

BOHUMILA VLACHOVA

K METODOLOGICKÉMU STUDIU EXPERIMENTU

V metodologii, vědě o způsobech získávání faktů a budování systému vědeckých poznatků, zaujímá čelné místo metodologická problematika experimentu, kterou lze do jisté míry chápat jako zvláštní metavědeckou disciplínu. Její problematika, poměrně úzká co do předmětu zkoumání, je však dosti bohatě členěna z hlediska obecnosti a zorného úhlu přístupu k experimentu. K metodologickému studiu experimentu je otevřeno vícero dveří v různých patrech obecnosti. Nejnižše je to tzv. m a t e m a t i c k á t e o r i e e x p e r i m e n t u. Práci z této oblasti zkoumání experimentu valem přibývá a v řadách matematicky neerudovaných metodologů budi opravdový respekt.¹ Její vznik je spjat už s iniciativou F. Galtona (1822 až 1911); ten se snažil použít ve vědě statistickou metodu. Vlastní rozvoj disciplíny se však datuje od prací R. A. Fishera, který ve třicátých letech pomocí své matematické analýzy variance umožnil složitější plány experimentu² než klasický jednofaktorový s jednou závisle a jednou nezávisle proměnnou. K matematické teorii experimentu se přimykají i statistické metody vyhodnocování experimentálně zjištěných údajů a problematika reprezentativnosti výběru pokusných objektů. Otázka plánování experimentu však je nejrozvinutější částí matematické teorie experimentu a přináší již i konkrétní užitek. Umožňuje zvýšení efektivity a přesnosti experimentování. Parametry zajímaví experimentátora mohou být zjištěny dříve a s menším počtem pokusných sérií.

Zmíněná matematická teorie experimentu přechází již hranici metodologického, jakožto metavědeckého studia experimentu směrem k rozpracovávání detailních otázek techniky použití experimentu v jednotlivých experimentálních vědách. Zapojuje se tedy do metodické části systému té které vědy a její vývoj je také v rukou vědeckých pracovníků těchto věd.

Na druhou stranu, k vyšší úrovni metodologického studia experimentu směřují práce, které experiment zkoumají jako specifický druh lidské činnosti. K této sféře se dá přiřadit největší část metodologické produkce

¹ U nás je zatím původních prací velmi málo. Z nich upozorňuji na stať M. Beneš, J. Likeš, *Faktorové experimenty v průmyslovém výzkumu*, čas. Pokroky matematiky a astronomie 1957, 1–2, str. 18–30, 156–166; kniha vyšla v českém překladu E. Mittenneckera, *Plánování a statistické hodnocení experimentů*, Praha 1968. Z cizích jsou to např. R. A. Fisher, *The Design of Experiments*, New York 1949; Ch. R. Chiks, *Osnovnyje principy planirovanija eksperimenta*, Moskva 1967 (překlad z angl.); D. R. Cox, *Planning of Experiments*, New York 1958.

² Plánem experimentu a plánováním rozumějí matematictí teoretikové experimentu další rozpracovávání matematickologických schémat typů experimentu.

zabývající se experimentem. Experiment je interpretován jako smyslově konkrétní činnost, pracovní operace, jíž se získávají vědecká fakta. Toto pojetí je nejčastější kostrou různých definic a charakteristik experimentu, jak se s nimi setkáváme v pracích filosofů, metodologů i experimentátorů samých.

Např. *M. Cornforth*: „Pokus se koná tak, že vědec nebo vědci přivodí jisté změny za předem stanovených podmínek, aby odpozorovali výsledky. Pokus je činnost, je skutečnou materiální událostí, v níž lidé (experimentátoři) vědomě a účelně zacházejí s okolními předměty a mění je.“³

Z. Pietrasiński: „Vědecký pokus je taková operace, při níž se vyvolá zkoumaný jev v předem určených podmínkách, jež je možno libovolně opakovat a měnit, abychom mohli provádět vědecké pozorování.“⁴

L. Tondl: „Experimentem rozumíme především organizovanou vědeckou činnost, která umožňuje zkoumat objekty a jejich změny v těch okolnostech a situacích, které člověk sám vytvořil pro účely daného zkoumání.“⁵

J. Mašek: „Experiment je proto definovatelný jako vědecký pracovní postup, kde vyvoláváme cíleně jevy za určitých volených podmínek tak, aby výsledek odpověděl na předem postavenou otázku podle plánu stanoveného logickou analýzou.“⁶

V. Lamser: „Experiment je řízené zavádění (navozování) jevů nebo procesů v kontrolovaných podmínkách.“⁷

Úkol metodologa v operacionálním pojetí experimentu je nasnadě: má analyzovat dále tuto činnost na její složky, tj. operace nižších řádů, a zkoumat podmínky činnosti, které je třeba dodržet vzhledem k cíli experimentu. Metodologické studium experimentu se pak dá chápat jako součást disciplíny, jejíž úkol – vytvořit obecnou teorii správného jednání – i název praxeologie vytýčil *T. Kotarbiński*.⁸

Vydjeme-li z uvedené charakteristiky experimentu, pak při analýze posloupnosti operací, které jej tvoří, lze – podle mého názoru – rozlišit především tyto tři fáze: 1. vymezení pokusného objektu a jeho podmínek, tedy vytvoření víceméně izolované soustavy jevů, 2. zásah do objektu experimentu, 3. registrace výsledků zásahu.

1. Vymezení objektu experimentu a jeho podmínek

V přirozeném stavu se každý jev nalézá pod vlivem nesčetných měnících se faktorů. Za těchto okolností by nebylo možné jednoznačně identifikovat působení experimentálního zásahu na zkoumaný jev. Proto je nutno zkoumaný jev vytrhnout ze složitých souvislostí s jinými jevy a uvést jej do uzavřeného prostředí, kde je objekt experimentu ovlivňován pokud možno definovaným komplexem exogenních a endogenních podmínek a experimentálním zásahem. Velikostí izolace pokusného objektu od přirozených souvislostí je potom určena míra „umělosti“ experimentu.

³ *M. Cornforth, Spor vždy s idealismem, Praha 1949, str. 226.*

⁴ *Z. Pietrasiński, Psychologie správného myšlení, Praha 1964, str. 96.*

⁵ *L. Tondl, Gnoseologická úloha abstrakce, sborník Otázky teorie poznání, Praha 1957, str. 113.*

⁶ *J. Mašek, Experiment a diagnóza, Časopis lékařů českých 1965/49–50, str. 1343.*

⁷ *V. Lamser, Základy sociologického výzkumu, Praha 1966, str. 158.*

⁸ *T. Kotarbiński, Traktat o dobrej robocie, PAN a Ossolineum, 1965.*

2. Zásah do objektu experimentu

V této fázi se nejmarkantněji projevuje povaha experimentu jako aktivní, cílevědomé manipulace s předměty a jevy. Za rozmanitostí forem této fáze experimentu spatřují dva základní typy experimentálního zásahu. Buď je pokusný objekt zasazen přímo, nebo nepřímo skrze změnu v komplexu exogenních podmínek, jež tvoří experimentální systém (prostředí kolem pokusného objektu). Proto se dá mluvit o exogenním typu zásahu. Zásah obvykle spočívá v kvantitativní změně některé z vnějších nebo vnitřních podmínek pokusného objektu (např. studium vlivu různé intenzity světla na růst rostliny) až k její eliminaci (vliv extirpace určitého orgánu pokusného organismu), resp. v zavedení nové exogenní nebo endogenní podmínky (např. studium vlivu radioaktivního záření na ontogenetický vývoj rostliny – nová podmínka exogenní, nebo studium vlivu aplikace chemických látek na průběh některých funkcí pokusných organismů – nová podmínka endogenní).

3. Registrace výsledků zásahu

Jestliže ve druhé fázi experimentu vystupoval experimentátor jako aktér, manipulátor, stává se v této fázi pozorovatelem, kterému jde o zachycení reakcí pokusného objektu na podmínky, jež předtím vyvolal. Ve třetí fázi experimentální činnosti se tedy uplatní všechny rysy a požadavky vědeckého pozorování, jako plánovitost postupu, přesnost, zajištění co nejmenšího ovlivnění pozorovaného jevu objektivními činiteli (např. přístroje) a činiteli subjektivními (např. přání pozorovatele). Odtud také plyne časté a nesprávné ztotožňování metody experimentu a pozorování.

Z uvedené analýzy experimentu vyplývají dvě vlastnosti, které vystupují zároveň jako kritéria hodnocení exaktnosti (objektivnosti) konkrétní experimentální práce. Jsou to kontrolovatelnost pokusného systému experimentátorem a opakovatelnost experimentálního zásahu a jeho výsledků. Vymezení kontrolovatelného pokusného systému, zásah do pokusného objektu a registrace údajů o vyvolaných změnách, které lze na témž nebo na jiných objektech zkoumané třídy vyvolat opakovaně – to je charakteristika experimentální činnosti obecně, která platí nezávisle na oblasti využití experimentu. Míra izolovanosti pokusného systému a opakovatelnosti experimentu záleží též na záměrech badatele. Stupeň kontrolovatelnosti pokusného systému je často užívaným klasifikačním hlediskem. Rozlišuje se alespoň mezi experimentem laboratorním a přirozeným (používá se též označení průmyslový, terénní, polní, projektový). Laboratorní experiment se vyznačuje vysokou kontrolovatelností, dosaženou maximálním stupněm izolace pokusného objektu a zjednodušením pokusného systému. Experimentální systém u přirozeného experimentu není tak dobře izolován, je méně umělý. Při menší kontrolovatelnosti však zachycuje širší škálu vzájemných interakcí sledovaného jevu s okolním prostředím.

Principiálně závisí kontrolovatelnost a opakovatelnost experimentu zejména na pokusném objektu. Čím složitější, organizovanější a tím také autonomnější vůči vnějšímu prostředí je pokusný objekt, tím obtížnější je dosáhnout té nejvyšší míry kontrolovatelnosti a stoprocentní opakovatelnosti experimentu. Specifičností zkoumaných pokusných objektů je experiment ve své realizaci modifikován tak výrazně, že se hovoří o druzích

experimentu podle tříd pokusných objektů (experiment fyzikální, chemický, psychologický atd.). Tady bych zvláště poukázala na rozdíly ve sféře anorganických, biologických a sociálních jevů. Pro pokusné objekty ze sféry anorganických jevů je typické, že jejich stav je možno považovat za plně determinovaný exogenními podmínkami. Lze obvykle velmi přesně kvantitativně vymežit a plně ovládat pokusný systém. Výsledky experimentálního zásahu jsou zpravidla vyjádřitelné matematicky. Pro objekty živé přírody je nutno brát ohled na faktory, které jsou ve sféře anorganické zanedbatelné. Jsou to zejména faktor variability, činitel časový a s ním související faktor paměťový. V důsledku homeostáze nezávisí stav organismu jen na podmínkách exogenních, ale ve velké míře na podmínkách endogenních. Experimentátor musí věnovat pozornost výběru pokusných objektů — podle svých záměrů volí buď způsoby zajišťující reprezentativnost vzorků objektů, s nimiž hodlá pracovat, nebo co největší jejich homogennost. Pro zeslabení negativního vlivu neovladatelných a neznámých podmínek na výsledky experimentu se paralelně provádí experiment kontrolní.

Všechny obtíže spjaté se zkoumáním živých objektů se ještě zmnožují, jakmile se objektem experimentu stává člověk. Kromě jmenovaných faktorů, které determinují zvláštnosti experimentu ve vědách biologických, přistupují další. Zejména je to faktor vědomí a faktor etický.

Faktor vědomí účastníků, že jsou objekty experimentu, může velmi silně ovlivnit jejich jednání a ztížit objektivní studium sledovaného jevu.

Tak např. při sociologických studiích v podniku Western Electric Hawthorne se zjistilo, že nezávisle na změnách, které měly v pokusné hale výrobu spouštět, produkce vzrostla. Pracující, vědomi si své účasti v experimentu, reagovali ne tak na ovládání a změny ve fyzikálním prostředí, jako spíše na to, co pokládali za cíl experimentu a přání experimentátora.⁹

Zaměření na pokusný objekt zavádí znovu k problematice metodiky a techniky experimentu, kterou si řeší jednotlivé vědy svými prostředky.

Metodologické studium experimentu jako souboru pracovních operací s přístroji a materiálními objekty je bezesporu velmi užitečné. Má však svá omezení. Nemůže např. samo o sobě postihnout a vysvětlit funkce experimentu v procesu vědeckého poznání. K tomu je třeba uplatnit obecnější g n o s e o l o g i c k o - m e t o d o l o g i c k ý p o h l e d. Tento zahrnuje i otázky postavení experimentu v systému vědy, jeho vztahy k ostatním složkám systému, zvláště pak k myšlenkovým konstrukcím nad vědeckými fakty (teorii v nejšířším slova smyslu). Co dává experimentu, jakožto souboru určitých pracovních operací s předměty, smysl metody, která získává nová fakta, nachází se mimo tyto materiální operace — v oblasti myšlení. Někteří autoři proto doplňují operacionální rozbor experimentu a docházejí až k neúměrně širokému pojetí experimentu, kdy tento pojem zahrnuje vlastně celý proces poznání v empirických vědách. Např. P. Fraisse¹⁰ rozděluje experimentální postup na čtyři

⁹ F. J. Roethlisberger, W. Dickson, *Management and the Worker*, Cambridge 1939, str. 58—59, cit. z práce S. Verba, *Small Groups and Political Behaviour*, Princeton 1961, str. 75.

¹⁰ P. Fraisse, *Kapitoly z experimentálnej psychológie*, Bratislava 1967, str. 93.

fáze: A — pozorování, B — vytvoření hypotéz, C — experimentování ve vlastním slova smyslu, D — zpracování výsledků a jejich interpretace. R. V. Ryvkina¹¹ rozlišuje: 1. postavení úkolu, 2. rozpracování programu řešení, 3. vyplnění praktických operací, 4. získání výsledku — odpovědi na otázku.

Bázi, na níž experiment navazuje, je otázka a výsledkem experimentu je odpověď na tuto otázku. Experimentem je otázka transformována v akci, zásah do objektu, který vyvolává protiakci, změnu objektu. A to je situace, která je předmětem tzv. matematické teorie her. Proto také nechybějí pokusy studovat a interpretovat experiment z hlediska této disciplíny.

Logickosémantická povaha otázky závisí podle mého názoru především na složitosti myšlenkové konstrukce, z níž vyplývá. Rozlišila bych v této souvislosti problém, hypotézu a teorii (v užším slova smyslu). Otázky vyvozené z těchto myšlenkových konstrukcí mohou mít různý stupeň uzavřenosti.¹² Největší uzavřenosti dosahují otázky vyvozené z teorii. Povaha otázky, která je bezprostředně spjatá s experimentem, konečkonců determinuje vztah experimentu k předběžné myšlenkové konstrukci a jeho funkci i místo v procesu poznávání.

Z hlediska vztahu experimentu k myšlenkové konstrukci se rozeznává alespoň experiment heuristický (empirický, explorativní) a verifikační. Experiment heuristický je postaven na maximálně otevřené otázce, která zpravidla vyplývá z nepřiliš složité, problémové myšlenkové konstrukce. Doménou heuristických experimentů jsou nové, málo probádané oblasti skutečnosti, jimž v systému vědy odpovídají jen neúplné myšlenkové konstrukce, skýtající malou možnost predikce.

Mezi typické heuristické experimenty patří např. ty, které byly prováděny v počátcích výzkumu radioaktivity. Šlo o to, zjistit povahu záření. Zkoušelo se plavit uranové sloučeniny v elektrických pecích, působit na ně mrazem až do -180°C , měnit zkoumané sloučeniny v plyn atd. s otázkou — změní se a jak se změní záření?

Heuristické experimenty přináší nová, nepředpokládaná fakta a vytvářejí základnu pro dokonalejší myšlenkové konstrukce, pro hypotézy a teorie. V tomto smyslu stojí heuristický experiment na počátku poznávacího procesu. Verifikační experiment, jak už napovídá název, slouží k potvrzení myšlenkové konstrukce, s níž je spjat skrze otázku v těchto případech uzavřenou, a to až na jedinou anticipovanou odpověď. Na rozdíl od výsledků heuristických experimentů fakta získaná verifikačním pokusem nejsou (nebo by neměla být) ničím neočekávaným, nýbrž jsou předjata a také vysvětlena hypotézou či teorií. Verifikační experimenty jsou ve vědě běžné a z některých definic experimentu je patrné, že je brán v úvahu pouze verifikační experiment. Při pohledu na celý proces poznávání zaujímá verifikační experiment místo jeho posledního článku, jakéhosi završení a potvrzení správnosti myšlenkových konstrukcí.

¹¹ R. V. Ryvkina, *O některých vidách experimenta*, sb. *Některýje zakonomernosti naučného poznání*, Novosibirsk 1964, str. 199–226.

¹² Podle L. Tondla se za otevřené považují otázky, na něž nelze předběžně podat úplný seznam možných odpovědí, u uzavřených otázek je tomu opačně. Viz podrobněji L. Tondl, *K logicko-sémantické analýze otázky v problémové situaci*, sb. *Problémy filosofie vědy*, Praha 1968, str. 101–130.

Mezi otevřenými a uzavřenými otázkami je řada přechodů. Také vztah mezi mírou uzavřenosti otázky a složitostí myšlenkové konstrukce není zcela přímý. Proto heuristický a verifikační experiment jsou jen krajními póly, mezi nimiž můžeme nalézt řadu přechodných typů experimentů.

Experimentu se používá i k poznávacím účelům opačného směru. Jejich cílem je zjištění faktů o jedinečných objektech, jejich vlastnostech a vztazích. V aplikovaných vědách se např. setkáváme s tzv. experimenty zkušebními (testovými), součástí práce v základním významu jsou experimenty orientační (předběžné) atd. Otázky, na nichž jsou postaveny tyto experimenty, mohou zase disponovat různým stupněm uzavřenosti.

Do nejvyššího patra metodologického zkoumání experimentu bych zařadila problematiku vztahu experimentů k problémům a kategoriím náležejícím tradičně k filosofii, např. otázku vztahu experimentu a kauzality, experimentu a etiky, experimentu a vývoje poznání atd. Experiment je jedinou empirickou metodou identifikace příčinné souvislosti a sám, povahou operací, ze kterých se skládá, předpokládá i demonsturuje platnost principů kauzality. S etickými otázkami se experiment sblíží v těch odvětvích, kde se objektem experimentování stává člověk. Je to problematika velmi ožehavá a stále aktuálnější jak v oblasti medicíny, kde rychlý rozvoj disciplíny vytváří stále větší napětí mezi platnými normami experimentování na člověku (Norimberská pravidla z roku 1947 doplněná Helsinskou deklarací z r. 1964) a potřebami experimentálního zkoumání, tak ve vědách společenských, kde se experiment teprve v posledních desetiletích začleňuje do arzenálu používaných vědeckých metod. Historické vědy upozorňují na zajímavé vztahy mezi uplatněním experimentu ve vědě a úrovní poznání v té které oblasti zkoumání. Ukazuje se, že využití experimentu předpokládá jisté množství faktů a poznatků dosažených jinými metodami. Tyto, dá se říci filosoficko-metodologické aspekty experimentu, zůstávají zatím jen na okraji pozornosti metodologů a čekají na hlubší analýzu.

ZUM METHODOLOGISCHEN STUDIUM DES EXPERIMENTS

In der methodologischen Problematik des Experiments können wir einige Niveaus der methodologischen Untersuchung dieser wichtigsten empirischen Methode unterscheiden. In der ersten Reihe ist das die sogenannte mathematische Theorie des Experiments, welche sich auf die Ausarbeitung der Weise der repräsentativen Auswahl der Versuchsobjekte, auf die mathematische Auswertung der durch die Experimente festgestellten Angaben und auf die Fragen der Planung des Experiments konzentriert. Aus dem allgemeineren Gesichtspunkt geht die Analyse des Experiments wie die Folge konkreter Arbeitsoperationen mit den Objekten und Apparaten aus. Bei der Analyse der Aufeinanderfolge der Operationen, welche der Operator bildet, kann man vor allem diese drei Phasen unterscheiden: 1. die Abgrenzung der Versuchsobjektes und seiner Bedingungen, 2. der Eingriff in das Objekt des Experiments, 3. die Registration der Ergebnisse des Eingriffes. Der operationelle Zutritt zum Experiment überwiegt in den methodologischen Arbeiten und ist die Grundlage von mehreren Definitionen und Charakteristiken des Experiments. In den Ebenen der Untersuchung des Experiments folgt der gnoseologisch-methodologische Gesichtspunkt, welcher die Lösung des Verhältnisses des Experiments zu den hypothetisch-theoretischen Konstruktionen und seine Funktionen und Stellungen im ganzen Prozeß des Kennenlernens der Wichtigkeit ermöglicht. Schließlich die Fragen wie die Aufgabe des Experiments in der Entwicklung der Erkenntnis, die Beziehung des Experiments und der Kausalität, der Zusammenhang des Experiments mit der Ethik und andere löst man aus den philosophisch-methodologischen Positionen.