

## ATÓMY A PRÁZDNOTA: MÁ ATOMISTICKÁ TEÓRIA ČO POVEDAŤ CHEMIKOM V 21. STOROČÍ?

LUKÁŠ KRIVOSUDSKÝ

*Katedra chemickej teórie liečiv, Farmaceutická fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, 832 32 Bratislava, Slovensko  
lukas.krivosudsky@uniba.sk*

Došlo 24.11.23, prijaté 16.5.24.

Aj keď teória atomizmu bola postulovaná gréckymi filozofmi Demokritom, Epicurom a Leukippom pred 2500 rokmi, pre chemikov zostáva stále inšpirujúca. Na mieste je otázka, ako mohla táto teória, bez vedeckých dôkazov, tak úzko korelovať so závermi odvodenými z experimentálnych výsledkov fyzikov a chemikov dosiahnutými počnúc 19. storočím. Fyzika síce vyvrátila názor o nedeliteľnosti atómov, na druhej strane subatómové častice už nenesú kvalitatívne atribúty hmoty. Napriek týmto pokrokom zostáva teória atomizmu relevantná z pohľadu experimentálneho chemika, ktorý denne pracuje s atómami, iónmi a molekulami. Atomistická teória sa opäť dostala do popredia s príchodom Daltona, ktorý prispôsobil atómy poznatkom moderného vedeckého poznania. Táto práca poskytuje stručný historický prehľad vývoja teórie atomizmu, uvažujúc o jej relevancii pre súčasné chemické pochopenie atómov a ich vlastností. Syntézou týchto perspektív vyplýva záver, že moderná veda v podstate potvrdzuje poznatky starých atomistov, ktoré pôvodne vznikli len prostredníctvom rozumu a racionálneho rozvažovania.

**Kľúčové slová:** atomizmus, atóm, prázdny priestor, Demokritos, filozofia chémie

### 1. Úvod

Antika priniesla svetu mysliteľov, ktorí bez exaktných vedeckých dôkazov, len na základe filozofického uvažovania, položili základy mnohých vied. K nim zaraďujeme aj atomistov, predovšetkým Leukippa, Demokrita a Epikura, ktorí predstavili teóriu atómov a prázdna. Z dnešného pohľadu ich môžeme považovať za prvých teoretických fyzikov či chemikov, zmieňujú sa o nich dokonca aj učebnice fyziky a chémie pre základné a stredné školy. Základná myšlienka atomizmu, a to že atómy sú najmenším nedeliteľným kvalitatívnym nositeľom vlastností látok, totiž platí dodnes. A to aj napriek tomu, že rôzne ďalšie vlastnosti, ktoré atomisti pripisovali atómom a ich správaniu, boli neskôr vyvrátené či už filozofmi alebo prírodovedcami. Fascinujúce však je, že atomisti si medzi prvými uvedomovali, že svet je zložený z neviditeľných čiastočiek, ktoré nevidíme nie kvôli tomu, že by boli neuchopiteľné či nejakej božskej podstaty, ale kvôli svojej veľkosti, či skôr malosti. Atomisti prinášajú prvú náuku o zložení sveta, ktorá popisuje nielen kvantitatívne, ale najmä kvalitatívne charakteristiky základných stavebných jednotiek hmoty – atómov. Táto myšlienka prichádza v období dávno pred objavom mikroskopu a mikroorganizmov, kedy ľudia zistili, že okrem nášho sveta „makroživota“ existuje aj „mikroživot“. Atomistická teória predbehla svoju dobu o dve tisícročia myšlienkou mikrokozmu, sveta, ktorý mohol byť vedecky skúmaný až v 18. storočí. Ernest Rutherford a Niels Bohr objavom subatómových častíc upravili

Demokritov model atómu, neskôr bol ešte vylepšený Schrödingerom. Základná myšlienka atómu ako stavebnej jednotky hmoty a nositeľa jej kvalitatívnych vlastností ale zostáva platná dodnes, čo bolo inšpiráciou k vypracovaniu tejto práce.

### 2. Predsokratovskí atomisti

#### 2.1. Spoločenské pomery

Po grécko-perzských vojnách nastali v Grécku v 5. storočí pred n. l. politické a kultúrne zmeny. Maloázijské pobrežné mestá a ostrovy strácajú na význame, ťažisko kultúrneho života sa presúva do centrálného Grécka a kolónií v dnešnom Taliansku, dominantné miesto zaujali Atény a Sparta. Rozkvet gréckej kultúry narušujú príznaky budúcej krízy aténskej spoločnosti, čo sa prejavuje aj vo vzájomných stretoch stúpcov gréckeho materializmu a idealizmu. Atomistická teória predstavuje vrchol materializmu v starovekom Grécku. Demokritom sa končí prvé obdobie vo vývine gréckej filozofie, ktoré prinieslo cenné výsledky najmä v oblasti ontológie. Nastupuje klasické obdobie gréckej filozofie zamerané hlavne na antropologickú a sociálno-filozofickú problematiku<sup>1,2</sup>.

#### 2.2. Počiatky atomizmu a Leukippos

Leukippos (pravdepodobne 500–440 pred n. l.) sa považuje za zakladateľa atomizmu, hoci o tejto osobnosti

nemáme takmer nijakú autentickú správu<sup>2</sup>. Pochádzal pravdepodobne z Milétu, Eley alebo z Abdér a mohol byť študentom Zenóna z Eley, pretože jeho atomistická teória by mohla byť odpoveďou na Zenónov paradox o pohybe a nekonečnej deliteľnosti dráhy<sup>3</sup> (pohybujúci sa predmet musí najskôr doraziť do polovice svojej cesty, potom do polovice zvyšnej cesty a tak do nekonečna, takže nikdy nedorazí do cieľa). Aj zo zlomkov sa dozvedáme, že Leukippos bol Zenónov druh [67 A 109]<sup>4</sup>, v inom zlomku Démokritov žiak [67 A 6], mohol byť aj jeho učiteľ<sup>5</sup>. Epikuros však pochybuje o jeho existencii. Naproti tomu Aristoteles tvrdí, že Leukippos skutočne existoval a pripisuje mu položenie základov atomistickej teórie<sup>3</sup>. Teofrastos z Eresu považuje Leukippa za autora diela „Veľké usporiadanie sveta“<sup>6</sup>.

Názny atomistických názorov je možné nájsť už u Pytagorejcov, ktorí hovorili o celých (nedeliteľných) číslach a o monádach (nemenná a nedeliteľná jednotlivá čiastočka, pre atomistov bol monádou atóm). Zenónov paradox o pohybe totiž mohol byť reakciou na takéto názory<sup>5</sup>. Poparmenidovskí filozofi sa osobitným spôsobom vyrovnávali s problémom bytia a zdania (začína sa o nich prejavovať pluralita), ktorý nastolil Parmenides a ktorý potvrdzujú Zenónove apórie. Empedokles rieši problém vzniku a zániku zavedením pojmov *korene* (oheň, voda, zem, vzduch), ktoré zlučovaním a rozlučovaním vytvárajú všetky súcna poháňané protikladnými princípmi *lásky* a *sváru*<sup>8</sup>. Anaxagoras považuje za základné čiastočky *semená*, ktoré obsahujú všetko (*všetko vo všetkom*, napr. v 59 B 4) a výslednú kvalitu súcna určuje prevaha niektorej zložky<sup>8</sup>.

Existujú špekulácie, že počiatky atomistickej teórie siahajú ešte ďalej. Posidonius (1. st. pred n. l., patril k Stoikom) uvádza, že staroveký grécky atomizmus je možné vystopovať až k postave menom Moschus, Mochus či Moses (Mojžiš) zo Sidónu, ktorá mala žiť v časoch Trójskej vojny (okolo roku 1200 pred n. l.). Historické dôkazy tohto názoru však neexistujú<sup>4</sup>. Diogenes Laertios zaraďuje Mochusa zo Sidónu alebo Mochusa Féničana medzi protofilozofov. Za autora atómovej teórie ho považujú aj niektorí novovekí vedci a prírodní filozofi (napríklad Robert Boyle či Isaac Newton) a dokonca ho sotožňujú s postavou proroka Mojžiša<sup>5,7</sup>.

### 2.3. Demokritos

Demokritos (asi 460–380 pred n. l.) sa považuje za vlastného tvorca atomistickej teórie. Pochádzal z Abdér v Trácii (historické územie na juhovýchodnom Balkáne medzi Egejským, Marmarským a Čiernym morom), bohaté dedičstvo po otcovi mu umožnilo veľa cestovať. Bol súčasníkom sofistov, Sokrata i Platóna<sup>2</sup>; zrejme sa poznal s Anaxagorom, od ktorého mal byť o 40 rokov mladší<sup>5</sup>. Nie sú zachované žiadne jeho diela, najviac o ňom vieme z diel Aristotela, ktorý bol jeho rivalom v otázkach prírodnej filozofie. Spomína sa jeho dielo „Malé usporiadanie sveta“. V prameňoch sa objavuje ďalšie meno, Démokratés, mohlo ísť aj o tú istú postavu. Medzi dielami

prisudzovanými týmto dvom autorom sa objavujú nezrovnalosti, to sa však netýka atomistickej teórie (ide o diela o etike)<sup>4</sup>.

Koncept atómu ako základnej nedeliteľnej čiastočky a stavebnej jednotky hmoty uznávali aj ďalší filozofi, najvýznamnejším neskorším predstaviteľom atomizmu je Epikuros<sup>2</sup>.

## 3. Atómy a prázdny priestor

„Princípmi všetkého sú atómy a prázdny priestor, všetko ostatné je fikcia...Kvality vecí sú vecou dohody, v skutočnosti existujú len atómy a prázdny priestor.“

[68 A 1]

Demokritos tvrdil, že všetko sa skladá z *atómov*, teda z hmoty, najmenších nedeliteľných čiastočiek, a z *prázdna*<sup>2</sup>. Toto učenie išlo proti duchu eleatskej náuky. Atomisti tvrdia, že atóm je vyplnený, nemenný a vnútorne neporušiteľný. Veci je možné fyzikálne deliť až na úroveň atómov, ale atómy samotné ďalej deliť nemožno – *a-tomos* znamená nedeliteľné<sup>8</sup>. Takzvaným miešaním, čiže prestavbou teliesok, sa miešané veci rozkladajú na malé telieska. To sa deje zmenou polohy. Od začiatku nieto telies, ktoré by boli zmiešané. Miešaním si každé teliesko zachováva prirodzenosť, ktorú malo aj pred zmiešaním. To, že telieska sú zmiešané, sa nám zdá preto, lebo naše zmysly nemôžu samostatne vnímať nepatrné telieska ležiace vedľa seba [68 A 64].

Atomisti zavádzajú aj pojem *prázdna*, čiže prázdny priestor alebo *nesúcno*. Keďže atómov je nekonečne veľa, je aj prázdny priestor nekonečný. Ak by bol priestor nekonečný, ale atómov iba obmedzený počet, hrozilo by, že sa v priestore rozplynú<sup>8</sup>. Podľa Demokrita vesmír (atómy a prázdno) existujú odnekonečna, pretože ho nikto nijakým spôsobom nestvoril [68 A 39]. Atomisti ešte tvrdia, že prázdny priestor sa nachádza nielen vo svete, ale aj mimo neho [67 A 20], že v nekonečnom prázdnom priestore je nekonečné množstvo svetov, ktoré pozostávajú z nekonečného množstva atómov [67 A 21]; a tiež že svet je zničiteľný [67 A 22] a duša hynie spolu s telom [68 A 109]. Leukippos nazýva atómy a prázdny priestor *prvkami* [67 A 1].

Zatiaľ čo *prázdnu* atomisti prisudzovali len jednu vlastnosť (kvalitu) – jeho nekonečnosť, *atómy* majú mnoho vlastností. Sú nekonečné nielen počtom, ale aj veľkosťou, pohybujú sa vo vesmíre vírivým pohybom a vytvárajú takto všetky zloženiny, oheň, vodu, vzduch a zem. Všetko je spojením určitých atómov. Atómy sú nezničiteľné a nezmeniteľné [67 A 1]. Tu je možné pozorovať významný pokrok oproti dovtedajšiemu pohľadu na živly. Až u atomistov sa stretávame s názorom, že aj živly sú zložené zo základných čiastočiek, teda atómov. Z tohto pohľadu sa im nevyrovná ani Anaxagorova náuka o homoimériách (semenách), ktorá je k atomistickým názorom najbližšie, pretože Anaxagoras považoval napríklad vodu a oheň za samotné homoimérie a nie súcna z nich zložené (59 B 43).

Atómy nie sú identické, líšia sa tvarom (ako písmená A a N), usporiadaním (AN a NA) a polohou (I a H) [67 A 6; 7]. Druh atómov, z ktorého je určitý predmet zložený, určuje jeho kvalitu. Napríklad Slnko a Mesiac sa skladajú z hladkých a okrúhlych atómov, rovnako aj duša (ktorá je totožná s rozumom) [67 A 1]. „Duša je ohnivá sústava, zložená z teliesok, ktoré možno zachytiť iba rozumom, majú guľovitý tvar a ohnivú silu a sú teda hmotnej prirodzenosti“ [68 A 102]. Podľa Demokrita (aj Epikura) je teda duša zničiteľná a hynie spolu s telom [68 A 109]. Tvar atómov určuje aj chuť. Napríklad sladkú chuť spôsobuje okrúhly a pomerne veľký tvar, trpké spôsobuje veľký, drsný, mnohouhlý a nezaokrúhlený tvar, kyslé spôsobuje tvar s ostrými uhlami, hranatý, ohnutý, tenký a nezaokrúhlený atď. [68 A 129].

Podľa Demokrita sú atómy bezfarebné, farba sama o sebe neexistuje, ale je výsledkom polohy atómov. Vnímateľné vlastnosti vznikajú z atómov a možno ich pochopiť len rozumom [68 A 123, 68 A 124, 68 A 125]. „Vidieť teda znamená prijímať zobrazenie z videných vecí. Zobrazenie je podoba objavujúca sa na šošovke. Z vecí sa odlučujú akési obrázky podobné veciam, od ktorých sa odlučujú, vpadajú do očí pozerajúcich a takto vzniká videnie [67 A 29]. Vnímanie zrakom vzniká preto, že od každej veci niečo neustále odteká“ [68 A 135]. Videnie je teda zobrazenie len v oku – Aristoteles kritizuje Demokrita a pokladá za absurdné, že Demokritos nevysvetľuje, prečo vidí len oko a nie všetky objekty, v ktorých sa tiež zobrazujú obrázky [68 A 121]. Aristoteles podotýka, že Demokritos redukuje všetko vnímanie na dotyk, teda že každý zmysel je určitým druhom hmatu [68 A 119]. Podľa Demokrita je aj zvuk hmotný [68 A 127].

Demokritos hlásal jeden druh pohybu, nárazom. Atómy sú od prírody nepohyblivé, pohybujú sa v dôsledku úderu. Epikuros neskôr tvrdil, že atómy sa pohybujú v dôsledku tiaže a váhy [68 A 47].

Leukippos a Demokritos nadväzujú na Parmenidovu filozofiu, ale pokiaľ ide o súcno, idú opačnou cestou. Parmenides tvrdil, že vesmír je jediný, trvá od večnosti a nie je nekonečný, o nesúcne neuvažoval. Atomisti naopak hlásali, že atómov je nekonečný počet, sú v ustavičnom pohybe, majú nekonečný počet tvarov a pri veciach dochádza k neustálemu vzniku a zmene. Tiež tvrdili, že súcno neexistuje o nič skôr ako nesúcno [67 A 8]. Na atomistickú teóriu reaguje aj Platón, ktorý opäť popiera existenciu prázdneho priestoru [67 A 7].

Leukippos a Demokritos sú prísni deterministi a Démokritov materializmus zachádza do takého extrému, že aj dušu a samotné myslenie pokladá za určitý druh atómov. Ešte dôležitejšie však je, že atomisti nepociťujú potrebu zavádzať hybnú silu, ktorá by atómy a teda vlastne všetko riadila. Anaxagorov *Nús* či Empedoklova *láska a svár* už zrazu nie sú potrebné. Demokritova náuka rieši

aj Zenónove apórie o mnohosti a o pohybe, keďže deliteľnosť *ad infinitum* nie je podľa neho možné.

### 3.1. Poznanie

„Úbohá myseľ, od nás [zmyslov] si prevzala svoje dôkazy a potom nás zavrhněš...[ale] naše zavrnutie je tvojim pádom.“

[68 B 125]

Atomisti si mysleli, že vnemy sú aké sú len na základe dohody, teda na základe zdania a našich stavov. Okrem prvotných princípov (atómy a prázdny priestor), nemožno nič iné zachytiť, lebo len ony existujú skutočne [67 A 32]. Démokritos upiera zmyslom poznanie javov, podľa neho poznanie zodpovedá subjektívnemu zdaniu. Chute, teplé a studené ako aj farby sú len vecou dohody. V diele *Dôkazy* zavrhuje hodnovernosť zmyslov. Poznávame totiž len to, čo sa mení podľa stavu nášho tela a na základe atómov, ktoré doň vnikajú a stavajú sa mu do cesty [168 B 9-10]. Aj Leukippos tvrdil, že všetko dianie je len fantázia a zdanie, že sa všetko javí tak ako veslo vo vode [67 A 33]. Preto Démokritos vraví, že alebo vôbec nič nie je pravdivé, alebo aspoň nám to nie je zjavné. Pretože však považovali zmyslové vnímanie za poznanie, je nevyhnutne pravdivé to, čo sa javí prostredníctvom zmyslového vnímania [68 A 112].

### 3.2. Súčasný pohľad na Démokritovu teóriu

Myšlienka nedeliteľnosti atómu bola vedecky vyvrátená objavom subatómových častíc (protón, neutrón, elektrón a ich stavebné jednotky), ale len vo fyzikálnom zmysle. Z chemického pohľadu, tak ako o svojej teórii asi uvažoval Démokritos\*, sa jej platnosť nezmenila. Ak totiž atóm stratí niektorú zo svojich subatómových častíc, napríklad elektrón, tento si po odtrhnutí sa od svojho „materského“ atómu „nepamätá“, od ktorého atómu sa oddelil. Inými slovami, subatómové častice všetkých atómov sú rovnaké. Preto subatómové častice už nemožno považovať za nositeľov vlastností makroskopických objektov. Len atóm ako celok, od neho odvodené častice (ióny) alebo zloženiny (molekuly), dávajú hmotu, ktorú tvoria, jej kvalitatívne vlastnosti. Démokritovo miešanie teliesok môžeme prirovnať k chemickému zlučovaniu a rozkladu atómov a molekúl. Ako správne poznamenal, podstata atómov sa pri týchto dejoch nemení a ďalším zlučovaním alebo rozlučovaním možno získať pôvodné atómy.

Svetlo podľa súčasnej fyziky prejavuje korpuskulárne-vlnový dualizmus, pri určitých javoch sa správa ako častica a pri iných ako vlna, takže Démokritos nebol ďaleko od pravdy keď tvrdil, že vnímanie zrakom vzniká tak, že z predmetov okolo nás stále niečo „odteká“ (t.j. svetlo).

\* Démokritos a podobne zmýšľajúci filozofi boli považovaní za fyzikov. O chemikoch v tom čase nemohlo byť reči, neexistovala ešte ani alchymia.

V prípade všetkých ostatných zmyslov je vnímanie spôsobené skutočnou chemickou (chuť, čuch, hmat) alebo fyzikálnou (sluch, hmat) interakciou medzi atómami vnímajúceho a vnímaného, pričom dnešnému termínu *interakcia* zodpovedá *dotyk* – pojem, ktorý použil Aristoteles pri kritike Démokrita.

Zaujímavý je aj pohľad na koncept prázdneho priestoru a vesmíru a previazanosti s počtom atómov v ňom. Známý je Einsteinov výrok „Existujú dve nekonečné veci: vesmír a ľudská hlúposť. O tej prvej si nie som istý“. Čoraz viac fyzikov pripúšťa, že vesmír môže byť v istom zmysle konečný. Chabým argumentom môže byť aj jav rozpínania vesmíru (nekonečne veľký objekt nemôže zväčšovať svoju veľkosť). V tejto súvislosti je známa aj práca S. Hawkinga, ktorý dokázal, že vesmír je konečný, hoci nemá hranicu. V zmysle učenia atomistov by to potom znamenalo, že vesmír je konečný a atómov musí byť konečný počet, prípadne naopak (pôvodná myšlienka) – vesmír je nekonečný takže aj atómov musí byť nekonečný počet. Súčasná fyzika sa teda skôr prikláňa k prvej možnosti a podľa najsmelších odhadov sa v pozorovateľnom vesmíre nachádza  $10^{80}$  atómov<sup>9</sup>.

#### 4. Epikuros: Úprava atomistickej teórie

Učenie Epikura sa vyvíja paralelne so stoickým učením, ku ktorému má Epikuros blízko vďaka podobnému chápaniu etiky. Odlišujú sa najmä vo fyzike, kde sa Epikuros opiera o atomizmus, s ktorým sa zoznámil pravdepodobne prostredníctvom Nausifana<sup>2</sup>. Na rozdiel od jeho predchodcov Leukippa a Démokrita, Epikuros už nie je prísny determinista a atómom prisudzuje určitú voľnosť, ktorá má oporu v dodatočnej vlastnosti atómov, ktorú Epikuros zavádza – a to je tiaž. Pri pohybe atómov tiež spôsobuje určitú *odchýlku* – podobne ako u človeka zohráva úlohu *slobodné konanie*.

Je zaujímavé, že Epikurovo učenie o atómoch ako aj celá jeho filozofia nie je výrazne ovplyvnená jeho najvýznamnejšími predchodcami, Platónom a Aristotelom. Je to zrejme spôsobené aj tým, že pokým Platón sa prírodným skúmaniam veľmi nevenoval, Aristoteles bol azda najväčším odporcom Démokritovej atomistickej teórie.

Epikuros nemal žiadnych významnejších žiakov. Po skončení helenistického obdobia s nástupom kresťanstva učenie o atómoch upadá do nezáujmu a zažíva opätovný vzostup až v novoveku spolu s formovaním jednotlivých prírodných vied.

##### 4.1. Epikuros

Epikuros (341–270 pred n. l.) sa narodil na ostrove Samos a neskôr sa usadil natrvalo v Aténach. Svoju filozofickú školu založil v záhrade, ktorá dostala meno „Epikurova záhrada“. Bol umiernený hedonista, kládol dôraz na očistenie mysle človeka od nesprávnych mienok.

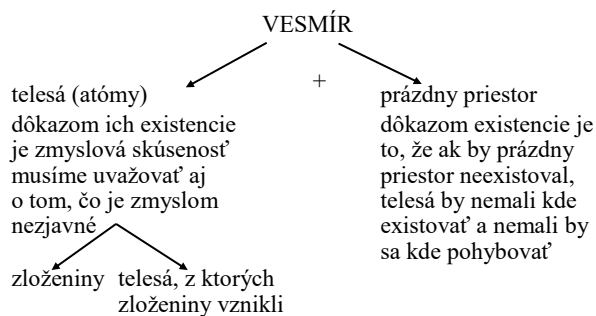
Zachovalo sa asi 40 prác, ktoré sa spomínajú v súvislosti s jeho menom. Najdôležitejšími prácami sú

*Listy*, v ktorých poskytuje výťah svojej filozofie a podáva ho spôsobom zrozumiteľným pre nefilozofov. Ide o *List Herodotovi* (o teórii atómov), *List Pythoklovi* (o astronómii a meteorológii) a *List Menoikeovi* (o etike)<sup>2</sup>.

##### 4.2. Epikurova atomistická teória

Ucelený prehľad Epikurovej atomistickej teórie Epikuros poskytuje vo svojom *Liste Herodotovi*, ktorý je dostupný z Diogena Laertia, X 28 – 154 (cit.<sup>10</sup>).

Epikuros tvrdí, že pri skúmaní treba brať ohľad na zmyslovú činnosť a na predstavy mysle, ako aj na aktuálne citové stavy. Skúmaním môžeme poznávať veci zjavné a nezjavné. Pri veciach nezjavných sa drží línie Parmenidovskej filozofie a tvrdí, že „nič nevzniká z nesúcna“<sup>10</sup>. Hovorí, že vesmír sa nemení, pretože neexistuje nič, na čo by sa mohol premeniť – „mimo vesmíru niet ničoho, čo by mohlo doň vniknúť a spôsobiť zmenu“<sup>10</sup>. Epikurovo rozdelenie nezjavných vecí je nasledovné:



Epikuros nadväzuje na Démokritovo učenie a rovnako tvrdí, že základné telesá (atómy) sú nedeliteľné a nemeniteľné, lebo ak by tomu tak nebolo, „všetko by zaniklo v nesúčno“<sup>10</sup>. Nekonečnosť vesmíru vysvetľuje tým, že „obmedzené má krajný bod“, ten však vidíme len vtedy, ak sa niečo nachádza vedľa neho a to v prípade vesmíru možné nie je. Podobne ako Démokritos sa nazdáva, že existuje nekonečne veľa teliesok a veľkosť prázdneho priestoru je nekonečná<sup>10</sup>.

Démokritos tvrdil, že jednou z vlastností, v ktorej sa atómy od seba líšia, je ich tvar. Epikuros k tomu dodáva, že telieska majú „nerozlíšiteľný počet rozličných tvarov“ – teda počet rozdielov v tvaroch nie je nekonečný, ale len neurčitelný<sup>10</sup>. Pohyb atómov je nepretržitý a spôsobujú ho dva faktory: 1. prázdny priestor, ktorý atómy oddeľuje; 2. tvrdosť atómov, ktorá spôsobuje ich vzájomné odrazy. Epikuros sa zamýšľal nad zložením vesmíru a argumentuje, že tak ako existuje nekonečný počet atómov, nič nebráni tomu, aby tieto dali za vznik nekonečnému počtu rôznych svetov, ktoré sú alebo podobné alebo odlišné od nášho. Keďže je atómov nekonečný počet, nemohli sa všetky spotrebovať len na vznik jedného sveta<sup>10</sup>.

Významným pokrokom v Epikurovej filozofii je zavedenie pojmu „odtlačok“ atómu, ktorý nazýva *eidol*. Odtlačky majú rovnaký tvar ako ich materské telieska, ale jemnosťou zloženia sa veľmi odlišujú od predmetov, ktoré vidíme. Sú to akési *emanácie*, či výrony, ktoré zachováva-

jú pôvodnú polohu a poradie atómov. Zatiaľ čo atómom sa do cesty stavajú prekážky (iné atómy, zloženiny), eidoly majú „neprevýšiteľne jemné zloženie“ ako aj rýchlosť – nič sa im nestavia do cesty, prenikajú všetkým a všade<sup>10</sup>.

Rýchlosť eidolov je teda najväčšia možná a podľa Epikura sa eidoly tvoria rýchlosťou myšlienky. Videnie potom vzniká tak, že sa vo vzduchu za sebou zostavujú obrázky. Hovorí o vibrácii atómov, v dôsledku ktorej tieto obrázky vznikajú a šíria sa. Pokiaľ ide o naše vnímanie obrázkov, naša myseľ ho môže vyhodnotiť nesprávne – ako lož alebo omyl. Je to totiž vec, ktorá ešte len „čaká“ na to, či bude potvrdená alebo vyvrátená. Podobne vzniká aj počúvanie. Pri čuchu sa emanujú častice z predmetu a náš vnem je príjemný, ak sú častice usporiadané, alebo nepríjemný, ak sú neusporiadané<sup>10</sup>.

Epikuros teda považuje atómy za nezjavné veci, a preto nemajú vlastnosti vnímaných vecí, okrem:

- tvaru,
- tiaže,
- veľkosti.

Tiaž je vlastnosť, ktorú Epikuros doplnil k pôvodným Demokritovým úvahám. K veľkosti atómov dodáva, že atómy nemajú všetky veľkosti, ale ich počet je obmedzený, pretože nie je potrebné, aby bol nekonečný. Zloženiny totiž vznikajú „premiestnením atómov, občas aj zmenou ich počtu“<sup>10</sup>. Ďalej hovorí, že vzhľadom na to, že telesá sú ohraničené, musia sa skladať aj z ohraničeného počtu atómov, teda delenie donekonečna nie je možné – definuje takzvané *vnímateľné minimum*.

K rýchlosti šírenia atómov ešte dodáva, že v prázdnom priestore bez prekážok je rovnaká. Až kým sa atóm nestretne s prekážkou, šíri sa rýchlosťou myšlienky. Duša je podľa Epikura zložená z „jemných častíc, ktoré sú rozptýlené po celom tele ako vanúci vzduch“<sup>10</sup>.

#### 4.3. Význam Epikurových úprav

Nie je možné s istotou tvrdiť, že Epikuros vo svojej verzii atomistickej teórie reaguje na zásadné Aristotelove výhrady voči skoršej Demokritovej verzii. Keďže Epikuros nebol členom Aristotelovej školy, nie je celkom jasné, do akej miery mu boli jeho spisy dostupné. V každom prípade však Epikurova fyzika rieši nedostatky Demokritovej teórie atómu a prázdneho priestoru a tiež odpovedá na Aristotelove námietky.

Významným prvkom v Epikurovej atomistickej teórii je rozlíšenie atómu, ktorý je nedeliteľný, a najmenšieho mysliteľného minima – atómy sami nie sú týmito minimami. Častice s najmenšou veľkosťou by totiž nemali mať žiadne hrany a žiaden tvar, takže ak by sa dva atómy dotýkali, mali by úplne splynúť. Epikuros ďalej tvrdí, že čas nie je kontinuálny, ale je delený, podobne ako pohyb. Ďalej tým, že atómy sú v neustálom pohybe, nedochádza k strate energie (platí zákon zachovania energie) a súčasne je dodržaná entropia – atómy sa „snažia“ dosiahnuť stav najvyššej možnej voľnosti.

Na rozdiel od atómov, ktoré sa pohybujú najvyššou možnou rýchlosťou, makroskopické objekty sa pohybujú oveľa menšími rôznymi rýchlosťami.

## 5. Aristotelova kritika

Aristoteles vo svojom diele *Metafyzika* kritizoval atomistickú teóriu navrhnutú Demokritom. Argumentoval proti existencii nedeliteľných častíc (atómov) a tvrdil, že všetko je zložené zo štyroch základných prvkov: zeme, vody, vzduchu a ohňa. Podľa Aristotela sa tieto prvky kombinujú a transformujú prostredníctvom kvalít tepla, chladu, vlhkosti a sucha. Aristotelova metafyzika zdôrazňovala pojmy formy a substancie. Veril, že substancie majú vnútorné formy, ktoré určujú ich povahu a správanie. Na rozdiel od Demokrita, ktorý navrhol mechanický pohľad na vesmír s nedeliteľnými časticami, Aristotelov svetový názor bol viac teleologický a sústredil sa na účel alebo konečný cieľ (telos) vecí. Aristoteles odmietol myšlienku prázdna, ktorá bola kľúčová pre Demokritovu atomistickú teóriu. Aristoteles veril, že príroda „nemá rada“ vákuum, a kritizoval atomistov za to, že neposkytli uspokojivé vysvetlenie pre zjavný poriadok a účel vo svete.

Napriek Aristotelovej kritike atomistická teória pretrvala a získala význam v neskorších storočiach, najmä počas vedeckej revolúcie.

Porozumieť Aristotelovým kritikám atomizmu si vyžaduje zváženie historického kontextu. Aristoteles žil v čase, keď filozofické myšlienky boli rozmanité, a existovala rivalita medzi rôznymi školami myslenia. Jeho odmietnutie atomizmu odrážalo jeho záväzok k holistickému a kvalitatívnejšiemu chápaniu vesmíru. Aristotelove kritiky Demokritovej atomistickej teórie mali teda korene v jeho holistickom metafyzickom rámci, zdôrazňujúcom formu, substanciu a teleológiu. Aristotelovo odmietnutie atomizmu však nezabránilo neskoršiemu prijatiu atómových teórií vo vývoji vedeckých objavov. Moderná fyzika vrátane kvantovej mechaniky priniesla prehodnotenie atomistických princípov, ukazujúc, že na fundamentálnej úrovni je hmota skutočne zložená z diskretných častíc.

## 6. Platónova kritika

Metafyzika Platóna sa sústreďuje okolo teórie ideí, kde tvrdil, že fyzický svet je nedokonalým odrazom vyššieho, nemateriálneho sveta ideí. Tieto idey predstavujú skutočnú realitu a fyzické objekty sú iba tieň alebo kópie týchto ideálnych foriem. V Platónovom dialógu *Timaios* kritizuje atomizmus, kde postava *Timaia* predstavuje odlišný kozmologický model založený na geometrických formách. Platón kritizoval čisto materialistický a mechanický pohľad na vesmír, ako ho navrhovali atomisti. V záverečnom súhrne Platón a atomisti zdieľali isté dedičstvo z predchádzajúcej gréckej filozofie, ale mali funda-

mentálne odlišné názory na povahu reality. Zatiaľ čo Platón zdôrazňoval nemateriálne idey, atomisti sa zameriavali na materiálne častice a ich interakcie pri vysvetľovaní prírodnej reality.

*Autor ďakuje za finančnú podporu Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA, projekt č. 1/0669/22. Autor tiež ďakuje Mgr. Mgr. Michalovi Zvaríkovi, PhD. (Trnavská univerzita v Trnave) za užitočné pripomienky k textu.*

## LITERATÚRA

1. Bocková A, Ďurajková D., Feketeová K., Sakáčová Z.: *Občianska náuka*. SPN, Bratislava 2013.
2. Martinka J.: *Antológia z diel filozofov I. Predsokratovci a Platón*. IRIS, Bratislava 1998.
3. Berryman S.: Leucippus [online], v knihe: Zalta E. N. (ed.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/leucippus/>, stiahnuté 1. 4. 2019.
4. V texte sa používa klasický spôsob citovania anticých autorov zo zachovaných zlomkov, ktoré vychádzajú najmä z Aristotelových spisov. Kompletná zbierka Aristotelových prác je dostupná napríklad v publikácii: McKeon R.: *The Basic Works of Aristotle*. Modern Library, New York 2001.
5. Berryman S.: Ancient Atomism [online], v knihe: Zalta E. N. (ed.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/atomism-ancient/>, stiahnuté 1. 4. 2019.
6. Berryman S.: Democritus [online], v knihe: Zalta E. N. (ed.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/democritus/>, stiahnuté 1. 4. 2019.
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Mochus>, stiahnuté 24. 10. 2023.
8. Zvarík M.: *Dejiny filozofie I. Od Hérakleita po sofistov*. Typi Universitas Tyrnaviensis, Trnava 2015.
9. Thornton B. F., Burdette S. C.: *Nat. Chem.* 11, 4 (2019).
10. Martinka J.: *Antológia z diel filozofov II. Od Aristotela po Plotína*. IRIS, Bratislava 2006.

## L. Krivosudský (Department of Chemical Theory of Drugs, Faculty of Pharmacy, Comenius University in Bratislava, Bratislava, Slovakia): Atoms and Void: Does Atomic Theory Have Anything to Say to Chemists in the 21st Century?

Although the theory of atomism was postulated by Greek philosophers, such as Democritus, Epicurus, and Leucippus 2500 years ago, it remains inspiring for chemists. It is worth considering how this theory, without scientific evidence, could so closely correlate with conclusions derived from experimental results achieved by physicists and chemists since the 19th century. Physics has refuted the notion of the indivisibility of atoms; on the other hand, subatomic particles no longer carry the qualitative attributes of matter. Despite these advancements, the theory of atomism remains relevant from the perspective of an experimental chemist who works daily with atoms, ions, and molecules. The theory of atomism was brought back into focus with the advent of Dalton, who adapted the concept of atoms to modern scientific knowledge. This paper provides a brief historical overview of the development of atomistic theory, contemplating its relevance to the current chemical understanding of atoms and their properties. Synthesizing these perspectives, it becomes evident that modern science essentially confirms the insights of ancient atomists, originally conceived through reason and rational deliberation.

Keywords: atomism, atom, void, Democritus, philosophy of chemistry

### Acknowledgment

*The author thanks the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences VEGA, project no. 1/0669/22, for their financial support. The author also thanks Mgr. Mgr. Michal Zvarík, PhD. (Trnava University in Trnava) for his useful comments on the text.*



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.