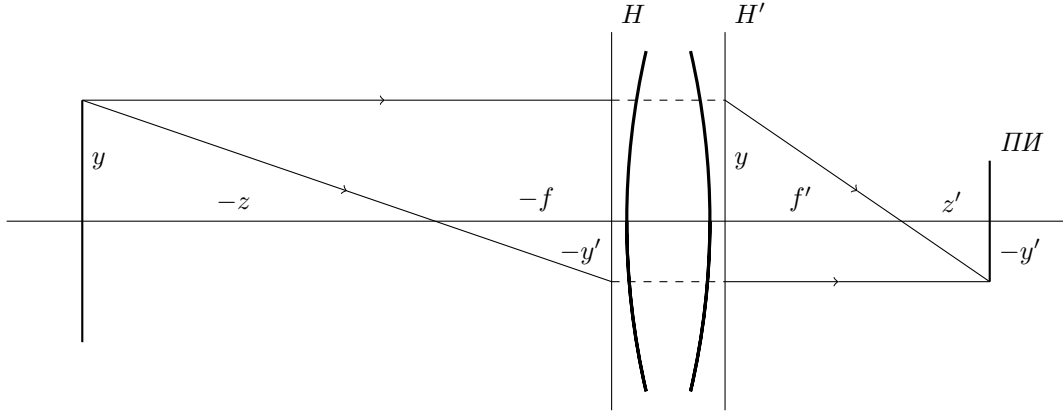


Тот же рисунок.



Если рассмотреть теперь немного другую пару подобных прямоугольных треугольников, получим ещё одну формулу для линейного увеличения

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

Видно, что расстояние  $z$  от переднего фокуса до предмета стоит в знаменателе и уменьшается по модулю с ростом по модулю увеличения, что вполне логично: чтобы предмет на фотографии получился побольше, нам необходимо подойти к нему поближе :). Теперь попытаемся выяснить, насколько надо подойти поближе.

$$z = -\frac{f}{\beta} \quad (2)$$

Разница в величине  $z$  для каких-нибудь двух значений увеличения  $\beta$  и есть расстояние, на которое нужно подвинуться к предмету

$$z_2 - z_1 = -\frac{f}{\beta_2} + \frac{f}{\beta_1} \quad (3)$$

$$z_2 - z_1 = f \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1 \beta_2} \quad (4)$$

$$z_2 - z_1 = f \frac{\Delta\beta}{\beta_1(\beta_1 + \Delta\beta)} \quad (5)$$

$$z_2 - z_1 = f \frac{-\Delta z / f'}{\beta_1(\beta_1 - \Delta z / f')} \quad (6)$$

$$z_2 - z_1 = \frac{\Delta z}{\beta_1} \frac{1}{\beta_1 - \Delta z / f'} \quad (7)$$

$$z_2 - z_1 = \frac{\Delta z}{\beta_1} \frac{f'}{f' \beta_1 - \Delta z} \quad (8)$$

Дистанция фокусировки — это расстояние от первой поверхности оптической системы до предмета. В оптике его принято обозначать буквой  $a$ . Минимальная дистанция фокусировки пусть будет  $a_0$ , а увеличение при ней (т. е. максимальное увеличение объектива) тогда будет  $\beta_0$ . Изменение дистанции фокусировки равно изменению отрезка  $z$

$$\Delta a = \frac{\Delta z}{\beta_0} \frac{f'}{f' \beta_0 - \Delta z} \quad (9)$$

Таким образом МДФ можно рассчитывать так

$$a = a_0 + \Delta a \quad (10)$$

Здесь нужны допущения, чтобы применить эту формулу к случаю с макрокольцом. Допускается что вы сначала снимаете с максимальным увеличением и минимальной дистанцией фокусировки. Затем вставляете макрокольцо и, не меняя положения рукоятки фокусировки, подвигаете оптическую систему к предмету до тех пор пока он не окажется в фокусе. Тогда в этой формуле  $\Delta z$  будет толщиной макрокольца, что само по себе довольно важно. Если вы измените положение рукоятки фокусировки, то  $\Delta z$  будет отличаться от толщины макрокольца в меньшую сторону, и вы получите меньшее увеличение. Я думаю, что меньшее увеличение вам не нужно, поэтому это допущение не должно вызвать проблем на практике :).

Теперь, помня о допущении, займёмся практическими расчётами. Ваш объектив:  $f' = 60$  мм,  $\beta_0 = -1$ ,  $a_0 = -200$  мм, ваше макрокольцо  $\Delta z = 65$  мм. Величина  $a_0$ , как и будущее  $a$  — отрицательна согласно правилу знаков геометрической оптики

$$\Delta a = \frac{65}{-1} \cdot \frac{60}{60 \cdot (-1) - 65} = 31,2 \quad (11)$$

$$a = -200 + 31,2 = 169,8 \quad (12)$$

Для моего объектива  $f' = 150$  мм,  $\beta_0 = -1$ ,  $a_0 = 380$  мм

$$\Delta a = \frac{65}{-1} \cdot \frac{150}{150 \cdot (-1) - 65} = 45,3 \quad (13)$$

$$a = -380 + 45,3 = -334,7 \quad (14)$$