

# GENERADOR DE VAN DER GRAAFF

## ALGUNES DADES

- Radi de la cúpula = 10,5 cm
- Radi de la bola de descàrrega = 4 cm
- Corretja de cautxu de 5,5 cm d'amplada
- Ruptura dielèctrica de l'aire =  $3 \cdot 10^6$  V/m

En una esfera conductora

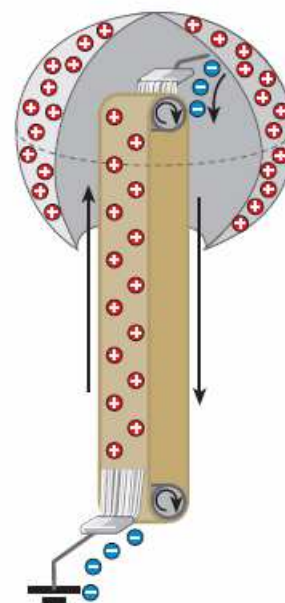
$$\checkmark \text{ Camp elèctric} = E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

$$\checkmark \text{ Potencial} = V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$\checkmark \text{ Capacitat} = C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 \cdot R$$

En el nostre generador, en condicions òptimes i suposant que la cúpula és una esfera perfecta:

- ✓  $C = 11,6$  pF
- ✓  $Q = 3,675$   $\mu\text{C}$
- ✓  $V = 315.000$  V



## MANTENIMENT

El generador de Van der Graaff està muntat dins la caixa de transport.

Cal netejar (només treure la pols) l'esfera, el suport de metacrilat i la bola de descàrrega per millorar l'eficiència de l'aparell.

La bola de descàrrega s'ha d'aguantar amb el peu metàl·lic, connectar al terra (de la base del generador) i situar a uns 10 cm de la cúpula.

És important evitar qualsevol cop a la cúpula perquè els bonys provoquen una pèrdua important de l'eficiència.

## FUNCIONAMENT

El rodet de la part inferior

## PRECAUCIONS

Sempre que es treballa amb un generador de Van der Graaff cal extremar les precaucions al màxim per a evitar rebre descàrregues.

Tenir la bola de descàrrega connectada al terra i a una distància d'uns 10 cm de la cúpula de manera que periòdicament el generador es vagi descarregant.

Les descàrregues no són perilloses, en tot cas només són molestes sobretot quan la rebem de forma inesperada.

Abans de manipular la bola del generador cal assegurar-nos que està completament descarregada. Això ho podem fer acostant-hi la bola de descàrrega fins tocar-la o bé fent saltar la xispa nosaltres mateixos (millor amb el dit doblegat perquè salta sobre el nus del dit, una zona menys sensible que la punta).

## EXPERIÈNCIES

### MATERIALS

- Generador de Van der Graaff
- Cubeta de Faraday
- Agulla de descàrrega
- Clau i espelma
- Molinet electrostàtic
- Floc de cabells
- Unitat de "partícules vibradores"
- Portalàmpades amb llum
- Flameres individuals d'alumini

### CUBETA DE FARADAY



La cubeta de Faraday es connecta en l'endoll de 4 mm de la part superior de la cúpula. Enguegem el generador i aguantem la bola de saüc (penjada d'un fil) dintre de la cubeta, observarem que no nota cap repulsió electrostàtica, això és degut a que les càrregues en un conductor (la cubeta en el nostre cas) sempre se situen en l'exterior mentre que en l'interior del conductor el camp elèctric és nul. Si després fem que la partícula pengi per fora observarem clarament la repulsió electrostàtica deguda a la càrrega situada en la superfície exterior del conductor (la cubeta de Faraday i la cúpula).

### AGULLA DE DESCÀRREGA

L'agulla de descàrrega s'endolla en la part superior de la cúpula amb la punxa assenyalant cap a dalt. Si estem pràcticament a les fosques podrem observar la descàrrega lluminosa de la punta. En aquesta situació també podem comprovar que la cúpula no pot produir una espurna gran donat que el generador no pot aconseguir un voltatge molt alt perquè molta càrrega es perd per l'efecte punta.



## VENT ELECTROSTÀTIC

Enganxem el clau amb cinta adhesiva al lateral<sup>1</sup> de la cúpula. Posem en marxa el generador i acostem una espelma encesa a la punta del clau. Observarem que la flama es desvia de la vertical degut al vent electrostàtic, generat per la ionització de l'aire, que surt de la punta del clau. En situacions òptimes el vent electrostàtic pot fins i tot arribar a apagar l'espelma.

## MOLINET ELECTROSTÀTIC



El molinet electrostàtic es pot situar sobre la punta de descàrrega de manera que giri sobre ella. El molinet està proveït d'un petit foradet per poder-lo col·locar curosament sobre la punta de l'agulla. Quan es genera càrrega, la reacció de descàrrega, més important en les dues puntes del molinet, fa que aquest giri pel principi d'acció - reacció. És interessant observar aquesta experiència en la foscor per poder arribar a veure la descàrrega lluminosa en les puntes.

## FLOC DE CABELLS

El floc de cabells s'insereix a la part superior de la cúpula per a demostrar l'efecte de la càrrega electrostàtica sobre fils. Quan connectem el generador els pèls es carreguen i per tant se separen de la cúpula i també entre ells degut a la repulsió de les càrregues de signe igual.



## UNITAT DE "PARTÍCULES VIBRADORES"



La unitat de "partícules vibradores" es pot endollar a la part superior de la cúpula. Quan el generador de Van der Graaff està en funcionament, les partícules es carreguen perquè estan en contacte amb la placa inferior que està connectada a la cúpula i s'aixequen, separant-se de la cúpula degut a la repulsió de les càrregues d'igual signe. Quan xoquen amb la placa metàl·lica superior, es descarreguen a través de la placa metàl·lica i de l'atmosfera que les envolta, llavors són atretes altra vegada cap a la cúpula (atracció per generació de dipòls en la matèria neutra). Així doncs, les partícules vibren ràpidament cap a dalt i cap a baix a causa de la càrrega i descàrrega continuada en la part

inferior i en la superior del recipient que les conté.

## PÈNDOL ELECTROSTÀTIC

La punta de descàrrega es pot invertir de manera que l'extrem sense punta sobresurti de la cúpula. Fixa aleshores la barra acrílica en la part superior de la cúpula gràcies al forat practicat en un dels extrems. A l'altre extrem hi subjectem el fil amb la bola de saüc (en situació de repòs la bola hauria d'estar aproximadament en l'equador de la cúpula. A mesura

<sup>1</sup> És important fer l'experiència en el lateral del generador per evitar que la cera de l'espelma caigui sobre la cúpula.

que es carrega el generador podem observar el moviment de la partícula: quan es carrega per contacte amb el generador se n'allunya però en el moment en que la cúpula es descarrega a través de la bola de descàrrega la bola s'acosta a la cúpula perquè en disminuir la càrrega la força de repulsió també disminueix, en tornar a augmentar la càrrega de la cúpula la partícula es torna a allunyar i així successivament.

Si es dona el cas que la bola de saüc arriba a entrar en contacte amb la cúpula aleshores la repulsió és més forta (perquè en el contacte la bola es carrega de nou) i l'oscil·lació més evident.

## **PORTALÀMPADES AMB LLUM**

Un dels extrems del portalàmpades s'ha de situar a prop de la cúpula mentre se sosté l'altre amb la mà. Cal assegurar-se que la mà toca l'extrem metàl·lic del portalàmpades. El corrent que flueix des de la cúpula al portalàmpades fins a terra a través del nostre cos, és suficient per a fer que el llum de neó s'encengui. En canvi, aquest corrent és tan petit que el nostre cos no l'aprecia.

## **FLUORESCENT**

Podem repetir l'experiència anterior amb un fluorescent i observarem que s'origina una certa lluminositat. Aquest efecte és més evident si estem mig a les fosques. També hem de tenir present de tocar amb la mà els contactes de l'extrem del fluorescent per facilitar el pas del corrent pel nostre cos cap a terra.

## **FLAMERES**

Col·loquem sobre l'esfera del generador de Van der Graaff una sèrie de flameres individuals d'alumini encaixades unes sobre unes altres (intentant que no quedin molt enganxades entre elles). En connectar el generador les flameres es carreguen i es van aixecant d'una en una, separant-se de l'esfera a causa de la repulsió de càrregues d'igual signe.

Pots veure un vídeo de l'experiència a

- [http://es.youtube.com/watch?v=vkS4T5HSg\\_I](http://es.youtube.com/watch?v=vkS4T5HSg_I)

## **PAPER D'ALUMINI**

Situem sobre la cúpula del generador unes quantes làmines quadrades de paper d'alumini (del que s'utilitza en les cuines domèstiques). Posem en marxa el generador i observarem que les làmines es van aixecant una a una; fins i tot alguna es pot arribar a quedar una estona levitant sobre l'esfera (equilibri entre el pes i la repulsió electrostàtica).

## **FLORS DE PAPER**

Podem fer una flor amb paper de seda (de colors diferents per fer-ho més vistós). Si l'apropem per la tija al generador en marxa observarem com la flor s'obre: els pètals se separen entre ells degut a la repulsió electrostàtica.

## **ELS PÈLS DE PUNTA**

Es tracta de posar els pèls de punta a una persona de poca massa corporal i amb els cabells llargs i secs.

La persona s'ha de situar sobre un bon aïllant (proposta: caixa de plàstic de fruites/verdures). Amb el generador apagat i descarregat el voluntari posa les dues mans en contacte amb l'esfera del generador. Posem en marxa el generador i al cap d'una estona observem com mica en mica els cabells de la persona es van posant de punta.

En aquesta experiència tardem més en visualitzar-se els efectes perquè no solament s'ha generat càrrega elèctrica per la bola del generador sinó també per la persona (per això es proposa una persona de poc pes).

Cal avisar al voluntari que només notarà un lleuger efecte (sensació en els pèls dels braços, cames, cap...) i que no deixi el contacte amb el generador perquè en aquest cas sí que podria saltar la guspira (tot i que sense perill).

En tancar el generador podem convidar a la persona a baixar de l'aïllant donant-li la mà: en aquest moment notarà una petita enrampada.



## **EN TROBARÀS MÉS A...**

El generador de Van der Graaff (Ángel Franco)

- ✓ [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/campo\\_electrico/graaf/graaf.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/campo_electrico/graaf/graaf.htm)

Van der Graaff Experiments (UCLA physics)

- ✓ [http://www.physics.ucla.edu/demoweb/demomanual/electricity\\_and\\_magnetism/electrostatics/van\\_der\\_graaff\\_experiments.html](http://www.physics.ucla.edu/demoweb/demomanual/electricity_and_magnetism/electrostatics/van_der_graaff_experiments.html)

Experiment de flàmeres voladores (IES Victoria Kent)

- ✓ [http://www.madrimasd.org/experimentawiki/feria/Flanes\\_voladores](http://www.madrimasd.org/experimentawiki/feria/Flanes_voladores)

Van DeGraff Demos (Daryl Taylor)

- ✓ <http://www.darylscience.com/Demos/VanDeGraff.html>

Diez experimentos con el Van der Graaff (Ana Jesús)

- ✓ <http://anajesusa.spaces.live.com/blog/cns!C7F66DE844F97871!202.entry>

Un simple generador Van der Graaff (Miguel Vargas)

- ✓ <http://www.cienciafacil.com/vdg.html>

Generador Van der Graaff (Jaime S. G.)

- ✓ <http://jaimeesg.googlepages.com/generadorvandergraaff>

# QUÈ?

1. Explica perquè ...

## ... I MÉS

1. Has notat que a vegades en obrir un interruptor o endollar un aparell salta una xispa? Pots explicar-ne el perquè?
2. Més d'una vegada t'hauràs enrampat en baixar del cotxe, especialment els dies de tramuntana (poca humitat en l'ambient). Explica el perquè.
3. Pots fer una aproximació numèrica del voltatge a que està un cotxe en el moment en que t'enrampes? Pista: ruptura dielèctrica de l'aire.
4. Perquè creus que les torres d'alta tensió porten uns aïllants tan grans?
5. Podries fer un càlcul aproximat de la llargada dels aïllants per a una línia de MAT (molt alta tensió)?
6. Quan agafes un regle, el fregues amb el jersei i després atrau a uns petits paperets que has deixat sobre la taula. Com és que hi ha atracció si els paperets són elèctricament neutres?
7. Explica perquè cal netejar de pols la cúpula metàl·lica del generador de Van der Graaff perquè pugui funcionar a ple rendiment.

# LLAMPS EN MINIATURA

A la revista Eureka ([www.portaleureka.com](http://www.portaleureka.com)) pots trobar una senzilla experiència per a fer xispes amb materials cassolans. Ho pots trobar directament a:

- ✓ <http://www.portaleureka.com/content/view/387/143/lang,ca/>

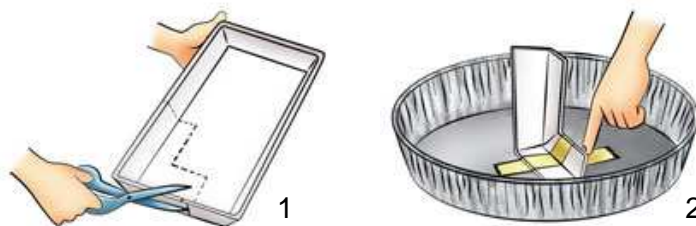
Amb els mateixos principis que expliquen la formació dels llamps, produeix guspines elèctriques visibles (i totalment inofensives, és clar).

## MATERIAL

- una safata de poliestirè expandit (Porexpan, vaja)
- una safata de paper d'alumini
- tisores
- cinta adhesiva

## ANEM PER FEINA

1. Talla una cantonada de la safata de Porexpan de manera que et quedi un fragment en forma de L.
2. Amb la cinta adhesiva, enganxa un extrem de la L al centre de la safata d'alumini. Així tens una nansa per agafar-la sense haver-la de tocar.



3. Agafa la safata de Porexpan i frega el seu dors amb el teu cabell molt ràpidament.
4. Col·loca la safata de cap per avall sobre la taula (que no sigui una taula metàl·lica). Agafa la safata d'alumini per la nansa, situa-la a dos pams sobre la safata de Porexpan i deixa-la caure al damunt.





5. Ara, molt a poc a poc, apropa el dit a la safata d'alumini. Òndia! Quina espurna! Important: no toquis la safata de Porexpan o no sortirà cap espurna.



## REPETEIX-HO!

Agafa la safata d'alumini mitjançant la nansa, separa-la de la safata de Porexpan i torna a apropar el dit lentament. Una altra espurna! Deixa-la caure de nou sobre la safata de Porexpan i repeteix l'experiència. Pots repetir-la tantes vegades com vulguis. Si veus que ja no apareixen espurnes, torna a fregar la safata de Porexpan amb el teu cabell.

## QUÈ HA PASSAT?

Les espurnes que has creat i els llamps d'una tempesta són producte d'un mateix fenomen: l'electricitat estàtica. Com saps, els objectes que trobem al nostre voltant estan formats per àtoms. Els àtoms solen ser neutres elèctricament, perquè tenen el mateix nombre de càrregues positives (protons) i càrregues negatives (electrons). Però els electrons són fàcilment intercanviables entre els àtoms de diferents cossos: si els freguem, els electrons d'un cos passen a l'altre i així un queda carregat positivament i l'altre negativament. Aquesta separació de càrregues es diu electricitat estàtica.

Quan fregues la safata de Porexpan amb el teu cabell, els electrons passen dels teus pèls a la safata, la qual queda carregada negativament. Quan a continuació la poses en contacte amb la safata metàl·lica, aquests electrons repel·leixen els electrons lliures de l'alumini (els metalls compten amb electrons que campen lliurement per tot el material), els quals tendeixen a situar-se com més lluny millor de la safata de Porexpan. Si aleshores apropes el teu dit al metall, aquests electrons hi saltaran produint una espurna.

Ara, a la safata d'alumini, li faltaran electrons i els atraurà dels cossos que tingui a prop. Si la separe de la safata de Porexpan i tornes a apropar-hi el dit, els electrons tornaran a saltar, aquest cop del teu dit a l'alumini, provocant una altra espurna.