب می‌تواند روی کیفیت تصویر اثر نامطلوب داشته باشد و حتی سبب شکسته شدن اجزا شود.

○ **آینه‌ها.** آینه‌ها دارای سطوح انعکاسی هستند که مستقیماً در معرض زنگ زدن می‌باشند. اگر تعمیر لازم است، آینه از سر دو چشمی جدا و برداشته شده و با یک آینه جدید جایگزین و مستقیماً در جایی که باید سوار شود، تنظیم می‌شود. آینه یک جزء اساسی میکروسکوپ می‌باشد. چون شدت نور و رنگ زمینه برای مشاهده نمونه، ضروری است، اگر سیستم نوری به درستی کار نکند میکروسکوپ تنظیم نیست. چند عامل روی سیستم نوری ممکن است تأثیرگذار باشند:

رایج‌ترین آنها تمیز نبودن و از بین رفتن کیفیت آینه‌ها و عدسی‌ها، لامپ‌های نامناسب است. این موارد سبب ایجاد سایه‌های کوچک در میدان دید، و کم یا غیریکنواخت شدن شدت نور می‌شوند.

شکل ۴۶. سیستم نوری



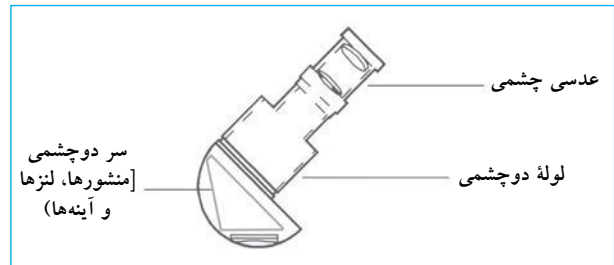
### گرد و غبار و تمیز نبودن اجزای داخلی

وقتی سیستم‌های نوری برای جلوگیری از نفوذ غبار و ذرات، درزگیری نشده باشند گرد و غبار به داخل آنها نفوذ می‌کند و سبب پخش و کاهش مقدار نور تابیده شده روی نمونه می‌شود. ذرات بزرگ با تولید سایه دید را مشکل می‌کنند. برای تصحیح، منبع روشنایی جدا، اجزای آن تمیز و دوباره سوار و تنظیم می‌شود.

3. Reflective Paint Coat

### شرح مشکلات بالقوه میکروسکوپ‌ها

شکل ۴۵. سر دوچشمی



### قطعه چشمی<sup>۱</sup>

مشکل مکرر و تأثیرگذار، امکان وجود گرد و غبار و جرم روی سطوح خارجی یا داخلی قطعه چشمی است. این غبار یا جرم، به علت ایجاد سایه با نمونه تحت بررسی تداخل می‌کند، به‌ویژه وقتی از عدسی‌ها با بزرگنمایی زیاد (۴۰X - ۱۰۰X) استفاده می‌شود. تمیز کردن سطوح خارجی برای زدودن گرد و غبار کافی می‌باشد. ولی اگر گرد و غبار در سطوح داخلی است، عدسی چشمی باید جدا، سطوح داخلی تمیز، دوباره سوار و وضعیت نهایی تأیید گردد.

ممکن است روی عدسی‌های قطعه چشمی، به‌ویژه آنهايي که برای مدت طولانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، خراش‌هایی دیده شود. این خراش‌ها به علت بی‌دقتی در فرآیند تمیز کردن و ناشی از مصرف مواد نامناسب ایجاد می‌شود. خراش‌ها، سایه‌های تار عنکبوتی و تورمانندی را در میدان دید عدسی‌های قطعه چشمی ایجاد می‌کنند. متأسفانه با این نوع آسیب‌ها، قطعه چشمی باید تعویض شود. گاهی اوقات، مکانیسم‌های کانونی اصطلاحاً گیر می‌کنند. برای تعمیر، قطعه چشمی جدا و با حلال مناسب، مکانیسم‌های کانونی تمیز و دوباره سوار می‌شود. اگر لنزهای قطعه چشمی، به‌علت کاربری نامناسب (اثرات ناشی از افتادن) شکسته باشند، باید تعویض شوند.

### سر دوچشمی<sup>۲</sup>

موقعیت سر دوچشمی در کیفیت تصویر میکروسکوپ، تأثیر مستقیم دارد و مهم‌ترین اجزای آن، منشورها و آینه‌ها است. تمیز نبودن قسمت‌های نوری، روی کیفیت تصویر تأثیرگذار است. وقتی میکروسکوپ استفاده نمی‌شود، این قسمت در آزمایشگاه در نتیجه تعویض قطعه‌های چشمی، نصب ضمائم (مانند دوربین‌ها)، یا عدم استفاده از درپوش می‌تواند کثیف شود.

○ **منشورها.** منشورها، سطوح انعکاسی «نقره‌اندود» دارند که به مرور زمان می‌توانند زنگ بزنند و توانایی انعکاس خود را از دست دهند. بعضی از منشورها فقط یک پوشش «رنگ انعکاسی»<sup>۳</sup>

1. Eyepieces
2. Binocular Head

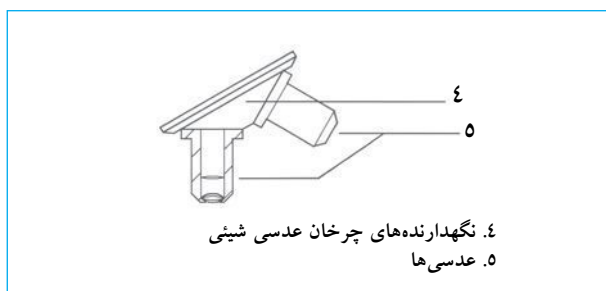
## آینه‌ها

زودوده شوند. اجزای مکانیکی را به وسیله ابزار ویژه تنظیم می‌کند و هر سازنده طراحی متفاوتی برای این کار دارد. کارهای معمول روزانه بر نظافت، تنظیم کردن و روش‌های روغن کاری تأکید دارد.

## صفحه یا نگهدارنده‌های نمونه

صفحه یا گیره نمونه، از یکسری اجزاء که به یکدیگر مرتبط هستند، تشکیل شده است. هدف استفاده از این گیره‌ها، کنترل موقعیت نمونه هنگام مشاهده است. صفحه توانایی حرکت در جهت  $X/Y$  دارد و کاربر با دکمه‌های مستقل ماکرو/ میکرو آن را کنترل می‌کند. به علاوه، این صفحه ابزاری<sup>۳</sup> دارد تا با استفاده از غلاف‌های خاص<sup>۴</sup> لاً روغن کاری شوند، حرکت لغزشی نرم و ظریفی ایجاد کند. در قسمت بالاتر آن صفحه‌ها یا گیره‌های نگهدارنده برای اسلایدها نصب شدند. برای نگهداری میکروسکوپ، این مکانیسم‌ها تمیز، روغن زده و تنظیم می‌شوند.

شکل ۴۸. گیره چرخان عدسی



۴. نگهدارنده‌های چرخان عدسی شیئی  
۵. عدسی‌ها

نگهداری گیره چرخان، ساده است و یک مکانیسم گیره داخلی دارد که اجازه می‌دهد عدسی شیئی در حال استفاده، با میکروسکوپ نوری هم‌سو و تنظیم شود. این مکانیسم به آرامی می‌چرخد تا یک سیستم گشتاوری، موقعیت صحیح عدسی بعدی را تنظیم کند. هر سازنده، تعداد عدسی‌هایی را که می‌تواند روی پایه چرخان نصب شود، مشخص می‌کند. رایج‌ترین آنها بین ۳ تا ۵ عدسی دارند. برای نگهداری، مکانیسم چرخشی نیز باید تمیز، روغن کاری و تنظیم شود.

سطوح نوری خارجی عدسی‌ها باید به‌طور معمول تمیز شوند. برای مواردی که از روغن<sup>۵</sup> برای مشاهده استفاده می‌شود، روغن پس از هر بار استفاده باید پاک شود تا از آلودگی ساختمان نوری داخل عدسی در اثر خاصیت موئینگی جلوگیری شود.

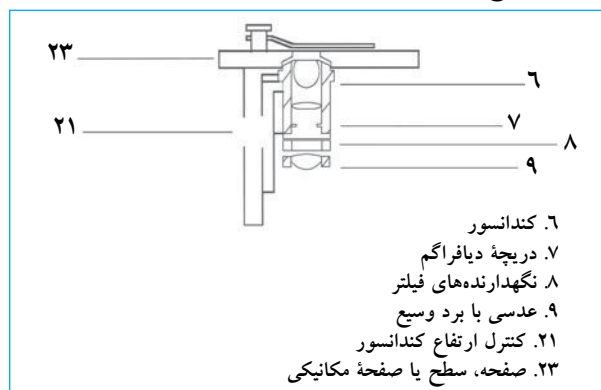
3. Tension Device  
4. Milano Tail Type Guides  
5. Immersion Type Objective

آینه‌ها یک پوشش انعکاسی روی سطوح خود دارند که در مدل‌های قدیمی‌تر، در معرض زنگ‌زدن است. در میکروسکوپ‌هایی که اخیراً ساخته شدند، یک پوشش محافظ نیز روی آینه‌ها وجود دارد.

## لامپ رشته‌ای<sup>۱</sup>

لامپ، یک جزء مصرفی با طول عمر معین است و استفاده از آن باید طوری برنامه‌ریزی شود که همیشه جایگزین داشته باشد. نصب لامپ مطابق با دستورالعمل‌های سازنده انجام می‌شود. بعضی تجهیزات نظیر میکروسکوپ نوری فلورسانس که از لامپ‌های خاص استفاده می‌کنند (نور جیوه یا گزنون) نیاز به نصب و کالیبراسیون دارند که هر چند ساده است، ولی باید مطابق با توصیه‌های سازنده انجام پذیرد. بنابراین خطاهای پیش‌بینی نشده که ممکن است روی کیفیت روشنایی تأثیر بگذارند، حذف می‌شوند. توجه به این نکته که بعضی از میکروسکوپ‌ها از مبدل‌های داخلی یا خارجی و سیستم‌های تنظیم ولتاژ استفاده می‌کنند ضروری است.

شکل ۴۷. سطح، صفحه یا صفحه مکانیکی



۶. کندانسور  
۷. دریچه دیافراگم  
۸. نگهدارنده‌های فیلتر  
۹. عدسی با برد وسیع  
۲۱. کنترل ارتفاع کندانسور  
۲۳. صفحه، سطح یا صفحه مکانیکی

## کندانسور<sup>۲</sup>

کندانسور چگونگی تمرکز نور یا نور رنگ زمینه را روی نمونه تحت مشاهده کنترل می‌کند و متشکل از اجزای نوری و مکانیکی است. اجزای نوری، عدسی‌ها و اجزای مکانیکی، قطعاتی هستند که موقعیت عدسی‌ها و مقدار نور رسیده به نمونه از میان دیافراگم مکانیکی را کنترل می‌کنند.

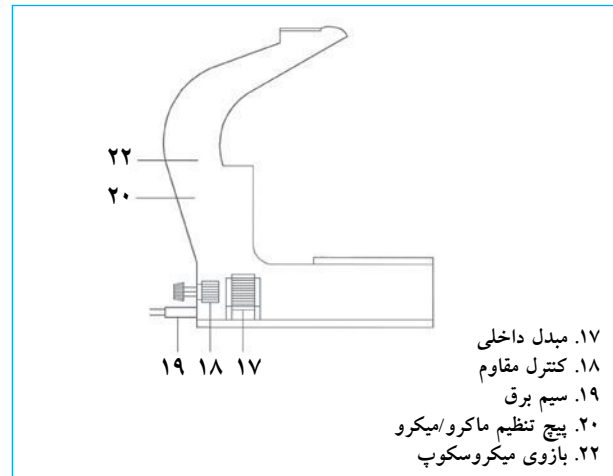
به‌طور معمول، اجزای نوری تحت تأثیر گرد و غبار قرار می‌گیرند. گرد و غبار این اجزا باید با استفاده از یک برس نرم از موی شتر،

1. Incandescent Bulb  
2. Condenser

## نصب و نگهداری

۱. اطمینان حاصل نمایید جایی که میکروسکوپ نصب می‌شود عاری از گرد و غبار و رطوبت است. به‌طور ایده‌آل، باید سیستم تهویه هوا وجود داشته‌باشد که هوای بدون گرد و غبار و ذرات، دما و رطوبت کنترل‌شده را تأمین نماید.
۲. اطمینان حاصل نمایید که محل نگهداری ایمن است، داشتن محلی با در قفل‌دار برای جلوگیری از استفاده غیر مجاز لازم می‌باشد.
۳. از اینکه مکان میکروسکوپ، دور از منبع آب یا محل نگهداری مواد شیمیایی است مطمئن شوید. همچنین از مکان‌های دارای نور مستقیم خورشید باید اجتناب شود.
۴. اطمینان حاصل نمایید که محل انتخاب‌شده، پریز برق سازگار با سیستم نوری میکروسکوپ دارد. همچنین پریز باید در شرایط مطلوب و ولتاژ تنظیم‌شده و متناسب با استاندارد کدهای الکتریکی باشد. اگر میکروسکوپ از آینه استفاده می‌کند، محل نصب باید نزدیک پنجره‌ای باشد که روشنایی خوب دارد، اما نباید مستقیماً در معرض نور خورشید باشد.
۵. میکروسکوپ را روی یک سطح تراز محکم نصب کنید که در زیر آن فضای کافی برای قرارگرفتن پایه‌های کاربر وجود داشته‌باشد. بدن کاربر باید نزدیک به میکروسکوپ و سرش نزدیک به قطعه‌های چشمی بدون آنکه ستون فقرات گردنی و پشتی خم شوند.
۶. برای تسهیل وضعیت کاری کاربر، یک صندلی با ارتفاع قابل تنظیم و محافظ پشت مناسب تهیه نمایید. اگر محافظ پشت وجود ندارد محافظی برای پاها تهیه کنید و آن را مقابل فضای کار(نه روی صندلی) قرار دهید. هدف از این کار، راست شدن ستون فقرات تا حد امکان و کاهش خمیدگی شانه‌ها و گردن است.
۷. از قراردادن میکروسکوپ نزدیک دستگاهی که لرزش تولید می‌کند نظیر سانتریفوژ یا یخچال، خودداری کنید.
۸. سعی کنید میکروسکوپ را از محل نصب آن حرکت ندهید، به‌ویژه اگر هر روز، از آن زیاد استفاده می‌شود.
۹. اگر از میکروسکوپ برای مدت طولانی استفاده نمی‌کنید با پوشش محافظ گرد و غبار آن را بپوشانید و پیشگیری‌هایی به عمل آورید تا تحت تأثیر رطوبت اضافی قرارنگیرد. هر چه محیط اطراف خشک‌تر باشد، احتمال رشد قارچ کمتر خواهد بود. محافظ می‌تواند پلاستیک یا پارچه‌ای و با کیفیت مشابه دستمال‌های بدون پرز باشد.
۱۰. در مناطقی که رطوبت بالایی دارند، میکروسکوپ را درون جعبه یا کابینتی که دارای لامپی بیش از ۴۰ وات نیست و در طول شب روشن می‌شود، نگهدارید. این کار به خشک نگهداشتن محل نگهداری و کاهش احتمال رشد قارچ کمک می‌کند. اگر از این توصیه استفاده می‌کنید از وجود روزهایی در جعبه برای برقراری تهویه داخل اطمینان حاصل نمایید.

شکل ۴۹: بدنه میکروسکوپ



بدنه میکروسکوپ برای پشتیبانی اجزایی که پیش از این شرح داده شده‌است (سر دو چشمی، پایه مکانیکی، کندانسور و گیره عدسی‌های چرخان، سایر اجزا نظیر مبدل و اجزای الکتریکی/الکترونیکی سیستم نوری میکروسکوپ) طراحی می‌شود.

نگهداری بدنه میکروسکوپ شامل تمیز نگهداشتن سطح، پاک کردن و زدودن گرد و خاک، یا عوامل مؤثر بر مشاهده و وضعیت آن است. لازم است به مواد شیمیایی خورنده مانند برخی لایدها در آزمایشگاه‌ها

توجه ویژه شود.

## نگهداری عمومی میکروسکوپ

علاوه بر نکات اشاره‌شده، تأکید می‌شود که میکروسکوپ دستگاه بسیار دقیق و ظریفی است. به‌منظور سالم نگهداشتن بخش‌های نوری و نگهداری میکروسکوپ در بهترین شرایط، اجزای مکانیکی و الکتریکی میکروسکوپ باید حفظ شوند. هر قسمت از میکروسکوپ با استفاده از پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌ها تولید شده‌است و سوارکردن قطعات و تنظیم آن در کارخانه با استفاده از تجهیزات خاص انجام می‌شود. در طی این مراحل، محدوده خطای مجاز بخش‌های مختلف دستگاه، از طریق تکنولوژی‌های پیشرفته کاملاً کنترل می‌شود. تمیزکردن محل میکروسکوپ، نصب و استفاده دقیق از آن، برای داشتن عمر کاربری طولانی لازم است. رطوبت، گرد و غبار و شرایط نامناسب برق، استفاده نادرست، یا نصب نامناسب در نگهداری میکروسکوپ، اثر نامطلوب دارد. نگهداری میکروسکوپ مستلزم توجه و شکیبایی زیادی است. این کار فقط باید توسط پرسنل کارآموزده، با استفاده از وسایل ویژه انجام شود. توصیه‌های کلی در زیر ارائه شده‌است. این توصیه‌ها برای نصب و نگهداری میکروسکوپ در شرایط کاری مطلوب لازم است.

## روش‌های تمیز کردن میکروسکوپ

تمیز کردن میکروسکوپ یکی از مهم‌ترین کارهای ضروری معمول می‌باشد. مواد زیر برای این منظور مورد نیاز است:

۱. یک تکه پارچه تمیز مانند دستمال.
۲. یک شیشه محلول تمیزکننده لنز که می‌توان از عینک فروشی‌ها تهیه کرد. به‌طور کلی این محلول روی روکش محافظ لنزها و یا چسب مورد استفاده در مونتاژ آنها تأثیرگذار نیست. در میان محلول‌های تمیزکننده‌ای که زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند، اتیل‌اتر<sup>۱</sup>، گزیلن<sup>۲</sup> و بنزین سفید<sup>۳</sup> توصیه می‌شوند.

**هشدار:** بعضی از سازندگان، استفاده از الکل یا استون را توصیه نمی‌کنند چون این مواد می‌توانند روی چسب مورد استفاده برای اتصال لنزها تأثیرگذار بوده و یا آن را حل کنند.

۳. کاغذ لنز که معمولاً از عینک فروشی‌ها می‌توان تهیه کرد. اگر تهیه آن ممکن نیست، می‌توان از کاغذ جاذب نرم یا پنبه نرم پزشکی استفاده کرد. همچنین از یک تکه پارچه ابریشم نرم نیز می‌توان استفاده کرد.

۴. یک تکه دستمال چرمی خیلی نازک که می‌توان از فروشگاه‌های فروش کفش تهیه نمود.

۵. حباب لاستیکی برای دمیدن هوا. این وسیله را می‌توان در آزمایشگاه با اتصال یک پی‌پت پاستور به حباب لاستیکی ساخت.

۶. روکش پلاستیکی برای حفاظت میکروسکوپ از محیط پیرامون زمانی که از آن استفاده نمی‌شود. از یک محافظ پارچه‌ای با بافت مشابه با دستمال نیز می‌توان استفاده نمود.

۷. یک برس نرم از موی شتر یا یک قلم‌موی نرم نقاشی. بهتر است موی برس، طبیعی، با طول یکنواخت و بافت خیلی نرم، خشک، و فاقد روغن باشد. احتمالاً در فروشگاه‌های عکاسی می‌شود آن را تهیه نمود. همچنین ممکن است ابزار مشابهی در فروشگاه‌های لوازم آرایش پیدا کرد.

۸. یک بسته ۲۵۰ گرمی سیلیکا ژل<sup>۴</sup>. این ژل برای کنترل رطوبت در جعبه نگهداری میکروسکوپ که فاقد منفذ است به کار می‌رود. وقتی با رطوبت اشباع شود، تغییر رنگ می‌دهد که نمایانگر زمان جایگزینی یا تجدید آن است. سیلیکا ژل وقتی در شرایط خوبی است، عموماً رنگ آبی دارد و وقتی با رطوبت اشباع شد صورتی می‌شود.

۹. لامپ‌ها و فیوزهای جایگزین. باید مدلی مشابه آنچه که توسط سازنده نصب شده است، داشته‌باشند یا مشخصات یکسانی را دارا باشند.

**نکته:** همه مواد لازم برای تمیز کردن، باید پاکیزه و در جعبه‌هایی که آنها را از محیط خارج محافظت می‌کنند، نگهداری شوند.

## تمیز کردن اجزای نوری

در میکروسکوپ دو نوع جزء نوری وجود دارد: اجزای خارجی در تماس با محیط خارج و اجزای داخلی که درون بدنه میکروسکوپ قرار دارند و محافظت نیز می‌شوند (عدسی‌های چشمی و شیئی، آینه‌ها، منشورها، کندانسور، منبع نور و غیره). هر چند روش‌های تمیز کردن، مشابه است، ولی از لحاظ مراقبت و موارد احتیاط با هم فرق می‌کنند.

۱. سطوح اجزای نوری خارجی قطعات چشمی، شیئی، کندانسور و منبع نوری به آرامی با برس زدن روی سطوح تمیز می‌شوند. این کار، ذرات غبار را می‌زداید. حباب لاستیکی برای دمیدن هوا روی سطح لنزها و برای اطمینان از عدم وجود گرد و غبار به کار می‌رود. اگر گرد و غبار روی سطح نوری باشد، از یک تکه دستمال تمیز نرم با حرکات چرخشی و بدون ایجاد فشار زیاد روی لنزها استفاده می‌شود و با حباب لاستیکی، دوباره برای حذف ذرات روی لنزها هوا دمیده می‌شود. از یک تکه دستمال چرمی نرم نیز می‌توان برای این منظور استفاده نمود. در این صورت، دستمال چرمی را در انتهای یک شیء استوانه‌ای کوچک با قطری کمتر از قطر لنزها قرار داده و بدون اعمال فشار زیاد روی سطح لنز بچرخانید. در نهایت هوا روی سطح لنز اسپری می‌شود. تمیز کردن سطوح خارجی کافی است. دستمال چرمی را در صورت نیاز می‌توان با آب مقطر مرطوب نمود.

۲. تحت شرایط یکسان نصب، اجزای نوری داخلی نباید با گرد و غبار یا ذرات آلوده شوند. اگر بنا به دلایلی، ذراتی وجود دارد، لازم است جهت تمیز کردن میکروسکوپ، اجزای آن را باز نمود. اگر فضای محیط کار تمیز نیست هرگز نباید قطعات چشمی و شیئی را باز کرد. در صورت نیاز به تمیز کردن عدسی چشمی، آن را با یک برس و اسپراتور مطابق با روشی که پیش از این شرح داده شده است، تمیز نمایید. توصیه می‌شود عدسی‌های شیئی را به هر دلیلی باز نکنید. این کار می‌تواند محدوده خطای مجاز به دست آمده توسط سازنده را تغییر دهد. اگر لازم است عدسی‌ها باز شوند، مجدد باید تنظیم گردند و این زمانی عملی است که از دستورالعمل‌های سازنده به‌طور کامل پیروی شود. تمیز کردن عدسی‌های شیئی به تمیز نگهداشتن جلو و پشت لنزها محدود می‌شود.

۳. اگر باقی‌مانده روغن ایمرسیون، روی سطح لنزها دیده می‌شود با استفاده از کاغذ لنز یا پنبه پاک کنید. سپس سطح لنز را با محلول ۸۰٪ اترا<sup>۵</sup> و ۲۰٪ پروپانول<sup>۶</sup> تمیز نمایید.

5. Ether Petroleum

6. 2-Propanol

1. Ethyl Ether

2. Xylene

3. White Gasoline

4. Desiccant (Silica Gel)

۶. میکروسکوپ را در محیط‌های مرطوب، در داخل جعبه نگهداری نکنید.
۷. از فشار آوردن عدسی شیئی روی اسلاید اجتناب کنید، این کار لامل<sup>۲</sup> یا لنز جلو آسیب برساند. فاصله کانونی را به آرامی و به دقت تنظیم کنید.
۸. سطح یا صفحه مکانیکی را تمیز نگه دارید.
۹. اجزای نوری را باز و جدا نکنید این کار می‌تواند تنظیمات را تغییر دهد. سطوح نوری باید ابتدا با برس موی شتر و سپس با دستمال چرمی یا کاغذ لنز تمیز شوند.
۱۰. برای برداشتن میکروسکوپ از دو دست استفاده کنید، به طوری که یک دست بازوی میکروسکوپ و دیگری پایه آن را حمایت کند.
۱۱. به هنگام تعویض لامپ، از لمس سطح آن با انگشتان خودداری کنید. اثر انگشتان، شدت نور را کاهش می‌دهد.
۱۲. به منظور افزایش عمر لامپ از وجود ولتاژ صحیح اطمینان حاصل نمایید. هر زمان که ممکن است، از کمترین شدت نور مورد نیاز برای مشاهده، استفاده نمایید.
۱۳. اگر ولتاژ، پایدار و یکنواخت نیست، میکروسکوپ را به یک تثبیت‌کننده ولتاژ وصل نمایید.

### مراقبت ویژه در شرایط آب و هوایی گرم

- در آب و هوای گرم و نیز آب و هوای خشک، مشکل اصلی گرد و غبار است چون بر سیستم‌های مکانیکی و نوری اثر می‌گذارد.
۱. وقتی از میکروسکوپ استفاده نمی‌کنید همیشه با یک روکش لاستیکی آن را بپوشانید.
  ۲. بعد از استفاده، یا دمیدن هوا با استفاده از اسپراتور، میکروسکوپ را تمیز کنید.
  ۳. لنزها را با برس موی شتر یا با یک قلم‌مو تمیز کنید. اگر گرد و غبار به سطوح نوری چسبیده است، سعی کنید آن را با کاغذ لنز تمیز نمایید. سطح را خیلی آرام پاک کنید تا از ایجاد خراش جلوگیری شود.

### مراقبت ویژه برای جلوگیری از رشد قارچ در شرایط آب و هوایی مرطوب

در شرایط آب و هوایی مرطوب و عموماً گرم، رشد قارچ روی سطوح لنزها، در شیار پیچ‌ها و زیر رنگ محافظ می‌تواند عملکرد میکروسکوپ را تحت تأثیر قرار دهد. اگر از میکروسکوپ به طور مناسب محافظت نشود، در عرض مدت کوتاهی غیرقابل استفاده خواهد شد. مراقبت‌های زیر در جلوگیری از رشد قارچ مؤثر است.

### تمیز کردن بدنه میکروسکوپ

۱. بدنه میکروسکوپ را می‌توان با محلول شوینده برای از بین بردن آلودگی، روغن و چربی خارجی تمیز نمود. این کار باید با یک برس کوچک انجام شود و بعد از پاک کردن، بدنه میکروسکوپ باید با محلول ۵۰/۵۰ آب مقطر و اتانول ۹۵٪ تمیز شود.
- نکته:** این محلول برای تمیز کردن سطوح نوری مناسب نیست.
۲. تمام اجزا در مکانیسم‌های تنظیم پیچ ماکرو/ میکرو، کندانسور و سطح یا صفحه باید به طور مرتب با روغن تصفیه‌شده ماشین<sup>۱</sup> برای تسهیل حرکت، روغن کاری شوند.

### نگهداری میکروسکوپ

- مهم‌ترین مراحل نگهداری میکروسکوپ در شرایط کاری مناسب به شرح زیر است:
۱. از تنظیم بودن صفحه مکانیکی اطمینان حاصل نمایید. صفحه باید به آرامی در تمام جهات (X-Y) حرکت کند و در وضعیت انتخاب‌شده توسط کاربر باقی بماند.
  ۲. مکانیسم تنظیم فاصله کانونی را امتحان کنید. فاصله کانونی انتخاب‌شده توسط کاربر میکروسکوپ باید ثابت باقی بماند. ارتفاع نباید از آنچه که توسط کاربر میکروسکوپ تعیین شده، تغییر کند.
  ۳. عملکرد دیافراگم را کنترل کنید.
  ۴. همه اجزای مکانیکی را تمیز نمایید.
  ۵. میکروسکوپ را مطابق با توصیه‌های سازنده روغن کاری کنید.
  ۶. تنظیم بودن گیره نگهدارنده نمونه را کنترل کنید.
  ۷. تنظیم بودن اجزای نوری را کنترل نمایید.

### اقدامات پیشگیرانه

۱. چون اتانل روی اجزای نوری اثر می‌کند از آن برای تمیز کردن استفاده ننمایید. همچنین پایه صفحه مکانیکی را با گزیلن یا استون تمیز نکنید.
۲. از کاغذ معمولی برای تمیز کردن لنزها استفاده نکنید، چون می‌تواند روی سطوح خراش ایجاد کند.
۳. برای جلوگیری از باقی ماندن اثر انگشت، لنزها را با انگشتان لمس نکنید.
۴. لنزهای قطعه چشمی یا شیئی را با پارچه یا کاغذ تمیز نکنید، چون پوشش محافظ اجزای نوری ممکن است کیفیت خود را از دست بدهد. این سطوح را با برس موی شتر یا دمیدن هوا با یک اسپراتور تمیز کنید.
۵. از رها کردن میکروسکوپ بدون قطعات چشمی اجتناب کنید. برای اجتناب از نفوذ گرد و غبار و ذرات روی سطوح، درپوش‌ها را روی عدسی‌ها قرار دهید.

1. Refined Machine Oil  
2. Lamina



۳. وقتی رشته‌های قارچ به‌طور کامل زدوده‌شد، با یک تکه کوچک پنبه نو، آن را تمیز نمایید.

### مراقبت از میکروسکوپ

#### تواتر: روزانه (بعد از استفاده)

۱. روغن ایمرسیون را از روی عدسی ۱۰۰X پاک کنید. از کاغذ لنز، یا اگر در دسترس نیست، از پنبه استفاده‌نمایید.
۲. نگهدارنده نمونه را تمیز کنید.
۳. کندانسور را تمیز کنید.
۴. مقاوم کنترل شدت نور را در پایین‌ترین حد قرار دهید و سپس سیستم نوری را به‌طور کامل خاموش کنید.
۵. میکروسکوپ را با یک روکش پلاستیکی یا پارچه‌ای بپوشانید. اطمینان حاصل نمایید که میکروسکوپ در یک مکان دارای تهویه مناسب، با کنترل رطوبت و دما، نگهداری می‌شود. اگر تهویه جعبه نگهداری برقرار است و یک لامپ برای کنترل رطوبت وجود دارد، میکروسکوپ را داخل آن قرار داده، لامپ را روشن و در جعبه را ببندید.

#### تواتر: هر ماه

۱. ذرات گرد و غبار را از بدنه میکروسکوپ پاک کنید. برای این کار از یک تکه دستمال مرطوب با آب مقطر استفاده‌نمایید.
۲. ذرات گرد و غبار را از روی قطعات چشمی، عدسی شیئی، و کندانسور پاک کنید. از حباب پلاستیکی برای دمیدن هوا استفاده‌کنید. سپس سطح عدسی‌ها را با محلول تمیزکننده لنز تمیز نمایید. این محلول را به‌طور مستقیم روی لنزها استفاده‌نکنید، بلکه روی کاغذ لنز ریخته و سپس سطح آن را به آرامی با کاغذ مرطوب پاک کنید.
۳. مکانیسم گیره نگهدارنده اسلاید را بردارید، به دقت تمیز و دوباره نصب کنید.

#### تواتر: هر ۶ ماه

- برای تکمیل روند نگهداری ماهانه، موارد ذیل توصیه می‌شود:
۱. میکروسکوپ را با چشم بررسی کنید. اطمینان حاصل نمایید که هر یک از اجزا، در شرایط مطلوب بوده، و از نظر مکانیکی تنظیم شده‌است.
  ۲. اطمینان حاصل نمایید که شرایط تهویه مناسب، کنترل دما و رطوبت در مکان نصب رعایت می‌شود.
  ۳. از کیفیت سیستم الکتریکی میکروسکوپ اطمینان حاصل نمایید. بی‌نقص بودن رابط‌ها، فیوزها و لامپ رشته‌ای را تأیید‌نمایید.

۱. شب‌ها، میکروسکوپ را در یک جعبه مجهز به لامپ برق که قدرت آن بیش از ۴۰ وات نباشد، نگهداری کنید. لامپ باید در قسمت بالایی جعبه نزدیک سر دو چشمی نصب و در طول شب روشن نگهداشته‌شود. جعبه جهت گردش هوا، باید تعدادی روزنه داشته‌باشد و دما در داخل جعبه نباید بیش از ۵۰°C باشد، تا بر روغن موجود در میکروسکوپ اثر نکند.
۲. اگر امکان استفاده از یک جعبه با لامپ برق وجود ندارد، به‌عنوان جایگزین می‌توان از ماده خشک‌کننده مثل سیلیکا ژل یا برنج استفاده کرد. وقتی از این مواد استفاده می‌شود، از اینکه میکروسکوپ در یک جعبه محافظ یا زیر روکش محافظ پارچه‌ای مانند دستمال، نگهداری می‌شود اطمینان حاصل نمایید. همچنین ماده خشک‌کننده باید در شرایط مطلوب باشد. در غیر این صورت آن را تعویض نمایید.
۳. میکروسکوپ را به‌طور مرتب تمیز کنید. اگر لنزها با دست تماس دارند، از دستکش لاتکس استفاده کنید. این کار از باقی ماندن هرگونه اثر انگشت جلوگیری کرده و خطر رشد قارچ را کاهش می‌دهد.
۴. اگر هیچ کدام از جایگزین‌های بالا عملی نیست، میکروسکوپ را در مکانی با تهویه مناسب قرار دهید. وقتی از میکروسکوپ استفاده نمی‌شود، می‌توان آن را برای مدت کوتاه زیر نور مستقیم خورشید قرارداد. این کار رطوبت و خطر رشد قارچ روی سطوح مختلف دستگاه را کاهش می‌دهد.
۵. تهویه مطبوع (کنترل دما و رطوبت) به‌طور قابل ملاحظه‌ای از رشد قارچ روی میکروسکوپ جلوگیری می‌کند. هر چند که برای تعداد زیادی از آزمایشگاه‌ها، چنین انتخابی وجود ندارد. اگر تهویه مطبوع در محلی که میکروسکوپ نصب شده‌است، برقرار نیست، باید برای کنترل رطوبت، تمهیداتی در نظر گرفته‌شود.

### پاک و تمیز کردن رشته‌های قارچ

۱. با استفاده از روش‌های ذکر شده در این فصل، به‌طور مرتب میکروسکوپ را تمیز نمایید. مقدار رطوبت را در جایی که میکروسکوپ نگهداری می‌شود، کنترل کنید. اگر تهویه کافی وجود داشته‌باشد، احتمال رشد قارچ روی میکروسکوپ کاهش می‌یابد.
۲. اگر قارچ رشد کرده‌است، از پنبه‌ای که به محلول ضدقارچ، اتر یا گزین<sup>۱</sup> آغشته شده‌است، استفاده‌نمایید. پنبه را به آرامی و با حرکت چرخشی روی سطح لنز بمالید. از حرکت به سمت جلو و عقب یا چپ و راست و با اعمال فشار کم روی سطح لازم شد، مراحل فوق را با یک تکه پنبه نو تکرار نمایید.

1. Xylol (Xylene)

جدول مشکل یابی		
سیستم نوری		
مشکل	علت محتمل	راه حل
سیستم نوری کار نمی کند.	سیم برق قطع شده است.	جریان الکتریکی را برقرار نمایید.
	فیوز حفاظتی سوخته است.	فیوز را تعویض کنید.
	لامپ سوخته است.	لامپ را تعویض کنید. مطمئن شوید به خوبی تنظیم شده است.
	سوئیچ نوری خراب است.	سوئیچ را تعویض کنید.
سیستم نوری، نور یکنواخت تولید نمی کند.	سیستم الکتریکی، خطای ولتاژ نشان می دهد.	سیستم الکتریکی را کنترل و تعمیر کنید. میکروسکوپ را به تثبیت کننده ولتاژ وصل کنید.
	سیم رابط میکروسکوپ به پرز، شل است.	دو شاخه را به پرز وصل کنید. اگر هر یک از اجزاء خراب است آن را تعویض کنید.
	لامپ بد نصب شده است و به خوبی تماس برقرار نمی کند.	لامپ را دوباره نصب کنید.
	لامپ، لکه های فلزی یا سیاه وجود دارد.	لامپ را تعویض کنید.
نور یکنواخت به نمونه نمی رسد.	منع نور در مرکز قرار نگرفته است.	تنظیم کندانسور را تصحیح نمایید.
	عدسی شیئی به خوبی در مرکز قرار نگرفته است.	به آرامی نگهدارنده عدسی شیئی را بچرخانید تا تنظیم آن تصحیح شود.
نوررسانی به نمونه، ضعیف است.	دیافراگم <sup>۱</sup> تقریباً بسته است.	دیافراگم را باز کنید تا نور مناسب تأمین شود.
	کندانسور خیلی پایین است.	کندانسور را نزدیک تر بیاورید.
	لنزهای کندانسور، گرد و غبار و رشد قارچ نشان می دهند.	کندانسور را تمیز کنید. گرد و غبار را با یک برس پاک کنید. قارچ را با محلول تمیزکننده لنز بزدابید.
کتراست بیش از حد روی تصویر وجود دارد.	دیافراگم کندانسور تقریباً بسته است.	دیافراگم را کمی باز کنید.
تصویر بیش از حد روشن و شفاف است.	دیافراگم بیش از حد باز است.	دیافراگم را کمی ببندید.

سیستم چشمی / مکانیکی		
مشکل	علت محتمل	راه حل
صفحه مکانیکی در موقعیت ثابت باقی نمی ماند تصویر مرتب از کانون خارج می شود.	پیچ تنظیم صفحه مکانیکی شل شده است.	پیچ پایه مکانیکی را تنظیم کنید.
صفحه مکانیکی نمی تواند تا بیشترین حد بالا برود.	صفحه مکانیکی در سطح خیلی پایین قفل شده است.	مکانیسم قفل صفحه مکانیکی را شل کنید. سطح مورد نظر را تنظیم نمایید. مکانیزم قفل صفحه را دوباره تنظیم کنید.
کیفیت تصویر با عدسی شیئی 40X ضعیف است.	در سطح لنزها قارچ رشد کرده است.	قارچ را با استفاده از محلول تمیزکننده بزدايید. از دستورالعمل سازنده پیروی نمایید
	لنزها آسیب دیده اند.	عدسی شیئی را کنترل کنید. اگر خراشیدگی یا شکستگی نشان می دهند، آن را تعویض نمایید.
	لنزها به طور تصادفی با روغن ایمرسیون آغشته شدند.	روغن را با دقت با استفاده از کاغذ لنز پاک کنید.
عدسی شیئی ایمرسیون، تصویر واضحی نمی دهد.	عدسی شیئی، بدون روغن ایمرسیون استفاده می شود.	روی اسلاید، روغن ایمرسیون اضافه نمایید.
	روغن ایمرسیون، ضریب شکست پایینی دارد.	از روغنی با کیفیت مناسب استفاده کنید.
	روغن ایمرسیون به داخل عدسی نفوذ کرده است.	سطح خارجی لنزها را با کاغذ لنز تمیز کنید. اگر مشکل حل نشد عدسی را برای تعمیر به یک آزمایشگاه تخصصی بفرستید (عدسی ها را جدا و تمیز کنید، کابل های رابط را تعویض کنید، دوباره تنظیم و سوار کنید).
گرد و غبار و آلودگی در میدان دید مشاهده می شود.	روی لنزهای منبع نور، گرد و غبار وجود دارد.	ذرات گرد و غبار را با برس نرم (موی شتر) پاک کنید.
	گرد و غبار روی لنز کندانسور وجود دارد	ذرات گرد و غبار را با برس نرم (موی شتر) پاک کنید.
	گرد و غبار روی قطعه چشمی وجود دارد.	ذرات گرد و غبار را با برس نرم (موی شتر) پاک کنید.

### تعاریف پایه

استون<sup>۱</sup> مایع بی‌رنگ، قابل اشتعال، قابلیت مخلوط شدن با آب، حلال مورد استفاده برای تعداد زیادی از مواد آلی است. نقطه جوش: ۵۶°C، و فرمول شیمیایی آن:  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$  است.

**دیافراگم**، وسیله‌ای که عبور نور را به داخل میکروسکوپ کنترل می‌کند. دو نوع دیافراگم وجود دارد: دیافراگم دریچه‌ای<sup>۲</sup> که زاویه دریچه در میکروسکوپ را تنظیم می‌کند و دیافراگم میدان دید<sup>۳</sup> که اندازه تصویر را تنظیم می‌کند. هدف استفاده از دیافراگم‌ها در میکروسکوپ‌های نوری، جلوگیری از عبور پرتوهای نور با انحراف شدید و رسیدن آن به سطح تشکیل تصویر و همچنین برای اطمینان از توزیع مناسب نور روی نمونه و مکان تصویر است.

**اتانول**، لال صنعتی، برای مثال در صنعت دارویی کاربرد دارد. همچنین چگالی  $0.789 \text{ g/cm}^3$ ، نقطه جوش  $78.3^\circ\text{C}$  و فرمول شیمیایی  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  را دارد.

لالیت کم در آب دارد، و فرار قابل اشتعال است. نقطه جوش آن  $35^\circ\text{C}$  و فرمول شیمیایی آن  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$  است.

**قطعه چشمی**<sup>۴</sup> مجموعه‌ای از عدسی که کاربر به واسطه آن تصویر را مشاهده می‌کند (تصویر واقعی یا مجازی، بسته به ارتباطی که بین سایر لنزهای میکروسکوپ وجود دارد).

**عمق میدان دید**<sup>۵</sup> تراکم نمونه در حد معینی از کانون که به میزان قابل قبولی واضح باشد.

**میدان دید**<sup>۶</sup> سطح یا مقطعی که هنگام استفاده از میکروسکوپ دیده می‌شود. این سطح، با افزایش قدرت بزرگنمایی کم می‌شود. قطر میدان دید، روی صفحه میانی تصویر، با واحد میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. میدان دید در میکروسکوپ نوری در یک بزرگنمایی خاص، به صورت قطر آن به میلی‌متر یا به سادگی با یک عدد بیان می‌شود.

**کانون**<sup>۷</sup> نقطه‌ای که در نتیجه انکسار نور، شعاع‌های نوری که از میان عدسی عبور می‌کنند، در آن متمرکز می‌شوند. اگر شعاع‌های نور در یک نقطه همگرا شوند، عدسی مثبت و کانون، واقعی است، اگر شعاع‌های نور واگرا شوند، عدسی منفی و کانون، مجازی است.

**عمق کانون**<sup>۸</sup> دامنه‌ای که سطح تصویر را می‌توان با حفظ وضوح، حرکت داد.

**دریچه دیافراگم (NA)**<sup>۹</sup> لاً مقدار عددی روی بدنه عدسی نوشته می‌شود. مقادیر بزرگ‌تر به تعداد بیشتری از شعاع‌های مایل نور، اجازه عبور از لنز عدسی شیئی را می‌دهد و سبب وضوح بیشتر تصویر می‌شود. از نظر ریاضی به این صورت بیان می‌شود:

$$NA = n \sin(\phi)$$

که:

NA: دریچه دیافراگم

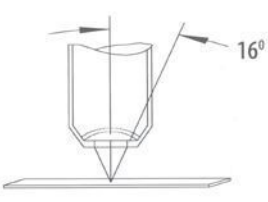
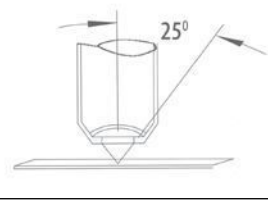
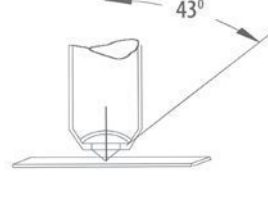
n: ضریب شکست (n=۱ هوا و n=۱/۵۲ روغن ایمرسیون)

$\phi$ : زاویه دریچه. هر چه زاویه بزرگ‌تر باشد، وضوح و دریچه دیافراگم بیشتر است.

**پروپانول**. ایزو پروپانول نیز نامیده می‌شود و از افزودن آب به مولکول پروپیلن حاصل می‌شود. به عنوان حلال و نیز در تهیه استون کاربرد دارد. نقطه جوش آن  $83^\circ\text{C}$  و فرمول شیمیایی آن:  $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$  است.

**دامنه بزرگنمایی مفید**<sup>۱۰</sup>. دامنه بزرگنمایی مفید عدسی شیئی / عدسی چشمی به وسیله اندازه دریچه دیافراگم تعیین می‌شود. برای مشاهده جزئیات یک تصویر، حداقل بزرگنمایی بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر اندازه دریچه دیافراگم عدسی شیئی مورد نیاز است.

$$[NA] \times (1000) \text{ تا } [NA] \times (500) = \text{قابل قبول RUM}$$

دریچه دیافراگم	بیان ریاضی
	$NA = n \times \sin \phi$ $0.27 = 1 \times \sin(16^\circ)$ بزرگنمایی تقریباً ۱۰x
	$NA = n \times \sin \phi$ $0.42 = 1 \times \sin(25^\circ)$ بزرگنمایی تقریباً ۲۰x
	$NA = n \times \sin \phi$ $0.68 = 1 \times \sin(43^\circ)$ بزرگنمایی تقریباً ۴۰x

- |                       |                    |                       |                                   |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Aceton             | 4. Eyepiece        | 7. Focus              | 10. Range of Useful Magnification |
| 2. Aperture Diaphragm | 5. Field Depth     | 8. Focus Depth        |                                   |
| 3. Field Diaphragm    | 6. Field of Vision | 9. Numerical Aperture |                                   |

لاً با حرف [n] یا [n'] در ادبیات فنی یا در

ضریب شکست.<sup>۱</sup>

لات ریاضی نشان داده می‌شود.

لایده یا نمونه خاص. از میان عواملی که بیشترین تأثیر را برای دستیابی به یک وضوح خوب دارند، اندازه دریچه

وضوح.<sup>۲</sup>

دیافراگم، نوررسانی، تصحیح انحراف و نوع کندانسور است. وضوح یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های میکروسکوپ است.

نگهدارنده چرخان عدسی شیئی.<sup>۳</sup> وسیله مکانیکی طراحی شده برای قراردادن عدسی‌های شیئی و امکان تغییرات سریع به وسیله یک حرکت چرخشی.

توانایی آن به نوع میکروسکوپ بستگی دارد و معمولاً بین ۳ تا ۵ عدسی شیئی تغییر می‌کند.

گزیلن. ایزومر اتیل بنزن از زغال به دست می‌آید. به‌عنوان حلال و هم‌لاک الکل مورد استفاده قرار می‌گیرد، نقطه جوش آن  $144^{\circ}\text{C}/138^{\circ}\text{C}$  و فرمول

شیمیایی آن:  $\text{C}_6\text{H}_4$  است.

1. Refraction Index
2. Resolution
3. Revolving Objective Holder

# فصل ۱۸



## یخچال‌ها و فریزرها

کد GMDN	۱۳۳۱۵	۱۳۳۱۵	۱۷۱۵۷	۳۵۴۸۶	۴۰۵۱۳	۱۵۱۴۵
کد ECRI	۱۳-۳۱۵	۱۵-۱۷۰	۱۷-۱۵۷	۱۵-۱۷۱	۲۲۰۶۵	۱۵-۱۴۵
نام گذاری	یخچال‌ها	یخچال‌های بیولوژی	یخچال‌های آزمایشگاهی	یخچال‌های بانک خون	فریزر آزمایشگاه، دمای فوق پایین	فریزر آزمایشگاهی

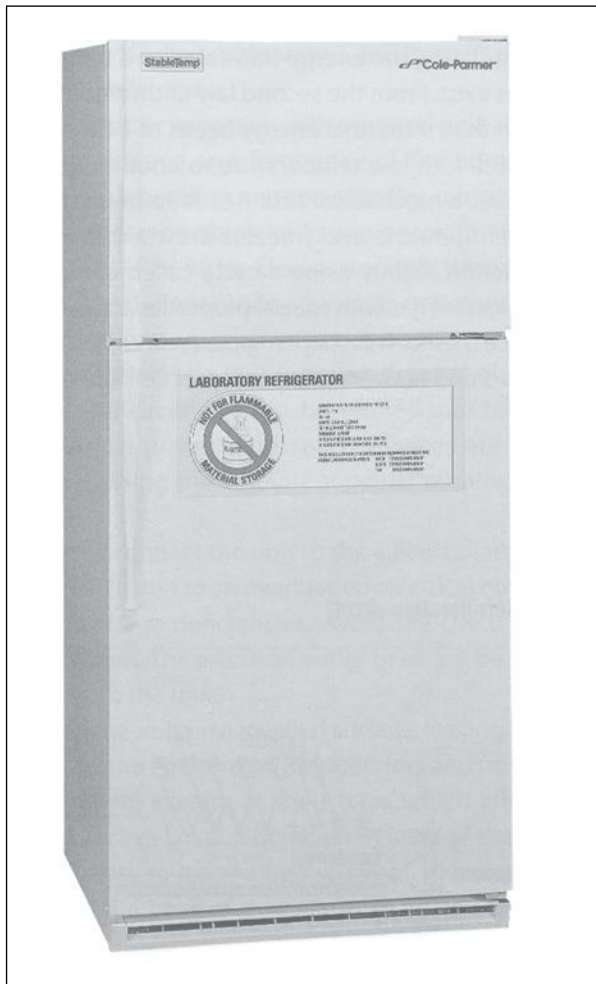
### یخچال‌ها و فریزرها

یخچال و فریزر در حال حاضر از مهم‌ترین تجهیزات در آزمایشگاه محسوب می‌شوند. آنها یک محیط و دمای کنترل‌شده (سرد) برای مایعات و مواد گوناگون فراهم می‌کنند. چون در دماهای پایین‌تر، فعالیت شیمیایی و بیولوژی کمتری وجود دارد، مایعات و مواد بهتر نگهداری می‌شوند. برای دستیابی به این منظور، دمای یخچال باید کمتر از دمای محیط باشد. در آزمایشگاه، انواع گوناگون یخچال و فریزر کاربرد دارد که براساس محدوده دمایی گروه‌بندی شده‌اند:

- یخچال‌های ذخیره‌کننده در محدوده ۲°C تا ۸°C
- فریزرهای با دمای پایین در محدوده -۱۵°C تا -۳۵°C
- فریزرهای با دمای فوق پایین در محدوده -۶۰°C تا -۸۵°C

دستگاهی با عملکرد مناسب باید مطابق با فعالیت‌های انجام‌شده در آزمایشگاه انتخاب شود. برای مثال: اگر لازم است داخل یخچال خون نگهداری شود یخچال بانک خون با محدوده بین ۲°C و ۸°C مناسب است. یا اگر لازم است یک ذخیره ویروسی یا میکروبی خاص نگهداری شود، فریزری با دمای فوق پایین، مورد نیاز است. یخچال‌ها و فریزرها برای نگهداری مواد بیولوژی و معرف‌ها، لازم هستند. این فصل به جنبه‌های کاربری و نگهداری یخچال‌های ذخیره‌کننده و فریزرها با دمای فوق پایین می‌پردازد.

### تصویر یک واحد یخچال



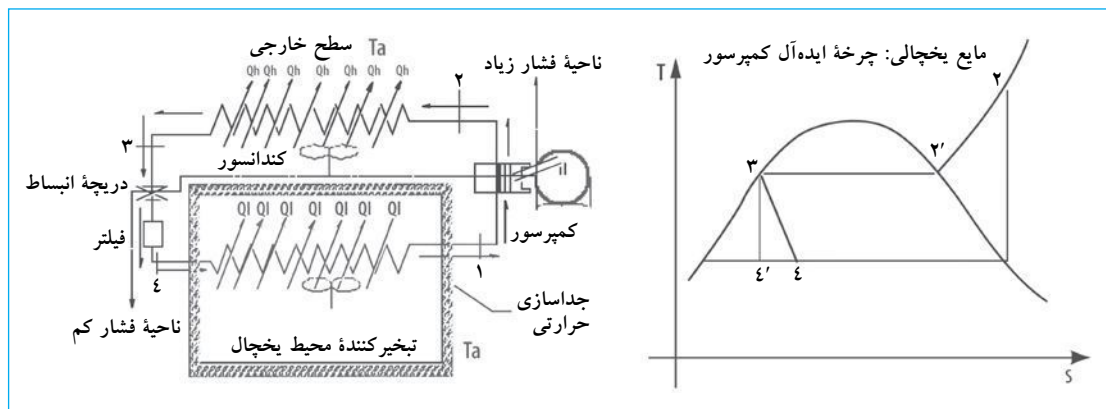
## موارد استفاده از واحد یخچال

یخچال و فریزر برای نگهداری خون و مشتقات آن، مایعات و بافت‌های بیولوژی، مواد شیمیایی، معرف‌ها و مواد ذخیره<sup>۱</sup> به کار می‌آید، هرچه دما بیشتر باشد، فعالیت مواد شیمیایی و بیولوژی زیاد می‌شود. با کاهش دما، می‌توان میزان تأثیر روی ترکیب و ساختار مواد ذخیره‌شده را کنترل کرد. در آزمایشگاه، یخچال‌ها برای نگهداری موادی نظیر معرف‌ها و مواد بیولوژیکی که در دمای معمول تجزیه شده یا خواص خود را از دست می‌دهند به کار می‌رود. با استفاده از روش خنک‌سازی، شرایطی که برای نگهداری موادی مانند خون و مشتقات آن، تشخیص، بررسی و نهایتاً لازم هستند، فراهم می‌گردد. با این روش محدوده دمایی فوق پایین نظیر آنچه که برای حفظ و نگهداری ذخیره‌های اصلی به کار می‌روند ( $-86^{\circ}\text{C}$ ) یا دمایی در محدوده  $2^{\circ}\text{C}$  و  $8^{\circ}\text{C}$  که برای حفظ معرف‌ها و مواد مختلف بیولوژی مناسب هستند، ایجاد می‌گردد.

## اصول عملکرد

اساس کار یخچال‌ها و فریزرها با توجه به قوانین فیزیکی در تنظیم انتقال انرژی در نقطه‌ای که اختلاف دما وجود دارد، است. با توجه به قانون دوم ترمودینامیک، اگر انرژی گرمایی از نقطه‌ای با دمای کم به نقطه‌ای با دمای زیاد انتقال یابد، باید یک کار مکانیکی انجام پذیرد. این عمل در یخچال‌های مدرن و فریزرها با استفاده از سیستم‌های لای از یک چرخه تراکم، جایی که گاز سردکننده یخچالی با ویژگی‌های انتقال گرما عمل می‌کنند، انجام می‌شود. این فصل نحوه عملکرد یخچال‌ها و فریزرها با استفاده از چرخه تراکم را توضیح می‌دهد.

شکل ۵۶. مدار سردسازی



## مدار سردسازی

مدار ساده نشان داده شده در شکل ۵۶ بیانگر عملکرد یک یخچال است. در سمت چپ می‌توان اجزای زیر را تشخیص داد: تبخیرکننده<sup>۲</sup>، کندانسور، کمپرسور، دریچه انبساط، فیلتر و لوله‌های رابط. در میان هر یک از اجزا گاز سردکننده به گردش درمی‌آید.

در سمت راست شکل، نمودار دما [T] در مقایسه با انرژی [S]، که بیانگر عملکرد یک چرخه سردسازی ایده‌آل<sup>۳</sup> است، نشان داده شده است. اعداد روی شکل سمت چپ، مراحل (تراکم [۲-۱]، انبساط [۳-۲]، و مراحل انتقال گرما (در محیط تبخیرکننده - سردکننده [۴-۱]) در کندانسور [۲-۳] روی سطح بیرونی) را نشان می‌دهد. چرخه کامل به عنوان توالی فرآیندها [۱-۲-۳-۴-۱] تعریف می‌شود.

**تبخیرکننده:** شامل شبکه‌ای از کانال‌ها است که از میان آنها گاز سردکننده جابه‌جا می‌شود. فرآیند انتقال گرما [QI] در فشار ثابت انجام می‌شود. برای سردنمودن محیط باید آن را در برابر گرما عایق‌بندی نمود. این کار برای جلوگیری از ورود انرژی گرمایی به منطقه تبخیرکننده با همان سرعتی که گاز سردکننده آن را جذب می‌کند، است. گاز سردکننده وارد فاز مایع در تبخیرکننده در نقطه [۴] ایده‌آل یا [۴'] (واقعی) می‌شود و زمانی که از میان شبکه کانال‌های تبخیرکننده عبور می‌کند، گرما را جذب می‌کند [QI] و به‌طور تدریجی، آن را به بخار تبدیل می‌کند وقتی گاز سردکننده به نقطه [۱] می‌رسد، در فاز بخار است. سپس بخار توسط کمپرسور از میان لوله یا مجرا مکیده می‌شود.

### 2. Evaporator

۳. در بعضی فرآیندهای برگشت‌ناپذیر چرخه واقعی از چرخه ایده‌آل متفاوت است که در نمودار برای سادگی و وضوح نشان داده نشده است.

### 1. Stocks

سردسازی، سیستم جداسازی گرمایی مناسب و کافی دارند. در میان رایج‌ترین مواد عایق مورد استفاده، اسفنج<sup>۷</sup> و پشم شیشه<sup>۸</sup> قرار دارند. همچنین مرسوم است که سطوح داخلی را از موادی لاستیک<sup>۹</sup> بسازند.

**دریچه‌های سرویس<sup>۱۰</sup>** این دریچه‌ها برای بارگذاری جریان سردسازی با گاز سردکننده به کار می‌روند. سیستم‌های تخلیه و پرکردن آب به وسیله این دریچه‌ها اتصال می‌یابند. بنابراین قسمت‌های ذخیره‌سازی سرما، مطابق با توصیه‌های سازنده عمل می‌کند. فقط سازنده و پرسنل فنی به این دریچه‌ها دسترسی دارند (در نمای سردسازی، نشان داده نشده است).

**محافظ حرارتی<sup>۱۱</sup>** وسیله‌ی محافظ است که اتصال کمپرسور را در زمان استفاده بیش از حد ظرفیت مؤثر روی بویلین‌ها در کمپرسور قطع و وصل می‌کند (این وسیله وابسته به سیستم الکتریکی است و در نمای سیستم سردسازی نشان داده نشده است).

**نکته:** تبخیرکننده، مانند کندانسور از موادی با هدایت گرمایی خوب نظیر آلومینیم (AL)<sup>۱۲</sup> و مس (CU)<sup>۱۳</sup> ساخته می‌شود. برای بهبود انتقال گرما، سیستم‌های تهویه که فرآیندهای همرفت اجباری را موجب می‌شوند، به آنها الحاق شده‌اند. برای رسیدن به دماهای مختلف (سردسازی) مورد نیاز در آزمایشگاه‌ها یا صنعت، سازندگان طرح‌های سردکننده‌های متنوعی را برای نتایج هدف‌دار توسعه داده‌اند.

### الزامات نصب و راه‌اندازی

یخچال و فریزرها برای عملکرد خود نیاز به اقدامات از پیش انجام‌شده ذیل دارند:

۱. یک منبع تغذیه الکتریکی با سیم زمین، مناسب با ولتاژ و فرکانس دستگاه، به‌طور معمول و با توجه به ظرفیت آنها می‌توان یخچال‌ها و فریزرها را به انواع مختلف منبع الکتریکی با ولتاژ ۱۱۵V، فرکانس ۶۰Hz و ۲۲۰-۲۴۰V، فرکانس ۵۰Hz اتصال داد.
۲. اگر پیش از یک دستگاه روی مدار الکتریکی یکسان نصب می‌شود، باید اطمینان حاصل شود که توان الکتریکی و ایمنی مدار الکتریکی برای فراهم کردن میزان برق مورد نیاز این دستگاه‌ها کافی است.

**کمپرسور<sup>۱</sup>** معمولاً به وسیله یک موتور الکتریکی به حرکت درمی‌آید، کمپرسور ماده سردساز بخار شده را از تبخیرکننده (اشباع شده) در فشار پایین مکش می‌کند و به وسیله یک یا یک سری پیستون مراحل تراکم عایق‌سازی قابل برگشت را روی آن (بدون انتقال گرما) بین نقاط [۱-۲] اعمال می‌کند. پس از تخلیه از کمپرسور، بخار در نتیجه فرآیند تراکم، داغ است و به کندانسور در نقطه [۲] انتقال داده می‌شود.

**کندانسور<sup>۲</sup>** دستگاهی شبیه به تبخیرکننده است و از شبکه‌ای از کانال‌ها که گاز سردکننده درون آنها گردش می‌کند، تشکیل شده است. چون دمای سردکننده بالاتر از دمای محیط پیرامون است [Ta]، گرما [Qh] از سردکننده به محیط با فشار ثابت انتقال می‌یابد. برای تسهیل انتقال گرما، لوله‌های کندانسور تیغه‌های نازکی دارند که سطح انتقال را افزایش می‌دهد. همچنان که در نتیجه فرآیند انتقال، گرما از دست داده می‌شود [Qh]، گاز سردکننده به فاز مایع بازمی‌گردد تا به نقطه [۳] برسد و مایع اشباع شده وارد دریچه انبساط می‌شود.

**دریچه انبساط<sup>۳</sup>** با جریان یافتن سردکننده به روش کنترل شده، برای اجتناب از انتقال گرما به وسیله مراحل عایق‌سازی دریچه بر جریان سردکننده، مقاومتی اعمال می‌کند. در نتیجه، فشار در دریچه به‌طور شدید در نقطه [۴] کاهش می‌یابد. به‌طور معمول یک فیلتر در خروجی دریچه انبساط نصب می‌شود. بعضی سازندگان، دریچه انبساط را با یک لوله موئین جایگزین می‌کنند که روی عبور مایع سردکننده اثر محدودکننده برابر دارد.

**فیلتر<sup>۴</sup>** رطوبت و ناخالصی‌هایی را که ممکن است در سردکننده باشد، نگه می‌دارد. در پشت فیلتر، سیستم دوباره در نقطه [۴] به تبخیرکننده متصل می‌شود و چرخه شرح داده شده، تکرار می‌شود.

**جمع‌کننده مایع<sup>۵</sup>** گاهی اوقات توسط سازندگان قبل از ورود سردکننده به کمپرسور قرار می‌گیرد. این قسمت برای نگهداری هر قسمت سیال، در فاز مایع است تا فقط گاز سردکننده بخار شده وارد کمپرسور شود (در نمای سردسازی نشان داده نشده است).

**عایق‌بندی گرمایی<sup>۶</sup>** یک سری از مواد با خاصیت کندکردن انتقال گرما است که عملکرد آن مشتمل بر جلوگیری از رسیدن انرژی گرمایی از محیط به منطقه سردسازی با سرعتی برابر با خروج انرژی گرمایی داخلی می‌باشد. برای این منظور تمام تجهیزات

- |                    |                       |                       |            |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| 1. Compressor      | 5. Liquid Collector   | 9. ABS Plastic        | 13. Copper |
| 2. Condenser       | 6. Thermal Insulation | 10. Service Valves    |            |
| 3. Expansion Valve | 7. Polyurethane Foam  | 11. Thermal Protector |            |
| 4. Filter          | 8. Glass Wool         | 12. Aluminium         |            |



۳. کمپرسور.
۴. تهویه‌های تبخیرکننده.
۵. سیستم‌های فرعی یخ‌زدایی، سوئیچ، مقاوم‌ها، و تمپورایز (تأخیرانداز).
۶. سیستم فرعی مقاوم برای یخ‌زدایی یا بدون برفک اجزای دستگاه.
۷. ترموستات

## عملکرد یخچال

### یخچال‌های ذخیره‌کننده

لاّ خیلی ساده است و هر سازنده‌ای توصیه‌های اصولی و اساسی را می‌دهد. به بعضی از آنها در ذیل اشاره می‌شود:

۱. کابل برق یخچال را به یک پریز برق دارای سیم زمین و دارای لازم برای تأمین ولتاژ برق مورد نیاز وصل کنید.
۲. کلید روشن را فعال کنید. بعضی از سازندگان کلیدها را روی یخچال قرار می‌دهند. قبل از ذخیره هر نوع ماده‌ای، منتظر بمانید تا یخچال به دمای کاربری برسد. سازندگان، دمای یخچال‌ها را تقریباً در  $4^{\circ}\text{C}$  تنظیم می‌کنند.
۳. دمایی که آلارم باید در آن فعال شود، انتخاب کنید. از دستورالعمل‌های سازنده پیروی نمایید.
۴. یخچال را متناسب با ظرفیت تعیین شده توسط سازنده، بارگذاری کنید.

۳. دستگاه را مستقیماً به پریز برق وصل کنید. هرگز دستگاه را به پریزی که بیش از حد ظرفیت، بارگذاری شده یا پریزی با نقص ولتاژ وصل نکنید. از سیم‌های رابط فرعی برق استفاده نکنید. پریز برق نباید بیش از ۲ متر از دستگاه فاصله داشته باشد.
۴. دستگاه را روی سطح تراز قرار دهید و فضای آزاد در اطراف دستگاه در نظر بگیرید. در پایه‌های یخچال‌ها و فریزرها پیچ‌های ترازکننده وجود دارد که اختلاف سطح‌های کم در تراز بودن کف را تنظیم می‌کنند. برای تهویه مناسب کندانسور، فضای ۱۵ سانتی‌متری در اطراف و پشت دستگاه مناسب است.
۵. از نصب دستگاه زیر نور مستقیم خورشید یا نزدیک به منبع گرمایی نظیر رادیاتور یا بخاری خودداری کنید. به خاطر داشته باشید هرچه تفاوت دما بین محیط و کندانسور بیشتر باشد، انتقال گرما موثرتر خواهد بود.

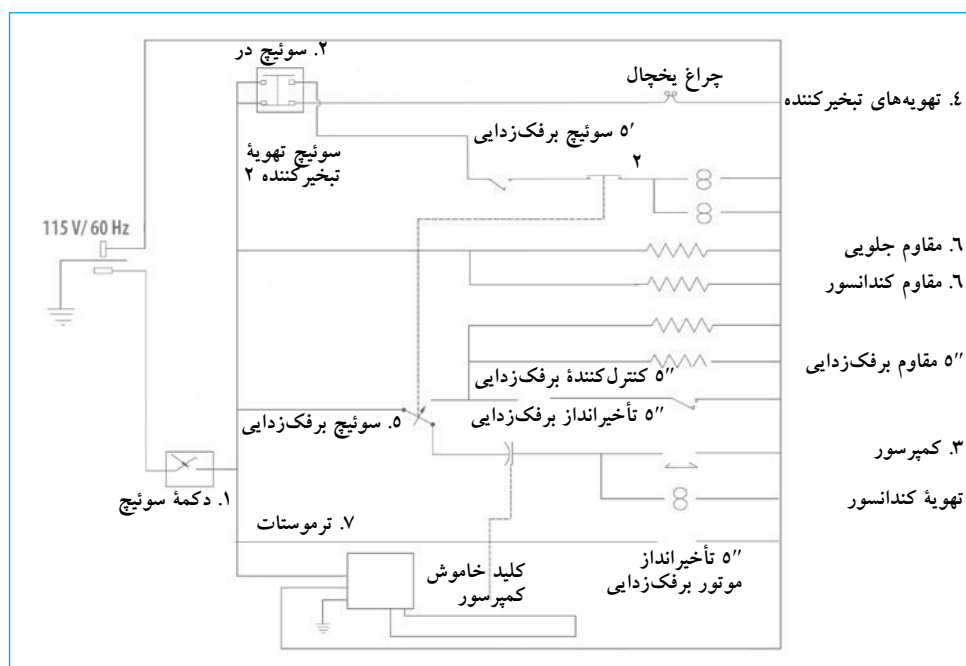
## مدار کنترل یخچال

نمای شکل ۵۷ یک مدار کنترل شاخص نصب شده در یخچال و فریزر است که نشان‌دهنده ارتباط سیستم‌های فرعی گوناگون به هم می‌باشد. این مدار کنترل مطابق با مشخصات الحاق شده توسط سازنده تغییر می‌کند.

موارد ذیل به عنوان اجزای اصلی مشخص می‌شود:

۱. سوئیچ اصلی، جریان الکتریکی را به یخچال وارد می‌کند.
۲. سوئیچ در، وقتی در بازی شود، لامپ را روشن می‌کند.

شکل ۵۷. مدار کنترل یخچال



به کتاب راهنمای سازمان جهانی بهداشت «مدیریت نگهداری و استفاده از زنجیره سرد دستگاه‌ها(۲۰۰۵)»، که خاص مراقب و نگهداری پیشگیرانه برای فریزر، یخچال‌های بانک خون، فریزرهای پلاسما، سردخانه‌ها و فریزرهای مورد استفاده در زنجیره سرد خون است، مراجعه نمایید.

### تمیز کردن داخل

#### تواتر: هر سه ماه

۱. از تمیز بودن قفسه‌های داخل یخچال اطمینان حاصل نمایید. این قفسه‌ها عموماً از فلز ضدزنگ ساخته می‌شوند. قبل از تمیز کردن، هر شیئی که می‌تواند در مراحل تمیز کردن اختلال ایجاد کند باید از یخچال خارج شود. قفسه‌های خالی را به سمت جلو بکشید و یک تکه پارچه را به محلول پاک‌کننده لایم نمدار کنید و به آرامی روی سطوح بمالید. قفسه‌ها را خشک کنید و در جای اولیه قرار دهید.

۲. اگر یخچال دارای کشو است، تمیز کردن آن با روش مشابه انجام می‌شود. کشوها را خالی و از یخچال خارج نمایید.

۳. هر گاه قفسه‌ها و کشوها را جدا می‌کنید، دیواره‌های داخلی لایم تمیز کنید. قبل

از سوار کردن ضمام داخلی آنها را خشک نمایید.

۴. برای تمیز کردن کشوها از پاک‌کننده با یک تکه پارچه نمدار استفاده کنید. کشوها را خشک و آنها را به جای خود در یخچال برگردانید.

**هشدار:** از سیم ظرفشویی یا دیگر مواد ساینده برای تمیز کردن قفسه‌ها و کشوها استفاده نکنید. از بنزین، نفت و تینر نیز خودداری نمایید، چون این مواد به پلاستیک، و رنگ روی سطوح آسیب می‌رسانند.

۵. مواد را به‌طور یکنواخت در داخل یخچال توزیع کنید. یکنواختی دما به گردش آزاد هوا در داخل یخچال بستگی دارد.

۶. به‌منظور جلوگیری از ورود انرژی گرمایی و رطوبت (از هوا) داخل یخچال، از بازکردن در یخچال برای مدت طولانی خودداری کنید. در یخچال را فقط برای گذاشتن و برداشتن مواد ذخیره‌شده، باز کنید.

### کنترل‌کننده‌های یخچال ذخیره‌کننده

نمای کنترل‌های یخچال‌های ذخیره‌کننده اخیر (مانند یخچال بانک خون) در شکل ۵۸ نشان داده شده است.

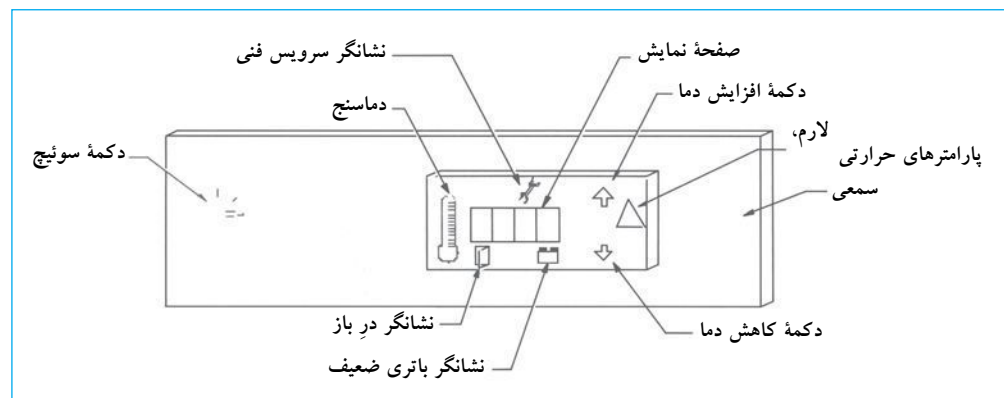
کنترل‌های زیر را می‌توان در این نما مشاهده کرد:

۱. سوئیچ اصلی، فعال شده با یک کلید.
۲. نشانگرهای بازبودن در، ضعیف بودن باتری و شرایط فنی غیر معمول.
۳. دکمه‌های تنظیم پارامترها.
۴. صفحه نمایش.

### نگهداری معمول یخچال

علی‌رغم کیفیت سیستم‌های تأمین برق، نگهداری یخچال‌ها معمولاً خیلی پرهزینه نمی‌باشند. یخچال‌ها اگر به مدارهای الکتریکی با کیفیت خوب متصل باشند و تهویه خوبی در اطراف دستگاه جریان داشته‌باشد، می‌توانند بدون خدمات‌رسانی فنی خاص سال‌ها کار کنند. مدار سردسازی در طی ساخت، درزگیری می‌شود و شامل اجزایی که نیازمند نگهداری روزانه است، نیست. معمول‌ترین روش نگهداری روزانه در زیر شرح داده شده است.

شکل ۵۸. کنترل‌های یخچال بانک خون



## تمیز کردن کندانسور

### تواتر: هر ۶ ماه

**هشدار:** لاستیک در با کیفیت نامناسب مشکلات متفاوتی را در

عملکرد دستگاه‌های خنک‌کننده ایجاد می‌کند:

۱. رطوبت وارد دستگاه می‌شود و سبب ایجاد برفک درون بخش‌های مختلف فضای داخلی یخچال می‌شود.
۲. زمان مورد نیاز کمپرسور برای حفظ دمای انتخابی را افزایش می‌دهد.
۳. دمای فضای داخل یخچال را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
۴. هزینه‌های کاربری را افزایش می‌دهد.

## برفک‌زدایی

### تواتر: هر ۶ ماه

بسیاری از فریزرهای مدرن، به‌منظور جلوگیری از انباشته شدن برفک، چرخه‌های خودکار برفک‌زدایی تبخیرکننده را دارند. این چرخه‌ها توسط یک سری مقاوم‌های الکتریکی به‌سرعت برفک موجود را از بین می‌برند. بعضی از مدل‌ها، چرخه‌های برفک‌زدایی ندارند و فرآیند براساس برنامه زمان‌بندی شده دستی انجام می‌شود. روش‌های توصیه‌شده برای برفک‌زدایی در ذیل آمده است:

۱. از ضخامت برفک بیش از ۸ میلی‌متر اطمینان حاصل نمایید.
۲. محتویات داخلی محفظه‌ها را خالی نمایید.
۳. کابل دوشاخه فریزر را از منبع تغذیه الکتریکی جدا نمایید.
۴. در را باز بگذارید.
۵. آبی را که در محفظه انباشته می‌شود، تخلیه‌نمایید برای این منظور از اسفنج یا یک تکه پارچه جاذب استفاده کنید.
۶. برای جلوگیری از خیس شدن قسمت جلویی و داخل یخچال از یک حوله برای جمع کردن آب استفاده نمایید.

**هشدار:** هرگز برای زدودن یخ یا برفک از وسایل تیز و برنده

استفاده نکنید. این کار می‌تواند دیواره را سوراخ و سبب آزادسازی گاز سردکننده شود و سبب نقص جدی گردد که فقط به‌وسیله یک تکنسین فنی می‌تواند تعمیر شود.

۱. کابل دوشاخه یخچال را از منبع تغذیه الکتریکی جدا کنید.
۲. آن را در قسمت پایین قرار می‌دهند. در بعضی یخچال‌ها کندانسور در قسمت بالا نصب می‌شود.
۳. شبکه‌های محافظ کندانسور و فیلتر محافظ (تمام سازندگان از فیلتر استفاده نمی‌کنند) را بیرون بیاورید.
۴. گرد و غبار روی سطح کندانسور را تمیز کنید. از یک برس مکنده استفاده کنید و در روی تمام سطح کندانسور حرکت دهید تا جرم یا غبار انباشته را بزداید. از تمیز بودن سطوح لوله‌ها و نیز بخش‌های هدایت گرمایی اطمینان حاصل نمایید و فیلتر را نیز تمیز کنید (اگر موجود است).
۵. محافظ را در جای خود قرار دهید.
۶. یخچال را به منبع تغذیه الکتریکی متصل نمایید.

**هشدار:** اگر کندانسور تمیز نیست، با فرآیند انتقال گرما تداخل ایجاد می‌کند و یخچال می‌تواند «گرم» شود یا در دماهایی متفاوت از دمای انتخاب‌شده کار کند.

## ارزیابی لاستیک دور در یخچال

### تواتر: هر ۳ ماه

لاستیک دور در، باید در شرایط خوب باشد تا دستگاه عملکرد صحیح داشته‌باشد. برای اطمینان از شرایط آن، باید مطابق با مراحل ذیل اقدام نمود:

۱. در را باز کنید.
۲. لاستیک دور در
۳. و لبه بدنه یخچال که لاستیک جا داده شده است، قرار دهید.
۴. در را ببندید.
۵. کاغذ را به آرامی بیرون بکشید. وقتی که کاغذ به سمت بیرون کشیده می‌شود باید مقاومت نشان دهد. اگر کاغذ بدون مقاومت حرکت کند، لاستیک در باید تعویض شود. هر بار که لاستیک به‌طور کامل جا داده می‌شود، این روش را روی هر ۱۰ سانتی‌متر از لاستیک انجام دهید.

جدول مشکل‌یابی		
مشکل	علت محتمل	راه حل
دستگاه کار نمی‌کند.	فیوز سوخته‌است.	فیوز را کنترل کنید.
	دستگاه به منبع تغذیه الکتریکی وصل نیست.	از اتصال الکتریکی دستگاه اطمینان حاصل نمایید.
	در مدارهای بخش ورودی دستگاه جریان الکتریکی کم است یا وجود ندارد.	اتصال الکتریکی را کنترل کنید. از عملکرد کلید اصلی اطمینان حاصل نمایید.
	لا تنظیم شده‌است.	ترموستات را روی دمای پایین تنظیم کنید.
فریزر به‌طور مداوم کار می‌کند اما خنک نیست.	دستگاه بیش از اندازه برفک دارد.	دستگاه را برفک‌زدایی کنید.
	کنترل دما کالیبر نیست.	دمای کاربردی را مطابق با روش تعیین‌شده سازنده کالیبر کنید.
دمای دستگاه نوسان دارد.	کندانسور کثیف است.	کندانسور را مطابق با روش ذکر شده در روش نگهداری معمول تمیز کنید.
	در باز است.	اطمینان حاصل نمایید که در به خوبی تنظیم و بسته است.
دستگاه دمای بالایی را نشان می‌دهد.	لاستیک در و درزگیری اطمینان حاصل نمایید.	تعویض کنید.
	نقصی در تأمین برق وجود دارد.	از عملکرد صحیح اتصالات الکتریکی اطمینان حاصل نمایید.
	مواد گرم (مایعات یا جامدات) داخل دستگاه گذاشته شده‌است.	منتظر بمانید تا دستگاه مواد را خنک کند.
	کمپرسور کار نمی‌کند.	از عملکرد کمپرسور اطمینان حاصل نمایید. لارم‌ها روشن است.
	کمپرسور کار می‌کند، اما یخ در تبخیرکننده وجود ندارد.	از عملکرد سیستم‌های تهویه اطمینان حاصل نمایید.
	کمپرسور کار می‌کند اما یخی در تبخیرکننده وجود ندارد و هواکش‌های آن به خوبی کار نمی‌کنند.	تأیید عملکرد کامل سیستم یخچال مورد نیاز است با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
	سطح گاز سردکننده پایین است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
	اتصال محافظ گرمایی کمپرسور قطع شده‌است.	از عملکرد ولتاژ تأمین‌کننده اطمینان حاصل نمایید.
	به محض کار دستگاه، صداهایی شبیه به صدای «کلیک» شنیده می‌شود.	دستگاه را به بخشی با کف مناسب حرکت دهید یا چرخ‌های زیر آن را تنظیم کنید.
	سینی جمع‌کننده قطرات لرزش دارد.	سینی را تنظیم کنید یا آن را بالشتک‌گذاری (ضربه‌گیری) نمایید.
عملکرد دستگاه با صدای زیاد همراه است.	پوشش پنکه خنک‌کننده و یا کمپرسور شل شده‌است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
	جریان هوای کافی در اطراف دستگاه وجود ندارد.	دستگاه را حرکت دهید تا فاصله ایمن مناسب ایجاد شود. اگر لازم است تغییر مکان بدهید.
کمپرسور پیوسته کار می‌کند.	ترموستات معیوب است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
	درزگیری در خوب نیست.	درزها را کنترل و تنظیم کنید.
	اتاق خیلی گرم است.	اتاق را به‌طور مناسب تهویه کنید.
	در خیلی زیاد باز می‌شود یا بسته نمی‌شود.	بازکردن در را محدود کنید یا آن را ببندید.
	کلید لامپ معیوب است.	بعد از بسته‌شدن در از خاموش‌شدن لامپ مطمئن شوید.

## عملکرد فریزرهای دمای فوق پایین

### فریزرهای دمای فوق پایین

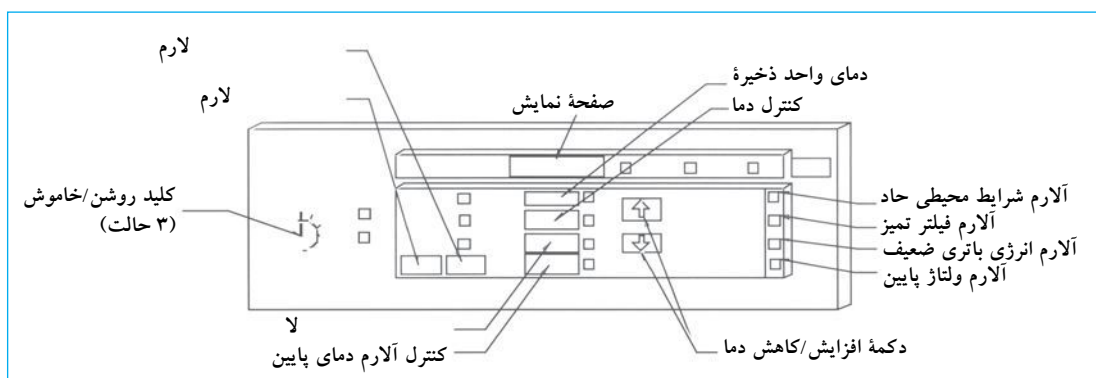
عملکرد فریزرهای دمای فوق پایین، مستلزم پیروی از روش توصیه شده سازنده برای رسیدن به شرایط قیدشده دستگاه است. توصیه های معمول برای هر فریزر با دمای فوق پایین، در ذیل مشخص شده است:

۱. دستگاه را به پرز برق دارای سیم زمین که صرفاً به این دستگاه اختصاص داده شده، متصل کنید. این پرز باید در شرایط کاری خوب و مناسب برای تأمین برق مورد نیاز دستگاه باشد. همچنین باید از استانداردهای الکتریکی ملی و بین المللی پیروی کند. ولتاژ نباید بیش از  $+10\%$  یا  $-5\%$  از مشخصه های ولتاژ روی دستگاه متفاوت باشد. دستگاه هایی وجود دارند که نیاز به منبع الکتریکی حدود ۱۲ کیلووات دارند. بنابراین وجود اتصالات الکتریکی مناسب برای تحمل این بارهای الکتریکی ضروری است.
۲. مکانی را انتخاب کنید که کف محکم و تراز (در تمام جهات). این محیط باید به خوبی تهویه شود و از نور مستقیم خورشید یا منابع گرمایی دور باشد. بعضی از سازندگان توصیه می کنند که دمای مناسب محیط بین  $10^{\circ}\text{C}$  و  $32^{\circ}\text{C}$  است. فضای آزاد در کنارها و عقب دستگاه باید حداقل ۱۵ سانتی متر باشد. در باید آزادانه با زاویه ۹۰ درجه باز شود. معمولاً سازندگان برای تراز کردن دستگاه از چرخ هایی پشتیبانی مجزا استفاده می کنند.

### روشن کردن دستگاه

به منظور درک روش های کاربری فریزر نمایی از صفحه کنترل، شبیه به آنهایی که در این دستگاه ها به کار می روند، ارائه شده است. نما در شکل ۵۹ کلی است. قطعاً تفاوت هایی در کنترل های مورد استفاده توسط سازندگان مختلف وجود دارد. توضیح ذیل توصیه های معمول برای همه یخچال ها است.

شکل ۵۹. کنترل فریزر دمای فوق پایین



1. Control Panel

### مراحل

۱. کابل دستگاه را به منبع تغذیه الکتریکی متصل نمایید.
۲. کلید اصلی را در وضعیت روشن قرار دهید. جهت نشان دادن دمای محفظه صفحه باید روشن باشد. نور عبوری از صفحه نمایش نشان دهنده وجود انرژی در دستگاه است. این عمل کمپرسور، تهویه ها و کندانسور را به گردش در خواهد آورد.
۳. لادکمه های مختلف، توماً فعال می شوند. دکمه مربوط به کنترل دما و دکمه های مربوط به تنظیم دما، به محض انتخاب دمای دلخواه، کنترل ها آزاد می شوند و صفحه نمایش، دمای کاربری انتخابی را نشان می دهند. مدت زمان مناسبی را صبر کنید تا دستگاه به دمای انتخابی برسد.
۴. محدوده دمایی که آلارم ها را فعال می کند، انتخاب نمایید. به طور معمول این دما بیش از  $10\%$  با دمای کاربری تفاوت ندارد. معمولاً وقتی دستگاه به دمای نزدیک به نقطه کاربری برسد آلارم ها تنظیم می شوند. روش کار شامل فعال کردن کنترل آلارم و انتخاب محدوده دمایی بالاتر و پایین تر است. بنابراین اگر محدوده ها تغییر کند آلارم فعال می شود. باید از روش توصیه شده سازنده پیروی شود. معمولاً کنترل دکمه ای دارد که آلارم ها را غیرفعال می کند و همچنین آزمایش عملکرد آنها را نشان می دهد.
۵. فریزرهای دمای فوق پایین یک سری آلارم های دیگر دارند که با توجه به اتفاقی که می تواند بر عملکرد مناسب دستگاه تأثیر بگذارد، کاربر را مطلع می سازد.

در بین آنها، موارد ذیل قرار دارند:

- وجود نقص در منبع تغذیه الکتریکی.
- وجود ولتاژ پایین.
- وجود دمای بیش از حد در محیط.
- تجاوز از پایین ترین حد دمای انتخاب شده.

## نگهداری معمول

نگهداری فریزرهای دمای فوق پایین بر عوامل ذیل متمرکز شده است. به دفترچه راهنمای سازمان جهانی بهداشت برای مراقبت و نگهداری پیشگیرانه خاص برای فریزرهای پلاسما و فریزرهای سردخانه‌ای مورد استفاده در زنجیره سرد خون مراجعه نمایید.

### تمیز کردن کندانسور

#### تواتر: هر ۶ ماه

۱. شبکه محافظ را بردارید.
۲. فیلتر را برداشته و تمیز کنید. اگر فیلتر خیلی مسدود است با فیلتر جدید با مشخصات یکسان جایگزین نمایید.
۳. از عملکرد تهویه اطمینان حاصل نمایید.
۴. کندانسور و تیغه‌های آن را تمیز کنید.
۵. شبکه محافظ و فیلتر را دوباره نصب کنید.

**هشدار:** کندانسور کثیف، به علت گرم شدن دستگاه یا افزایش محدوده دمای انتخابی از انتقال طبیعی گرما ممانعت می‌کند.

### بی‌عیب و سالم بودن لاستیک دور در

#### تواتر: هر ۳ ماه

توصیه می‌شود که به‌طور مرتب از سالم و بی‌عیب بودن لاستیک در اطمینان حاصل نمایید. لاستیک باید در شرایط خوب بوده، ترک، سوراخ و پارگی نداشته باشد.

## برفک‌زدایی

#### تواتر: هر ۶ ماه

برفک‌زدایی دستگاه در زمان لازم باید به‌روش زیر انجام شود:

۱. فرآورده‌های فریز شده را به دستگاه دیگری با مشخصات عملکردی یکسان انتقال دهید.
۲. دستگاه را خاموش کنید و منتظر بمانید تا دمای داخل آن به دمای اتاق برسد.
۳. یخ و آب انباشته شده داخل دستگاه را خالی کنید.
۴. اگر بوهای غیرمتجانس منتشر می‌شود، داخل دستگاه را با بیکربنات سدیم و آب گرم شستشو دهید.
۵. سطح بیرونی دستگاه را با ماده شوینده ملایم تمیز و خشک کنید و در صورت لزوم از موم<sup>۱</sup> محافظ استفاده کنید.

**هشدار:** هرگز از وسایل تیز برای زدودن یخ یا برفک استفاده نکنید. این کار ممکن است دیواره را سوراخ و سبب آزاد شدن گاز سردکننده شود، که برای کاربر خطرناک است و سبب آسیب جدی می‌شود و فقط تعمیرگاه تخصصی می‌تواند آن را تعمیر کند.

## لارم

#### تواتر: تقریباً هر دو یا سه سال

هنگامی که باتری سیستم آلارم فرسوده می‌شود، باید تعویض شود. برای جایگزینی آن به ترتیب زیر عمل نمایید:

۱. لاً باتری(ها) درست در پشت محافظ جلویی قرار گرفتند.
۲. پایانه اتصال را قطع کنید.
۳. باتری فرسوده را درآورید.
۴. یک باتری با مشخصات یکسان نصب نمایید.
۵. پایانه‌ها را وصل کنید.
۶. محافظ را دوباره در جای خود قرار دهید.

### جدول مشکل‌یابی

مشکل	علت محتمل	راه حل
نشانگر «ولتاژ پایین» روشن است.	در پریز برق ولتاژ کافی وجود ندارد.	لات و سیستم‌های محافظ آن را امتحان کنید.
نشانگر «فیلتر کثیف» روشن است.	از تمیز بودن فیلتر اطمینان حاصل نمایید.	فیلتر محافظ کندانسور را تمیز کنید. اگر فیلتر کثیف است آن را با فیلتر دیگری که مشخصات یکسانی با فیلتر اصلی دارد جایگزین نمایید.
نشانگر «باتری ضعیف» روشن است.	باتری فرسوده شده است.	با باتری دیگر دارای مشخصات یکسان با باتری اصلی جایگزین نمایید.
دستگاه کار نمی‌کند.	اتصال الکتریکی دستگاه قطع است.	دستگاه را به منبع تغذیه الکتریکی متصل نمایید.
	فیوز سوخته است.	با فیوز دیگر دارای مشخصات یکسان با فیوز اصلی جایگزین نمایید.
دستگاه پیوسته کار می‌کند.	دمای کاربری انتخابی خیلی پایین است.	دمای انتخابی را افزایش دهید.
دستگاه پیوسته و بدون سرد شدن کار می‌کند.	کندانسور کثیف است.	کندانسور را تمیز کنید.
	تهویه کافی نیست.	از عملکرد سیستم تهویه اطمینان و در صورت لزوم تصحیح نمایید.
	افزایش یخ وجود دارد که عایق‌بندی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.	دستگاه را برفک‌زدایی نمایید. اگر مشکل حل نشد با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
انباشتگی سریع برفک وجود دارد.	لاستیک دور در محکم نیست و نشتی دارد.	تماس بگیرید.
در محفظه فریزر در اثر یخ‌زدگی بسته شده است.	عایق‌بندی در معیوب است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
عملکرد فعالیت دستگاه با صدای زیاد همراه است.	کف زمین و یا کابینت یخچال تراز نیست.	دستگاه را به جایی با کف زمین مناسب انتقال دهید یا چرخ‌های زیر آن را تنظیم کنید.
	سینی چکه‌گیر یا جمع‌کننده قطرات لرزش دارد.	سینی را تنظیم کنید یا آن را بالشتک‌گذاری (ضربه‌گیری) نمایید.
	پوشش پنکه خنک‌کننده و یا کمپرسور شل شده است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
کمپرسور پیوسته کار می‌کند.	جریان هوای کافی در اطراف دستگاه وجود ندارد.	دستگاه را حرکت دهید تا فاصله ایمنی مناسب ایجاد شود. اگر لازم است تغییر مکان دهید.
	ترموستات معیوب است.	با تکنسین خدمات ویژه تماس بگیرید.
	درزگیری در خوب است.	درزها را کنترل و تنظیم نمایید.
	اتاق خیلی گرم است.	اتاق را به‌طور مناسب تهویه کنید.
	در خیلی زیاد باز می‌شود یا بسته نمی‌شود.	بازکردن در را محدود کنید یا آن را ببندید.
	کلید لامپ معیوب است.	بعد از بستن در از خاموش شدن لامپ مطمئن شوید.

روش نگهداری دیگر نیازمند ابزارها و تجهیزات تخصصی است.

## تعاریف پایه

عایق‌سازی<sup>۱</sup>. مرحله‌ای که در آن انتقال گرما وجود ندارد و برابر است با  $\Delta Q = 0$ .

BTU<sup>۲</sup>. واحد تعیین انتقال گرما در سیستم انگلیسی و برابر با انتقال مقدار گرما برای افزایش دمای یک پوند آب از ۶۳ درجه فارنهایت (°F) به ۶۴ درجه فارنهایت است.

کالری<sup>۳</sup>. مقدار گرمایی است که باید به یک گرم آب برای افزایش دما به میزان ۱°C انتقال یابد. این تعریف زمانی کاربرد دارد که در شرایط طبیعی (فشار اتمسفر برابر با ۷۶۰ mmHg، شتاب جاذبه برابر با  $9.81 \text{ m/s}^2$ ) دمای یک گرم آب از ۱۴/۵ به ۱۵/۵°C افزایش یابد.

انتروپی<sup>۴</sup>. اندازه‌گیری مقدار انرژی سیستم که برای انجام کار در دسترس نیست. یا درجه‌ای از بی‌نظمی سیستم. تغییرات متفاوت قابل برگشت انتروپی به وسیله معادله زیر توضیح داده می‌شود:

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

به طوری که:

$dQ$ : گرمای جذب شده از یک منبع در دمای  $T$  در طی حالت‌های تغییر کوچک قابل برگشت.

$T$ : دمای منبع

$$\Delta S = \int dS = \frac{dQ}{T} = 0$$

باید از معادله زیر برای هر تغییر قابل برگشت چرخه استفاده شود:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} < 0$$

اگر چرخه غیرقابل برگشت است باید:

گرما<sup>۵</sup>. شکلی از انرژی انتقالی در یک سیستم به علت اختلاف دما و دمای مشخص، به سیستم دیگر با دمای کمتر. وقتی یک سیستم با جرم بیشتر [M] در تماس با سیستم دیگر یا جرم کمتر [m] و دمای متفاوت است، دمای نهایی به دمای اولیه سیستم دارای جرم بیشتر نزدیک است. بنابراین گفته می‌شود که مقدار گرمای  $\Delta Q$  از سیستم با دمای بیشتر به سیستم با دمای کمتر انتقال یافته است. مقدار گرمای  $\Delta Q$  با تغییر در دما  $\Delta T$  متناسب است. مقدار ثابت [C] ظرفیت گرمایی سیستم نامیده می‌شود و سبب برقراری معادله تناسب  $\Delta Q = C\Delta T$  می‌شود. از این رابطه استنباط می‌شود که یکی از پیامدهای تغییر دما در یک سیستم، انتقال گرما است.

گرمای نهفته<sup>۶</sup>. مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز برای تغییر فاز یک ماده، برای مثال: فاز مایع به فاز بخار.

گاز سردکننده<sup>۷</sup>. ماده (سردکننده) مورد استفاده به عنوان محیطی برای جذب گرما.

گرمای ویژه<sup>۸</sup>. مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش واحد حجم به میزان یک درجه.

گرمای نفوذپذیر<sup>۹</sup>. مقدار انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای گاز سردکننده یخچال به محض جذب گرما. برای مثال: مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دما از ۱۵ به ۲۰°C یا از ۳۰ به ۴۰°C.

سیستم گرمایی<sup>۱۰</sup>. وسیله‌ای که در چرخه ترمودینامیک عمل می‌کند و مقدار مثبت و مشخصی از کار انجام می‌دهد تا گرما از جرمی با دمای بیشتر به جرمی با دمای کمتر منتقل شود.

1. Adiabatic Process  
2. British Thermal Unit  
3. Calorie  
4. Entropy

5. Heat  
6. Latent Heat  
7. Refrigerant Gas  
8. Specific Heat

9. Sensitive Heat  
10. Thermal System