

Лит.: Акустика океана, под ред. Л. М. Бреховских, М., 1974; Infrasonic and low frequency vibration, ed. by W. Tempest, L.—la. o.l., 1976; Pimonov L., Les infra-sons, P., 1976. И. П. Голямина.

ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ — область наблюдательной астрофизики, объединяющая методы и результаты исследований излучения астр. объектов в ИК-диапазоне (0,7 мкм — 1 мм). Иногда как часть И. а. выделяют с у б м и л л и м е т р о в у ю а с т р о н о м и ю (0,1—1 мм). Первым шагом в истории И. а. было открытие ИК-излучения Солнца [У. Гершель (W. Herschel), 1800].

Методы И. а. Земная атмосфера прозрачна только в отд. участках (полосах) ИК-области спектра (табл.). Поглощение обусловлено в основном водяным паром. Его концентрация быстро убывает с высотой и на высоте ~12 км приобл. в 10^3 раз меньше, чем на уровне моря. Поэтому большие возможности для И. а. открываются при установке аппаратуры на аэростатах и высотных самолётах. Наилучшие результаты даёт вывод ИК-телескопа в космос. При этом оказывается возможным полностью охладить всю его оптику и резко снизить инструментальный фон теплового излучения, к-рый также существенно ограничивает возможности наземных измерений. Первый космич. ИК-телескоп был установлен на спутнике «ИРАС» (Infra red Astronomical Satellite; Нидерланды, США и Великобритания, 1983). Он проработал ок. года, время жизни ограничивалось запасом жидкого гелия на борту.

Потоки ИК-излучения звёзд в окнах прозрачности земной атмосферы

Фотометрическая полоса			Поток от звезды нулевой величины Вт·см ⁻² ·мкм ⁻¹	Предельная величина для телескопа диаметром 1,25 м (2)
Обозначение (1)	λ_e , мкм	$\Delta\lambda$, мкм		
I	0,90	0,1	$8,3 \cdot 10^{-13}$	13^m
J	1,25	0,3	$3,4 \cdot 10^{-13}$	13^m
H	1,6	0,35	$1,37 \cdot 10^{-13}$	13^m
K	2,2	0,5	$4,14 \cdot 10^{-14}$	13^m
L	3,5	0,9	$6,38 \cdot 10^{-15}$	12^m
M	5,0	1,0	$1,82 \cdot 10^{-16}$	7^m
N	10,2	5	$9,7 \cdot 10^{-17}$	2^m
Q	20	10	$6,5 \cdot 10^{-18}$	-1^m

(1) I, J и т. д. — обозначения полос, широко применяемых в ИК-астрономии для фотометрических исследований звёзд и галактик при помощи фильтров (см. *Астрофотометрия*); они соответствуют окнам прозрачности земной атмосферы; λ_e — эффективная длина волны, $\Delta\lambda$ — ширина полосы по уровню 0,5.

(2) Время накопления сигналов 1 мин, среднеквадратичная ошибка 0,05^m. Оценки (кроме I) даны по результатам измерений с JHKLM-фотометром и NQ-фотометром Южной станции ГАИШ. В N и Q возможно улучшение на 2—3^m при дальнейшей оптимизации конструкции фотометра (уменьшение инструментального фона). Для сравнения укажем, что в визуальной области спектра (полоса V, $\lambda_e=0,55$ мкм) предельная звёздная величина ~13^m при тех же условиях.

Для детального исследования в окнах прозрачности земной атмосферы отд. источников с известными координатами широко применяются наземные телескопы с ИК регистрирующей аппаратурой. На рис. 1 приведена упрощённая схема измерений, применяемая в И. а. для фотометрии источников с малыми угл. размерами (звёзд, галактик, астероидов и др.), а в табл. даны предельные звёздные величины. Зеркало Z_2 (рис. 1) совершает периодич. колебания (частота ~20 Гц), в результате к-рых в плоскости приёмной площадки образуются два изображения звезды (А и Б), разнесённые на расстоянии несколько большее, чем размеры приёмной площадки. При измерениях смещением всего телескопа на

малый угол (~10") приёмная площадка совмещается попеременно (с периодом t_0 , обычно неск. десятков секунд) с изображениями А и Б, в результате чего зависимость сигнала от времени на выходе СД имеет вид кривой, показанной на рис. 1 справа внизу. При такой схеме измерений излучение звезды выделяется на фоне

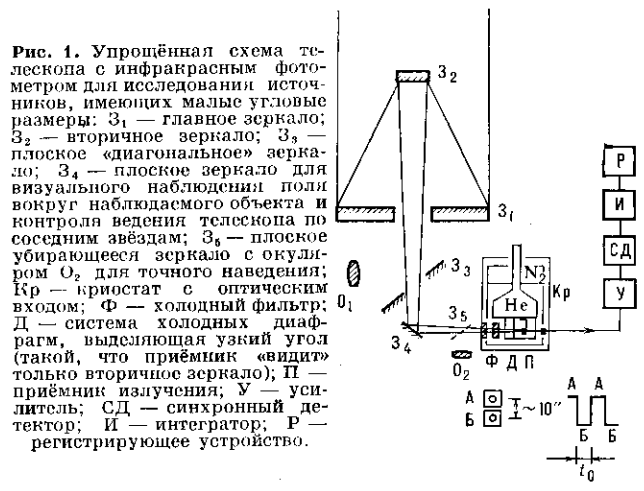


Рис. 1. Упрощённая схема телескопа с инфракрасным фотометром для исследования источников, имеющих малые угловые размеры: Z_1 — главное зеркало; Z_2 — вторичное зеркало; Z_3 — плоское «диагональное» зеркало; Z_4 — плоское зеркало для визуального наблюдения поля вокруг наблюдаемого объекта и контроля ведения телескопа по соседним звёздам; Z_5 — плоское убирающееся зеркало с окуляром O_2 для точного наведения; Кр — криостат с оптическим входом; Ф — холодный фильтр; Д — система холодных диафрагм, выделяющая узкий угол (такой, что приёмник «видит» только вторичное зеркало); П — приёмник излучения; У — усилитель; СД — синхронный детектор; И — интегратор; Р — регистрирующее устройство.

потока теплового излучения прибора с наименьшими потерями. В качестве приёмников в И. а. наиб. эффективно используются фотодиоды InSb в фотovoltaич. режиме (охлаждение твёрдым азотом до 60 К) и полупроводниковые болометры на основе германия, легированного галлием (~2 К — жидкий гелий с откачкой).

Для изучения спектров с разрешающей силой $\lambda/\Delta\lambda \geq 100$ в И. а. с успехом применяется *Фурье спектроскопия*. Она оказалась совершенно незамеченной при измерении спектров теплового излучения планет и Земли с борта космич. аппаратов. Примеры спектров, полученных с помощью Фурье спектрометра, приведены на рис. 2. Дана идентификация полос поглощения, принадлежащих атм. газам, а также веществу частиц облаков (H_2SO_4 — в случае Венеры). Регистрировалось излучение разл. областей планеты (характерный размер — неск. десятков км). По этим спектрам определялись вертикальный температурный профиль, содержание малых составляющих, вертикальное распределение аэрозоля в атмосферах.

Результаты И. а. В 20-х гг. 20 в. были проведены первые измерения теплового излучения Луны и планет (в диапазоне 8—13 мкм), определены темп-ры поверхности Луны, Меркурия, Марса, верх. границы облаков Венеры и Юпитера. Позднее ИК-спектры Венеры и Марса показали присутствие в их атмосферах CO_2 (к-рый оказался их осн. составляющей) и целого ряда др. газов — CO , H_2O , на Венере, кроме того, HCl и HF . При помощи наземного телескопа с Фурье спектрометром были получены спектры этих планет в диапазоне 1—2,5 мкм с разрешающей силой $\lambda/\Delta\lambda \approx 10^6$. Информативность ИК-методов исследования планет резко увеличилась с началом полётов к ним космич. аппаратов. ИК-радиометры и спектральные приборы на космич. аппаратах «Марс-3», «Марс-5», «Маринер-9», «Викинг-1,-2» (США) дали информацию о пиротных и суточных вариациях темп-ры, содержания H_2O в атмосфере, а также данные о рельефе поверхности Марса. Анализ ИК-излучения Венеры по измерениям с борта её искусств. спутников «Пионер-Венера» и «Венера-15» выявил существенные пиротные вариации строения *мезосферы* и облачного слоя, в т. ч. существование двух гигантских воронок (попнижий верх. границы облачного слоя) в полярных широтах. Из-за большой интенсивности уходящего теплового излучения в этих приполярных областях совершенно необычным оказал-