

## اصول عملکرد، نگهداشت و کنترل کیفی دستگاه های آزمایشگاهی؛ انکوباتور

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. بعضی از انکوباتورها هواکش هایی دارند که هوا را با همرفت اجباری به جریان درمی آورند.

در اتاقک انکوباسیون زمانی که دمای پایین تر از دمای اتاق مورد نیاز است، باید سیستم سردکننده وجود داشته باشد. این سیستم گرما را خارج و اتاقک انکوباسیون را خنک نگهداشته و با سیستم کنترل کننده دمای انکوباتور کار می کند. آب در حالت مایع ظرفیت بالایی 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.

سیستم کنترل دمای انکوباتور، مبتنی بر استفاده از ترموستات ها، ترموکوپل ها، مقاوم های حرارتی یا عوامل نیمه رسانای گوناگون است. مدارهای الکترونیک از طریق میکروپروسورها، دما و عملکرد انکوباتور را کنترل می کنند.

برای تنظیم صحیح دمای انکوباتور، باید حداقل ۵ درجه سانتیگراد تفاوت بین دمای اتاقک و دمای اتاق وجود داشته باشد. اگر دمای اتاقک باید پایین تر از دمای اتاق باشد، یک سیستم سردکننده مورد نیاز خواهد بود. بنابراین خرید انکوباتورها به نوع روش های انجام شده

انکوباتور دستگاه یا به بیان دیگر محفظه عایق بندی شده ای است که توسط آن شرایط خاص محیطی از نظر دما، رطوبت و ترکیب گازهای موجود در هوا مانند اکسیژن و دی اکسید کربن برای رشد میکروارگانیسم های زنده فراهم می کند. محیط های کشت (مایع و جامد) را بعد از کشت دادن در درون این دستگاه قرار داده و درجه حرارت مورد نیاز با کتری را توسط دستگاه تنظیم می کنیم و بعد تا مدت معین محیط های کشت در آن باقی می ماند.

### اصول عملکرد

انکوباتور از روش های مختلف انتقال گرما و کنترل محیطی جهت رسیدن به شرایط لازم برای روش های ویژه آزمایشگاه استفاده می کند. معمولاً انکوباتورها دارای یک سیستم متشکل از مقاوم های الکتریکی یا همان المنت ها است که با ترموستات و یا میکرو پروسور کنترل می شود و برای سیستم های انتقال گرما، از هدایت و یا همرفت طبیعی و یا اجباری گرما استفاده می کند.

**هدایت گرما:** در انکوباتورهایی که با هدایت گرما کار می کنند، یک سری از مقاوم های الکتریکی حرارت را به طور مستقیم به دیواره اتاقک، جایی که نمونه ها انکوبه می شوند، انتقال می دهد. مقاوم ها دمای بالا دارند. درحالی که اتاقک یکی از نواحی با دمای پایین تر است. انتقال انرژی حرارتی همیشه از ناحیه ای با دمای بالاتر به ناحیه ای با دمای پایین تر اتفاق می افتد.

**همرفت گرما:** 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

قابلیت تامین درصد خاصی از دی اکسید کربن داخل محفظه انکوباتور را دارد. گاز دی اکسید کربن مورد نیاز از سیلندر گازی که در خارج از دستگاه قرار دارد و حاوی این گاز است تامین می شود. در برخی موارد ممکن است به رطوبت بالا درون محفظه نیاز داشته باشیم، این میزان رطوبت را با استفاده از حمام های آبی و تبخیر مداوم



آب فراهم می سازد. میزان  $CO_2$  در انکوباتورهای کشت سلولی با میزان رطوبت میزان عکس دارد یعنی پایین آمدن رطوبت باعث بالا رفتن میزان گاز  $CO_2$  در دستگاه می شود. غلظت  $CO_2$  توسط سنسورهای گرمایشی و یا سنسورهای مادون قرمز سنجش می شود. برای تمیز نگه داشتن این سنسورها باید به طور مرتب با الکل ۷۰ درصد یا ایزوپروپیل الکل تمیز شوند.

◆ **انکوباتورهای شیکردار:** این انکوباتور علاوه بر کنترل دمای محفظه، قابلیت تکان دادن فلاسک ها به صورت اوربیتالی یا دایره ای را دارد. این انکوباتورها در انواع دیواری یا ایستاده روی زمین موجود هستند و اکثراً قابلیت خنک کنندگی در دمای پایین تر از دمای محیط را دارند.



در آزمایشگاه بستگی دارد. مشخصات فنی باید مطالعه و به طور دقیق تعریف گردد تا خرید مطابق با نیازهای واقعی هر آزمایشگاه صورت گیرد.

### انواع انکوباتور

انکوباتورها بر اساس نوع موادی که در آنها قرار می دهند و شرایط مورد نیاز آن مواد به چند دسته تقسیم می شود.

◆ **انکوباتورهای استاندارد:** انکوباتورهایی که دمای داخلی آنها از دمای محیط شروع شده و قابلیت گرم کردن تا ۸۰ درجه بالاتر از دمای محیط را دارد.

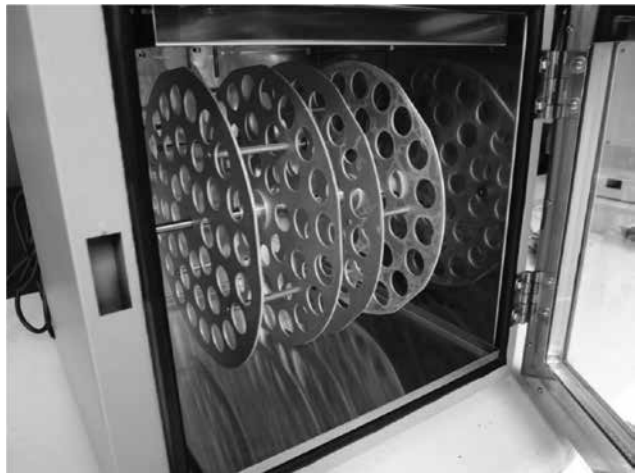


◆ **انکوباتورهای یخچال دار:** این دستگاه ها داری سیستم سرمایشی و هم سیستم گرمایشی بوده با قابلیت ایجاد دمای قابل کنترل از ۵ درجه سانتیگراد تا ۶۵ درجه سانتیگراد است و برای کشت باکتری های خاص در دماهای پایین به کار برده می شود.

◆ **انکوباتورهای مرطوب:** انکوباتورهایی است که علاوه بر کنترل دما قابلیت کنترل رطوبت محفظه داخلی را نیز دارد. رطوبت مورد نیاز توسط یک ظرف مسی کوچک که حاوی مقداری آب تصفیه شده است، تامین میشود. به این صورت که بخار توسط سیستم گرمایش انکوباتور تولید شده و از طریق یک دریچه کنترلی وارد محفظه دستگاه می شود.

◆ **انکوباتورهای دی اکسید کربن:** کاربرد این انکوباتورها در موارد بیولوژیک است و علاوه بر کنترل دما

◆ **انکوباتورهای هیبریدی:** انکوباتورهایی است مجهز به میله های گردان به منظور قرار دادن شیشه های هیبریدزاسیون با سایزهای مختلف و چرخاندن آنها با سرعت تعیین شده تا هیبریدزاسیون محتویات آنها فعال شود. این دستگاه ها دارای شیکرهای متحرک و طبقات متعدد است.



ضدزنگ این است که احتمال خوردگی و زنگ زدگی آن در مجاورت دو عامل موثر گرما و رطوبت بسیار پایین است. ◆ **منبع تغذیه:** منبع تغذیه این سیستم عموماً یک منبع تغذیه ۲۲۰ ولت شهری با آمپر بالا برای تغذیه المنت های دستگاه و یک منبع تغذیه برای بردهای دیجیتال و کنترلر میباشد که بسته به نوع مدار میتواند ولتاژ کاری متفاوتی داشته باشد.

◆ **سیستم کنترل دما:** برای گرم کردن محفظه داخل انکوباتور معمولاً هیترهای الکتریکی که از فن برای انتشار گرما سود می برند، استفاده می کنند. در اکثر انکوباتورها محفظه داخلی مجهز به هیتر الکتریکی (المنت) است که روی دیواره داخلی نصب شده و با صفحه مشبک محافظی پوشانده شده است. اما در برخی مدل های دیگر، برای گرم کردن محفظه فاصله بین دیواره دو جداره را از آب داغ انباشته می کنند. البته استفاده از هیترهای خشک مزایای زیادی نسبت به این روش دارد. به عنوان مثال می توان دمای داخل چمبر یا اتاقک را به سرعت تغییر داد و غیره. کنترل دمای داخل دستگاه توسط سیستم های کنترلی ساده مانند ترموستات و یا مدارات میکروکنترلی پیچیده صورت می گیرد. برای این منظور از یک سری سنسور مانند ترموکوپل های معمولی یا سیستم های مبتنی بر میکروکنترلرها برای نمونه برداری از دمای داخل محفظه استفاده می شود.

◆ **سیستم کنترل رطوبت:** این سیستم رطوبت داخل انکوباتور را در حد مورد نیاز نمونه ها ثابت نگه می دارد. برای این منظور از یک سری سنسور جهت نمونه برداری از رطوبت داخل محفظه استفاده می کنند. رطوبت مورد نیاز در انکوباتور توسط یک مخزن کوچک که حاوی مقداری آب تصفیه شده است، و سیستم گرمایش انکوباتور تامین می شود.

◆ **سیستم کنترل گازها:** این سیستم ترکیب گازهای داخل انکوباتور را در حد مورد نیاز نمونه ها ثابت نگه می دارد. این کار توسط سنسورهایی برای نمونه برداری از ترکیب گاز داخل محفظه استفاده می شود. گاز مورد نیاز توسط مخازن خارجی تامین می شود و کنترل ترکیب گازها نیز با استفاده از سیستم های مبتنی بر میکروکنترلرها و پی ال سی انجام می پذیرد.

◆ **سیستم آلام:** با توجه به مقادیر مجاز تعیین شده برای هر یک از فاکتورها، در صورت تجاوز هر یک از

### اجزاء دستگاه انکوباتور

البته ممکن است بسته به نوع دستگاه انکوباتور، دستگاهی چند مورد از اجزا زیر را نداشته باشد و یا اینکه اجزای اضافی دیگری داشته باشد. این اجزاء عبارتند از :

◆ **محفظه نگهداری نمونه ها:** یک محیط بسته دو جدار است که با عایق بندی مناسب تا حد امکان از لحاظ دما و رطوبت و ورود و خروج گازها از محیط بیرون جدا شده اند. جنس بدنه آن از ورقه فلزی استیل ضدزنگ با ضخامتی در حدود نیم تا یک سانتیمتر می باشد. علت استفاده از استیل

آنها از مقادیر مجاز، این رویداد توسط دستگاه به وسیله ی آلارم مناسب گزارش داده می شود. برخی آلارم ها عبارتند از: ۱. هشدارهای استاندارد که مربوط به عملکرد یا خرابی بخش های مختلف سیستم است. ۲. هشدار مربوط به افزایش دما بیش از ۳۸ درجه یا در حالت ویژه بیش از ۴۰ درجه. ۳. هشدار مربوط به قطع گردش هوا. ۴. هشدار مربوط به نقص در سیستم حس کننده دمای درون محفظه. ۵. هشدار مربوط به نقص در سیستم حسگر دمای قطع کننده منبع تغذیه.

◆ **سیستم ثبات:** این سیستم به اپراتور دستگاه این امکان را می دهد تا مشخصه مورد نظر را بصورت مداوم ثبت و تغییرات آن را کنترل کند.

### الزامات نصب و راه اندازی

الزامات نصب و راه اندازی فعالیت انکوباتورها مستلزم شرایط زیر است:

- ◀ یک اتصال الکتریکی مطابق با استانداردهای مورد استفاده در کشور. پریز برق نباید بیش از ۱٫۵ متر متر از انکوباتور فاصله داشته باشد. این اتصال باید ولتاژ ۱۲۰ ولت، فرکانس ۶۰ هرتز ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت و فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز را فراهم کند و دارای سیم زمین باشد.
- ◀ فضای آزاد در اطراف و پشت دستگاه که عبور کابل ها و تهویه مورد نیاز برای عملکرد طبیعی انکوباتور را امکان پذیر می سازد. این فضا بهتر است بین ۵ تا ۱۰ سانتیمتر باشد.
- ◀ فضایی در آزمایشگاه که میزان تغییر دما در آن حداقل باشد.
- ◀ یک میز تراز و محکم که قادر به تحمل وزن انکوباتور است. وزن انکوباتور با سه قفسه، بین ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم است.
- ◀ رگلاتورهای فشار، شیلنگ ها و اتصالات برای انکوباتورهایی که از گاز دی اکسید کربن استفاده می کنند. این دستگاه ها همچنین از یک مهارکننده برای تأمین ایمنی تانک پرفشار گاز CO<sub>2</sub> استفاده می کنند.

### نگهداری و استفاده از انکوباتور

#### نکاتی برای کاربری دستگاه

- در حضور مواد قابل احتراق از انکوباتور استفاده نکنید، چون اجزای داخل این دستگاه میتوانند به عنوان منبع احتراق در زمان کاربری عمل کنند.
- از ریختن محلول های اسیدی داخل انکوباتور جلوگیری

کنید. این محلول ها سبب تخریب اتا فک انکوباسیون می شوند، هر زمان که امکان داشته باشد از موادی که pH خنثی دارند استفاده کنید، از انکوبه کردن موادی که بخار خورنده تولید می کنند، خودداری کنید.

- در زمان کار با انکوباتور از لوازم حفاظتی شخصی مانند عینک ایمنی، دستکش، پنس برای قراردادن و برداشتن ظروف استفاده کنید.
- از ایستادن جلوی انکوباتور یا در باز خودداری کنید. بعضی از مواد، بخاری ساطع می کنند که نباید استشمام شوند.
- جهت ایجاد پایداری در عملکرد، انکوباتور را در جایی که نصب است کالیبر کنید
- دمای کاربری انکوباتور را در ساعات صبح و عصر با وسایل معتبر کالیبر شده (ترمو متر) تأیید کنید.

### نگهداری

مراقبت و نگهداری از وسایل آزمایشگاهی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اگر وسایلی را که استفاده می کنیم از نظر کیفیت، وضعیت خوبی نداشته باشند یا به طور مطلوب نگهداری نشوند کیفیت آزمایش ها را تحت تاثیر قرار می دهند. نگهداری روزانه که در زیر مواردی از آن آورده شده، باید فقط توسط پرسنلی که برای کار با انکوباتور آموزش لازم را دیده اند و از خطرات مربوط به این کار آگاه هستند، انجام شود.

- **واشر در انکوباتور:** معمولاً از سیلیکا ساخته می شود و استفاده از آن برای چند سال تضمین شده است. به منظور تعویض واشر، باید در جدا شود و مکانیسم هایی که واشر را به در می بندند، برداشته شوند. معمولاً واشر در یک شیار قرار می گیرد. واشر جدید، باید مشخصات یکسان با واشر اصلی را داشته باشد. واشر باید روی در قرار گیرد و با مکانیسم هایی بسته شود که می تواند به سادگی بستن یکسری پیچ در بعضی انکوباتورها باشد.

- **المنت های حرارتی:** این المنت ها معمولاً در قسمت پایین انکوباتور قرار داده می شود. به منظور تعویض آنها لازم است که صفحه کلیدها و محافظ های پایینی انکوباتور جدا شود. در بعضی انکوباتورها لازم است درها نیز جدا شوند. هنگامی که محافظ ها برداشته می شود، المنت ها و سیستم های حسگر دما، جدا شده و با انواعی که دارای مشخصات یکسان با نمونه های اصلی هستند جایگزین می شود. تمام قسمت های جدا شده،

دوباره متصل و کالیبراسیون انجام می گیرد.

● **هواکش خنک کننده:** 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 شود. سپس هواکش معیوب، جدا و با نمونه جدید پس از اطمینان از جهت صحیح جریان هوا جایگزین می شود. تمام قسمت های جدا شده مجدداً متصل شود.

### برخی نکات مهم در خصوص کاربری دستگاه انکوباتور و نظافت آن

هنگام کار با انکوباتور باید به نکاتی توجه کرد. به عنوان مثال انکوباتور باید بر روی یک سطح صاف قرار داده شود و تا حد نیاز به هودهای کشت سلولی یا هودهای میکروبی نزدیک باشد. حداکثر دمای مناسب برای محیطی که انکوباتور در آن قرار دارد حدود ۳۰ درجه است، از قرا دادن این دستگاه در جاهای مرطوب و خیلی گرم پرهیز شود چراکه این شرایط برای رشد باکتری ها بسیار مناسب است. باید از قرار دادن انکوباتور در نزدیک درب های اصلی یا جریان های هوایی و هواکش ها خودداری شود. از قرار دادن مواد فرار یا قابل اشتعال مانند اتر، بنزین، الکل و .. در انکوباتور خودداری شود. محیط های کشت و پلیت ها با فاصله از یکدیگر قرار گیرند تا جریان هوا به خوبی برقرار شود، در صورت کم بودن فاصله ظروف از یکدیگر گردش هوا و یا گاز دی اکسید کربن در بین آنها بخوبی صورت نمی گیرد. برای پر کردن مخزن آب دستگاه باید از آب مقطر استفاده شود. بهتر است برای جلوگیری از رشد قارچ ها و کپک ها در آب داخل انکوباتور مقدار کمی سولفات مس یا سولون ریخته شود. تعویض بموقع ظروف آب داخل دستگاه در انکوباتورهای کشت سلولی بسیار ضروری است. هنگام تمیز نمودن قسمت های داخلی، دستگاه را خاموش نموده و پس از آن تا خشک شدن کامل دستگاه صبر نمایید. از ریختن هر نوع مایع درون دستگاه پرهیز کنید و در صورتی که این اتفاق بیوفتد بلافاصله دستگاه را از برق کشیده و آن را کاملاً خشک نمایید. برای تمیز کردن قسمت های داخلی انکوباتور بهترین ماده استفاده از الکل ۷۰ درصد است. هرگز از محلول سدیم کلراید، محلول های

قلیایی یا اسیدی قوی و یا محلول های هالوژن دار که باعث خوردگی رنگ می شود برای پاک نمودن سطوح استیل ضد زنگ استفاده نشود. هنگام استفاده از الکل برای تمیز کردن داخل دستگاه، بویژه اگر انکوباتور دارای درجه حرارت بالا است باید دقت زیادی کرد زیرا در این شرایط الکل تبخیر شده و تمام فضای داخل دستگاه را فرا می گیرد و امکان خطر انفجار وجود دارد بنابراین باید تمام الکل باقی مانده به خوبی پاک شود. برای نظافت سطوح خارجی و بدنه دستگاه می توان از آب و پاک کننده های ملایم مانند محلول های صابون ملایم و یک پارچه نرم استفاده کرد. برای برداشتن فلاسک های کشت سلول و پلیت باکتری ها حتماً از دستکش های لاتکس ضد عفونی شده استفاده شود. در صورت دیدن آلودگی در فلاسک های کشت بلافاصله تمام کشت ها را خارج کرده و داخل انکوباتور را بخوبی با الکل ۷۰ درصد ضد عفونی کنید، برای استریل کردن قفسه ها می توان آنها را در داخل فور قرار داد. قفسه ها و دیواره های دستگاه همواره باید خشک باشند و از باز ماندن درب دستگاه برای مدت طولانی پرهیز شود زیرا رطوبت موجود در انکوباتور بصورت قطرات آب درآمده و محیط مناسبی برای رشد باکتری ها و قارچ ها ایجاد می شود.

### کنترل کیفی دستگاه انکوباتور

برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه به خصوص کنترل دما و رطوبت و میزان گاز، انجام آزمایشات کنترل کیفی حائز اهمیت است به این منظور آزمایش های زیر صورت می گیرد:

#### ◀ کنترل سیستم گرمایش

در کلبه انکوباتورها سیستم گرمایش و کنترل دما از قسمت های زیر تشکیل شده است که روش کنترل کیفی هر کدام از آنها متفاوت است:

✓ **منبع تغذیه:** برای کنترل کیفی منبع تغذیه از مولتی مترهای کالیبره شده استفاده کرده و میزان جریان برق قسمت های مختلف اعم از ورودی و خروجی های مختلف آن بررسی می شود.

✓ **المنت:** یک یا چند المنت وظیفه ایجاد حرارت لازم برای فراهم آوردن محیط با دمای مناسب را برعهده دارند. اگر اشکال یا مشکلی در نحوه تامین گرمای سیستم

وجود داشته باشد باید این قسمت کنترل شود. نحوه تست المنت ها به این صورت است که ابتدا دو سر آنها را از منبع تغذیه جدا کرده و سپس بوسیله اهم متر میزان مقاومت آن ها سنجیده میشود. مقاومت المنت ها کم است و در صورت داشتن مقاومت کم، المنت سالم است.

#### ✓ سیستم کنترل دما: این

سیستم وظیفه کنترل دمای داخل انکوباتور را به وسیله فرمان دادن به المنت ها بر عهده دارد. نحوه تست این سیستم به این صورت است که ابتدا سیستم را برای ایجاد دمای معینی تنظیم کرده و سپس به وسیله یک دماسنج کالیبره دمای داخل انکوباتور کنترل می شود.

#### ◀ کنترل سنسور حرارت

سنسور دما به صورت دوره ای کالیبر می شود. برای این منظور هرچند وقت یک بار جهت کنترل کالیبره بودن حرارت داخل محفظه در پنج قسمت مختلف داخل محفظه، ترمومتر کار گذاشته و در فواصل زمانی مشخص ترمومترها قرائت می شوند. اختلاف دماها نباید از یک درجه سانتیگراد بیشتر باشد.

#### ◀ آزمایش استقامت دی الکتریک

دستگاه را در معرض ولتاژی حدود ۴ هزار ولت قرار می دهند، اتصالات دستگاه باید در مقابل این ولتاژ بالا استقامت کنند و جریان نشتی در دستگاه بوجود نیاید. این آزمایش یک بار در حالت کار عادی و یک بار پس از آنکه ۴۸ ساعت در اتاق رطوبت قرار گرفت انجام می شود. هیچ جریان نشتی بین مدارات الکتریکی دستگاه و بدنه نباید وجود داشته باشد.

### جدول مشکل یابی

در جدول مشکل یابی، به شرح مشکلات احتمالی، علت وقوع آن ها و چگونگی رفع این مشکلات پرداخته شده است.

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
	سیم اتصال معیوب است	کابل را کنترل یا آن را تعویض کنید
انکوباتور خطای حرارتی نشان می دهد	کنترل دما خراب است	کلید کنترل دما را بررسی و تنظیم کنید یا آن را تعویض کنید
	مقاوم حرارتی خراب است	مقاوم را با نوع جایگزین و مشخصات یکسان با نمونه اصلی تعویض کنید
	اتصال مقاوم حرارتی نقص دارد	محل اتصال را تمیز و تنظیم کنید
	ترموکوپل الکتریکی خراب است	ترموکوپل الکتریکی را تعویض کنید
	دمای انتخابی کمتر از دمای اتاق است	مشخصات انکوباتور را کنترل کنید. فقط انکوباتورهای یخچالدار 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 یا واشرهای در خراب است	تعویض این واشرها
	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
	آلارم فعال است و دما بالاتر از دمای انتخابی است	کنترل دما خراب است
	صفحه نمایش مکرراً پیغام خطا نشان می دهد	تقویت کننده خراب است
چراغ آلارم چشمک می زند		اجازه دهید انکوباتور خنک شود تا در دمای کاربری انتخابی، تثبیت شود