



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 9. Лазерный перенос наночастиц

Наночастицы смогут оторваться от металлической пленки в случае, если сила инерции, возникающая вследствие ускоренного движения, превысит силу притяжения наночастиц к пленке. Запишем проекцию второго закона Ньютона для центральной наночастицы (из трех отделившихся на рисунке) на горизонтальную ось, направление которой совпадает с направлением движения наночастицы:

$$ma = N - F_{\text{притяж}}$$

где N – сила реакции со стороны пленки, а $F_{\text{притяж}}$ известна. В момент отрыва наночастицы сила N обращается в ноль, следовательно, ускорение должно удовлетворять «пограничному» условию:

$$a_0 = \frac{-F_{\text{притяж}}}{m}$$

где знак «минус» указывает на отрицательное значение ускорения, т.е. пленка с наночастицами замедляется, и именно в процессе замедления наночастицы могут в принципе оторваться от пленки. Исходя из синусоидального закона изменения ускорения со временем, отрицательные значения ускорения достигаются при $t > T/2$, где период синуса $T = \frac{2\pi}{\omega} \approx 251$ мкс, а наибольшее отрицательное значение ускорения соответствует моменту времени $\frac{3}{4}T \approx 188$ мкс.

Масса наночастицы: $m = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \rho \approx 6.5 \cdot 10^{-19}$ кг

«Пограничное» значение ускорения, при котором наночастицы начнут отрываться: $a \approx -4.6 \cdot 10^7$ м/с², что соответствует моментам времени:

$$t_0 = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{a_0}{A} = \frac{1}{2.5 \cdot 10^4} \arcsin(-0.766) \approx 160 \text{ или } 216 \text{ мкс,}$$

из которых только первый удовлетворяет условию $t_0 < 180$ мкс.

Ответ: 160 мкс.