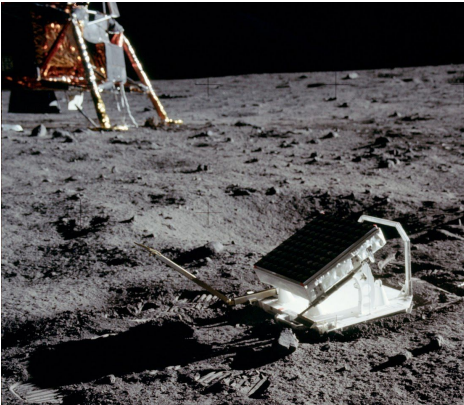


Задачи домашнего задания к лекции №5.

Задача 1.



В ходе первой пилотируемой экспедиции “Аполлон 11” на Луну, среди прочего, был доставлен первый уголкового отражатель размером 0,5 м x 0,5 м. Этот отражатель по сей день используется для лазерной локации Луны. Оценить, какая доля от первоначальной мощности лазерного излучения с длиной волны 532 нм и диаметром пучка 5 см после отражения на Луне будет зафиксирована телескопом с диаметром зеркала 1 метр.

Решение

Пучок лазера и пучок, отражённый уголкового отражателем расходятся из-за дифракции на выходном отверстии лазера и на отражателе. Угол расходимости мал, $\Theta \sim \lambda/d$, но из-за астрономического расстояния до Луны пятно расплывается сильно.

Лазер диаметром 5 см создаёт на Луне пятно диаметром $D = L\lambda/d = 4000 \text{ м}$, здесь $L = 380000 \text{ км}$ – расстояние до Луны. Назад отразится только та часть фотонов, которые попадут

на отражатель размером 0.5 метра, то есть $\left(\frac{0.5}{4000}\right)^2 = 1.6 \times 10^{-8}$. Отражённый пучок тоже

приобретёт расходимость из-за конечного размера отражателя, размер пятна на Земле окажется в 10 раз меньше, так как отражатель больше лазера, и равен 400 метров. В метровый телескоп попадёт

$\left(\frac{1}{400}\right)^2 \approx 6.3 \times 10^{-6}$ фотонов. Итого, в телескоп вернётся примерно 10^{-13} от излучения лазера

(реально возвращается 10^{-17} , так как мы не учли потери в атмосфере, неидеальности приборов итд.).

Ответ: вернётся примерно 10^{-13} от излучения лазера

Задача 2.

Для изготовления современных полупроводниковых микропроцессоров требуются специальные маски, точность изготовления которых напрямую влияет на минимальный размер единичного элемента процессора. Для процессоров текущего поколения этот размер составляет 10 нм. Такие маски изготавливаются методом электронной литографии. До какой энергии необходимо разгонять электроны, чтобы обеспечить точность изготовления маски, заведомо (на порядок) превышающую размер единичного элемента процессора.

Решение:

По условию необходимо создать размер пятна электронов на маске $d = 1 \text{ нм}$. Этот размер не может быть меньше длины волны де Бройля. Поэтому для оценки (считаем в нерелятивистском случае) получаем: $d \simeq \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{12.25 \text{ \AA}}{\sqrt{U[B]}}$. Откуда для ускоряющего

напряжения $U = 1.4 \text{ В}$. Напряжение очень небольшое, на практике используются более энергичные электроны — для которых, соответственно, дифракционный предел точности изготовления оказывается ещё ниже.

Ответ: примерно 1.5эВ достаточно для снятия дифракционного ограничения на точность.