

8. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Вина	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$
Радиус Солнца	$R_c = 6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Радиус Земли	$R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Радиус орбиты Меркурия	$\ell = 57,87 \cdot 10^6 \text{ км}$
Радиус орбиты Земли	$\ell = 149,5 \cdot 10^6 \text{ км}$
Радиус орбиты Марса	$\ell = 227,8 \cdot 10^6 \text{ км}$

8.1. Определите, как и во сколько раз изменится мощность излучения черного тела, если длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения, изменится от 720 нм до 400 нм. Ответ: 10,5.

8.2. Черное тело имеет температуру 3 кК. При охлаждении тела длина волны, приходящаяся на максимум излучательной способности, изменилась на 8 мкм. До какой температуры охладилось тело? Ответ: 323К.

8.3. Черное тело нагрели от температуры 600К до 2400К. Во сколько раз увеличилась общая тепловая энергия, излучаемая телом? На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения и спектральный состав излучения? Ответ: 256, 3,6 мкм.

8.4. Площадь, ограниченная графиком зависимости излучательной способности а.ч.т. от длины волны излучения, при переходе от температуры T_1 к T_2 увеличилась в 5 раз. Определите, как при этом изменилась длина волны, соответствующая максимумам этих графиков, и общая мощность излучения тела. Ответ: 1,5.

8.5. Температура внутренней поверхности муфельной печи при открытом отверстии площадью 30 см^2 равна 1,3 кК. Принимая, что отверстие излучает как черное тело, определить, какая часть мощности рассеивается стенками, если потребляемая печью мощность составляет 1,5 кВт. В какой области спектра преимущественно излучает отверстие печи? Ответ: 0,68, ИК.

8.6. В результате нагревания черного тела длина волны, соответствующая максимуму энергии теплового излучения, уменьшилась от 2,7 мкм до 0,9 мкм. Определите, во сколько раз увеличилась энергетическая светимость тела. Какой была и какой стала мощность излучения, если излучающая поверхность тела равна 20 см^2 ? Ответ: 81, 0,15 и 12,2 кВт.

8.7. Мощность излучения а.ч.т. равна 10 кВт. Найти площадь излучающей поверхности тела, если максимум энергетической светимости приходится на длину волны 700 нм. Ответ: 6 см^2 .

8.8. Поверхность вольфрама площадью 15 см^2 нагрета до температуры 3000К и излучает в одну минуту 100 кДж. Какую энергию излучала бы эта поверхность, если бы она была черной? Найдите

поглощательную способность поверхности металла в этих условиях и длину волны, на которую приходится максимум энергии теплового излучения. Ответ: 413 кДж; 0,24; 0,97 мкм.

8.9. Принимая Солнце за черное тело и учитывая, что максимум его энергетической светимости приходится на длину волны 500 нм, определить: 1) температуру поверхности солнца; 2) энергию, излучаемую солнцем за 1 с; 3) массу, теряемую солнцем за счет излучения за это время. Ответ: 5800К; $3,9 \cdot 10^{26}$ Дж; $4,3 \cdot 10^9$ кг.

8.10. Определите силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоке диаметром 0,2 мм (удельное сопротивление $6,4 \cdot 10^{-7}$ Ом·м) температура которой в вакууме поддерживается равной 2800К. Поверхность проволоки считать серой с поглощательной способностью 0,343. В какой области спектра лежит длина волны, приходящаяся на максимум энергетической светимости проволоки? Ответ: 6 А; ИК.

8.11. Поверхность тела первоначально была нагрета до 1000К. За тем одна половина поверхности тела нагревается на 500 К, а другая охлаждается на 500 К. Во сколько раз изменится мощность излучения всей поверхности тела? Ответ: 2,56.

8.12. Определить полную мощность теплового излучения Земли и длину волны, соответствующую максимуму ее излучения. Считать Землю абсолютно черным телом с температурой поверхности 7^0C . Ответ: $2,1 \cdot 10^{18}$ Вт; 10,4 мкм.

8.13. Одна из самых ярких звезд на небе – Вега- имеет радиус в три раза больше солнечного, а максимум ее излучательной способности приходится на длину волны 305 нм. Во сколько раз мощность излучения Веги превосходит мощность излучения Солнца? Температуру поверхности Солнца считать равной 5800К. Ответ: 65.

8.14. Вольфрамовая нить накаливается в вакууме током с силой 1А до 1000 К. Какая сила тока понадобится для разогрева этой нити до температуры 3000 К ? Считать, что при этих температурах коэффициенты поглощения поверхности вольфрама соответственно равны 0,115 и 0,334, а удельные сопротивления $25,7 \cdot 10^{-8}$ и $96,2 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Как в результате нагревания изменится длина волны, на которую приходится максимум энергии теплового излучения нити? Ответ: 7,9 А; от 2,9 до 0,97 мкм.

8.15. Какую энергию излучает в течение суток каменное здание с поверхностью общей площадью 1000 м^2 , если температура наружной поверхности 0^0C ? Поглощательная способность поверхности равна 0,8. В какой области спектра излучает здание? Какую сумму денег придется заплатить за потребленную энергию, если внутренних обогрев здания осуществляется только электроэнергией ? Ответ: 21,8 ГДж; ИК.

8.16. Солнечная постоянная для Земли (энергия излучения Солнца, падающая на единицу поверхности в перпендикулярном направлении в

единицу времени на орбите Земли) равна $1,4 \text{ кВт/м}^2$. Найдите по этой величине: 1) температуру Солнца, 2) длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности Солнца, 3) мощность излучения Солнца. Ответ: 5800 К ; $0,5 \text{ мкм}$; $3,9 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

8.17. Вольфрамовый черный шарик радиусом 2 см нагревается размещенной внутри него электрической спиралью. Какую мощность имеет эта спираль, если на расстоянии 1 м от шарика зафиксирован поток излучения $88,6 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^2$? Какова температура поверхности шарика? На какую длину волны приходится максимум энергии излучения шарика? Ответ: $1,1 \text{ кВт}$; 1400 К ; $2,1 \text{ мкм}$.

8.18. Отверстие в стенке мартеновской печи площадью 20 см^2 излучает так, что максимум его энергетической светимости приходится на длину волны $1,45 \text{ мкм}$. Какой тепловой поток создает это отверстие на расстоянии $1,5 \text{ м}$? Ответ: 128 Вт/м^2 .

8.19. В спектре излучения огненного шара радиусом 100 м , возни кающего при ядерном взрыве, максимум энергии излучения приходится на длину волны $0,289 \text{ мкм}$. Какова температура шара? Определите максимальное расстояние, на котором будут воспламеняться деревянные предметы, если их поглощательная способность равна $0,7$, а теплота воспламенения 5 Дж/см^2 . Время излучения принять равным 10^{-2} с . Ответ: 10^4 К ; 1070 м .

8.20. Диаметр вольфрамовой спирали в сороковаттной электрической лампочке $0,33 \text{ мм}$, а ее длина 5 см . Найдите температуру спирали. Считать, что вся выделяющаяся в спирали энергия теряется в результате излучения, а коэффициент поглощения поверхности равен $0,31$. В какой области спектра преимущественно излучает лампочка? Ответ: 2600 К ; ИК.

8.21. Звезда Вега имеет радиус $2,1 \cdot 10^9 \text{ м}$, а максимум ее энергетической светимости приходится на длину волны $0,305 \text{ мкм}$. На каком расстоянии от этой звезды должна вращаться планета, чтобы падающий на нее поток излучения был таким же, как для Земли в солнечной системе ($1,4 \text{ кВт/м}^2$)? Во сколько раз это расстояние больше, чем расстояние от Солнца до Земли? Ответ: 1200 млн км ; 8 .

8.22. Можно считать, что Солнце – это абсолютно черное тело, у которого максимум излучательной способности приходится на длину волны $0,5 \text{ мкм}$. Какую равновесную температуру будет иметь тонкая черная пластинка, нагреваемая от солнечного излучения установленная перпендикулярно падающим лучам в вакууме на расстоянии от солнца равном радиусу орбиты 1) Меркурия, 2) Земли, 3) Марса? Ответ: 535 К ; 333 К ; 270 К .

8.23. В вакууме находятся сильно разогретый шар радиусом 5 см и на расстоянии 2 м от его центра небольшой зачерненный кубик, расположенный так, что одна из его граней перпендикулярна падающему

от шара излучению. Установившаяся температура кубика равна 202К. Считая, что нагрев кубика обусловлен только падающим на него излучением от шара, найти температуру последнего. На какую длину волны приходится максимум энергии излучения шара? Шар считать абсолютно черным телом. Ответ: 2000 К; 1,45 мкм.