



12. ábra. Az elkészült Fresnel-lencse mérés közben.

A számított zónák sugarai 40 kHz frekvencia és 5 cm-re tervezett fókusz távolság esetén:

n	1	2	3	4	5	6
R_n (m)	0,021	0,0304	0,0379	0,0446	0,0508	0,0566
n	7	8	9	10	11	12
R_n (m)	0,0621	0,0675	0,0727	0,0778	0,0828	0,0878

Az elkészült mintapéldány képe az 12. ábrán látható. A lencse AutoCAD-ben készült kivágósablonya letölthető a honlapról [9].

Irodalom

1. <http://iypt.org/images/e/ef/problems2016.pdf>
2. http://www.ncsm.city.nagoya.jp/cgi-bin/en/exhibition_guide/exhibit.cgi?id=S406&key=F&keyword=Fresnel%20lens
3. https://www.zeitnitz.eu/Scope/Scope_en.html
4. Vitkóczy Fanni: *Interferencia a bangok világában*. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, 2016.
5. <http://limesmodel.hu>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Zone_plate
7. <http://www.nel.com.tr/Ekleri/416,p2151800pdf.pdf?0>
8. <http://metal.elte.hu/~phexp/doc/huo/i3s4.htm>
9. http://pilath.fw.hu/kivago_sablon_reloaded.rar

»A FIZIKA MINDENKIÉ 2.0« A LEÖVEY GIMNÁZIUMBAN

Kárpátaljai magyar középiskolás diákok bevonása a programba

Barabás Péter
Leövey Klára Gimnázium, Budapest

A Budapest IX. kerületi Leövey Klára Gimnázium és SZKI-ban a TÁMOP-3.1.3-10/1-2010-0002 EU-s pályázat megnyerésével 2011 szeptemberében természettudományos laboratórium létesült, amelynek része egy 20 kísérletező diák és további 20 fő befogadására alkalmas fizika, valamint egy 20 diák számára 5 darab 4 fős szigetasztallal kialakított kémia-biológia laborterem a megfelelő infrastrukturális felszereltséggel. Az elmúlt években tanévenként 7-800 laboróra megtartására került sor, amelynek egy részében tíz IX. kerületi partnerintézményünk (általános iskolák és gimnáziumok) diákjait fogadtuk. A 2015/16-os tanév első felében merült föl, hogy találjunk lehetőséget 40 kárpátaljai magyar középiskolás diák és három kísérő tanár számára egy három órás komplex laborfoglalkozáson

való részvételre. Ez év április végén sikerült az ELFT és a kárpátaljai Genius alapítvány segítő szervezésével a csoportot Beregszászból Budapestre hozni. A projekt finanszírozása – utazás, étkezés, szállás, esti színházi előadás – a Bethlen alapítvány támogatásával valósult meg, a Nemzeti Színház és gimnáziumunk közreműködésével.

A 3 órás, 40 diákra tervezett programban a két 20-20 fős csoportból (10-10 mérőpáros) laborunkban 10 fő a 45 perces kémia, 10 a biológia laborgyakorlaton vett részt, majd cserélt a két csoport. E közben a másik 20 fő a 90 perces fizika laborfoglalkozáson kísérletezett. A demonstrációs és tanulói kísérletek azonosak voltak *A fizika mindenkié 2.0* programunkban szereplőkkel. A második 90 percben a két 20 fős csoport labort cserélt, így a 3 óra alatt mindenki mindhárom laboron részt vett. (*A fizika mindenkié 2.0* program szakmai részének bemutatásához a néhány itt látható fotón túl további számos kép – helyhiány miatt – a <http://labor.leovey.hu> honlap galériáján található.) A másfél órás fizikalabor a fizika két területéből merít: mechanika és elektromosság. A két területen bizonyos jelenségek, fizikai mennyiségek, megmaradási törvények közötti analógiák felismerésével, értelmezésével foglalkozunk. A megfeleltetések két területe a rugalmatlan ütközések és a kondenzátorok párhuzamos kapcsolá-



Barabás Péter 1984-ben a szegedi Juhász Gyula tanárképző főiskolán matematika-fizika, majd 1994-ben az ELTE TTK-n fizikatanári diplomát szerzett. 2000 óta tanít a Leövey Klára Gimnáziumban, 2003-tól a fizika fakultációt is vezeti. 2011 óta a Leövey Gimnáziumban működő kerületi természettudományos laboratóriumot vezeti, laborórákat és kollégáknak laborkonzultációt tart. A tavalyi, a Fény Évéhez kapcsolódó Tungstram-pályázaton fakultációs tanítványai első helyezést értek el.

sa. Demonstrációs kísérletben az ütközéseket sínen ütköztetett, tépőzárás érintkezőkkel ellátott légpárnás „kocsikkal” valósítjuk meg. Az ütközés előtti és utáni sebességeket fotocellás kapukon való áthaladáskor mért időkből számítjuk ki. A mért eredményeket összevetjük a rugalmatlan ütközésre vonatkozó összefüggésekkel (1. ábra).

Az ütközéses kísérletek befejezését követően kondenzátorokat töltünk fel, majd azokat párhuzamosan kapcsolva, vizsgáljuk a kialakult közös feszültséget (honlap galéria – beregszász fizika 1–23. kép).

A két jelenség tehát az m_1 tömegű, v_1 sebességű és az m_2 tömegű, v_2 sebességű ütköző (összekapcsolódó) kiskocsi, valamint a C_1 kapacitású, U_1 feszültségre töltött és a C_2 kapacitású, U_2 feszültségre töltött kondenzátor összekapcsolása („ütköztetése”). A közös v' sebességnek a közös U' feszültség felelt meg.

A mechanikában a tömeg fogalma a sebességváltással szembeni ellenállás, vagy erőlkéssel szembeni tehetetlenség:

$$m := \frac{F}{\Delta v / \Delta t} = \frac{F}{dv/dt},$$

ahol a sebesség megváltozásának oka az erőhatás.

Az erőlkés:

$$F \Delta t = \Delta(mv) = \Delta I,$$

$$F = \frac{dI}{dt},$$

$$I = \int F dt.$$

Ugyanakkora erőlkés ugyanakkora lendületváltozást hoz létre, de a sebességváltozás tömegfüggő, azzal fordítottan arányos.

Az elektromosságban kondenzátorok töltésénél a kapacitást értelmezhetnénk feszültségváltozással szembeni ellenállásként, de az elektromos ellenállás szokásos fogalmával való keveredés elkerülése érdekében használjuk inkább az áramlökéssel szembeni tehetetlenséget.

$$C := \frac{I}{\Delta U / \Delta t} = \frac{I}{dU/dt},$$

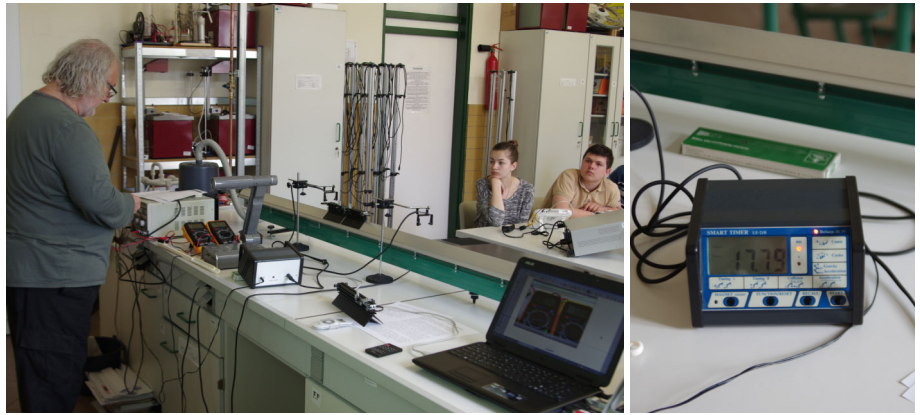
ahol a feszültség megváltozásának oka az áram.

Az áramlöké:

$$I \Delta t = \Delta(CU) = \Delta Q \text{ (skalár!)},$$

$$I = \frac{dQ}{dt},$$

$$Q = \int I dt.$$



1. ábra. Az ütközések vizsgálatához használt sínpálya, fotocapuk, időmérő.

Ugyanakkora áramlöké ugyanakkora töltésnövekedést hoz létre, a feszültségváltozás a kondenzátor kapacitásával fordítottan arányos.

A rugalmatlan ütközés esetén: $m_1, v_1; m_2, v_2 \rightarrow v'$ (közös) sebesség, ugyanis nincs ezt megszüntető erőlkés!

$$\Delta I_1 = m_1(v' - v_1),$$

$$\Delta I_2 = m_2(v' - v_2).$$

Az impulzusmegmaradást alkalmazva:

$$\Delta I_1 = -\Delta I_2,$$

$$\sum \Delta I = 0,$$

$$m_1 v' - m_1 v_1 = -m_2 v' + m_2 v_2,$$

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

A töltött kondenzátorok „ütközésénél” $C_1, U_1; C_2, U_2 \rightarrow U'$ (közös) feszültség, mivel nincs ezt megszüntető áramlöké!

$$\Delta Q_1 = C_1(U' - U_1),$$

$$\Delta Q_2 = C_2(U' - U_2).$$

A töltésmegmaradást alkalmazva:

$$\Delta Q_1 = -\Delta Q_2,$$

$$\sum \Delta Q = 0,$$

$$C_1 U' - C_1 U_1 = -C_2 U' + C_2 U_2,$$

$$U' = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2}.$$

A mozgó test energiája:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

(erőlkés okozta), ahol v relatív – vonatkoztatási rendszer, illetve „nyugvó pont” felvételével. A töltött kondenzátor energiája:

$$E_C = \frac{1}{2} C U^2$$

(áramlökés okozta), ahol U relatív -0 potenciál felvételével.

Tekintsük a mozgási energiákat a kölcsönhatás előtt:

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

és a kölcsönhatás után:

$$E'_k = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2, \quad E'_k < E_k.$$

A kondenzátorok energiája a kölcsönhatás előtt:

$$E_C = \frac{1}{2} C_1 U_1^2 + \frac{1}{2} C_2 U_2^2$$

és a kölcsönhatás után:

$$E'_C = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) U'^2, \quad E'_C < E_C.$$

Az energiamegmaradás érvényessége mellett a rugalmatlan ütközésnél a mozgási energia, a párhuzamos kapcsolásnál a kondenzátor energiája *nem marad meg!*

Hova tűnt a kölcsönhatás előtti és utáni energia különbsége? A rugalmatlan ütközésnél deformáció, hő keletkezik. A kondenzátorok összekapcsolásánál ívkiülés, hő, elektromágneses hullámlökés jön létre. Ugyanakkora lendülettel érkező kocsik szembeütközésekor a teljes mozgási energia „eltűnik” (azaz más energiák formájában jelentkezik):

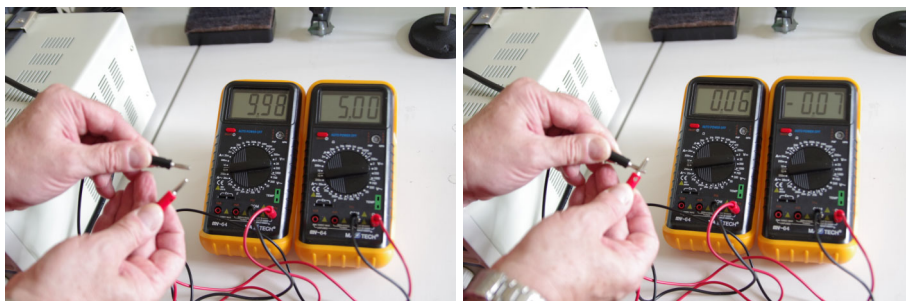
$$\begin{aligned} I_1 &= -I_2, \\ m_1 v_1 &= -m_2 v_2, \\ v' &= 0, \\ E'_k &= 0. \end{aligned}$$

„Szembeütközés” ugyanakkora töltésekkel:

$$\begin{aligned} Q_1 &= -Q_2, \\ C_1 U_1 &= -C_2 U_2, \\ U' &= 0, \\ E'_C &= 0. \end{aligned}$$

A sebességek közvetve mérhetők, a fotokapus szenzorok az úgynevezett PIC időmérőhöz illeszkednek, a

2. ábra. A kondenzátorok feszültségeit mutató digitális multiméter.



kocsikra szerelt 2 cm-es műanyag „zászlók” takarják ki a fotokapukat, az 1-es digitális jelszint 0-ra vált, az időmérés a lefutó, majd felfutó él között eltelt időt mutatja (ms-ban). Ebből és a 2 cm-es kitakarási hosszából számolható v , de erre nincs is szükség, hiszen az ütközések utáni v' -t v függvényében fejezzük ki, így ha az időmérő az ütközés előtti fotokapun való áthaladásnál t időt mér, majd az ütközés után $2t$ -t, úgy értelemszerűen

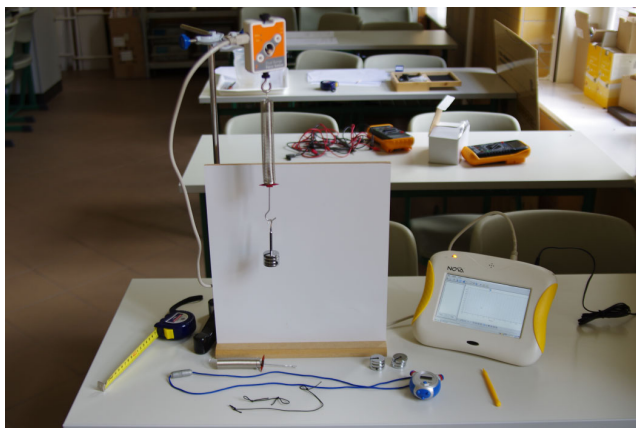
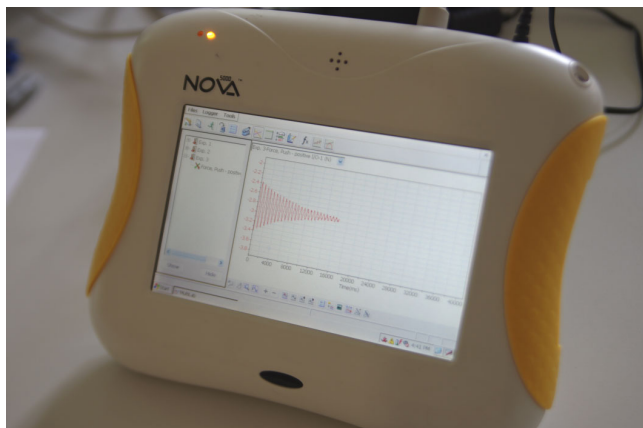
$$v' = \frac{v}{2}.$$

A következőkben az alábbi öt esetet hozzuk létre az ütközéseknél:

1. $m, v = 0; \quad m, v; \quad v = \frac{v}{2}.$
2. $m, v = 0; \quad 2m, v; \quad v' = \frac{2v}{3}.$
3. $2m, v = 0; \quad m, v; \quad v' = \frac{v}{3}.$
4. $m, v; \quad m, -v; \quad v' = 0.$
5. $2m, v; \quad m, -v; \quad v' = \frac{v}{3}.$

Az utóbbi két esetben a $v, -v$ létrehozása (a két kezünkkel szembelökve a kocsikat) némi gyakorlással viszonylag pontosan elérhető.

Most áttérünk $C = 10000 \mu\text{F}$, illetve $2C$ kondenzátorok speciális dupla tápegységről való feltöltésére. A v -nek megfelelő U -kat itt digitális multiméterekkel mérjük, amelyeknek nagy a belső ellenállása és a viszonylag nagy kapacitás miatt a műszer csak elhanyagolhatóan kis mértékben sűti ki a kondenzátorokat. (Az ütközéseknél a v mérése egyáltalán nem számít beavatkozásnak.) A „szembe ütközés” itt az ellentétes pólus összekapcsolásával érhető el (a 2. ábrán fekete-piros banándugók összeérintésével). Az utolérés típusú (egy irányba mozgás) „ütközés” az azonos pólusú (azonos színű) banándugó összeérintése. Az öt rugalmatlan ütközés elektromos megfeleltetését követően, az ütközésnél nagyon nehezen létrehozható $v, 2v$ típusú „ütközéseket” is kipróbálhatjuk, hiszen az $U, 2U$ feszültségre töltés nem okoz semmilyen problémát. A 2. ábrán 10 V-ra töltött C -t ($10000 \mu\text{F}$) és 5 V-ra töltött $2C$ -t használunk. Az első esetben a két piros banándugó összeérintése utolérés (egyirányú) típusú „ütközés”, ahol látszik az összekapcsolás utáni $U = 6,6 \text{ V}$, ami megfelel a töltésmegmaradásból számolt U' -nek. A második esetben a piros-fe fekete banándugók összeérintése szembe ütközésnek felel meg. A megmaradási törvény most 0 V közös feszültséget ad, amit a műszerek mutatnak – a néhány század volt remansz feszültség elhanyagolható – (2. ábra).



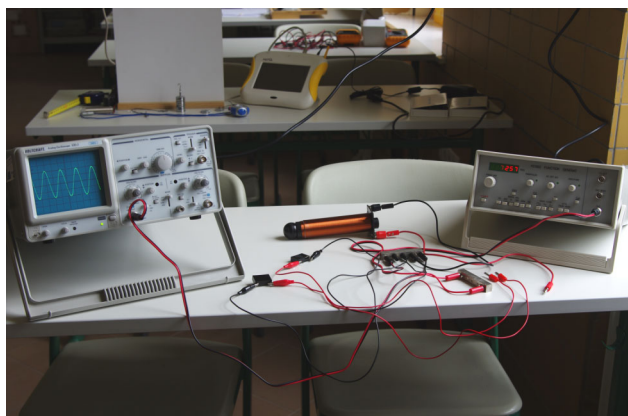
3. ábra. A mechanikai rezgések vizsgálata NOVA 5000-rel.

Tehát:

1. $C, U = 0; \quad C, U; \quad U' = \frac{U}{2}.$
2. $C, U = 0; \quad 2C, U; \quad U' = \frac{2U}{3}.$
3. $2C, U = 0; \quad C, U; \quad U' = \frac{U}{3}.$
4. $C, U; \quad C, -U; \quad U' = 0.$
5. $2C, U; \quad C, -U; \quad U' = \frac{U}{3}.$
6. $C, U; \quad C, 2U; \quad U' = \frac{3U}{2}.$
7. $2C, U; \quad C, -2U; \quad U' = 0.$
8. $C, U; \quad C, -2U; \quad U' = \frac{-U}{2}.$

Megemlíthetjük az analógiateremtés egyik gyakorlati használatát az egyszerűbben létrehozható elektromos megvalósítás választásánál. Kondenzátorszekrényrel ugyanis meglehetősen pontos C -k hozhatók létre, beállítható a tetszőleges C_1/C_2 arány. Az U_1/U_2 arány megfelelő tápegységgel igen tág intervallumban

4. ábra. Az elektromágneses rezgések vizsgálatához használt oszcilloszkóp, függvénygenerátor, kondenzátorok és tekercs.



beállítható, míg mondjuk $v_1/v_2 = 0,83$ -at igen nehéz lenne pontosan beállítani az ütközésnél.

Tekintsük még a kondenzátor–elektromos mező és a tekercs–mágneses mező antiszimetria megfeleltéseket:

C	L
U	I
$Q = CU$	$\Psi = LI$
$\int Idt = Q$	$\int Udt = \Psi$
$\sum I = C \frac{\Delta U}{\Delta t} (= Q')$	$\sum U = L \frac{\Delta I}{\Delta t} (= \Psi')$

Elektromos mező:

Mágneses mező:

Q a forrás.

Ψ a forrás.

A mező megszüntetése:

A mező megszüntetése:

$$-\int Idt \text{ áramlökés}$$

$$-\int Udt \text{ feszültséglökés}$$

(rövidzár)

(az áram megszakítása)

összekapcsolás

szétkapcsolás

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}.$$

$$X_L = 2\pi f L.$$

A demonstrációs kísérletek, az izgalmas megfeleltetések után tanulói kísérletek következnek, a mechanikai és elektromágneses rezgéseket tanulmányozzuk (honlap galéria – beregszász fizika 24–33. kép). Kétféle tömeggel megnyújtott – állványra függesztett – függőlegesen rezgő rugó szinuszos rezgését vizsgáljuk erősenzor alkalmazásával, a NOVA 5000 készülék multilab programjával. A kirajzolt szinuszgörbe ugyan erőmérésből származik, de ismerve a harmonikus rezgőmozgás függvényeit, a grafikon kitérésfüggvényként is értelmezhető.

A kvázi csillapítatlan rezgés után kis gumiszál alkalmazásával csillapított harmonikus rezgéseket vizsgálhatunk, ahol az exponenciális lecsengés szépen látszik (honlap galéria – beregszász fizika 34–40. kép). Stopperral 10 teljes rezgésből T periódusidőt

mérünk, az alkalmazott ismert tömegekből és T -ből meghatározzuk D rugóállandót. A mérést két egyforma rugó sorba kapcsolásával is elvégezzük. A csillapított rezgések esetében a grafikus ábrán a kurzor megfelelő mozgatásával, az amplitúdók mérésével az exponenciális lecsengés megfelelő pontossággal kimutatható (3. ábra).

Az elektromágneses rezgéseket függvénygenerátorral hozzuk létre és oszcilloszkópon vizsgáljuk. Először a generátor szinusz, fűrész és négyszögjeleit vizsgáljuk, majd RLC párhuzamos rezgőkörrel, áramrezonanciát hozunk létre (honlap galéria – beregszász fizika 41–47. kép). C (3,3 μF) helyett $2C$ -t használva,

illetve a tekercs vasmagjának részbeni kihúzásával változtathatjuk a rezonanciafrekvenciát (4. ábra).

Végezetül a mechanikai és elektromágneses rezgések egyidejű tanulmányozására a függvénygenerátor 3 féle jelformájának hangját is meghallgathattuk hangszóró segítségével a hallható hang tartományában. Lehetőség volt még emberi (mechanikai) hangok elektromágneses megfeleltetésének képét oszcilloszkópon tanulmányozni elektrodinamikus mikrofon segítségével. Igen sokféle szintetikus előállított hangszerhangot szólaltattunk meg, egyben azok képeit láthattuk oszcilloszkópon, dokukamerával és projektorral kivetítve (honlap galéria – beregszász fizika 52. kép).

VÉLEMÉNYEK

GALILEIRŐL, FÉL ÉVSZÁZADDAL KOESTLER UTÁN

Geszi Tamás
ELTE Fizikai Intézet

Galilei története máig is sokféle érzelmet vált ki azokból, akik valamennyire megismerik. Nevezetes szépirodalmi, bár történelmi hitelességűnek nem nevezhető forrás a magyar származású *Arthur Koestler Alvajárók* című könyve [1], amelynek fejezetei a modern természettudomány kezdeti korszakai kiemelkedő személyiségeinek életéből mutatnak be élvezetes válogatást.

Ami feltűnő: Galileiről nagyon elítélő véleményt formál Koestler, leginkább azon az alapon, hogy erőszakosan nyomta magát kortársai elé, magának követelve olyan elismerést is, amely másokat illetett volna meg. *Newtonról* viszont ebben a vonatkozásban egy rossz szót se szól, pedig közismert, hogyan próbálta *Leibniztől* elvitatni a differenciál- és integrálszámítás független megalkotásának érdemét. Mi lehetett Koestler motivációja Galilei és Newton ennyire különböző megítélésére?

Az író már nem kérdezhetjük meg, mire gondolt, de olvasás közben, úgy tizenöt éve, támadt erről egy elképzelésem, nyomban el is mondtam *Marx Györgynek*, ő azt mondta, írjam meg a *Fizikai Szemlébe*. Kévéssel utána Marx meghalt, és csak most fogtam hozzá, hogy röviden – a „Vélemény” rovatba méretezve – leírjam, amit gondolok róla.

A kérdés kulcsa szerintem egy Koestler és Galilei élete közötti érdekes párhuzam lehet. Koestler első, híres regénye, a *Sötétség délben* [2] Sztálin idejében íródott, és nem titkolt módon a Sztálin vezette Szovjetunióban működő gyilkos diktatúráról szolt. Az *Alvajárók* idején Sztálin már nem élt, és utóda, *Hruscsov* „puha diktatúrát” valósított meg. Koestlert ez a változás elbűvölte, és elfogadható, szinte élvezetes játéknak tartotta beleilleszkedni ebbe a puha diktatúrába, élvezettel kihasználva a húsz évvel korábnál hasonlíthatatlanul nagyobb szabadságot.

Galilei életében valami hasonló változás ment végbe. *Giordano Brunót* 1600-ban még máglyán égették meg nézeteiért, Galilei fél évszázaddal később már csak házi őrizetbe került, azzal a figyelmeztetéssel, hogy ne akarjon átlépni az akkor éppen csak születő természettudomány és a teológia nehezen meghúzható határvonalán. Galilei – késői szemlézője, Koestler számára felháborító módon – ahelyett, hogy boldogan elfogadta volna ezt a pár évtizeddel előbb még elképzelhetetlen kompromisszumot, kikérte magának a korlátozást, és harsányan ragaszkodott a tudományos igazság szabad keresésének jogához.

Talán ez az, ami Koestlert felháboríthatta: ez az alkura képtelen makacsság, ami persze a természettudomány további fejlődése során maga lett a természetes viselkedés: az igazság elfogulatlan keresése, minden tudományon kívüli érvelés figyelmen kívül hagyásával.

Galilei örökségét ezek a kérdések ma inkább már csak árnyalják. Hogy voltak hibás állításai? Ugyan kinek nem? Hogy nem tartotta be a kortárs kutatókkal szembeni viselkedés etikai szabályait? Hiszen ezek a szabályok hosszadalmas útkeresés során, csak az utána következő évtizedekben – évszázadokban alakultak ki. Manapság Galileire úgy gondolunk, mint arra, aki felismerte a nyugalom és egyenletes mozgás, a nyugvó és mozgó vonatkoztatási rendszer közötti szabad átjárást, és ezzel megnyitotta az utat Newton törvényei, néhány évszázadot átívelve pedig még a relativitás elmélete felé is.

Irodalom

1. Arthur Koestler: *Alvajárók*. 1959, fordította: Makovecz Benjamin, Európa Könyvkiadó, Budapest 1996.
2. Arthur Koestler: *Sötétség délben*. 1940, fordította: Bart István, Európa Könyvkiadó, Budapest 1988.