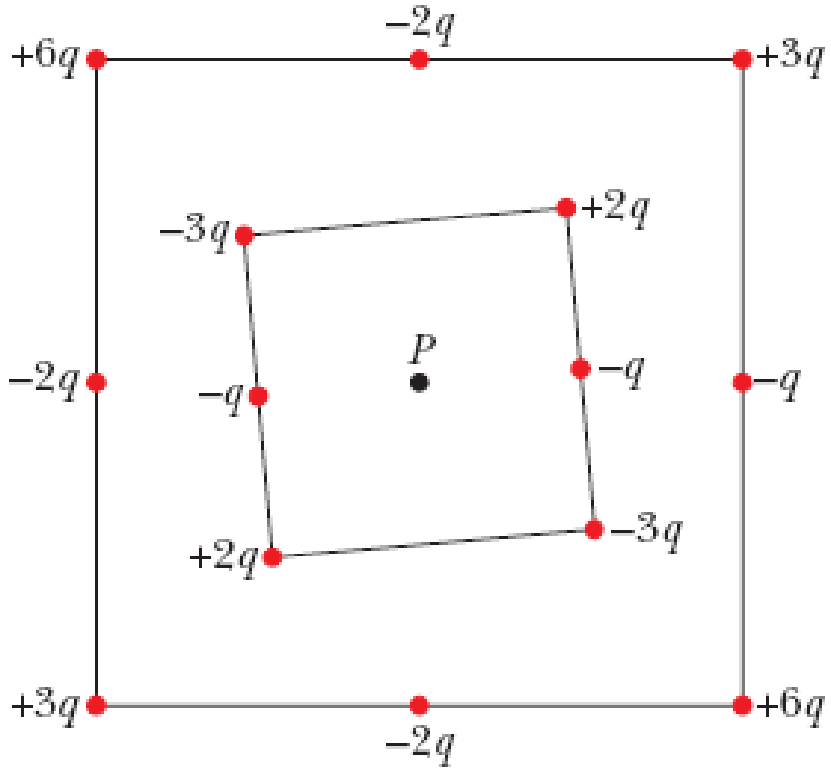
Eletricidade e Magnetismo

Prof. Eder R. Moraes

- A Fig. 22-23 mostra dois conjuntos de partículas carregadas em forma de quadrado. Os lados dos quadrados, cujo centro é o ponto *P*, não são paralelos. A distância entre as partículas situadas no mesmo quadrado é *d* ou *d*/2. Determine o módulo e a direção do campo elétrico total no ponto *P*.



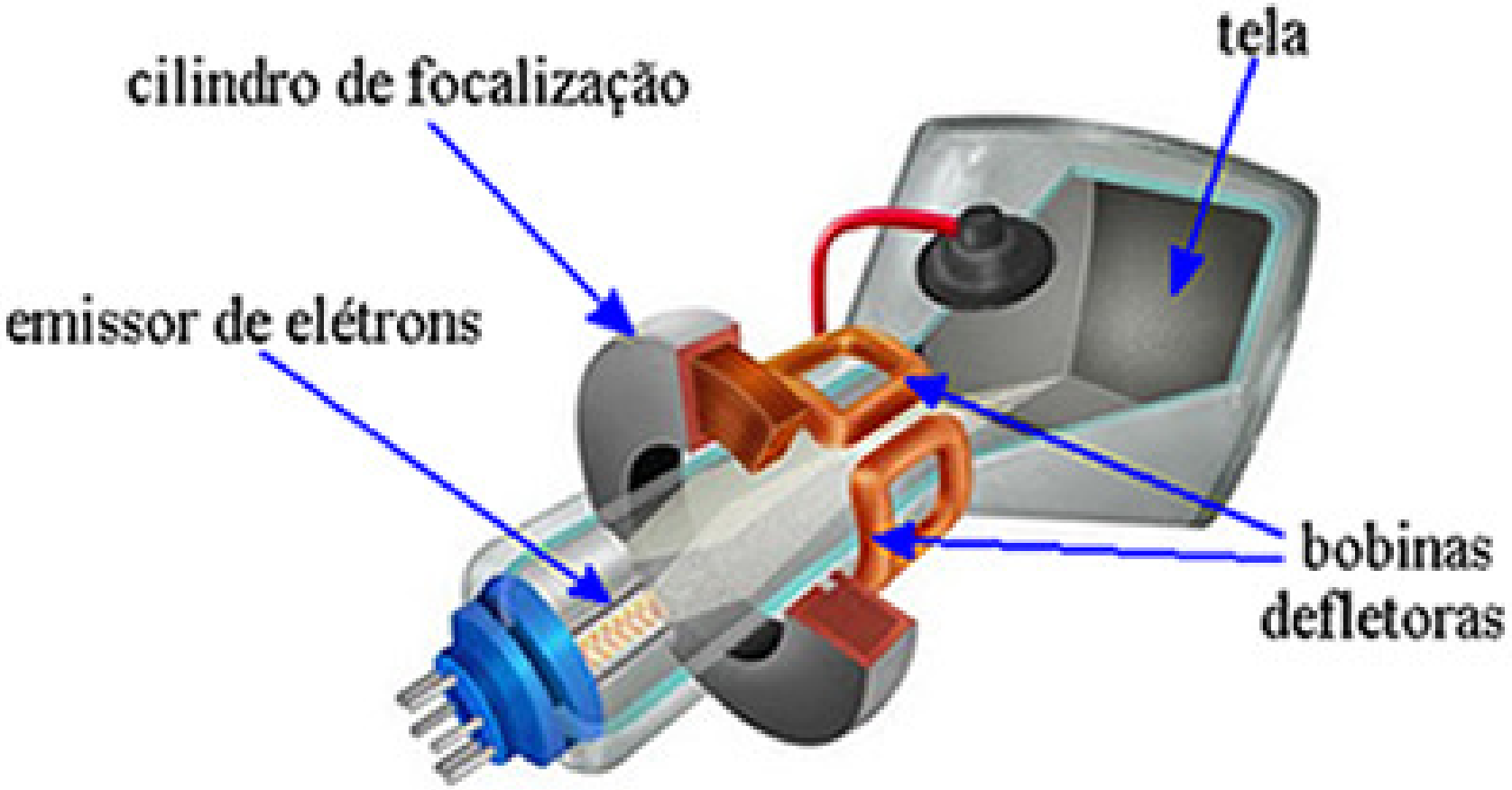
O que acontece com uma partícula carregada livre em um campo elétrico?

- Ira se acelerar sob efeito de uma força $\vec{F}$, tal que $\vec{F} = q\vec{E}$, sendo q a carga da partícula e $\vec{E}$ o campo elétrico.
  - Se q >0 $\vec{F}$ tem o mesmo sentido de $\vec{E}$ e oposto se q <0.
  - $\vec{E}$ é tangente à de linha do campo elétrico no ponto em questão.
  - Se $\vec{F}$ for a única força sobre a carga a partícula terá aceleração $\vec{a}$ tal que $\vec{a} = \vec{F}/m = \vec{E}q/m$

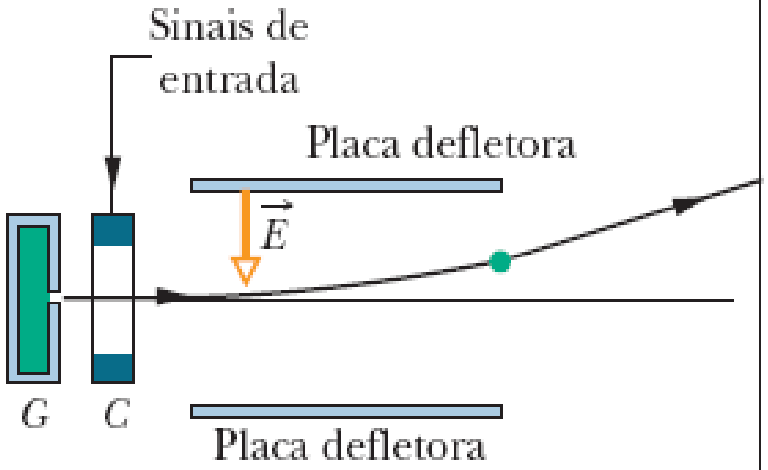
- A razão q/m é chamada razão carga-massa, e é importante no estudo da dinâmica de uma partícula carregada.

Aplicações comuns e atuais da relação $\vec{F} = q\vec{E}$

- Tudo de imagem e/ou osciloscópio



- **Impressoras Eletrostáticas de Jato de Tinta**
- A necessidade de impressoras mais rápidas e de alta resolução levou os fabricantes a procurar alternativas para a impressão por impacto usada nas antigas máquinas de escrever. Uma das soluções encontradas foi o emprego de campos elétricos para controlar o movimento de pequenas gotas de tinta. Alguns modelos de impressoras de jato de tinta utilizam esse sistema.

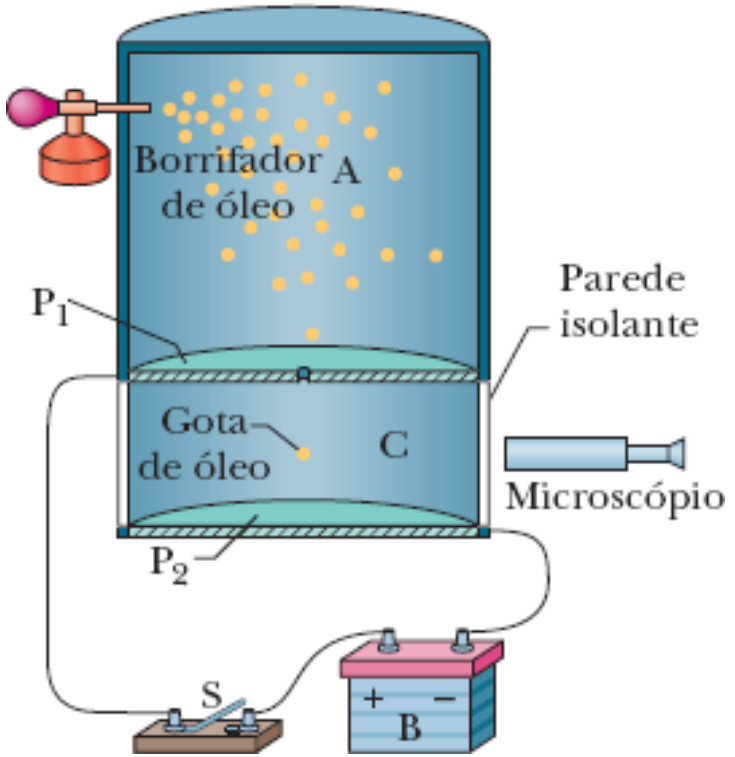


- A Fig. 22-17 mostra uma gota de tinta negativamente carregada que se move entre duas placas defletoras usadas para criar um campo elétrico uniforme, dirigido para baixo. De acordo com a $\vec{F}=q\vec{E}$, a gota é desviada para cima e atinge o papel em uma posição que depende do módulo de e da carga q da gota.

- Na prática, o valor de *E* é mantido constante e a posição da gota é determinada pela carga *q* fornecida à gota por uma unidade de carregamento pela qual a gota passa antes de entrar no sistema de deflexão. A unidade de carregamento, por sua vez, é controlada por sinais eletrônicos que definem o texto ou desenho a ser impresso.

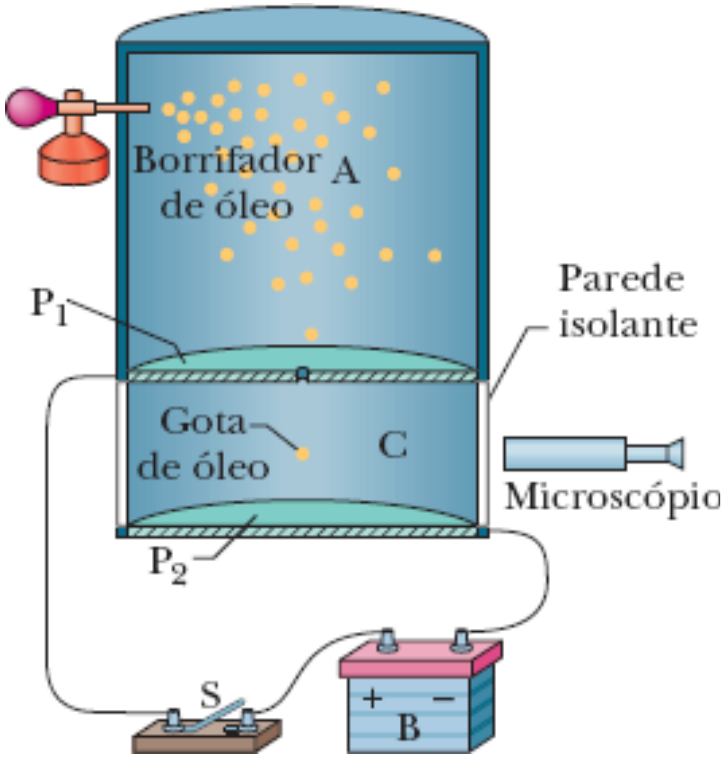
- A $\vec{F} = q\vec{E}$ desempenhou um papel importante na medida da carga elementar *e*, realizada pelo físico americano Robert A. Millikan em 1910-1913.

- A abaixo é uma representação esquemática do equipamento usado por Millikan.
- Quando gotículas de óleo são borrifadas na câmara A, algumas adquirem uma carga elétrica, positiva ou negativa.
- Considere uma gota que atravessa um pequeno orifício da placa P_1 e penetra na câmara C. Suponha que a gota possui uma carga negativa *q*.



- Enquanto a chave S da está aberta, a bateria B não afeta o que se passa na câmara C, e a gota cai por efeito da gravidade.
- Quando a chave é fechada, a bateria faz com que uma carga positiva se acumule na placa condutora P_1 e uma carga negativa se acumule na placa condutora P_2. As placas criam um campo elétrico na câmara C dirigido verticalmente para baixo.

- De acordo com a $\vec{F} = q\vec{E}$, o campo exerce uma força eletrostática sobre as gotas carregadas que estão na câmara C, afetando seu movimento. Em particular, uma gota negativamente carregada tende a se mover para cima.



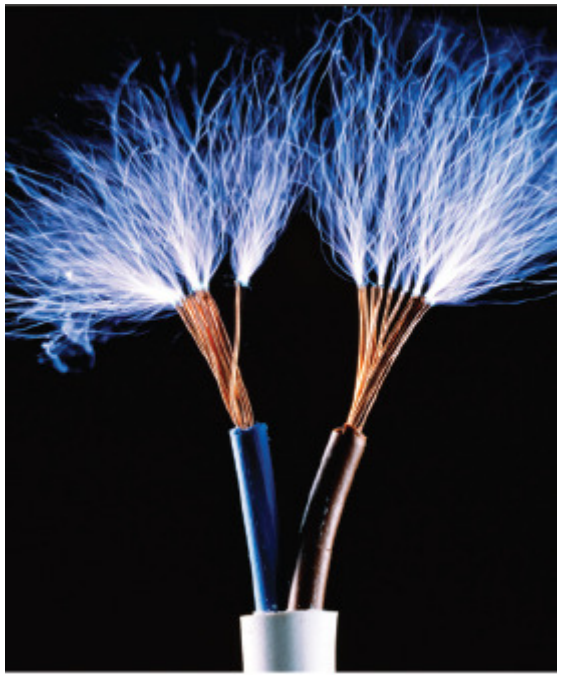
- Observando o movimento das gotas de óleo com a chave aberta e com a chave fechada e usando a diferença para calcular o valor da carga *q* de cada gota, Millikan descobriu que os valores de *q* eram sempre dados por *e* em que *e* é a constante que mais tarde foi chamada de *carga elementar* e tem o valor aproximado de $1{,}60 \times 10^{-19}$ C.

- O experimento de Millikan constitui uma prova convincente de que a carga elétrica é quantizada; o cientista recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1923, em parte por esse trabalho. Atualmente, outros métodos mais precisos que o utilizado nos experimentos pioneiros de Millikan são usados para medir a carga elementar.

Ruptura Dielétrica e Centelhamento

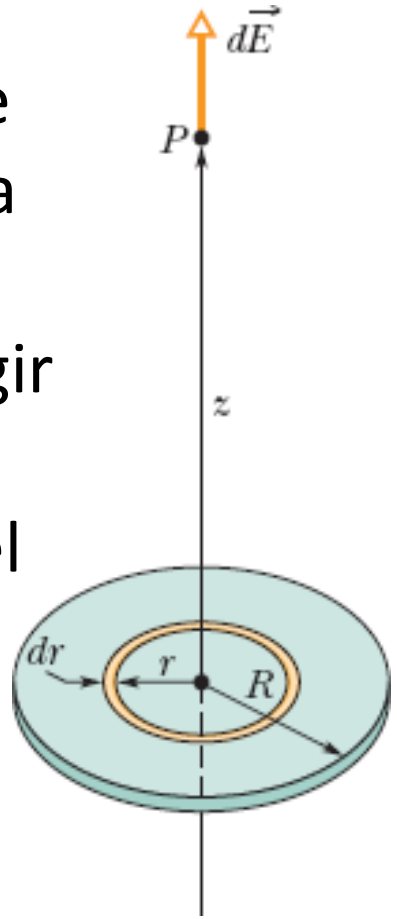
- Quando o módulo do campo elétrico no ar excede um valor crítico E_c, o ar sofre uma *ruptura dielétrica*, processo no qual o campo arranca elétrons de átomos do ar. Com isso, o ar se torna um condutor de corrente elétrica, já que os elétrons arrancados são postos em movimento pelo campo. Ao se moverem, os elétrons colidem com outros átomos do ar, fazendo com que emitam luz.

- Podemos ver o caminho percorrido pelos elétrons graças à luz emitida, que recebe o nome de centelha. A figura a seguir mostra as centelhas que aparecem na extremidade de condutores metálicos quando os campos elétricos produzidos pelos fios provocam a ruptura dielétrica do ar.

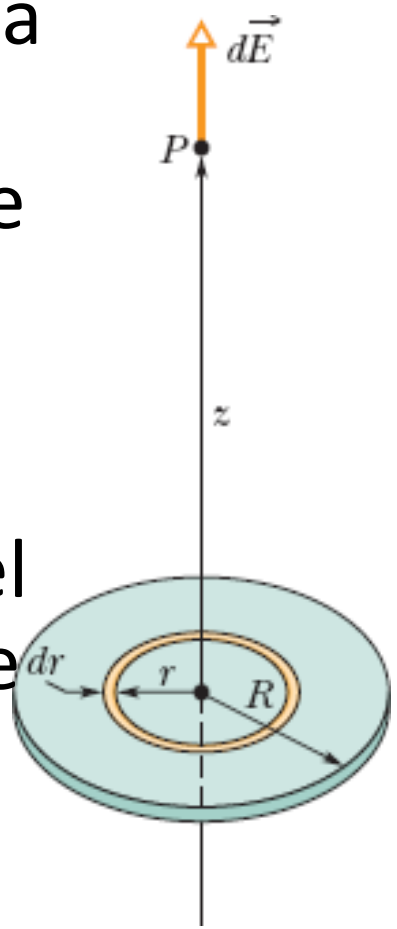


O Campo Elétrico Produzido por um Disco Carregado

- Vamos agora examinar o campo elétrico produzido por um disco plástico circular de raio *R* e densidade superficial de carga *σ* na superfície superior. O campo elétrico envolve todo o espaço, mas vamos restringir nossa discussão a um ponto *P* do eixo *z*, situado a uma distância *z* do centro do anel



- Imagine uma seção do disco em forma de anel, como na figura, de raio *r* e largura radial *dr*. O anel é tão fino que podemos tratar a carga do anel como um elemento de carga *dq*. Para determinar o módulo do campo elétrico elementar *dE* criado pelo anel no ponto *P*, escrevemos a equação de *dE* em termos da carga *dq* e do raio *r* do anel:

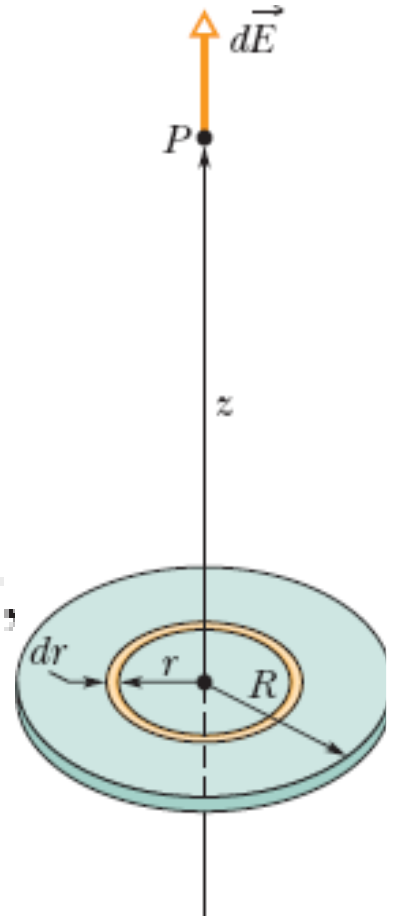


$$dE = \frac{dqz}{4\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$dE = \frac{dqz}{4\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$dq = \sigma dA = \sigma 2\pi r dr$$

$$E = \int dE = \frac{\sigma z}{4\varepsilon_0} \int_0^R (z^2 + r^2)^{-3/2}(2r)\, dr,$$



$$E = \int dE = \frac{\sigma z}{4\varepsilon_0} \int_0^R (z^2 + r^2)^{-3/2}(2r)\, dr,$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}}\right) \quad \text{(disco carregado)}$$

Para R infinito e z finito

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad \text{(placa infinita)},$$

- Independente da placa ser em forma de disco ou retangular.