

# The Last Question

Isaac Asimov

1. lipnja 2020.

## Abstract

This paper deals with various types of entropy, with special regards to robots, the question of life, universe, and everything.

## 1 Uvod u entropiju

### 1.1 Termodinamički sustavi

Termodinamički sustav jest fizikalni sustav u kojem nastaju međusobne pretvorbe topline i drugih oblika energije te time izazvane promjene ovisne o promjenama temperature. Teorijski se razlikuju:

- **izolirani termodinamički sustav**, u kojem zatvorena tvar nema mogućnost izmjene ni tvari ni energije s okolinom
- **zatvoreni termodinamički sustav**, u kojem je moguća samo izmjena energije s okolinom, pa s time i promjene volumena, tlaka i temperature, ali količina je tvari nepromjenljiva
- **otvoreni termodinamički sustav**, u kojem je moguća izmjena tvari i energije s okolinom.

Poznata su tri zakona termodinamike:

1. *prvi zakon termodinamike* - zakon o očuvanju energije
2. *drugi zakon termodinamike* - entropija svemira uvijek raste
3. *treći zakon termodinamike* - zatvoreni sustavi u termodinamičkoj ravnoteži

## 1.2 Prvi zakon termodinamike

Prvi zakon termodinamike izveo je H. L. F. von Helmholtz (1847.)<sup>1</sup> Prema tom je zakonu zbroj količina topline i mehaničkoga rada u zatvorenom sustavu stalan, odnosno, promjena u unutrašnjoj energiji jednaka je dodanoj toplini minus rad sustava:  $\Delta U = E^{total} = Q - W$ .

## 1.3 Drugi zakon termodinamike

Drugi zakon termodinamike upućuje na smjer u kojem se odvija pretvorba toplinske energije u mehaničku. Za sustav temperature  $T$ , u kojem se nalazi ukupna količina topline  $Q$ , entropija  $S$  izražava se kao:  $S = \frac{Q}{T}$

## 1.4 Treći zakon termodinamike

Treći zakon termodinamike postavka je prema kojoj je entropija sustava pri apsolutnoj nuli temperature jednaka nuli, ako se sustav nalazi u svojem najnižem energetsom stanju. Entropija velikoga sustava definira se kao  $S - S_0 = k_b \ln \Omega$ .

---

<sup>1</sup>Na temelju Jouleovih i Carnotovih radova.