

МАТЕМАТИКАТА НА ИДНИНАТА – ПАТУВАЊЕ СО НАТСВЕТЛИНСКИ БРЗИНИ

Моника Пешевска ¹

Александар Ѓурчиновски ¹

Движењето е карактеристика на телата во природата и воопшто на сè што постои во Вселената. Од најпростите праволиниски движења на телата врз кои не дејствуваат надворешни сили, па сè до сложените хаотични движења во системите од три или повеќе тела, човекот се сретнал со најразлични движења и пробал истите да ги опише и предвиди. Сепак, досега човекот не детектирал честичка која се движи со брзина поголема од онаа на светлината. Всушност, научно е познато дека најбрзото нешто во природата се фотоните. Светлината се движи со брзина од $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$. Тоа значи дека еден фотон создаден во реакцијата на фузија во Сонцето го минува патот до Земјата (околу $150\,000\,000\text{ km}$) за околу 8 минути и 17 секунди. Или, пак, тоа значи дека светлината од Големиот Магеланов облак го минува патот до Млечниот пат за околу 160 000 години (или тоа би било околу 58 440 000 дена). Прашањето дали може една честичка со маса на мирување (поинаква од фотоните коишто немаат маса на мирување) да се движи со брзина поголема од брзината на светлината е прашање чиј одговор теориски го дава теоријата на релативност на Ајнштајн. Во физиката, точноста на физичките теории е секогаш одредена од експериментите, односно рамките на применливоста на некоја теорија е определена од опсегот на параметрите на експериментите со кои таа се согласува. Како теорија со многубројни експериментални потврди во рамките на прецизноста на експериментите коишто се направени досега од човештвото, Ајнштајновата теорија на релативност е таа што ги надвладае сите алтернативни теории во опишувањето на резултатите од експериментите. Од теоријата на релативност произлегува дека масата која ја има едно тело е поврзана со енергијата преку веројатно најпознатата равенка во физиката:

$$E = mc^2 \tag{1}$$

Пред да ја анализираме оваа релација, ќе ја разгледаме механичката енергија која ја има едно тело. Неа ја сочинуваат кинетичката енергија на тоа тело (тоа е енергијата која ја има телото кога е во

движење) и потенцијалната енергија E_p (едно тело има потенцијална енергија доколку се наоѓа во одредено потенцијално поле):

$$E = \frac{mv^2}{2} + E_p \quad (2)$$

За поедноставување на (2) ќе земеме случај кога $E_p = 0$. Во тој случај, вкупната енергија на телото е еднаква на кинетичката енергија на телото којашто е право пропорционална со квадратот на брзината на тоа тело. Во екстреман случај, одбираме телото да се движи со бесконечно голема брзина, т.е. $v \rightarrow \infty$, што всушност би значело дека ја надминува брзината на светлината. И тоа значи дека кинетичката енергија на телото исто така тежнее кон бескрај. Сега се враќаме на формулата на Ајнштајн и вршиме споредба. Доколку телото има само кинетичка енергија, тогаш $E \rightarrow \infty$, па од левата страна на равенката имаме бесконечност. За точност на равенката потребно е да имаме бесконечност и на десната страна, а бидејќи знаеме дека брзината на светлината има конечна вредност, следува дека масата при движење на телото е таа којашто тежнее кон бесконечност. Овој податок ни кажува дека: како што брзината на телото се зголемува, така неговото понатамошно забрзување станува сè потешко изводливо бидејќи се забрзува тело што има поголема маса, односно инерција. Надворешни сили го забрзуваат телото, но достигнувањето на сè поголеми и поголеми брзини бара дејство од сè поголеми и поголеми сили. За достигнувањето на големи брзини потребни се многу моќни акцелератори. Барем денес човековата цивилизација ја нема можноста за достигнување на брзини поголеми од брзината на светлината, односно за пробивање на таканаречената „светлинска бариера“, поради инерцијата. Не постои ниту материја ниту антиматерија која е „недопирлива“ за инерцијата ([1]).

И покрај наведените причини поради кои денес сметаме дека не е можно движење со натсветлосни брзини, сепак доволен е само еден експеримент за сето погоре напишано да се означи како погрешно. Иако досега со ниту еден експеримент научниците не успеале да забрзаат честичка со брзина поголема од онаа на светлината, тоа не значи дека тоа засекогаш ќе остане така. И како што постојат теории според кои движењето со натсветлосна брзина е нешто невозможно, така постојат и теории кои го покажуваат спротивното. Веројатно највпечатлива е теоријата за ворп-погон (warp drive) на мексиканскиот астрофизичар Мигел Алкубиере (Miguel Alcubierre).

Алкубиере е директор на Институтот за нуклеарни истражувања при Националниот автономен универзитет во Мексико. Докторирајќи на тема поврзана со општата теорија на релативност и работејќи на институтот „Макс Планк“ во Германија, тој во 1994 година ја предлага идејата за ворп-погонот испечатена во неговата статија под наслов: "The warp drive: hyper-fast travel within general relativity" која може да се најде бесплатно на интернет ([4]).

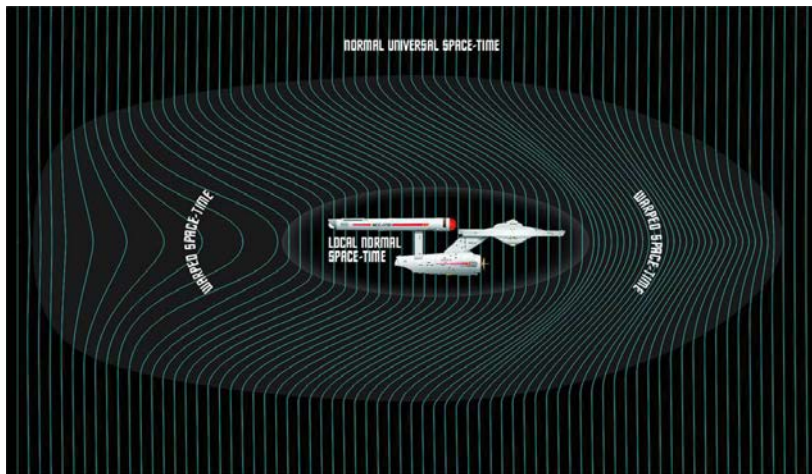
Главната идеја на Алкубиере тргнува од самиот поим на релативност. Кога велíme дека одредена честичка или вселенски брод се движи со одредена брзина, ние секако вршíme мерења според кои го утврдуваме тоа. Податокот е добиен релативно во однос на нас, односно ние го претставуваме референтниот систем во кој што важи измерената вредност. Извршените мерења и резултати важат за нашиот систем и тие не мора да се идентични со резултатите добиени во некој друг систем. Тоа можеме да го разбереме преку најпознатиот пример во историјата на астрономијата: во однос на набљудувач кој се наоѓа на Земјата привидно изгледа дека Сонцето, планетите и речиси сите небесни тела видливи на небото се движат околу Земјата. Доколку ја напуштíme Земјата, односно излеземе од системот во кој важи претходната информација, ќе забележíme дека ниту Сонцето, ниту, пак, кое било друго тело, освен Месечината и неколку астероиди, не орбитираат околу Земјата. Земјата е таа која орбитира околу Сонцето, а заедно со Сонцето, околу центарот на галаксијата Млечен пат. Не можеме да ги „обвиниме“ првите астрономи за нивното верување дека небесните тела орбитираат околу Земјата. Едноставно сите мерења им укажувале на тоа, бидејќи и тие самите се наоѓале во систем кој се движи, односно се наоѓале на Земјата која како тело ротира околу сопствената оска и околу Сонцето. Овој пример сведочи за различноста во резултатите при мерењата на една иста појава, извршени во два различни референтни системи.

Денес се извршени голем број мерења со цел да се утврди како се менува брзината на светлината при нејзино мерење од различни системи. Се покажало дека без разлика дали брзината на светлината ја мери инструмент кој патува со 10 km/h , или, пак, инструмент кој патува со $0,8c$, и двата инструменти ќе утврдат идентична вредност за брзината на светлината. Мерењето од различни системи не ја менува нејзината детектирана брзина, но останатите величини кои го опишуваат движењето на даденото тело ќе бидат променливи. Ќе

се менува времето, ќе се менува и просторот, но брзината на светлината ќе ја задржи својата вредност. Ова е вториот постулат на Специјалната теорија на релативност. Но, веќе не можеме да зборуваме за движење само во просторот и апсолутност во времето, туку веќе имаме една целина, единство кое никако не можеме да го разделиме: простор-времето. Телата во универзумот постојат во простор-времето и се движат во таа целина. И како што човекот денес може точно да одреди како ќе се движи едно тело доколку ја знае неговата брзина и почетна положба, така биле дадени и равенки со кои се опишува движењето на телата во простор-времето. Наједноставното простор-време е т.н. рамно простор-време во кое не постои материја и тоа е опишано со равенствата развиени од професорот на Ајнштајн, математичарот Херман Минковски (Hermann Minkowski). Ваквото простор-време е една идеализација која реално не постои. Метриката на рамното простор-време е дадена со релацијата:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2 \quad (3)$$

Постоењето на материја и/или енергија во простор-времето влијае врз него на таков начин што го закривува. Всушност, под закривено простор-време се подразбира било кое простор-време во кое движењето отстапува од она опишано со метриката на Минковски. Алкубиере теоретски успеал да покаже дека токму закривувањето на простор-времето може да претставува клуч за движење со надсветлински брзини. За сфаќање на идејата на Алкубиере прво треба да се замисли простор-времето како средина која може да се менува, да се истегнува и компресира, како што може да се истегне или збие гума, односно да се замисли како средина врз која може да се влијае ([3]). Сега можеме да го претставиме самиот процес: во простор-времето се наоѓа вселенски брод. Со самото свое присуство вселенскиот брод го закривува простор-времето, но ние сакаме дополнително да го закривиме и тоа да го закривиме на начин што нам ни одговара. За таа цел, простор-времето зад вселенскиот брод се растегнува, додека простор-времето пред вселенскиот брод се збива (собира). Тоа е налик на процесот на насмевнување – кожата околу усните ви се растегнува, но затоа околу очите се собира. Процесот на промена на простор-времето на претходно опишаниот начин, е даден на Слика 1:



Слика 1. Закривување на околиното простор-време на вселенскиот брод.

Релацијата за метриката во ова изменето простор-време е:

$$ds^2 = -dt^2 + (dx - v_s f(r_s) dt)^2 + dy^2 + dz^2 \quad (4)$$

при што се зема дека телото се движи долж x -оската. Притоа,

$$v_s(t) = \frac{dx_s(t)}{dt} \quad (5)$$

и радиус векторот $r_s(t)$ со почеток во центарот на бродот:

$$r_s(t) = \left[(x - x_s(t))^2 + y^2 + z^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

Функцијата $f(r_s)$ е ограничена функција која е дадена со релацијата:

$$f(r_s) = \frac{\tanh(\sigma(r_s+R)) - \tanh(\sigma(r_s-R))}{2 \tanh(\sigma R)} \quad (7)$$

при што $R > 0$ и $\sigma > 0$ се произволни параметри. Дека функцијата навистина е ограничена, можеме да видиме преку вредноста на параметарот σ : доколку $\sigma \rightarrow \infty$; тогаш функцијата преминува во така наречената „top hat“ функција:

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} f(r_s) = \begin{cases} 1, & \text{за } r_s \in [-R, R] \\ 0, & \text{за останати вредности} \end{cases} \quad (8)$$

Дополнителната математичка анализа на овие релации овозможува да откриеме што се случува со простор-времето каде што се наоѓа самиот вселенски брод ([4]). Поентата на овој процес е токму ова простор-време да остане целосно неизменето (незакривено) внатре

во бродот, бидејќи на тој начин екипажот во бродот нема да биде изложен на дополнителни промени во времето и просторот и времето кое тие ќе го мерат ќе биде идентично со времето кое што ќе го мери еден набљудувач кој го гледа целиот овој процес од страна. Исто така, тие нема да бидат изложени на инерцијалните сили кои се својствени за сите тела, без разлика дали истите се изградени од материја или антиматерија. Откако ќе го закривиме на овој начин простор-времето, тоа почнува да го движи вселенскиот брод. Сепак на овој начин вселенскиот брод всушност не се движи: простор-времето е тоа кое што го движи бродот и му влијае да ја менува својата положба. Ова движење под дејство на самото простор-време овозможува уникатни резултати за набљудувачот кој го набљудува овој процес на закривување на простор-времето: тој забележува дека во однос на неговиот систем, вака придвижениот вселенски брод може се движи со брзина многупати поголема од онаа на светлината! На овој начин ние ниту го забрзуваме вселенскиот брод ниту, пак, луѓето во него ќе може да трпат негативни последици поради инерцијата. Како за сè да се „грижи“ простор-времето, а ние имаме безбедно патување низ него. Секако, доколку сè е толку едноставно и не бара огромни забрзувања, односно нема опасности по екипажот, зошто досега не сме го проучиле барем Млечниот пат со помош на погонот на Алкубиере?

При опишувањето на збивањето и оптегнувањето на простор-времето не беше опишан самиот начин на кој тоа се случува. Менувањето на простор-времето ни е од голема корист, но за луѓето воопшто да можат да го менуваат простор-времето мора да употребат малку поинаква материја од онаа која ја познаваме; потребна им е таканаречена *егзотична материја*. Причината поради која таа е наречена егзотична материја е бидејќи има карактеристики кои ја одвојуваат од материјата која ние ја познаваме: кај материјата два истоимени полнежи се одбиваат, додека два разноимени полнежи се привлекуваат, додека кај егзотичната материја теориски се добива дека важи токму обратното: истоимените честички се привлекуваат, додека разноимените честички се одбиваат. Исто така, ако за материјата важи вториот Њутнов закон во обликот: $F = ma$, за егзотичната материја вториот Њутнов закон важи, но во следниот облик: $F = -ma$, што всушност би значело дека телата се придвижуваат во насока спротивна од онаа на забрзувањето. Со други зборови, тоа би значело дека ако имате топка од егзотична материја кога

ќе ја шутнете напред, таа наместо напред, би се придвижила назад. Во егзотична материја спаѓа и *негативната материја* и *негативната енергија*. Секако, барем денес не можеме да зборуваме за минус два килограми јаболка. Но, токму овој тип енергија би овозможил закривување на простор-времето на начин што нам би ни одговарал. Добиени математички, овие величини „чекаат“ да видат дали ќе бидат прифатени како реалистични или, пак, ќе останат физичка интерпретација на математички резултат. Ако се покаже дека човекот може да создаде негативна материја, тогаш ќе се отвори пат за експериментално тестирање на теоријата на Алкубиере, а со тоа и тестирање на движењата со брзини поголеми од брзината на светлината ([2]).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lawrence M. Krauss, *The physics of Star Trek*, Flamingo, 1997.
- [2] Stephen Hawking, *The universe in a nutshell*, Bantam Books, 2001.
- [3] A. DeBenedictis, "The physics and mathematics of warp drive" <http://www.sfu.ca/~adebened/funstuff/warpdrive.html>
- [4] M. Alcubierre, The warp drive: hyper-fast drive within general relativity, *Class. Quantum Grav.* 11, (1994) L73-L77. <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0009013>

¹ Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје
Природно-математички факултет,
Институт за физика
ул. Архимедова 3, 1000 Скопје, Р. Македонија
e-mail: monika.pesevska@gmail.com
e-mail: aleksandar.gjurchinovski@gmail.com

Примен: 8.04.2017
Поправен: 24.04.2017
Одобрен: 26.04.2017