

ARISTOTELOVA FYZIKA

Dana HRICOVÁ

ARISTOTLE'S PHYSICS

The paper deals with Aristotle's conception of nature and especially his physics. In the first part the fundamental ideas concerning Aristotle's philosophy of nature and his definition of nature as four causes are introduced. The second part discusses the concept of motion as the change from potentiality to actuality. In the third part Aristotle's understanding the notions of time and place – basic notions for description of motion – is explained; classification of the enforced motion is also given there. In the next part we look closely at the notion of the mover – one of four causes of nature – and Aristotle's law of force – quantitative relation between the mover and weight and velocity of the moved body. This part further deals with the motion in material environment. It describes the role of air in the motion where direct contact between the mover and the moved body is absent (antiperistasis). A brief sketch of the criticism of Aristotle's physics is given in the final part.

Našou snahou v tejto štúdií bude zamerať sa na nosné časti Aristotelovej Fyziky, ktoré možno nazvať **kinematika a dynamika**. Aby sme sa však mohli venovať analýze čo i len základných črt týchto častí, nevyhneme sa aspoň stručnému rozboru niektorých pojmov jeho ontológie ako ani uvedeniu jeho predstavy o usporiadaní prírody a sveta. Potom sa stanú pochopiteľnejšími jeho spôsoby riešenia nastolených problémov a dôvody, ktoré ho viedli k tomu, aby ich prijal.

1. VEDA O PRÍRODE

1.1. Prvky

Jedným z najdôležitejších problémov gréckej filozofie bol problém pôvodného princípu sveta. U Aristotela je týmto princípom štvorica prvkov oheň, vzduch, voda a zem. Prvok je niečo 'beztvaré', má určité vlastnosti, ktoré sú pre každý prvok podstatné, a ktoré ho jednoznačne určujú. Oheň je suchý

a teplý, vzduch vlhký a teplý, voda vlhká a studená, zem suchá a studená. Na to, aby mohol Aristoteles vysvetliť prirodzené pohyby telies smerom do a od stredu vesmíru, pripojil ešte vlastnosti ľahkosť a ťažkosť. Zem je ťažká a padá do stredu, oheň je ľahký a stúpa smerom hore – od stredu vesmíru. Voda a vzduch majú v sebe obe vlastnosti, ale voda je ťažšia než vzduch a ľahšia než zem, a vzduch je v takom istom vzťahu k ohňu a vode.

Tieto vlastnosti určujú každému prvku miesto, ktoré mu v kozme prináleží a k nemu smeruje, pokiaľ mu v tom nič nebráni. Najťažšia zem padá do jeho stredu a najľahší oheň stúpa k jeho okraju, voda a vzduch sa umiestňujú medzi nimi. Takto prvky vytvárajú štyri sústredné guľové vrstvy¹.

Pôvodný princíp sveta je základom všetkého súcna. Preto podľa Aristotela všetko, čo existuje, môže obsahovať len tieto prvky, ktoré sú v danom predmete navzájom premiešané. Potom vlastnosti predmetu (veci) závisia od prvkov, z ktorých sa skladá a od vzájomného pomeru ich množstva. Napríklad kov obsahuje vodu, pretože je tavitel'ný a taktiež musí obsahovať zem, pretože je ťažký.

1.2. Príroda

Keďže fyzika je pre Aristotela vedou o prírode, načrtne základy jeho chápania prírody.

Aristoteles sa usiluje nájsť určité spoločné podstaty vecí, akési atribúty súcna, nazýva ich príčinami, ktoré sú vlastné každej podobe jeho existencie. Pri tomto hľadaní sa opiera o rozlíšenie vecí na *umelé* a *umelecké*, vytvorené rukou človeka, a vecí *od prírody*, ako živočíchov, rastliny ich časti a jednoduché telesá (oheň, vzduch, voda, kameň). Analýzou a porovnávaním umelého a prirodzeného formuluje štyri *príčiny*:

1. *Látka – materiálna príčina*, beztvárý stavebný materiál, z ktorého sa skladá všetko súcno. Vidí ju na viacerých úrovniach: bronzová socha je vytvorená z bronzu, bronz je vytvorený z prvkov (oheň,...). O oboch (o bronze aj o prvkoch) potom hovorí, že sú látkovými podstatami vytvorených vecí. No ako látkovú podstatu chápe aj slabiky tvoriace slová aj slová tvoriace vety a podobne.

2. *Forma – formálna príčina*. Látka, ako beztvárá stavebná hmota však potrebuje prijať určitú podobu, musí nadobudnúť tvar-formu. Pri soche je to

'výzor', pri slabike znenie. Teda forma je ďalším atribútom súcna, pojmove oddeliteľným od veci daného tvaru.

3. *Hýbatel' – pôsobiaca príčina.* Podľa Aristotela je hýbatel' čokoľvek, čo spôsobuje pohyb. U vecí *od prírody* vychádza táto príčina priamo z ich podstaty a k pohybu dochádza bez pôsobenia okolia pohybujúcej sa veci (bez vonkajšieho hýbateľa). Je to napríklad rast rastlín a živočíchov, premiestňovanie živočíchov a neživých predmetov smerom nahor alebo nadol, liečenie, starnutie, atď. Hovorí o nej: „Zdá sa totiž, že všetky prírodné veci majú počiatok pohybu a pokoja v sebe samých, jedny, pokiaľ ide o miesto, druhé, pokiaľ ide o narastanie a ubúdanie, iné, pokiaľ ide o kvalitatívnu zmenu.“ ([1], 88). Na druhej strane veci umelé a umelecké tento počiatok pohybu nemajú prirodzene. Ten existuje len vďaka tomu, že sú zhotovené z prírodného materiálu (napríklad drevený nábytok časom zhnije, pretože je to pre drevo prirodzený pohyb, nie však pre nábytok). Z toho Aristoteles vyvodzuje, že príroda je príčinou a počiatkom pohybu a pokoja vecí od prírody.

4. *Účel – účelová príčina.* Aristoteles tu vychádza z činnosti človeka, ktorá má spravidla určitý cieľ a vykonáva sa pre nejaký účel (človek chodí na prechádzky, aby bol zdravý, vyrába hudobné nástroje, aby mohol hrať, hrá, aby si oddýchol,...). Otázkou, či aj v prírode sa veci dejú s nejakým cieľom – napríklad by sa zdalo, že predné zuby máme ostré, aby sme potravu mohli odhryznúť, zadné, aby sme ju mohli rozžúť – rieši nasledovne: „Ak sa teda zdá, že takéto veci jestvujú náhodne, alebo pre nejaký cieľ, ale spomenuté veci nemôžu jestvovať ani náhodne, ani samy od seba, budú jestvovať pre nejaký účel.“ ([1], 101). Vidíme, že Aristoteles nepripúšťa bezpríčinnosť a jednoznačne dochádza k záveru, že ďalšou podstatou prírody je *účel*.

Podľa Aristotela je teda príroda jednotou uvedených štyroch príčin². A preto keď chce niekto poznávať prírodu, musí ich hľadať a skúmať všetky. Práve toto východzie postavenie dáva Aristotelovej Fyzike charakter analyzujúcej vedy hľadajúcej odpovede na otázku *prečo?*.

2. POHYB

Pred tým, než sa dostaneme k samotnej kinematike musíme pochopiť Aristotelovu definíciu a chápanie pohybu. Sám nielen ako fyzik, ale všeobecnejšie aj ako prírodovedec (dokonca ako metafyzik) cíti potrebu venovať sa dôkladne pojmu *pohyb*:

„Pretože príroda je počiatkom pohybu a zmeny a naše skúmanie sa týka prírody, nesmie nám ostať skryté, čo je pohyb; lebo z neznalosti pohybu nevyhnutne vyplýva neznalosť prírody.“ ([1], 105).

V porovnaní s dnešným chápaním 'fyzikálneho' pohybu je jeho chápanie Aristotelom postavené na diametrálne odlišných základoch. Aristoteles totiž pohyb chápe omnoho všeobecnejšie, ako *prechod od možného ku skutočnému*:

„Pretože pri každom rode rozlišujeme to, čo je v skutočnosti, a to, čo je v možnosti, je uskutočnenie toho, čo je v možnosti – pokiaľ je také – vlastne pohyb,...“ ([1], 106).

Na to, aby mohol pohyb nastať, je nevyhnutná prítomnosť protikladov, bez ktorých niet počiatku a cieľa pohybu. To znamená, že meniť sa bude len to, čo v sebe má možnosť a schopnosť meniť sa, teda len to, čo obsahuje protiklady, a navyše má v sebe aj *usmernenie* pohybu. Napríklad jablko dozrie, ak naň pôsobí hýbateľ (v tomto prípade slnko), pretože to je obsiahnuté v jeho možnosti, zatiaľ čo kameň nedozrie nikdy, pretože to v jeho možnosti jednoducho obsiahnuté nie je.

2.1. Pojem zmeny

Pred upresnením pojmu pohyb Aristoteles charakterizuje všeobecnejší jav: *zmenu*. Pohyb je totiž určitý konkrétny druh zmeny. Pojem zmeny analyzuje z dvoch rôznych pohľadov:

1. Vzhľadom na vzťah k okoliu môže zmena prebiehať:

a) náhodne, pridružená k meniacemu sa iným spôsobom: „... hovoríme, že 'vzdelané' kráča, pretože kráčajúcemu prináleží 'vzdelané' ako prípadok;...“ ([1], 151);

b) so zreteľom na časť: „... hovoríme, že sa vec mení, keď sa vôbec čosi v nej mení, napríklad keď hovoríme o zmenách týkajúcich sa jej častí; lebo telo sa uzdravuje, pretože sa uzdravuje oko alebo prsia; tie sú však časťami celého tela.“ ([1], 151);

c) sama osebe, bez akejkoľvek vonkajšej príčiny.

2. Vzhľadom na spôsob zmeny ([1], 152-153):

a) z nepodmetu do nepodmetu³. Toto však ako zmenu okamžite odmieta, pretože v nepodmete nenachádza žiadne opozičné vzťahy;

b) z nepodmetu do podmetu, čo je v konečnom dôsledku vznik, buď absolútny, alebo vznik niečoho na podklade (napríklad pri zbelení je to vznik bielej farby na belejúcom podmete);

c) z podmetu do nepodmetu, čo je zánik, alebo absolútny, alebo opäť na podklade – analogicky vzniku;

d) z podmetu do podmetu.

Teda zmena môže prebiehať tromi odlišnými spôsobmi. Avšak, ako ukážeme ďalej, pohybom môže byť len zmena z podmetu do podmetu. A podľa Aristotela sú z pohľadu fyzika zaujímavými prípadmi pohybu najmä pohyb sám osebe a pohyb spôsobený vonkajším hýbateľom.

2.2. Definícia pohybu

Pre existenciu pohybu je pre Aristotela nevyhnutné súcno, pretože pohyb sa vždy odohráva na nejakom 'podklade'. Z tohto dôvodu nemôže pokladať zmenu z nepodmetu do podmetu a z podmetu do nepodmetu za pohyb:

„O nesúcne sa hovorí vo viacerých významoch, ale ani nesúcno spojením, či delením, ani to, ktoré je v možnosti – lebo je protikladné bytiu, ktoré je absolútne v skutočnosti – sa nemôžu hýbať;... lebo je nemožné, aby sa nesúcno pohybovalo; ak je však toto nemožné, tak nemôže byť pohybom ani vznikanie, lebo to, čo vzniká je predsa nesúcno.“([1], 153).

Preto *pohyb prebieha len z podmetu do podmetu*. Keďže na charakterizáciu podmetu, ako aj jeho zmeny, Aristoteles používa svoj kategoriálny aparát⁴, musí sa zaoberať prirodzenou otázkou, podľa ktorých kategórií je pohyb možný:

„Niet pohybu podľa podstaty, pretože niet súcna, ktoré by bolo protivou podstaty. Niet ho ani podľa vzťahu: lebo tu sa môže stať, že kým sa jedna z dvoch vzťahných vecí mení, druhá sa nemení, takže ich pohyb je náhodný. Nejestvuje ani pohyb činného a trpného, ani hýbaného a hýbateľa, pretože nejestvuje ani pohyb pohybu, ani vznikanie vznikania, ani vôbec zmena zmeny.“([1], 154).

Na tomto mieste treba poznamenať, že nie všetky kategórie sú pre Aristotela rovnako dôležité. V prípade pohybu sa napríklad nezaobera osobitne analýzou z hľadiska kategórií polohy a vlastníctva (pomerne často túto analýzu zahŕňa pod analýzou z hľadiska kategórií miesta a vzťahu). Čo sa týka času, táto kategória má v rámci pohybu osobitné postavenie, pretože každá zmena sa deje v čase. Nakoniec dochádza k záveru:

„... zostáva iba pohyb podľa kvality, kvantity a miesta; lebo v každej z týchto kategórií jestvuje protirečenie.“([1], 155).

Ak porovnáme náš 'fyzikálny' pojem pohybu v mechanike s Aristotelovým, na prvý pohľad je zrejmy značný rozdiel. Tým, aké predpoklady a podmienky zmeny postuloval a ako ju kategorizoval, chápe Aristoteles pohyb v omnoho širších súvislostiach než my. Pokúsme sa stručne charakterizovať jednotlivé formy pohybu:

1. Pohyb *podľa kvantity* je buď *pribúdanie* alebo *ubúdanie*, zodpovedajúce zväčšovaniu a znižovaniu: „... pohyb do úplnej veľkosti je pribúdaním, pohyb v opačnom smere ubúdaním.“([1], 155).

2. Pohyb *podľa kvality* Aristoteles nazýva aj *kvalitatívnou zmenou*. Kvalita ako kategória predstavuje určitý stav veci, napríklad keď je niečo biele (človek). Ku kvalitatívnej zmene dochádza vtedy, keď sa tento stav v rámci druhu mení – keď sa biely človek opáli a zhnedne (popríklad zčervená).

3. Pohyb *podľa miesta*, alebo tiež *priestorový pohyb* je najzávažnejší prípad nielen pre nás, ale aj pre Aristotela (najmä na ňom popisuje dôležité vlastnosti pohybu ako takého). Preto sa k tomuto prípadu ešte podrobne vrátíme. Teraz poznamenajme len toľko, že ide prirodzene o pohyb, pri ktorom teleso mení svoje miesto.

Okrem rozlišovania pohybu podľa kategórií Aristoteles rozdeľuje pohyb, ako sme už hovorili, na prirodzený a neprirodzený. Prirodzený je ten, ktorý vychádza 'z vnútra' pohybovanej veci. Takýto pohyb možno pozorovať v prírode: kameň padá k zemi, voda padá k zemi, ale 'menej' ako kameň, oheň stúpa hore, až k nebeským sféram, aj vzduch, no ten je o niečo ľahší než oheň a snaží sa dostať medzi neho a vodu. Taktiež každá zmena v živej prírode je prirodzeným pohybom. Naopak, neprirodzený pohyb je každý pohyb, ktorý nie je prirodzený. Na to, aby teleso konalo neprirodzený pohyb je potrebný vonkajší hýbateľ.

2.3. Protiklady pohybu pokoja

Pre každú zmenu, teda aj pohyb, je nevyhnutná existencia protikladu jej počiatočného a konečného bodu. No Aristoteles si taktiež kladie otázku o protikladnosti samotných pohybov, ako aj pokoja a pohybu. Vezmime napríklad ochorenie – pohyb zo zdravia do choroby a vyzdravenie – pohyb z choroby do zdravia. Tieto pohyby sú, podľa neho, v protiklade. Je to zrejme, pretože majú opačné 'smerovanie'. Na druhej strane, pri porovnávaní pohybu zo zdravia a pohybu do choroby, z ktorých jeden vychádza z daného bodu (zdravia) a druhý vchádza do jeho protikladu (choroby), Aristoteles dochádza k záveru, že to nie sú pohyby protikladné, „... pretože je to jeden a ten istý pohyb.“, avšak „Pravda, ich podstata nie je tá istá...“ ([1], 161). V konečnom dôsledku Aristoteles jasnou reciprocitou definuje, kedy sú nejaké pohyby v protiklade:

„Teda pohyb je vtedy protikladný pohybu, keď pohyb z protikladu do protikladu je protikladný pohybu z tohto protikladu do jeho protikladu.“([1], 162).

O protiklade dvoch stavov pohybu alebo pokoja, ako aj o protiklade stavu pokoja a stavu pohybu, hovorí:

„Všeobecne sú teda pohyby a stavy pokoja protikladné tak, ako sme povedali: napríklad pohyb alebo pokoj hore sú protikladné pohybu alebo pokoju dole; lebo toto sú miestne protiklady. Na druhej strane oheň sa svojou prirodzenosťou v priestorovom pohybe pohybuje hore a zem dole a tieto ich priestorové pohyby sú protikladné. Oheň sa pohybuje hore prirodzene, dole neprirodzene a jeho prirodzený pohyb je protikladný jeho pohybu neprirodzenému. A práve tak aj stavy pokoja; lebo pokoj hore je protikladný pohybu zhora dole; pre zem sa stáva onen pokoj neprirodzeným, ale tento pohyb prirodzeným. Preto neprirodzený pokoj telesa je protikladný jeho prirodzenému pohybu, lebo aj pohyb tohto telesa je takto protikladný; totiž pohyb týchto telies, ktorý ide hore alebo dole, bude prirodzený, druhý však neprirodzený.“([1], 164).

Aristoteles sa protikladnosťou pohybov zaoberá najprv všeobecne – prirodzený a neprirodzený pohyb sú si navzájom protikladné. Ale aj dva prirodzené, alebo dva neprirodzené, pohyby môžu byť navzájom v protiklade, a to v prípade, keď počiatok a koniec pohybov sú si navzájom protikladné. V každom prípade však z hľadiska protikladnosti môžeme porovnávať len pohyby podľa tej istej kategórie⁵.

Každý pohyb nevyhnutne spôsobuje nejaký hýbateľ – pôsobiaca príčina. Pre Aristotela je veľmi dôležité presnejšie určiť vzájomný vzťah hýbateľa a pohybovaného, ktorý nemôže byť rovnocenný. Je to vzťah činného a trpného, pričom sám dej prebieha v pohybovanom, ako sám hovorí: „Pohyb je čin hýbateľa v pohyblivom.“⁶ Týmto vylúčil problém rovnocennosti daného vzťahu, v ktorom by aj hýbateľ musel byť pohybovaný, aj pohybované by muselo pohybovať. Napríklad učiteľ sa pri vyučovaní neučí, lež učí svojho žiaka, teda v ňom spôsobuje pohyb.

3. KINEMATIKA

Kinematika popisuje pohyb telesa v čase bez skúmania príčin tohto pohybu. Preto sa zameriame na Aristotelove chápanie miesta a času. Navyiac sa v tejto časti zameriame aj na jeho chápanie pojmu nekonečna. Pomocou neho totiž Aristoteles posunul chápanie pohybu a objasnil problém Zenónových apórií.

3.1. Pojem nekonečna

Aristoteles argumentuje dôležitosť riešenia otázky pojmu nekonečna nasledovne:

„Keďže sa veda o prírode zaoberá veľkosťami, pohybom a časom, a tie musia byť alebo nekonečné, alebo konečné, aj keď nemusí byť všetko také, napríklad vzrušenie alebo bod – pretože spomenuté veci nemusia byť nevyhnutne jedným alebo druhým – ten, čo sa zaoberá prírodou, mal by skúmať otázku 'nekonečna', najmä či je, alebo nie je, a ak je, čo to je.“([1], 110).

Za ďalší pádny dôvod pokladá Aristoteles aj to, že sa týmto problémom zaoberali aj filozofi pred ním.

Vo svojej práci zvažuje všetky pre a proti existencii nekonečna ako podstaty a rozoberá následky, ktoré by vyplynuli z jednej aj druhej situácie. Tu však vychádzajú na povrch neprekonateľné bariéry, ktoré mu nedovoľujú rozšíriť z nášho pohľadu pomerne obmedzenú sadu spôsobov, ktorými sa usiluje túto otázku riešiť. Tu pripomeňme len toľko, že Aristoteles za nekonečné pokladá to, čo nemá žiadnu hranicu; za konečné to, čo je ohraničené zo všetkých strán. Tieto pojmy zjavne nie sú komplementárne – nepokrývajú všetky možnosti; podstatu nezahrnutých prípadov možno vystihnúť pomocou príkladu intervalu $[0, \infty)$. Takúto možnosť Aristoteles vôbec nepripúšťa do úvahy

– vôbec sa o nej nezmieňuje. Navyiac to, čo je nekonečné podstatou, môže byť deliteľné len na nekonečne veľké časti: „Totiž ako je časťou vzduchu vzduch, tak musí byť časť nekonečna nekonečná,...“([1], 112).

Jeden z Aristotelových argumentov proti existencii nekonečna ako podstaty je neexistencia nekonečne veľkého telesa. Ak by totiž jestvovalo nekonečno ako podstata, muselo by existovať nekonečne veľké teleso aspoň v možnosti. Ale keďže nekonečnosť ako podstata, podľa Aristotela, zahŕňa aj nekonečnosť časovú, tak toto teleso musí existovať večne, pretože nevzniklo a nezaknie.

V ďalšom kroku svojej úvahy vychádza z predpokladu, že také teleso existuje. Potom musí byť zložené len z jedného prvku. Ak však existuje jedno takéto nekonečne veľké teleso, musia existovať aj nekonečne veľké telesá z ostatných troch prvkov. Inak by tieto prvky boli pohltené tým, ktorého je nekonečné množstvo už z predpokladu⁷. Všetky štyri nekonečne veľké telesá však nemá kam umiestniť, pretože už to prvé nekonečné teleso sa rozprestiera na všetky strany.

Aristoteles nemôže uznať existenciu nekonečne veľkého telesa aj z dôvodu prirodzeného umiestnenia ľahkého a ťažkého telesa v ohraničenom kozme. Jediný prijateľný záver tejto úvahy je teda nemožnosť existencie nekonečna ako podstaty.

No aj napriek takýmto záverom neopúšťa myšlienku nekonečna. Sám nachádza príklady svedčiace o jeho existencii: nekonečnosť času, o ktorom je presvedčený, že nemá hraníc, alebo neobmedzené postupné delenie dĺžky na ľubovoľne malé časti. Preto dochádza k záveru, že nekonečno existuje v 'možnosti' a teda prijíma potenciálne nekonečno v podobe uberania z niečoho ohraničeného; prípadne pridávaním ako opačný proces uberania:

„... pretože v ohraničenej veci sa nekonečno pridávaním jednoducho uskutocňuje v obrátenom poriadku; totiž ako vidíme ohraničenú vec donekonečna delenú, tak sa ona opäť objaví pridávaním do pevne určenej hranice.“([1], 116).

A ešte možno dodať:

„Nekonečno pridávaním je takisto aj nekonečnom v možnosti – ... no neprekročí hranice každej veľkosti,...“([1], 117).

3.2. Pojem času

Plynutie času pozná každý, ale čo je to čas, je veľmi náročná filozofická otázka, na ktorú dodnes nepoznáme uspokojivú odpoveď. Aristoteles sa tiež pokúsil na ňu odpovedať, no v konečnom dôsledku čas len charakterizoval prostredníctvom procesov s ním úzko spojených a popísal, kde môžeme pozorovať jeho plynutie. Sám o čase hovorí: „... ak jestvuje, tak iba ako čosi nevýrazné a nejasné.“ ([1], 139).

3.2.1. Teraz – pojem prítomného okamihu

Podľa Aristotela čas existuje, pretože ho vnímame. Je zložený z častí, nie však tak, ako je z častí zložená napríklad úsečka, ktorej časti existujú všetky naraz, ale z častí už uplynutých a častí, ktoré majú uplynúť (teda minulé a budúce). Tieto časti sú od seba oddelené časovým bodom *teraz*.

Teraz má časový charakter, no netrvá žiaden čas a nemá rozmer. Zakaždým je iné, pretože nemôže byť to isté – to by malo neblahé následky: všetky udalosti by splynuli v jednu, pretože by sa odohrali v jednom časovom momente a my by sme plynutie času nepozorovali.

Aristoteles chápe vzťah *teraz* k času presne ako vzťah bodu k úsečke. Tak ako sa úsečka, podľa Aristotela, neskladá z bodov – bod nie je časťou úsečky, pretože neexistuje pomer medzi jej dĺžkou a dĺžkou bodu (bod nemá dĺžku), tak ani čas sa neskladá z jednotlivých *teraz*. Je však veľmi dôležité, pretože oddeľuje to, čo sa udialo, od toho, čo sa ešte len udeje.

Čas, alebo skôr časový interval, je práve to, čo je ohraničené dvomi rôznymi *teraz*, pretože *teraz* je hranica.

„... zdá sa totiž, že to, čo je ohraničené prostredníctvom 'teraz', je čas; a tento predpoklad nech nám je základom.“ ([1], 142).

Práve týmto pojmom *teraz* môže Aristoteles vyvrátiť Zenónove apórie hovoriace o neexistencii pohybu. Keďže *teraz* nie je čas, nemôže v ňom prebiehať nijaká zmena, takže nemôže byť ani pozorovaná. Na pohyb sa nemožno dívať v jednotlivých *teraz*, ale medzi dvoma časovými bodmi, pretože pohyb plynie medzi nimi, v čase.

3.2.2. Čas a zmena

Čas vnímame len vďaka tomu, že prebieha nejaká zmena. Je jedno aká, len my ju musíme postrehnúť (napríklad v mysli nám prebiehajú zmeny, alebo pozorujeme nejaký druh pohybu). A naopak, pohyb sa deje v čase a preto ho možno pozorovať:

„Ak nepozorujeme nijakú zmenu a zdá sa nám, že duša zotrúva v jednom a nedeliteľnom časovom bode, prichodí nám uznať, že čas nejestvuje; ak však vnímame a zisťujeme zmenu, hovoríme, že čas uplynul, z čoho je jasné, že čas bez pohybu a zmeny nejestvuje.“([1], 141).

Čas však nie je stotožnený s pohybom, je len „... čosi, čo k pohybu patrí.“([1], 141).

Podľa Aristotela je čas spojitý, pretože aj pohyb, aj dráha, po ktorej sa niečo pohybuje, sú spojité. Takže čas dáva do vzťahu aj s dĺžkou – 'veľkosťou'.

3.2.3. Meranie času

Pre Aristotela je dôležité zaoberať sa otázkou, či čas je jeden, alebo či ich je niekoľko – napríklad toľko, koľko je druhov pohybu, takže by sme každý pohyb pozorovali 'cez' iný čas – a či sa nemení svojím vlastným plynutím.

Čas pokladá za *číslo pohybu*, za jeho mieru, keďže práve pomocou neho možno povedať, ktorý pohyb bol rýchlejší a „... rýchlejšie sa pohybuje to, čo dosahuje zmenu v podklade prv než čosi iné...“([1], 148). Teda to, čo dokončí svoj pohyb v skoršom *teraz*, je rýchlejšie:

„Čas teda nie je pohyb, ale len číselná stránka pohybu. Znakom toho je nasledujúce: číslo nám totiž umožňuje rozlišovať 'viac' a 'menej', čas zasa viac a menej pohybu; čas je teda druh čísla.“([1], 142).

Keďže číslo pokladá vždy za jedno – desať tiav a desať domov je vždy to isté množstvo, teda aj to isté číslo – aj každá zmena je merateľná len jedným a tým istým časom. Ten sa nemení ani svojím plynutím a je stále rovnaký:

„Každý čas je totiž ten istý, ak ho berieme súčasne, a je rovnaký. Dokonca časy, ktoré nejestvujú súčasne, druhove sú tým istým časom, ako je sedem psov a sedem koní počtom to isté. Takisto ako pohyby zároveň sa končiace majú ten istý čas, hoci jeden je rýchly, druhý nie, a jeden je priestorový pohyb, druhý kvalitatívna zmena.“([1], 149).

Ak je čas číslom pohybu, musí mať aj nejakú jednotku. A tou je práve kruhový pohyb – hlavná miera času, lebo „... čas sa meria pohybom, a pohyb

časom.“([1], 149). Základná časová jednotka je teda kruhový pohyb, pretože je prvý. Takto Aristoteles prichádza k jednotke času – dňu (24 hodín), čo je jeden obeh nebeskej sféry po kružnici, a tým meria nielen čas, ale aj ostatné pohyby.

3.3. Pojem miesta

Ak porovnáme náš pojem polohy ('miesta') s Aristotelovým *miestom*, nájdeme u nich veľmi málo spoločného. Pri definovaní *miesta* sa Aristoteles opiera o dva základné významy tohto pojmu:

1. Prvý je daný určením, kde sa hľadaná vec (teleso) nachádza:

„Že teda jestvuje miesto je jasné, ako sa zdá, zo vzájomného premiestňovania vecí; lebo tam, kde je teraz voda, bude neskoršie, keď voda odtiaľ zmizne, napríklad z nádoby, znova vzduch, inokedy zasa nejaké iné teleso zaujme to isté miesto;...“([1], 121).

2. Druhý pôsobením miesta:

„Ďalej, premiestňovanie jednoduchých prirodzených telies, napríklad ohňa, zeme a im podobných, svedčia nielen o tom, že miesto je čímisi, ale že má aj určitú pôsobnosť. Lebo každé základné teleso, ak mu nič neprekáža, pohybuje sa k svojmu vlastnému miestu, jedno hore, druhé dole;...“([1], 121).

Naviac o *mieste* môžeme hovoriť len vtedy, keď existuje priestorový pohyb, keď môžeme pozorovať, že si nejaké telesá vymieňajú miesta. Ak by nebol, pojem *miesta* by bol pre nás nezaujímavý.

Podľa Aristotela je *miesto* telesa určené „... hranicou obklopujúceho telesa.“([1], 127). To však má za následok veľmi zaujímavý fakt:

„Ak má teleso mimo seba nejaké iné teleso, ktoré ho obklopuje, je na nejakom mieste, ak nemá, tak nie je.“([1], 129).

Z toho napríklad vyplýva, že vesmír sa nenachádza na žiadnom *mieste*, pretože nie je obklopený žiadnym telesom. Samozrejme, jednotlivé vrstvy kozmu sú na nejakom *mieste*: zem, voda, vzduch a oheň sú obklopené vyššími a nižšími vrstvami a nebeské sféry, keďže sú v pohybe, sú tiež na nejakom *mieste*.

Ďalej z toho vyplýva, že nielen premiestňovanie, ale aj kvantitatívny pohyb je v konečnom dôsledku zmenou miesta, pretože tým, že sa niečo zväčšuje, alebo zmenšuje, mení sa jeho hranica, a teda aj hranica obklopujúceho telesa.

3.4. Klasifikácia priestorového pohybu⁸

Pretože prirodzený pohyb je jasne určený smerom hore a smerom dole – Aristoteles sa pri klasifikácii zaoberá len násilným (t.j. neprirodzeným) pohybom:

„Všetko, čo je pohybované čímisi iným, pohybuje sa štvorakým spôsobom; lebo pohyby vyvolané vonkajšou činnosťou sú počtom štyri: *tlačenie, ťahanie, nesenie, otáčanie*; lebo všetky ostatné prichodí na ne zredukovať. K *tlačeniu* patrí narážanie a odrážanie; o narážaní hovoríme vtedy, keď pohybované neopustí hýbateľa, o odrážaní, keď ho odrážajúce opustí. *Nesenie* sa objavuje v troch pohyboch; lebo to, čo je nesené, nepohybuje sa samo osebe, ale náhodne, pretože sa pohybuje tak, že je alebo v pohybovanom, alebo na ňom. To, čo nesie, je pohybované alebo nárazom, alebo ťahaním, alebo otáčaním. Je teda zrejmé, že nesenie sa objaví v troch ostatných pohyboch. *Ťahanie* je pohyb smerujúci alebo k sebe (k hýbateľovi), alebo k čomusi inému, keď je pohyb ťahajúceho rýchlejší a neoddelený od ťahanej veci; lebo ťahanie smeruje alebo k samej veci, alebo k nejakej inej. Aj ostatné, druhove tie isté ťahania možno zredukovať na tieto, napríklad vdýchnutie, vydýchnutie, plúvanie a všetky organické pohyby vylučovania alebo pohlcovania, ako aj stláčanie a zhušťovanie pri tkaní; jedno je zlučovanie, druhé rozlučovanie. Aj každý miestny pohyb je zlučovanie a rozlučovanie. *Otáčanie* sa skladá z ťahania a tlačenia; lebo z jednej strany hýbateľ tlačí, z druhej ťahá.“([1], 193).

Z tejto citovanej pasáže skutočne vidno Aristotelov široký záber pri analýze pohybu, ktorý sa nedá redukovať len na pohyb neživej prírody, ale týka sa aj všetkej organickej činnosti. Na druhej strane však možno vidieť tú nesmiernu diferencovanosť jednotlivých pohybov, ktorú Newtonova fyzika úplne eliminovala. A nielen ona. Už o Galileovi môžeme s istotou povedať, že ho nezaujímali otázky spôsobu vyvolávania pohybu, ale už len jeho priebeh.

4. DYNAMIKA

4.1. Pojem hýbateľa

Pojem *hýbateľa* má korene v Aristotelovom prísne kauzalistickom poňatí sveta – všetko musí mať svoju príčinu:

„Všetko, čo sa pohybuje, musí byť pohybované niečím; lebo ak nemá v sebe počiatok pohybu, je zrejmé, že je pohybované čímisi iným;...“([1], 187).

Teda každý pohyb, či ide o priestorový, kvantitatívny, alebo kvalitatívny, je spôsobený nejakým hýbateľom, príčinou a počiatkom pohybu.

Treba rozlišovať hýbateľa vnútorného a vonkajšieho. Túto otázku rieši Aristoteles jednoducho – všetko, čo sa pohybuje prirodzene, má svojho vnútorného hýbateľa. Tento prípad rozoznáme podľa toho, že:

„... to, čo sa samo od seba pohybuje, nikdy sa neprestane pohybovať preto, že sa čosi iné zastaví v pohybe; teda, ak sa jedna vec prestane pohybovať preto, že sa druhá zastaví, nevyhnutne musí byť sama pohybovaná inou vecou.“([1], 187).

Z tohto vychádza aj definícia vonkajšieho *hýbateľa*, ktorý spôsobuje nie prirodzený pohyb: ak sa pohybujúca sa vec zastaví v dôsledku ukončenia pohybu niečoho iného, je pohybovaná práve nejakým vonkajším *hýbateľom*.

Podľa Aristotela každý hýbateľ, keďže pohybuje, je aj sám v pohybe, a teda je tiež pohybovaný ďalším *hýbateľom*. Naviac pohybujúca a pohybovaná vec sa musia dotýkať. Tu však nastáva problém nekonečného reťazenia hýbateľov a pohybovaných, ktorý Aristoteles rieši metafyzickou konštrukciou – zavedením *prvého hýbateľa*:

„Zaiste nebudeme postupovať donekonečna, ale sa niekde zastavíme a bude jstvovať čosi, čo bude prvou príčinou pohybovania.“([1], 188).

Zaujímavé je, že mu neprekáža neohraničenosť 'masy' pohybovaného a hýbajúceho, ale neohraničenosť pohybu vychádzajúci z nekonečného počtu, ktorý by z tejto vyplynul: „... musia byť veci pohybované i hýbatele súvislé a musia sa navzájom dotýkať, takže zo všetkých sa utvorí akési jedno. No či je ono ohraničené alebo nekonečné, nateraz to nie je dôležité; nech je akokoľvek, pohyb bude nekonečný, pretože aj veci sú v nekonečnom počte, ak pohyby inak môžu byť rovnaké, alebo jedny väčšie než druhé;...“([1], 190).

Prekáža mu nemožnosť realizácie nekonečného pohybu v konečnom čase, a ako sme už naznačili, konkrétne tu ide o nekonečnosť (neohraničenosť) počtu.

4.2. Pojem sily

V tejto časti sa zameriame na prezentáciu Aristotelovej predstavy o pôsobení sily a následkov tohto pôsobenia. Aristoteles vychádza priamo zo skúseností zo života okolo neho. Samozrejme, že to, čo pozoruje a vidí podlieha jeho fyzikál-

ným teóriám, ale skutočne nemožno poprieť jeho empirické založenie. Nemožno tým povedať, že by sám pripravoval a realizoval nejaké pokusy, ale nevyhýbal sa tomu, čo vidí. Je možné dokonca tvrdiť, že aj v súčasnosti veľa ľudí dospeje k analogickému zákonu sily ako on, aj napriek školskej výuke newtonovskej fyziky.

4.2.1. Zákon sily

Majme silu F – hýbateľa⁹ – spôsobujúcu pohyb nejakého telesa M , ktorý prebieha po dráhe S v čase T .¹⁰ Aristoteles tvrdí ([2], 146):

1. hýbateľ F spôsobí pohyb polovičného telesa ($M/2$) po dráhe $2S$ v čase T ;
2. hýbateľ F spôsobí pohyb telesa $M/2$ po dráhe S v čase $T/2$;
3. hýbateľ F spôsobí pohyb telesa M po dráhe $2S$ v čase $T/2$;
4. hýbateľ $F/2$ spôsobí pohyb telesa $M/2$ po dráhe S v čase T ;
5. hýbateľ $F/2$ nemusí spôsobiť pohyb telesa M po dráhe $S/2$ v čase T , pretože nemusí spôsobiť žiadny pohyb tohto telesa;
6. ak tiež hýbateľ F' spôsobí pohyb telesa M' po dráhe S' v čase T , tak spojené hýbatele F a F' spôsobia pohyb zloženého telesa M a M' po dráhe S v čase T .

Pre Aristotela je dôležitý pomer $F:M$ a $S:T$, ktorý sa – pri istých obmedzeniach (5.bod) – zachováva. V dnešnej terminológii môžeme písať $F \approx M.S/T$, alebo $F \approx M.v$, teda $F \approx v$. No nie je to celkom tak, pretože podľa Aristotelových znalostí môže nastať situácia, keď hýbateľ nedokáže dať do pohybu inak pohybovateľný predmet. Napríklad lodníci utiahnu loď spoločne, no jeden lodník ju utiahnuť nemusí. Teda korektne môžeme *Aristotelov zákon sily* sformulovať takto:

Ak hýbateľ F pohne s telesom M , tak $v \approx F/M$

Na explanáciu uvedeného Aristoteles používa síce výhradne priestorový pohyb, no tento vzťah musí podľa jeho teórie platiť aj pri kvalitatívnej a kvantitatívnej zmene, čo však nevysvetľuje, ale berie ako samozrejme rozšírenie.

Uvedený zákon je získaný tou najprirodzenejšou cestou – ako priamy popis pozorovaného. Prirodzene Aristotelova teória nezohľadňuje mnohé ďalšie javy,

napríklad pohyb v hmotnom prostredí. Ten Aristoteles tiež popisuje a 'matematizuje', no vôbec ho nedáva do súvisu so svojím zákonom sily.

4.2.2. Pohyb v hmotnom prosredí

Aristoteles si uvedomuje, že rýchlosť telesa závisí od 'pohybovej hustoty' prostredia, od veľkosti jeho odporu. Napríklad vo vode klesá kameň omnoho pomalšie než vo vzduchu. Pod pojmom hustota (odpor prostredia) Aristoteles rozumie vlastnosť rozdeliteľnosti látky, ktorá závisí od jej schopnosti nechať sa ohraničiť:

„Pretože niektoré súvislé telesá možno ľahko rozdeliť, iné menej ľahko a pretože veci, ktoré spôsobujú delenie, spôsobujú ho tým istým spôsobom, jedny účinnejšie, druhé menej, treba pripustiť, že príčiny týchto javov sú v týchto zvláštnostiach. Ľahko totiž možno rozdeliť to, čo sa dá ľahko ohraničiť, a delenie je tým ľahšie, čím ľahšie je ohraničenie.“([3], 163).

Pomer rýchlostí pohybu telesa, ktoré dáva do pohybu vždy rovnaká sila, v dvoch rôznych prostrediach je taký istý, ako pomer hustôt daných prostredí:

„Teda nech sa teleso *A* pohybuje cez *B* [prostredie] v čase *C* a cez *D*, ktoré je jemnejšie, v čase *E*; ak sa *B* dĺžkou rovná *D*, bude čas primeraný odporu telesa. Predpokladajme, že *B* je voda, *D* vzduch; o koľko je vzduch jemnejší a netelesnejší ako voda, o toľko rýchlejšie sa bude *A* pohybovať cez *D* než cez *B*. Teda rýchlosť *k* rýchlosti má byť v takom istom pomere ako vzduch *k* vode.“([1], 135).

Z tejto úvahy potom dostáva veľmi dôležitý poznatok, a to, že v prázdnom priestore neexistuje pohyb. Alebo povedané inými slovami, ak by tam pohyb existoval, tak jeho rýchlosť by musela byť nekonečne veľká, a to Aristoteles nepripúšťa:

„Ale medzi prázdnom a telesom niet pomeru, ktorý by ukazoval, o koľko jedno prevyšuje druhé, ako ho niet ani medzi nulou a číslom.“([1], 135).

Tento záver – pre Aristotela nič ako paradox – využíva ako jeden z argumentov podporujúcich jeho teóriu nemožnosti prázdneho priestoru, a to tým, že nejestvuje nič, čo by sa mohlo pohybovať nekonečne rýchlo.

Daný záver je pre Aristotela dôležitý z hľadiska dynamiky pohybu. Pri jeho klasifikácii priestorových pohybov sme explicitne nespomenuli *hádzanie*. Aristoteles tento pohyb zaraďuje pod tlačenie:

„Pokiaľ ide o hádzanie, toto sa vyskytuje, keď je pohyb, spôsobený v pohybujúcom sa telese nadmerným tlačením, rýchlejší než jeho prirodzený pohyb

a tento pohyb [hádzanie] pokračuje, až kým [tlačenie] neprestane byť nadmerné.“([2], 134).

Pri tomto pohybe sa na prvý pohľad môže zdať, že hýbateľ nie je v priamom kontakte s pohybovaným, čo však nie je pravda, pretože v tomto prípade pôsobenie sily sprostredkuje vzduch:

„Každý pohyb je alebo prirodzený, alebo násilný; prirodzený pohyb (pri kameni napríklad pohyb nadol) urýchli len činnosť sily, kým protiprirodzený pohyb bude celý produktom samej sily. V oboch prípadoch sa ako nástroj používa vzduch (je totiž súčasne prirodzene ľahký i ťažký). Pohyb nahor spôsobí ako ľahký, keď pod nárazom a činnosťou sily dostáva svoj počiatkový popud; a pohyb nadol spôsobí ako ťažký. Sila totiž akoby nejakým tlakom vzduchu sprostredkuje telesu pohyb v oboch prípadoch. Preto tiež teleso uvedené násilne do pohybu pokračuje vo svojom pohybe, aj keď ho už hýbateľ nesprevádza. Bez nejakého takéhoto telesa¹¹ by nebolo násilného pohybu. A tým istým spôsobom sila podporuje prirodzený pohyb každého telesa.“([3], 134).

Ani vodorovný pohyb nie je prirodzený, a teda vzduch bude plniť svoju úlohu aj v tomto prípade.

Pristavme sa ešte pri dvoch závažných momentoch posledných dvoch citátov. V prvom Aristoteles hovorí o prevažovaní násilného pohybu nad prirodzeným, ale nevie vysvetliť proces straty danej prevahy, preto sa uspokojí len s konštatovaním, že raz tá prevaha prosto zmizne. Toto sa nám môže javiť ako prvý náznak vzniku pojmu impetu. Aristoteles ho pravdepodobne nemal ani v najmenšom ujasnený – o tom svedčí to, že sa ho ani nepokúšal popísať – no tušil zmenu 'niečoho' v pohybovanom telese. Z druhého citátu vyplýva, že Aristoteles nepripúšťa skladanie prirodzeného a násilného pohybu (resp. hýbateľov).

Vďaka týmto dvom faktom možno vysvetliť Aristotelov popis trajektórie vrhnutého telesa. Podľa neho vrhnuté teleso najprv letí vodorovne. V momente, keď prestane prevažovať tento násilný pohyb, ktorý ako jediný v tejto fáze spôsobuje pohyb telesa, teleso sa začne pohybovať svojím prirodzeným pohybom, ktorý je kolmý na smer pohybu v prvej fáze.

5. ZÁVER

Prvá významná kritika Aristotelovej teórie pohybu pochádza od Philopona z 5. storočia n.l., avšak v 6. storočí ju napadol veľký Aristotelov obhajca

a komentátor Simplicius, ktorého práce aj kritika Philoponovho učenia v deformovanej podobe boli preložené do latinčiny. Preto, aj vďaka nemu, bola Philoponova koncepcia, napriek svojej logickej stavbe, kresťanským západom odmietnutá a odozvu našla len v arabskom svete.

K znovuoobjaveniu Aristotelovej teórie došlo až v 16. storočí, keď sa v Európe začali v arabských jazykoch (neskôr aj priamo z gréčtiny) prekladať do latinčiny mnohé diela gréckych veľikánov.

V tomto období sa opäť začína dvíhať vlna kritiky Aristotela. Významný posun v oblasti fyzikálneho poznania nastáva najmä vďaka Francoisovi de Marchia, Jeanovi Buridanovi a Nicolovi Oresmovi, ktorí ovplyvnili ďalší vývoj mechaniky, konkrétne 'dynamiky pohybu'. Aby prekonal problémy vyplývajúce z Aristotelovej fyziky, zavádza Buridan pojem *impetu*. Je to určitá hybná sila, vtlačená pohybujúcemu sa telesu hýbateľom. Vlastnosti *impetu* telesa (narastanie s rýchlosťou telesa, závislosť od hmotnosti telesa a stála povaha) zjavne anticipujú dnešné pojmy hybnosti a zotrvačnosti pohybu. Buridan však naďalej zostáva presvedčený, že sila podmieňuje rýchlosť, a nie zrýchlenie.

Aj napriek tejto kritike, ako aj mnohým iným, a svojej jednoduchej vyvrátiteľnosti však Aristotelova koncepcia fyziky ostáva až do 17. storočia jedinou ucelenou teóriou.

Palisády 20

811 03 Bratislava

POZNÁMKY

- ¹ Aristoteles si predstavuje vesmír ako konečný, skladajúci sa z 59 sústredných sfér, v strede ktorých je Zem – tú vymedzujú práve spomenuté štyri sféry. Nad nimi sa nachádza 55 ďalších sfér nesúcich nebeské telesá; najnižšie je sféra Mesiaca a najvyššie sú sféry stálic. Aristoteles rozdeľuje vesmír na dva svety – *podlunárny* (t.j. náš, pozemský) a *nadlunárny*, pričom ich striktno odlišuje: nadlunárny svet je vytvorený z ďalšieho prvku, *éteru*, a podlieha úplne iným zákonom ako náš svet. My sa budeme zaoberať výlučne jeho teóriou podlunárneho sveta.
- ² Aristoteles však nevyklučuje deje náhodné, ktoré sprevádzajú rozhodovanie u človeka, alebo deje, ktoré minuli svoj cieľ, napríklad chybou, keď lekár zle dávkuje liek, alebo v prírode sa narodí chorý jedinec. Avšak náhodu nemožno ani predvídať, ani systematizovať, preto ju Aristoteles nepokladá za dôležitú pri poznávaní prírody.
- ³ Podmet je podľa Aristotela všetko, čo sa dá objasniť nejakým tvrdením.

- ⁴ Kategórie zaviedol Aristoteles ako základné a pôvodné pojmy všetkých ostatných pojmov. Aristoteles udáva týchto desať kategórií: podstata (substancia), kvantita (množstvo), kvalita (akosť), vzťah (relácia), kde (miesto), kedy (čas), poloha, vlastníctvo (mať), činnosť a trpnosť. Kategórie vlastne vyjadrujú všetky možné hľadiská, na základe ktorých môžeme o veci usudzovať.
- ⁵ Zo zmien, ktoré nie sú pohybmi sú z hľadiska protikladností porovnateľné ešte úplný vznik a úplný zánik, ktoré sú navzájom protikladné; iné dvojice pohybov sú z tohto hľadiska neporovnateľné, teda tým skôr nie sú ani protikladné.
- ⁶ Pozri [1], 108, pohyblivé sa čínom hýbateľa stáva pohybovaným.
- ⁷ Tu je potrebné si uvedomiť, že Aristoteles neuvažuje nehomogénne teleso, ktorého látková podstata je zmiešaná zo všetkých prvkov v rovnakom pomere.
- ⁸ Túto časť zaradíme do *Kinematiky* aj napriek tomu, že danú klasifikáciu Aristoteles využíva na dôkaz priameho dotyku hýbateľa s pohybovaným – pretože, podľa nášho názoru, je takýto spôsob popisu pohybu blízky dnešnej kinematike a pojmu trajektórie telesa.
- ⁹ Do pojmu hýbateľa Aristoteles zahŕňa aj to, čo pohyb spôsobuje (napríklad ruka), ale aj veľkosť, mieru, tohto pôsobenia, teda 'silu'.
- ¹⁰ Úmyselne používame jeho výrazy, pretože sa nestotožňujú s našimi pojmi. Napríklad pojem hmotnosti v tomto zákone vôbec nevystupuje; Aristoteles pracuje len s daným telesom M , alebo s polovičným telesom $M/2$. Dokonca sa ani nezmieňuje o rozdiel zákona pri ľahkých a ťažkých telesách. K tomuto sa ešte vrátíme neskôr.
- ¹¹ vzduch ako atmosféra

LITERATÚRA

- [1] ARISTOTELES (1972): *Fyzika*. In: *Antológia z diel filozofov – Od Aristotela po Plotina*, Bratislava.
- [2] ARISTOTELES (1969): *Aristotle's Physics*, Indiana.
- [3] ARISTOTELES (1985): *O nebi*, Bratislava.