

## ИЗМЕРЕНИЕ СВЕТА ОТ ЗВЕЗД ДО НАШЕГО ДЕТЕКТОРА

Шероз Эралиевич Нурмаатов

Преподаватель кафедры физики Чирчикского государственного педагогического университета

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7437805>

**Аннотация.** Практически все, что мы знаем о космосе, основано на изучении электромагнитного излучения. Мы отправили космический корабль к нескольким близлежащим объектам в нашей Солнечной системе, чтобы проанализировать или вернуть образцы. Мы регулярно обнаруживаем космические лучи — частицы высокой энергии, возникающие в результате захватывающих астрофизических явлений, таких как сверхновая. Но большая часть того, что мы знаем, получена в результате измерения интенсивности электромагнитного излучения.

**Ключевые слова:** свет, звезда, детектор, космос, электромагнитное излучение.

## MEASURING LIGHT FROM STARS TO OUR DETECTOR

**Abstract.** Virtually everything we know about the cosmos comes from the study of electromagnetic radiation. We have sent spacecraft to a few nearby objects in our solar system to analyze or bring back samples. We routinely detect cosmic rays—high energy particles originating in spectacular astrophysical events like supernova. But most of what we know comes from measuring the intensity of electromagnetic radiation.

**Keywords:** light, star, detector, space, electromagnetic radiation.

Обычно мы говорим о яркости звезды, но что именно мы подразумеваем под яркостью? Астрономы количественно определяют яркость небесного объекта, определяя поток или плотность потока  $F$ , полученную от звезды. Поток — это полная энергия источника, пересекающая единицу площади в единицу времени:

$$F = \frac{\text{energy}}{\text{time area}}$$

Полная выходная мощность объекта называется светимостью. Предположим, что звезда светимости  $L$  излучает изотропно (одинаково во всех направлениях). Поток звезды, измеренный на расстоянии  $r$  от звезды, представляет собой просто светимость звезды, деленную на общую площадь  $4\pi r^2$  сферы с центром на звезде:

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (1)$$

Уравнение (1) представляет собой знаменитый закон обратных квадратов излучения.

Детекторы, которые мы используем в телескопах для измерения яркости звезды, на самом деле измеряют мощность электромагнитного излучения или количество собранных фотонов. Даже сетчатка нашего глаза работает как счетчик фотонов. Астрономические объекты обычно довольно тусклые, поэтому основная функция телескопа — собирать свет. Самый простой телескоп — это просто собирающая линза. Чтобы измерить яркость звезды, мы просто наводим объектив на звезду и помещаем детектор в фокальную плоскость, чтобы захватить весь свет в изображении звезды. Если поток от объекта равен  $F$ , а площадь собирающей поверхности телескопа равна  $A$ , то мощность, падающая на детектор, равна

$$P = AF$$

Обратите внимание, что чем больше площадь линзы объектива или главного зеркала, тем больше мощность, сфокусированная на детекторе. Это проясняет, почему астрономы продолжают жаждать телескопов с еще большей апертурой. В настоящее время самые большие функциональные телескопы в мире имеют диаметр апертуры порядка 10 м.

Когда  $F$  и  $L$  выше представляют собой полный поток и выходную мощность, интегрированные по всем длинам волн и измеренные идеальным детектором, они называются болометрическим потоком  $F_{bol}$  и болометрической светимостью  $L_{bol}$ . Измерить болометрический поток чрезвычайно сложно. Не существует детекторов, способных измерять мощность во всем электромагнитном спектре. На практике мы измеряем разные части спектра разными детекторами. Монохроматический поток — это поток на единицу длины волны  $F_\lambda$  или частоты  $F_\nu$ . Интегрирование монохроматического потока по всему спектру дает болометрическую плотность потока

$$F_{bol} = \int_0^\infty F_\lambda d\lambda = \int_0^\infty F_\nu d\nu \quad (2)$$

Монохроматический поток — это обычно то, что мы имеем в виду, когда говорим о спектре света. Мы называем как  $F_\lambda$ , так и  $F_\nu$  монохроматическим потоком. Они родственны, но имеют разные единицы измерения и не равны численно.

Единицы  $F_\lambda$  представляют собой энергию в единицу времени на единицу площади на единицу длины волны. Его единицы можно было бы записать как  $W m^{-3}$ , но это почти никогда не делается. Поскольку мы часто будем работать с длинами волн в нм, удобнее использовать единицы  $Вт м^{-2} нм^{-1}$ . Типичными единицами для  $F_\nu$  являются  $Вт м^{-2} Гц^{-1}$ . Радиоастрономы широко используют другую единицу, называемую янскими ( $J_y$ ). Карк Янски, по сути, создал область радиоастрономии, когда обнаружил радиоволны, исходящие из центра нашей галактики;  $1 J_y = 10^{-26} Вт м^{-2} Гц^{-1}$ . Монохроматический поток астрономического объекта определяет его спектр. На рис. 1 показан спектр нескольких звезд разных спектральных классов. На практике мы не можем напрямую измерить болометрические или монохроматические потоки. Различные виды детекторов чувствительны к свету с разной длиной волны, и чувствительность любого детектора зависит от длины волны. Проблема еще хуже для наземных телескопов. Атмосфера ослабляет одни длины волн больше, чем другие. Если мы пока пренебрежем влиянием атмосферы, то поток, измеренный телескопом, равен

$$F = \int_0^\infty R(\lambda) F_\lambda d\lambda \quad (4)$$

где  $R(\lambda)$  называется функцией отклика системы детектор-телескоп. Функция отклика определяет долю потока с длиной волны  $\lambda$ , которая регистрируется системой детектор-телескоп. Мощность  $P$ , измеренная системой детектор-телескоп, равна

$$P = A \int_0^\infty R(\lambda) F_\lambda d\lambda \quad (5)$$

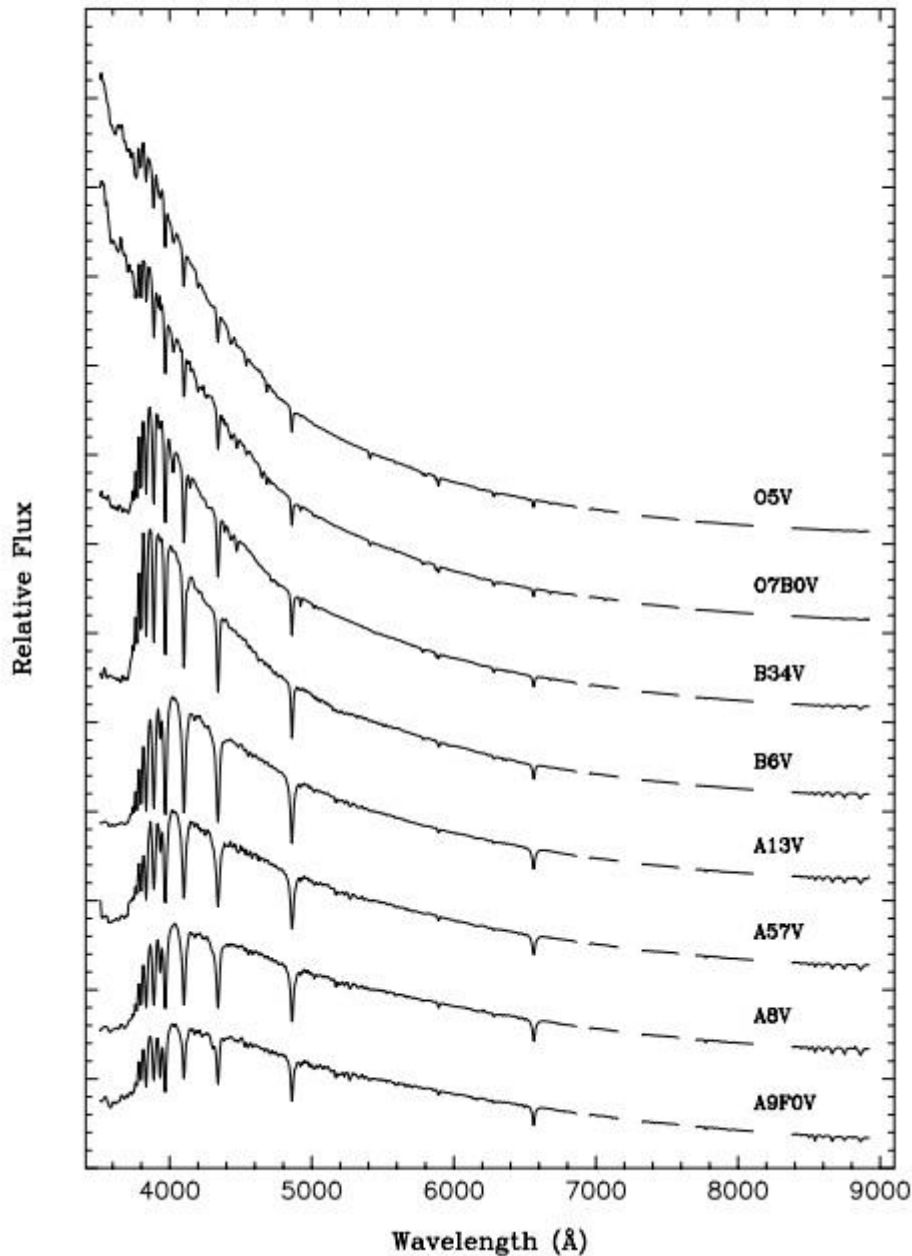


Рисунок 1: Спектр некоторых звезд спектрального класса O, B и A. Это всего лишь графики монохроматического потока  $F_\lambda$ .

Астрономы разработали наборы согласованных функций отклика, которые определяют несколько стандартных фотометрических систем. Наличие четко определенных функций отклика позволяет астрономам сравнивать наблюдения, сделанные с помощью различных систем телескоп-детектор. Они используют фильтры, чтобы убедиться, что функция отклика их системы соответствует одной из стандартных систем. Отклик системы зависит от коэффициента отражения или пропускания оптики телескопа  $T_o$ , эффективности детекторов при обнаружении света с длиной волны  $e(\lambda)$  и коэффициента пропускания фильтра

$$\varphi(\lambda) R(\lambda) = T_o e(\lambda) \varphi(\lambda). \quad (3.6)$$

Коэффициент пропускания фильтра  $\varphi(\lambda)$  называется функцией фильтра. Квантовая эффективность  $e(\lambda)$  — это доля входящих фотонов, которые фактически регистрируются.

Коэффициент пропускания оптики  $K$  обычно не зависит от длины волны в полосе пропускания фильтра.

## REFERENCES

1. Burns, M.S., 2021. *A Practical Guide to Observational Astronomy*. CRC Press.
2. Mukhamedov, G.I., Nurmamatov, S.E. and Sapayev, I.U.O., 2021. Methods of solving problems in astronomy in general secondary schools. *Academic research in educational sciences*, 2(1).
3. Кутлимуратов, Сардор Шарипбаевич. "ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО МЕТОДА В ОБУЧЕНИИ АСТРОНОМИЧЕСКИМ БАЗАМ ДАННЫХ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ." (2022): 32-36.
4. TURSUNOV, I., & TILLABOYEV, A. ASTRONOMIYA KURSINI O 'QITISHDA ZAMONAVIY ELEKTRON TA'LIM RESURSLARINING AHAMIYATI. *ЭКОНОМИКА*, 294-299.
5. Ernazarov, A. "FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF INDEPENDENT STUDY SKILLS OF ELECTROMAGNETISM STUDENTS OF GENERAL EDUCATION SCHOOLS." *Science and innovation* 1.B7 (2022): 588-591.
6. Eraliyevich, Nurmamatov Sheroz. "ASTRONOMIYA KURSI LABORATORIYA MASHG 'ULOTLARIDA QIDIRUV VA TADQIQOT FAOLIYATINI TASHKIL ETISH TEXNOLOGIYASI." *Science and innovation* 1.1 (2022): 110-117.