

цепочку

Условие

2. На длинную непроводящую гладкую спицу нанизано очень много одинаковых непроводящих шариков. Шарики несут одинаковые по модулю электрические заряды, причем знаки зарядов чередуются. Сила электростатического взаимодействия между двумя соседними шариками равна $f_0 = 10$ Н. Какую минимальную силу необходимо приложить к крайнему шарiku, чтобы разорвать «цепочку»? Вычислите эту силу с погрешностью, не превышающей 5%.

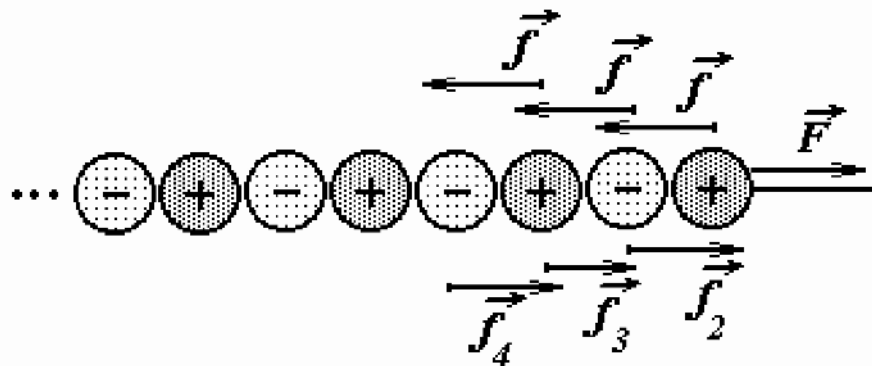
В каком месте разорвется цепочка, если приложить к крайнему шарiku медленно возрастающую силу $\vec{F}$?

Решение

2. С помощью закона Кулона рассчитаем силу $\vec{f}$, с которой притягивается каждый шарик к «полубесконечной» цепочке:

$$f = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \left(1 - \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} + \dots\right) \approx 0,81f_0, \quad (1)$$

где $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} = f_0$ - сила притяжения двух соседних шариков. Так как нас устраивает точность порядка 5%, то при вычислении суммы можно ограничиться 5-6 слагаемыми. Очевидно, что это и будет минимально необходимая сила для разрыва цепочки. $F_{min} \approx 8,1\text{Н}$ Если приложить такую силу к крайнему шарiku, то он начнет смещаться.



Рассмотрим теперь силы, действующие на второй шарик. Вправо на него действует сила $f_2 = f_0$ со стороны первого шарика, а влево сила $f = 0,81f_0$, поэтому второй шарик также начнет смещаться вместе с первым. На третий шарик со стороны двух крайних действует сила $f_3 = f_0(1 - \frac{1}{2^2}) = 0,75f_0$, которая меньше, чем сила притяжения к остальным шарикам, расположенным слева. Следовательно, этот шарик не сдвинется, поэтому цепочка разорвется между вторым и третьим шариками.