

во всей его красе...

Условие

Задача 3. Геометрическая оптика и ... никакого фотошопа!

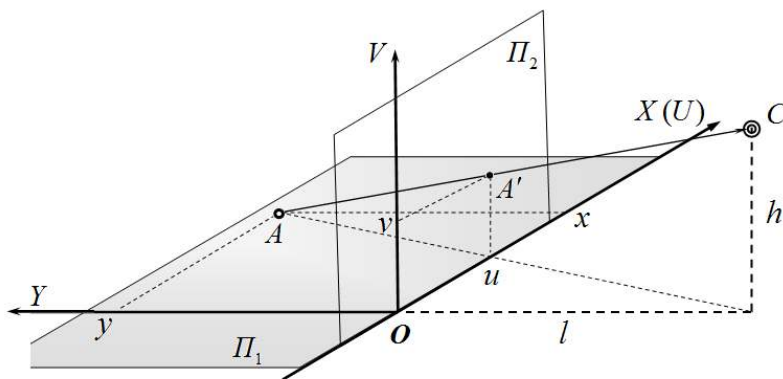
Иногда фотографу удаётся сделать кадр, который фиксирует удивительное физическое явление «во всей его красе...» Обидно слышать, когда при обсуждении такой замечательной фотографии зрители списывают все на ... эффекты фотошопа и не ценят мастерство фотографа. Все неожиданные, на первый взгляд, эффекты могут быть объяснены на основе законов геометрической оптики. Знание которых и умение их применять Вам предстоит продемонстрировать при решении этой задачи.

Часть 1. Закон прямолинейного распространения света.

На первой фотографии «Тени» представлены тени от деревьев на окраине зимнего леса во время восхода солнца (Фото 1). Как известно, из-за громадного расстояния до Солнца (примерно 150 млн. км) солнечные лучи, падающие на землю практически параллельны, следовательно, параллельны и тени от деревьев. Однако на фотографии четко видно, что изображения теней далеко не параллельны!

Подсказка. Теория перспективы.

Для математического описания изображения горизонтальных объектов введем две плоскости.



Π_1 – горизонтальную, в которой находятся фотографируемые объекты (в нашем случае тени деревьев на поверхности земли, которую будем считать строго горизонтальной). В этой плоскости введем систему координат (X, Y) .

Π_2 – вертикальную плоскость изображений. В этой плоскости также введем систему координат (U, V) , начала отсчета обеих систем совпадают, также совпадают оси OX и OV . Кроме того, эти оси проходят по переднему срезу фотографируемых предметов (или по нижнему срезу фотографии). Строго говоря, в этой системе отсчета следует ввести масштабный множитель (фотографии пейзажей обычно уменьшенные), но мы будем считать, что масштабы всех осей одинаковы.

Точка съемки C находится на расстоянии l от плоскости изображений и на высоте h над плоскостью предметов на прямой, являющейся продолжением оси OY .

Для построения изображения точки A (находящейся в плоскости предметов) следует провести луч от этой точки до точки съемки C . Точка пересечения этого луча A' с плоскостью изображений и является изображением точки A .

1.1 Выразите координаты точки изображения $A'(u, v)$ через координаты точки $A(x, y)$.

1.2 Фотографируемый предмет является прямой линией, параллельной оси OY и пересекающей ось OX в точке с координатой x_0 . Получите уравнение линии, являющейся изображением этой прямой в плоскости изображений $v(u)$. Является ли эта линия прямой?

1.3 На основании полученного в п. 1.2 уравнения, объясните, почему изображения теней вертикальных деревьев не параллельны.

На отдельном бланке приведена та же фотография, но черно-белая и более контрастная. На фотографию наложена координатная сетка системы координат (U, V) . На ней также помечены два дерева: 1 и 2, находящиеся на одном расстоянии от точки съемки.

На этом рисунке вы можете делать необходимые вам дополнительные построения. Не забудьте его сдать! Используя эту фотографию, ответьте на следующие вопросы.

1.4 Чему равно расстояние между отмеченными деревьями 1 и 2? 1.5 На какой высоте h находится точка съемки? 1.6 На каком расстоянии от точки съемки находятся отмеченные деревья 1 и 2, если точка съемки находится на расстоянии $l = 5,0$ м от плоскости изображений? 1.7 Почему тени некоторых деревьев (в правой части снимка) изогнуты?

Часть 2. Закон отражения света.

Вторая фотография «Утро» сделана при восходе солнца на фоне спокойного озера (Фото 2). Небо, кусты и деревья отражаются в спокойной воде. Однако на фотографии отсутствует отражение Солнца! Вам надо объяснить причину этого «таинственного» исчезновения.

2.1 Изобразите примерный ход лучей, формирующий полученное изображение. Покажите, почему отражение солнца может отсутствовать на фотографии. 2.2 Получите соотношение, связывающее параметры объекта (высоту деревьев, угол солнца над горизонтом, положение точки съемки и т.д.) при котором возможен наблюдаемый эффект исчезновения отражения солнца.

Часть 3. Закон преломления света.

Третья фотография «Физик ... без головы» сделана вблизи прямоугольного аквариума, в котором находится человек, держащий в руке ... свою голову (Фото 3).

3. Изобразите примерный ход световых лучей (достаточно сделать вид сверху), объясняющий кажущееся смещение частей тела человека. Обязательно укажите на схеме положение человека и примерное положение точки съемки. Покажите, как формируются изображения головы и туловища человека.

Фото 1.



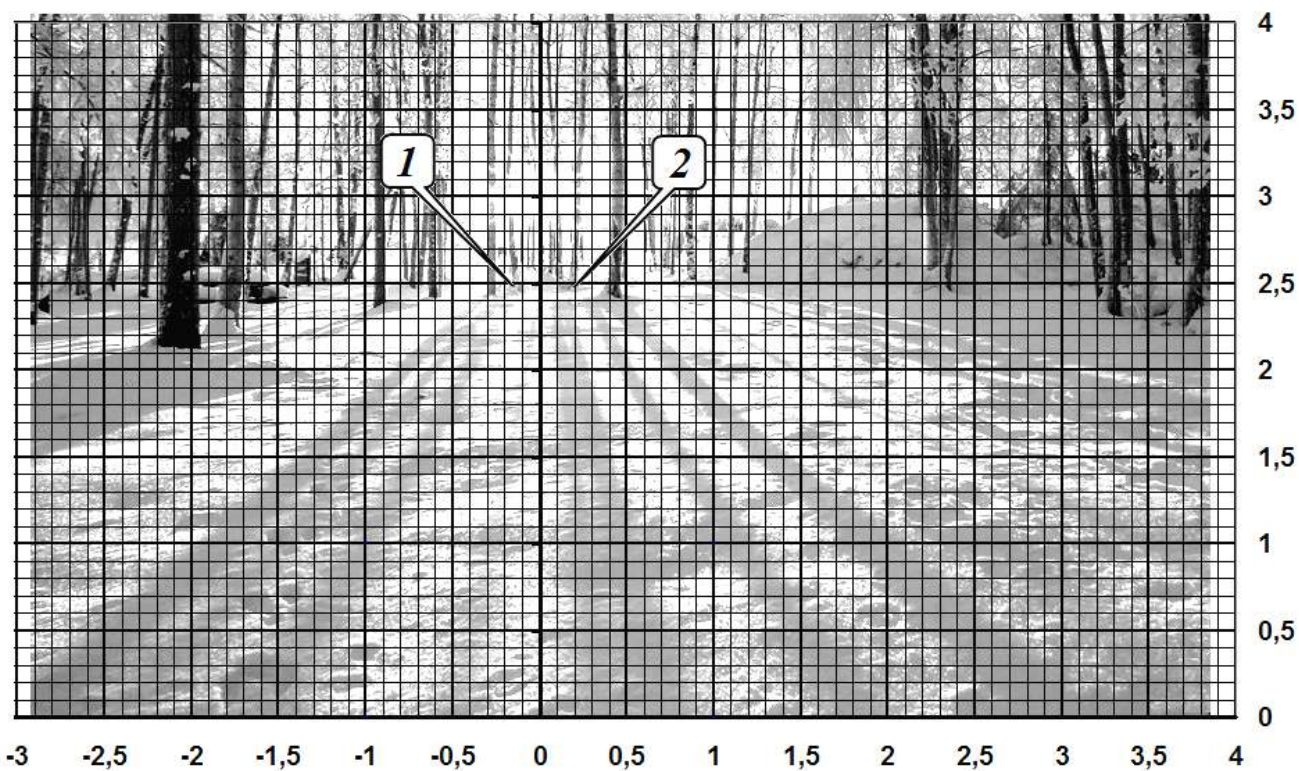
Фото 2.



Фото 3.



Код участника _____



10

¹ Мы не касаемся такой интересной проблемы, как человеческой восприятие глубины (дальности до изображаемого предмета), которое обусловлено главным образом стереоскопическим эффектом. С этой же проблемой тесно связана и проблема глубины резкости изображения фотоаппарата: почему точки, находящиеся на разных расстояниях от линзы могут давать одинаково четкие изображения.

² Конечно, такое построение желательно выполнять точно. Приведен рисунок (как и все остальные в данной статье) построены «честно» с помощью компьютера. У участников олимпиады нет возможности использовать современные технические возможности, поэтому достаточно было нарисовать качественно ход рассматриваемых лучей!