

A kísérletezés szerepe Petrus Pererignus Epistola de magnete című művében

The role of experimentation in Petrus Peregrinus' Episola de magnete

PIPICS János

félállású gyakornok, Sárvári Gárdonyi Géza Általános Iskola
Magyarország, 9600 Sárvár, Gyöngyös utca 2.

Abstract

The first scholar, who examined the magnets was the french monk, Petrus Peregrinus in the 13th century. He finished his lecture Epsitola de magnete in AD 1269. It is a letter, in that he described the nature of magnets and the method of identifying the two poles of it, which were named by Peregrinus too. In my study, I will explain the role of experimenting in declaring and proving the statements of the Epistola.

Keywords: Magnetism, experimenting, scholasticism, Petrus Peregrinus

Kivonat

A mágnesek első, kísérleteken alapuló tudományos vizsgálata Petrus Pererignus, 13. századi francia szerzetes nevéhez kapcsolódik. 1269-ben befejezett műve az Epistola de magnete egy levél, amiben leírja a mágnes tulajdonságait és a két pólus meghatározásának módjait, amiket ő nevezett el így. Dolgozatomban azt mutatom be, milyen szerepe volt a kísérletezésnek állításai megfogalmazásában, bizonyításában.

Kulcsszavak: Mágnesség, kísérletezés, skolasztika, Petrus Peregrinus

1. SZERZŐ ÉS KORA

Petrus Peregrinus francia szerzetes és mérnök 1269-ben írt egy értekezést a mágnesről, melynek címe Epistola de magnete, vagyis Levél a mágnesről. Magyar nyelvterületen ez az írás nem nagyon ismert, a kronológikus áttekintéseknek is csak ritkán része [7]. Az elektromágnesség kutatásának történetét sokan sokféleképpen mutatják be, legtöbbször tankönyvek, monografikus szakkönyvek bevezetéseként találkozhatunk vele. A kezdőpontot a legtöbben Gilberthez és a De Magnete 1600-as megjelenéséhez kötik, így tesz például Jackson is [2], míg mások szerint egészen a Coulomb-törvényig nem volt megalapozott tudományos tevékenység a területen. Mindkét állítás hibás, hisz a mágnesség, melynek alapvető tulajdonságaival már régóta tisztában volt az emberiség, első, kísérleteken alapuló vizsgálata a 13. századra tehető.

A két pólus felfedezése, elnevezése, a mágneses monopólus lehetetlenségének bebizonyítása Petrus Peregrinus érdeme [6]. Ezek a felfedezések őt teszik a téma első kutatójává, ő azonban skolasztikus volt, s ez hátrányt jelent számára megítélésénél. A kora középkor platóni alapokra és az egyházatyák írásaira támaszkodó nézetrendszere után a 12. századi reneszánsz váltást hozott, ami a művészetben a gótika megjelenését [3], a filozófiában Arisztotelész revízióját jelentette. A teológiát és a természet megismerését egységbe vonó, mégis sokszor értelmetlen vagy felesleges témákon elmélkedő skolasztika ma néha szófecsérlésnek, időpocsékolásnak tűnhet, holott a rendelkezésükre álló eszközökkel jelentős eredményeket értek el.

Arisztotelész elképzelése a mozgásokról nélkülözte a súrlódás erőként való értelmezését, s így az erő a mozgást okozó hatásként jelent meg. A peripatetikus dinamika alapegyenlete tehát, ha figyelembe vesszük, hogy eltérő tömegű testeket, különböző sebességekre lehet felgyorsítani ugyanakkora erővel (és most szándékosan figyelmen kívül hagyjuk a gyorsulás szót), mai fogalomrendszerünkben az impulzust adja meg, a helyes értelmezéshez pedig szükség lenne a sebesség időbeli változásának bevezetésére. Utóbbit viszont Galilei sem ismerte pontosan, s csak a differenciálszámítás fejlődésével lehetett értelmezni a gyorsulás matematikai definícióját. A newtoni dinamika alapegyenletéhez a lendülettörvényből juthatunk el, ha a tömeget a mozgás során konstansnak vesszük, s ekkor nyilvánvalóvá válik a két értelmezés alapvető különbsége: az elemek/anyagok

alkotta világegyetemben megkülönböztetünk-e evidens mozgásokat, hatásokat, avagy sem. Könnyű belátni azt is, hogy a sűrűlódás, erő, lendület és gyorsulás fogalmak tisztázása nélkül nem lehet eljutni a Newton-törvényekig, ha pedig a matematikai eszköztár is egyszerűbb, az egyenlet felírása lehetetlen.

A skolasztikusok mégis megkísérelték pontosítani a peripatetikus dinamikát [8], de elgondolásaik a sebességgel végzett műveletekre korlátozódtak. Ha viszont a mechanika terén ilyen alapvető matematikai hiányosságok voltak, olyan területeknél, melyek kutatása a jelenségek jellemzésének szintjén megrekedt, a pontos leírás esélytelennek tűnik. A mágnesség okát (még ha ismerték is volna a mező fogalmát), sehogy sem tudták volna matematikai eszközökkel megadni, mint ahogy erre Jackson is utal [2]. A szemléltetéshez elég csak a vákuumbeli Maxwell-egyenleteket megnézni. Az elektromos mezővel való kapcsolatteremtés és a szimmetria elérése nélkül, önmagában a mágneses mezőt szemlélve egy forrásmentes, örvényes térrel állunk szemben. Differenciálszámítás nélkül nehéz kezelni ezt a tulajdonságot, egy a világ magyarázatát filozófiai módszerekkel kereső gondolkodó számára pedig egyenesen elképzelhetetlen.

Mindezek tehát kijelölik azt a keretet, amiben egy 13. századi filozófus a mágnességet vizsgálhatta. Arisztotelészi és teológiai alapokkal, a skolasztika szemléletével olyan magyarázatot kellett találnia, ami megfelelt az elfogadott elméleteknek, érthető volt, s a bemutatott jelenség igazodott a világegyetem működéséhez. Magyarázatának nem feltétlenül kellett egyszerűnek lennie (még nincs Ockham borotvája), de elfogadhatónak igen. Ennek tükrében már az elméleti próbálkozás helyett alkalmazott experimentális módszerek is bátornak, újszerűnek tűnhetnek. Petrus Peregrinus viszont pontosan ezt csinálta: kísérleti úton igazolta a mágnes tulajdonságait [7], s bár magyarázatai a kor világmépéhez igazodtak, megkísérelt világos, érthető levezetést adni, ami geometriai elmélkedésekből és retorikai eszközökből állt.

Pikárdiából származott, életéről keveset tudunk. Annyi bizonyos, hogy a párizsi egyetemen tanult, majd egyházi pályára lépett. 1269-ben, valószínűleg mérnökként, I. Károly szicíliai király seregével Itáliában tartózkodott Lucera ostrománál [7]. Az Epsitólát a táborban fejezte be, augusztus 8-án. Formáját tekintve az értekezés egy levél; címzettje egy bizonyos Foucaucour-i Sygerus lovag, akiről azonban még Peregrinusnál is kevesebb információnk van. Ha létezett, és nem fiktív személyről van szó, akkor valószínűleg ő is Pikárdia lakója lehetett [9]. A mű, és főleg a benne leírt eljárások alapján Simonyi Károly nem véletlenül sorolja Peregrinus-t a skolasztika empirista ágához [8]. A szerzetes ugyanis a kísérletezés híve volt, amely tulajdonságát, eredményeit Roger Bacon is dicsérte. Ő még nem az indukció módszerét alkalmazta, tevékenysége mégis hasonló alapokon nyugodott. Megfigyeléseiből következtetéseket vont le, a vizsgálni kívánt jelenségek előidézéséhez kísérleteket tervezett. A legfontosabb különbség talán az, hogy eredményeit a kor világnézetével hozta összhangba a lehető legpontosabb magyarázat megkeresésével, s nem a folyamat matematikai leírásával törekedett a lényeges információk rögzítésére. Mégis hangsúlyozandó, hogy az Epistola szellemisége empirista, s ez adja az értékét is. Utóbbi állítást az eredeti szöveg alapján könnyen bizonyíthatjuk.

2. SZAKIRODALMI HÁTTÉR ÉS RECEPCIÓ

Amelia Sparavigna egy angol nyelvű tanulmányában [9] 7 pontban foglalta össze azt, hogy mi is tulajdonképpen az *Epistola de magnete* jelentősége. Eszerint Peregrinus volt az első, aki meg tudta határozni a pólusokat, ő állapította meg a vonzás-taszítás jelenségét és a mágnes tulajdonságait, azt, hogy egy erősebb mágnes „hatástalanít” egy gyengébbet; ő használt először egy tengelyt a tűhöz, így alapozva meg a modern iránytűk technikáját, képes volt meghatározni egy objektum helyzetét iránytűvel, és megalapozta egy mágneses motor elképzelését. Utóbbi nyilván az Epistola örökmozgóról szóló második részére utal. Ez az összegzés tömör, de részletes. Logikus felépítésű, pontokba szedett, tartalmát tekintve pedig bővebb és kifejezőbb, mint a hazai munkák.

Magyarországon Bánkuti, Both és Csorba könyve, *A kísérletező ember* [1] ad egy szintén vázlatos áttekintést, ami az *Epistola* tartalmának egész pontos összefoglalója, de nem beszél a módszerekről. Nem hangsúlyozza ki a kísérleti utat és azt sem, milyen analógia révén állapította meg Peregrinus a pólusok jellegét. Szegedi Péter fizikatörténeti szöveggyűjteményében [10] is hasonló részleteket emel ki, de az évszámot nem ismeri pontosan. Hibás az a kijelentés is, hogy a Földdel való hasonlóság lenne a pólusok elnevezésének oka, mert Peregrinus az égi szférát veszi alapul. Simonyi Károly ugyancsak ír Petrus Peregrinusról *A fizika kultúrtörténete* című művében [8]. Három helyen említi: először a középkor kronológiáját bemutató ábrán szerepel, másodsor Roger Bacon, illetve annak kapcsán, hogy Franciaországban is jelen volt az empirizmus, míg a harmadik említés részletesebben foglalkozik tevékenységével. Simonyi ugyan csak a pólusokról ír és arról, hogy Peregrinus meg tudta mutatni a ma mágneses erővonalaknak mutatott görbékét, mégis kihangsúlyozza

az experimentális módszert. Ez a rövid összefoglaló egy, az *Epistola* tartalmát tekintve, korántsem teljes ismertetés, mégis tudománytörténeti szempontból a legmegfelelőbb, hisz rámutat a mű jelentőségére.

Az *Epistola* tudományos értéke szempontjából ez a három munka ad kézzelfogható információkat a magyar szakirodalmat tekintve. Kondér István *A mágnesség és az iránytű története* című tanulmányában [4] négy oldalon keresztül vizsgálta Peregrinus írását, de nem értékelte, csak ismertette azt. Minden fejezetről mondott valamit, megadta a címüket is, a tartalmukat pedig átfogalmazva vagy szó szerinti fordításban közölte. Utóbbinál nem hivatkozott semmire, ami arra utal, hogy ő maga fordította le. Témájánál fogva érthető, hogy a technikai felhasználás jobban érdekelte, mint az elméleti, tudományos háttér, s bár így a szöveget bemutatja, elemzi, a mű értékelését nem végzi el. Kondér tanulmánya viszont azért kulcsfontosságú, mert az első hazai forráskiadás, még ha csak részleteket is közöl.

Ha megpróbáljuk összegyűjteni az összes magyar nyelvű közleményt, amiben írnak Peregrinusról, akkor nagyjából 38 tételt kapunk [7] (az adatbázisokban végzett forrásfeltáró kutatás során ennyit sikerült azonosítani), s ha ezek után megpróbáljuk meghatározni azokat az állításokat, amik a hazai tudományos köztudatban élnek munkásságáról, akkor főleg Bánkutiék és Szegedi értékelése a mérvadó, a többi kiegészítő vagy árnyalja. Ezek azonban nem fordítanak kellő figyelmet a kísérletezés fontosságára, valamint a pólusok elnevezésére, és utóbbi korántsem csak nyelvi kérdés [6]. Az mindenesetre könnyen belátható, hogy szükséges a hazai kutatások szintézise, a hiányosságok pótlása és a hibák korrigálása, valamint az eredeti szöveg magyar fordításban történő publikálása, melyre a kultúrtörténeti háttér felvázolásával és a magyarországi recepció statisztikai elemzésével együtt korábban már tettem kísérletet [7].

3. ÁLLÍTÁS ÉS BIZONYÍTÁS

Az *Epistolával* foglalkozó kutatásaim alapján, Simonyival [8] és az utóbbi évek külföldi eredményeivel összhangban a mű empirista szemléletét emelem ki. Állításom az, hogy a kísérletezés központi eleme az értekezésnek, amely nem csak az eredmények alapja, ez adja a szöveg igazi tudományos értékét, jelentőségét is. Mindezt a következőkben a levél alapján igazalom úgy, hogy ezúttal nem a szöveg kijelentéseit, hanem az azokhoz vezető utat vizsgálom.

Peregrinus értekezésében az elsők között hangsúlyozza a kísérletezés fontosságát, szerinte ugyanis pusztán filozófiai elmélkedéssel nem fejthető meg a világ. Levele elején, a cél megjelölése után ismerteti a jó kísérletező tulajdonságait. A második fejezetben a következőket írja (az idézett részletek a korábbi szintézismhez mellékelt fordításból származnak): „*Biztosan tudod, barátom, hogy annak, aki kísérletezni akar, ismernie kell a természet dolgait és nem lehet tudatlan az ég mozgásait illetően. Ugyancsak ügyesnek kell lennie a kézi tevékenységekben, ami ennél a kőnél azt jelenti, hogy elő kell idéznie ezeket a lenyűgöző jelenségeket.*” [7] Föld és ég ismerete tehát a követelmény, és a kézügyesség. Peregrinus a filozófiai eszközökről készült értekezést írni, s bár nem tudunk róla, hogy az elkészült volna, ismeretei alaposnak tűnnek, az *Epistola* tanúsága szerint pedig a mágnes vizsgálatát is kísérleti úton kezdte el.

Felmerülhet persze a kérdés, hogy miért volt erre szükség. Ha korábban született volna olyan írás a jelenségről, amit a korszak nézetei alapján elfogadhatónak tartottak volna, akkor skolasztikus révén nyilvánvalóan azt támogatta volna. Mivel azonban ilyenek nem álltak rendelkezésére, saját magának kellett megvizsgálnia a mágnes tulajdonságait. Ennek többféle módon állhatott neki. Először is, kijelenthette volna, hogy mint kőelem, helye és ereje a földtől származik, s bár ez logikusnak tűnhetett volna a számára, tapasztalatai ellentmondtak ennek. A mágnes ugyanis nem elvárható módon viselkedett.

A pólusok észak-dél elnevezése ma, a földmágnesség ismeretében helyesnek tűnik, s néhány szakmunka erre is vezeti vissza az elnevezéseket [6]. Ez azonban hibás elképzelés, mivel az eredeti szöveg teljesen más magyarázatot ad. Peregrinus a valóságban egy az iránytű működésére hasonlító kísérlettel szemléltette mindent. Egy mágneskővet tett egy faedénybe, amit egy másik, még nagyobb edénybe helyezett, úgy, hogy a rendszer olyan legyen, mint egy tengerész egy hajón. A tapasztalat szerint a mágnes a „mennyek” északi és déli pólusának megfelelően állt be, s ahogy az égnek is északi és déli pólusa van, úgy valóban logikus a szintén gömbszimmetrikus alakzat, a mágnes gömb két átellenes, speciális részét is így hívni [6]. A Föld közel gömb alakja nem volt széles körben elfogadott és bizonyított tény, így Peregrinusnak más analógiát kellett találnia, ez pedig az ég volt. Skolasztikusként az ég és a föld egységére volt szüksége, s mivel nem találta a jelenség párját, magyarázatát a Földön, a mennyekben kereste. Mindezt alátámasztotta a tapasztalat, a szerkezet a mennyek pólusai felé mutatott. Minderről a negyedik fejezetben értesülünk: „*Szeretném elmondani neked, hogy ez a kő a mennyekhez hasonlót hordoz magában, ahogy azt mindjárt tisztán be is mutatom. A mennyekben két pont van, ami az összes többinél fontosabb, mert az égi szféra ezen, mint támpontokon forog: ezeket a pontokat*

így hívják: arktikus vagy északi pólus és antarktikus vagy déli pólus. Ehhez hasonlóan, ezt bizonyára te is érted, ebben a kőben is két pont állapítható meg, az északi és a déli pólus.”[7]

Vessük most ezt össze egy mai tantermi demonstrációs kísérlettel! Ha a mágnes rudat fellógatjuk, majd magára hagyjuk, akkor a földmágnesség miatt észak-dél irányba áll be. Tulajdonképpen itt is ez történik, a különbség a jelenség értelmezésében és az előfeltevésekben van. Petrus Peregrinus nem tudott a Föld közel gömbölyű alakjáról, csak az égbolt működését ismerte. Ugyanazt az eseményt tehát teljesen más megközelítéssel magyarázta, s így bár fizikai szempontból helyes, művelődés- és mentalitástörténeti szempontból hibás elgondolás a pólusok felfedezését a földmágnességhez kötni, ugyanúgy, mintha a peripatetikus dinamika erő fogalma kapcsán azt állítanánk, Arisztotelész bevezette a lendületet.

A két pólus elnevezése tehát nyelvi és szemléleti kérdés is, felfedezésükhöz azonban csak tapasztalati úton lehet eljutni. Ha a második lehetséges irányt választotta volna, s megelégedett volna a csodás jelenségekkel, az események okát nem találta volna meg. 13. századi szerzetesként Peregrinus egyszerűen isteninek vagy mágikusnak is tarthatott volna egy ilyen követ, ő azonban nem így tett. A megkülönböztetés és a materiális magyarázat igényét szintén a tapasztalat hívhatta életre. Először is, ő maga is találkozott vele, szemtanúja volt, s alkalmat nyílt meg is vizsgálni, másodszer nem egy ilyen kőről volt szó, hanem többről, mindez pedig már elégnék bizonyult ahhoz, hogy felkeltse érdeklődését. Az általánosítást és a mesés magyarázatokat a nép véleményének tartva levele elején egyenesen ki is jelenti, hogy a jelenségek nem idegenek, sőt nagyon hasznosak lehetnek, hisz „*ami a tömegnek láthatatlan, teljesen világos lehet a csillagászoknak s a természettudósoknak.*”[7]

Mindezek alapján tehát egy harmadik utat választott, a mágnes tudatos és alapos vizsgálatát, ami tételeken az alábbi részekből állt [7]. Az első rész tíz fejezetében a mágnes tulajdonságait és az azok megismeréséhez használt kísérleteket ismerteti. Az első fejezet az általános bevezető, a második a jó kísérletezőről szól, míg a harmadik a megfelelő, a kísérlethez használandó mágnes ismérveiről. Ezután hét rövid szövegrész következik a pólusokról és a vonzás-taszítás jelenségéről, amit pusztán elméleti okoskodással nem lehetne levezetni. Önmagában két gömbről megállapítani, hogy mikor lép fel köztük vonzás és mikor taszítás, nehéz feladat. Ha viszont előre bejelöljük a két pólust, azok ismeretében az összefüggés felismerése már egyszerű. Ugyancsak a két különleges pont ismerete kell ahhoz, hogy egyáltalán felvetődjön a kérdés: létezik-e monopólus? Erre a választ Peregrinus a gömb elvágásával, majd újbóli összeállításával adta meg. Mindehhez geometriai levezetést adott, vagyis a gömb különböző pontjait betűkkel jelölte, így kísérelve meg minél pontosabban leírni a történeteket.

A második rész három fejezete ugyan már egy örökmozgó tervét tartalmazza, kialakítása mégis műszaki előismeretekre utal, ami alátámasztani látszik életrajzának azt a részét, hogy mérnökként vett részt I. Károly seregében Itáliában [9]. Az értekezés tehát az első vizsgálatoktól a lehetséges felhasználásig mutatja be Peregrinus mágnességgel kapcsolatos kutatásait, melynek során kulcsfontosságú, hogy a tapasztalataiból indult ki, hisz így olyan jelenségeket is leírhatott, amik a kő misztifikálása esetén ismeretlenek maradtak volna. A kísérletezés így alapvető a mű eredményeinek szempontjából, hisz nélküle Peregrinus nem tehette volna meg a felfedezéseit. Közülük is kiemelkedik a pólusok azonosítása, hisz ezek a pontok képezik az alapját a mágnessel kapcsolatos későbbi vizsgálatainak.

A kísérletezés technikai hátterét, módszertanát ugyancsak a pólusok felfedezésének folyamata mutatja a legjobban. Ennek segítségével érthetjük meg, hogy Peregrinus eljárása miért tekinthető megtervezett vizsgálatnak, s mi választja el a pusztá megfigyeléstől. Fém tüvel mutatja ki a, mai szóval élve, mágneses erővonalakat [8], amikről megállapítja, hogy egy pontban metszik egymást a gömb mindkét felén. A két különleges hely, vagyis a pólusok, két eltérő tulajdonságot, erőt testesítenek meg, s minthogy az égi szféra működik hasonlóan, Peregrinus számára e tapasztalatból logikusan levonható következtetés, hogy a kő jellemzőit az égtől vette/kapta [7]. Ezzel már be tudja illeszteni a mágneset korának elképzeléseibe, rendszerébe anélkül, hogy értelmeznie kelleme a mező fogalmát.

Számunkra nyilvánvaló a tér vagy mező jelentése, hisz mi értjük a távolra hatás mibenlétét. Ahhoz viszont tudnunk kell a kölcsönhatásokról, amik nem csak kontakt erők esetén működnek. Mai demonstrációs kísérleteink közül itt az az egyszerű eljárás említhető meg, melynek során egy rúd mágnes egyik felére elhelyezünk egy fém golyót, az viszont nem marad ott, hanem legurul a rúd hozzá közelebbi végére, s ott „odata-pad.” A magyarázat az, hogy a pólusoknál a legerősebb a mágneses mező, s ez jelöli ki a két speciális pontot. Megint azt tapasztaljuk, hogy Peregrinus ugyanarra a jelenségre egy másik, korának megfelelő magyarázatot adott, amihez ugyancsak empirista alapokra volt szüksége, s ha szemlélete nem is, eredményei ma is megállják a helyüket.

ÖSSZEGZÉS

Petrus Peregrinus állításait a tapasztalatokhoz kötötte: azokból indult ki, vagy azokkal magyarázta. A módszer jelentősége a teljes mű szempontjából igazán kiemelkedő, hisz enélkül nem tudta volna elérni eredményeit. Roger Bacon nem hiába beszél elismeréssel tevékenységéről, ahogy Simonyi Károly sem véletlenül hangsúlyozza empirista nézeteit. Az azonban egyértelmű, hogy Peregrinus számára nem volt elérhető az a matematikai eszköztár, ami a jelenség teljes magyarázatához kellett volna, ahogy a szemlélete sincs összhangban mai fogalomrendszerünkkel.

Talán éppen ezért lenyűgöző, hogy így is maradandót alkotott, és olyan kifejezéseket hozott létre, amiket ma is alkalmazunk, olyan magyarázatokkal élt, melyek fizikai értelme, jelentése közel azonos a mai állásponttal. Ez emeli ki értekezését korának filozófiai írásai és életművét a skolasztikus fizika eredményei közül.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Bánkuti Zs., Both M., Csorba F. L. *A kísérletező ember*, Kairosz Kiadó, Bp., 2006.
- [2] Jackson, J. D. *Klasszikus elektrodinamika*, Typotex, Bp., 2004.
- [3] Katus L. *Európa története a középkorban*, Kronosz, Pécs, 2014.
- [4] Kondér I. *A mágnesség és az iránytű története*, Térképészeti Közlöny 7. (1948-1950), Honvéd Térképészeti Intézet, Bp., 1950, 107-204
- [5] Mészáros E. *A természettudományok rövid története*, MTA Történettudományi Intézet, Bp., 2011.
- [6] Pipics J. *A mágnes pólusainak elnevezése Petrus Peregrinus Epistola de magnete című művében*, In: Novák R., Kardos L., Pipics J. (szerk.) Természet és társadalom. Az ELTE SEK Történeti Diákműhely Történet- és természettudományi hallgatói konferenciáján (2021. május 17.) elhangzott előadások kivonatai. ELTE SEK Történeti Diákműhely, Szombathely, 2021, 30-32.
- [7] Pipics J. *Petrus Peregrinus a mágnesség tan atyja. Az Epistola de magnete (1269) magyarországi recepciója*, TDK dolgozat, 35. OTDK Fizika, Földtudományok és Matematika Szekció, 2021.
https://physics.elte.hu/media/d6/6b/5a21f9f1746e63c3e6f703771103b7c48329ae8894f0fea724371e836b14/PHYS_Petrus_Peregrinus.pdf
(Utolsó letöltés: 2021. 05. 23.)
- [8] Simonyi K. *A fizika kultúrtörténete*, Akadémiai Kiadó, Bp. 2011.
- [9] Sparavigna, A. C. *Petrus Peregrinus of Maricourt and the Medieval Magnetism*, Mechanics, Materials Science & Engineering, 2015. 8. o. n.
- [10] Szegedi Péter: *Fizikatörténeti szöveggyűjtemény*, BME-ELTE elektronikus kiadás, 2013.
(Utolsó letöltés: 2021. 05. 23.)