

## ОД ЈЕДИНСТВА ЕЛЕМЕНАТА ПРИРОДЕ КОД ЕМПЕДОКЛА ДО УНИФИЦИРАНЕ ТЕОРИЈЕ СВЕГА У МОДЕРНОЈ ФИЗИЦИ

ЕВАНГЕЛИЈА ПАНУ<sup>1</sup>, КОНСТАНТИН КАЛАХАНИС<sup>1</sup>,  
ЕВСТРАТИЈЕ ТЕОДОСИЈУ<sup>1</sup>, ЈОАНИС КОСТИКАС<sup>1</sup>,  
ВАСИЛИЈЕ Н. МАНИМАНИС<sup>1</sup>, МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЋ<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>National and Kapodistrian University of Athens, School of Physics, Department of Astrophysics, Astronomy and Mechanics, Panepistimiopolis, Zographos 15784, Athens, Greece*

*<sup>2</sup>Астрономска Опсерваторија, Волгина 7, 11060 Београд, Србија*

**Резиме:** Емпедокле није само разматрао постојање четири „класична“ елемента као узрок настанка света, него је такође подржао и став о њиховом сједињавању, што за последицу има стварање имагинарног света Сфере. Према Емпедоклу, универзум је постојао у стању Сфере пре експлицитног присуства четири елемента и био је узрок стварању свега. Штавише, природа Сфере сматрала се супериорном у односу на четири елемента. Данас, истраживачи у физици честица граде акцелераторе који не само да могу да изводе сударе честица при високим енергијама, него такође доприносе откривању нових честица. Оваква истраживања довела су до рада на теоријама велике унификације, помоћу којих би се могао описати цео Универзум. Физичари сматрају да су четири силе у природи у почетку биле унифициране, а затим активирани због постојања поремећаја, који је створио наш универзум.

Овде је размотрена Емпедоклова теорија о основним елементима природе и њиховом настанку, као и модеран поглед на свет елементарних честица са њиховим основним интеракцијама, чија ће унификација допринети формулисању „теорије свега“. Сумиране су додирне тачке модерних теорија са Емпедокловом и закључено да како његова филозофија, тако и модерна научна истраживања настоје да открију и истраже јединство у основи света природе, неперцептивној за људска чула.

### 1. УВОД

Емпедокле, један од главних интелектуалаца пресократовске филозофске мисли, рођен је у Агригентуму (Акрагас), на Сицилији, око 495. пре нове ере, у породици више класе, а умро на Пелопонезу око 435. пре нове ере. Његова породица је успела да спречи групу аристократа да свргну режим.

Према Диогену Лаертију, Емпедокле је био ученик Питагоре, из чије је школе био протеран због оптужбе за плагијат (Diogenes Laërtius, *Vitae Philosophorum*, VIII, 54). Емпедоклов филозофски систем је заснован на комбинацији пресократовске мисли – посебно Хераклитовског погледа на стални проток, и кретање бића - са елеатским погледима на свет као израз статичког "бића" (*εἶναι*) (Theodossiou 2007: 81). Главни Емпедоклов рад се састоји од два текста у укупном износу од 5.000 стихова, од којих је око 550 дошло до нас: 1) *О природи*, где је изложена теорија о четири елемента, и 2) *Очишћења*, рад о души. Поред тога, он је аутор *Медицинског говора* од 600 стихова (Diogenes Laërtius, *Vitae Philosophorum*, VIII, 77). Емпедокле је добро познат по својој теорији да је свет настао из четири *rhizōmata* (Ватре, Ваздуха, Воде и Земље). Занимљивост његовог учења је веровање у постојање јединства између основних елемената у свету. У односу на то, модерна квантна физика и високо-технолошки системи, као што су акцелератори честица, доказали су постојање елементарних градивних блокова материје, који дејствују између себе преко четири основне силе или "интеракције". Велики изазов за модерну физику је уједињење ових сила у циљу приближавања основном јединству природног света.

У овом раду се најпре разматра Емпедоклова теорија о основним елементима природе, а затим њихово сједињење, које доводи до стања Сфере. Надаље је описан модеран поглед на свет елементарних честица са њиховим основним интеракцијама, чија ће унификација допринети формулисању „теорије свега“. Коначно, наглашена је заједничка основа ова два погледа на свет, пошто изгледа да је идеја о јединству природног света описана како у филозофији тако и у модерној физици.

## 2. КЛАСИЧНИ ФУНДАМЕНТАЛНИ ЕЛЕМЕНТИ УНИВЕРЗУМА: „КОРЕНИ“

Значајан допринос пресократовских филозофа како науци тако и филозофији, је у њиховом покушају да пронађу разлоге за постојање бића, тражећи законе који изазивају природне феномене. Током раног периода, грчка мисао (Орфеј, Хесиод) је симболизовала космичке силе путем митова, а касније, са јонским пресократовским филозофима, стигла је у фазу научне мисли. Према А. Комту (Comte), људска мисао прати три еволутивне фазе: теолошку, метафизичку и позитивистичку. Последњој фази, у којој почиње покушај да се природне појаве објасне на научни начин, припада напор пресократоваца да се утврди порекло света (Koutras 1995: 36). О овој теми, Аристотел пише да је потреба да постоје једно или више порекла (Aristotle, *Physica*: 184b, 15).

Једна од теорија које подржавају постојање више од једног порекла је Емпедоклова. Према његовим речима, порекла света могу се пратити уназад до четири елемента (или по његовој фразеологији) *rhizōmata* (корени): Земље, Воде, Ваздуха и Ватре, који су, према савременој евалуацији

Емпедоклове филозофије, "*Крајњи елементи материје, јер се не могу расчланити у једноставније*" (Makrygiannis 2000: 395). Фридрих Ниче напомиње о овој теми, да у Емпедокловим размишљањима постоје утицаји Анаксагоре, јер су за њега објекти "*само мешавина примарних елемената, али не више у бесконачном степену, него само од четири униформности*" (Nietzche, 1962: 135). Ово учење се налази како у античкој грчкој ("паганској") тако и у хришћанској филозофској мисли, што је чињеница која сведочи о његовом значају за утицај за каснију европску мисао и културу.

Доксограф Аеције помиње да Емпедокле приписује четири елемента четворици божанстава на следећи начин (Aetius, *De Plac.* 1,3,14 (DK 31 [21] B6):

Ватра, Ваздух, Земља, Вода.  
Зевс, Јунона, Ајдонеј, Нестис

Ипак, кореспонденција коју наводи Диоген Лаерције је друкчија (Diogenes Laërtius, *Vitae Philosophorum*, VIII, 76, 6-7):

Ватра, Ваздух, Земља, Вода.  
Зевс, Ајдонеј, Јунона, Нестис.

Иако у Емпедокловим списима елементи одговарају божанствима, Атенагора Атински (2. век), указује да четири елемента нису богови, него да је "*од материје коју је Бог раздвојио на делове њихов састав и порекло*" (Athenagoras, *Legatio and De Resurrectione*, 22, 2, 4). Дакле, када Емпедокле пише о елементима, у стварности он не мисли на богове, него на структурне елементе материје, које (вероватно из симболичних разлога) повезује са божанствима. Такву теорију о елементима подржава Јован Филопонус (490-570), према коме Емпедокле сматра њихова имена као симболична (Philoponus, *In Aristotelis De Anima*, 74, 11). Слично је и гледиште Климента Александријског, према коме су како варвари тако и Грци прикривали порекло материје и за њега користили симболе, метафоре и загонетке, управо како је радио и бог Аполон (чији је епитет *Loxias*) (Clement of Alexandria, *Stromateis*, V, 4, 21, 4, 1-5). Стога, се чини највероватнијим да Емпедокле са своја четири елемента пре симболично упућује на силе природе, него буквално на четири материјална конституента перцептибилна људским чулима. Савремени научници Кирк, Равен и Шофилд иду чак и даље, тврдећи да приписивање елемената божанствима има за циљ да укаже да су у стварности четири елемента неодређене силе природе (Kirk, Raven и Schofield, 1983: 294).

Од четири елемената, главно место је резервисано за Ватру, што је чињеница на коју указује Аристотелово помињање Емпедокла, према коме овај заправо третира елементе као два, односно с једне стране Ватра, а са друге остала три (Aristotle, *Physica*, 985a, 31-34). Неколико деценија после

Емпедокла, Платон је доделио главни значај не само Ватри, него и Земљи, сматрајући их основним елементима, док су истовремено Ваздух и Вода третирани као фактори хармоније између Ватре и Земље (Kalachanis, 2011: 107); хармоније (у смислу мирољубивог јединства и склада) постигнуте правим пропорцијама у мешању различитих елемената. Таква права пропорција може се изразити на следећи начин: Однос који постоји између Ватре и Ваздуха мора постојати између Ваздуха и Воде, и, сходно томе, мора бити исти између Воде и Земље.

Ватра/Ваздух = Ваздух/Вода = Вода/Земља

Оваква пропорција доприноси стварању хармоничног света/универзума, који не може да уништи никаква сила осим самог Творца (Plato, *Timaeus*, 31b-32c).

Значај који је Емпедокле приписивао Ватри био је такав, да је Хиполит Римски писао да су пресократовци описивали Бога као *“разумну ватру монада, и да се све ствари састоје од ватре те да ће бити разложене у ватри, са којим се мишљењем слажу стоици, очекујући пожар”* (Hippolytus, *Refutatio omnium Haeresium*, I 3).

Стога је елемент ватре пре свега божански, као носилац божанске енергије, али са друге стране она чини супстрат промена космичког система. Према горе наведеном Хиполитовом пасажу, стоици понављају Емпедоклеове ставове о пожару.

Укратко, централна идеја космичког система коју је предложио Емпедокле, је присуство четири основна конструктивна елемента материје, симболизованих са четири основна елемента, чије мешање и раздвајање доприносе стварању бића (Aetius, *De Plac.* I 30, 1 (B8) ).

### 3. ЈЕДИНСТВО ЕЛЕМЕНАТА – (СФЕРА)

Према Емпедоклу четири елемента нису статични. Они постоје под утицајем пара антагонистичких сила, односно Слоге (грчки: *philotes*, такође се помиње као Љубав) и Раздора (грчки: *neikos*, такође се помиње као Мржња). Ове моћи су у суштини фактори који изазивају мешање, варијације и комбинације елемената. Слога, која доприноси сједињавању четири елемента, производи савршен свет, за разлику од Раздора, који ремети ово јединство, производећи мноштво од једног (Hippolytus, *Refutatio omnium Haeresium*, 7,29,8- 7,29,9,2). Емпедокле у своме раду јасно упућује на размену јединства и диференцијације у природи (Simplicius, *In Aristotelis Physicorum* 158, 13-16), која се зове "Емпедоклов космички циклус" (Kirk, Raven и Schofield, 2001: 296). Између ова два стања, потпуне хармоније и потпуне диференцијације, Емпедокле ставља порекло бића, говорећи о два света, један „једињени, који се перципира разумом" и други "диференцирани, који се опажа чулима" (Georgoulis, 2000: 97).

Стање у коме преовлађује Слога и елементи света су сједињени, Емпедокле је назвао *Сфера*. Његове главне особине су следеће:

1. То је "квалитет без карактеристике", јер у њему сви елементи губе свој "специјални карактер" (Philoponus, *In De Generatione et Corruptione*, 19, 9-30). Симплиције штавише пише да, према Еудемусу, када "се сви заједно удружимо, онда ништа не може да се види, ни сунце, ни шумски живот на земљи, нити море. Тако кружна Сфера има подршку у густим недрима хармоније, радујући се у својој самоћи" [Simplicius, *In Aristotelis Physicorum* 1183, 28 (B27)]. Пошто Сфера нема квалитете, следи да се њена природа разликује од природе четири елемента.

2. Сфера је „свет који се може перципирати разумом“ и један „архетип“ света који је перцептибилан помоћу чула (*Ibid*, 31, 18-19). Следи да је Сфера „супериорнија“ од материјалног света, као његов архетип, и има менталну природу којој се не може приближити помоћу пет чула.

3. Сфера је „сама себи једнака“ (Hippolytus, *Refutatio omnium Haeresium* 7, 29, 13.), својство сигурно повезано са сферним обликом; сходно томе, Сфера треба да се карактерише униформношћу и симетријом у сваком погледу.

4. Према Симплицију, Емпедокле узноси Сферу као бога (Simplicius, *In Libros Aristotelis De Anima* 70, 17), што је чињеница која противречи његовој уништивој природи услед ремећења изазваног Раздором. У другом извору (Амоније) се помиње да, према Емпедоклу, постоји разлог "изнад разума" именован као „свети дух“. У том контексту, разоривост Сфере не негира присуство божанског елемента у космичком саставу (Ammonius, *in Aristotelis De Interpretatione Commentarius* 249, 9).

Пошто Сфера није бог због оштећења изазваног Раздором, може добро да симболизује стање између Бога (Творца) и космичке креације, које се карактерише симетријом, савршеношћу и трансцендентном природом у поређењу са четири елемента. Према томе, на основу Емпедоклове теорије, универзум треба да прође кроз стање савршенства и симетрије, пре него што поприми облик који се може осетити људским чулима.

Ово стање савршенства универзума не траје заувек, пошто Раздор делује на разарајући начин, што доводи до стања које је Емпедокле назвао '*acosmia*' (Empedocles DK B 27, 4). Смењивање фаза Слоге и Раздора се заснива на завету, чињеници која означава постојање неприкосновене природног закона, који регулише поремећаје и уједињење елемената (Aristotle *Metaphysics*, 1000b, 14-15 (DK 31[21] B 30) ). Када Раздор делује, одвија се кретање, које започиње раздвајање елемената. Тачније, "када је Раздор досегао дубину вртлог и Слога се појавила у средини вртлога, све је кренуло да се сједини и постане једно, не одједном, већ спајањем по вољи. Из њиховог спајања је поникло, хиљаде народа смртника. А многи, који нису спојени су наизменично у спајању са другима: то су били они које држи Раздор, јер се није повукао до крајњих граница круга, већ је остао на другим локацијама, а напустио друга места. Бежао је, прогањан од бесмртног

импулса Слоге. Затим су постала смртна, она бића која су раније била бесмртна ... " (Simplicius *In Aristotelis De Caelo* 529, 1-15).

Овај пасус указује да је стварању почетне смеше, карактерисане непрекидним кретањем, допринео вртлог. Алцепти то углавном сигнализира промену стања бића из бесмртности у смртност, заокрет који се може тумачити као прелз света из стања неперцептивности у стање које се опажа чулима.

Пошто се формирао вртлог, најпре се појавио Ваздух, затим Ватра, а после њих и Земља. Из елемента Земље, компресованог непрекидном ротацијом, шикнула је Вода (Aetius *De Plac.* II, 6, 3 (DK 31a 49)). Друга фаза Емпедоклове космогоније одговара стварању чулног или видљивог света, у коме се истиче присуство Сунца: Сунце је прво које се одвојило од мешавине. Након тога, појавили су се "сви остали видљиви ентитети, земљиште, море са многим таласима, влажан ваздух и титански етер, који кружно притиска све" (Clement of Alexandria *Stromateis*, V, 8, 43, 3, 3). Аеције нуди још једну верзију за стварање чулног света, по којој је "од испаравања воде настао ваздух, сунце потиче од ватре а земаљска тела од остатка "[Aetius *De Plac.* II, 6, 3 (DK 31a 49)].

Из овог излагања може се закључити да основни елементи света (Ватра, Ваздух, Вода, Земља) потичу из стања недоступног чулима (Sphaerus), које је разорила и разложила моћ Раздора.

#### 4. МОДЕРНА ФИЗИКА О ФУНДАМЕНТАЛНИМ СИЛАМА ПРИРОДЕ

Потпомогнути импресивним технолошким напретком и формулисањем научне теорије квантне физике, физичари, проучавају фундаменталну структуру материје. Најосновније честице материје које су откривене до сада су *кваркови* ( $q$ ) и лептони, основне компоненте универзума према нашим сазнањима. Елементарне честице се даље класификују на основу њиховог квантног спинског броја, као бозони и фермиони (Burcham и Jobes, 1995: 224).

У зависности од њиховог нивоа композитне структуре, елементарне честице се такође сврставају у хадроне и лептоне. Хадрони се састоје од кваркова које заједно држи јака нуклеарна сила. У зависности од броја кваркова које садрже, хадрони се деле на барионе и мезоне. Бариони ( $qqq$ ) садрже 3 кварка, а мезони ( $q\bar{q}$ ) један кварк и један анти-кварк (анти-кварк има исту масу као кварк, али супротно наелектрисање). Лептони су лакше честице а бариони теже.

Модел кваркова су независно предложили физичари Мареј Гел-Ман и Георг Звајг 1964 (Griffiths 2008: 37-43). Георг Звајг је ове честице назвао *асови*, а Мареј Гел-Ман им је дао име *кваркови*, на основу романа *Finnegans Wake* од Џејмса Џојса ('Three quarks for Muster Mark!', књ. 2, епизода 4).

Класификација честица према елементарној структури			Класификација честица на основу квантног спина	
Честица	Симбол		Честица	
<b>Фотон</b>	Г		Фермион	Бозон
<b>Лептони</b>	Електрон	$e^-$		
	Електронски неутрино	$\nu_e$		
	Мион	$\mu^-$		
	Мионски неутрино	$\nu_\mu$		
	Тау	$\tau^-$		
	Тау неутрино	$\nu_\tau$		
<b>Хадрони</b>	Бариони	Протон	P	
		Неутрон	N	
		Ламбда	$\Lambda^0$	
		Сигма	$\Sigma^0, \Sigma^\pm$	
		Кси	$\Xi^0, \Xi^-$	
		Омега	$\Omega^-$	
	Мезони	Пиони	$\pi^\pm, \pi^0$	
		Каони	$K^\pm, K^0_s, K^0_L$	
		Ета	$\eta^0$	

Има 6 врста кваркова: u (up-кварк), d (down-кварк), s (strange-кварк), c (charm-кварк), t (top-кварк) и b (bottom-кварк). Структуре протона и неутрона, две честице које садрже језгра атома, су (*uud*) и (*udd*). Другим речима, протон је барион који садржи два ‘up кварка’ и један ‘down кварк’, док је неутрон барион који садржи један up кварк и два down кварка (Burcham и Jobes, 1995: 232).

Пошто кваркови исте врсте не могу да коегзистирају, уведен је још један квантни број: ‘боја’ (нема никакве везе са уобичајеним значењем ове речи). Има само три такве ‘боје’: црвена (red - R), зелена (green - G) и плава (blue - B). Сваки барион садржи један R, један G и један B кварк, тако да је као целина ‘безбојан’ (Burcham и Jobes, 1995: 233).

Напор да се идентификују све елементарне честице као једини састојци свих тела у космосу, веома је значајан. Међутим, такође је важно да се утврди које силе су довеле до формирања првих једноставних структура и касније, до производње сложенијих ентитета: од протона и неутрона до језгара, атома и молекула, који чине микроскопски свет. У каснијим фазама, ове структуре се комбинују да би настале звезде, планете и жива бића (Chrysis, 1996: 118).

Од 1950, структура и појаве у свету су описани као резултат постојања четири основне интеракције или *силе* а то су: гравитација или гравитациона

сила (G), електромагнетна сила (E), јака [нуклеарна] сила (S) и слаба [нуклеарна] сила (W). Свака сила делује помоћу размене честице која се зове *носиоц* те силе, и у потпуности одређује природу интеракције (Panos 2000: 17). Кратак опис четири интеракције поређане по растућој јачини је следећи:

1) Гравитациона сила (гравитација): Делује на све честице а њена величина је обрнуто пропорционална квадрату растојања ( $1/r^2$ ); Овакав однос физичари посматрају као „неограничен”. Носилац ове интеракције је гравитон. Постоје две, међусобно неспојиве, теорије за опис гравитације: Општа теорија релативности и квантна физика (или квантна механика). Њихово спајање у једну Квантну теорију гравитације још није постигнуто. Штавише, ни гравитон нити гравитациони таласи (предвиђање Опште теорије релативности) нису откривени, мада су научници сигурни да у природи постоје (Young 1994: 1305).

2) Слаба нуклеарна сила: Њен домет је реда величине протоновог радијуса ( $\sim 0,001$  fm), а носиоци су електрично неутралан  $Z^0$  бозон (маса  $91.2$  GeV/c<sup>2</sup>) и наелектрисани бозони  $W^\pm$  (маса  $80.4$  GeV/c<sup>2</sup>). Слаба сила делује на кваркове и лептоне (Perkins, 2000: 194), а њено деловање се запажа код радиоактивног бета распада, када се неутрони претварају у протоне и електроне, а емитују се и антинеутрини.

3) Електромагнетна сила: Њена величина је инверзно пропорционална квадрату растојања ( $1/r^2$ ), тако да има ‘бесконачни домет’. Носиоц је фотон ( $\gamma$ ), који има нулту масу мировања. Теорија која описује електромагнетну интеракцију је Квантна електродинамика (Quantum Electro Dynamics - QED). Ова сила делује на наелектрисане честице.

4) Јака нуклеарна сила: Делује само на хадроне и домет јој је величине атомског језгра ( $\leq 1$  fm). Носиоци јаке интеракције су осам глюона а теорија која је описује, позната је као Квантна хромодинамика (Quantum Chromo Dynamics - QCD) (Burcham и Jobes 1995: 234). Јака сила не разликује протоне и неутроне, т.ј. не зависи од наелектрисања и може бити привлачна или одбојна у зависности од растојања између нуклеона (Panos, 2000: 30-31).

## **5. ТЕОРИЈА ВЕЛИКЕ УНИФИКАЦИЈЕ (GRAND UNIFIED THEORY - GUT)**

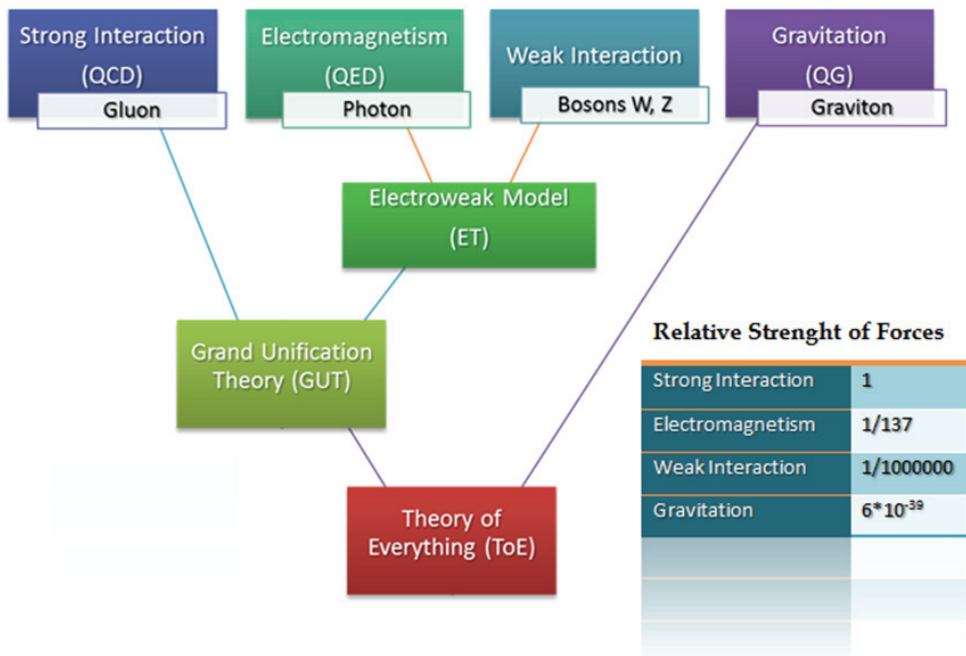
Други циљ физике је да формулише теорију способну да у потпуности описује свет уједињењем четири основне силе. У ствари, тренд унификације у физици, започео је пре једног и по века, са значајним успехом.

Шкотски теоријски физичар Џејмс Кларк Максвел, ујединио је математичке једначине које описују електричне и магнетске појаве (1861-1865), уводећи теорију електромагнетног поља, чиме је објединио електрицитет и магнетизам и њихове одговарајуће силе. Осим тога, кроз "Маквелове једначине", развијен је појам електромагнетних таласа и светлост је схваћена као такав талас, обједињујући оптику са електромагнетизмом (Young 1994: 919-936).



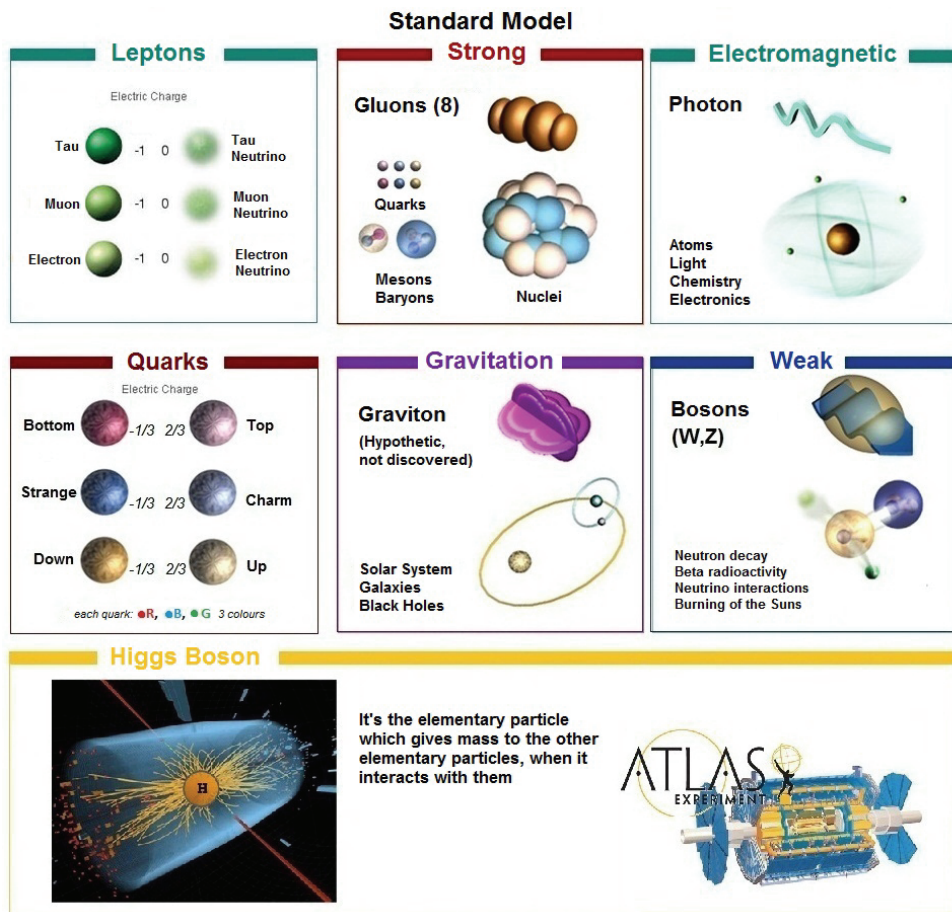
Неколико деценија касније, Алберт Ајнштајн је такође предвидео рад на теорији унификације природних сила. Његови ставови су изражени 1950, у чланку "О генерализованој теорији гравитације", објављеном у часопису *Scientific American* - али он није био успешан у овом напору (Einstein 1950: 13-17).

Следећи значајан допринос унификацији електромагнетне и нуклеарних сила (јака нуклеарна и слаба нуклеарна интеракција) учинили су Џулиен Сејмур Швингер (Julian Seymour Schwinger) и Шелдон Ли Глашоу (Sheldon Lee Glashow). Швингер је добио Нобелову награду за физику 1965, за QED теорију, заједно са Ричардом Фејнманом. Швингер је разумео да су слаба и електромагнетна интеракција манифестације исте силе, што је очигледно на високим енергијама (Glashow 1961: 579-588). Глашоу је као носиоце слабе интеракције предложио два наелектрисана бозона, које је Швингер назвао  $W^-$  и  $W^+$ , и неутрални бозон  $Z^0$ . Када ови бозони имају енергије реда 100 GeV не могу се разликовати од фотона ( $\gamma$ ), чињеница која значи да на тим енергијама постоји унифицирана *електрослаба* интеракција.



Поред Швингера и Глашоуа, ово питање су проучавали и Петер Вејр Хигс (Peter Ware Higgs), Џефри Голдстон (Jeffrey Goldstone) и Стивен Вајнберг (Steven Weinberg). Глашоу, Голдстон и Хигс, су формулисали математичку основу, коју је искористио Вајнберг за одређивање масе  $W^\pm$  и  $Z^0$  бозона. Касније, 1964, Абдус Салам је развио сличну теорију (Young 1994: 1306). Нобелову награду за физику за 1979, добили су Глашоу, Салам и Вајнберг, за откриће  $W^\pm$  и  $Z^0$  бозона. Године 1981, ове честице су и експериментално

установљене (Sundaresan, 2001: стр. 58); што је довело до установљавања такозваног Стандардног модела; према овој теорији, кваркови и лептони интерагују помоћу измене носиоца јаке нуклеарне и електрослабе интеракције.



Ипак, Глашоу није завршио своја истраживања. Покушао је да обједини електрослабу силу са јаком нуклеарном силом, на основу чињенице да се на веома високим енергијама електрослаба сила јавља као јача, а јака нуклеарна сила постаје мање снажна. То би требало да води закључку, да се на енергијама реда  $10^{15}$  GeV све три силе манифестују као једна јединствена. Глашоу је начинио хипотезу да се кваркови унутар језгара покоравају законима сличним оним у електродинамици, када се примене јаке силе (Chrysis 1996: 128). Хауард М. Георги (Howard M. Georgi) створио је погодан математички модел унификације две нуклеарне силе и 1974, они су публиковали рад насловљен “Јединство свих сила елементарних честица”, чланак у коме су формулисали „Теорију велике унификације“ (Grand Unified

Theory - GUT) (Sundaresan 2001: 51). Ипак, ова теорија захтева постојање додатних неоткривених честица, које би требало да се стварају само на веома високим енергијама.

Године 2012, откривен је Хигсов бозон; честица која интерагује са елементарним честицама и даје им инерцијалну масу. Тако је Стандардни модел обogaћен са још једним бозоном који се понаша као носилац интеракције (ATLAS Collaboration 2012: 1-29). А 14. марта 2013, откриће је потврђено, односно ЦЕРН је објавио да је на основу нових резултата, честица детектована јула 2012, заиста Хигсов бозон (CERN Press Office 2013).

Студија физике честица тесно је повезана са проучавању стварања и еволуције универзума. Велики прасак, почетна експлозија која је створила универзум, произвео је кваркове, лептоне и кванте који су носиоци сила. Данас, је провлађујуће мишљење да се наш универзум шири и хлади (Perkins 2000: 31). Дакле, производња честица на високим енергијама (које одговарају веома високим температурама) приближава се, са енергетског становишта, првим тренутцима историје универзума, периоду познатом као "Планково доба", које је трајало  $10^{-43}$  сек. ("Планково време"). Тада су квантне гравитационе појаве биле изражене а честице су се покоравале силама описаним „Општом теоријом свега“ (Theory of Everything - ToE).

Иако су једноставније GUT експериментално искључене, теоријски физичари сматрају да је општа идеја повезана са суперсиметријом једно од највероватнијих решења. Предложене су и друге теорије, углавном проширења Стандардног модела, које покушавају да објасне структуру природног света. Ове теорије се проверавају експериментима, који објашњавају њихове резултате; оне такође покушавају да понуде решења савремених космолошких питања, као што су инфлација, тамна материја и тамна енергија.

## 6. ОСТАЛЕ ТЕОРИЈЕ

### а) Калуца-Клајн теорија и суперсиметрија

Први напор за модерно разумевање гравитације учио је 1919, две године након објављивања опште теорије релативности, немачки математичар и физичар Теодор Калуца (1885-1954). Једине силе које су тада биле познате, биле су гравитациона и електромагнетна. Инспириран Ајнштајн, Калуца је желео да уједини ове две силе, предлажући њихову "геометризацију". Он је предложио (а такође доказао теоријски) да електромагнетна сила такође може бити описана као последица закривљености простора, ипак, не у четвородимензионалном Ајнштајновом простор-времену, него у простору са пет димензија, четири просторне и једном временском (Kaluza 1921: 966-972).

Питање које се природно поставило, је да ли заиста постоји четврта димензија простора, која је "скривена". Одговор је дао шведски теоретичар Оскар Б. Клајн (1894-1977), који је указао да нам се чини да је четврта димензија одсутна, јер је 'увијена' до тако мале величине да се не може осетити чулима или открити (Klein, 1926: 895-906). Оно што опажамо као геометријску тачку у нашем тродимензионалном простору, у стварности може да буде круг унутар четврте димензије простора.

Мада је то била сјајна идеја, Калуца-Клајн теорија је игнорисана пет деценија. Поново је откривена 1960, током рада на унификацији електромагнетне и слабе интеракције, у покушају да се уједине електрослабе и јаке нуклеарне интеракције (GUT) и очекивању за унификацију гравитације са свим осталим у једну теорију свега.

Ипак, ако је за 'геометризацију' електромагнетне силе, према Калузи и Клајну потребна још једна просторна димензија, теоретичари из 1960-тих су доказали да, је за "геометризацију" осталих сила, потребно још седам димензија, односно укупно десет просторних и једна временска. Све ове димензије су наводно увијене око себе. Ако Универзум има једанаест димензија, од којих су седам "скривене", онда гравитација може бити описана као унифицирана са три остале силе у „суперсилу“: Гравитација је резултат закривљености четвородимензионалног простор-времена (Општа теорија релативности), а остале три силе су последица закривљености простора у осталих седам скривених димензија.

Аустријски теоријски физичар Јулијус Вес (1934-2007) осмислио је 1974, са италијанским колегом Бруно Зумино (Zumino, рођен 1923) још амбициознији програм унификације: модел који ће ујединити честице са силама. (Wess and Zumino, 1974: 39). Основни предлог је да се ствари посматрају квантно-механички и да се, без одбацавања 11 димензија, уведе постојање фермиона и бозона. Главна идеја је била да се, како би се ујединили фермиони и бозони, употреби нова симетрија, која ће трансформисати фермион у бозон и обрнуто.

То је *суперсиметрија* (SUSY), коју су готово једновремено формулисали Жерве и Сакита (J. L. Gervais и V. Sakita 1971), и Голфанд и Лихтман (Yu. A. Golfand и E.P. Likhtman 1971).

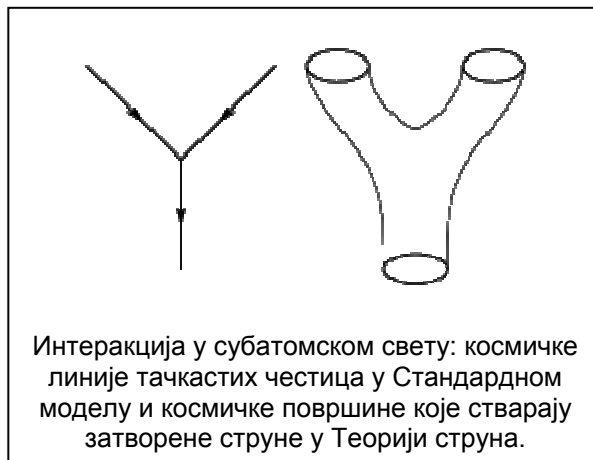
Суперсиметрија проширује Стандардни модел укључивањем додатних врста симетрије. Ове симетрије размењују фермионе са бозонима. Таква симетрија предвиђа постојање суперсиметричних честица (скраћено: с-честице). "Суперпартнери" фермиона именују се додавањем слова „с“, нпр с-лептони и с-кваркови, а суперпартнери бозона именују се додавањем наставак - ино, то су хигсино, глюино, неутралино и чарцино. Свака честица Стандардног модела има суперпартнера, чији се спин разликује за 1/2 од уобичајене честице. Због нарушавања суперсиметрије, с-честице су много теже од одговарајућих уобичајених, и то толико да постојећи акцелератори тешко могу да их произведу (Aitchison 2007: 121).

## б) Теорија струна

Према Теорији струна, основни структурни, градивни блокови универзума нису честице него једнодимензионалне струне, дугачке око  $10^{-34}$  м (Gubser 2010: 54) (Планкова дужина). На тај начин Теорија струна избегава проблеме и сингуларитете који се јављају у физичким теоријама услед тачкасте структуре елементарних честица. Оно што перципирамо као честице су дискретни модови осцилација струна, које могу бити отворене или затворене (петље) (Green et al. 1987: 16-27) .

Теорија струна је започела као напор да се опишу интеракције између хадроничних бозона. Од тада се развила у нешто много амбициозније: у конструкцију потпуне и унифициране теорије свих фундаменталних честица и сила.

Сви претходни покушаји да се четири силе уједине, суочавали су се са проблемима инкорпорације гравитације. Теорија струна не само да укључује гравитацију, него је и тражи. На ниским енергијама она постаје Теорија квантне гравитације (сједињење Теорије поља из квантне механике са Општом теоријом релативитета), која може једнако добро да опише електромагнетске и друге фундаменталне интеракције. Теорија струна тражи шест или седам просторних димензија и омогућава да се корелирају велике екстра димензије са закривљеним. Разрада Теорије струна довела је до концепта суперсиметрије, која удвостручује број елементарних честица увођењем  $s$ -честица.



Постоје два главна гранања верзија Теорије струна: Бозонска са 26 димензија (Gubser 2010: 60-62) и Суперсиметрична са 10 димензија (Gubser 2010: 62). Данас се појам „Теорија струна“ обично примењује на другу, познату такође просто као Теорија суперструна или само *Суперструне*. Важно откриће у 1990-тим било је да се разне теорије

суперструна могу извести као гранични случајеви једне релативно непознате, једанаестодимензионалне Теорије мембрана или М-теорије.

### в) М-теорија

Пре 1995. Било је пет познатих теорија суперструна (Теорија струна типова I, IIА, и IIВ, хетеротична SO(32) и хетеротична E8 × E8 теорија (Robinson 2011: 302) ). Свих пет је у суштини засновано на осцилирајућим једнодимензионалним струнама, чија је дужина реда Планкове; али када се ове теорије детаљно анализирају, међу њима се уочавају озбиљне разлике.

За М-теорију, чији је математички опис први пут претстављен 1995, на једној конференцији, многи специјалисти сматрају да може да доведе до Теорије свега. Подржавају је познати физичари као што су Брајан Грин и Стивен Хокинг. М-теорија је генерализација пет постојећих теорија суперструна. Значајни део нашег знања о М-теорији потиче са нискоенергетске границе, која се описује помоћу 11-димензионалне супергравитације. М-теорија даје унифицирајући оквир, унутар кога се теорије суперструна могу схватити као различите асимптотске границе јединственог параметарског простора (Witten, 1995:85). За неке од њених следбеника М-теорија води природно до  $10^{500}$  „универзума“, сваки са сопственим природним законима.

## 7. ОД ЕМПЕДОКЛОВЕ ДО ТЕОРИЈЕ СВЕГА

Из претходне дискусије је очигледно да је циљ водећих напора модерног научног истраживања у физици, унификација фундаменталних природних сила. Занимљиво је да се напомене да су грчки пресократовски филозофи интуитивно сумњали да у природи, упркос комплексности природних појава, у основи лежи јединство. Додирне тачке модерних теорија са Емпедокловом могу се сумирати на следећи начин:

а) Како Емпедоклеова тако и модерне, говоре о првобитном стању универзума, када су се његове фундаменталне силе манифестовале као једна, јединствена. Према модерној физици, постоји једна сила, која се у нашем универзуму који је еволуирао јавља као четири манифестације, чије се деловање може перципирати нашим чулима. Аналогно, Емпедокле пише о стању савршенства, које је некада било стање нашег универзума (Сфера), које се не може докучити људским чулима. Сфера је била поремећена, што је довело до раздвајања четири „елемента“ (Ватра, Ваздух, Вода и Земља), који су основни градивни блокови модерног „чулног“ универзума. Основна сличност у бити две теорије је да оне сугеришу да је све почело од јединства и одвијало се према вишеструкости; а чини се да и сам универзум еволуира у том правцу. Велика визија модерне науке је унификација основних сила природе; разлика је да је сада најважнија експериментална потврда, чињеница која води конструкцији скувих акцелератора честица.

б) Узрок који води нарушавању симетрије, инфлаторном ширењу универзума и диференцијацији сила је предмет истраживања. Емпедокле је тај узрок назвао „Раздор“, фактор који изазива ремећење Сфере. Сходно томе, Раздор доводи до „појаве“ четири „елемента“, тако да и у античкој и у модерној теорији постоји узрок који ремети примарно хомогено стање.

в) Емпедокле додељује Сфери својства која наглашавају симетрију, која је преовладала за време Планкове ере, када су четири интеракције или силе биле уједињене и симетричне.

## 8. ЗАКЉУЧЦИ

Вековима интелектуалне историје, људски ум наставља да се залаже за разумевање природног света. Космологија је област у којој истраживачи још увек имају пуно посла, а вероватно ће га имати још више у будућности. Али ипак, главни правац и тенденције људске мисли остали су исти.

Емпедокле је унифицирао своја четири основна елемента у оквиру стања Сфере. Ово стање је постојало пре четири емпедокловска елемента и било је одговорно за стварање свега. Савремени истраживачи у области експерименталне физике елементарних честица у суштини покушавају да поново створе аналогно примарно стање. Они осмишљавају детекторе елементарних честица, у којима интеракције могу бити посматране у високо-енергетском окружењу. Четири основне силе или интеракције у природи, биле су унифициране у једну у време стварања универзума и, због постојања одређене пертурбације, подстакнуто је њихово раздвајање и настао је свет какв познајемо. Дакле, како филозофија Емпедокла, тако и модерна наука, указују на истраживање и разумевање дубљег јединства које постоји у свету природе и не може се перципирати човековим чулима, већ само само људским интелектом.

## Литература

- Aetius (1879): *De Placitis Reliquiae*, ed. H. Diels in *Doxographi Graeci*. Berlin: Reimer.
- Aitchison, I. (2007): *Supersymmetry in Particle Physics, An Elementary Introduction*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ammonius Hermiae (1897): *Ammonius in Aristotelis De Interpretation Commentarius, Commentaria in Aristotelem Graeca* 4.5, A. Busse (ed.). Berlin: Reimer.
- Aristotle (1924): *Aristotle's Metaphysics*, 2 vols. Editor: W. D. Ross. Oxford: Clarendon Press.
- Aristotle (1950): *Aristotelis Physica*. Editor: W.D. Ross. Oxford: Clarendon Press.
- Athenagoras of Athens (1972): *Legatio and De Resurrectione*, Oxford: Clarendon Press
- ATLAS Collaboration (2012): "Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC", *Physics Letters B*, **716**, 1-29.
- Burcham, W.E. and Jobes, M. (1995): *Nuclear and Particle Physics*, Essex: Pearson Prentice Hall.

- CERN Press Office (2013): “New results indicate that particle discovered at CERN is a Higgs boson”. On line: <http://press.web.cern.ch/press-releases/2013/03/new-results-indicate-particle-discovered-cern-higgs-boson>
- Chrysis, Th.G. (1996): *The Universe and the Cosmological Evolution*, Athens: Savvalas [in Greek].
- Clement of Alexandria (1970): *Clemens Alexandrinus*, ed. O. Stahlin, L. Fruchtel and U. Treu, vol. 3: *Stromateis*, 2nd ed. [*Die griechischen christlichen Schriftsteller* 17. Berlin: Akademie-Verlag].
- Diogenes Laërtius (1964): *Diogenis Laertii Vitae Philosophorum*, 2 vols.: Oxford: Clarendon Press.
- Empedocles (1951): *Die Fragmente die Vorsokratiker*, ed. H. Diels, W. Kranz. Berlin: Weidmann.
- Einstein, A. (1950): “On the Generalized Theory of Gravitation”, *Scientific American* CLXXII (4): 13–17.
- Georgi, H. and Glashow, S.L. (1974): “Unity of All Elementary Particle Forces”, *Physical Review Letters*, **32**, 438–44.
- Georgoulis, K. (2000): *History of Greek Philosophy*, 3<sup>rd</sup> edition, Athens: Publ. Papadimas [in Greek].
- Gervais, J.-L., Sakita, B. (1971). “Field theory interpretation of supergauge in dual models”. *Nuclear Physics B*, **34** (2): 632.
- Glashow, S.L. (1961): “Partial-symmetries of weak interactions”, *Nuclear Physics* **22** (4): 579-588.
- Golfand Yu.A. and Likhtman E.P. (1971): “Extension of the algebra of Poincare group generators and violation of P invariance”, *JETP Lett.* **13**: 323 [*Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.*, vol. **13** (1971), p. 452.
- Green, M. Schwarz, J. and Witten, E. (1987): *Superstring theory*, Cambridge: Cambridge University Press. The original textbook. Vol. 1: Introduction.
- Griffiths, D. (2008): *Introduction to Elementary Particles*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2nd revised edition: 13-52.
- Gubser, S.S. (2010): *The Little Book of String Theory (Science Essentials)*, Princeton University Press, Princeton.
- Hippolytus (1986): *Refutatio omnium haeresium* [*Patristische Texte und Studien* 25], ed. M. Marcovich, Berlin: De Gruyter.
- Joyce, J. (1982): *Finnegans Wake*, London: Penguin Books.
- Kalachanis, K. (2011), *On the Paradigm and the Icon in the work of John Philoponus*, PhD Thesis, Department of Philosophy, Paedagogics and Psychology, Department of Philosophy, University of Athens [in Greek].
- Kaluza, T. (1921): “Zum Unitätsproblem in der Physik”. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.)*, pp. 966-972
- Kirk, G.S., Raven, J.E. and Schofield, M. (1983): *The Presocratic Philosophers*, 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Klein, O. (1926): “Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie”. *Zeitschrift für Physik A* 37 (12), 895-906
- Koutras, D.N. (1995): *History and Metaphysics*, Athens [in Greek].
- Makrygiannis, D. (2000): *The Notion of god in pre-Socratic Philosophy*, Athens: Georgiades publ. [in Greek].
- Nietzsche, Fr. W. (1962): *Philosophy in the Tragic Age of the Greeks*, Gateway Editions.
- Panos, N.K. (2002): *Principles of Physics*, vol. II (3<sup>rd</sup> edition), Athens: Makedonikes Ekdoseis [in Greek].



- Perkins, D.H. (2000): *Introduction to High Energy Physics*, 4<sup>th</sup> edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Plato (1902), *Timaeus*, Clarendon Press, Oxford (repr: 1968).
- Robinson, M., (2011). *Symmetry and the Standard Model, Mathematics and Particle Physics*, Springer, New York.
- Simplicius (1895): *Simplicii In Aristotelis Physicorum Libros octo Commentaria*, ed. H. Diels, 2 vols. CAG 9-10. Berlin: Reimer.
- Simplicius (1882): *Simplicii in Libros Aristotelis De Anima Commentaria*, ed. M. Hayduck, CAG 11. Berlin: Reimer.
- Simplicius (1894): *Simplicii in Aristotelis De Caelo Commentaria*, ed. J. L. Heiberg, [Commentaria in Aristotelem Graeca 7]. Berlin: Reimer.
- Sundaresan, M.K. (2001): *Handbook of Particle Physics*, London: CRC Press.
- Philoponus, J. (1897): *Ioannis Philoponi In Aristotelis De Anima Libros Commentaria*, ed. M. Hayduck, CAG 15. Reimer: Berlin.
- Philoponus, J. (1897): *Ioannis Philoponi In Aristotelis Libros De Generatione et Corruptione Commentaria*, ed. H. Vitelli, CAG 14.2, Berlin: Reimer.
- Theodossiou, S. (2007): *The Dethronement of Earth – The Struggle of the Geocentric with the Heliocentric System* (Empedocles, pp. 77-81), Athens: Diavlos publ. [in Greek].
- Wess, J. Zumino, B. (1974): “Supergauge transformations in four dimensions”. *Nuclear Physics B*, **70**: 39.
- Witten, E., (1995): “String theory dynamics in various dimensions”, *Nucl. Phys. B*, **443**, 85.
- Young, H.D. (1994): *University Physics – Vol. 2: Electromagnetism, Optics, Modern Physics*, Athens: Papazisi publ. (Greek translation, 8<sup>th</sup> edition).

## **FROM THE UNITY OF THE ELEMENTS OF NATURE IN EMPEDOCLES TO A UNIFIED THEORY OF EVERYTHING IN MODERN PHYSICS**

Empedocles not only considered the existence of the four ‘classical’ elements as the cause of the beginning of the world, but he also supported the view of their unification, which results in the creation of the imaginary world of the Sphere. According to Empedocles, the Universe existed in the situation of the Sphere before the explicit presence of the four elements and was the cause for the creation of everything. Moreover, the nature of the Sphere is considered as superior, compared to the four elements. Nowadays, researchers in Particle Physics construct accelerators that not only can perform collisions of particles at high energies, but they also contribute in the discovery of new particles. All this research has resulted in the formulation of Grand Unified Theories, through which the whole Universe can be described. Physicists believe that initially the four forces in nature were unified and activated due to the existence of a disorder, thus creating our Universe.

The theory of Empedocles on the fundamental elements of nature and their origin has been examined here, as well as the modern view on the elementary-particle world along with its fundamental interactions, whose unification would contribute to the formulation of the ‘Theory of Everything’. The common points of the modern theories with the theory of Empedocles have been summarized, and it has been concluded that both the philosophy of Empedocles and modern scientific research seek to uncover and explore the underlying unity of the natural world, which is not perceivable by the human senses.