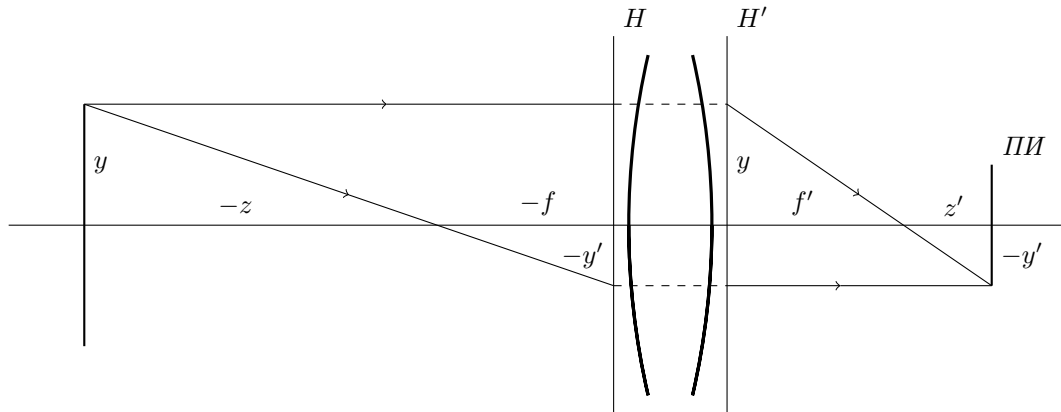


Рассмотрим идеальную изображающую оптическую систему.



Линейным увеличением  $\beta$  называется отношение высоты изображения  $y'$  к высоте предмета  $y$

$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{z'}{f'} \quad (1)$$

Здесь используется правило знаков геометрической оптики, и минус показывает, что на данном рисунке изображение предмета перевёрнутое, а формула получается правильной для любых идеальных изображающих систем в том числе и с отрицательным задним фокусным расстоянием  $f'$  (такие системы тоже применяются для получения изображений, например, микроскоп имеет отрицательное заднее фокусное расстояние).

Вставляя удлинительное кольцо между объективом и изображением мы увеличиваем величину отрезка  $z'$  на толщину кольца  $\Delta z$ . Отсюда можно посчитать прирост увеличения  $\Delta\beta$ , даваемый кольцом

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = -\frac{z' + \Delta z}{f'} + \frac{z'}{f'} = -\frac{\Delta z}{f'} \quad (2)$$

Теперь сделаем расчёт для нашего случая. Пусть кольцо имеет толщину 15 мм, фокусное расстояние объектива 100 мм, тогда прирост увеличения, который вы можете получить составит

$$\Delta\beta = -\frac{15 \text{ мм}}{100 \text{ мм}} = -0,15 \quad (3)$$

Т. е. если у вас был объектив 1:1 ( $\beta = -1$ ), то теперь ваше увеличение составит

$$\beta = -1 - 0,15 = -1,15 \quad (4)$$

Прирост действительно небольшой для таких объективов. Но, вот, если бы у вас был полтинник ( $f' = 50$  мм, обычно где-то  $\beta = -0,2$ ), тогда другое дело

$$\Delta\beta = -\frac{15 \text{ мм}}{50 \text{ мм}} = -0,3 \quad (5)$$

$$\beta = -0,2 - 0,3 = -0,5 \quad (6)$$

Прирост увеличения в два с половиной раза!

Но что же делать владельцам телеобъективов? Можно сказать, что макрокольца им мало помогут, слишком толстые нужны кольца, а с ростом их толщины растут aberrации и виньетирование. Есть метод «объектива-перевертыша», который эквивалентен применению макролеу большой толщины, но не приводит к большому росту aberrаций, поскольку используется оптическая схема самого объектива, но в обратном ходе лучей. Добиться большего увеличения можно, внося более кардинальные изменения: макролинзы, соединение двух объективов. Но эти конструкции больше подходят для статических условий съёмки. Двигающиеся цели ими крайне тяжело снимать.