

# دستور العمل استفاده از دستگاه الکتروریس

Labscale Electrospinning Unit (Electroris)



1393

## فهرست عناوین

صفحه	عنوان
3	فصل 1- مقدمه
3	1-1-1- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی
4	1-1-1- قابلیت‌ها و مشخصات
6	1-1-2- مزایای استفاده از دستگاه الکتروریس
9	1-1-3- بسته تحویلی
9	1-2- گارانتی و خدمات پس از فروش
10	فصل 2- ایمنی
10	1-2- خطر برق گرفتگی:
10	2-2- خطر پاشیدن محلولهای پلیمری:
11	فصل 3- نصب و راه‌اندازی
11	1-3- نصب فیزیکی دستگاه
12	2-3- راه‌اندازی دستگاه
12	3-2-1- روشن کردن دستگاه
13	فصل 4- عملکرد دستگاه
13	1-4- سیستم کلی دستگاه الکتروریس:
14	1-1-4- سیستم تزریق محلول:
14	1-2-4- سیستم تامین اختلاف پتانسیل ولتاژ بالا:
14	1-3-4- سیستم جمع‌کننده نانوالیاف (کالکتور):
15	1-4-4- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی:
15	1-4-5- سیستم رویش نازل‌ها:

- 15.....4-1-6- سیستم کنترل دمای محفظه:
- 15.....4-2- واسط فیزیکی
- 15.....4-2-1- پانل دستگاه
- 16.....4-2-2- صفحه نمایشگر:
- 17.....4-3- پمپ سرنگی:
- 21.....4-4- سیستم روبش نازلها:
- 21.....4-5- سیستم تنظیم فاصله الکتروویسی:
- 23.....4-6- سیستم تنظیم سرعت چرخش درام:
- 26.....4-7- تنظیم دمای داخل محفظه:
- 28.....4-8- روشنایی داخل محفظه:
- 28.....4-9- سیستم تامین اختلاف پتانسیل:
- 31..... فصل 5- نگهداری
- 31.....5-1- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم:
- 31.....5-2- بررسی های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروویس
- 31.....5-2-1- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)
- 32.....5-2-2- بررسی اتصال کابل "ولتاژ بالا"
- 32.....5-2-3- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل
- 33..... فصل 6- عیب یابی
- 33.....6-1- عیب یابی
- 36..... فصل 7- سفارش
- 36.....7-1- تولید سفارشی
- 36.....7-2- نحوه سفارش

## فصل 1- مقدمه

### 1-1- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی

نانوالیاف پلیمری به دلیل کاربردهای فراوان و ویژگی‌های خاصی که در این ابعاد پیدا می‌کنند، مورد توجه صنایع مختلف قرار گرفته‌اند. از جمله این کاربردها می‌توان کاربردهای پزشکی و تصفیه را نام برد. از این رو تولید نانوالیاف پلیمری با استفاده از یک روش نسبتاً ساده اما کارآمد، بسیار مفید خواهد بود. امروزه نانوالیاف پلیمری به دلیل کاربردهای فراوان بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند از جمله کاربردهای مختلف نانو الیاف می‌توان به کاربرد آنها در زمینه‌های فیلترهای غشایی، لباس‌های محافظ، تجهیزات الکترونیکی و نوری، کاربردهای بیوپزشکی و کامپوزیت‌های تقویت‌شده اشاره کرد. الکتروریسندگی (ES) روشی برای تولید نانوالیاف از طریق اعمال میدان الکتریکی بر یک جت سیال پاشیده شده است. این مواد دارای خواص مکانیکی، الکتریکی و بیولوژیکی بهبود یافته می‌باشند که می‌توان آن را متأثر از مساحت سطحی بالا و بهبود ساختار الیاف دانست.

دستگاه الکتروریس دارای قابلیت‌های ارتقا یافته در مقایسه با مشابه‌های خارجی برای تحقیقات آزمایشگاهی بر روی نانوالیاف پلیمری است. این دستگاه قابلیت کنترل همه پارامترها توسط پانل و صفحه نمایشگر دیجیتال را دارد. این دستگاه همچنین دارای سیستم تامین کننده اختلاف ولتاژ قابل کنترل از صفر تا 35 کیلوولت با نمایشگر دیجیتال ولتاژ، است. این دستگاه برخلاف سایر دستگاه‌های الکتروریسی، از اندازه و وزن کمتری برخوردار است و امکان استقرار آن در آزمایشگاه به راحتی میسر است. با توجه به طول و قطر درام امکان جمع‌آوری نمدهای نانوفیبری یکنواختی با ابعاد  $25 \times 30$  مترمربع مهیا خواهد شد.

این دستگاه دارای ثبت اختراع بین المللی در اداره پنت آمریکا (USPTO) می‌باشد.



شکل 1-1) دستگاه الکتروریس

#### 1-1-1- قابلیت‌ها و مشخصات

##### انعطاف پذیری

- توسط این دستگاه مشخصات مختلف نانوالیاف از جمله تخلخل، شکل، قطر، ضخامت، آرایش‌یافتگی و توانایی گره دار شدن می‌تواند کنترل شود.
- فرایند آسان و مقرون به صرفه است.
- بسیاری از انواع پلیمرها از جمله پلیمرهای مصنوعی، طبیعی و زیست تخریب‌پذیر و/یا پلیمر/کامپوزیت توسط این دستگاه می‌تواند به نانوالیاف تبدیل شوند.

**ü نرم افزار مخصوص**

- پارامترهای الکتروریسی می‌توانند به راحتی توسط کامپیوتر با استفاده از نرم‌افزار مخصوص کنترل شوند. (سفارشی)

**ü برق ورودی دستگاه**

- 220 ولت، تک فاز، 50-60 هرتز – حداکثر 5 آمپر

**ü پمپ سرنگی**

- تعداد سرنگ قابل نصب: حداکثر 2 سرنگ (سفارشی تا 10 سرنگ)
- کنترل نرخ تزریق محلول پلیمری (10 میکرولیتر تا 100 میلی لیتر در ساعت)
- دو حالت تزریق: تزریق ممتد یا تزریق به میزان حجم تعیین شده
- تزریق یکنواخت: تزریق یکنواخت محلول با استفاده از درایور و موتور با دقت بالا
- تنظیم محل صفحه فشاردهنده سرنگ: امکان تنظیم سریع پدال با استفاده از دو کلید چپ و راست

**ü سیستم روبش نازلها**

- کنترل سرعت روبش (حرکت رفت و برگشت) نازل (0-2500 میلی متر در دقیقه)
- کنترل نقطه شروع و پایان روبش (0-30 سانتی متر)

**ü جمع کننده (کالکتور)**

- درام چرخان با سرعت قابل کنترل سرعت چرخش
- کنترل فاصله الکتروریسی (5-20 سانتیمتر)
- سرعت چرخش: دور کم (تا 200) و دور بالا (تا 3000 دور در دقیقه)
- جنس: استیل
- قطر: 8 سانتی متر
- دارای ولتاژ منفی تا 20- کیلوولت (سفارشی)

**ü منبع تامین اختلاف پتانسیل (ولتاژ بالا)**

- دارای دستگاه تامین اختلاف پتانسیل 35 کیلوولت
- نمایشگر دیجیتال ولتاژ با دقت 0/1 کیلوولت
- نمایشگر دیجیتال جریان مصرفی با دقت 1 میکروآمپر (سفارشی)

**ü سیستم گرمایش**

- کنترل دمای محیط الکتروریسی (دمای محیط تا 45 درجه سانتی گراد)

**ن تهبوه**

- خروج حلال از محفظه توسط فن با امکان برنامه‌ریزی مدت کار کرد

**ن سیستم کنترل و پانل:**

- استفاده از نمایشگر بزرگ 4 سطری به همراه 20 سوئیچ باعث کنترل آسان سیستم و نمایش کلیه اطلاعات ضروری عملکرد دستگاه شده است.
- تعبیه کلیدهای عملیاتی در کنار 4 سطر نمایشگر باعث عدم نیاز به منوهای تو در تو شده و بنابراین به راحتی با فشار حداکثر چند کلید، دستگاه تنظیم شده و شروع بکار خواهد کرد.

**ن حافظه دائمی**

- آخرین تنظیمات در حافظه دائمی دستگاه ذخیره خواهد شد.

**ن ایمنی**

- دارای 3 سوئیچ جهت قطع ولتاژ هنگام باز شدن درب‌های دستگاه
- دارای سیستم تشخیص ارت مناسب
- دارای سیستم خاموش شدن خودکار با اتمام زمان کارکرد یا محلول

**ن محفظه**

- فلزی با 3 درب جهت دسترسی آسان به کلیه بخشهای دستگاه

**ن ابعاد**

- 60\*70\*75 سانتی متر

**ن وزن**

- حدود 80 کیلوگرم

**1-1-2- مزایای استفاده از دستگاه الکتروریس****پارامترهایی موثر در الکتروریسی پلیمرها:**

پارامترهایی که در اثر تبدیل محلولهای پلیمری به نانوفیبرها از طریق الکتروریسندگی مؤثر هستند و مورفولوژی سطح نانوفیبر و قطر و سایر مشخصات آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند را می‌توان به دو دسته پارامترهای مرتبط با محلول پلیمری و پارامترهای فرایندی تقسیم کرد. پارامترهای مرتبط با محلول پلیمری عبارتند از: ویسکوزیته، الاستیسیته، هدایت، کشش سطحی، غلظت، دمای محلول، ثابت دی‌الکتریک، فراریت حلال، دانسیته بار خالص، اثر

افزایش نمک، وزن مولکولی پلیمر و ... . از جمله پارامترهای فرایندی می‌توان به ولتاژ اعمال شده، میزان رطوبت محیط، سرعت هوا در اتاقک الکتروریسندگی، پتانسیل الکتریکی در نوک لوله موئین، دمای محیط، فاصله بین نوک لوله با صفحه جمع کننده، نوع صفحه جمع کننده، سرعت خروج محلول از نازل، سرعت چرخش جمع کننده، سرعت روبش نازل‌ها و... اشاره کرد. توانائی لیف شدن انواع پلیمرها تحت تأثیر هر کدام از پارامترهای نامبرده قرار می‌گیرد بطوریکه اگر شرایط بهینه ایجاد نشود هیچ نوع لیفی بدست نمی‌آید یا لیاف بدست آمده از نظر مورفولوژی ناهنجار خواهند بود. در زیر بطور مختصر پارامترهای مهم فرایندی بررسی می‌شوند:

#### فاصله بین نوک نازل تا جمع کننده:

فاصله بین نوک نازل تا هدف (وسیله جمع کننده) را فاصله کاری یا فاصله الکتروریسی می‌گویند که تنظیم این فاصله نیز نقش مهمی را در تولید لیاف دارد. تغییر این فاصله روی مورفولوژی لیاف تشکیل شده مؤثر است. افزایش فاصله منجر به کاهش دانسیته بار در هر سانتی متر از میدان می‌گردد.

#### سرعت جریان جت:

عموماً زمان لازم برای حرکت محلول پلیمری (جت) از نازل به سمت جمع کننده و تشکیل لیاف جامد کمتر از یک دهم ثانیه است. طبق بررسی انجام شده بر روی محلول *PS*، تغییر سرعت پمپ و از اینرو سرعت جریان محلول بر روی اندازه فیبر و مورفولوژی سطح آن مؤثر است. از آنجا که در این فرایند، سرعت تزریق محلول باید بسیار آرام باشد معمولاً در مطالعات و تحقیقات از دستگاه پمپ سرنگی استفاده می‌شود؛ زمانی که سرعت جریان  $1/0 \text{ ml/min}$  و بیشتر می‌شود تشکیل گره مشاهده می‌شود، اندازه آنها از  $5\mu\text{m}20$  افزایش یافته و در سطح آن منافذ در مقیاس نانو تشکیل می‌شود. اندازه این منافذ از  $90\mu\text{m}150$  با افزایش فلوی جریان افزایش می‌یابد.

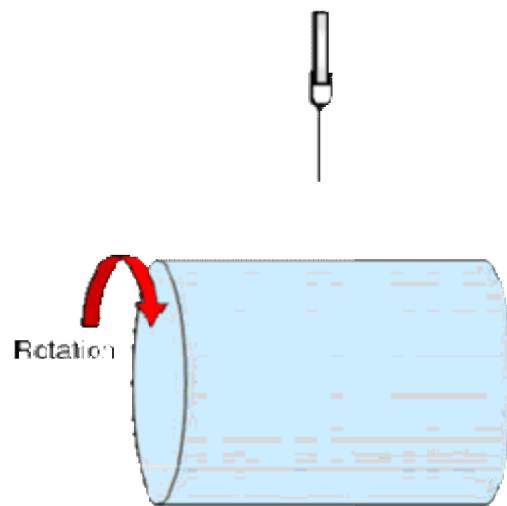
#### تهیه نانوالیاف یکنواخت:

بطور کلی برای اینکه بتوانیم یک نتیجه مطلوب و دلخواه را از فرآیند الکتروریسندگی بدست آوریم (نانوالیاف یکنواخت) هر کدام از این پارامترهای مهم را با در نظر گرفتن شرایط آزمایش و نوع محلول پلیمری باید بررسی کنیم و با تغییر دادن هر کدام از این پارامترها و سایر پارامترهایی که از اهمیت کمتری برخوردار هستند، بتوانیم شرایط آزمایش را بهینه کنیم. لازم به یادآوری است که هر کدام از این پارامترها برای هر آزمایشی متغیر بوده و برای هر آزمایش (محلول پلیمری) باید مقدار بهینه آنها را بدست آوریم.



## استفاده از جمع کننده چرخان:

از جمله روشهای مناسب جهت یکنواختی نانوفیبرهای پلیمری استفاده از جمع کننده چرخان می باشد که در شکل به صورت شماتیک نشان داده شده است. از جمله مزایای این روش راحتی ساخت دستگاه، امکان دستیابی به یکنواختی بالا و امکان تنظیم میزان آرایش نانوفیبرها با تنظیم سرعت چرخش درام می باشد. البته در کنار این موضوع معایب آن نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد که مهمترین آنها عدم امکان پوشش دهی به صورت پیوسته است. از جمله معایب دیگر این روش امکان پارگی نانوفیبرها در سرعت چرخش بالا می باشد که باعث محدودیت سرعت چرخش می گردد. بنابراین سرعت چرخش درام از جمله مهمترین پارامترها در این روش می باشد.



## استفاده از چند نازل:

در روش الکتروریسندگی امکان استفاده از چند نازل به جای یک نازل وجود دارد که باعث کاهش قابل توجه زمان تولید نانوفیبرها می گردد. باید توجه شود که طرز چیدمان نازلها در این روش بسیار مهم می باشد و نازلها بایستی به نحوی مرتب شوند که با همدیگر برهمکنش نداشته باشند. علاوه بر این، کنترل سرعت باید به نحوی انجام گیرد که سرعت تزریق محلول در تمام نازلها یکسان باشد. به همین دلیل، جهت بهینه سازی اولیه پارامترها، استفاده از یک نازل ترجیح داده می شود تا اثر برهمکنش جت های پلیمری بر هم از بین برود.



**اثر روبش نازل:**

برای دستیابی به مت یکنواخت، لازم است نازل یا نازل‌ها نیز حرکت رفت و برگشت یکنواختی داشته باشند تا از انباشتگی نانوفیبرها در یک منطقه از درام جلوگیری گردد. میزان سرعت رفت و برگشت نازل نیز تاثیر زیادی بر نحوه آرایش نانوفیبرها و خواص فیلتر خواهد داشت. بنابراین بررسی میزان تاثیر سرعت نازل بر خواص نانوفیبرها و بهینه‌سازی آن باید مورد توجه قرار گیرد.

**تشکیل نانوفیبر روی جمع کننده:**

زمانی که بین نازل و درام به عنوان جمع کننده میدان الکتریکی اعمال می‌گردد، فرآیند الکتروریسی انجام می‌گیرد. قطره تشکیل شده در نوک نازل به وسیله میدان الکتریکی اعمال شده به شکل مخروط تبدیل می‌شود. وقتی که ولتاژ اعمال شده به مقدار حد آستانه می‌رسد، نیروی الکترواستاتیکی در سطح مخروط به کشش سطحی قطره غلبه کرده و یک جت از مخروط پرتاب خواهد شد. این مخروط به نام مخروط تیلور (*Taylor*) نامیده می‌شود که برای سیستم‌های پلیمر - حلال معین، انشعاب جت به رشته‌های یکنواخت قابل مشاهده است. سپس جت به درام جمع کننده برخورد کرده و روی آن انباشته می‌شود.

**1-1-3- بسته تحویلی**

۱) کابل پاور

۲) کابل ارت

۳) کاتالوگ و راهنمای دستگاه

۴) سرنگ در 2 اندازه

۵) فیوز

۶) محلول پلیمری

**1-2- گارانتی و خدمات پس از فروش**

گارانتی دستگاه‌های تحویلی، شامل یک سال گارانتی و پنج سال خدمات پس از فروش است.

## فصل 2- ایمنی

### ۱-۲- خطر برق گرفتگی:

استفاده نادرست از دستگاه تامین اختلاف پتانسیل می تواند خطر برق گرفتگی و مرگ داشته باشد. قبل از شروع کار با دستگاه تامین اختلاف پتانسیل کلیه تمهیدات ایمنی در نظر گرفته شود. کلیه اتصالات، بخصوص سیستم ارت را بررسی نموده و از صحت آنها مطمئن شوید. دستگاه الکتروریس با سیستم ولتاژ بالا در حدود 35 کیلوولت کار می کند که این ولتاژ می تواند از چند سانتی متری به هر نقطه رسانایی از جمله بدن انسان تخلیه شود بنابراین در صورت روشن بودن منبع ولتاژ بالا هرگز درب دستگاه را باز ننمایید و هرگز کابل ولتاژ بالا را به غیر از نازل به محل دیگری متصل نکنید. از اتصال مطمئن و محکم کابل به نازل مطمئن شوید تا هنگام کار و روبش از نازلها جدا نشود.

### رعایت نکات ایمنی برای شما و همکارانتان از مسئولیت های شماست.

### 2-2- خطر پاشیدن محلول پلیمری:

محلول داخل سرنگ (به خصوص هنگام استفاده از سرنازلهای با قطر کم) تحت فشار می باشد، که می تواند منجر به خروج نازل از محل اتصال به نازل و پاشیدن محلول پلیمری به اطراف شود. در هنگام استفاده جهت جلوگیری از پاشیده شدن محلول پلیمری به صورت، حتماً درب های دستگاه بسته باشد یا در غیر اینصورت از عینک و محافظ صورت استفاده نمایید.

## فصل 3- نصب و راه‌اندازی

### 3-1- نصب فیزیکی دستگاه

لطفا قبل از نصب فیزیکی دستگاه، دفترچه راهنما را به دقت مطالعه فرمایید. قبل از نصب دستگاه باید توجه داشته باشید که محیط کار با دستگاه باید دارای شرایط زیر باشد:

1- سطح محکم، تمیز و خشک

2- شرایط مناسب زیست محیطی

3- تهویه مناسب

مراحل نصب دستگاه به صورت زیر است:

1- اتصال کابل پاور به منبع ولتاژ (پریز برق) و ورودی ولتاژ دستگاه

2- اتصال کابل ارت (در صورت اطمینان از سالم بودن ارت کابل برق و دودی می‌توانید این کابل را متصل نکنید، البته با توجه به عدم رعایت درست سیستم ارت در کابل کشی ساختمانها در ایران، پیشنهاد می‌شود ارت این محل را به محل مناسبی متصل نمایید)

3- روشن کردن دستگاه با استفاده از کلید تعبیه شده در پشت دستگاه

4- روشن کردن کلید مشکی سمت راست دستگاه

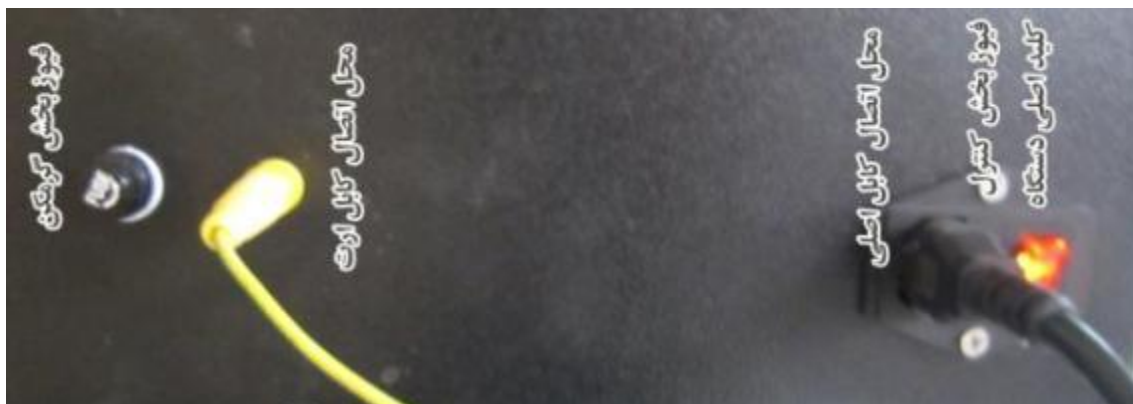
اگر مراحل به درستی انجام پذیرد، نمایشگر دستگاه روشن شده مدل دستگاه را به مدت 3 ثانیه نمایش خواهد

داد.

## 2-3- راه اندازی دستگاه

## 1-2-3- روشن کردن دستگاه

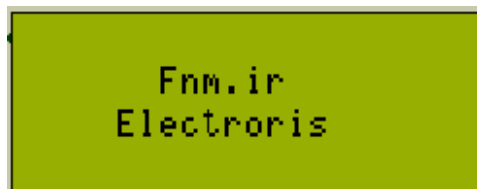
ابتدا کابل را به پشت دستگاه متصل نمایید. جهت روشن شدن دستگاه لازم است کلید پشت آن در حالت On قرار گیرد که در اینصورت لامپ موجود در کلید روشن خواهد شد. پس از روشن کردن دستگاه، نمایشگر جلوی دستگاه آدرس سایت اینترنتی شرکت فناوران نانومقیاس و مدل دستگاه را به مدت 3 ثانیه نمایش خواهد داد.



نمای پشت دستگاه الکتروریس



نمای سمت راست دستگاه الکتروریس

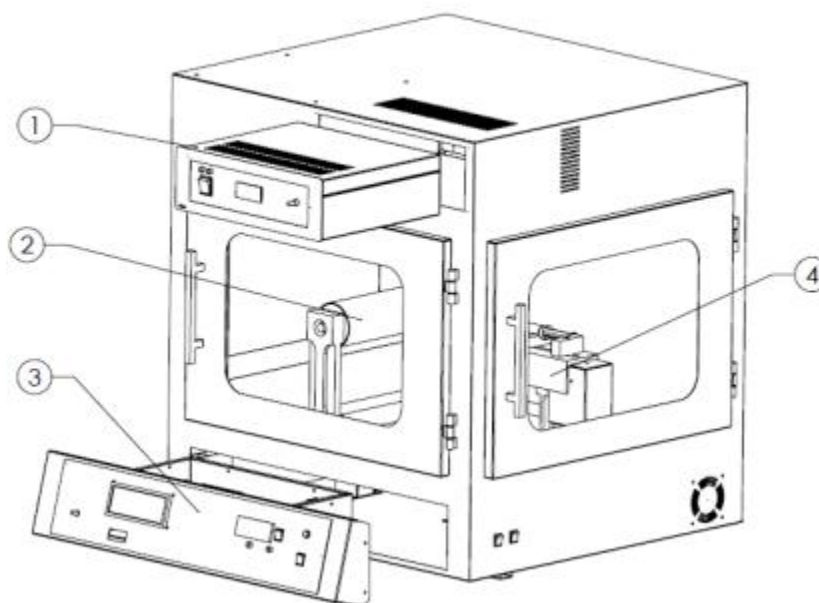


نمایشگر دستگاه الکتروریس هنگام روشن شدن دستگاه

## فصل 4- عملکرد دستگاه

## 4-1- سیستم کلی دستگاه الکتروریس:

همانطور که از سیستم الکتروریسی در شکل زیر مشخص است چهار مجموعه در این دستگاه حائز اهمیت است که عبارتند از: سیستم تامین اختلاف پتانسیل ولتاژ بالا، سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور)، سیستم تزریق محلول، و سیستم نازل.



نمای کلی دستگاه الکتروریس: 1- سیستم ولتاژ بالا، 2- درام جمع کننده، 3- بخش کنترل، 4- پمپ سرنگ

## 4-1-1- سیستم تزریق محلول:

از آنجا که در این فرایند، سرعت تزریق محلول باید بسیار آرام باشد معمولاً در مطالعات و تحقیقات از دستگاه پمپ سرنگی استفاده می‌شود؛ سیستم بکار رفته در این دستگاه پمپ سرنگی محصول شرکت فناوران نانومقیاس است که می‌تواند با دقت 10 میکرولیتر بر ساعت تزریق محلول انجام دهد. از آنجا که سرعت تزریق در فرایند الکتروریسی مهم است صحت و دقت آزمایشات را از این نظر تضمین خواهد کرد.

## 4-1-2- سیستم تامین اختلاف پتانسیل ولتاژ بالا:

دستگاه تولید کننده ولتاژ بالا (*High Voltage Power Supply*) با حداکثر ولتاژ 35 کیلوولت، ساخت شرکت فناوران نانومقیاس است. اغلب پژوهشهای الکتروریسی با اهداف تحقیقاتی در ولتاژ زیر 35 کیلوولت انجام می‌گیرد، بنابراین جهت جلوگیری از افزایش بی‌دلیل هزینه ساخت دستگاه الکتروریس، این سیستم جهت بکارگیری در دستگاه انتخاب شده است. (در موارد خاص امکان طراحی سیستم ولتاژ بالا به میزان مورد نیاز کاربر وجود دارد).

## 4-1-3- سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور):

سیستم جمع کننده در این آزمایشات یک درام استیل با قطر 8 و طول 35 سانتی متر می‌باشد که به زمین متصل شده است. در صورت استفاده از فویل آلومینیم باید با دقت و بسیار صاف بر روی درام قرار گیرد تا میدان یکنواختی بین نازل و جمع کننده برقرار گردد. عدم اتصال مناسب می‌تواند باعث جدا شدن فویل و برخورد آن به نازل دارای ولتاژ بالا گردد. بنابراین فویل بایستی طوری به درام چسبانده شود که علی‌الخصوص در دوره‌های بالای درام از آن جدا نشود. درام به موتور با امکان تنظیم دور متصل گردیده است که قادر است آنرا را با سرعت دلخواه بچرخاند. این دستگاه به نحوی طراحی شده است که امکان تعویض درام به راحتی برای کاربر مهیا باشد و به راحتی می‌توان انواع جمع کننده از قبیل صفحه ثابت، درام چرخان سیلندری، درام چرخان سیمی (جهت الیاف موازی) و یا درام دیسکی را در آن نصب کرد.

## 4-1-4- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی:

در دستگاه الکتروریس فاصله الکتروریسی (فاصله نوک نازل تا صفحه جمع کننده) به راحتی توسط نرم افزار قابل کنترل است. نرم افزار طوری طراحی شده است که با فشردن دکمه *START* ابتدا این فاصله را تنظیم می نماید. این فاصله معمولاً بین 5 تا 20 سانتی متر می باشد که با توجه به ولتاژ اعمال شده، غلظت محلول، کشش سطحی و ... مقدار بهینه آن متغیر است.

## 4-1-5- سیستم روبش نازل ها:

همانطور که گفته شد، برای دستیابی به مت یکنواخت، لازم است نازل یا نازلها حرکت رفت و برگشت یکنواختی داشته باشند تا از انباشتگی نانوفیبرها در یک منطقه از درام جلوگیری گردد. در این دستگاه امکان روبش هر نقطه از درام از 0 تا 30 سانتی متر با سرعت دلخواه میسر شده است. جهت عدم حرکت نازل کافیسیت ابتدا و انتهای نقطه اسکن یک عدد ثابت وارد نمود، در آن صورت نازل به نقطه مورد نظر رفته و بی حرکت خواهد ماند.

## 4-1-6- سیستم کنترل دمای محفظه:

در برخی کاربردها نیازمند آن هستیم که محفظه دمای خاصی داشته باشد تا بتوان عملیات پوشش دهی نانوالیاف به خوبی انجام پذیرد. به این منظور در این دستگاه یک سیستم گرمایش تعبیه شده است که می تواند دمای محیط الکتروریسی را تا 45 درجه سانتی گراد کنترل نماید.

## 4-2- واسط فیزیکی

واسط فیزیکی این دستگاه شامل پانل و صفحه نمایش است که ارتباط کاربر با برخی از بخش های دستگاه، میسر می سازند.

## 4-2-1- پانل دستگاه

پانل دستگاه الکتروریس، در شکل زیر نشان داده شده اند. این پانلها مجهز به 20 کلید فشاری و یک صفحه نمایشگر، ولوم 10 دور کنترل سرعت چرخش درام، سیستم کنترل دمای محفظه به همراه کلید روشن و خاموش کنترل دمایی، 2 دیود نورافشان آبی و قرمز رنگ هیترو و فن تهویه، 3 دیود نورافشان تست ایمنی ولتاژ بالا، کلید ریست و کلید لامپ داخل دستگاه می باشد.





پانل دستگاه الکتروریس

## 4-2-2- صفحه نمایشگر:

صفحه نمایش الکتروریس، یک نمایشگر کاراکتری 20\*4 می باشد. هنگام روشن کردن دستگاه و پس از نمایش مدل دستگاه، صفحه نمایشگر به صورت زیر خواهد بود:

```

Injected:0.000 ml |
Scan Pos:0 mm |
Distance:80 mm |
Drum: OFF RPM |
  
```

این صفحه نمایشگر دارای 4 سطر می باشد که هر سطر وظیفه نمایش یکی از زیرسیستم ها را به عهده دارد:

- **سطر اول:** مقدار محلول تزریق شده از سیستم پمپ سرنگی. حجم محلول تزریق شده بر حسب هزارم میلی لیتر (میکرولیتر) نمایش داده می شود.
- **سطر دوم:** موقعیت نازلها بر حسب میلی متر
- **سطر سوم:** فاصله نوک نازل از سطح درام بر حسب میلی متر
- **سطر سوم:** سرعت چرخش درام بر حسب دور در دقیقه ( $RPM$ )

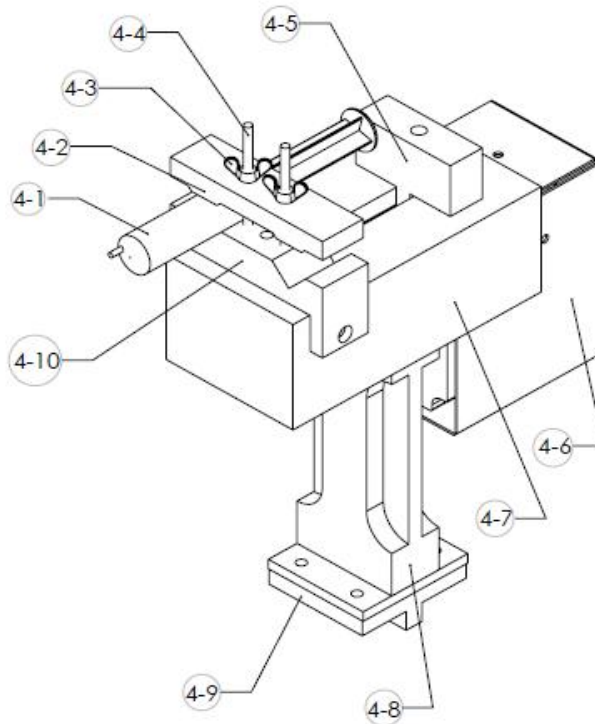
**توضیح 1:** در سمت چپ هر سطر کلیدهایی با نامهای L1، L2، L3 و L4 تعبیه شده است که جهت تنظیم هر یک از این سطرها استفاده خواهند شد.

**توضیح 2:** آخرین کاراکتر سمت راست هر سطر نشان دهنده در حال حرکت بودن (علامت >) یا عدم حرکت (علامت |) سیستم مربوطه می باشد.

## 4-3- پمپ سرنگی:

در این سیستم امکان استقرار یک یا دو سرنگ در نظر گرفته شده است. جهت قرار دادن سرنگها، ابتدا بایستی پدال

فشار دهنده سرنگ توسط کلیدهای  به عقب برده شود. پیچ نگهدارنده سرنگها جهت ثابت ماندن سرنگها در این محل قرار داده شده است که جهت تعویض آنها بایستی باز شده و پس از تعویض مجدداً بسته شود.



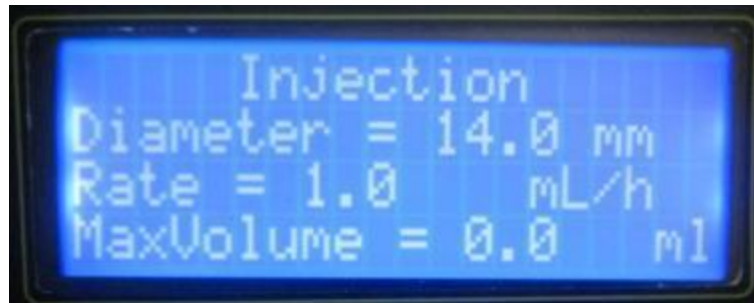
7-4 بدنه عایق پمپ	4-4 پیچ نگهدارنده سرنگ	1-4 سرنگ
8-4 پایه پمپ	5-4 پدال فشردن سرنگ	2-4 نگهدارنده سرنگ
9-4 پایه اتصال پمپ به دستگاه	6-4 موتور دستگاه	3-4 مهره نگهدارنده سرنگ

**توجه:** پس از پایان کار لازم است داخل نازلها و محل اتصال سرنگ با نازلها بطور کامل تمیز شده و سیم نازکی داخل آن قرار داده شود تا از خشک شدن پلیمر و گرفتگی آنها جلوگیری گردد.

**توجه:** هنگام پر کردن محلول داخل سرنگ دقت نمایید تا کناره‌های سرنگ به محلول آغشته نشود زیرا به دلیل رسانایی محلول، ولتاژ بالا از محل آغشته شدن به محلول به بدنه دستگاه تخلیه خواهد شد.

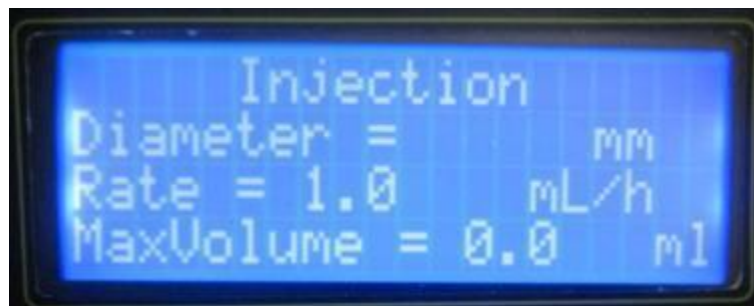
**توجه:** سرنگهای پلاستیکی مقاومت کافی جهت جلوگیری از عبور برق ولتاژ بالا به خصوص در زمان استفاده از ولتاژ بسیار بالا (بالتر از 25 کیلوولت) را ندارند، به همین دلیل بهتر است کیسه پلاستیکی خشک دور سرنگ پیچانده شود و روی محل نگهدارنده قرار داده شود.

با فشردن کلید L1 صفحه نمایش به صورت زیر خواهد بود.



در این صفحه 3 پارامتر سیستم تزریق محلول توسط پمپ سرنگی قابل تنظیم است.


**سطر دوم (L2):** قطر داخلی سرنگ (بر حسب میلی متر)؛ در صورت تغییر سرنگ بایستی ابتدا قطر داخلی آن توسط کولیس یا دیگر وسایل اندازه گیری مشخص شده و در سیستم اعمال گردد. با توجه به اینکه این پارامتر در محاسبات مختلف تنظیم سرعت تزریق تاثیر زیادی دارد، لازم است مقدار آن به صورت دقیق اندازه گیری شده و وارد سیستم شود. دقت عدد وارد شده تا دهم میلی متر قابل تنظیم است. جهت تنظیم این مقدار ابتدا کلید L2 را فشار دهید تا عدد ثبت شده آن پاک شود. در این مرحله جهت وارد کردن مقدار جدید از کلیدهای عددی پانل ( " ' ' ' " ) استفاده نمایید.




**توضیح:** جهت پاک نمودن آخرین عدد وارد شده می توان از کلید 0 استفاده کرد.

**ثبت یا صرفنظر از وارد نمودن مقدار جدید:** پس از وارد کردن مقدار جدید، جهت ثبت داده در حافظه

دستگاه بایستی مجدداً کلید مربوط به همین سطر فشرده شود. به عنوان مثال جهت ثبت اندازه قطر سرنگ بایستی کلید L2

فشرده شود. جهت صرفنظر کردن از ورود مقدار جدید کافیسیت کلید  را فشار دهید، در این صورت مقدار قبلی مجدداً نشان داده خواهد شد.

**توضیح:** استفاده از کلید  در هر مرحله باعث صرفنظر کردن و بازگشت به یک مرحله بالاتر خواهد

شد.

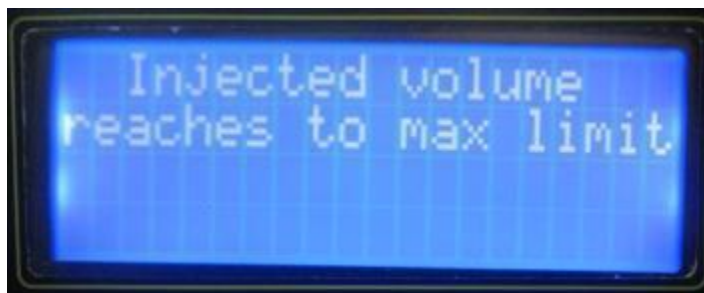
**سطر سوم (L3):** سرعت تزریق (بر حسب میلی لیتر در ساعت)؛ این مقدار نشان دهنده میزان حجم محلول خارج شده از نازل در مدت یک ساعت می باشد که تا دقت دهم میلی لیتر در ساعت قابل تنظیم است.

**حداقل و حداکثر سرعت تزریق:** میزان حداکثر و حداقل سرعت با توجه به قطر سرنگ انتخاب شده می تواند کم یا زیاد شود. پیشنهاد می شود جهت افزایش دقت تزریق در سرعت های کمتر از 10 میلی لیتر در ساعت از سرنگ 5 میلی لیتری و برای سرعت های کمتر از 2 میلی لیتر در ساعت از سرنگ 2 یا کوچکتر استفاده شود. برای سرعت های بالاتر نیز بایستی از سرنگ های بزرگتر از 5 میلی لیتری استفاده شود.


**توضیح:** در صورتیکه مقدار وارد شده سرعت تزریق بیش از مقدار تعریف شده باشد دستگاه پیغام زیر را نمایش خواهد داد که حداکثر مقدار سرعت را (در قطر تعریف شده برای سرنگ) مشخص می کند. در صورتیکه لازم است سرعت را در بیش از این مقدار تنظیم نمایید، بایستی ابعاد سرنگ را افزایش دهید.



**سطر چهارم (L4):** حداکثر حجم تزریق (بر حسب میلی لیتر)؛ در صورتیکه مایلید سیستم بعد از تزریق حجم معینی از محلول متوقف شود، می توانید مقدار مورد نظر را در این بخش وارد نمایید. در اینصورت بعد از تزریق حجم مشخص شده، سیستم متوقف شده و عبارت زیر در صفحه نمایش داده خواهد شد.



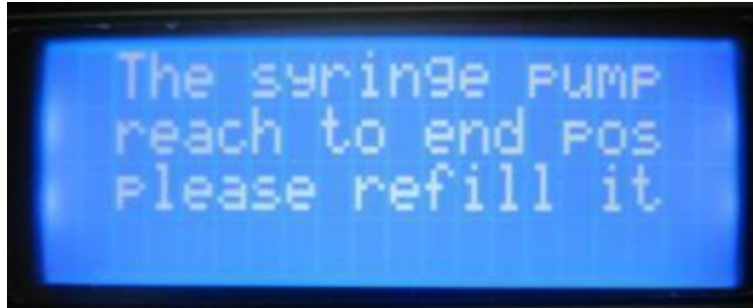
**تزریق مداوم:** جهت تزریق مداوم لازم است این مقدار برابر صفر تنظیم گردد. در اینصورت تزریق همواره ادامه خواهد یافت.

**صفر نمودن میزان تزریق شده:** جهت اینکار کافیست کلید  را دوبار فشار دهید.

**اتمام محلول:** در صورت رسیدن پدال فشار دهنده سرنگ به انتها، جهت جلوگیری از آسیب موتور و پیچ، سیستم



قطع شده و پیغام زیر نمایش داده خواهد شد. در اینصورت لازم است توسط کلیدهای تنظیم موقعیت پدال عقب رانده شده و سرنگ تعویض یا پر شود.



**توجه:** با توجه به اینکه ابعاد سرنگ‌های مختلف با هم متفاوت است و به همین دلیل تعیین نقطه پایان تزریق بصورت خودکار توسط دستگاه بسیار دشوار است، پیشنهاد می‌شود حداکثر تزریق در میزان حجم محلول داخل سرنگ تنظیم گردد. به عنوان مثال اگر سرنگ حاوی 2 میلی‌لیتر محلول است، حداکثر حجم تزریق در مقدار 2 تنظیم گردد تا در صورت اتمام محلول دستگاه بصورت خودکار خاموش شود.

**توضیح:** در صورت اتمام محلول سیستم متوقف شده و منبع ولتاژ بالا را نیز قطع خواهد کرد.

### محاسبات انتخاب سرعت مناسب به نسبت ابعاد سرنگ انتخابی:

جهت افزایش دقت تزریق پیشنهاد می‌گردد برای هر سرعت مورد نظر از سرنگ با ابعاد مناسب استفاده گردد تا حداکثر دقت پمپ حاصل شود.

**توضیح:** بازه مورد پذیرش دستگاه جهت تزریق بدون خطا بیش از این مقادیر می‌باشد.

$$\text{Min Rate (Microliter/hour)} = 0.5 * \text{Syringe diameter (mm)}^2$$

$$\text{Max Rate (Mililiter/hour)} = 0.80 * \text{Syringe diameter (mm)}^2$$

مثال:

سرنگ با قطر 10 میلی متر

حداقل سرعت: 50 میکرولیتر در ساعت

حداکثر سرعت: 80 میلی لیتر در ساعت

## 4-4- سیستم روبش نازلها:

تعداد 2 نازل روی این سیستم تعبیه شده است که به دلخواه می توان از یک یا دو سرنگ استفاده کرد. استفاده از دو نازل منجر به افزایش میزان نانوالیاف تولید شده خواهد شد، با اینحال برهمکنش جتهای پلیمری تشکیل شده در نوک نازلها به دلیل بار یکسان آنها می تواند باعث ایجاد تغییرات غیر قابل پیش بینی در مورفولوژی، نحوه چینش و ابعاد نانوالیاف شود. با فشردن کلید L2 صفحه نمایش به صورت زیر خواهد بود.



در این صفحه 3 پارامتر سیستم روبش قابل تنظیم است.

**سطر دوم (L2):** نقطه شروع اسکن (بر حسب میلی متر)؛ جهت تنظیم نقطه ابتدای اسکن

**توضیح:** این نقطه نمی تواند بیشتر از نقطه پایان تعریف شود.

**سطر سوم (L3):** نقطه پایان اسکن (بر حسب میلی متر)؛ تنظیم نقطه انتهای اسکن که حد کثر 290 میلی متر می باشد.

**توضیح:** این نقطه نمی تواند کمتر از نقطه شروع تعریف شود.

**سطر چهارم (L4):** سرعت روبش (بر حسب میلی متر در دقیقه)

**مثال 1:** StartPos=100; EndPos=250; Speed=500

تنظیم مقادیر طبق لیست بالا باعث خواهد شد نازلها از نقطه 100 میلیمتری تا نقطه 250 میلیمتری را با سرعت 500 میلیمتر در دقیقه به طور مداوم اسکن نمایند.

**مثال 2:** StartPos=150; EndPos=150; Speed=0

تنظیم مقادیر طبق لیست بالا باعث خواهد شد نازلها در نقطه 150 میلیمتری مستقر شده و ثابت بمانند.

## 4-5- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی:

فاصله الکتروریسی (Electrospinning Distance)، فاصله نوک نازلها تا سطح درام می باشد. این فاصله با توجه به تنوع طول نازلهای مختلف می تواند کمتر یا بیشتر از مقدار پیش فرض دستگاه باشد که لازم است این مقدار توسط کاربر دستگاه در نظر گرفته شده و تصحیح گردد.


با فشردن کلید L3 صفحه نمایش به صورت زیر خواهد بود.



در این صفحه تنها یک پارامتر قابل تنظیم است.

**سطر سوم (L3):** جهت تنظیم فاصله پس از فشار دادن کلید L3، داده قبلی پاک شده و داده جدید درخواست می‌گردد. برای ثبت داده جدید بایستی از کلیدهای عددی ( " ' ' ' ' <math>\text{CE}</math> ) استفاده و مجدداً کلید L3 فشرده شود.

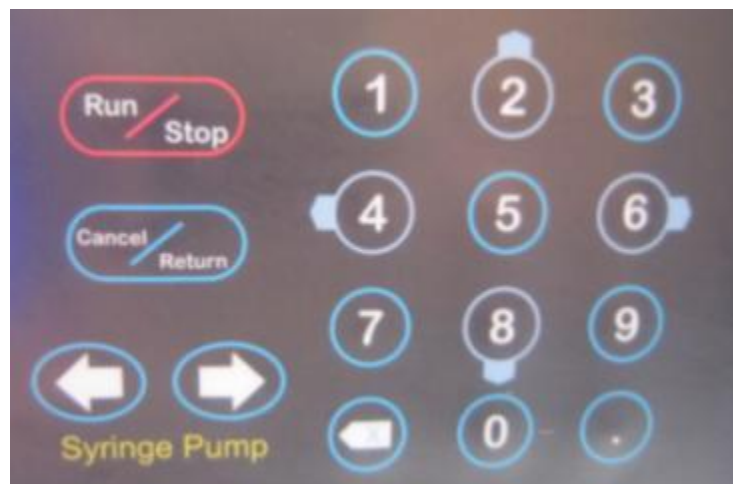
**توجه:** پس از وارد نمودن داده جدید، تا زمانی که کلید L3 فشار داده نشده است، همچنان داده قبلی در سیستم ثبت

شده باقی خواهد ماند. در این مرحله جهت صرفنظر می‌توان از کلید  استفاده نمود.

### حرکت دستی سیستم روبش نازل ها و تنظیم فاصله:

با فشردن کلید 2 نازل ها به عقب و با فشردن کلید 8 به سمت جلو حرکت خواهند کرد. همینطور فشردن کلیدهای 4 باعث افزایش فاصله الکتروریسی و کلید 6 باعث کاهش فاصله خواهد شد.

**توجه:** این کلیدها تغییری روی اعداد نمایشگر ایجاد نخواهند کرد، بنابراین تنظیمات اعداد نمایشگر اشتباه خواهد بود. پیشنهاد می‌گردد برای کالیبراسیون مجدد، دستگاه یکبار ریستارت شود.



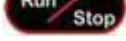
#### 4-6- تنظیم سرعت چرخش درام:

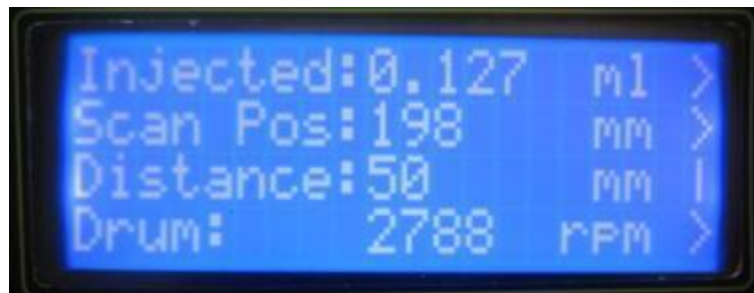
بر حسب نوع سیستم الکتروریسی حداقل و حداکثر سرعت چرخش درام می‌تواند متغیر باشد. در سیستم‌های سرعت بالا (تا 3000 دور در دقیقه)، حداقل سرعت چرخش حدود 350 دور در دقیقه می‌باشد.



در حالت پیش‌فرض جلوی درام عبارت خاموش (OFF) درج گردیده است. در اینصورت با شروع کار دستگاه، درام حرکتی نخواهد داشت.

با فشار دادن دکمه L4 عبارت Drum: OFF به صورت Drum: 0 تغییر وضعیت می‌دهد. در این حالت در

صورت فشردن دکمه  درام حرکت چرخشی خود را آغاز کرده و سرعت حرکت در سطر چهارم نمایش داده می‌شود. در تصویر زیر، درام با سرعت 2788 دور در دقیقه در حال چرخش می‌باشد. همچنین در لحظه عکسبرداری میزان محلول تزریق شده برابر 127 میکرولیتر (در حال حرکت)، نقطه قرار گیری نازل برابر 198 میلیمتری (در حال حرکت)، فاصله الکتروریسی برابر 50 میلیمتر (ثابت)، می‌باشد.



#### تنظیم سرعت چرخش درام: جهت کم و زیاد کردن سرعت چرخش درام جمع‌کننده می‌توان از ولوم قرار

گرفته در سمت چپ پانل استفاده کرد. جهت افزایش دقت تنظیم، ولوم از نوع 10 دور انتخاب شده است؛ بدین معنی که برای دستیابی به حداکثر سرعت بایستی ولوم 10 دور در سمت عقربه‌های ساعت پیمانه شود. اعداد نشان داده شده در بالای ولوم، عدد اصلی و عدد روی ولوم نشان‌دهنده دور می‌باشد، مثلاً در شکل زیر ولوم در دور 2/4 تنظیم شده است.



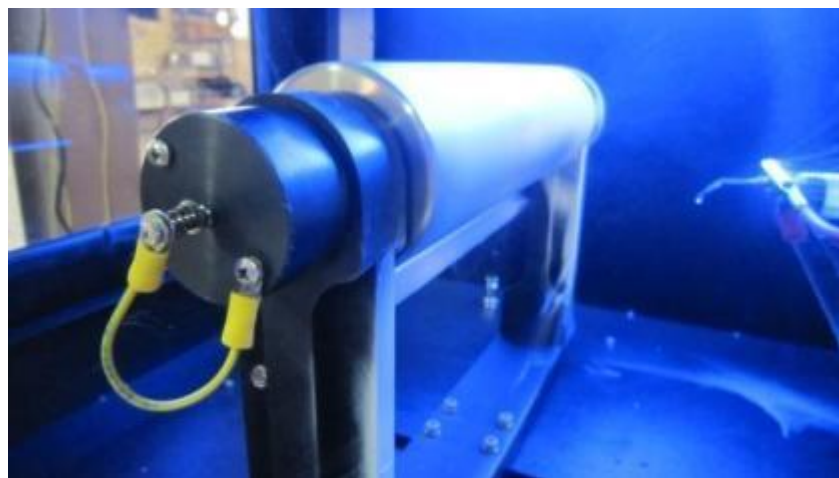


**توضیح:** ضامن بالای ولوم جهت قفل نمودن آن است که باعث ثابت شدن ولوم می‌شود.

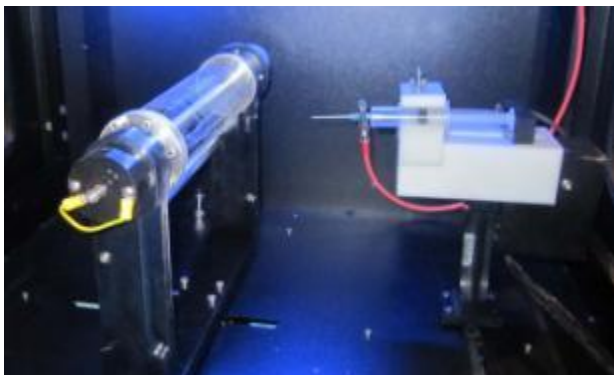
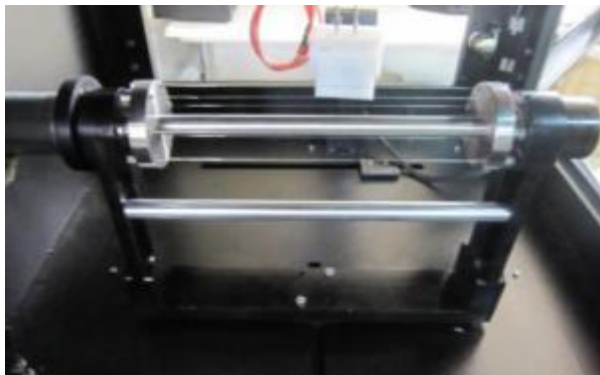
**توضیح:** اعداد ثبت شده دور ولوم ارتباطی با میزان دقیق سرعت ندارند و در دستگاه‌های مختلف این اعداد متفاوت خواهد بود.

**توجه:** در صورتیکه ولوم در مقادیر پایین تنظیم شده باشد، به علت ولتاژ کم اعمال شده به موتور درام، هنگام استارت سیستم، درام شروع به حرکت نخواهد کرد. بهتر است جهت استارت مقدار ولوم کمتر از 3 تنظیم نشود و در صورت نیاز به دورهای پایین بعد از شروع چرخش درام، سرعت آنرا کاهش دهید. در صورتیکه نمی‌خواهید درام چرخش داشته باشد بهتر است از کلید L4 استفاده کرده و آنرا در حالت خاموش قرار دهید.

در این دستگاه انواع کالکتورها از جمله سیلندری، سیمی، میله‌ای (مندرل) و دیسکی قابل استفاده است.



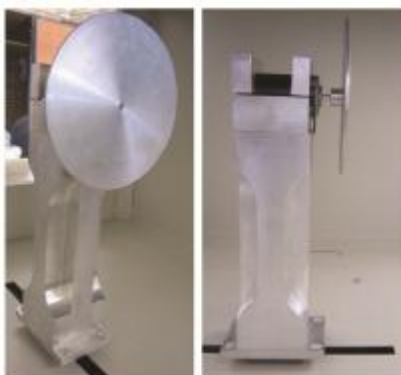
کالکتور چرخان نوع سیلندری (استاندارد دستگاه)



کالکتور چرخان نوع سیمی مناسب تولید نانوالیاف موازی (تولید بصورت سفارشی)


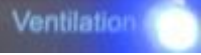


نحوه قرار دادن صفحه ثابت جمع کننده جلوی درام (تولید بصورت سفارشی)



تصویر جمع کننده دیسکی (تولید بصورت سفارشی)

## 4-7- تنظیم دمای داخل محفظه:


توسط این بخش می‌توان دمای داخل محفظه را از دمای محیط تا 45 درجه سانتی‌گراد تنظیم کرد. دیود نورافشان قرمز  نشان‌دهنده روشن بودن سیستم گرمایش دستگاه و دیود نورافشان آبی  نشان‌دهنده روشن بودن هواکش تعبیه شده در پشت دستگاه می‌باشد.



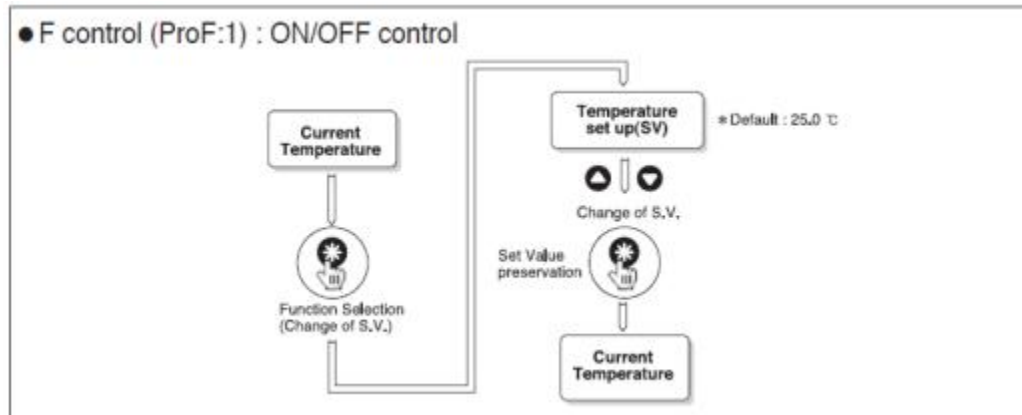
از کلید سمت راست جهت روشن و خاموش کردن این سیستم استفاده می‌شود.

**توجه:** در صورتیکه از محلولهای سمی استفاده می‌نمایید این هواکش جهت خارج نمودن بخارات سمی کافی نخواهد بود و بایستی فرایند زیر یک هود مطمئن یا هواکش قویتر انجام گیرد.

**لزوم تنظیم دما:** دمای محیط الکتروریسی با توجه به تاثیر مستقیم در کشش سطحی محلول پلیمری، یکی از پارامترهای مهم در فرایند الکتروریسی می‌باشد که بخصوص در کارهای تحقیقاتی لازم است مورد توجه قرار گیرد. چنانچه تجربه پژوهشگران الکتروریسی نشان می‌دهد، فرایند تشکیل نانوالیاف در زمستان نسبت به فصول گرمتر سال به دلیل کاهش دمای محیط با مشکلات بیشتری مواجه است.

**تنظیم دما:** جهت تنظیم دمای داخل محفظه در مقدار دلخواه بایستی دکمه  فشار داده شود تا دمای مورد نظر به صورت چشمک‌زن روی صفحه نمایش داده شود. در این حالت جهت کم یا زیاد کردن دمای دلخواه می‌توان از

کلیدهای  استفاده نمود.



**تنظیم منوی ترموستات:** دکمه "\*" را فشار داده و به مدت 3 ثانیه نگه دارید. سپس پارامترهای مختلف را به صورت زیر تنظیم نمایید.

0.typ: Heat	4.tsh: 45	8.tof: 3
1.d1f: 1	5.tsl : 10	9.aoc: 1
2.dl y: 0	6.5a0: 1	
3.rst: 0	7.ton: 1	

**توجه:** حداکثر دمای قابل تنظیم در 45 درجه سانتی گراد تنظیم شده است که البته امکان تنظیم مقادیر بالاتر نیز وجود دارد. ولی به علت امکان آسیب رساندن به بخش‌های الکترونیکی و منبع تامین اختلاف پتانسیل، توصیه می‌شود دماهای بالا مورد استفاده قرار نگیرد و حتی الامکان دستگاه در دمای زیر 45 درجه سانتی گراد تنظیم گردد.

**توضیح:** در این سیستم امکان تنظیم دمای داخل محفظه کمتر از دمای محیط وجود ندارد.

**هواکش:** با توجه به اینکه جهت تشکیل نانوالیاف لازم است در طی مسیر حرکت جت پلیمری از نوک نازل تا جمع‌کننده، بیشتر حلال پلیمر تبخیر گردد تا نمد جامد نانوالیاف در روی جمع‌کننده تشکیل گردد، هر گونه عاملی که منجر به کم شدن فرآیند تبخیر گردد، می‌تواند باعث اختلال در تشکیل نانوالیاف شود. با توجه به بسته بودن محفظه، بعد از مدتی محیط داخل محفظه از حلال اشباع شده و فرایند تبخیر کندتر خواهد شد. جهت جلوگیری از این امر لازم است حلال داخل محفظه به نحوی خارج شود بدون اینکه دمای آن تحت تاثیر قرار گیرد؛ به همین منظور سیستم هواکش کوچکی در پشت دستگاه تعبیه شده است که بطور متوالی به مدت 1 دقیقه روشن و 3 دقیقه خاموش می‌شود تا ضمن خارج نمودن حلال، دمای داخل محفظه را کاهش ندهد.



**توضیح:** در صورتیکه لازم است در دمای محیط کار کنید، بجای خاموش کردن سیستم گرمایش که منجر به خاموش شدن فن نیز می شود، بهتر است دمای دلخواه در کمتر از دمای محیط تنظیم شود تا هواکش سیستم همواره فعال باشد.

#### 8-4- روشنایی داخل محفظه:

جهت روشن و خاموش نمودن چراغ داخل محفظه از این کلید استفاده نمایید.



#### 9-4- سیستم تامین اختلاف پتانسیل:



منبع تعبیه شده در این دستگاه از نوع 35 کیلوولت مثبت سری OV یا دارای نمایشگر جریان خروجی بر حسب میکروآمپر (سفارشی) است. با روشن شدن دستگاه الکتروریس منبع تامین اختلاف پتانسیل نیز روشن شده و در حالت آماده به کار (standby) قرار می‌گیرد. در این حالت چراغ LED آبی روشن خواهد شد.

**توجه:** قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس، دقت نمایید منبع کلید تامین اختلاف پتانسیل در حالت Off باشد.

**تنظیم ولتاژ خروجی:** تنظیم کننده ولتاژ (ولوم 10 دور)، جهت افزایش یا کاهش ولتاژ در زیر ولت متر تعبیه شده است.

**روشن نمودن منبع تامین اختلاف پتانسیل:** پس از شروع به کار، سیستم منبع ولتاژ بالا را روشن نمایید. جهت ایمنی بیشتر سیستم پیشنهاد می‌شود قبل از روشن نمودن منبع ولتاژ بالا ولوم تنظیم ولتاژ را در ولتاژهای پایین قرار دهید و سپس آنرا تا ولتاژ مورد نظر زیاد نمایید. اینکار باعث خواهد شد هر گونه اتصال در سیستم در ولتاژهای پایین مشخص شده و رفع گردد. پس از روشن شدن منبع چراغ LED قرمز روشن خواهد شد.

**کیلوولت متر:** این نمایشگر میزان ولتاژ خروجی منبع را بر حسب کیلوولت و با دقت دهم کیلوولت (100 ولت) نمایش می‌دهد.

**توضیح:** جهت ایمنی بیشتر کاربران، یک سوئیچ روی هر یک از دربهای دستگاه قرار گرفته است که باعث می‌شود در زمان باز بودن درها، ولتاژ بالا از منبع به کابل منتقل نشود. در صورتیکه منبع ولتاژ بالا را روشن نموده‌اید ولی کیلوولت متر، ولتاژ صفر را نمایش می‌دهد، سیستم مجوز روشن شدن منبع ولتاژ بالا را کنترل نماید.



سوئیچ مغناطیسی جهت خاموش شدن خود کار دستگاه هنگام باز شدن درب دستگاه

**میکروآمپر متر:** جهت نمایش میزان جریان مصرفی در خروجی ولتاژ بالا می‌باشد که اطلاعات جالب توجهی در خصوص فرایند الکتروریسی در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد. دقت این آمپر متر یک میکروآمپر (هزارم میلی آمپر) می‌باشد.

**توجه:** با توجه به جریان بسیار کم مصرف شده در فرایند الکتروریسی که ناشی از میزان جریان عبور از نانوالیاف از نوک نازل تا درام می‌باشد، هرگونه افزایش مصرف نشان دهنده وجود محل تخلیه جریان در سیستم می‌باشد. در چنین مواردی بایستی دستگاه خاموش شده و محل‌های اتصال مخصوصاً محل قرارگیری سرنگ روی پمپ سرنگی بررسی شود.

## سیستم مجوز روشن شدن منبع ولتاژ بالا:



جهت امکان روشن شدن منبع ولتاژ بالا بایستی 3 چراغ (LED) تعبیه شده روی پانل دستگاه خاموش شوند. روشن بودن هر یک از آنها بیانگر وجود نقص ایمنی در سیستم بوده و اجازه افزایش ولتاژ را نخواهند داد.

- چراغ سمت چپ با رنگ زرد نشانگر عدم اتصال ارت مناسب می باشد.
- چراغ سمت راست با رنگ سبز نشانگر باز بودن دربهای دستگاه می باشد.
- روشن بودن چراغ وسط با رنگ آبی نشانگر این خواهد بود که سیستم نرم افزاری دستگاه اجازه روشن شدن را نمی دهد. بنابراین تنها هنگام *Run* بودن دستگاه و خاموش بودن 2 چراغ دیگر این چراغ خاموش شده و امکان روشن شدن منبع ولتاژ بالا میسر خواهد شد.

**توجه:** در صورتیکه ولتاژ برق ورودی کمتر از حدود 205 ولت باشد ممکن است عملکرد دستگاه با اختلال مواجه گردیده و چراغ نمایشگر ارت بصورت چشمک زن روشن و خاموش شود. اگر این وضعیت موقتی است منتظر بمانید تا ولتاژ ورودی تصحیح شود در غیر اینصورت سیستم ارت متر دستگاه نیاز به کالیبراسیون مجدد خواهد داشت.

**توضیح:** سیستم ارت متر بگونه ای طراحی شده است که عوض شدن فاز و نول ورودی تاثیری در عملکرد آن نخواهد داشت در صورتیکه از صحت ارت دستگاه مطمئن هستید ولی با اینحال این سیستم درست کار نمی کند، عوض نمودن جهت ورود کابل پاور به پریز برق می تواند باعث حل شدن مشکل گردد.

**توجه:** خارج کردن سوکت ایمنی پشت منبع تغذیه منجر به از کار افتادن این سیستمها (ارت متر، باز بودن دربها و دستور سیستم) خواهد شد و منبع ولتاژ بالا بصورت مستقل از طریق کلیدهای روی دستگاه ولتاژ بالا کنترل خواهد شد. بنابراین باز شدن درب منجر به خاموشی ولتاژ بالا نخواهد شد.

## فصل 5- نگهداری

### 5-1- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم:

- قبل از استفاده دستورالعمل سیستم را بطور کامل مطالعه نمایید.
- از باز نمودن دستگاه بدون هماهنگی با شرکت فناوران نانومقیاس اجتناب نمایید.
- از سیم برق ورودی مناسب برای سیستم استفاده نمایید.
- قبل از استفاده از دستگاه، از اتصال مناسب ارت دستگاه مطمئن شوید.
- دستگاه را در محل و شرایط آب و هوایی مناسب (خشک، تمیز، مسطح) قرار دهید.
- جهت تهویه مناسب، از قرار دادن فن دستگاه چسبیده به دیوار یا سایر اشیاء اجتناب شود.
- جهت تمیز نمودن دستگاه از حلال‌هایی که موجب آسیب به بدنه و صفحه کلید دستگاه شوند استفاده نشود.
- استفاده از دترجت ملایم جهت تمیز نمودن دستگاه پیشنهاد می‌گردد.

### 5-2- بررسی‌های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروورس

#### 5-2-1- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)

با توجه به ولتاژ بالای لازم جهت تشکیل نانوالیاف پلیمری، لازم است دستگاه به نحو مطلوبی به سیستم ارت متصل شود. عدم اتصال مناسب ارت علاوه بر اینکه باعث خرابی سیستم‌های الکترونیکی دستگاه در چند ثانیه خواهد شد، می‌تواند خطرات جانی نیز به همراه داشته باشد.

با توجه به اهمیت اتصال مناسب ارت دستگاه، بایستی سیستم سیم‌کشی آزمایشگاه مجهز به سیستم ارت بوده و از پریزها و سیم‌های برق دارای ارت (سه سیمه) استفاده گردد. همچنین در کنار پریز برق پشت دستگاه پیچی تعبیه



شده است که بایستی توسط یک سیم مناسب به سیستم لوله کشی آب آزمایشگاه (لوله های فلزی دارای آب) متصل گردد.

#### 5-2-2- بررسی اتصال کابل "ولتاژ بالا"

قبل از روشن نمودن دستگاه از اتصال درست سیم کابل منبع اختلاف پتانسیل به نازلها مطمئن شوید. اتصال کابل "های ولتاژ" به هر نقطه از دستگاه (غیر از نازلها) باعث انتقال ولتاژ بالا به سیستم الکترونیکی و خرابی آنها خواهد شد. ضمن اینکه می تواند باعث آسیب به منبع تامین اختلاف پتانسیل گردد.

#### 5-2-3- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل

با روشن نمودن دستگاه، برق وارد منبع تامین اختلاف پتانسیل خواهد شد. در صورتیکه منبع تامین اختلاف پتانسیل روشن باشد، با روشن شدن دستگاه، برق ولتاژ بالا نیز روشن شده و ولتاژ بالا به نازلها منتقل خواهد شد. این مورد به دلیل عدم آمادگی کاربر می تواند خطر برق گرفتگی و صدمات وارده به دستگاه را افزایش دهد.  
توجه: قبل از روشن نمودن دستگاه حتماً از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل مطمئن شوید.

## فصل 6- عیب یابی

### 6-1- عیب یابی

به منظور رفع اشکالات احتمالی قبل از تماس با شرکت از راهنمای زیر استفاده نمایید.

مشکل/ایراد	علت	راه حل/پیشنهاد
دستگاه برق ندارد.	کابل برق دستگاه وصل نیست.	با احتیاط برق را به پریز بزنید.
کابل برق دستگاه وصل است ولی دستگاه روشن نیست.	دستگاه خاموش است.	کلید روشن خاموش پشت و کنار دستگاه را بررسی نمایید.
کلید پشت دستگاه روشن است ولی چراغ آن روشن نمی شود.	خرابی کلید / سوختن فیوز دستگاه	بایستی کلید / فیوز تعویض شود.
دستگاه روشن شده ولی LCD در وضعیت SET ZERO باقیمانده است.	دلیل اول: عدم حرکت سیستم اسکن یا فاصله	راه حل اول:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سینی حائل بخش پایین دستگاه یا هر وسیله خارجی دیگر مانع از حرکت سیستم اسکن و فاصله می شود.</li> <li>• خرابی موتورهای اسکن یا فاصله قطع شدن یا خارج شدن تسمه متصل به موتورها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• وسیله خارجی جدا شود یا سینی حائل جابجا شود.</li> <li>• در صورت خرابی موتور اسکن یا فاصله بایستی با شرکت تماس گرفته شود.</li> <li>• در صورت قطع شدن یا خارج شدن تسمه بایستی با شرکت تماس گرفته شود.</li> </ul>
	دلیل دوم: عدم کارکرد کلیدهای صفر دستگاه	راه حل دوم: بایستی با شرکت تماس گرفته شود.
		توجه: در صورت باقیماندن نمایشگر در حالت SET Zero به مدت بیش از 10 ثانیه، جهت عدم آسیب به موتورها، دستگاه را خاموش نموده و علت را بررسی نمایید.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• دستگاه را رست یا خاموش و روشن نمایید.</li> <li>• دکمه صحیح فشرده شود. مثلاً دکمه های اعداد روی پانل تنها مواقع خاصی کار می کنند.</li> </ul> <p>توجه: جهت جلوگیری از آسیب به دکمه ها در مواقع عدم کارکرد دکمه ها از فشردن آنها با شدت زیاد خودداری نمایید.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سیستم هنگ کرده است.</li> <li>• دکمه صحیح فشرده نمی شود.</li> <li>• صفحه کلید خراب است.</li> </ul>	<p>کلیدهای روی پانل کار نمی کنند.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• دستگاه را خاموش و روشن نمایید.</li> <li>• IC نیاز به کالیبراسیون مجدد دارد. (با شرکت تماس بگیرید)</li> <li>• IC بایستی تعویض شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نرم افزار داخلی دستگاه هنگ کرده است.</li> <li>• IC اصلی آسیب دیده است.</li> </ul>	<p>LCD به هم ریخته است و حروف به هم ریخته و غیر مرتبط نشان می دهد.</p>
<p>این مشکل، خللی در کارکرد دستگاه بوجود نخواهد آورد. با این حال جهت درست شدن کافیسیت سیستم را stop و مجدداً start نمایید.</p>	<p>عدم Refresh شدن LCD: این مشکل در مواقعی رخ می دهد که عملیات مختلف انجام شده در سیستم مانع از بارگذاری مجدد صفحه نمایش می شود. به خصوص در مواقع حرکت درام با سرعتهای بالا، این حالت بیشتر رخ می دهد.</p>	<p>برخی از کاراکترهای روی صفحه نمایش نشان داده نمی شود ولی سیستم درست کار می کند.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• با کمک دست پدال را به عقب فشار داده و همزمان دکمه عقب (فلش سمت راست) را فشار دهید تا کلید داخل پمپ سرنگی آزاد شود.</li> </ul>	<p>پدال پمپ سرننگ در انتها گیر کرده است.</p>	<p>پدال پمپ سرننگ عقب نمی رود.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• دکمه STOP را فشار دهید و سپس دکمه L4 را فشار دهید تا درام در حالت 0 قرار گیرد.</li> <li>• ولوم را به سمت راست بچرخانید.</li> <li>• سوکت را محکم نمایید و پیچ آنرا ببندید.</li> <li>• درام را با دست بچرخانید تا از عدم گیر کردن آن مطمئن شوید</li> </ul> <p>توجه: در صورت عدم چرخش با وجود بررسی های بالا، جهت عدم آسیب به موتور، دستگاه را خاموش نموده و علت را بررسی نمایید.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• درام در حالت خاموش است.</li> <li>• ولوم تنظیم سرعت درام در مقادیر کم قرار گرفته است.</li> <li>• سوکت سیم درام خارج شده است.</li> <li>• درام گیر کرده است.</li> <li>• درایور موتور DC آسیب دیده است.</li> </ul>	<p>درام جمع کننده چرخش ندارد.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• توسط سیم نازکی موارد دارای گرفتگی را باز نمایید یا آنها را تعویض کنید.</li> </ul>	<p>گرفتگی نازل، شیلنگ یا لوله اتصال دهنده شیلنگ به نازل توسط محلول پلیمری خشک شده</p>	<p>پدال پمپ سرننگ جلو می رود، ولی محلول از نازل بیرون نمی آید.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• قطر سرنگ را با کولیس بصورت درست و دقیق اندازه گرفته و وارد سیستم نمایید. (کلیه محاسبات مربوط به سرعت تزریق بر مبنای همین عدد است.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم ورود صحیح قطر سرنگ</li> </ul>	<p>میزان تزریق محلول پلیمری اشتباه است.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• دکمه <i>cancel</i> را دوبار فشار دهید تا میزان تزریق شده صفر شود. یا عدد <i>Max Volume</i> در قسمت <i>Injection</i> را در میزان 0 تنظیم نمایید.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تزریق میزان محلول به اندازه وارد شده به سیستم</li> </ul>	<p>عدم تزریق محلول و نمایش <i>Injected volume reaches to max limit</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• همه درهای دستگاه را کنترل نمایید.</li> <li>• ارت در بررسی و مشکل را حل نمایید.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• درب دستگاه باز است.</li> <li>• ارت دستگاه درست متصل نشده است.</li> <li>• سیستم کنترل دستگاه متوقف است.</li> </ul>	<p>منبع تامین اختلاف پتانسیل روشن شده است ولی با چرخاندن ولوم همچنان ولتاژ صفر را نشان می‌دهد.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• جهت نصب دوشاخه برق به پریز را عوض نمایید (فاز و نول عوض شود)</li> <li>• از ترانس تنظیم ولتاژ استفاده نمایید یا منتظر رفع اشکال شبکه برق باشید.</li> <li>• در صورتی که مشکل کم بودن ولتاژ در آن منطقه شایع است سیستم ارتمتر نیاز به کالیبراسیون مجدد دارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ولتاژ ورودی دستگاه از مقدار تعریف شده کمتر است.</li> <li>• سیستم ارتمتر آسیب دیده است.</li> </ul>	<p>نمایشگر ارت دستگاه بصورت چشمک زن خاموش و روشن می‌شود.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• کلیدها را بررسی نمایید.</li> <li>• جک پشت منبع تامین اختلاف پتانسیل را متصل نمایید. (برای اینکار بایستی پیچهای پش محل قرارگیری منبع باز شود.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کلیدهای درهای دستگاه خراب شده است.</li> <li>• جک پشت منبع تامین اختلاف پتانسیل خارج شده است.</li> </ul>	<p>با باز شدن درهای دستگاه منبع تامین اختلاف پتانسیل خاموش نمی‌شود.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• دماهای بسیار بالا (بالای 45 درجه) برای سیستم چندان مناسب نیست.</li> <li>• دمای کمتری انتخاب شود.</li> <li>• منتظر بمانید تا ترموستات هیتر مجدداً وصل شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دمای بسیار بالا انتخاب شده است.</li> <li>• جهت جلوگیری از آسیب به هیتر، دستگاه بصورت خودکار خاموش شده است.</li> </ul>	<p>سیستم گرمکن به دماهای بالا نمی‌رسد.</p>

## فصل 7- سفارش

### ۷-۱- تولید سفارشی

با توجه به این که تمامی قسمت های دستگاه، تولید شرکت فناوران نانو مقیاس است، این شرکت قابلیت تولید سفارشی دستگاه را داراست.

### ۷-۲- نحوه سفارش

جهت سفارش دستگاه های ساخت شرکت فناوران نانو مقیاس می توانید به یکی از روشهای زیر عمل نمایید  
1- از طریق آدرس <http://panel.fnm.ir/> می توانید محصولات شرکت فناوران نانو مقیاس را، سفارش

دهید

2- ارسال فاکس درخواست به شماره 021-66907531

3- مراجعه به آدرس شرکت (تهران- انتهای بلوار کشاورز- مجتمع بیمارستانهای امام خمینی (ره)-

مرکز رشد لوازم و تجهیزات پزشکی - اتاق 37)

4- ارسال ایمیل به آدرس [info@fnm.ir](mailto:info@fnm.ir)