

тесняются инструментальными с использованием лазеров, ракет, космич. аппаратов и др. Всё шире применяются автоматизир. системы, телеметрия, машинные методы обработки получаемой информации. Осн. содержанием А. о. становятся молекулярная и аэрозольная оптика, теория видимости, теория переноса излучения, решение прямых и обратных задач и построение атмосферно-оптич. моделей атмосферы.

Основы молекулярной оптики заложены Рэлеем (Дж. У. Стрэтт, J. W. Strutt) (1871, 1899). По его теории, рассеиваемые лучи при прохождении через атмосферу рассеиваются молекулами воздуха. Теоретич. исследования Л. И. Мандельштама (1907) показали, что свет рассеивается не молекулами воздуха, а флуктуациями плотности воздуха (случайно расположенными сгущениями и разрежениями). Теория флуктуан. рассеяния, разработанная М. Смолуховским (M. Smoluchowski, 1908) и А. Эйнштейном (A. Einstein, 1910), приводит к тем же ф-лам, к-рые ранее были получены Рэлеем. Т. к. флуктуации плотности обусловлены молекулярно-кинетич. природой строения вещества, флуктуан. рассеяние по-прежнему наз. молекулярным.

В реальной атмосфере всегда содержится значит. кол-во аэрозоля (капельки воды и водных растворов, частицы органич. и минеральной пыли, частицы сажи и др.). Теория рассеяния и поглощения света частицами аэрозоля, разработанная Г. Ми (G. Mie, 1908), описывает характеристики рассеяния и поглощения света частицами любых размеров и показателей преломления.

Как молекулярно, так и аэрозольное рассеяние приводит к ослаблению падающих лучей. Интенсивность I излучения, прошедшего через слой атмосферы толщиной l (без учёта интенсивности рассеянного излучения), равна: $I = I_0 \rho^m$, где I_0 — интенсивность падающего монохроматич. излучения, $P = e^\tau$ — коэф. прозрачности атмосферы, $\tau = \int_0^l (\sigma_m + \sigma_a) dl$ — оптич. толщина вертикал. слоя атмосферы, m — атм. (оптич.) масса в направлении на Солнце (при зенитных углах Солнца $z_0 \leq 75^\circ$, $m \approx \sec z_0$), σ_m и σ_a — объёмные коэф. молекулярного и аэрозольного рассеяния

$$\sigma_m = \frac{8\pi^3 (n^2 - 1)^2}{3N\lambda^4} \cdot \frac{(6 + 3\Delta)}{(6 - 7\Delta)},$$

$$\sigma_a = \pi \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r^2 K(\rho, m) n(r) dr,$$

N — число Авогадро, n — показатель преломления воздуха, Δ — фактор деполаризации, r — радиус аэрозольной частицы, $K(\rho, m)$ — функция Ми, $n(r)$ — плотность распределения частиц по размерам, $\rho = 2\pi r/\lambda$ — относит. размер частиц, λ — длина волны монохроматич. света, m — комплексный показатель преломления аэрозольных частиц.

Кроме ослабления излучения за счёт рассеяния, обычно наблюдается ослабление в результате поглощения излучения молекулами воздуха и аэрозолем. Применительно к ослаблению солнечных лучей имеет место закон Бугера:

$$I = I_0 e^{-(\tau + \tau_n) m},$$

где τ_n — оптич. толщина поглощения. Величину $\tau + \tau_n = \tau_B$ наз. бугеровской толщиной атмосферы. При наблюдении в широких участках спектра закон Бугера не выполняется. С увеличением m коэф. прозрачности атмосферы ρ при оптически стабильной атмосфере не остаётся постоянным, а возрастает. Вся б. ч. проходящего излучения приходится на длинноволновые составляющие, для к-рых воздух более прозрачен. Изменение коэф. прозрачности воздуха с изменением высоты Солнца наз. эффектом Форбса. Для характеристики степени замутнённости атмосферы предложены

характеристик, менее зависящих от m . Наиб. распространение и использование получил фактор мутности L и индекс $T = \lg p / \lg p_m$, где p_m — прозрачность идеально чистой (молекулярной) атмосферы. В этом случае эффект Форбса действует одновременно как на p , так и на p_m , благодаря чему фактор мутности почти не зависит от m .

С горизонтальной прозрачностью атмосферы тесно связан один из осн. метеозлементов — метеорологическая дальность видимости (МДВ), под к-рой понимается предельная дальность видимости S_m чёрного экрана с угловыми размерами более 15 угловых минут на фоне горизонта в светлое время суток. Величина МДВ однозначно связана с горизонтальной прозрачностью атмосферы:

$$S_m = \lg \varepsilon / \lg \rho \approx 3,9 / (\sigma_m + \sigma_n),$$

где ε — порог контрастной чувствительности среднего глаза. Дальность видимости реальных (несамосветящихся) объектов всегда меньше МДВ. В сумеречных и ночных условиях для характеристики горизонтальной прозрачности атмосферы используется дальность видимости точечных источников света.

Пучок рассеиваемого аэрозолем света может быть описан четырьмя характеристиками: интенсивностью, степенью поляризации, степенью эллиптич. поляризации и угловым положением плоскости макс. поляризации. Во мн. случаях световой пучок удобнее характеризовать аддитивными параметрами, впервые предложенными Дж. Г. Стоксом (G. G. Stokes). Матрица четвёртого ранга из параметров Стокса наз. матрицей рассеяния света. В случае рассеяния на шарообразных частицах при совпадении плоскостей рассеяния и наблюдения (референции) матрица аэрозольного рассеяния содержит только четыре независимые компоненты f_1, f_2, f_3, f_4 . Компонента $f_1(\theta)$ является индикатрисой рассеяния. При чисто молекулярном рассеянии (без поглощения) индикатриса рассеяния $f_m(\theta)$ выражается ф-лой

$$f_m(\theta) = \frac{3}{4(1+2\gamma)} [(1+3\gamma) + (1-\gamma) \cos^2 \theta],$$

где γ — фактор, учитывающий анизотропию молекул. При рассеянии на аэрозолях

$$f_a(\theta) = \frac{\lambda^2}{\sigma_a \pi} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} i(\theta, \rho, m) n(r) dr,$$

где θ — угол рассеяния, $i(\theta, \rho, m)$ — угловая ф-ция Ми. Приведённые соотношения характеризуют акты первичного рассеяния света. В действительности, проходя через атмосферу, свет испытывает многократное рассеяние и поглощение. Отразившись от подстилающей поверхности, он вносит дополнит. вклад в рассеянное излучение атмосферы. Рассеиваемый атмосферой свет в значит. мере поляризован. В точках неба, удалённых от Солнца на 90° , степень поляризации максимальная (до 85%). Но имеются точки (Араго, Бабин, Брюстера), в к-рых поляризация света отсутствует. Это т. н. нейтральные точки. Нулевая поляризация рассеянного излучения в этих точках получается вследствие влияния многократного рассеяния света в атмосфере.

Важными являются оптич. характеристики, отнесённые ко всей атмосфере, в т. ч. индикатриса яркости неба $\mu_n(\theta)$ при $z = z_0$ и соответствующая ей оптич. толщина τ_n . Развиты методы решения обратных задач А. о. в части восстановления атмосферных и аэрозольных индикатрис рассеяния света по данным измерений характеристик $\mu_n(\theta)$ и τ_n . Всё большее применение получают методы решения обратных задач аэрозольной оптики для восстановления микрофиз. характеристик атм. аэрозоля по данным измерений поля рассеиваемого им излучения. В общем случае для достаточно строгого решения задач распространения, рассеяния, отражения и поглощения света в атмосфере приходится обращать-