

Лукьянов Андрей Александрович
Кандидат физико-математических наук,
преподаватель кафедры общей физики
Московского физико-технического института,
доцент Российского государственного социального университета

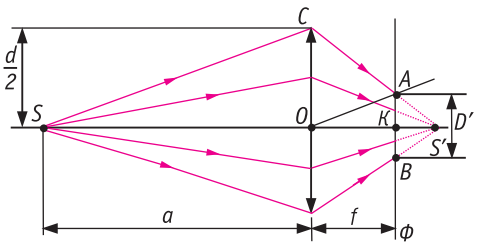
О круглых… снежинках на фотографиях



Иногда на фотографиях получаются светлые круглые пятна, хотя качество обработки фотопленки и печать снимков были безупречны. Дано объяснение этому «эффекту» на основе геометрической оптики.

Если Вы занимались фотографией, то, наверняка, иногда получали странные снимки. Например, такие, какие получил однажды автор при съемке во время снегопада. Фотографируя на пленочный фотоаппарат *пейзаж с фотовспышкой*, автор обнаружил на фотокарточках формата 10 см × 15 см ряд довольно резко очерченных светлых кружков разной яркости и разного диаметра, – примерно от 1 мм до 2 см (см. фотографии). Если у Вас когда-нибудь выходили такие снимки, и если Вы думали, что это – брак при проявке пленки или при печати карточек («Опять всё заляпали в фотомастерской!»), то Вы ошибались. Брака в работе фотоателье в данном случае не было. Всё именно так и должно было получиться.

Разгадка появления кружков на снимках довольно проста. Если сказать коротко, – всё дело в *несфокусированности фотоаппарата на снежинки*. *При фотографировании пейзажа* фотоаппарат обычно *сфокусирован* (Вами или автоматически самой фотокамерой) «*на бесконечность*». Фотопленка при этом находится *вблизи фокальной плоскости объектива*. Изображение бесконечно удаленной точки в этом случае будет наиболее резким – «точкой» в этой плоскости. Изображение же *точечной* снежинки *S*, располагающейся ***на конечном расстоянии*** *a* от объектива, будет *точкой* *S′* **за** фокальной плоскостью *Ф* (см. рис.).



На пленке, которая как уже было сказано, расположена вблизи фокальной плоскости, в этом случае получится «размытая точка» – кружок *конечного диаметра D′*, а

на фотокарточке получится кружок ещё большего диаметра D. По существу, здесь та же ситуация, с какой имеют дело фотографы, когда им приходится заботиться о глубине резкости фотоснимков.

В связи со сказанным, попробуем решить в числах следующую задачу.

Оценить, на каком расстоянии a от объектива находилась снежинка, которая на фотокарточке формата 10 см x 15 см выглядит в виде круга диаметром $D = 5$ мм в центре снимка? Фотоаппарат будем считать однолинзовым, диаметр объектива $d = 5$ мм, фокусное расстояние $f = 38$ мм, размеры кадра на пленке 24 мм x 36 мм.

Считая снежинку светящейся *точкой S*, находящейся на главной оптической оси (в условии задачи сказано, что снежинка находится в центре фотографии), сделаем построение хода лучей от снежинки через объектив фотоаппарата (см. рис.). Из рисунка видно, что размер кружка AB на пленке определяется теми лучами, которые идут от снежинки в самый *край объектива* – «лучами максимального наклона». Этот размер сразу получается построением вспомогательного луча *OA*, проходящего через центр линзы параллельно «лучу максимального наклона» *SC*. (Вспомните: все параллельные лучи сходятся в одной точке фокальной плоскости!) Из подобия треугольников *SCO* и *OAK* имеем пропорцию $(d/2)/a=(D'/2)/f$. Диаметры кружков на пленке и на фотографии связаны простым соотношением D'/D = 24мм/10см = 0,24. Из последних двух равенств находим ответ:

$$a = f\,d/(0{,}24\,D) \approx 16 \text{ см}.$$

Из полученной формулы видно, что чем больше был диаметр D кружка на фотографии, тем ближе находилась снежинка к объективу фотоаппарата, и наоборот, маленьким кружкам соответствуют далекие снежинки. На снимках бывают кружки диаметром менее 1 мм. Согласно полученной формуле, можно сказать, что они находились на расстоянии более 80 см (при заданных выше параметрах объектива f и d).

Обсудим еще три вопроса, касающихся разгадки наблюдаемого эффекта

1) Почему для получения «круглых снежинок» на фотографии нужна *фотовспышка*?
2) Почему в расчетах мы считали снежинку светящейся *точкой*?
3) Почему большие круги бывают иногда ярче, чем маленькие, а иногда – наоборот?

С 1-ым вопросом всё довольно просто: вспышка на расстояниях в несколько метров от объекта сильно освещает объект. Если Вы будете снимать снежинки со вспышкой, то, глядя в видоискатель камеры, легко заметите в момент вспышки массу маленьких ярко вспыхнувших «точек». Без фотовспышки (даже во время обильного снегопада) снежинки (в силу слабой их освещенности) дают на карточке лишь светлую практически бесструктурную «муть».

Теперь разберемся со 2-ым вопросом. Размеры реальных снежинок обычно колеблются в пределах от 1,5 мм до 10 мм. Такие ли уж это *точки*? Ясно, что нет. Так почему же можно считать снежинку *точкой*? Дело в том, что ввиду *сложного трехмерного строения снежинок* в объектив фотоаппарата приходит свет, который отражается *не от всей снежинки*, а лишь от какой-то *малой ее части*. То, что изображение снежинки при круглом отверстии диафрагмы получается именно в виде круга, фактически подтверждает, что свет попадает в объектив от малой части снежинки. От какого именно места и *что* значит «малой части» снежинки – сказать практически невозможно. Ясно, однако, что при одной ориентации снежинки «малая ее часть» будет очень малой, – в результате в объектив отразится совсем мало света; при другой ориентации «работать» будет значительно большая часть снежинки, и как следствие, в объектив придет больше отраженного света.

Ориентация снежинки *не зависит от её расстояния до объектива*. Именно поэтому иногда кружки большого диаметра (соответствующие близко расположенным снежинкам) оказываются тусклыми, а кружки малого размера (соответствующие «далеко» расположенным снежинкам), наоборот,

яркими. Это и есть ответ на наш 3-ий вопрос.

Как видите, секрет «круглых снежинок» на фотографиях не слишком сложен. Подобный эффект больших светлых кругов можно наблюдать и на экранах телевизоров (при показе «красивых» шоу). На подобный эффект автору жаловался и знакомый художник. Работая в церкви, а затем фотографируя свои работы «на память», он обнаружил, что подобные кружки на снимках дает обычная пыль, всегда имеющаяся в воздухе даже в церкви. Художник показывал автору свои фотографии. Кружки были, может быть, менее яркими, чем здесь от снежинок, но все же они были заметными и, безусловно, «оскорбляли глаз» профессионального художника.





