

Примерно решение на задачата на броя**Иля Петров**

ЗАДАЧА: Оценете за колко време температурата на гол космонавт с тегло около 70 kg и ефективна площ 2 m² ще стане 0°C, ако той се намира на голямо разстояние от звездите. Приема се, че тялото на космонавта е съставено изцяло от вода. Посочете главната причина, за да се случи това.

РЕШЕНИЕ: Теплопроводимостта на вакуума е нула, но, от друга страна, той е абсолютно прозрачен за електромагнитните вълни. Далече от звездите космосът е запълнен с реликтовото лъчение, което има температура около 2.7 K – стойност, която е нищожно малка, за да се компенсират топлинните загуби, които търпи космонавта.

Съгласно със закона на Стефан–Болцман всяко тяло излъчва енергия с мощност

$$P = \varepsilon \sigma S T^4, \quad (1)$$

където T е температурата на тялото (в келвини), $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$, S – площта на излъчващата повърхност, ε – неговата емисивност (за абсолютно черно тяло $\varepsilon = 1$, за изолирано тяло – космонавтът е в скафандр, $\varepsilon = 0$). Емисивността (излъчвателната способност) изобщо е функция на дължината на излъчваната електромагнитна вълна, но доколкото поставената задача е да се направи оценка, то може да се приеме $\varepsilon = \text{const}$, например $\varepsilon = 0.9$.

Количеството енергия, която ще излъчи тялото на космонавта за време Δt , при което температурата му се променя от $T_0 = 309.75 \text{ K}$ (температурата на човешкото тяло в нормални условия е 36.6°C) на $T_1 = 273.15 \text{ K}$ (0°C) може да оценим като

$$\Delta Q = P_{\text{cp}} \Delta t = \frac{1}{2} [P(T_0) + P(T_1)] \Delta t. \quad (2)$$

От друга страна, изменението на топлинната енергия може да се изчисли, като се ползва дефиницията за специфична топлина (в частност на калория). Приемането, че космонавтът се състои от вода, позволява да се напише

$$\Delta Q = cm(T_0 - T_1), \quad (3)$$

където $c = 4179.6 \text{ J}/(\text{kg K})$ – специфична топлина на водата; $m = 70 \text{ kg}$ – масата на космонавта.

Приравнявайки десните страни на уравненията (2) и (3), окончателно се получава

$$\Delta t = \frac{cm(T_0 - T_1)}{\frac{1}{2}[P(T_0) + P(T_1)]}. \quad (4)$$

Замествайки числените стойности на величините в (4), се стига до следна оценка:

Телесната температура на космонавта става 0°C след около 3 часа.

Забележка 1. В горните разсъждения не е отчетено изпаряването на влага от кожата – процес, който усилва (забързва) охлаждането.

Забележка 2. Друг неотчетен факт е, че хората са топлинни машини. Ако се приеме, че човек консумира дневно около 2500 kcal, съответната мощност е 120 W, докато мощността на излъчваната енергия е 900 W (вж. (1)). От своя страна околната среда осигурява при 25°C около 850 W и недостигащите 50 W лесно се компенсират. В космоса, където температурата е само 2.7 K, нещата стоят по съвсем друг начин и без скафандър, отразяващ топлинното лъчение, космонавтът едва ли ще живее дълго (Изразът (4), пресметнат за 32°C – температурата, при която човек губи съзнание, му дава около 20 минути.).