

FRI-ONLINE-1-ERI-02

THE IDEA OF SIMPLICITY IN KNOWLEDGE AND TRAINING IN NATURAL SCIENCES²

Assoc. Prof. Boryana Todorova, PhD

Department of Public Health and Social Work,

University of Ruse

Phone: 0878-821 993

E-mail: btodorova@uni-ruse.bg

***Abstract:** The report considers the idea of simplicity as one of the Fundamental ideas of Natural History with methodological character, but also as a basic prerequisite and factor determining the existence of natural objects. The significance of the idea for the emergence of correspondences and uniform models in nature, its connection with the principle of analogy is outlined. The relationship between the principle of simplicity and the idea of elementariness is revealed. To clarify the presented theoretical formulations, examples from the field of natural sciences and the respective academic disciplines are presented. Special attention is paid to the golden section as a common pattern both in nature and in other areas of human activity.*

***Keywords:** Principles of Simplicity, Analogy, Elementariness; Golden ratio*

ВЪВЕДЕНИЕ

Хуманитарният компонент при Фундаменталните идеи на природознанието

Физиката има привилегията да изучава най-общите качества, свойства и характеристики на материалния свят. Това е определяща предпоставка, която ѝ позволява да достига и до най-общите закони и принципи в науката, които имат приложение и могат да дадат обяснение на явления и процеси и извън областта на физиката, включително и в областта на социалните науки, в областта на образованието. Тези принципи имат функцията на аргументи в изграждането на методологичния компонент в науката. Това най-високо постижение във физиката определяме като Фундаменталните идеи на природознанието (Strigachev, A., 1997). Важно е да се подчертае, че тези идеи служат и като инструменти за научно познание и творчество, критерии за истинност на познанието от античността до настоящето.

Анализът върху съдържанието им води към заключението, че някои от тези идеи представят качества единствено на природонаучното познание, докато друга част от тях действително представляват качества както на познанието, така и на самите природни обекти. На тази база разделяме Фундаменталните идеи на природознанието в две групи. Към *първата група* отнасяме идеите за наблюдаемост, относителност, допълнителност, съответствие, цялостна естествена научна картина на света. Идеята за елементарност може би никога няма да бъде потвърдена в абсолютния ѝ смисъл и затова също я отнасяме към тази група. *Втората група* включва идеите за причинност, симетрия, запазване, простота, йерархия на природните системи, самоорганизация на сложните системи, глобален еволюционизъм.

Независимо от характера им някои от тези идеи носят особено дълбок хуманитарен заряд (Veleva, M., 2002; 2003). Такива са идеята за елементарност, идеята за запазване, принципа за допълнителност, идеите за симетрия и за цялостна физична или естествена научна картина на света. Още при генезиса на тези идеи в някаква степен е

² Докладът е представен на конференция на Русенския университет на 13 ноември 2020 г. в секция „Образование – изследвания и иновации“ с оригинално заглавие на български език: ИДЕЯТА ЗА ПРОСТОТА В ПОЗНАНИЕТО И ОБУЧЕНИЕТО ПО ПРИРОДНИ НАУКИ.

заложен философски и хуманитарен компонент. Така те естествено придобиват по-висока степен на обобщеност и съответно по-широка област на приложение. Тук е уместно да припомним известния цитат на Рабиндранат Тагор „Ум само от логика е като нож само от острие – той срязва ръката, която го държи“.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Идеята за простота и нейното развитие

Тази идея е известна още от 14 век като „бръснач на Окам“. Тя дава насока за прилагане на метода на хипотезите при развитие на теоретичното познание, а смисълът ѝ е в следното: при отсъствие или недостатъчност на опитни данни за обяснението на даден факт се приема най-простата от всички хипотези, които могат да дадат някакво обяснение. Предпочита се хипотезата, която се основава на най-малък брой независими предположения (Bondarev, V., 2011). Така идеята за простота се разглежда като методологичен подход, критерий за подбор и избор, който може да приписва или отнема истинност на дискутираните научни твърдения.

Правилото носи името на Вилхелм от Окам или Уилям Окам (Wilhelm of Ockham), философ и францискански монах, живял от около 1280/1285 до 1349г. Приел обет за бедност той е разполагал само с това, което му е било абсолютно необходимо. Така, вероятно въз основа на личните си убеждения и собствен жизнен опит, той достига и аргументира идеята за простота и икономичност. Самата идея е много по-стара и връзка с нея се открива още у Аристотел, според когото „Природата работи по най-краткия възможен начин“. Терминът „бръснач на Окам“ се използва за пръв път в трудовете на английския математик Уилям Хамилтон през XIX век, докато самият Окам е представял идеята в трудовете си по-рано като „Безполезно е да влагаш в нещо повече, ако можеш да го направиш с по-малко“, но без да въвежда специално название за твърдението си. (<http://bgchaos.com/525/polemics/logic/бръсначът-на-окам/>; https://bg.wikipedia.org/wiki/Бръснач_на_Окам)

Така очертаната рамка за функциите на идеята за простота може да бъде сериозно разширена, ако се проследят проявленията на простота при природните обекти.

Простотата на природните обекти и системи, която лесно може да бъде отчетена при изследвания, наблюдения и експерименти, предполага друг подход към осмисляне на тази идея. Развитие на естествените науки води до тълкуването, че в природата нищо не е по-сложно, ако е възможно да бъде по-просто, т.е. всеки природен обект притежава най-ниското ниво на сложност, което му позволява да притежава определени качества и да функционира по определен начин. Очертава се връзка между идеята за простота и идеята за икономичност при изразходване на ресурси. С други думи, всеки обект в природата притежава най-простата възможна структура, а съществуването и функционирането му се осигуряват от необходимия минимум вещество, енергия, информация (Todorova, B., 2013).

Взаимна обвързаност на идеята за простота с други фундаментални идеи

Очевидна е връзката на идеята за простота с **идеята за елементарност**, която се свързва с допускането, че съществуват „първоначални“ частици, неизменни и неделими, от които е изградена материята във всичките ѝ форми. Тази идея се основава на атомизма, според което учение материята не е непрекъснатата, а се състои от малки частици (атоми) - най-малките неделими частици, невъзникващи и неизчезващи, качествено еднородни, непроницаеми, които имат определена форма, задаваща свойствата на нещата (Strigachev, A., 1997).

В съвременната наука се определят различни равнища на елементарност, т.е. на всяко структурно ниво в материята съществуват елементарни компоненти. Клетките са най-малките елементарни компоненти в тъканите на живата материя, молекулите са най-малките

елементарни компоненти на химичните вещества, атомите – на веществото, фотоните – на електромагнитното лъчение, елементарните частици и кварките определят по-ниски равнища в структурата на материята. Поставя се въпросът дали наистина съществува такова „най-ниско“ ниво в структурата на материята, ниво на неизменни и неделими частици, и колко „дълбоко“ е разположено то (Feynman, R. 1968).

По този начин идеята за елементарност се свързва и с идеята за познаваемост на света (Hawking, S., 1994). Броят на равнища в структурата на материята, клонящ към безкрайност, води до заключението, че светът не може (никога) да бъде напълно опознат.

С развитието на квантовата физика идеята за елементарност може да се приложи и към други основни понятия – разглеждат се кванти, т.е. най-малки, неизменни и неделими частици за време, пространство, енергия, електричен заряд и други, които са взаимно обвързани посредством законите и научните теории.

Така идеята за простота, приложена към организацията на отделните равнища в структурата на материята, се трансформира в модел за елементарност.

Частен случай на идеята за елементарност представлява ***идеята за фракталност*** в природните системи, а може би и на самата Вселена. Както е известно, фракталът представлява структура, при която съществува нетривиално самоподобие със собствените ѝ части. Понятието фрактал има латински корен (fractus - счупен) и е използвано за първи път от Беноа Манделброт през 1975г. в негови публикации (Mandelbrot, 1983; 1996). Като математически обекти фракталите са проучвани още през XIX век. Тези фрактали притежават безкрайна фина структура, която се характеризира със своята фрактална размерност - числена характеристика, която се запазва еднаква или приблизително еднаква при различните мащаби. В този смисъл природните обекти не могат да се приемат за фрактали, но при някои от тях се проявяват качества, сходни с тези на фракталите, макар и в ограничен обхват на мащаба. Обекти като речни басейни, клоните и кореновата система на дърветата, стъблата на растенията, снежинки, облаци и планини, нервната, кръвоносната и лимфната система при животните и човека са примери за приблизителни фрактали, тъй като имат горна и долна граница на мащаба. Самоподобието може да се наблюдава при формите на молекулите, кристалите и галактиките. На този принцип са изградени всички обекти от микро до макросвета, вложени един в друг, включително нашите тела и цялата Вселената, които се самопроникват чрез своите качества един в друг.

Фракталите могат да се класифицират според степента на точност, с която се проявява тяхната самоподобност:

- **Точна самоподобност** – най-силно изразена самоподобност, т.е. фракталът е идентичен сам на себе си в различните мащаби.
- **Квазисамоподобност** – по-слаба форма на самоподобност; фракталът изглежда приблизително но не напълно идентичен сам на себе си в различните мащаби. Квазисамоподобните фрактали са изградени от малки копия на целия фрактал но в деформирани форми.
- **Статистическа самоподобност** – най-слабият тип себеподобност. Фракталът се описва посредством числени или статистически характеристики, които се запазват в различните мащаби.

При фракталите се проявява и още един фундаментален принцип на природознанието – ***принципът за ритъма***. Те могат да бъдат описани посредством пространствен ритмичен модел, който се явява точно или приблизително един и същ в различните мащаби. Именно ***конкретният ритмичен модел може да се разглежда като неизменна и неделима структурна компонента на фрактала в контекста на идеята за елементарност, а също така и като проявление на простота.***

Друга фундаментална идея, тясно обвързана с идеята за простота и произтичаща от нея, е ***идеята за аналогия*** или за съответствие.

Ако използваме като изходен базис твърденията, които свързваме с идеята за простота, а именно:

- Простотата на природните системи разглеждаме в смисъла, че всеки обект притежава най-простата възможна структура, т.е. нищо не е по-сложно, ако е възможно да бъде по-просто.
- Всеки природен обект притежава най-ниското ниво на сложност, което му позволява да притежава определени качества и да функционира по определен начин.
- Съществуването и функционирането му се осигуряват от необходимия минимум вещество, енергия, информация.

достигаме до **дихотомията сложност-простота**, която можем да опишем още като **допустима сложност, осигуряваща многообразието на природните обекти, проявяваща се в условия на максимална простота и икономичност**.

От друга страна, принципът, че когато едно нещо може да бъде по-просто, няма защо да бъде по-сложно, води до реализацията на еднотипни модели (аналогии) за различни обекти. Например аналогии в устройството на атома и звездните планетарни системи, във формата на ябълката със семенната камера и магнитното поле на прав магнит, а също и на Земята, на люспите на лука и обвивките при човешкото око, в законите и формулите за гравитационното и електростатичното взаимодействие:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{и} \quad F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Така аналогията не означава само пренос на знания от един към друг обект на базата на някакво сходство, както често се приема в методологията. **Аналогията е обединяващо качество на група обекти от различни нива в структурата на материята, които могат да бъдат много различни помежду си, да участват като елементи в различни типове системи и да осъществяват различен тип взаимодействие, но въпреки това да проявяват един и същ модел на структура, функция и/или взаимодействие.**

Заложеният в основата на принципа за аналогия фактор простота/икономичност намалява възможните варианти на модели на природните обекти. В този смисъл **моделът не е само елемент от нашето познание за обектите, резултат от прилагане на идеализация и абстрахиране. Той отразява реално обединяващо качество на природните обекти.**

Един такъв **модел за проявление на реални природни обекти, процеси, както и на техни качества е златната пропорция**, златното сечение или казано най-просто – **числото ϕ** . Това е пропорцията, при която цялото се разделя на две части, като отношението на цялото към по-голямата част е равно на отношението на по-голямата към по-малката част. Това отношение се изчислява и означава с числото $\phi \approx 1,6180339887\dots$

Тази пропорция се наблюдава **във формите на огромен брой природни обекти**: морските вълни и спиралите на галактиките, раковините на мекотелите и при спиралата на ДНК-молекулата, съотношенията в размерите на човешкото тяло, при разклоненията на стеблата, листата и цветовете на растенията. Трудно може да се обясни, но затова е и особено интригуващ фактът, че ние възприемаме златната пропорция като особено красива. В историята на културата това е довело до появата ѝ в голям брой от най-добрите образци на архитектурата и изящните изкуства. Пример за това са египетските пирамиди и храмът Партенон в атинския Акропол, построен от Фидий (впрочем, в негова чест е избрано и означението на числото ϕ). Установява се, че отношението на височината на страна на пирамидата в Гиза към нейната дължина в основата е равно на $\phi/2$. Златното сечение е вложено и може да се открие в повечето архитектурни детайли, а и в цялостната композиция на Партенона.

Но златното сечение се наблюдава не само при съотношения на пространствени размери. То се проявява и **при времевите интервали – в музиката, в живота на човека, в историческото развитие на цивилизацията.**

Й. Кеплер за пръв път в европейската култура разширява до 7 основните 3 хармонични интервала, въведени от питагорейците: 2:1 (октава), 5:3 (голяма секста), 8:5 (малка секста), 3:2 (квинта), 4:3 (кварта), 5:4 (голяма терца), 6:5 (малка терца). В 4 от 7-те интервала се забелязва златното сечение в различна степен на приближение. Той отбелязва, че кулминацията на мелодията обикновено е в точката на златното деление на общата ѝ продължителност (Shestakov, V., 1966). Кеплер първи отбелязва значението на златното сечение и в ботаниката.

Л. Сабанеев - руски музиколог и композитор (1881-1968), формулира *Общ закон за ритмично равновесие и обосновава златното сечение като норма за естетическа конструкция на музикално произведение.* (Slavova, Sl., M. Veleva, B. Vaicheva, 2011).

Във физиологията се откриват златни пропорции при редица жизнени процеси. Съществува оптимална (златна) честота на сърцебиене при човека и бозайниците. Тя се получава, когато за база се използва продължителността на систолата (t_1). Установява се, че систолата, диастолата (t_2) и целият сърдечен цикъл (T) са в златното съотношение, т.е $T:t_2 = t_2:t_1$. За човека златната честота е равна на 63 удара на сърцето в минута. Мозъчната активност - мозъчните ритми, също се подчиняват на закона на златното сечение (Dermendzhieva, G., 2020).

В България е прието, че младежите достигат пълнолетие на 18-годишна възраст. Те завършват най-често средното си образование също на 18 или 19-годишна възраст. Лесно може да се изчисли, че точката на златното сечение за тези времеви интервали е съответно 6,876 години при 18-годишния интервал и 7,258 години при 19-годишния интервал.

На тази възраст, около 7 години, децата в България, а и в много други страни, тръгват на училище. Училищният курс на обучение продължава 11 или 12 години. Получава се, че златното сечение разделя възрастта за достигане на пълнолетие на предучилищен и училищен период. Но това са периоди с много различно значение и роля за цялостното развитие и живота на индивида. Значи златната пропорция дава израз не само на съотношението между определени интервали от време, но и на времето за достигане на определени качества, в този случай – на личностни качества, определящи степен на зрялост при човека. Оказва се, че **ние организираме понякога живота си точно според това съотношение и при това без изобщо да мислим за него. Ние се адаптираме към златната пропорция напълно подсъзнателно, но и напълно правилно.**

Интересен факт, който ни позволява да затворим кръга на нашите разсъждения дотук и да обобщим направените изводи, е, че **златната пропорция се среща и при фракталите.** Разклоненията при израстването на едно тревисто растение или дърво, подредбата на листата по стеблото или по клоните, разклоненията в структурата на дихателната система при животните и човека се подчиняват на златното сечение. Златната пропорция при фракталите се наблюдава в:

- съотношенията в самия ритмичен модел на фрактала;
- в числовия израз на мащаба.

Взаимна обвързаност на идеи в природознанието

В ограничения обем на настоящата публикация спряхме нашето внимание само на някои от идеите в природознанието: идеята за простота, идеята за елементарност, идеята за аналогия, както и на идеите за фракталност и за златната пропорция в природата. Установихме, че тези идеи имат общ зародиш, те проникват една в друга, взаимно се допълват и предпоставят, представляват частни проекции на една по-глобална истина (Фигура 1). Но колкото повече следствия – проекции разкриваме за една все още непозната

за нас напълно, но явно обобщаваща и фундаментална истина, толкова повече се приближаваме към нея.



Фиг. 1. Взаимосвързаност на идеи в природознанието

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приложение на идеите в обучението

Някои от разгледаните тук идеи на природознанието присъстват директно в учебното съдържание по различните природонаучни дисциплини. Други от идеите се използват главно в техния методологичен аспект, като при обучаваните на по-малка възраст този начин на запознаване с идеите може да остане в неявен вид, а при по-големите ученици и студентите да се разгледа като специфичен акцент в учебното съдържание.

Идеята за елементарност има място в учебното съдържание при изучаване на атомния строеж на веществото, елементарните частици, молекулния строеж на химичните съединения, живата клетка, елементарния електричен заряд, дискретния характер на енергията. Тя има съществено значение при обучението по физика, химия, биология, информатика и др.

Идеите за простота (и симетрия) се използват при формулиране на принципи и закони във физиката и химията, при изучаване на движенията на организмите, на опорно-двигателния апарат на човека.

Изучаването на идеите на природознанието успешно може да се осъществява при различни форми на обучение:

- теоретични проучвания и учебно-изследователски проекти.
- групова и самостоятелна работа.
- класни и извънкласни форми.

Редица автори, главно физици и методолози, правят научни проучвания, но също така и организират преподавателската си работа, като намират опора за това във Фундаменталните идеи на природознанието (Veleva, M., 1995; 1992). Публикуват се съвместни проучвания на ученици, студенти и техните преподаватели (Vasilev, A., Hr. Hristov, B. Todorova, 2012; Dermendzhieva, G., 2020).

REFERENCES

Bondarev, V. (2011) Concepts of modern natural science. Moscow: Ed. house "Alfa-M" and "INFRA-M". (**Оригинално заглавие:** Бондарев, В., 2011. Концепции современного естествознания. Москва: Изд. дом „Альфа-М“ и „ИНФРА-М“.)

Dermendzhieva, G. (2020) The golden section and the Fibonacci series - interesting manifestations around the world and in the Bulgarian lands. In: Science, No. 3, pp. 63-68. (**Оригинално заглавие:** Дерменджиева, Г., 2020. Златното сечение и редицата на Фибоначи – интересни проявления по света и по българските земи. Наука, бр.3, с. 63-68.)

Feynman, R. (1968) Nature of physical laws. Moscow. (**Оригинално заглавие:** Фейнман, Р., 1968, Характер физических законов. Москва.)

Hawking, S., (1994) Black Holes and Baby Universes and Other Essays, Publisher: Bantam.

Mandelbrot, B., (1983) The fractal geometry of nature. Macmillan.

Mandelbrot, B., (1996) Fractal Objects: Shape, Randomness and Dimensionality. Sofia: University Publishing House "St. Kliment Ohridski". (**Оригинално заглавие:** Манделброт, Б., 1996, Фракталните обекти: Форма, случайност и размерност. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“.)

Shestakov, V., (1966) Musical aesthetics of the Western European Middle Ages and the Renaissance. Moscow. (**Оригинално заглавие:** Шестаков, В., 1966. Музыкальная эстетика западноевропейского средневековья и возрождения. Москва.)

Slavova, Sl., M. Veleva, B. Baicheva, (2011) The Harmony of the Golden Section and its Reflection in Music, In: Scientific Papers of the University of Library Science and Information Technology, vol. 9, pp. 281-309. (**Оригинално заглавие:** Славова, Сл., М. Велева, Б. Байчева, 2011. Хармонията на златното сечение и отражението ѝ в музиката, В: Научни трудове на Университета по библиотекознание и информационни технологии, т. 9, стр. 281-309.)

Strigachev, A. (1997) Principles of science. Sofia: University Publishing House "St. Kliment Ohridski". (**Оригинално заглавие:** Стригачев, А., 1997. Принципи на науката. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“.)

Todorova, B. (2013) Methodical system for knowledge and creativity in the teaching of natural sciences. Abstract, Ruse: Ed. of the University of Ruse. (**Оригинално заглавие:** Тодорова, Б., 2013. Методическа система за познание и творчество в обучението по естествени науки. Автореферат, Русе: Изд. на Русенския университет.)

Vasilev, A., Hr. Hristov, B. Todorova, (2012) The Harmony of the Phi and Anthropometric Indicators, Proceedings of the SSS of the "Angel Kanchev" Ruse University, Ruse, pp. 9-19. (**Василев, А., Хр. Христов, Б. Тодорова, 2012, Хармонията на числото фи и антропометричните показатели, Сборник доклади на секция "Здравна промоция и превенция" на СНС на РУ „Ангел Кънчев”, Русе, стр. 9-19.)**

Veleva, M., (2003) Natural Science and Humanism, In: Scientific Papers, vol. III D, Pedagogical College - Dobrich, University Publishing House "Bishop Konstantin Preslavski", pp. 216-219. (**Велева, М., 2003. Природознание и хуманизъм, В: Научни трудове, т. III D, Педагогически колеж – Добрич, Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“, с. 216-219.)**

Veleva, M. (1995) Orientation of secondary school education to fundamental physical ideas. Physics, 2, pp 6-11. (**Оригинално заглавие:** Велева, М., 1995. Насоченост на обучението в средното училище към фундаменталните физични идеи. Физика, 2, стр. 6-11.)

Veleva, M., (2002) Physics - an emanation of science and culture. Scientific Papers, Vol. II, Pedagogical College - Dobrich, University Publishing House "Bishop Konstantin Preslavski", pp. 152-155. (**Велева, М., 2002. Физиката - еманация на наука и култура. Научни трудове, т. II,**

Педагогически колеж – Добрич, Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“, с. 152-155.)

Veleva, M. (1992) The principle of supplement and the training. *The World of Physics*, 2, pp 114-119. (**Оригинално заглавие:** Велева, М., 1992. Принципът на допълнителността и обучението. *Светът на физиката*, 2, стр. 114-119.)

<http://bgchaos.com/525/polemics/logic/бръсначът-на-окам/>

https://bg.wikipedia.org/wiki/Бръснач_на_Окам