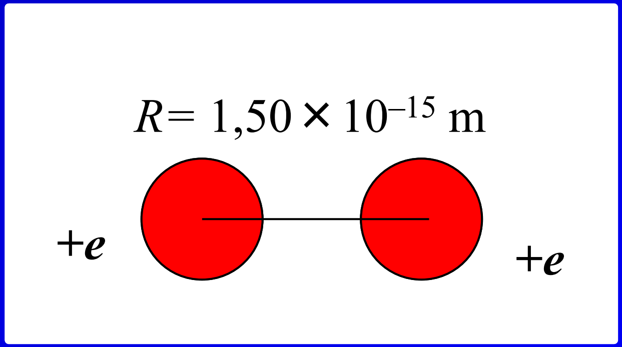
Exercícios do Capítulo 23 do Tipler

(70) Considere duas partículas puntiformes, cada uma com carga +*e*, estão em repouso e separadas por $1{,}50 \times 10^{-15}$ m. (a) Quanto trabalho foi necessário para colocá-las juntas a partir de uma separação muito grande? (b) Se elas forem liberadas, quanta energia cinética elas terão quando estiverem separadas pelo dobro de sua separação inicial? (c) A massa de cada partícula é $1{,}673 \times 10^{-27}$ kg. Que rapidez cada um terá quando estiverem bem afastadas?

Exercícios do Capítulo 23 do Tipler

(70) Considere duas partículas puntiformes, cada uma com carga +*e*, estão em repouso e separadas por $1{,}50 \times 10^{-15}$ m. (a) Quanto trabalho foi necessário para colocá-las juntas a partir de uma separação muito grande? (b) Se elas forem liberadas, quanta energia cinética elas terão quando estiverem separadas pelo dobro de sua separação inicial? (c) A massa de cada partícula é $1{,}673 \times 10^{-27}$ kg. Que rapidez cada um terá quando estiverem bem afastadas?

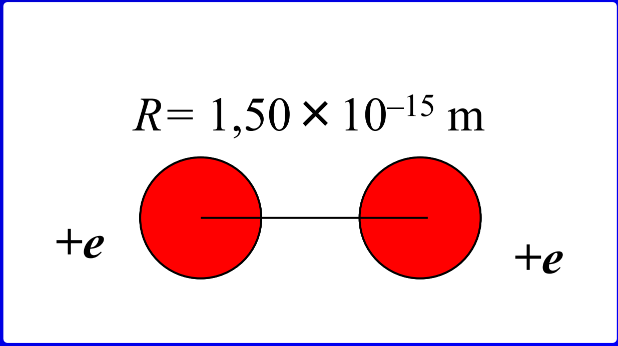


Solução

(70) (a) Quanto trabalho foi necessário para colocá-las juntas a partir de uma separação muito grande?

Para trazer o primeiro próton do infinito não houve realização de trabalho.

Podemos usar o teorema da energia de trabalho para encontrar o trabalho necessário para levar o segundo próton a uma posição de 1,50 × 10^{-15} m de distância do primeiro próton:



$$W_{ext} = \Delta K + \Delta U = 0 + \frac{ke^2}{r} = \frac{ke^2}{r}$$

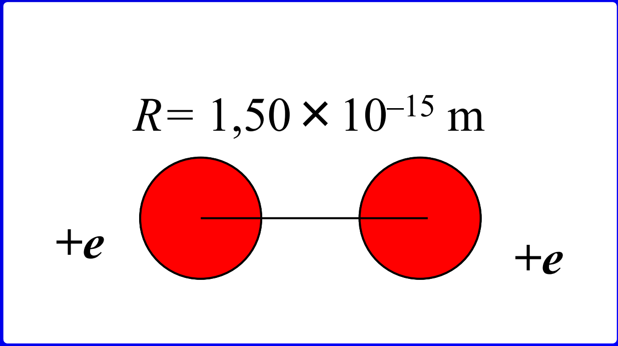
$$W_{ext} = \frac{\left(8.988\times10^{9}\ \frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \mathrm{C}\right)^2}{1.50\times10^{-15}\ \mathrm{m}} = 1.538\times10^{-13}\ \mathrm{J}\times\frac{1\ \mathrm{eV}}{1.602\times10^{-19}\ \mathrm{J}}$$

Solução

(70) (a) Quanto trabalho foi necessário para colocá-las juntas a partir de uma separação muito grande?

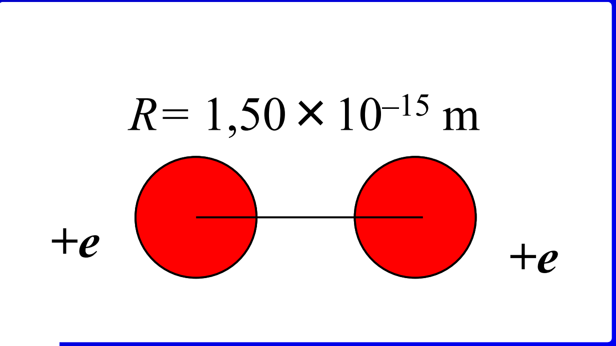
$$W_{ext} = \frac{\left(8.988\times10^{9}\ \frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \mathrm{C}\right)^2}{1.50\times10^{-15}\ \mathrm{m}} = 1.538\times10^{-13}\ \mathrm{J}\times\frac{1\ \mathrm{eV}}{1.602\times10^{-19}\ \mathrm{J}}$$

$$= \boxed{960\ \mathrm{keV}}$$



Solução

(70) (b) Se elas forem liberadas, quanta energia cinética elas terão quando estiverem separadas pelo dobro de sua separação inicial?



Ao serem liberadas as partícula irão adquirir energia cinética. Da conservação da energia mecânica, temos:

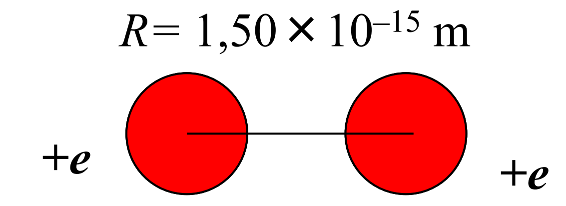
$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow K_f - K_i + U_f - U_i = 0$$

$$K_i = 0; \qquad K_f + U_f - U_i = 0$$

$$K_f = U_i - U_f = \frac{ke^2}{r_i} - \frac{ke^2}{r_f} = \frac{ke^2}{r} - \frac{ke^2}{2r} = \frac{ke^2}{2r}$$

Solução

(70) (b) Se elas forem liberadas, quanta energia cinética elas terão quando estiverem separadas pelo dobro de sua separação inicial?



Ao serem liberadas as partícula irão adquirir energia cinética. Da conservação da energia mecânica, temos:

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow K_f - K_i + U_f - U_i = 0$$

$$K_i = 0; \qquad K_f + U_f - U_i = 0$$

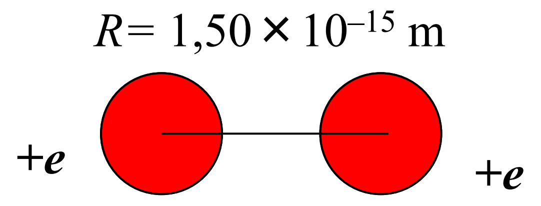
$$K_f = U_i - U_f = \frac{ke^2}{r_i} - \frac{ke^2}{r_f} = \frac{ke^2}{r} - \frac{ke^2}{2r} = \frac{ke^2}{2r}$$

$$K_{f,\text{ each proton}} = \frac{1}{2}\frac{\left(8.988\times10^{9}\ \frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \mathrm{C}\right)^2}{2\left(1.50\times10^{-15}\ \mathrm{m}\right)}$$

Solução

(70) (b) Se elas forem liberadas, quanta energia cinética elas terão quando estiverem separadas pelo dobro de sua separação inicial?

$$K_f = U_i - U_f = \frac{ke^2}{r_i} - \frac{ke^2}{r_f} = \frac{ke^2}{r} - \frac{ke^2}{2r} = \frac{ke^2}{2r}$$



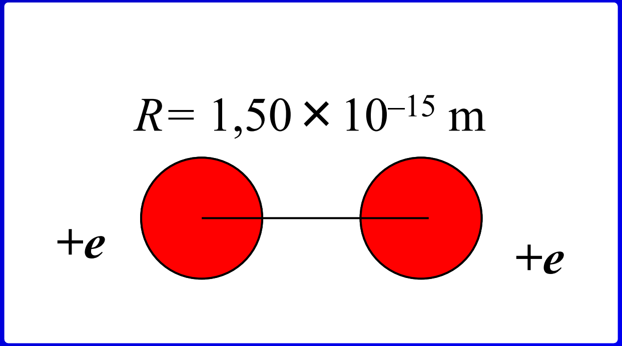
$$K_{\text{f, each proton}} = \frac{1}{2}\,\frac{\left(8.988\times10^{9}\ \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \text{C}\right)^2}{2\left(1.50\times10^{-15}\ \text{m}\right)}$$

$$= 3.844\times10^{-14}\ \text{J}\times\frac{1\ \text{eV}}{1.602\times10^{-19}\ \text{J}}$$

$$= \boxed{240\ \text{keV}}$$

Solução

(70) (c) A massa de cada partícula é 1,673 × 10^{-27} kg. Que rapidez cada um terá quando estiverem bem afastadas?



Da conservação da energia mecânica:

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow K_f - K_i + U_f - U_i = 0$$

$$K_i = U_f = 0$$

$$K_f - U_i = 0 \Rightarrow \tfrac{1}{2} m_p v_\infty^2 - U_i = 0$$

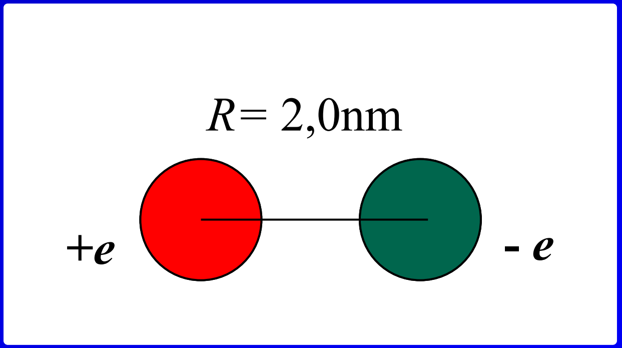
$$v_\infty = \sqrt{\frac{2U_i}{m_p}}$$

Onde Ui é metade da energia potencial inicial dos dois prótons. No item (a) tínhamos U_i = 960keV para os dois prótons.

$$v_\infty = \sqrt{\frac{2\left(480\ \text{keV} \times \dfrac{1.602\times10^{-19}\ \text{J}}{\text{eV}}\right)}{1.673\times10^{-27}\ \text{kg}}} = \boxed{9.59\times10^{6}\ \text{m/s}}$$

Exercícios do Capítulo 23 do Tipler

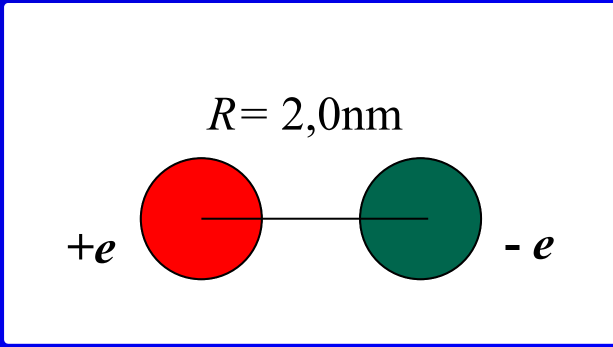
(71) Considere um elétron e um próton que estão inicialmente em repouso e separados por 2,00 nm. Desprezando qualquer movimento do próton, que é muito mais massivo, qual é a mínima (a) energia cinética e (b) rapidez com as quais o elétron deve ser projetado para que atinja um ponto a uma distância de 12,0 nm do próton? Suponha que a velocidade do elétron esteja dirigida radialmente, se afastando do próton. (c) A que distância o elétron viajará do próton se ele tiver o dobro desta energia cinética inicial?



Solução

(71) Considere um elétron e um próton que estão inicialmente em repouso e separados por 2,00 nm. Desprezando qualquer movimento do próton, que é muito mais massivo, qual é a mínima (a) energia cinética com a qual o elétron deve ser projetado para que atinja um ponto a uma distância de 12,0 nm do próton?

(a) A mínima energia cinética é a energia cinética inicial que corresponde a uma energia cinética final de zero. Por conservação da energia mecânica:



Com $K_f = 0$

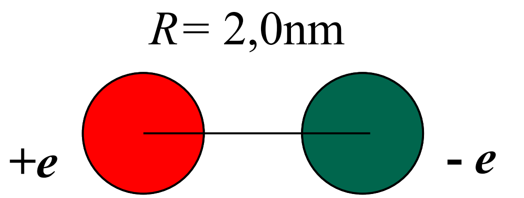
$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow -K_{i,\,min} + U_f - U_i = 0$$

$$K_{i,\,min} = U_f - U_i = -\frac{ke^2}{r_f} - \left(-\frac{ke^2}{r_i}\right)$$

$$K_{i,\,min} = ke^2\left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_f}\right)$$

Solução

(71) Considere um elétron e um próton que estão inicialmente em repouso e separados por 2,00 nm. Desprezando qualquer movimento do próton, que é muito mais massivo, qual é a mínima (a) energia cinética



$$K_{\mathrm{i,\,min}} = ke^2\left(\frac{1}{r_{\mathrm{i}}} - \frac{1}{r_{\mathrm{f}}}\right)$$

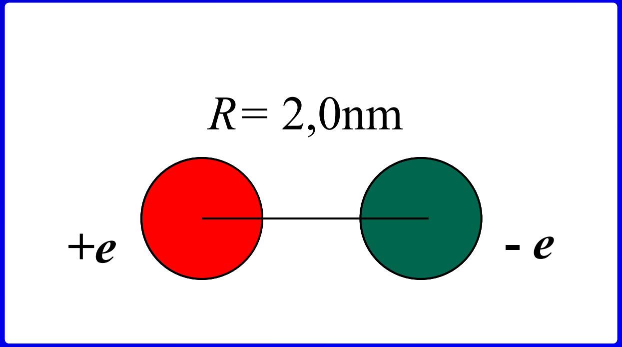
$$K_{\mathrm{i,\,min}} = \left(8.988\times10^{9}\,\frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \mathrm{C}\right)^2\left(\frac{1}{2.00\ \mathrm{nm}} - \frac{1}{12.0\ \mathrm{nm}}\right)$$

$$= 9.611\times10^{-20}\ \mathrm{J} = \boxed{9.61\times10^{-20}\ \mathrm{J}}$$

Solução

(71) Considere um elétron e um próton que estão inicialmente em repouso e separados por 2,00 nm. Desprezando qualquer movimento do próton, que é muito mais massivo, qual é a mínima (b) rapidez com as quais o elétron deve ser projetado para que atinja um ponto a uma distância de 12,0 nm do próton?

$$K_{\mathrm{i,\,min}} = 9.611\times 10^{-20}\ \mathrm{J} = \boxed{9.61\times 10^{-20}\ \mathrm{J}}$$



A rapidez mínima está relacionada com a energia cinética mínima:

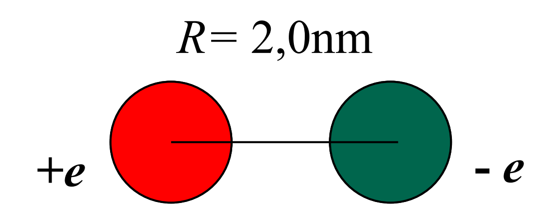
$$K_{\mathrm{i,\,min}} = \tfrac{1}{2} m_e v_i^2 \Rightarrow v_i = \sqrt{\frac{2K_{\mathrm{i,\,min}}}{m_e}}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2\left(9.611\times 10^{-20}\ \mathrm{J}\right)}{9.109\times 10^{-31}\ \mathrm{kg}}} = \boxed{4.59\times 10^{5}\ \mathrm{m/s}}$$

Solução

(71) Suponha que a velocidade do elétron esteja dirigida radialmente, se afastando do próton. (c) A que distância o elétron viajará do próton se ele tiver o dobro desta energia cinética inicial?

$$K_{i,\,min} = 9.611\times 10^{-20}\ \text{J} = \boxed{9.61\times 10^{-20}\ \text{J}}$$



Da conservação da energia mecânica:

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow K_f - K_i + U_f - U_i = 0$$

Supondo, como fizemos no item (a), que $K_f = 0$

$$-2K_{i,\,min} + U_f - U_i = 0$$

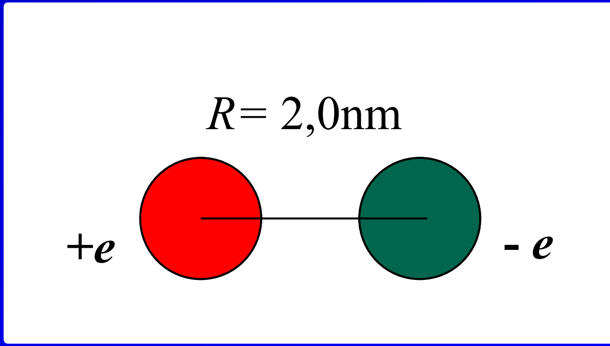
$$-2K_{i,\,min} - \frac{ke^2}{r_f} + \frac{ke^2}{r_i} = 0 \qquad \times r_f$$

$$r_f\left(\frac{ke^2}{r_i} - 2K_{i,min}\right) - ke^2 = 0 \Rightarrow r_f = \frac{ke^2}{\left(\frac{ke^2}{r_i} - 2K_{i,min}\right)}$$

$$r_f = \frac{r_i}{1 - \dfrac{2r_i K_{i,\,min}}{ke^2}}$$

Solução

(71) Suponha que a velocidade do elétron esteja dirigida radialmente, se afastando do próton. (c) A que distância o elétron viajará do próton se ele tiver o dobro desta energia cinética inicial?



Substituir valores numéricos e avaliar r_f produz um valor negativo, que fisicamente está incorreto. Para confirmar que este é o caso, suponha que o elétron escape do próton, (seu potencial eletrostático final será então igual a zero) e encontre a energia cinética inicial necessária para que isso ocorra.

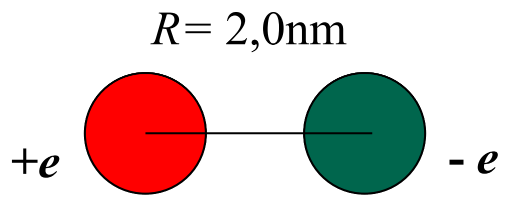
Se o elétron deve escapar da influência do próton, sua energia potencial eletrostática final será zero.

$$K_{i,\text{ escape}} = -U_i = -\left(-\frac{ke^2}{r_i}\right) = \frac{ke^2}{r_i}$$

Solução

(71) Suponha que a velocidade do elétron esteja dirigida radialmente, se afastando do próton. (c) A que distância o elétron viajará do próton se ele tiver o dobro desta energia cinética inicial?

$$K_{\text{i, escape}} = -U_{\text{i}} = -\left(-\frac{ke^2}{r_{\text{i}}}\right) = \frac{ke^2}{r_{\text{i}}}$$



$$K_{\text{i, escape}} = \frac{\left(8.988\times10^{9}\ \dfrac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}\right)\left(1.602\times10^{-19}\ \text{C}\right)^2}{2.00\ \text{nm}} = 1.15\times10^{-19}\ \text{J}$$

Observe que: $2K_{\text{i, min}} > K_{\text{i, escape}}$

Exercícios do Capítulo 25 do Tipler

(1) Em nosso estudo da eletrostática, concluímos que não existe campo elétrico dentro do material de um condutor em equilíbrio eletrostático. Por que podemos discutir os campos elétricos dentro do material dos condutores neste capítulo?

Solução

(1) Em nosso estudo da eletrostática, concluímos que não existe campo elétrico dentro do material de um condutor em equilíbrio eletrostático. Por que podemos discutir os campos elétricos dentro do material dos condutores neste capítulo?

R= Nos capítulos anteriores, os condutores são restringidos a estar em equilíbrio eletrostático. Neste capítulo, essa restrição não existe mais.