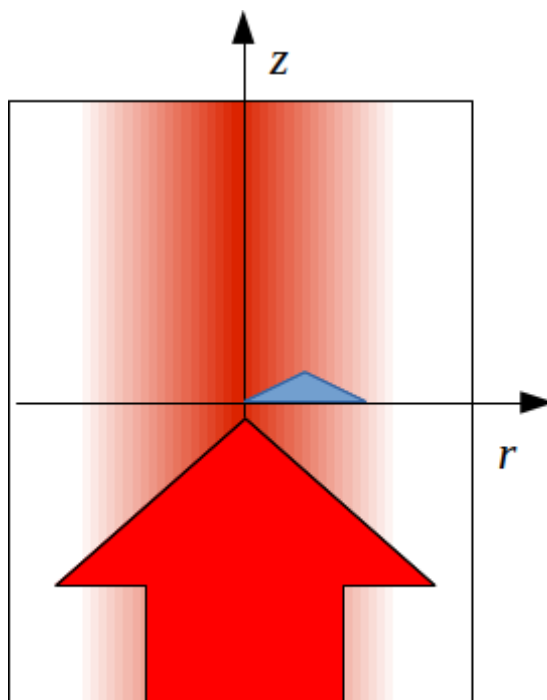




**Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 3. Оптический пинцет**



В 2018 году Нобелевская премия по физике была присуждена за изобретение оптического пинцета и его применение в биологических системах. С помощью оптического пинцета можно манипулировать отдельными наночастицами.

Один из подходов, объясняющих возможность удерживать наночастицу лазерным лучом, – геометрическая оптика.

Наночастица имеет форму тонкой треугольной призмы, в основании которой – равнобедренный треугольник. Основание равнобедренного треугольника 200 нм. Угол между боковыми сторонами треугольника  $\alpha = 120^\circ$ . Показатель преломления призмы  $n = \sqrt{3}$ .

Наночастица облучается лазерным пучком, имеющим гауссово распределение интенсивности  $I(r) = I_0 \cdot \exp\left(\frac{-r^2}{2 \cdot \sigma^2}\right)$ ,  $\sigma = 200$  нм. Центр пучка совпадает с осью  $z$ . Наночастица сместилась от центра пучка, так что левый край совпадает с осью  $z$ , а излучение падает нормально на боковую грань (см. рис.).

1. Изобразите ход лучей на рисунке. **(1 балл)**
2. Используя рисунок, объясните возникновение градиентной силы. **(2 балла)**
3. Найдите угол возникающей градиентной силы относительно оси  $z$ , с учетом данных задачи. **(6 баллов)** Интегралы можно рассчитать численно.
4. Какая еще сила действует на наночастицу со стороны лазерного пучка? **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**