

ОБЈЕДИЊАВАЊЕ БОШКОВИЋЕВЕ ТЕОРИЈЕ И ТЕОРИЈЕ САВИЋ-КАШАНИН

ДРАГОСЛАВ СТОИЉКОВИЋ

*Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет,
Нови Сад, Бул. Цара Лазара I
E-mail: dragos@uns.ac.rs*

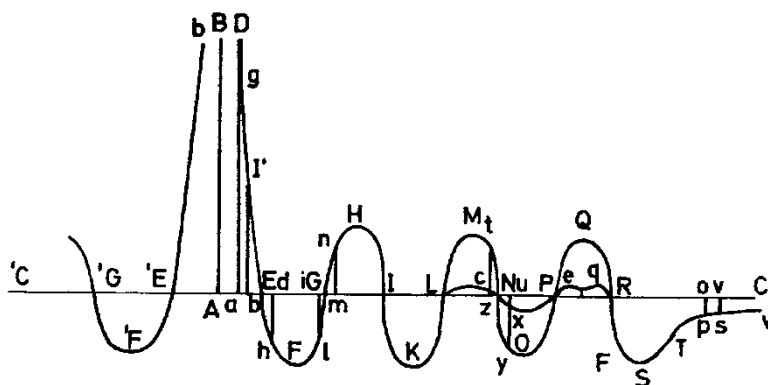
Резиме: Од теорије Руђера Бошковића (1711 - 1787) до теорије Павла Савића (1909 - 1994.) и Радивоја Кашанина (1892 - 1989) је раздобље од два века. Прва теорија се темељи на закону континуитета и полази од начела класичне Њутнове механике, а друга се заснива на квантној механици. Уз то, Бошковић је свој закон сила примењивао углавном на примарне елементе материје (непротежне и недељиве тачке), као и на честице првог и другог реда, а Савић и Кашанин се усредсређују на честице „од атома до небеских тела“. Стога се чини да су теоријски приступи и предмети ове две теорије потпуно различити. Међутим, није тако. У овом раду указујемо на историјску повезаност ове две теорије, као и да теорија Савић-Кашанин заправо произилази из Бошковићеве теорије.

Кључне речи: Руђер Бошковић, Павле Савић, Радивој Кашанин, Теорија природне филозофије, густине планета у сунчевом систему

1. БОШКОВИЋЕВА ТЕОРИЈА ПРИРОДНЕ ФИЛОЗОФИЈЕ

„Теорија природне филозофије сведена на један једини закон сила које постоје у природи“ (Boscovich, 1758, 1763, 1922, 1966, 1974) је Бошковићево животно дело у коме је објединио своја филозофска и природно-научна схватања. Полази од претпоставке Лајбница (Gottfried Wilhelm Leibnitz) да су основни елементи материје сићушни као тачке, које немају величину и које су недељиве. Не прихвата Лајбницову претпоставку да се тачке додирују, већ сматра да су удаљене неким размаком, који се може бесконачно повећавати или смањивати, али не може потпуно нестати. Од Њутна (Isaac Newton) прихвата постојање узајамних сила између ових тачака. Док Њутн сматра да при веома малим удаљеностима влада снажна привлачна сила између честица, Бошковић сматра да тада постоји велика одбојна сила, која је утолико већа уколико је растојање мање (Сл. 1).

Бошковић прихвата Њутнову претпоставку да се спајањем тачака добијају сложеније честице првог реда, спајањем ових се добијају честице другог, па затим трећег реда... Даљим спајањем настају атоми, који нису елементарне честице већ се састоје од делова. За молекуле сматра да су још крупније честице. Честице виших редова, атоми, молекули, чак и читав Сунчев систем, само су поједини ступњеви у хијерархији материје. Бошковић указује да би „сви светови мањих димензија, узети заједно, били као једна једина тачка у односу на онај већи“ свет. Сматра да за сваки пар честица на било ком ступњу хијерархије материје важи крива приказана на слици 1, при чему број лукова, њихова величина и облик, могу бити различити.



Слика 1: Бошковићева крива показују промену привлачне и одбојне силе (доња и горња ордината, редом) са променом растојања (апсциса) између елементарних тачака или честица материје (Boscovich, 1745, 1758).

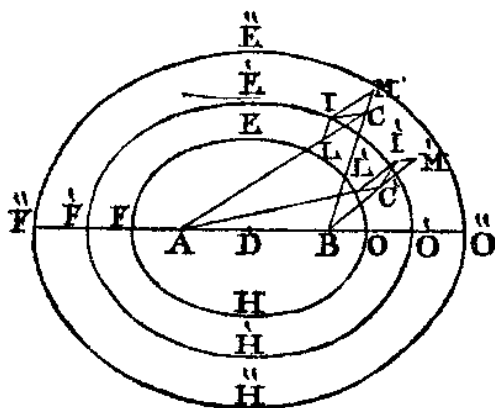
Бошковић указује да су при неким растојањима одбојна и привлачна сила изједначене, па су честице у равнотежи. Разликује две врсте случајева. На растојањима E, I, N и R (Сл. 1) ако се случајно повећа (или смањи) растојање између честица настаје привлачна (или одбојна) сила и поново их враћа на претходно равнотежно растојање. Те положаје је назвао **границама кохезије**. У положајима G, L и P, честице су у непостојаној равнотежи, јер повећање (или смањивање) растојања доводи до појаве одбојне (или привлачне) силе и до још већег растављања (или приближавања) честица. Ове положаје је назвао **границама некохезије**.

1.1 Квантни смисао Бошковићеве теорије

(Stoiljković, 2005a,b; Стоиљковић, 2018)

По Бошковићу, ако се нека честица налази у центру, друга се може кретати по сфери (орбитали) чији је полупречник једнак некој граници кохезије. При томе постоји онолико орбитала колико има тих граница (Сл.

2). Ова честица може да прелази са једне на другу орбиталу. При томе се мења њена брзина. Указује да *промена квадрата брзине има одређену вредност*, једнаку разлици површина испод одбојног и изнад привлачног лука на слици 1 између те две границе кохезије. У физици је познато да кад се та промена квадрата брзине помножи са масом честице и подели са два, добија се *одређена промена енергије* – „квант енергије“ како се данас то назива. Бошковићева Теорија је заправо *прва квантна теорија*, изречена век и по пре Планка (Max Karl Ernst Ludwig Planck) и Бора (Niels Bohr), којима се обично приписује заслуга за откриће те теорије.



Слика 2: Орбитале у Бошковићевој теорији (Boscovich, 1763, 1974, Сл. 33).

1.2 Улога Бошковићевој теорије у открићу структуре атома (Стоиљковић, 2008)

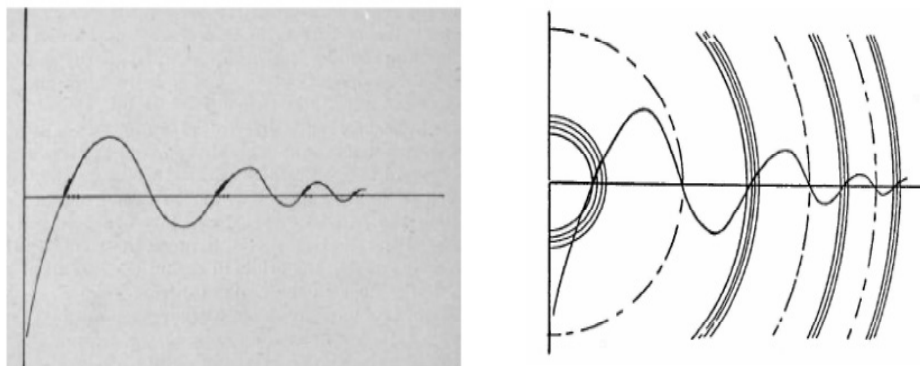
У литератури се до 1920. редовно наводио значај Бошковића за откриће структуре атома. Данас се то изоставља, већ се најчешће наводе Далтон (John Dalton), Џ. Томсон (Joseph John Thomson), Радерфорд (Ernst Rutherford) и Бор. А, како је заиста било?

Леукип (Leucipos) и Демокрит (Democritos) су у 5. в. пне. дошли на помисао да је све направљено од атома (сићушних недељивих честица) и празнине. Далтон је на почетку 19. в. закључио да сваки хемијски елемент има своје најситније делиће и назвао их атомима, верујући да су недељиви. Крајем 19. в. је утврђено да ови хемијски атоми, ипак, имају делове – негативно наелектрисане електроне и позитиван остатак атома. Поставило се питање како су размештени ови супротно наелектрисани делови.

В. Томсон (William Thomson, познатији као Лорд Келвин) је 1902-1907. истицао да се то питање може решити помоћу Бошковићевој теорије и предложио „планетарни модел атома“: позитивно наелектрисање је смештено у језгру атома, а електрони круже око њега. Џ. Томсон је 1903-

1907, као теоријску подлогу да се електрони крећу само по неким стазама (орбиталама) око језгра, наводио „Бошковићев атом који делује на једну честицу средишњом силом, која се мења од одбојне до привлачне и од привлачне до одбојне неколико пута“ и то приказао Бошковићевом кривом (Сл. 3, лево) (Thomson, 1907). У координатном почетку се налази позитивно наелектрисано језгро атома. На апсциси је растојање електрона од језгра, а на ординати су силе: одбојна (доле) и привлачна (горе). Томсон је означио положаје орбитала (Сл. 3, лево). На овим положајима су на Сл. 3 (десно) доцртане „дозвољене“ (пуна линија) и „забрањене“ (испрекидана линија) орбитале негативних електрона (Gill, 1941).

Радерфорд је био сарадник Џ. Томсона у Кембриџу, а касније је постао професор у Манчестеру. Опитима је 1911. потврдио планетарни модел, који је потом по њему назван „Радерфордов модел“. Бор је 1912. боравио седам месеци код Томсона и четири месеца код Радерфорда, упознао се са овим резултатима, па је 1913. израчунао могуће стазе електрона, узимајући у обзир да електрони могу прећи са једне на другу орбиталу само ако приме или предају одређену количину (квант) енергије – на шта је Бошковић указао век и по раније. Данас се овај модел атома назива „Боров модел“.



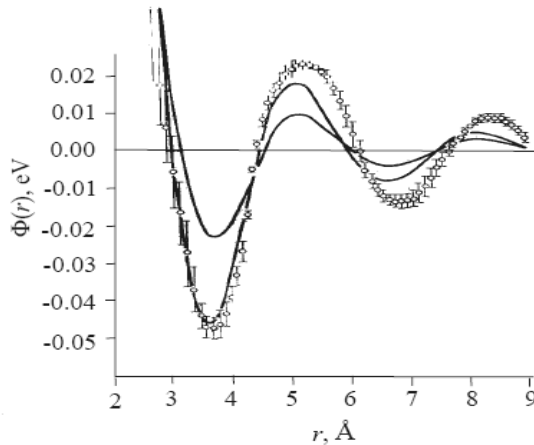
Слика 3: Џ. Томсон је приказао Бошковићеву криву, а задебљањем делова криве је означио положаје орбитала (слика лево) (Thomson, 1907), а на слици десно су доцртане те орбитале (Gill, 1941).

Међутим, Џил (Henry Vinsent Gill, 1941) сматра да такви називи модела нису оправдани и указује да је у периоду 1903-1907. „Џ. Томсон показао да се концепт дозвољених и забрањених орбитала може непосредно извести из Бошковићевог закона сила“, да је Бошковић дао „суштински елемент модерном схватању атома“, а да су „други пожњели оно што је Бошковић посејао две стотине година раније“. Зато је за Џила то „Бошковић-Томсонов“ модел атома. Џил сматра да не би било исправно да се занемари допринос Бошковића, када се буде писала историја атомске теорије.

1.3 Потврда Бошковићеве филозофије резултатима савремене физике и хемије (Стоилковић, 2010, 2018)

Открићем кваркова и сложенијих честица (протона, неутрона, атома, молекула, макромолекула...) савремена наука је потврдила Бошковићево схватање о хијерархији материје од елементарних честица до све сложенијих ентитета.

По Бошковићу, за сваки пар честица на било ком нивоу треба да важи крива на слици 1. Савремена наука је потврдила да се узајамно дејство честица на различитим нивоима хијерархије материје заиста може описати Бошковићевом кривом, што је показано на примерима међудејства елементарних честица, атома, молекула, макромолекула, колоида и нано честица (Стоилковић, 2010, 2018). Овде наводимо само један пример (Сл. 4).



Слика 4: Крива међудејства два атома натријума је слична Бошковићевој кривој (Сл. 1). (Φ је енергија; r је растојање између атома; тачке су експериментални резултати; пуне линије су теоријска очекивања.) (Croxtton, 1974).

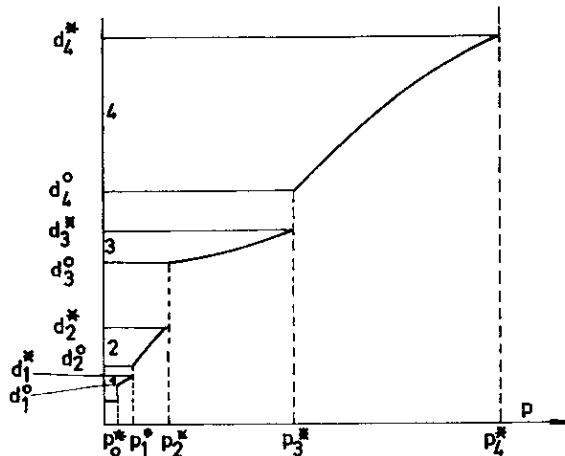
2. ФИЗИЧКА И МАТЕМАТИЧКА АНАЛОГИЈА БОШКОВИЋЕВЕ ТЕОРИЈЕ И ТЕОРИЈЕ САВИЋ-КАШАНИН (Stoiljković, 2005c,d)

Од настанка Бошковићеве теорије (Boscovich, 1758) па до појаве теорије Савић-Кашанин (Savić, Kašanin, 1962) постоји раздобље од читаво два века. Прва теорија се темељи на закону континуитета и полази од начела класичне Њутнове механике, а друга свој основ има у квантној механици. Кад се узме у обзир да је Бошковић свој закон сила углавном примењивао на примарне елементе материје (непротежне и недељиве тачке), као и на честице првог и другог реда, а да Савић и Кашанин своја разматрања усредсређују на честице „од атома до небеских тела“ (Savić, 1978), тада нам се чини да су полазишта,

а и предмети ове две теорије потпуно различити. Но, ипак има много заједничког у обе теорије. Пре свега то је дијалектичка основа и једне и друге теорије (Stoiljković, 1979; Стоиљковић, 2010).

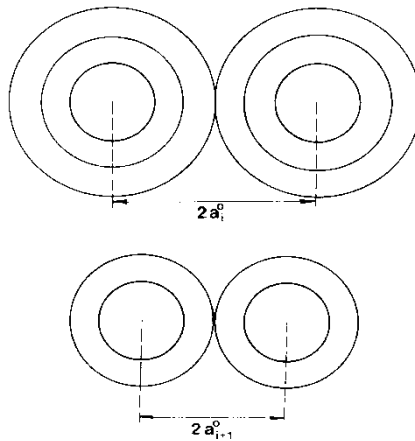
Размотримо прво сличности и разлике ових теорија при тумачењу згушњавања при сажимању материје. Густина материје представља однос између масе и запремине тела које се састоји од великог броја честица. Бошковићев закон сила и тада важи; две по две честице сачињавају парове који се покуравају његовом закону сила. По Бошковићу, ако се расуте честице сажимају, тада се **густина тела постепено мења, без икаквих скокова** (Boscovich, 1763 одељак 51). Скоковита промена густине није могућа, јер „ако би нека одређена густина трајала један сат, те ако би се тада у временском тренутку подвостручила у другу, која ће исто тако трајати идући сат, у временском тренутку који дели сатове ће морати да постоје две густине заједно, тј. она једнострука и она двострука...“ (Boscovich, 1763 одељак 52). Тело би у том тренутку имало две густине, што је непојмљиво.

До које мере може ићи сажимање материје? Бошковић сматра да „као што нема границе у повећању разређености, тако нема никакве границе повећању густине“ (Boscovich, 1763 одељак 89). Савић и Кашанин, пак, сматрају да се при сабијању материје наизменично смењују интервали постепене и скоковите промене густине (Сл. 5) (Savić, 1978). Густина се постепено мења од d_1^0 до d_1^* у интервалу притиска од p_0^* до p_1^* . Затим при p_1^* настаје скоковита промена густине од d_1^* до d_2^0 . Све до притиска p_2^* је опет интервал постепене промене густине, затим опет скоковита промена итд. Материја може имати само оне вредности густине које одговарају интервалима 1, 2, 3, 4... Сваком интервалу одговара једно фазно стање материје у коме се густина постепено мења. Прелазак из једне фазе у другу је скоковит у погледу промене густине.



Слика 5: Промена густине материје (d) са променом притиска (p) од почетка (0) до краја (*) фаза према теорији Савић-Кашанин.

Узроке оваквим наизменично скоковитим и постепеним променама густине материје Савић и Кашанин траже у квантно-механичким законима, којима се описују структура и својства атома. При приближавању атома настаје тренутак када су они довољно близу један другом да им се путање спољних електрона „додирну“. То Савић и Кашанин приказују орбиталама (Сл. 6) позивајући се на Боров модел атома. (Међутим, то је истоветно са Бошковићевим орбиталама на Сл. 2 и 3). Пошто у истој путањи не могу бити више од два електрона (Паулијево начело забране), даље сажимање је могуће само ако електрони напусте дотадашњу путању и отисну се од атома тражећи нова пространства за сопствено кретање. А атоми, огољени због одбеглих електрона, могу се даље зближавати све док се поново не „додирну“ преосталим спољним електронима. „Како су електрони распоређени по дискретним, размакнутим нивоима, који су одсечно одвојени једни од других..., биће њихово приближавање под притиском у скоковима. Сагласно томе се и густине материјала под притиском морају мењати у скоковима или одсечним прелазима с једне вредности на другу“ (Savić, 1978 стр 70).



Слика 6: Приказ скоковитог приближавања атома под притиском где се уочава скоковита промена полупречника дејства ($a_i^0 > a_{i+1}^0$) (Savić, 1978).

Густина тела се постепено мења, без икаквих скокова – тврди Бошковић. Густина материје под притиском се мора мењати у скоковима – тврде Савић и Кашанин. Бошковић, грађанин 18. века, гради своја схватања на закону континуитета и класичној Њутновој физици. Савић и Кашанин потпору налазе у модерној квантној механици, која је скоро у потпуности истисла закон континуитета и Њутнову механику из микро-света. Стога се Савић и Кашанин не позивају на Бошковића, мада им је његова теорија позната. Ко је од њих у праву – Бошковић или Савић и Кашанин?

У претходном тексту смо указали на неке карике које чине спону између ових наизглед противречних схватања. Веза између Бошковићевог закона

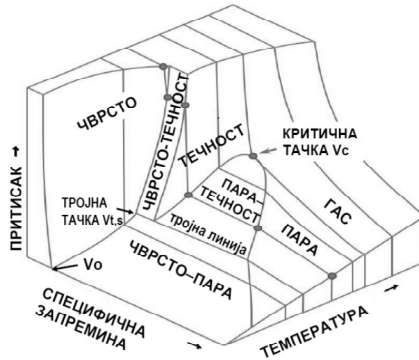
сила и савременог модела атома је остварена кроз радове лорда Келвина, Џ. Томсона, Радерфорда и Бора. То је први низ карика од Бошковића ка Савићу, будући да је Боров модел атома послужио Савићу као приказ за тумачење узрока скоковитих промена густина. Наредне карике су прорачун промене потенцијалне енергије при приближавању два атома који се заснива на квантно-механичком моделу атома (Сл. 4) и примена овог прорачуна за предвиђање својстава различитих фазних стања материје, што је описано у књигама Крокстона (Stoxton, 1974) и Портноја (Портной, К. И., Богданов, В. И., Фукс, Д. Л., 1981), мада ови аутори не наводе радове Бошковића, Савића и Кашанина. Међутим, показало се да се промена потенцијалне енергије при приближавању два атома, уз уважавање њихове дискретне квантно-механичке структуре (управо она појава коју узимају у обзир Савић и Кашанин), описује кривом која је истоветна са Бошковићевом (Сл. 1). Овим је повезан пут од Бошковића, преко Лорда Келвина, Џ. Томсона, Радерфорда, Бора, Крокстона и Порноја до Савића и Кашанина.

Штавише, и Бошковић запажа да на његовој кривој постоје размаци при којима се честице спонтано сажимају и размаци када је сажимање могуће само ако постоји спољни притисак (Boscovich, 1763 одељци 190-194). Рецимо, ако су два атома на растојању R (Сл. 1), тада је даље зближавање ових атома могуће само ако се делује спољним притиском, довољно великим да се савлада одбојни лук RQP . А када атоми дођу на растојање мање од R , међу њима делује привлачна сила и они се спонтано и убрзано приближавају; није потребан никакав спољни притисак. Кад дођу на растојање мање од N , опет се јавља одбојна сила и поново је потребно деловати спољним притиском да би дошло до сажимања материје. На Бошковићевој кривој се наизменично смењују интервали спонтаног и присилног приближавања честица.

Границе кохезије и некохезије Бошковићевој кривој (E, G, I, L, N, P, R) (Сл. 1) су почетци и завршетци појединих степеника у дијаграму Савића и Кашанина (Сл. 5). На тај начин, **сваком степенику у дијаграму Савића и Кашанина одговара један одбојни и њему суседни привлачни лук Бошковићеве криве**. Одбојном луку Бошковићеве криве одговара постепена, а привлачном луку скоковита промена густине. Штавише, сличан је смисао координата на сликама 1 и 5. На дијаграму Савића и Кашанина је на апсциси приказан притисак, тј. **сила** која делује на јединицу површине, а та **сила** је приказана као ордината на Бошковићевој кривој. А на Бошковићевој кривој је на апсциси приказан **размак** између честица, а мањем размаку одговара већа **густина**, која је приказана на ординати дијаграма Савића и Кашанина.

Није ли онда Бошковић погрешно кад је тврдио да се густина материје мора континуално мењати, без скокова? Није! Познато је да се густина скоковито мења при преласку из парног у течно, а потом из течног у чврсто стање (Сл. 7). То су фазне промене првог реда. Али су такође познати и примери код којих се, идући из једног фазног стања у друго, густина

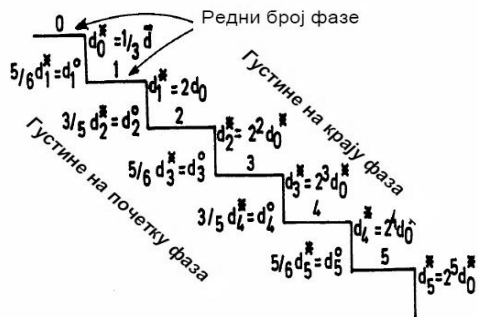
постепено мења, пролазећи кроз све међувредности. На пример, ако се пара загреје изнад температуре критичне тачке, затим се гас сажима надилазећи критичну тачку, па потом хлади до течног стања. То су фазне промене другог и вишег реда. Но у оба случаја, промена се остварује тако што делић по делић система честица прелази из једног фазног стања у друго. На том микро-нивоу прелаз је скоковит. И то је оно што описују и Бошковићева крива и дијаграм Савића и Кашанина. Али на макроскопском нивоу, промена густине је постепена. Због тога, на питање, ко је у праву Бошковић ИЛИ Савић и Кашанин, постоји дијалектички одговор: И Бошковић И Савић и Кашанин.



Слика 7: Фазна стања материје (Sirs, 1964).

Савић и Кашанин у виду једног степенасог дијаграма математички приказују промену густине материје на почетку и на крају појединих фаза (Сл. 8). Они овај закон о скоковитим променама густине нису теоријски извели из квантно-механичког модела атома, већ су на основу емпиријских података о густинама планета у Сунчевом систему дошли до правила да се густине материје (d) на крајевима појединих фаза (i) скоковито удвостручују, једн. (1).

$$d_{i+1}^* = 2 \times d_i^* \tag{1}$$



Слика 8: Математички модел Савића и Кашанина за израчунавање густина на почетку d_i^0 и на крају d_i^* појединих фаза ($i = 1, 2, 3, \dots$) (Savić, 1978).

Густине на почетку фаза се израчунавају тако што се густине на крајевима поделе са параметром α , при чему је $\alpha = 5/3$ за парну фазу, односно са $\alpha = 6/5$ за непарну фазу. Ове вредности параметара α су израчунали на основу ван дер Валсове (van der Waals) једначине стања за стварне гасове (2).

$$(P + a/V^2)(V - b) = RT \quad (2)$$

Овде су P , V и T притисак, молска запремина и апсолутна температура гаса, редом; a и b су константе различите за поједине гасове; R је универзална гасна константа.

Из једн. (2) следи да константа b , тзв. „коволумен“, представља запремину V_0 , коју би гас имао на апсолутној нули, тј. при $T = 0$ К (Сл. 7). Показано је да из једн. (2) следи да је b једнако трећини запремине коју материја има у критичној тачци (V_c на Сл. 7) (Sirs, 1964). Савић и Кашанин за израчунавање параметра α узимају наведене односе ових запремина (3), што је једна од битних претпоставки за добијање њиховог математичког модела (слика 8).

$$b = V_0 = V_c/3 \quad (3)$$

Зна се да је специфична запремина материје (V) једнака реципрочной вредности густине (d) (4), тако да је једноставно израчунавати вредност једне од њих ако је друга позната.

$$V = 1/d \quad (4)$$

Друга важна претпоставка Савића и Кашанина за добијање математичког модела је да баш на крају нулте фазе материја има запремину, односно густину, која одговара критичној тачци V_c (5).

$$d_0^* = 1/V_c \quad (5)$$

Наведени математички модел (Сл. 8) су Савић и Кашанин применили за израчунавање средње густине планета у Сунчевом систему и резултате прорачуна упоредили са астрономским подацима који су им тада стајали на располагању. Према њиховом прорачуну нека планета треба да има густину $0,67 \text{ g/cm}^3$, што приближно одговара густини Сатурна ($0,65 \text{ g/cm}^3$). За једну групу планета је израчуната густина $1,33 \text{ g/cm}^3$, што одговара густинама Јупитера, Урана и Нептуна. За другу групу планета је израчуната густина $5,33 \text{ g/cm}^3$, што одговара густинама Земље, Венере и Меркура. Слагање израчунатих и измерених вредности је веома добро. Велико неслагање је једино у случају средње густине Марса која би по прорачуну требало да буде $5,33 \text{ g/cm}^3$, а емпиријска вредност је $3,94 \text{ g/cm}^3$. Савић и Кашанин су

сматрали да је њихов прорачун исправан, а ово неслагање су приписали грешци астрономског податка о полупречнику Марса.

3. ПРИЛАГОЂАВАЊЕ СТЕПЕНАСТОГ ДИЈАГРАМА САВИЋА И КАШАНИНА ЕМПИРИЈСКИМ ПОДАЦИМА

Запазили смо да су они извођење свог математичког модела (слика 8) засновали на неколико теоријских претпоставки, од којих три нису у складу са новијим емпиријским подацима. Прва претпоставка: емпиријски подаци показују да нису тачни односи дати изразом (3), већ изразом (6).

$$V_c = 2 b = 4 V_0 \quad (6)$$

Друга претпоставка: разматрање сажимања гасовитог етилена је показало да заиста настају различите фазе (Stoiljković, 1981). Међутим, етилен има густину једнаку критичној на крају прве, а не на крају нулте фазе како су претпоставили Савић и Кашанин (израз 5).

Трећа претпоставка Савића и Кашанина је да је почетно (нулто) стање материје пре сажимања заправо стање разређеног гаса. Познато је да је његова густина блиска нули. Међутим, према њиховом степенастом моделу (слика 8), почетак нулте фазе има неку већу густину, што није у складу са њиховом претпоставком.

Зато смо ми израчунали параметре α у складу са наведеним емпиријским чињеницама (Stoiljković, Масановић, Рошарас, 1995): уместо $5/3$ и $6/5$, као код Савића и Кашанина, параметри $\alpha(i)$ имају вредности према изразу (7). На основу израза (1), (4) и (6) се може закључити да запремине материје на крајевима прве, друге и треће фазе одговарају критичној запремини (V_c), коволумену (тј. ван дер Валсовој константи b) и запремини материје на апсолутној нули (V_0).

$$\alpha(i) = V_i^0/V_i^* = d_i^*/d_i^0 = 2^{1/i} \quad (7)$$

где је i је редни број фазе; $i = -1, 0, 1, 2, 3, \dots$

Кад се овим прилагођеним параметрима (7) помноже запремине на крају фаза, добијају се запремине на почетку фаза (8). Показало се да и запремине на почетку фаза имају одређени физички смисао: V_M одговара запремини, коју окупирају појединачни ротирајући молекули; b_0 је запремина чврсте сфере, коју окупирају два молекула на растојању при ком је потенцијална енергија једнака нули према познатом Ленард-Донсовом моделу; $V_{t,s}$ је запремина чврсте фазе у тројној тачци (Сл. 7).

$$V_x/V_c = 1/2^{i-1} \quad (8a)$$

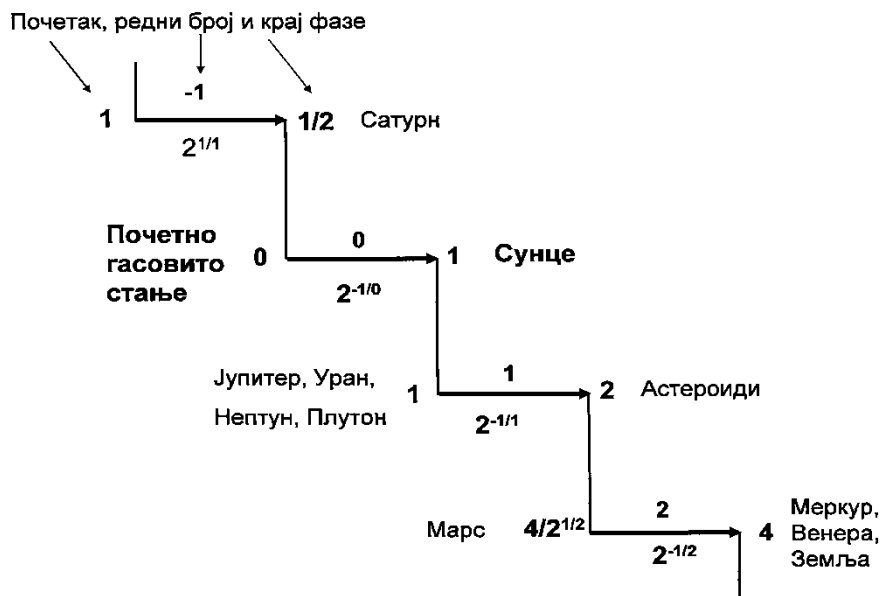
где је $V_x = V_c, b, V_0$ за $i = 1, 2, 3$ (редом).

$$V_y/V_c = 2^{1/i}/2^{i-1} \quad (86)$$

где је $V_y = b_0, V_{t,s}$ за $i = 2, 3$ (редом).

3.1 Израчунавање средње густине планета нашим степенастим моделом

На основу наведеног је добијен наш математички модел који приказује однос средње густине планета и густине Сунца (Сл. 9).



Слика 9: Однос средње густине планета и густине Сунца ($d_s=1,41 \text{ g/cm}^3$) према нашем моделу (Стоиљковић, 2010; Stoiljković, 1986, 2016).

Имајући у виду да је средња густина Сунца једнака $1,41 \text{ g/cm}^3$, израчунали смо средње густине планета (Таб. 1). Слагање са емпиријским подацима је веома добро. Уз то, за разлику од степенастог модела Савића и Кашанина (Сл. 8), наш модел (Сл. 9) показује да средња густина Марса треба да буде 4 g/cm^3 , што је блиско емпиријским подацима. На основу нашег модела, у Сунчевом систему могло би да постоји небеско тело (или више тела) средње густине $2,8 \text{ g/cm}^3$, што приближно одговара густинама астероида (2,0 до $3,5 \text{ g/cm}^3$).

Табела 1: Средње густине планета у Сунчевом систему (Стоилковић, 2010; Stoiljković, 1986, 2016)

Планета	Емпиријски подаци	Средња густина (g/cm^3) израчуната помоћу	
		модела Савића и Кашанина (слика 8)	нашег модела (слика 9)
Меркур	5,43	5,33	5,64
Венера	5,25	5,33	5,64
Земља	5,52	5,33	5,64
Марс	3,93	5,33	4,00
Јупитер	1,33	1,33	1,41
Сатурн	0,71	0,67	0,71
Уран	1,27	1,33	1,41
Нептун	1,77	1,33	1,41

Средња густина Плутона (који је недавно избрисан из списка планета) би према нашем моделу могла бити $1,41 \text{ g/cm}^3$ што је у складу са неким емпиријским подацима ($1,75 \text{ g/cm}^3$), мада се у литератури могу наћи и друге веома различите вредности.

Смер згушњавања је стрелицом означен на Сл. 9. Ако би Сатурн следио тај смер, тада не би дошло до његовог згушњавања, већ ширења до стања разређеног гаса. Другим речима, према овом нашем моделу планета Сатурн не може да се згусне.

ЗАКЉУЧАК

Закон природе, по коме се густине материје на крају појединих фаза односе према изразу $d_{i+1}^* = 2 \times d_i^*$, кога су учили Савић и Кашанин анализирајући густине планета у Сунчевом систему, има далеко дубљи смисао него што су му сами аутори приписали. Тумачећи скоковите промене у густини материје скоковитим преласком електрона са једне путање на другу, Савић и Кашанин су, додуше несвесно, у своју теорију уградили и Бошковићев закон о узајамном деловању честица материје. Сваком степену у дијаграму Савића и Кашанина одговара један пар суседних лукова Бошковићеве криве. Ова сличност, као и заједничко дијалектичко језгро обе теорије даје обема универзалност својствену општим законима природе на чијим темељима почива велелепно здање савремене науке. И док је Бошковићева теорија еволуирала од узајамног деловања „непротежних тачака материје“ до квантног модела атома, одатле теорија Савића и Кашанина наставља описујући како ти исти атоми граде планете у Сунчевом систему.

Стога и није изненађујуће да је уродио плодом и наш покушај да у степену Савића и Кашанина и Бошковићеве лукове уградимо молекулске и

надмолекулске честице. Тако смо добили да запремине на почетку и на крају сваке фазе представљају карактеристичне запремине материје. То су универзална стања материје, једнозначно одређена природом саме материје и Бошковићевим законом сила.

Литература

- Boscovich, R.: 1745, *De viribus vivis*“; видети Martinović, I.: 1987, *Filozofija znanosti Ruđera Boškovića*“, Filozofsko-teološki institut Družbe Isusove, Zagreb, 57-88.
- Boscovich, R.: 1758, *Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, Већ (прво издање); 1763, Венеција, (друго издање); 1922 и 1966, *A Theory of natural philosophy*, Open Court, London и The Massachusetts Institute of Technology, M.I.T. Press, Cambridge (редом); 1974, *Teorija prirodne filozofije svedena na jedan jedini zakon sila koje postoje u prirodi*“, (dvojezično: latinski i hrvatski), Liber, Zagreb.
- Croxton, A. C.: 1974, *Liquid State Physics – A Statistical Mechanical Introduction*“, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gill, H. V.: 1941, *Roger Boscovich S. J. – Forerunner of Modern Physical Theories*“, M. H. Gill and Son, Ltd., Dublin.
- Портной, К. И., Богданов, В. И., Фукс, Д. Л.: 1981, *Расчет взаимодействия и стабильности фаз*“, „Металлургия“, Москва.
- Savić, P., Kašanin, R.: 1962, *The Behaviour of the Materials Under High Pressures*, Serbian academy of sciences and arts, Monographs, Vol. 351, Section for Natural Sciences and Mathematics, No. 29, Beograd.
- Savić, P.: 1978, *Od atoma do nebeskih tela – poreklo rotacije nebeskih tela*, друго izdanje, „Radivoj Ćirpanov“, Novi Sad.
- Sirs, F. V.: 1964, *Uvod u termodinamiku, kinetičku teoriju gasova i statističku mehaniku*, Vuk Karadžić, Beograd,. (Original: Sears, F. W.: 1953, *An Introduction to Thermodynamics, the Kinetic Theory of Gases and Statistical Mechanics*, Addison-Wesley Publishing Co.)
- Stoiljković, D.: 1979, *Dijalektičko-materijalistička osnova teorije Savić-Kašanin o ponašanju materije pri visokim pritiscima i o nastanku rotacije nebeskih tela*“, *Dijalektika*, **14**, 137-157.
- Stoiljković, D.: 1981, *Mehanizam i kinetika polimerizacije etilena pri visokom pritisku*, doktorska disertacija, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
- Stoiljković, D.: 1986, *Karakteristične zapremine materije – izračunavanje, smisao i značaj*, plenarno predavanje, Zbornik radova sa V Sastanka hemičara Vojvodine, Kikinda, 18.-20.09.1986.
- Stoiljković, D.: 2005, (a) *Teorija Ruđera Boškovića kao putokaz ka kvantnoj mehanici*“, *Arhe*, 2(4)181; (b) 2018, *Praotac kvantne teorije*, *Nova Galaksija*, Бр. 1, 86-92; *Sažimanje materije - Odjeci Boškovićeve shvatanja u teoriji Savić-Kašanin*, (c) *Flogiston*, br. 13, 43-52; (d) *Vasiona*, 53 (4) 178-184.
- Стоиљковић, Д.: 2008, *Руђер Бошковић – претеча савременог схватања структуре атома*, Хемијски преглед, **49** (3), 54-57.
- Стоиљковић, Д.: 2010, *Руђер Бошковић – утемељивач савремене науке*, Петничке свеске 65, Истраживачка станица Петница.

- Stoiljković, D. 2016, *Calculation of mean density of solar planets by modified Savich-Kashanin method*", XVII National conference of astronomers of Serbia, 23-27 September 2014, Belgrade, Publ. AOB No. 94 DAS No.1 DepAstro 21, 83 – 89.
- Стоилjkовић, Д.: 2018, *Филозофски принципи изучавања природе Руђера Бошковића*“, у књизи *Руђер Бошковић – претеча модерне науке*, Издавачи Мирослав и Матица српска у Дубровнику, Београд.
- Stoiljković, D., Macanović, R., Pošarac, D.: 1995, *The correlation between characteristic volumes of matter - a mathematical model and its physical meaning*, J. Serb. Chem. Soc., **60**, 15-25.
- Thomson, J. J.: 1907, *The Corpuscular Theory of Matter*, Charles Scribner's Sons, New York.

UNIFICATION OF BOSCOVICH'S THEORY AND THE SAVICH-KASHANIN THEORY

From the theory of Roger Boscovich (1711 - 1787) to the theory of Pavle Savich (1909 - 1994) and Radivoj Kashanin (1892 - 1989) is a period of two centuries. The first theory is based on the law of continuity and starts from the principles of classical Newtonian mechanics, and the second is based on quantum mechanics. In addition, Boscovich applied his law of forces mainly to the primary elements of matter (non-extending and indivisible points), as well as to particles of the first and second order, while Savich and Kashanin focus on particles "from atoms to celestial bodies". Therefore, it seems that the theoretical approaches and subjects of these two theories are completely different. However, it is not so. In this paper, we point out the historical connection between these two theories, as well as that the Savich-Kashanin theory actually derives from Boscovich's theory.

Key words: Roger Boscovich, Pavle Savich, Radivoj Kashanin, Theory of natural philosophy, Density of solar Planets