نگاه اول:

در نگاه اول واندوگراف، شامل غلتک‌های چرخان، نوار لاستیکی، تیغه یا شانه و کلاهک فلزی است. غلتک‌ها و نوار لاستیکی و تیغه‌ها سبب تولید الکتریسته ساکن می‌شوند.

به طور کلی کار واندوگراف به شرح زیر است:

۱ـ غلتک به مقدار زیادی باردار می‌شود.

۲ـ غلتک بار مخالف خود را به طرف دندانه‌های شانه یا لبه تیغه می‌کشد. در نتیجه بین غلتک و تیغه میدان الکتریکی به‌وجود می‌آید.

۳ـ با توجه به دو مورد بالا میدان الکتریکی قوی بین غلتک و تیغه ایجاد می‌شود.

۴ـ میدان الکتریکی بین غلتک و تیغه بار مولکول‌های هوا را جدا کرده ، و پلاسما، ایجاد می‌کند.

در این‌حالت پلاسمای رسانا را کرونا «corona» می‌نامند.

۵ـ هوا، رسانا شده و بارهای تیغه به طرف غلتک می‌روند.

۶ـ بارهای در حال حرکت به‌سوی غلتک با نوار لاستیکی برخورد کرده و بر روی آن قرار می‌گیرند.

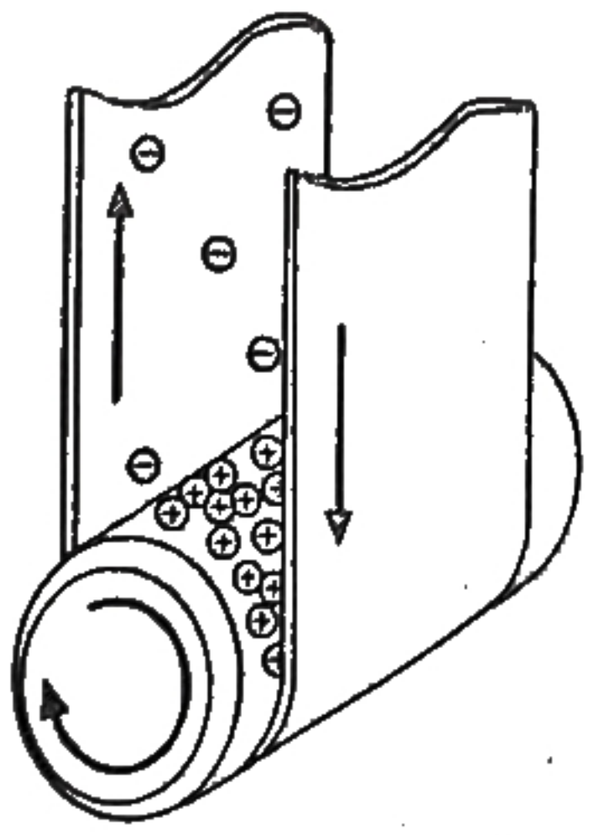
۷ـ غلتک می‌چرخد و با بالا رفتن نوار لاستیکی، بارهای موجود در روی آن از غلتک دور می‌شوند.

۸ـ هفت مورد بالا همچنان ادامه پیدا می‌کند.

باردار شدن غلتک

همان‌طوری‌که بادکنک در اثر مالش با موها باردار می‌شود، در اولین مرحله روشن شدن واندوگراف آزمایشگاهی، در اثر مالش نوار لاستیکی با غلتک، سطح غلتک تویا باردار می‌شود. باید توجه داشت که به علت متفاوت بودن جنس نوار لاستیکی و غلتک بار غلتک و نوار متفاوت خواهد بود.

باردار شدن غلتک



شکل -۱

در شکل ـ۱ بار غلتک مثبت بار نوار لاستیکی منفی است. باید توجه کرد که در واندوگراف‌های متفاوت غلتک‌ها ممکن است صاحب، بار منفی یا بار مثبت شوند.

ضمناً باید توجه کرد که چگالی بار بر روی غلتک بسیار بیشتر ازچگالی بار بر روی نوار می‌باشد، به‌طوری‌که چگالی بار در سطح نوار قابل اغماض است.

توجه به این نکته ضروری است که کل مقدار بار منفی و مثبت تولید شده بر روی نوار و غلتک مساوی است، ولی بار مثبت در سطح محدود غلتک جای گرفته و بارمنفی در سطح بزرگ نوار پخش شده است. به همین دلیل چگالی کم بار در سطح نوار در مرحله بعد قابل اغماض می‌شود.

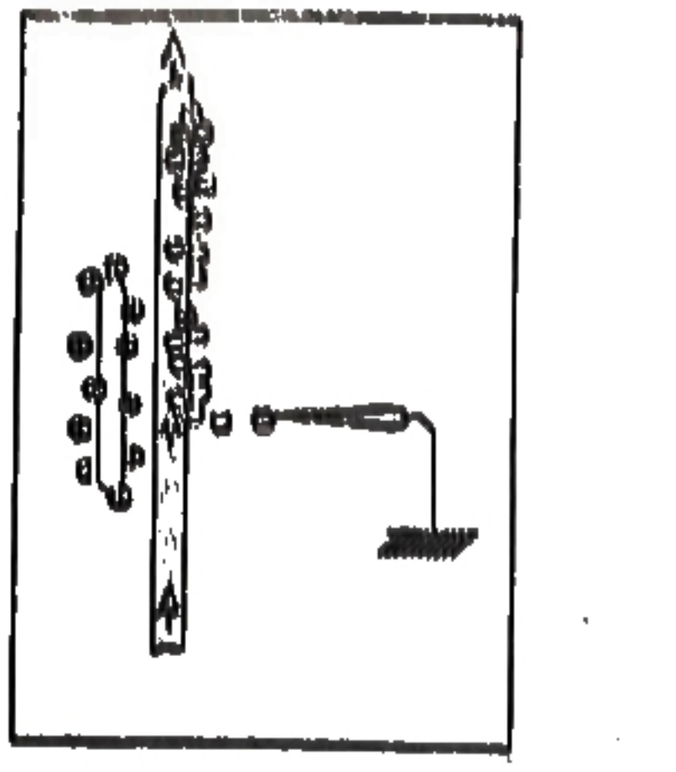
تولید بار الکتریکی در هوا

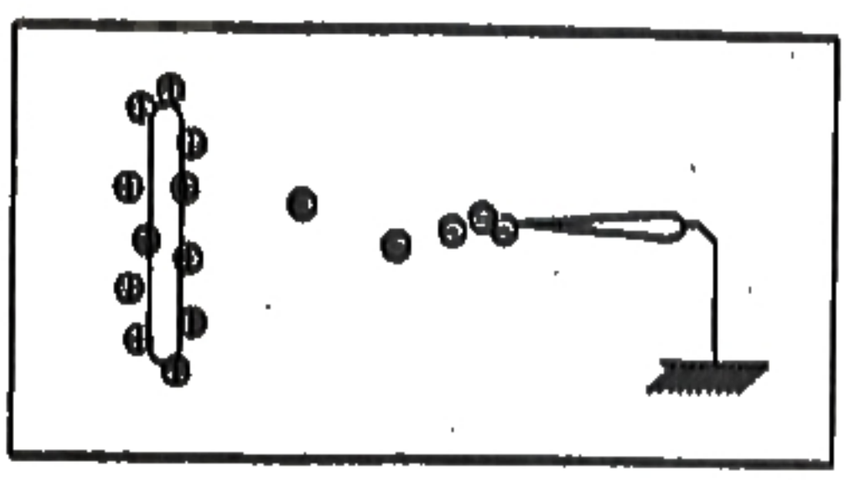
معمولاً سوزن، شانه یا تیغه فلزی در نزدیکی نوار لاستیکی، در جایی که نوار لاستیکی از روی غلتک عبور می‌کند قرار دارد. می‌دانید فلزها دارای الکترون‌های آزاد هستند و الکترون‌ها به‌راحتی در داخل رسانا جابه‌جا می‌شوند.

وقتی سوزن یا تیغه فلزی در نزدیکی غلتک قرار می‌گیرد، قسمتی از غلتک که دارای بار مثبت است الکترون‌های آزاد فلز را می‌رباید ولی هنوز الکترون‌ها فلز را ترک نکرده‌اند فقط الکترون‌ها به طرف نوک سوزن می‌روند. در نتیجه این جابه‌جایی چگالی سطحی بار در نوک سوزن زیاد می‌شود.

بارهای جمع شده در نوک سوزن بر روی هوای اطراف نوک سوزن اثر می‌گذارد، در نتیجه مولکول‌های هوایی که به نوک سوزن نزدیک می‌گردند، به الکترون‌ها و یون‌های مثبت تبدیل می‌شوند.

الکترون‌های جدا شده از مولکول هوا، شدیداً به طرف غلتک ربوده شده و یون‌های مثبت قویاً از غلتک دور می‌گردند. الکترون‌های هوا ضمن دفع شدید به مولکول‌های دیگر ضربه می‌زنند و آنها را به الکترون‌ها و یون‌ها تبدیل می‌کنند. و این عمل ادامه پیدا می‌کند، در نتیجه انبوهی از هوای متلاشی شده و الکترون آزاد در اطراف نوک سوزن جمع می‌شوند. این حالت را Corona discharge یا st.Elmos fire یا Plasma می‌گویند. پلاسما حالت چهارم ماده است که مانند فلزات رسانای خیلی خوبی است.





شکل -۲

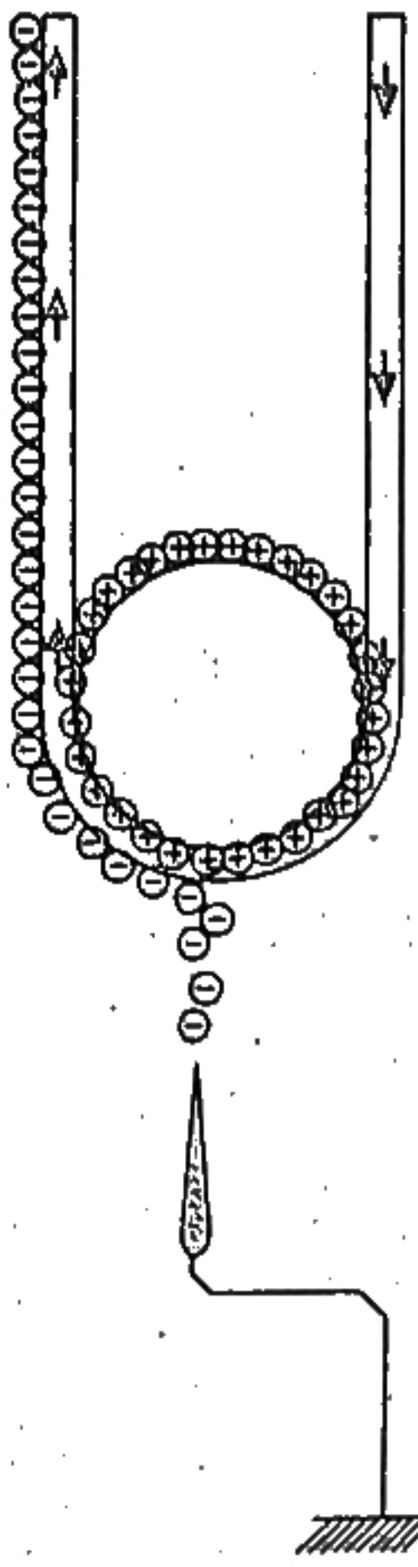
الکترون‌های پلاسما به هوای خنثی می‌چسبند و آنها را منفی می‌کنند. هوای منفی از نوک سوزن منفی رانده می‌شود. در همان زمان مولکول‌های مثبت پلاسما، به طرف نوک سوزن ربوده شده با آن برخورد می‌کنند و الکترون آن را می‌گیرند.

می‌توان گفت که پلاسما، یک پل رسانا بین سوزن و هوای نارسانا ایجاد کرده، در نتیجه باد هوای منفی از طرف نوک سوزن می‌وزد.

نوار لاستیکی راه فرار الکترون‌ها را می‌بندد.

جریان باد منفی شده شدیداً به طرف بار مثبت غلتک کشیده می‌شود.

با توجه به اینکه نوار لاستیکی در مسیر باد و غلتک قرار دارد هوای منفی سطح نوار لاستیکی را می‌پوشاند در حالی‌که غلتک می‌چرخد، سطح باردار شده با بار منفی بالا می‌رود، در نتیجه باد با بار منفی با سطح جدید نوار لاستیکی برخورد می‌کند و آن را باردار می‌سازد. به‌این ترتیب سطح نوار، بار منفی زیاد از نوک سوزن دریافت می‌کند. ضمناً باید توجه کرد که جریان باد هوای منفی شده تا حدودی بارهای مثبت غلتک را خنثی می‌کند.



شکل ـ۳

باید توجه کرد که مهم نیست که چقدر بار منفی از طرف نوک سوزن به طرف غلتک آمده است، مهم این است که نوار لاستیکی همواره مسیر خنثی کردن بار غلتک را سد کرده است به طوری‌که هیچ‌گاه بار مثبت غلتک کاسته نمی‌شود. در نتیجه وزیدن باد منفی از طرف سوزن به طرف غلتک نیز کم نمی‌گردد. (شکل ـ۳)

از طرف دیگر سوزن با سیم به زمین یا یک فلز بزرگ متصل است. وقتی بارهای منفی از نوک سوزن به طرف غلتک مثبت می‌آیند، همان‌قدر بار به‌وسیله سیم به نوک سوزن منتقل می‌شود. هرقدر بار مثبت بر روی غلتک ایجاد شود همان مقدار بار منفی از طرف نوک سوزن به روی نوار لاستیکی نشانده می‌شود. آمدن بار از نوک سوزن باعث ایجاد جریان ضعیفی به داخل سیم و سوزن می‌شود.

بار دار شدن کلاهک

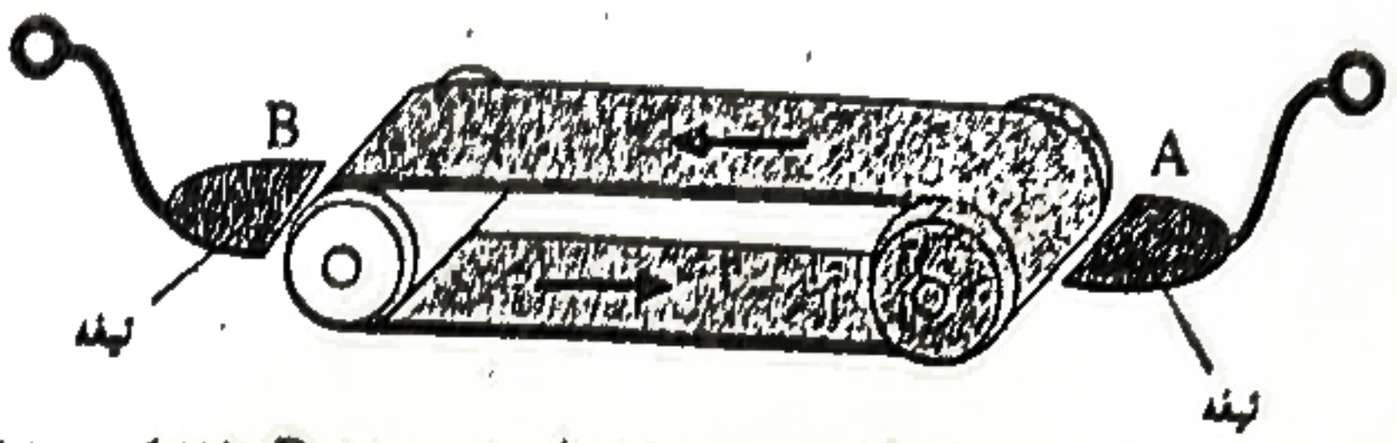
با بالا رفتن نوار لاستیکی بار منفی داخل فضای کلاهک واندوگراف می‌گردد. در داخل این فضا نوار لاستیکی با غلتک و سوزن یا تیغه دوم روبرو می‌شود. این غلتک بر خلاف غلتک اول عمل می‌کند. بار منفی نوار لاستیکی به‌وسیله نوک سوزن یا تیغه بالایی خنثی می‌گردد. غلتک بالا نباید بار منفی پیدا کند. غلتک بالا یا باید بار مثبت پیدا کند و یا خنثی باشد. معمولاً در واندوگراف‌های آزمایشگاهی، غلتک بالا یک فلز خنثی است.

هنگامی‌که نوار لاستیکی با بار منفی از روی غلتک بالایی عبور می‌کند، باعث دفع الکترون‌های آزاد سوزن بالا می‌شود. دراثر دور شدن الکترون‌های آزاد از آن سوزن بار مثبت پیدا می‌کند و چگالی سطحی بار نوک سوزن زیاد می‌شود. در اثر رانش و ربایش الکتریکی مولکول‌های هوا پلاسمای رسانا و نورانی تولید می‌شود.

در زمانی که الکترون‌های پلاسما جذب نوک سوزن می‌شوند، مولکول‌های مثبت شده هوا به عقب هجوم می‌برند، و جذب الکترون‌های منفی موجود بر روی نوار لاستیکی می‌شوند و به مقدار زیادی از بار نوار را خنثی می‌کنند سوزن (شانه یا تیغه) بالایی با سیم یا رسانای دیگر به داخل کلاهک واندوگراف متصل است. همچنان‌که نوار بالا الکتروهای پلاسما را به طرف نوک سوزن می‌راند، مانند پدیده قفس فارادی، بارهای اضافی کلاهک به سطح خارجی کلاهک رانده می‌شوند.

می‌توان گفت که بارهای منفی نوار لاستیکی جذب سوزن شده و به سطح بیرونی کلاهک واندوگراف می‌روند. به این ترتیب کلاهک واندوگراف محل تجمع مقدار بسیار زیادی بار منفی می‌شود، به عبارت دیگر کلاهک واندوگراف پتانسیل بالای منفی پیدا می‌کند.

در واندوگراف موجود، کلاهک بار مثبت پیدا می‌کند در نتیجه فرآیند باردار شدن کلاهک این واندوگراف، وارون گفته‌های بالا است. به‌عبارت دیگر در واندوگراف موجود در اثر مالش نوار با غلتک پایینی، بر روی غلتک بار منفی جمع می‌شود در نتیجه نوار بار مثبت حمل می‌کند، و در نهایت کلاهک بار مثبت و پتانسیل مثبت به‌دست می‌آورد. به کمک آزمایش‌های متفاوت نوع بار کلاهک مشخص می‌شود.



در شکل دو تیغه و دو غلتک و نوار لاستیکی دیده می‌شود تیغه A به زمین و تیغه B به کلاهک متصل است.

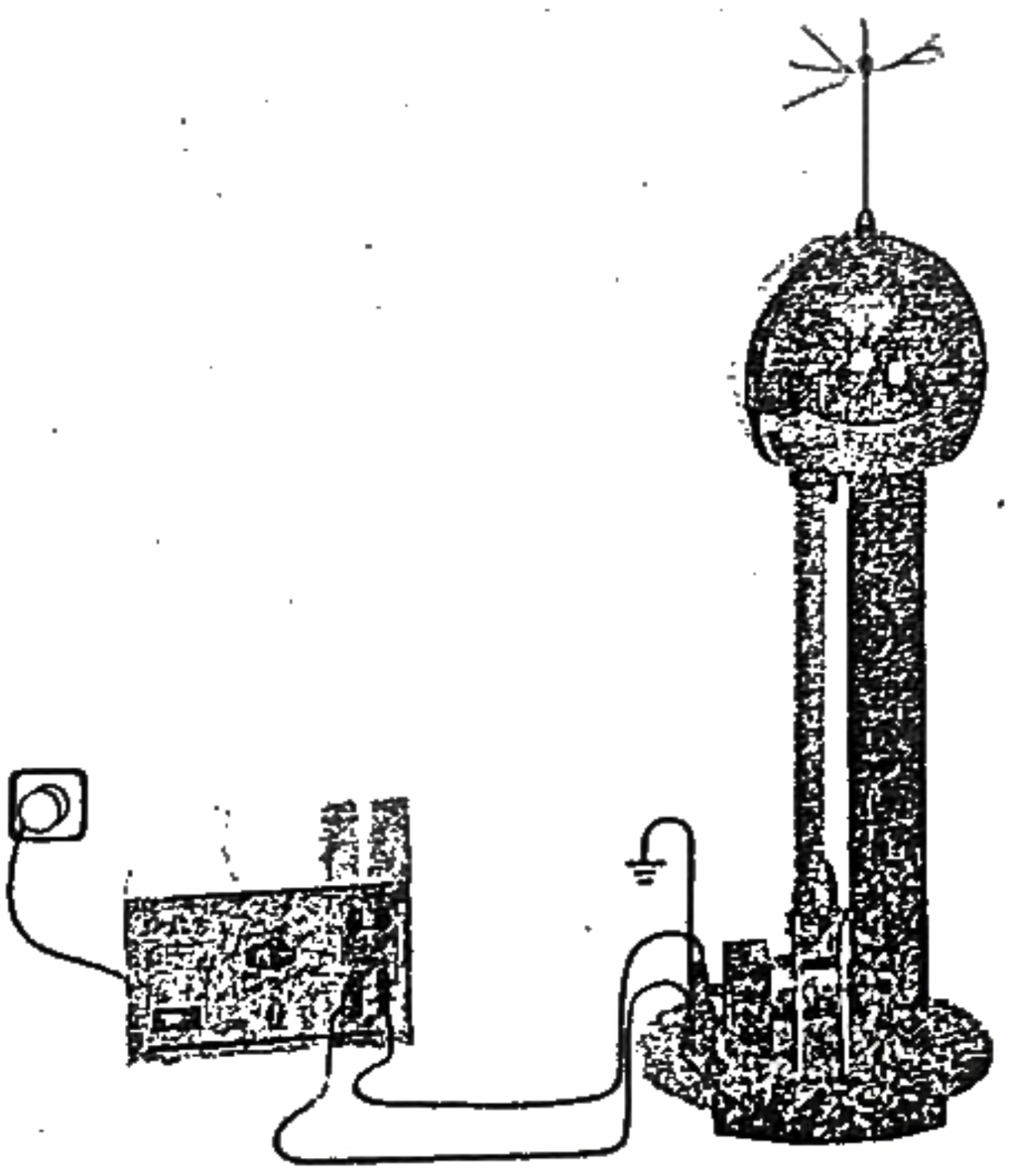
شکل ۴۰

هدف

مشاهده پراکندگی نوارهای نارسانا

شرح آزمایش

- میله نوار افشان را بر بالای کلاهک نصب کنید (شکل ـ۱).
- واندوگراف را به منبع تغذیه وصل کنید.
- زمین واندوگراف را به زمین آزمایشگاه وصل کنید.
- اختلاف پتانسیل منبع تغذیه را به ۱۰ـ ۸ ولت برسانید.
- منبع تغذیه را روشن کنید.
- نوارهای نارسانا از هم فاصله می‌گیرند.
- علت این رخ‌داد را بنویسید.
- برای خاموش کردن منبع تغذیه از میله پلاستیکی استفاده کنید.
- برای بی‌بار کردن کلاهک، آن را به زمین آزمایشگاه وصل کنید.



شکل ۱-

هدف

✓ بررسی حرکت آونگ‌باردار در داخل خازن

شرح آزمایش

- پایانه زمین واندوگراف را به یک صفحه خازن وصل کنید. کلاهک واندوگراف را به صفحه دیگر خازن متصل کنید.

- میله عایق، میله آویز و آونگ را مطابق شکل ـ۱ آماده کنید.

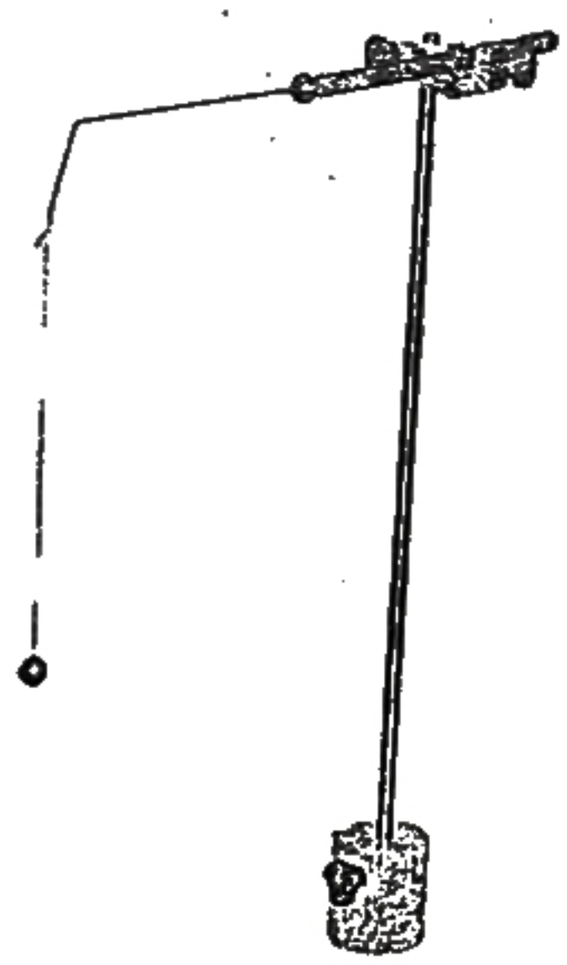
- وسایل و قطعات مختلف را مطابق شکل ـ۲ آماده کنید.

- منبع تغذیه DC را به واندوگراف وصل کنید.

- اختلاف پتانسیل را به ۱۰-۸ ولت برسانید.

- منبع تغذیه را روشن کنید.

- گلوله آونگ را با یک میله نارسانا به یکی از صفحه‌های خازن نزدیک کرده و رها کنید.



شکل-۱

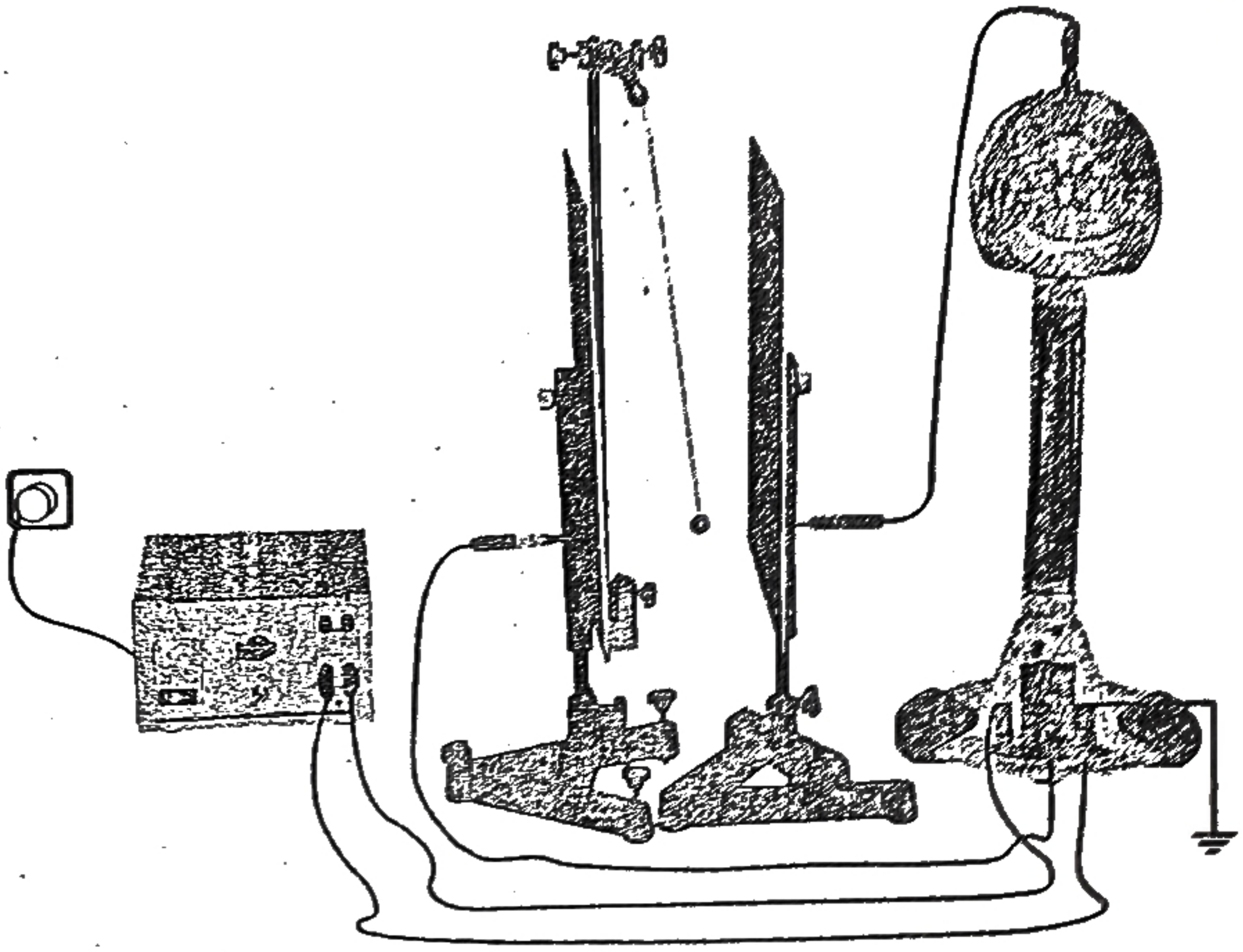
- چه پدیده‌ای را مشاهده می‌کنید؟ علت این پدیده را شرح دهید.

- چرا آونگ متوقف نمی‌شود؟

- منبع تغذیه راخاموش کنید.

- چه روی می‌دهد؟ چرا؟

- چرا آونگ متوقف می‌شود؟



شکل -۲

آزمایش ۷ استوانه فارادی

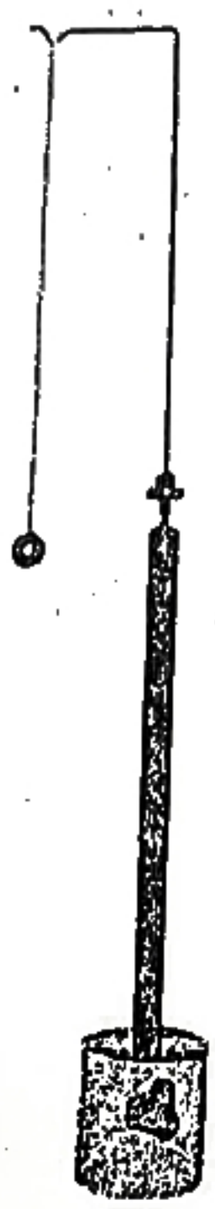
هدف

- بررسی محل بارهای یک رسانای باردار

شرح آزمایش

الف

- پایه، میله نارسانا، میله آویز و آونگ‌ها را مطابق شکل ـ۱ آماده کنید.
- استوانه فارادی را مطابق شکل ـ۲ به میله نارسانای سر فلزی وصل کنید.
- کلاهک واندوگراف را به زیر استوانه فارادی وصل کنید.
- واندوگراف را به منبع تغذیه DC وصل کنید.
- اختلاف پتانسیل منبع تغذیه را به ۱۰ـ۸ ولت برسانید.
- یکی ازآونگ‌ها را طوری قرار دهید که درمیان استوانه فارادی قرار گیرد توجه کنید که گلوله آونگ با استوانه تماس نداشته باشد.



شکل ـ۱

- آونگ دوم را در فاصله کم از سطح بیرونی استوانه قرار دهید. (شکل ـ۳)

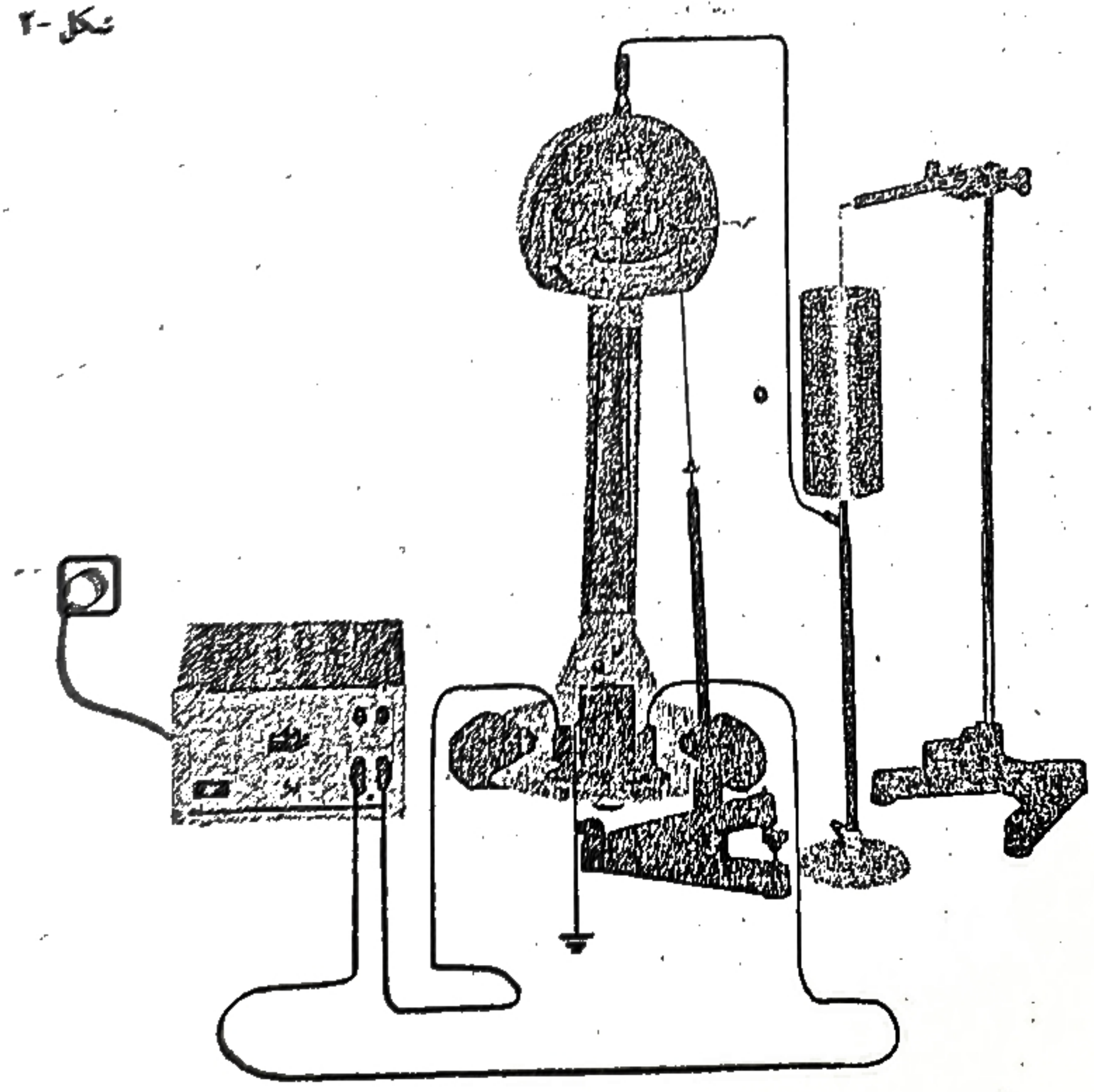
- منبع تغذیه را برای مدتی روشن کنید.

- چه پدیده‌ای روی می‌دهد؟ چرا؟

- ابتدا گلوله داخلی، سپس گلوله بیرونی را کمی منحرف کنید تا با استوانه تماس پیدا کند.

- چه پدیده‌ای روی می‌دهد؟ چرا؟

شکل ـ۳



شروع آزمایش

میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید.

- با میله پلاستیکی باردار گلوله‌های هر دو آونگ را باردار کنید.

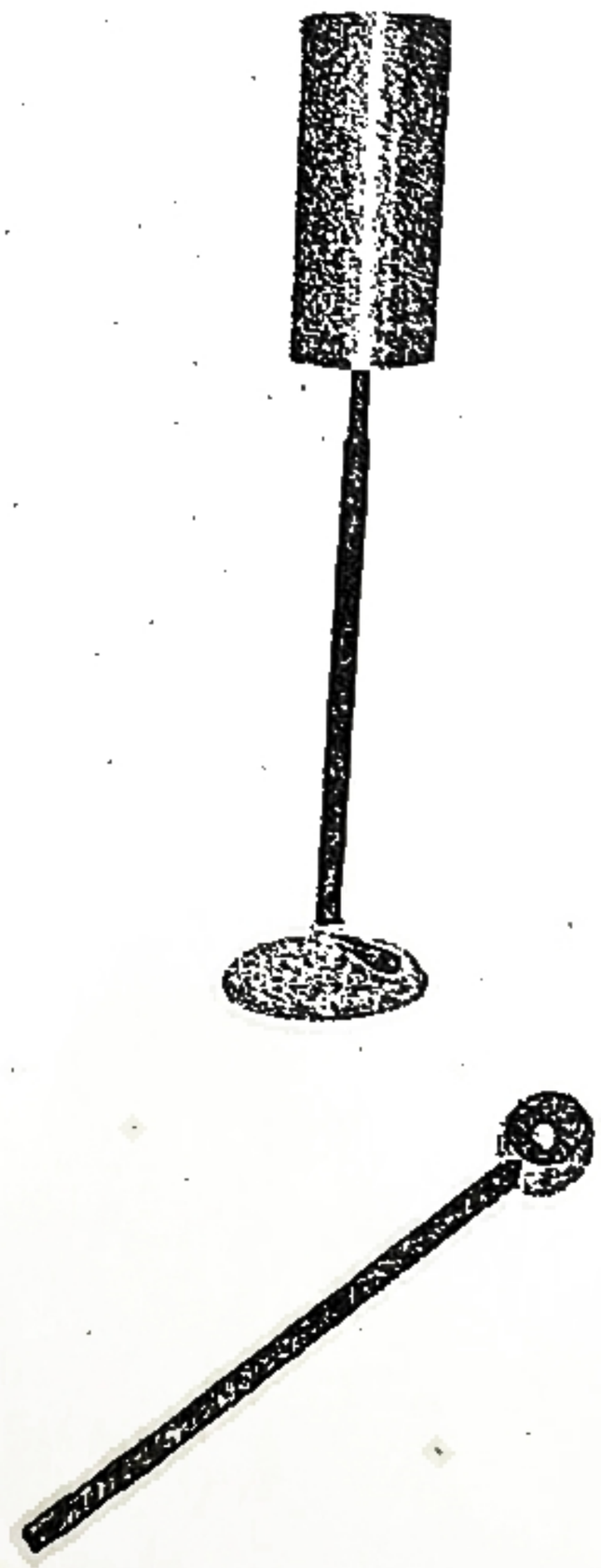
- چه روی می‌دهد؟

- علت رخ‌داد را بیان کنید.

- برای خاموش کردن منبع تغذیه از میله نارسانا استفاده کنید.

- برای بی‌بار کردن اجسام باردار، آن‌را با سیمی به زمین آزمایشگاه وصل کنید.

ب



- استوانه فارادی را مطابق شکل ـ۳ بر میله نارسانا سوار کنید.

- واندوگراف را روشن کنید. کره رسانا را با واندوگراف تماس دهید تا باردار شود.

- کره را به گلوله آونگ نزدیک کنید.

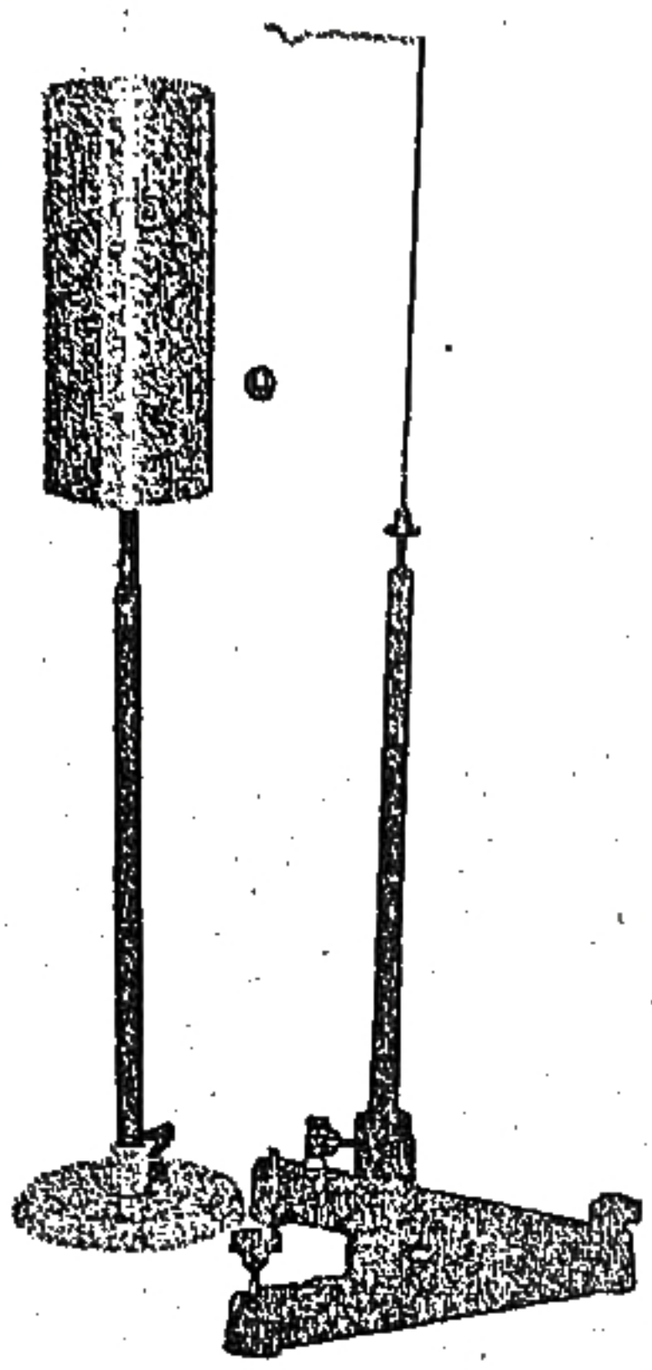
- چه روی می‌دهد؟ چرا؟

- کره باردار را با گلوله آونگ تماس دهید.

- چه روی می‌دهد؟ چرا؟

- آونگ باردار را در نزدیکی استوانه فارادی بی‌بار قراردهید.

- کره رسانا را با کلاهک واندوگراف باردار کنید. کره رسانا به داخل استوانه فارادی ببرید تا با جداره داخلی استوانه تماس پیداکند.



- چه روی می‌دهد؟ چرا؟

- عمل فوق را چند بار تکرار کنید.

- مشاهدات خود را بنویسید.

- گلوله آونگ را کنار ببرید و آن را با کره رسانا باردار کنید.

- گلوله را آرام به داخل استوانه فارادی ببرید چه روی می‌دهد؟ چرا؟

هدف

بررسی حرکت فرفره

شرح آزمایش

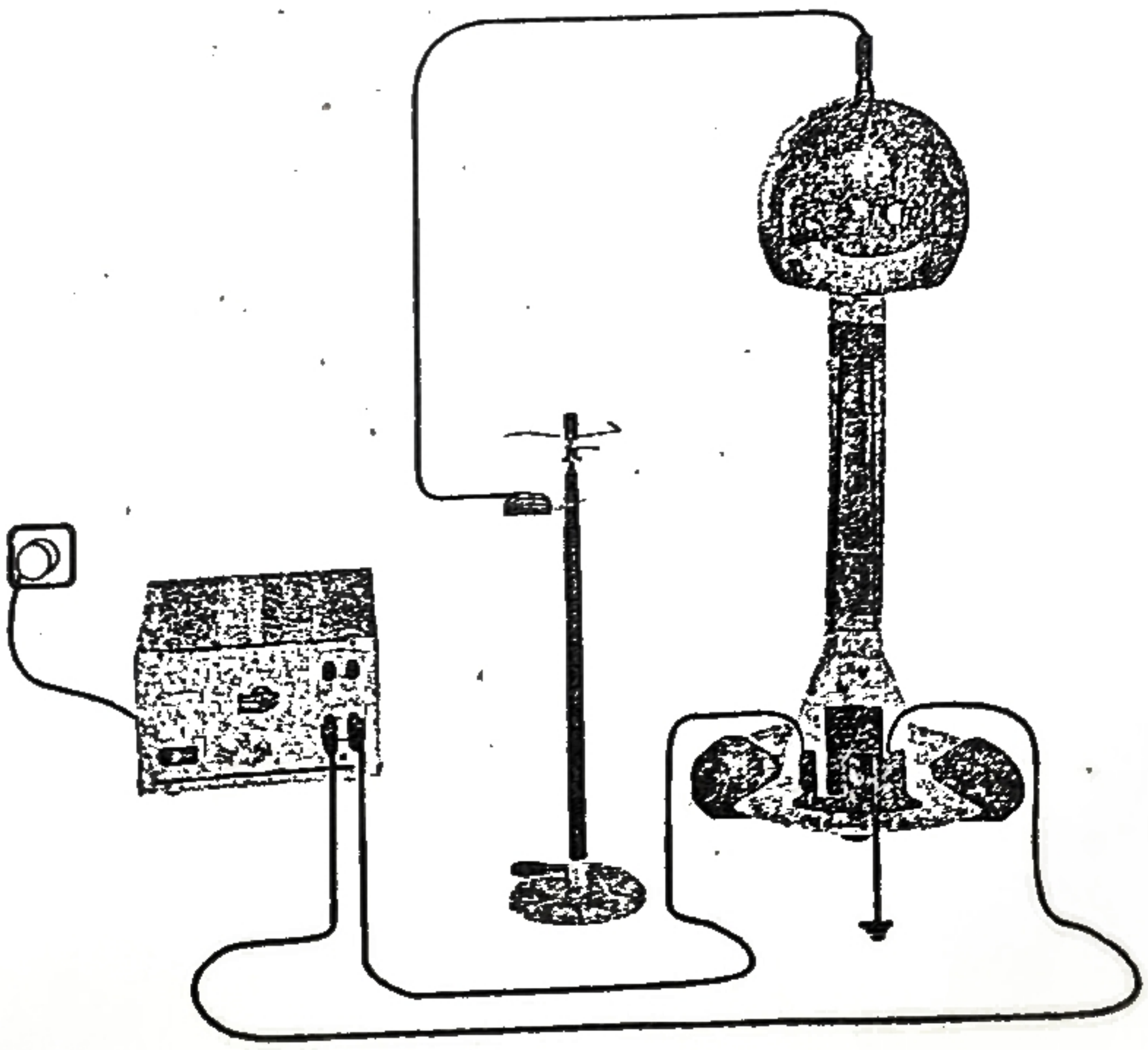
الف:

- زمین واندوگراف را به زمین آزمایشگاه وصل کنید.
- سوزن را بر بالای کلاهک واندوگراف سوار کنید. (شکل ـ۱)
- فرفره الکتریکی را بر سر سوزن قرار دهید.
- واندوگراف را به منبع تغذیه DC وصل کنید.
- اختلاف پتانسیل منبع تغذیه را به ۱۰-۸ ولت برسانید.
- منبع تغذیه را روشن کنید.
- مدتی صبر کنید تا فرفره بچرخد.
- علت این روی‌داد را شرح دهید.
- برای خاموش کردن منبع تغذیه از میله پلاستیکی استفاده کنید.

شکل ۱-

ب:

- میله عایق سرفلزی را بر پایه دایره‌ای وصل کنید.
- یک سر سیمی را به بالای واندوگراف و یک سر دیگر آن را به جای فیش وصل کنید. (شکل ـ۲)
- سوزن را به بالای میله وصل کنید.
- فرفره الکتریکی را در بالا سوزن قرار دهید.
- منبع تغذیه را با میله پلاستیکی روشن کنید.
- فرفره الکتریکی می‌چرخد.
- علت چرخیدن فرفره الکتریکی را بیان کنید.



شکل ـ۲۰