

Aristotelova fyzika ve světle Patočkovy interpretace¹

Ladislav Kvasz

Filosofický ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Praha

kvasz@flu.cas.cz

Abstract:

Aristotle's Physics in the Light of Patočka's Interpretation

In this article, we propose an interpretation of Aristotle's theory of local motion as the first stage of the mathematization of motion. We proceed from the interpretation presented by Jan Patočka in his work *Aristoteles, jeho předchůdci a dědicové* (*Aristotle, His Predecessors and His Heirs*). We try to show that Patočka approached the interpretation of Aristotle's theory of motion as an attempt at mathematization. What prevented him from taking the final step towards such an interpretation was, on the one hand, his acceptance of Plato's theory as the first mathematization of the cosmos, against which Aristotle's attempt looks like a departure from mathematization, and, on the other hand, his failure to realize the difference between the mathematics of Aristotle's time and the mathematics by which motion was later mathematized.

Keywords: Aristotle, Jan Patočka, *Physics*, final cause, mathematization of motion

DOI: <https://doi.org/10.46854/fc.2025.2r.185>

V knize *Zrod vedy ako lingvistická udalosť* jsme se při výkladu vědecké revoluce opakovaně setkávali s Aristotelem.² Scholastická podoba aristotelismu totiž po dlouhou dobu představovala jednotící rámec evropského vzdělání, a aristotelická přírodní filosofie tak tvořila *kontrastní pozadí* pro pochopení inovací vědecké revoluce. Abychom pochopili, vůči čemu se novověcí učenci vymezovali a jaké názory se snažili překonat, bylo nutné načrtnout aristotelský obraz přírody.

1 Tato studie vznikla v rámci výzkumné činnosti Kabinetu pro studium vědy, techniky a společnosti Filosofického ústavu Akademie věd ČR. Je součástí projektu Lumina Quaeruntur „Ode-mykání matematiky: výuka a vzdělávací praxe v habsburských zemích v dlouhém 18. století“, řešeného na Akademii věd ČR. Chtěl bych poděkovat Vítu Gvoždiakovi, Matyáši Havrdovi a Jakubu Jirsovi za cenné připomínky, které přispěly ke zkvalitnění textu.

2 Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galíleo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*. Praha, Filosofia 2013. Odkazy na Aristotela se nacházejí na s.: 28, 40, 45, 47, 50, 57, 59, 62, 63, 66, 84, 99, 103, 106, 111, 112, 146, 177, 179, 186, 193, 247, 249, 259, 260, (271–280).

Při výkladu galileovské fyziky se však ukázalo, že Galileo se sice v mnoha ohledech od aristotelismu odlišuje, ale zároveň od něho mnoho prvků také přebírá. Aristotelická přírodní filosofie se tak stává východícím bodem, z něhož rodící se věda *čerpá určité pojmy a myšlenky*. Mnohé aspekty Galileiho systému lze chápat jako transformace odpovídajících aristotelských prvků. Aristotelická fyzika zde již nefiguruje jako teorie jiného charakteru, v konfrontaci s níž jasněji vystupují prvky nového systému. Naopak, některé prvky nové teorie jsou odvozeny z prvků systému přechozího. Tento přístup zastává například William Wallace.³

Existuje však i třetí přístup k aristotelské přírodní filosofii. V něm jsou Aristotelovy názory na pohyb chápány nejen jako určité východisko, jehož některé prvky rodící se věda po jejich transformaci včlenila do obrazu pohybu. Zdá se navíc, že aristotelskou teorii pohybu lze považovat za *první pokus o matematizaci pohybu*.⁴ To vysvětluje, proč v Galileově systému nacházíme tolik prvků Aristotelovy teorie. Jsou to teorie stejného druhu, matematické teorie pohybu, které se liší pouze v druhu matematiky, kterou k popisu pohybu používají.

1. Patočkův výklad Aristotelovy teorie pohybu

Patočka v knize *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*⁵ předložil pozoruhodný výklad Aristotelovy teorie pohybu a dospěl k poznání, že moderní matematická přírodověda se zrodila matematizací Aristotelova pojetí pohybu: „Ale celé toto pochopitelné zdržení vývoje, který byl ve své podstatě určován *naočkovaním platónské myšlenky všeobecného matematismu na aristotelské pojetí pohybu* hmotného a časového, nemohlo již ohrozit výsledek: nutnost pochopit celý proces, veškeré dění a působení v hmotné přírodě naprosto objektivně, nutnost opustit zde veškerou teleologii, myšlenku kosmu a všeho, co s ním souvisí.“⁶ Samotný akt matematizace Patočka připisuje v souladu s tradicí „platónskému matematismu“. Kdybychom podrobněji prozkoumali

3 Wallace, W. A., *Galileo and His Sources: The Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*. Princeton, NJ, Princeton University Press 1984.

4 Hranice matematizace pohybu, na které Aristotelés poukazoval, jsou spíše hranicemi antické matematiky než Aristotelova systému. Uvědomíme-li si meze antické matematiky a neočekáváme-li od Aristotelovy fyziky něco, co v jeho době nebylo matematicky možné, můžeme ve Stagiritově teorii rozpoznat snahu matematizovat to, co lze matematizovat pomocí antické matematiky. Před námi se tak objevují obrysy první matematické teorie pohybu. Tyto obrysy nemohl Aristotelés ani jeho současníci vidět. Vidíme je až my, protože máme před sebou celé dosavadní dějiny matematizace, a tak v sotva viditelných náznacích dokážeme rozpoznat první fázi tohoto dějinného procesu.

5 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*. Praha, Oikoymenh 2018.

6 Tamtéž, s. 341; důraz LK.

povahu matematizace (tedy pojmy a metody, pomocí kterých Galileo, Descartes a Newton matematizaci pohybu v 17. století uskutečnili), zjistili bychom, že na ní není nic platónského. Proto lze konstatovat, že se Patočka přiblížil k poznání, že Aristotelés vytvořil zárodek první matematické teorie pohybu

Podle našeho názoru *Aristotelés úspěšně matematizoval jeden aspekt pohybu*, totiž jeho finální příčinu. Abychom tuto skutečnost pochopili, musíme si uvědomit dvě věci. *Za prvé* to, že popis pohybu pomocí jeho finální příčiny je normální součástí dnešní matematické fyziky. Podrobněji se jím budeme zabývat v části 2.5 naší studie, ale předběžně si můžeme uvědomit, že matematická fyzika disponuje aparátem v podobě variačního počtu, který umožňuje popsat dynamiku fyzikálního systému jako směřování k cíli (k optimálnímu stavu). A *za druhé*, že matematika Aristotelovy doby nedisponovala vhodným matematickým jazykem, který by směřování k cíli dokázal obecně popsat. Aristotelés tak dělá to, co matematika jeho doby umožňuje: místní pohyb charakterizuje jako směřování na určité místo – ke středu vesmíru v případě těžkých těles, resp. směřování k nebi v případě ohně a dalších lehkých věcí. Tento výklad místního pohybu možná působí jako naivní zobecnění každodenní zkušenosti s tím, že těžká tělesa padají k zemi. Ale když tento Aristotelův výklad budeme analyzovat na pozadí variačních metod moderní mechaniky, není těžké nahlédnout, že Aristotelés vlastně prostředky antické geometrie dělá přesně to, co dnes děláme pomocí variačního počtu – hledáme matematicky určený bod prostoru (střed vesmíru je matematicky určeným bodem), ke kterému pohyb směřuje jako ke svému cíli. Jediný rozdíl spočívá v tom, že v případě variačního počtu jde o bod ve funkcionálním prostoru.

Kromě matematizace jednoho aspektu Aristotelés narazil na skutečnost, že *zbylé aspekty pohybu* (formální, materiální a účinná příčina) *zůstávají pro tehdejší matematiku neuchopitelné*. Další vývoj matematizace probíhal mezi těmito póly. Na jedné straně se *rozšiřoval seznam aspektů*, které bylo možné matematizovat (Galileo matematizoval formu pohybu, Descartes matematizoval látku pohybujících se těles a Newton matematizoval působení). Na druhé straně se *rozvíjela nová matematika*, která byla pro člověka Aristotelovy doby nemyslitelná: Viétova symbolická algebra, Descartova analytická geometrie a Newtonův diferenciální a integrální počet. Nakonec se oba proudy setkaly a zrodil se jazyk, který umožnil matematicky popsat pohyb.

Patočkovi bránilo v pochopení matematického charakteru Aristotelovy teorie pohybu hodnocení filosofie pozdního Platóna: „Jeho ‚redukční‘ soustava byla první systematický a úplně důsledný matematismus. Viditelné jsoucno redukovalo se mu podobně jako v atomismu na neviditelné, na netělesné pohyblivé (duše), netělesné nepohyblivé (stereometrické), to dále na planimetrické, aritmetické, dále na ideje-čísla a na jejich principy Jednoho a Neurče-

nou dvojici. V této souvislosti byl též prvně položen problém matematické povahy pohybu.⁷ V Patočkově knize se neustále opakuje myšlenka, že Platónova nauka přináší matematizaci. Podle našeho názoru je však tato představa mylná a představuje jednu z překážek v pochopení Aristotela. Její rozbor by si vyžádal samostatnou knihu, my však chceme zdůraznit, že *platónská redukce nebyla matematická, ale aritmetická*. Aritmetika je podstatně starší než matematika (chápaná jako deduktivní disciplína založená na postulátech). Platónova redukce je redukcí na něco staršího a primitivnějšího, než je matematika.

Aritmetiku je zvykem považovat za jednu z matematických disciplín (vedle geometrie, algebry a diferenciálního a integrálního počtu). Kvůli porozumění matematizaci pohybu je však důležité rozlišit elementární aritmetiku (nazývanou také počty), která obsahuje pravidla pro sčítání, odečítání, násobení a dělení, a teorii čísel, což je standardní matematická teorie zkoumající přirozená čísla. Počty a matematika mají odlišnou strukturu jazyka, a proto matematizaci pohybu nabízejí zásadně odlišné možnosti. V stati „Aristotelova sylogistická logika jako teorie aritmetického typu“⁸ jsme rozdíl mezi jazykem teorií aritmetického typu (kam vedle počtů podle nás patří i sylogistická logika) a jazykem teorií matematického typu (kam vedle geometrie patří i teorie čísel)⁹ charakterizovali pomocí pojmů relační, skladební a deduktivní syntézy.¹⁰ Aritmetika má skladební syntézu spočívající v přidávání jednotky (v geometrii je skladební syntéza konstrukcí založenou na postulátech) a deduktivní syntézu danou pravidly kalkulativního odvození (v geometrii jde o deduktivní důkaz). Když si to uvědomíme, nemůžeme Platónovu nauku považovat za matematizaci pohybu. Naopak, byl to Aristotelés, kdo do výkladu pohybu vnesl geometrické prvky a deduktivní styl.

Patočka konstatuje: „Na tomto místě redukční program platonismu úplně selhal. Platón neanalyzoval pohyb ve složky, nýbrž vyčlenil pouze ty ‚pohyby‘, které samy jako celek nesly charakter stálosti, pravidelnosti, obecnosti, jako ‚logické‘ pohyby duše myslící, nebo pohyby astronomické, které jsou

7 Tamtéž, s. 10. Vzhledem k tomu, že předmětem naší studie je Aristotelova teorie pohybu, Patočkovu pojetí Platóna zde přijmeme jako pozadí jeho výkladu Aristotelovy koncepce. Asi by bylo vhodné Patočkovu pojetí Platóna konfrontovat i s dnešním stavem bádání, ale na to zde vzhledem k omezenému rozsahu studie rezignujeme.

8 Kvasz, L., Aristotelova sylogistická logika jako teorie aritmetického typu. *Filosofický časopis*, 72, 2024, č. 1, s. 3–22.

9 V antice byla dominantní matematickou disciplínou geometrie. Postupně se však v průběhu dějin zrodily další matematické disciplíny, jako symbolická algebra nebo diferenciální a integrální počet. Dnes je již matematika mnohem širší disciplínou než geometrie, ale v antice byly pojmy geometrie a matematika téměř synonymní.

10 Jazyk aritmatiky (tj. počtů) se od jazyka matematiky liší *charakterem vztahů*, které umožňují vyjádřit, *druhem složitých konfigurací*, které umožňuje zkonstruovat, a *povahou logických závěrů*, ke kterým poskytuje oprávnění.

nápodobou prvních; tyto pohyby pojal do střední matematické oblasti, zprostředkující mezi ideovým a smyslovým jsoucnem, kdežto vlastní dění a pohyb ve smyslové oblasti ponechal ,hérakleitovskému toku', o němž není vědění, nýbrž pouze zdání a dohadování... Tak se stalo, že Platón vytvořil sice matematický systém světa, ale v podstatě bez pohybu (pohyb, který je pojat do jeho matematické soustavy, není přírodní pohyb, nýbrž buď metafyzická geneze všech jsoucen z principů, nebo logický pohyb duše a astronomické pohyby, které jej napodobují).“¹¹ Patočka tak Platónovu systému přisuzuje matematický charakter a jeho problém vidí v tom, že ve světě nenašel místo pro pohyb.

Dále Patočka přechází k Aristotelovi: „Úkol analyzovat sám pohyb/proces na jeho složky, v jeho *stoicheia*, pochopil první Aristotelés. Právě protože existují *archai* a *stoicheia* pohybu a pohyblivého jako takového, je možná též věda o pohybu a pohyblivém, fyzika, která není tedy pouhý mýtus. Aplikací metody redukce našel tři základní *stoicheia* jsoucna v pohybu – určený podklad (*hylé*), dále zbavenost (*sterésis*) a kladnou podobu (*eidos*, *morfé*) –, které nevznikají, nýbrž střídají se na témže podkladě. Toto základní schéma sice Aristotelovi umožnilo založit o pohybu vědu, ale *schéma, k němuž dospěl, bylo bytostně nematematické*.¹² Modelem pro něj byly zvláště *kvalitativní změny a procesy vzniku, zániku a vývoje živých bytostí*. Tak se stalo, že Aristotelés vytvořil sice soustavnou vědu o jsoucnu v pohybu, ale v jádře bez matematiky. Jeho pohyb/proces je v bytostné hloubi nematematizovatelný.“¹³ Platón má tedy matematický systém bez pohybu; Aristotelés má vědu o pohybu bez matematiky. To je shrnutí tradičního pohledu na vztah Platónovy a Aristotelovy teorie. Patočka jej formuluje jako východisko, které sice nikdy nezpochybní, ale které postupně opouští.

11 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 11.

12 V jistém smyslu nemohla být žádná starověká teorie pohybu matematická, protože neexistovala matematika, která by pohyb umožnila matematizovat (neexistovala analytická geometrie, algebra, ani diferenciální a integrální počet). Můžeme ale rozlišit dva způsoby, jak může být teorie nematematická. 1. Teorie může být nematematická kontingentně, pokud připustíme, že tehdejší matematika sice neměla prostředky k vyjádření toho, co teorie říká, ale to, co říká, chce, je s matematikou slučitelné a prostředky dnešní matematiky to můžeme vyjádřit. 2. Teorie může být nematematická ze své podstaty, tj. to, co chce říci, je neslučitelné s povahou matematiky, a proto matematika žádné doby neumožní obsah této teorie matematizovat. Aristotelova teorie pohybu je podle nás *nematematická kontingentně*. Novověcí autoři ji však považovali za nematematickou z podstaty a tento omyl sdílel i Patočka.

13 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 11; důraz LK.

1.1 Patočkův Aristotelés uvězněn mezi Platónem a renesančním platonismem

V odstavci následujícím po tvrzení, že Aristotelův pohyb je nematematizovatelný, Patočka píše, že Aristotelés „sám přispěl k budoucí matematizaci pohybu: (a) tezí, že *každý pohyb je hmotný*, (b) že je pohyb nutně časový, (c) *analýzou kontinuí*, která k pohybu nutně patří, zvláště času, (d) *pokusem o matematickou formulaci některých dynamických zákonitostí*. Ale hlavní důvod, proč Aristotelovi je pohyb/proces ve svém jádře nematematizovatelný, je ten, že *jeho povaha není empirická* (není to prostý fakt smyslově daný), *nýbrž ontologická*: pohyb není něco vnějšího, co se s bytostí děje... nýbrž cosi vnitřního, co vytváří a buduje bytost v jejím jsoučnu, je určování neurčitého nebo nedourčeného podkladu působností bytostného jádra, jehož přítomnost rozvíjí všechny ‚vlohy‘ či ‚síly‘ jisté ‚přirozeností‘... *Aristotelův hlavní objev – ontologický pohyb – stál proti matematické povaze pohybu a stal se též historickou překážkou jeho matematizace.*“¹⁴

To, že Patočka *chápe matematickou teorii pohybu jako neontologickou*, je předpoklad, který má kořeny v pozitivismu. Ve skutečnosti je pohyb ontologickou kategorií, a proto nemohl být Aristotelův objev ontologické kategorie pohybu překážkou, ale naopak byl součástí matematizace pohybu.¹⁵ Způsob, jakým Aristotelés chápal ontologický rozměr pohybu (na určitém stupni vývoje matematiky), mohl bránit matematizaci (na vyšších stupních vývoje matematiky), ale samotný objev ontologického charakteru pohybu je příspěvkem, který lze postavit vedle bodů (a) až (d), které uvedl Patočka.¹⁶

Patočka píše: „Za prvé vedla tato koncepce k tomu, že Aristotelés na pohyb/procesu zdůraznil vše to, *čím se liší od matematických entit*; veškeré

14 Tamtéž, s. 12; důraz LK.

15 V souladu s Aristotelem je zvykem rozlišovat mezi pohybem chápaným jako kvalitativní změna (v níž se pohybující se věc uskutečňuje) a změnou místa, při které pohybující se věc mění pouze svoji polohu. Kvalitativní změna je chápána jako ontologický pohyb, který je dáván do kontrastu s místním pohybem, který je vnímán jako neontologický. Vývoj plodu u živočichů však ukazuje, že toto rozlišení je pouze rozlišením stupně. To, kterou svojí stranou se do té doby úplně symetrické vajíčko uhnízdi, určí, ze kterých jeho buněk vznikne páteř a ze kterých končetiny. Tedy místní pohyb vajíčka je základem jeho kvalitativní proměny. V nehomogenním a anizotropním prostředí místní pohyb nikdy není pouze místní, ale vždy je nositelem i kvalitativních změn. Hranice mezi aspekty pohybu, které dokážeme matematizovat, a těmi, které se matematizaci vymykají, se mění spolu s tím, jak se mění matematika, pomocí které matematizaci uskutečňujeme.

16 Aristotelův objev *ontologické povahy pohybu* (tj. jeho odmítnutí eleatsko-platónského názoru, že pohyb nemá bytí, ale je pouze zdáním, a proto se nemůže stát předmětem vědy) můžeme postavit vedle pythagorejského objevu *ontologické povahy čísla* (čísla nejsou atributy množin věcí, ale jsou to entity, které samy mají atributy, jako je sudost nebo složenost) a Platónova objevu *ontologické povahy tvaru* (tvaru nejsou atributy věcí, ale jsou to entity, které mají atributy). Matematizace pohybu spočívá v tom, že dynamické systémy pochopíme jako ideality a postavíme je vedle čísel (aritmetické ideality) a geometrických útvarů (matematické ideality).

matematické komponenty, nejsou-li přehlíženy, tedy jsou aspoň bagatelizovány¹⁷ (čas má destruktivní povahu; dráhu lze dělit skutečně, kdežto pohyb jen fiktivně, matematické pojetí pohybu vede k jeho ztotožnění s dráhou).¹⁸

Motivy, které Patočka uvádí na konci citátu, lze považovat za argumenty proti matematizaci pohybu. To, že čas má destruktivní povahu,¹⁹ je motiv společný mnoha kulturám, které zlatý věk umístily hluboko do minulosti a vývoj chápaly jako úpadek. Tento moment však není protikladný vědeckému obrazu. Stačí si vzpomenout na tepelnou smrt vesmíru a princip růstu entropie v termodynamice 19. století nebo na různé scénáře „konce vesmíru“, o nichž se hovoří v současné kosmologii. Představa destruktivní povahy času tedy není v rozporu s matematickou přírodovědou. To, že *oběžnou dráhu lze reálně rozdělit, zatímco pohyb může být pouze fiktivní*, už dnes nikdo netvrdí. Od té doby, co kvantová mechanika radikálně změnila popis měření, jsme si vědomi fiktivnosti dělitelnosti oběžných drah. To, co brání nekonečnému dělení dráhy, nejsou praktické překážky, ale princip neurčitosti. A to, že *matematizace pohybu vede k jeho ztotožnění s dráhou*, je důsledek absence pojmu funkce, který umožňuje rozlišit mezi pohyby probíhajícími po stejné dráze. Aristotelés má pravdu, když tvrdí, že rozdíl mezi trajektorií a pohybem nelze uchopit prostředky řecké matematiky. Přitom nalezení nástroje umožňujícího zavést rozlišení mezi trajektorií a pohybem bylo pro matematizaci pohybu klíčové.

Patočka pokračuje: „Za druhé – což je vážnější a nebezpečnější: ontologické pojetí vedlo spolu s naivním empirismem Aristotelovým ke snaze *vkládat ontologické struktury bezprostředně do neanalyzovaných nebo jen velmi hrubě analyzovaných smyslových realit* a spojovat je tak s určitým obrazem přírodního jsoucna a s jistým celkovým systémem světa.“²⁰ Aristotelovu snahu redukovat jevy na podstaty považovali jeho kritici za prvek bránící vědeckému poznání přírody. Když se ale zamyslíme nad tím, čím moderní fyzika nahrazuje podstaty postulované Aristotelem při popisu pohybu, zjistíme, že jsou to síly, pole nebo potenciály, tedy matematické objekty v jeho době nedostupné. Naším návrhem je proto vidět postulování esencí jako pokus o kompen-

17 Dnes považujeme za matematiku algebru, analytickou geometrii a infinitezimální počet. Zdůrazňování rozdílu mezi pohybem a matematikou pak vypadá přinejmenším zvláště. Vždyť právě uvedené matematické disciplíny umožnily matematizovat pohyb. Žádná z těchto disciplín však ve starověku neexistovala. Aristotelés zdůrazňuje rozdíl mezi pohybem a matematikou své doby, která matematizaci pohybu neumožňovala. A vidí to správně. Matematizace pohybu byla provedena pomocí zcela odlišné matematiky, než byla matematika Aristotelovy doby.

18 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 12; důraz LK.

19 Zda Patočka tento názor přisuzuje Aristotelovi oprávněně anebo ne, teď ponecháme stranou.

20 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 12; důraz LK. Ponechme stranou, zda je Patočkova námitka oprávněná nebo ne. Každopádně odpůrci aristotelismu v 16. a 17. století situaci takto vnímali.

zaci nedostatků tehdejší matematiky. Dále Patočka píše: „Aristotelovu ctižádostivému programu pochopit nejen příčiny dění, nýbrž i příčiny bytí toho, co jest, *netvořila protiváhu skutečná přírodovědecká kritická metodologie*: chápe, rozumí dřív, než zjišťuje, zejména než zjišťuje přesně a kvantitativně. (...) Byl to *tento přímý převod ontologie do empirie, který vytvořil bariéru na cestě empirické přírodovědy a musil být odhozen stranou v 17. věku*.“²¹ Zde má Patočka pravdu. Postulováním vhodných esencí lze vysvětlit cokoli. Je naivní vkládat ontologické ideje do empirických pozorování.

Patočka končí slovy: „Renesanční věda se právě z tohoto důvodu odvrací stále rozhodněji od Aristotela a *hledá oporu u Platóna*. Ale snaží se vždy vědoměji právě o to, co Platón zanedbal – provést analýzu pohybu v jeho jednoduché začátky a prvky, v jeho stoicheia. Novým prvkem, který renesanční vědě tento obnovený útok na problém pohybu umožňuje, je stále určitější povědomí setrvačnosti. *V pohybu je v souvislosti s tím stále určitěji spatřován stav*, nikoli proces/změna, jako je tomu u Aristotela. A protože pohyb není procesem/změnou, ...je možno jej též tak traktovat – tj. je nejen možno, ale nutno jej matematizovat. *Galileo tak posléze dohání to, co Platón sám nedovedl učinit, protože fyzický pohyb považoval za změnu/proces, a ten opět za herakleitovský tok*: totiž analýzu pohybu more geometrico v jeho prvky, na jeho stoicheia. Výsledkem je pak matematický systém pohybů, které nejsou procesy, totiž kinematická část moderní mechaniky.“²² Je to pozoruhodný oblouk. Renesanční věda hledá oporu u Platóna, který stejně jako Aristotelés chápe pohyb jako změnu/proces a ztotožňuje jej s herakleitovským tokem. Co přesně však mohla renesanční věda od Platóna čerpat, zůstává nejasné.²³ V pohybu se údajně začíná projevovat stav, ale pojem stavu zavádí až Descartes, takže to nebylo chápání pohybu jako stavu, které Galileovi umožnilo jeho matematizaci. Galileo ještě nechápal pohyb jako stav.

Patočka toto schéma shrnul slovy: „*Od matematického systému světa, ale bez pohybu, přes soustavu světa, který je v nematematizovatelném pohybu/procesu, k matematické soustavě pohybů, které nejsou procesy – taková je cesta vývoje problému pohybu v evropské filozofii a vědě*.“²⁴ Aristotelův systém se tak stává nematematickým protějškem Platóna a Galilea. Je možné, že z historického hlediska toto schéma odpovídá *subjektivní realitě* v tom smyslu, že akterii matematizace přírody vnímali to, co dělali, jako opozici k aristotelismu a oživení platonismu. Subjektivní platnost Patočkova schématu nechceme

21 Tamtéž; důraz LK.

22 Tamtéž, s. 12–13; důraz LK.

23 Je možné, že se jedná spíše o projekci než o inspiraci na technické úrovni. Renesanční vědci měli k dispozici zcela jinou matematiku a je pravděpodobné, že promítali své matematické nástroje do Platónových slov.

24 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 13.

zpochybňovat. Jde nám však o to, že z *epistemologického hlediska* je takové chápání matematizace mylné.

Domníváme se, že *Aristotelés vytvořil první matematickou teorii pohybu* (teorii geometrického přechodu). Patočkovu schéma má povahu *teze* (matematika bez pohybu), *antiteze* (pohyb bez matematiky) a *syntézy* (pohyb s matematikou), přičemž syntéza je připisována Galileovi. Místo tohoto Hegelova schématu nabízíme alternativní schéma,²⁵ které se nesnaží uchopit matematizaci v kategoriích dialektiky jako tezi, antitezi a syntézu. Místo toho staví do protikladu pojem *pohybu jako přechodu* a pojem *pohybu jako toku*. Tyto kategorie jsou přirozené – pohyb můžeme pochopit tak, že si všimneme počátečního bodu (nebo stavu) a koncového bodu (nebo stavu), aniž bychom se snažili uchopit proces, který je spojuje. V takovém případě hovoříme o *přechodu*. V opačném případě máme co do činění s *tokem*. To jsou dvě základní možnosti matematizace. Kromě toho můžeme pohyb chápat *geometricky* jako přemístění tělesa v prostoru, nebo *dynamicky*, když bereme v úvahu síly.

Naše schéma připomíná Patočkovu v tom, že staví Aristotelovo pojetí do protikladu ke Galileovu. Není to však opozice pohybu bez matematiky a pohybu s matematikou, jak to vidí Patočka, jde o dva různé způsoby matematizace pohybu. Ačkoli by se mohlo zdát, že jde o odmítnutí Patočkovy interpretace Aristotelovy teorie pohybu, není tomu tak. Podle našeho názoru se Patočka propracoval velmi blízko k teorii, kterou se pokoušíme představit. Jediný rozdíl spočívá v tom, že Patočka, oslněn Platónem, považoval Aristotelovu teorii za nematematickou.

1.2 Aristotelés a matematika

Patočka odmítá názor, že to byla právě Aristotelova „nechuť k matematice, která ho přiměla odvrátit se od platonismu“, a píše, že je možné, že „to byl tento nově objevený kvalitativní model pohybu, který mu dal vědomí, že je možno a dokonce nezbytno filosofovat jinak než *more geometrico*, a který způsobil, že první – a geniální – metodolog matematiky se stal zároveň původcem *protimatematického obratu ve filosofii*. Ke kvalitativnímu modelu dospěl však Aristotelés, jak se pokusíme ukázat, aplikací Platónovy redukční metody na pohyb, tedy v jádře matematickou metodou samotného Platóna.“²⁶ Je to zvláštní závěr – použitím matematické metody údajně dojdeme k negaci matematiky. Pokusíme se tedy naopak ukázat, že o žádnou

25 Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*, c.d., s. 177.

26 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 52; důraz LK.

negaci matematiky nejde, protože Aristotelova teorie pohybu není antimatematická.²⁷

Tak daleko sám Patočka nezašel. Jeho slova „Moderní matematická přírodověda vznikla v boji proti Aristotelovi a aristotelizmu. Aristotelova filosofie pohybu, pohlíží-li se na ni z této strany, vypadá jako balvan, který zahradil cestu k matematizaci přírody na tisíciletí. Existuje však též perspektiva z druhé strany, od před Sokratiků a Platóna, a tam věc vypadá poněkud jinak“²⁸ však ukazují, že legitimitu Aristotelova kroku je připraven obhajovat z „druhé strany“. My chceme ukázat, že Aristotelova teorie pohybu nebyla balvanem, který by zavalil cestu k matematizaci přírody ani při pohledu z naší strany. Když se na Aristotelovu teorii podíváme očima moderní matematiky, je možné v ní najít jádro, které je matematické.²⁹ Patočka totiž připisuje Aristotelovi momenty, které úzce souvisejí s matematizací pohybu:

1. „*Pohyb – proces se stal u Aristotela pohybem ve světě, přestal být pohybem světa. (...) Pohyb Aristotelův není již kosmogonický pohyb; pro Aristotela kosmogonie – přechod od chaosu ke kosmu – již nemá smysl, svět je věčný.*“³⁰ Takže zatímco pro Platóna byl pohyb především pohybem v kosmogonickém smyslu, Aristotelés kosmogonický pohyb ruší. Prohlašuje svět za věčný, čímž na něj přenáší jeden z atributů matematických idealit, jejich atemporalitu. V tom, že se pohyb stal pohybem ve světě, můžeme spatřovat předzvěst pojetí, podle něhož je pohyb pohybem v prostoru. Nechceme z Aristotela dělat předchůdce Newtonova pojetí absolutního prostoru, ale to, že svět je věčný, znamená, že má neměnnou geometrickou strukturu, která je pozadím interpretace pohybu jako geometrického přechodu. 2. „Byla-li základním modelem pohybu u Platóna stále jednota protikladů, u Aristotela přichází model zásadně jiný, nový – model kvalitativního procesu: *střídání protikladů na téměř podkladě.*“³¹ Obdobný krok dělá i matematická fyzika. Nechceme Aristotelovo střídání protikladů ztotožňovat časovým vývojem stavu, ale každý fyzikální popis pohybu má za a) proměnlivou složku, kterou nazýváme stavem tělesa, a za b) je zde samo těleso. Aristotelovy protiklady

27 Nechceme zpochybňovat, že takto (tj. jako antimatematický) byl aristotelismus vnímán renesančními a raně novověkými učenými. V té době však již byl aristotelismus přetvořen scholastikou a diskutován na pozadí zcela jiné matematiky, než jaká existovala v antice. To, že na Aristotelovi ulpělo obvinění (které přijímá i Patočka), že byl nepřítelem matematiky, je ironií osudu. Aristotelova filosofie přinesla pojetí matematiky, které umožnilo její spojení s empirickým poznáním. To, že Aristotelés oponoval Platónovi, neznaméná, že oponoval matematice.

28 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 51.

29 Jedním z prvních, kdo se takto na Aristotela podívali, byl Károly Simonyi. (Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*, c.d., s. 274–278; a Simonyi, K., *A fizika kultúrtörténete*. Budapest, Gondolat kiadó 1986, s. 71–76.)

30 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 52; důraz LK.

31 Tamtéž, s. 51; důraz LK.

nejsou stavem, stejně jako hypokeimenon není totéž, co těleso. Jsou však příbuzné. 3. Aristotelés se soustředil na *pohyb jako na změnu v čase*; 4. *Chápal pohyb jako hmotný proces*, čímž vyloučil pohyb duše.

Patočka končí první kapitulu své knihy slovy: „Stačí však uvědomit si, že platonizující odpůrci Aristotelovi v 16. a 17. století... uvedené výsledky Aristotelova boje proti Platónovi přijímají jako samozřejmou půdu, na které se pohybují. (...) Fyzický proces, jehož zákonitost zkoumají, není jim procesem kosmogonickým. *Hledají matematizaci Aristotelova pohybu*, nikoli pohyb Platónův. (...) Nejen planety, i duševní dějiny znají retrogradní pohyb. Možná, že i ten se racionálním rozbořem objeví jako pouhé zdání.“³² Patočka zde vyjadřuje naději, že regres v matematizaci u Aristotela je jen zdánlivý. Naším cílem je podpořit tuto Patočkovu naději argumenty.

2. Prvky bránící pochopit matematický rozměr Aristotelovy fyziky

Patočkovi bránilo vidět v Aristotelově fyzice první etapu matematizace pohybu několik momentů, které zde podrobněji rozebereme.

2.1 Přijetí Platónovy filosofie jako matematizace kosmu

Prvním momentem, který Patočkovi brání vidět v Aristotelově přírodní filosofii matematizaci pohybu, je přijetí výkladu Platónovy filosofie jako matematizace kosmu. Po ztotožnění *Platónovy* teorie s matematizací se *Aristotelova* filosofie jako protipohyb proti Platónovi automaticky stává pohybem proti matematizaci. Není však obtížné zpochybnit Platónův nárok na autorství matematizace pohybu. Stačí si uvědomit, že Platón ve skutečnosti žádnou matematizaci pohybu v pravém slova smyslu neprovádí. Jeho teorie připomíná poezii, v níž se básník namísto nad krásou ženského těla nebo malebností západu slunce rozohňuje nad matematizací kosmu. Ale ať už se básník rozohňuje nad čímkoli, jeho dílo nepřestává být poezií, souborem působivých obrazů. Platónovo dílo není příspěvkem k matematizaci kosmu, neboť ať už přirovnává prvky k pravidelným mnohostěnům nebo k čemukoli jinému, nijak tím nepřispívá k jejich vědeckému popisu. Z četby *Timaia* si – stejně jako generace čtenářů před námi – odnášíme vizi harmonie kosmu, ale Platón nás tím nepřibližuje k pochopení pohybu. Příčina spočívá v absenci vztahu mezi vlastnostmi prvků a vlastnostmi mnohostěnů. Shoda mezi počtem prvků a počtem mnohostěnů je náhodnou shodou, z níž nic nevyplývá (kromě pocitu, že to přece nemůže být náhoda). Teprve když si to uvědomíme a odmítneme interpretaci Platóna jako filosofa, který měl cokoli společného s projek-

32 Tamtéž, s. 53; důraz LK.

tem matematizace pohybu, můžeme pochopit, že Aristotelova fyzika, ačkoli méně poetická, je matematickou teorií pohybu.

2.2 Nedocnění odstranění kosmogeneze jako součásti matematizace

Jedním z Patočkových příspěvků k pochopení Aristotelovy fyziky je uvědomění si faktu, že zrušením kosmogeneze a prohlášením Vesmíru za věčný a neměnný Aristotelés vytváří rámec, na pozadí kterého je možné pohybu rozumět. Zdá se, že Patočka si dostatečně neuvědomil, že tento rámec je svojí podstatou matematický (tj. geometrický) a jeho vytvoření je součástí matematizace pohybu. Takže *druhým momentem*, který Patočkovi brání vidět v Aristotelově přírodní filosofii matematizaci pohybu, je nedocnění významu chápání kosmu jako neměnného a věčného. Newton při tvorbě svého systému zasazuje všechno dění do rámce absolutního prostoru. Newtonův prostor je – na rozdíl od Aristotelova vesmíru – nekonečný, nemá střed a není ohraničen sférou hvězd. Ale to nic nemění na skutečnosti, že nedílnou součástí každé matematizace pohybu je fixování pozadí, vůči kterému pohyb popisujeme. Proto je Aristotelův věčný a neměnný vesmír analogií Newtonova prostoru.

2.3 Nedocnění nahrazení hylé hypokeimenonem

Třetím momentem, který Patočkovi brání vidět v Aristotelově přírodní filosofii matematizaci pohybu, je skutečnost, že i když Patočka přesně vysvětlil Aristotelovo nahrazení hylé hypokeimenonem jako klíčový moment, který umožnil vznik jeho pojetí pohybu, nedocnil, že Aristotelova teorie pohybu sdílí tento aspekt s matematickým popisem pohybu. Každý matematický popis pohybu začíná zavedením stavu (u Newtona polohy a rychlosti; u Lagrangea zobecněných souřadnic a zobecněných rychlostí; nebo u Hamiltona souřadnic a sdružených hybností). A stav je stavem nějakého ontologického substrátu, který je moderní analogií hypokeimenonu. Proto lze říci, že oddělením formy od jejího ontologického základu Aristotelés postupuje ve shodě s pozdějším vývojem matematické fyziky.³³

Je-li uvedený výklad správný, poukazuje na meze kontextuálního výkladu dějin vědy. Když určitou teorii vykládáme v kontextu dobového chápání jejích pojmů a metodologických norem, může se stát, jako se to stalo Patočkovi,

33 Analogie mezi Aristotelovým pojetím a moderní fyzikou spočívá v tom, že oba popisy uchopují pohyb odlišením dvou úrovní popisu. Sice se oba přístupy liší ohledně jazyka, pomocí kterého tyto úrovně skutečnosti popisují, ale shodují se v tom, že popis pohybu musí probíhat paralelně na dvou úrovních.

že nedoceníme význam určitých myšlenek pro vývoj dané disciplíny. To, oč nám jde, není návrat k pozitivistickému výkladu dějin z hlediska našeho dnešního porozumění. Pozitivisté Aristotelově fyzice nerozuměli a odmítali ji jako nevědeckou. Z tohoto hlediska je Patočkův výklad významným krokem vpřed. Patočka porozuměl Aristotelově pojetí pohybu tak, troufáme si tvrdit, jako nikdo před ním. Jakmile je však taková rekonstrukce vycházející z kontextu její vlastní doby završena, je možné udělat ještě další krok a porovnat rekonstruovanou teorii s naším dnešním chápáním pohybu. Nechceme Aristotela hodnotit pomocí kritérií dneška, ale ani se nechceme spokojit s jeho uzavřením do dobového kontextu. Chceme Aristotela přijmout jako partnera, jako někoho, kdo se v zásadě pokoušel o totéž, o co se pokoušeli Galileo a Newton (a Lagrange a Hamilton): totiž porozumět změně.

2.4 Pochopení přechodu jako nematematické změny

Čtvrtým bodem, který bránil rozpoznat v Aristotelovi autora prvního pojetí matematizace pohybu, je následující Patočkův názor: „Co vadilo zásadně, aby Aristotelés přispěl bezprostředně k založení racionální kinematiky, bylo jeho filosofické pojetí pohybu 1. jako něčeho podstatně organicky celistvého; 2. *jako přechodu*, kterým trvající základ buď aktualizuje svou možnost, nebo ji ztrácí, takže bytost jím buď nabývá, nebo pozbývá nějakého určení, mění se.“³⁴ Výklad Aristotelovy teorie jako *teorie geometrického přechodu*³⁵ však ukazuje, že lze matematicky uchopit *přechod* pomocí geometricky uspořádaného vesmíru. Patočkovu rozpoznání geometrického přechodu jako matematizace mohla bránit jeho neobvyklost.

2.5 Variační principy mechaniky a Aristotelés

Dalším momentem bránícím docenění Aristotelova příspěvku k matematizaci pohybu je *teleologické pojetí změny*, které uchopuje pohyb jako směřování k cíli. Dlouho byl vznik fyziky chápán jako odmítnutí Aristotelova teleologického popisu a jeho nahrazení newtonovským popisem pomocí sil. Tento výklad však ignoruje jeden významný proud v dějinách mechaniky, který se při popisu pohybu opírá o variační principy. První variační princip pochází z optiky a má podobu Fermatova principu nejkratšího času. Matematický aparát umožňující tyto principy formulovat a použít při popisu pohybu však

34 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 293; důraz LK.

35 Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*, c.d. s. 177–178.

pochází až z 18. století od Eulera a Lagrangea. Variační principy představují matematizaci teleologického pojetí změny.³⁶

Variační principy popisují pohyb tak, že ze všech možných pohybů se uskuteční ten, který je z určitého pohledu nejlepší, nejefektivnější (tj. minimalizuje hodnotu veličiny, která je mírou účinku). „Příroda“ tedy „volí“ optimální způsob změny, směřuje k nejlepšímu možnému stavu. Leech píše, že variační principy byly v některých případech „zahaleny do filosofického mysticismu, který pozdržel ocenění jejich významu“.³⁷

3. Matematické aspekty Aristotelovy fyziky: pokus o rehabilitaci

Mnoho autorů zakládá své hodnocení Aristotelova pokusu o matematizaci pohybu na srovnání s pokusem Platónovým. Platónovy výroky o významu matematiky pro pochopení přírody je však třeba chápat jako výroky týkající se aritmetiky, nikoli geometrie. Kvantitativní vztahy, na nichž je založena moderní fyzika u Galileia a Newtona, nejsou návratem k přirozeným číslům, ale krokem vpřed, směrem k číslům reálným. Proto nemají nic společného s Platónem a aritmetikou. Aristotelův výklad přírodních procesů se tak dostává do nového světla. To, co je Aristotelovi tradičně vytýkáno jako regres ve srovnání s Platónem, žádným regrese není. Je-li Platónův přístup chápán jako aritmetizace, Aristotelův přínos lze chápat jako pokus o geometrizaci, tj. redukci pohybu pomocí ideálních objektů geometrie.

3.1 Aristotelova teorie místního pohybu

Patočka vysvětluje vznik Aristotelova pojetí pohybu na pozadí Platónova chápání tohoto jevu. Podle Platóna byl pohyb kosmogonickým procesem, procesem utváření kosmu, který řídila duše světa. Aristotelés to odmítl a prohlásil vesmír za věčný a neměnný. Tato změna měla několik důsledků, které však nejsou na první pohled zřejmé. Patočka tvrdí, že Aristotelova teze o věčnosti vesmíru znamená *zrušení kosmogonického procesu*. Tvrdí tedy, že zatímco Platón navazoval na chápání pohybu u iónských myslitelů, u Aristotela začíná něco nového. Tím, že Stagiritas prohlásil vesmír za věčný, proměnil jeho uspořádání v *neměnný geometrický rámec*. A právě tento rámec mu umožnil

36 Stručný výklad variačních principů mechaniky lze nalézt v: Leech, J. W., *Klasická mechanika*. Přel. J. Kracík. Praha, SNTL 1970, s. 54–63. Matematické základy variačních principů jsou mistrovsky vyloženy v knize Vladimíra Arnołda *Matematické metody klasické mechaniky* (Moskva, Nauka 1989). Historie variačních principů ve formě antologie původních textů – od Fermata přes Lagrangea až po Schrödingera – je shrnuta ve sborníku: Polak, L. S. (ed.), *Variacionnye principy mechaniky* (Moskva, GIFML 1959).

37 Leech, J. W., *Klasická mechanika*, c.d., s. 54.

matematicky uchopit pohyb jako geometrický přechod. Aristotelova teorie pohybu jako geometrického přechodu je první etapou matematizace pohybu.³⁸ Patočka popisuje vznik geometrického rámce pohybu, ale nezkoumá, k čemu tento rámec slouží – k uchopení pohybu jako geometrického přechodu. Za slabinu Patočkovy výkladu lze proto považovat skutečnost, že neformuluje kritéria, podle kterých je určitá teorie matematická, a jiná ne.

3.2 Aristotelovo hledání *archai* pohybu

Patočka píše: „Aristotelovo hledání *archai* = *stoicheia* pohyblivého obsahuje tyto etapy: 1. Zjištění, že pohyblivo není možné bez určitých protikladů a bez určitého substrátu. 2. Zjištění, že substrát není sám členem protikladu (jako je tomu u Platóna). 3. Přechod od protikladů *katá tén aisthesis*, tedy od úrovně *aisthesis*, k úrovni *logos*, tedy k úrovni, kterou *aisthesis* nepostihuje. Zde se ukazují protiklady v podobě *sterésis* a *eidos* a trvající hmota jako *hypokeimenon*, jako substrát vůbec. Celkový výsledek tedy je: *hypokeimenon*, *sterésis* a *eidos* jsou tři *stoicheia* pohyblivého jsoucna. Co nemá takovouto strukturu, je neschopno pohybu. Tento výsledek má nesmírnou důležitost. Pohybovat se podle něho může pouze to, co má hmotu (*hylé*), poněvadž pohyb je střídání zbavenosti (*sterésis*) a kladné určení (*eidos*) na témže podkladě. Střídání však implikuje čas: žádný pohyb (i žádný vznik a zánik) podle toho není možný jinak než v čase. Oba tyto výsledky jsou v zásadním rozporu s Platónovým učním o pohybu a vznikání. Podle Platóna prvotní pohyb je pohyb duše, který je zásadně netělesný. A vznik jsoucna vůbec je podle něho nečasovým vznikem z prazákladů (*stoicheia*) Jedna a Neurčité dvojice.“³⁹

Pro Platóna byla forma věčná a neměnná a změnu do světa vnášela látka. Rozpor nehybnosti a pohybu byl tedy pro Platóna rozporem neměnné formy a měnící se látky. A protože poznat lze jen to, co je neměnné, nacházel se pohyb pro Platóna mimo možnost vědeckého poznání. Naproti tomu Aristotelés učinil substanci (*hylé*) substrátem (*hypokeimenon*) pohybu. Změna je tak nesena rozporem zbavení (*sterésis*) a formy (*eidos*). Pohybující se substance tak získala neměnný substrát (substrát se nemění, pouze nabývá nových forem) a neměnný cíl (*eidos*), k jehož dosažení směřuje. Změna již není rozostřením formy v důsledku přítomnosti látky. Změnu je možné zkoumat prostřednictvím vědeckého poznání. Patočka dodává: „Aristotelův pohybový model je však v zásadě kvalitativní. Přechod od zbavenosti ke kladnému

38 Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*, c.d., s. 177.

39 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 77–78.

určení nebo naopak je myšlenka, která má svou plnou aplikaci toliko v oboru kvality.⁴⁰

Ovšem to, že Aristotelův model pohybu je kvalitativní, neznamená, že nemůže být matematický. Existují matematické disciplíny, které jsou kvalitativní: topologie, teorie katastrof nebo geometrická teorie dynamických systémů. Patočka upřesňuje: Podle Aristotela „proces musí být nezbytně střídání; je nezbytně průchodem různými fázemi, v nichž trvá týž základ, *hypokeimenon*; střídání jde od protikladu do protikladu, kdežto *základ sám nemá protiklad ani není protikladem*. Platón tedy pochybil právě v logickém rozboru *genesis*. Jeho analýza procesuálního jsoucna (*genesis*) je neúplná: dala se svést soustředěním pozornosti na kladné, dobré, a eleatskou úvahou o tom, že záporné neexistuje. (...) Substrát přechází od – k +, od ne k ano. Tento moment přecházení, přechodu, to nejpodstatnější na procesu musil Platón přehlédnout, jakmile nepřihlédl k *sterésis*, vlastnímu zápornému rysu vší *genesis*. Záporné potom hledal Platón v substrátu *samém*; ale vlastní význam této zápornosti pro proces sám mu již musil uniknout; proces je u něho v podstatě matematická míra, vtisknutá látce; co Platón nevidí, je, že proces je vyplňování nedostatku (nebo úpadek do něho), ...že není realizovaná forma, nýbrž realizace, snaha po formě.“⁴¹

Podle Patočky jsme u Aristotela zdánlivě ve stejné situaci jako u Platóna. Pohybující se věc se skládá z hylé a morfé. Platón však vztah těchto složek chápal jako protiklad. *Hylé* pro něj byla univerzální princip, který do smyslově vnímatelného světa vnášel proměnlivost a nestálost, a v důsledku toho byl svět neurčitý, a tudíž nepoznatelný. Morfé byla v protikladu k *hylé* věčná a neměnná. Pouze ona byla podle Platóna poznatelná. Lze tedy říci, že opozice, která umožňuje změnu, je u Platóna „vertikální“, je to opozice látky a formy. Aristotelés namísto *hylé* klade *hypokeimenon* a vnáší do hry třetí prvek, kterým je *sterésis*, tj. nedostatek. Když se člověk učí, *hypokeimenon* je člověk a pohyb spočívá v přechodu od nevzdělanosti (což je nedostatek – *sterésis*) k vzdělání, což je určení. Pohyb je tedy přechodem od *sterésis* k morfé na neměnném substrátu. Člověk je hmotný, proto *hypokeimenon* zahrnuje i hylé. A má také určitou neurčitost, kterou je v našem příkladu nevzdělanost. Podstatné však je, že u Aristotela není opozice „vertikální“ (jako u Platóna – mezi hylé a morfé), ale „horizontální“, mezi *sterésis* a morfé. A tak se pohyb může stát předmětem vědy.

Zavedení zbavenosti umožnilo Aristotelovi porozumět pohybu. Vychází z „Platónovy protiparmenidovské revoluce, provedené v *Sofistovi*, kde bylo

40 Tamtéž, s. 78.

41 Tamtéž, s. 114; důraz LK.

ukázáno, že nejsoucno existuje“⁴² dospěl k poznání, že teorie pohybu musí obsahovat aspekt, který není aktualizován. To se odráží v Aristotelově definici pohybu: „Pohyb jest uskutečňování toho, co jest možné, pokud jest možné.“⁴³ V potencialitě můžeme vidět předchůdce prostoru, který fyzika používá při popisu pohybu. Prostor je reprezentací možných poloh nebo stavů pohybujícího se tělesa, *prostor je tedy, alespoň v případě místního pohybu, zpředmětněním Aristotelovy sterésis*. Bod v prostoru představuje stav, který těleso může mít, ale ještě nemá. Aristotelés nepopisuje sterésis matematicky, jako prostor možných poloh, konfigurací či stavů, ale činí zásadní krok, když do popisu pohybu zahrnuje možnost.

3.3 Aristotelovy náznaky matematizace pohybu

„Všecky výsledky pohybových úvah a rozborů, získaných v podstatě přihlížením k biologické zkušenosti, snažil se Aristotelés rozvinout tak, aby celek světa jimi byl uveden v jednotný, kauzálně nepřetržitý systém.“⁴⁴ Příliš široké pojetí, jehož cílem bylo popsat všechny druhy změn, tedy kromě místního pohybu i změny kvalitativní, znemožnilo Aristotelově teorii pohybu dále se matematicky rozvíjet. Cesta vedoucí ke zrodu matematické přírodovědy opustila výklad biologických procesů, které se Aristotelés snažil začlenit do své teorie. Patočka k tomu poznamenává: „Zde se ukazují nyní důsledky odstranění geometrické struktury přírodní reality, která existovala ještě v platónském *Timaiu*. Platón ani Demokrit nedospěli k oné analýze pohybu v kvantitativní momenty, kterou provedl Aristotelés. (...) Ale zároveň jeho podstatně kvalitativní a dynamický pohybový model vyhnal ze světa geometrickou mikrostrukturu a tím znemožnil spojení pojmového rozboru pohybu s myšlenkou kvantitativní substruktury kvalitativních jevů. Tato zvláštní koincidence byla tím, co znemožnilo efektivní matematizaci na takřka dva tisíce let.“⁴⁵

Podle našeho názoru ovšem teprve Newtonův diferenciální a integrální počet umožnil spojit kvantitativní aspekt s pojmovou analýzou pohybu. Patočka je zde v zajetí teze, že Platón byl na cestě vedoucí k matematizaci pohybu, zatímco Aristotelés se od této cesty odchýlil. Podle našeho názoru však Platón k matematizaci pohybu nesměřoval a jeho pojetí pohybu zahrnovalo i kosmogonický pohyb.

42 Tamtéž, s. 108.

43 Aristotelés, *Fyzika*. Přel. A. Kříž. Praha, Rezek 1996, s. 7 (III. 1, 201b 5).

44 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 151.

45 Tamtéž, s. 154.

Patočka připouští, že „v tomto nesmírně zúženém rámci, v rámci souměřitelných místních pohybů, neušla Aristotelovi čest a zásluha, že dokázal prvně matematicky formulovat dynamickou zákonitost. (...) U Aristotela, nikoli u Platóna, pythagorejců a Demokrita, najdeme první matematický přírodní zákon; bez vytčení faktorů jako hybatel a pohyblivé, čas, dráha, rychlost jako společná míra různých místních pohybů, jichž zákonitou genezi jsme až do nynějška sledovali, by jeho stanovení nebylo možné.“⁴⁶ Patočka má na mysli následující pasáže: „jestliže a je pohybující, b pohybované, c pak délka, po níž bylo pohybováno, a d jest čas, v kterém bylo pohybováno, tedy stejná síla jako a bude ve stejném čase pohybovat také polovinu b dvojnásobně tak daleko jako c , nebo také v polovině času d právě tak daleko jako c . (...) A jestliže táž síla pohybuje týž předmět v tomto určitém čase touto určitou dráhou, bude jej pohybovat také polovinou dráhy v polovičním čase, a poloviční síla bude pohybovat poloviční předmět ve stejném čase stejnou dráhou.“⁴⁷ Tento výklad spojuje účinek působení na dané a na poloviční těleso. Jako míra pohybu se zde používá součin velikosti tělesa a jeho dráhy. Někteří autoři považují tyto pasáže za první doklad matematizace pohybu v historii. Edward Hussey například ukazuje, že pokud jsou chápány jako popis pohybu v prostředí se stálým odporem, jsou v souladu s výsledky newtonovské fyziky.⁴⁸

U Aristotela se můžeme setkat i s problematickými tvrzeními. „Jestliže tedy a bude pohybovat předmětem b v čase d po dráze c , tedy nebude proto ještě pohybovat předmět b polovinou a , totiž e , v čase d – a ani v části času d – po části dráhy c , nebo v témže poměru k celé dráze c , jako se a má k e . (...) Neboť za určitých okolností vůbec nic neuvede do pohybu, neboť způsobila-li celá síla tento určitě veliký pohyb, neplyne, že poloviční síla způsobí nějaký určitě veliký pohyb v nějakém určitém čase. Vždyť by jinak mohl také jen jeden uvádět do pohybu loď, kdyby se jak síla těch, kteří loď táhnou, tak délka, po které všichni lodí pohnuli, mohla krájet v jejich počet.“⁴⁹

Patočka tyto pasáže komentuje slovy: „V každém případě toto určení pohybu je docela jiného druhu a rázu než určení ryze kvalitativní. Zde Aristotelés postupuje úplně ve stylu nazírání, které vede ke kvantifikaci přírodního procesu, zde přímo kvantifikuje sílu, dynamický faktor, který se stává měřitelným pomocí břemene, tj. váhy, a uvádí síly ve vztah k prostoru a času. Důsledné provedení tohoto nazírání by bylo musilo vést k pojmu matematické přírodní zákonitosti a k pojetí přírodního působení, popsatelného vzájemnou závislostí matematických parametrů. Je však skutečností, že žádnému mysliteli

46 Tamtéž, s. 155.

47 Aristotelés, *Fyzika*, c.d., s. 205 (249b 30–250a 5).

48 Hussey, E., *Aristotle's Mathematical Physics: A Reconstruction*. In: Judson, L. (ed.), *Aristotle's Physics. A Collection of Essays*. Oxford, Clarendon Press 1991, s. 213–242.

49 Aristotelés, *Fyzika*, c.d., s. 205 (250a 10).

starověku nepřišla myšlenka, že vztah mezi dráhou, časem, rychlostí a jejím přírůstkem u vrženého projektilu nebo padajícího kamene je v zásadě podobný vztahu mezi odvěsnami a přeponou v pravoúhlém trojúhelníku – čím by teprve útvar a dění byly postaveny na tutéž základnu a staly by se rovnou měrou vypočitatelné (dění předvídatelným); za podmínky ovšem, kterou zdůrazňuje P. Duhem, že by totiž složitý mechanický pohyb (jakým jsou případy onoho vedení či nesení břemen, citované Aristotelem) byl roznalýzován ve své primitivní, jednoduché složky, prvky, *stoicheia*, docela stejným způsobem, jako složité vztahy kombinovaných útvarů je nutno převést na první počátky, *elementa*: čili, že by se *provedla platónská redukce pohybu na pohyb elementární*, jak to jednoho dne skutečně provede Galilei.⁵⁰

Tuto pasáž jsme citovali in extenso, protože dobře ilustruje vnitřní napětí Patočkova výkladu. Na jedné straně Patočka připouští, že se Aristotelés přiblížil ke kvantifikaci přírodního procesu. Nicméně aby k takové kvantifikaci skutečně došlo, musí na scénu vstoupit Platón jako jakýsi *deus ex machina*. Dnes již víme, že platónský rozklad retrográdního pohybu planet byl sice dočasně úspěšným, ale fyzikálně chybným programem (nepravidelnosti pohybu nelze interpretovat pomocí epicyklů, deferent a ekvantů, ale je nutno je chápat jako důsledek pohybu Země). Galileo navíc rozkládá šikmý hod na jiné prvky než platónské kruhové pohyby. Hledáním vztahů mezi gravitací, prostorem a časem se tedy Galileo blíží spíše Aristotelovu programu hledání vztahů mezi veličinami než Platónovu programu záchrany jevů rozkladem pohybů na rovnoměrné kruhové pohyby. Pro Patočku však jiná možnost není: matematizaci je třeba připsat Platónovi, a Aristotelova koncepce tak musí vyjít jako regres, ať už fakta říkají cokoli.

Patočka pak pokračuje popisem Aristotelových omylů: „Jiná kvantitativní určení pohybu u Aristotela jsou mnohem problematičtější. Tak např. výklad 8. kap. V. kn. Fysiky o vzájemném poměru mezi rychlostí těles a odporem prostředí a zvláště 216a 13 smutně proslulá úměrnost mezi těžkostí či vahou (event. lehkostí) tělesa a rychlostí, s kterou prochází intervalem – všechny tyto úměrnosti jsou vykonstruovány ryze spekulativně a ztroskotaly ihned, jak byly podrobeny kontrole zkušenosti.“⁵¹ Detailnější analýza však ukazuje, že tyto pasáže nejsou spekulativní. Pomocí newtonovské mechaniky je lze odvodit (pro pohyb ve viskózním prostředí). Lze tak ukázat, že Aristotelés nebyl tak špatným fyzikem, jak je často vykreslováno.⁵²

50 Patočka, J., *Aristotelés, jeho předchůdci a dědicové*, c.d., s. 157; důraz LK.

51 Tamtéž.

52 Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*, c.d., s. 274–278.

Další druh matematického uchopení pohybu se týká nebeské sféry. Astronomický pohyb byl považován za matematický již od dob pythagorejců. Jeho matematizaci Aristotelés převzal od astronomů a zabudoval ho do svého systému. Teorie prvního hybatele je vyvrcholením Aristotelovy *Fyziky*. Vysvětluje původ pohybu, sjednocuje systém přírodní filosofie do celku a představuje bod, kde se fyzika spojuje s metafyzikou. Věčný pohyb nebeské sféry pak teprve Galileo přenesl z nebe na zem, oddělil ho od hybatele a učinil setrvačným.

3.4 Aristotelova teorie čtyř příčin a matematizace pohybu

Důležitým prvkem Aristotelovy fyziky, který byl kritizován raně novověkými filosofi, byla teorie čtyř příčin: materiální, formální, finální a účinné příčiny. Podle Aristotela musíme při vysvětlování pohybu brát tyto čtyři jeho aspekty v úvahu. Není pochyb o tom, že jde o antropomorfní rys: jedním ze základních příkladů, jimiž Aristotelés ilustruje svou teorii, je výroba džbánu řemeslníkem. Kritici, kteří Aristotelovu teorii odmítají, zapomínají na plátónsko-eleatské pozadí, vůči kterému Aristotelés svou teorii emancipuje, i na smysl, který tím sleduje. Tento smysl je dvojitý. Zaprvé jde o to interpretovat pohyb tak, aby se mohl stát předmětem vědeckého poznání. A v tomto ohledu je Aristotelova koncepce pozoruhodným řešením. Jejím základem je rozlišení látky a formy, které otevírá epistemický přístup k pohybu. Pohyb již není zdání, jak tvrdili eleaté, a jeho poznání se neomezuje na doxa (názor), jak tvrdil Platón. Forma umožňuje epistémé (vědecké poznání) o pohybu. Pohyb je poznatelný, protože se v něm uskutečňuje forma.⁵³ Aristotelovi kritici navíc zapomínají na skutečnost, že jazyk současné fyziky obsahuje principy, které odpovídají čtyřem aristotelským příčinám.

Každý pohyb má *materiální* aspekt – každý mechanický pohyb je pohybem nějakého druhu hmoty. Materiální aspekt v moderní fyzice sice již není pasivní a amorfní, jak si jej představoval Aristotelés, stále však platí, že ma-

53 Proti tomuto výkladu je možno namítnout, že aristotelská forma je formou pohybující se věci, která se v pohybu uskutečňuje. Uchopením této formy uchopujeme věc, nikoli pouze její pohyb. Naším cílem však není aristotelská exegeze, ale snaha o přemostění aristotelské teorie pohybu a moderní matematické fyziky. Charakteristický způsob pohybu věci je snad možné chápat jako projev její formy. A když, v souladu s výše uvedenou poznámkou č. 15, nebudeme ostře rozlišovat mezi věcí a jejím pohybem (věci v přírodě jsou v pohybu) a formu pohybu budeme vnímat jako složku její formy jakožto věci, lze uvedené tvrzení obhájit. Matematizace vyžaduje posunutí některých hranic, v důsledku čehož se dostává do rozporu s ochránci hranic a zastánci jasných rozlišení. Ale matematizace samotná je (epistemologický) pohyb, a jako taková musí překračovat hranice a rušit rozlišení. Naším a zdá se, že i Patočkovým cílem je navštívit Aristotelovo učení způsobem, který učiní jeho podíl na procesu matematizace srozumitelným.

teriální parametry popisují zpravidla to, jak daný kus hmoty reaguje (což je určitý druh pasivity) na působení. *Formální* aspekt, tj. to, co se pohybem uskutečňuje, je trvalé a neměnné, a tedy poznatelné – tak může zahrnovat i přírodní zákony. Ty dnes mají většinou podobu diferenciálních rovnic, a leží proto daleko za horizontem matematiky Aristotelovy doby. Aristotelés si nemohl vytvořit představu o tom, co je na pohybu poznatelné. Jeho charakteristika formálního aspektu pohybu je vzdálená jeho moderní, matematické formulaci. Navzdory antropomorfismu Aristotelovy charakteristiky však nelze popřít, že ve všech moderních teoriích pohybu je obsaženo něco formálního, co nepodléhá změně. *Účinnou* příčinou je v dnešní fyzice síla (potenciál nebo energie). Ta ale nezpůsobuje pohyb, pouze změnu pohybového stavu. Aristotelovi lze vytknout, že tvrdí, že každý pohyb musí mít příčinu. To je omyl. Ale to, že do popisu pohybu zahrnul kauzální rozměr, je správné, jakkoli byla jeho realizace této myšlenky chybná. *Finální* příčina vyvolala pravděpodobně nejvíce kontroverzí. Její význam pro Aristotelovu fyziku spočívá v tom, že *umožňuje matematické uchopení pohybu* jako směřování k cíli (což je základem pojetí pohybu jako geometrického přechodu). Jedná se o geniální řešení otázky „jak může být něco nehybného principem pohybu? (...) cíle jsou nepohyblivé principy pohybu.“⁵⁴ Finální příčina místního pohybu může být matematická, a to i přesto, že aby byla matematická, musí být neměnná.⁵⁵ Kromě toho můžeme poukázat na souvislost finální příčiny s variačními principy (jako jsou Fermatův princip, Maupertuův princip, Lagrangeův princip nebo Hamiltonův princip). I když je matematika Aristotelovy doby vzdálená matematice, která umožnila formulovat variační principy, nelze popřít příbuznost způsobu, jakým je ve variačních principech pohyb uchopen.

Aristotelův důraz na *telos* je klíčový, protože umožňuje vytvořit vědu o něčem, co se mění. Aristotelés tvrdil, že jako první správně pochopil finální příčinu.⁵⁶ Na druhou stranu je však sama potřeba takového geniálního triku jen přechodná. Vznikla v důsledku úzkého spojení antické matematiky s říší věčných a neměnných idejí. Jakmile Newton vytvořil matematiku schopnou popsat pohyb pomocí funkcí, ztratil Aristotelův teleologický výklad smysl. Mezi matematickou formou a pohybem nyní již neexistuje napětí, které by vyžadovalo, aby byla forma postavena na samý konec pohybu. Dokud však

54 Kelsey, S., Aristotle on Interpreting Nature. In: Leunissen, M. (ed.), *Aristotle's Physics. A Critical Guide*. Cambridge, Cambridge University Press 2015, s. 42.

55 Antická matematika ještě nedisponovala pojmem funkce, který používáme k popisu změn dnes. Objekty antické matematiky byly neměnné. Svět euklidovské geometrie se nacházel mimo běh času.

56 Bolton, R., The Origins of Aristotle's Natural Teleology in *Physics* II. In: Leunissen, M. (ed.), *Aristotle's Physics. A Critical Guide*, c.d., s. 121–143.

nevznikla nová matematika, byl Aristotelův trik geniálním řešením spojení neměnné matematiky s pohybem.

Tyto souvislosti neuvádíme proto, abychom Aristotelovi přisuzovali myšlenky, které byly rozpracovány teprve v moderní fyzice. Nechceme z Aristotela dělat zakladatele matematické fyziky. Skutečnost, že tyto paralely nacházíme v jeho díle, uplatňujeme jako argument ve prospěch teze, že Aristotelova teorie pohybu je teorií stejného druhu jako teorie vypracované Newtonem, Eulerem, Lagrangeem a Hamiltonem. Právě na formální podobnost, nikoli na obsahovou shodu, chceme poukázat. Nechceme tvrdit, že materiální příčina je totéž jako materiální parametry moderní fyziky, protože tomu tak není. Nechceme ani tvrdit, že formální příčinou Aristotelés mnil totéž, co moderní fyzika označuje jako přírodní zákony. Domníváme se však, že před Aristotelem vyvstal poprvé problém, který musí řešit každá matematická teorie pohybu. Tímto problémem je otázka, jak je možné vědecké poznání změny. Matematika se do Aristotelova systému vkrádá nepřímo, jak upozornil Patočka, a to tak, že skutečné vědecké poznání je pro Aristotela, jako pro Platónova žáka, svou povahou nutně matematické. Aristotelova teorie pohybu má matematický charakter nikoli proto, že by se Aristotelés o něco takového vědomě pokoušel. Jeho teorie pohybu má matematický charakter proto, že pro žáka Akademie vědecké poznání nutně muselo být matematické.

Lze říci, že Aristotelova teorie čtyř příčin v jistém smyslu vymezuje prostor, v němž probíhala matematizace pohybu. Nechceme tvrdit, že Aristotelés tuto matematizaci nějak předvídal nebo že pro ni stanovil program. Pravděpodobně by měl potíže rozpoznat svoji účinnou, materiální, formální a finální příčinu v dnešní fyzice. Nechceme zde z Aristotela dělat předchůdce či iniciátora programu matematizace. Chceme však se vši vážností poukázat na to, že jeho teorie čtyř příčin je první teorií, která uchopuje pohyb v jeho základních složkách. Aristotelés pochopil, že chceme-li porozumět pohybu, musíme pochopit jeho účinnou, materiální, formální a finální stránku. Aristotelova představa o účinné, materiální, formální a finální příčině byla samozřejmě naivní a antropomorfní. Zůstává však otevřenou otázkou, do jaké míry za to může stav tehdejší matematiky, která neposkytovala prostředky k matematickému popisu těchto aspektů pohybu, a do jaké míry je to důsledek jeho systému. Náš názor je, že Aristotelés šel až na hranici toho, co mu soudobá matematika dovolila.