

Hooke és a rugalmas anyagmodell

Robert Hooke élete

A mechanika tudományával foglalkozók és a gyakorló mérnökök számára egyaránt jól ismert Robert Hooke neve. Azt viszont már kevesebben tudják, hogy milyen sokoldalú kutató volt, mennyi mindennel foglalkozott, pedig egyes lelkes angol történészek egyenesen „angol Leonardo”-nak nevezik. Talán ez az állítás tartalmaz némi túlzást, azonban az tény, hogy ha számba vesszük mindazt, amit Hooke-nak köszönhet a tudomány és a technika, igen jelentős művek és eredmények szerepelnek a listánkon.



Robert Hooke 1635. július 18-án született a Wight szigetének nyugati részén lévő, Freshwater nevű kicsiny településen, ahol édesapja – *John Hooke* - az egyik templom káplánja volt. Ő volt a család negyedik gyermeke, két nővére és bátyja jóval idősebbek voltak nála.

Akkoriban az a vidék ritkán beépített volt, csak elszórtan épült tanyák és udvarházak alkották a települést. A Hooke-család is egy ilyen udvarházban lakott, lásd egy – XIX. században készült – festmény képét Hooke szülőházáról:



A kis Robertről feljegyezték, hogy sokat betegeskedő, gyenge fiúcska volt, így szülei nem erőltették az iskolába járást sem, csak otthon tanult. Rengeteg szabad idejében többnyire a környék mezőin és erdőiben kóborolt, figyelve az állatok és a növények világát. Látni fogjuk, hogy ezek az élmények komoly hatással voltak Hooke felnőtt életére is, hiszen – bár rendkívül sok mindennel foglalkozott – ő saját magáról nagyon sokszor mint „megfigyelő biológus”-ról beszélt.

A magányos kisfiú sokat farigcsált, és alig múlt tíz éves, amikor szülei meglepetésére fából készült – súlymotorral hajtott –igazi órát épített, ami a kor követelményeihez képest meglepően pontos volt. Igen tehetségesnek tartották a rajzolásban is, a család barátai kifejezetten azt ajánlották a szülőknek, hogy próbálják meg művészi pályára adni a fiút.

Erre az eredetileg tervezettnél jóval hamarabb került sor, mert édesapja 1648-ban bekövetkezett váratlan halála után – elsősorban bátyja, *ifjabb John Hooke* akarására – Robertet Londonba küldték *Sir Peter Lely*¹ festőtanodájába². Nagyon rövid időt töltött itt, mert nem volt kedvére az itteni képzés és a munkakörülmények, helyette beiratkozott *Richard Busby*³ híres westminsteri iskolájába. Ma már nem lehet kideríteni, hogyan sikerült ez neki, mert az otthonról kapott csekély támogatásból erre biztosan nem tellett. Mindenesetre hamarosan az iskola egyik legjobb tanulója lett, különösen kitűnt matematikai képzettségével és a mechanikai eszközök készítésében tanúsított ügyességével. Többek között a repüléssel is foglalkozott, ő maga is megpróbált repülni, egy rugóval hajtott, denevérszárnyhoz hasonló szerkezete a levegőbe is emelkedett. Megjegyezzük, hogy mindezek mellett lelkes hallgatója volt az építészettel kapcsolatos előadásoknak is.

1653-ban újból iskolát váltott, Oxfordba ment tanulni. Gazdagabb diákok szolgálataért és a templomi énekkarban vállalt munkájáért kapott pénzből tartotta el magát. Hamarosan itt is bizonyította kiváló képességeit, és minden különösebb nehézség nélkül megszerezte az alap-, majd a mesterfokú végzettséget igazoló diplomát. Ennél is sokkal fontosabb számára azonban az, hogy itt Oxfordban kezd megismerkedni az angol tudományos élet akkori legkiválóbb képviselőivel, ekkor kezdődik tudományos életpályája is. Először *Thomas Willis*⁴ segédje lesz vegyészeti kutatásainál, aki megismerteti Hooke-ot *Christopher Wren*⁵-nel. *Wren* később a Royal Society alapító tagjai közé tartozott, és 1680-82 között elnöke is lett a tudományos társaságnak.

Ezt követően Hooke 1658-ban *Robert Boyle*⁶ mellett vállalt asszisztensi állást, aki fokozatosan bevonta őt tudományos kutató munkájába is. Igazi szinergikus együttműködés alakult ki közöttük, Hooke matematikai tudása és eszközkészítő zsenialitása nagyon sokat segített Boyle-nak a gázokkal kapcsolatos kísérleteiben, míg ő a kémiai ismeretekben és a kísérletezési módszerek elsajátításában lett gazdagabb tudású.

Az egyetemi laboratóriumokban végzett munkáival olyan elismerést vívott ki, hogy az akkori angliai tudományos közvélemény minden vita nélkül egyetértett *Boyle*-lal, aki 1662-ben az akkor létrehozott *Royal Society* kísérletekért felelős kurátori posztjára javasolta Hooke-ot évi 30 fontos javadalmazással. Az igazság kedvéért ehhez azért tudnunk kell, hogy a társaság tagjai közül sokan a kezdeti években inkább fizetett alkalmazottat valamint a demonstrációk-kísérletek szervezőjét látták benne, és nem egyenrangú tudós kollégát. Ez a helyzet azonban lassan megváltozott Hooke javára, hiszen 1663-ban már a társaság tagjává választották (később, 1677 és 1683 között a titkári teendőket is ellátta) és 1665-ben pedig rendes egyetemi

¹ 1618 – 1680. Angliában élő holland származású festő, barokk stílusú képeiről – elsősorban portréiről – volt híres.

² Cserébe viszont öröksége nagyobbik részét bátyja kapta.

³ 1606 – 1695. Híres angol pedagógus. Kiváló tudósok, filozófusok és művészek nevelkedtek nála, intézetét Európában a legjobbak egyikének tartották.

⁴ 1621 – 1675. Kiváló angol orvos, híres volt anatómiai, neurológiai és pszichiátriai kutatásairól. Az agyban található ún. *Willis-kör* jól ismert minden orvos számára. Az akkori években ő volt a vezetője az oxfordi tudományos klubnak is.

⁵ 1632 – 1723. Híres angol építész, csillagász és géométer. Ő tervezte a londoni Szent Pál székesegyházat is és még emellett 52 másik londoni templomot.

⁶ 1627 – 1691. Ír származású kiváló fizikus, vegyész, filozófus. A gázok állapotváltozására vonatkozó (*Mariotte* francia fizikustól függetlenül megfogalmazott) törvényéről ismert a leginkább.

tanári állást⁷ kapott (a Geometria Professzora lett a Gresham College-ben). Itt, a Kollégium szerényen berendezett professzori szállásán lakott azután egész élete végéig⁸.

1665 más okból is fontos évszám Hooke életében. Ekkor jelenik meg egyik legjelentősebb alkotása, a „*Micrographia or some philosophical description of minute bodies*”, mely híressé tette nevét Anglián kívül is. Ezt a könyvét egy évvel később már a csillagászati kutatásairól írt „*Cometa*” című műve követi.

1666-ban Londont története legnagyobb tűzvésze pusztítja el. A szerencsétlenség azonban alkalmat adott a város radikális újjátervezésére, olyan nagyszerű új középületek létrehozására, amelyek méltók egy formálódó világbirodalom központjához. Hooke a város vezetésétől, régi barátja, *Christopher Wren* pedig a királytól kapott közvetlen megbízást az újjáépítés szervezésére és a fontosabb középületek tervezésére. Hooke tehetségét és fiatal kori művészi hajlamainak erősségét bizonyítja, hogy gyorsan megtanulta az építészeti tervezést és a globális városrendezési kérdések mellett nagyon sok szép középület tervezését saját maga végezte.

1672-ben került először közvetlen kapcsolatba *Isaac Newton*⁹-nal, aki éppen a Royal Society-ben tartott előadást a fehér fény színekre bontásáról. Sajnos ezen a találkozón heves vita alakult ki a két tudós között, amely azután a következő harminc évben kisebb-nagyobb szünetekkel szinte folyamatosan tartott. Ezt néha megszakították békésebb-nyugodtabb időszakok, mint például a '70-es évek végén, amikor *Newton* kifejezetten kedves leveleket váltott Hooke-kal. Neki írta például egy 1676. február 5-i keltezésű levelében azt a híres mondatát, amely Hooke személyére is vonatkozott és amit ma is sokan idéznek¹⁰:

„*If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants*”

A kettőjük közötti vita 1684 körül mérgesedett el igazán. Ezt megelőzően még együtt dolgoztak *Newton* talán leghíresebb munkájának¹¹, a „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”-nak egyes részletein, de végül a könyv úgy jelent meg, hogy egyetlen szóval sem említette benne Hooke-ot.

Ezekben az években más bajok is nehezítették Hooke életét. Komoly vitája támadt *Christiaan Huygens*¹²-szel a hajszárlugós billegő óra feltalálásának elsőbbségéről¹³ és emellett Angliában

⁷ Ez évi 50 fontos évi fizetést jelentett akkoriban Angliában.

⁸ 1672-ben Wight szigetéről ebbe a lakásba költözött fel hozzá unokahúga, *Grace Hooke*, aki aztán 12 évig, 1684-ben bekövetkezett haláláig nála maradt, háztartását vezette és gondoskodott róla. Megjegyezzük, hogy bár naplója – és barátai visszaemlékezései – szerint sok barátnője volt a legkülönbözőbb társadalmi rétegekből, de nem nősült meg sohasem.

⁹ 1643 – 1728. A világ legnagyobb fizikusai (és matematikusai) közé tartozik. Róla írta az angol költő, *Alexander Pope* a következő sorokat: „*Nature and nature's laws lay hid in night; God said "Let Newton be" and all was light.*”

¹⁰ „*Azért látok tovább, mert óriások vállán állok*”

¹¹ Ma többnyire rövid formában „*Principia*”-nak nevezik.

¹² 1629 – 1695. Holland matematikus, csillagász és fizikus. Többek között kiváló óraszerkezetek készítéséről ismert.

¹³ . Háromszáz évig tartott a vita erről a kérdésről a tudománytörténetben. Az angolok Hooke, mások pedig *Huygens* elsőbbségét fogadták el. 2006 februárjában azonban Hampshire-ben egy régi pohárszékből olyan feljegyzések kerültek elő, amelyek igazolták Hooke állítását, valóban ő volt az első... A vitáról Eötvös Loránd megjegyzése jut az ember eszébe, aki nem szabadalmaztatta híres torziós ingáját és, amikor ezért szemrehányást tettek neki, azt felelte: „nem fontos, ki találta fel, csak az, hogy van...”.

is voltak találmányokkal kapcsolatos perei. 1678-ban bátyja lett öngyilkos, 1684-ben pedig háztartását vezető unokahúga, *Grace Hooke* halt meg.

Az 1680-as évek közepétől kezdve Hooke munkakedve és egészségi állapota is folyamatosan romlott. Egyre több betegség kínozta, és *Newton* folyamatosan ismétlődő támadásai szinte állandósították depressziós lelki állapotát. Hosszú szenvedés után halt meg 1703. március 3-án. Londonban, a City-ben lévő Szent-Ilona templomban temették el. Halála után *Newton* kívánságára a rá utaló feljegyzések egy részét arcképével együtt eltávolították a Royal Society-ből. Hiteles arckép nem is maradt fenn róla, a jelen életrajz első sorainál látható kép csupán egy máshol talált és a tudománytörténészek véleménye szerint valószínűleg őt ábrázoló portré.

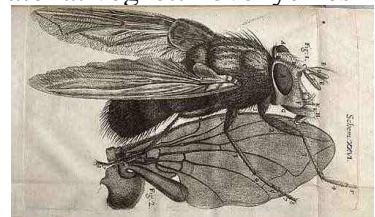
Hooke nagyon sok minden után érdeklődő kutató volt, az utolsó „reneszánsz” emberek egyike Európában. Személyiségéről feljegyezték, hogy sokszor lobbant hirtelen haragra, de ugyanolyan gyorsan meg is nyugodott, és a vitákban mindig el tudta fogadni ellenfele érveit is. Kifejezetten nyílt természete volt, hűségesen ragaszkodott barátaihoz, és nagyon sokat segített a nála nehezebb helyzetben lévőkön.

Sokáig kissé háttérbe szorított alakja mostanában kerül igazi helyére a tudomány történetében. A Hold és a Mars egy-egy krátere is őrzi nevét.

Tudományos munkásságának fontosabb adatai

Mechanikával kapcsolatos eredményeit az életrajzok szokásos felépítésének megfelelően külön pontban mutatjuk be, most másféle kutatásaiból sorolunk fel néhányat:

- Műszaki találmányai nem csak saját korában, hanem még ma is hasznos eszközök. Egyike volt a folyadékos vízszintező – a *libella* – feltalálójának és ő volt a *fonalkeresztes, mikrométerrel ellátott, irányzásra szolgáló távcsövek* megalkotója. Ez utóbbi segítségével tudta 1725-ben végre bebizonyítani *James Bradley*¹⁴, hogy a Föld kering a nap körül és nem megfordítva... Korának tudósaihoz hasonlóan ő is sokat foglalkozott órákkal, hiszen az időmérés volt akkoriban az egyik legfontosabb tudományos¹⁵ feladat. Többek között feltalált egy kifinomult *gátszerkezetet* is, ahol a gátkeréknél különleges laprugót használt, mintegy megelőzve a jóval későbbi kronométer járatokat. Először alkalmazta a *lapos spirális hajszálrugót* is óraszerkezetekben, építve az anyagok rugalmas viselkedésével kapcsolatos vizsgálataira. *Boyle* kísérleteihez kapcsolódva az ő fejlesztéseként jött létre az a *levegőszivattyú*, ami kiemelkedően a legjobb hatásfokú volt saját korában, és komoly ipari alkalmazásai is lettek a következő évszázadban. A légritka tér emberi szervezetre gyakorolt hatását is tanulmányozta, mégpedig úgy, hogy saját maga ült benn abban a szigetelt helyiségben, ahonnan készüléke segítségével eltávolították a levegőt...
- A saját maga szerkesztette mikroszkóppal igen részletes vizsgálatokat végzett növények és állatok szervezetének mikroszintű felépítéséről, és művészi tehetségét kihasználva gyönyörű metszetek sorozatát készítette el az általa vizsgált parányokról. A mellékelt képet például egy közönséges légyről rajzolta. Hooke volt a mai



¹⁴ 1693 – 1762. Angol csillagász, elsősorban csillagászati illetve a fényvel kapcsolatos méréseiről híres.

¹⁵ A navigáció gyakorlata szempontjából is lényeges kérdés volt, különösen egy tengeri nagyhatalom számára.

„sejt” szó megalkotója is. Bár az általa használt mikroszkóp nem volt túlzottan bonyolult eszköz, felépítésének tanulmányozása nagyon hasznos segítséget jelentett a későbbiekben *Antonie van Leeuwenhoek*¹⁶-nak, a kutatásokra használatos modern mikroszkóp és a hozzá kapcsolódó mikrobiológiai kutatások feltalálójának. Külön említésre méltó Hooke ilyen jellegű kutatásaiban a vizsgálatok gondos tervezése és kivitelezése valamint a tapasztalatok nagyon részletes elemzése. Különösen népszerűvé tette „*Micrographia ...*” könyvét Hooke világos és jól érthető stílusa. Megjegyezzük, hogy ez volt az első olyan tudományos jellegű nyomtatott könyv a világon, ahol a leírásokat ilyen számban illusztrálták gyönyörű rajzokkal.

- Hooke csillagászati vizsgálatokat is végzett, közel tucatnyi publikációja szól ilyen jellegű kutatásairól. Részletesen tanulmányozta például a Hold krátereit, modelleket is kidolgozott kialakulásukra. Ugyancsak vizsgálta a Jupitert és annak felszínét, továbbá tanulmányt írt az üstökösök felépítéséről saját megfigyelései alapján. Az előbb említett távcsőfejlesztési eljárásait a greenwich-i Királyi Obszervatórium is rendkívül nagyra értékelte.
- Érdekesek Hooke gravitációval kapcsolatos, még jóval *Newton* modelljének színre lépése előtti publikációi. 1674-ben megjelent „*Attempt to prove the Motion of the Earth*” cikkében Hooke az alábbi gondolatokat fogalmazta meg: „*a./ a gravitáció minden testre a középpontjában hatva azt elmozdítani igyekszik, b./ ennek hatására minden test egyenesvonalú mozgásra törekszik saját impulzusának hatására, ezt az egyenesvonalú mozgást a többi test hatása zavarja meg, c./ a gravitáció annál erősebb minél közelebb vannak a testek egymáshoz, de ennek milyenségét még nem ellenőriztem kísérletekkel...*”. 1680-ban már azt írta egy levélben *Newton*nak, hogy úgy érzi, közelebb van ennek a modellnek a tisztázásához, mert úgy véli, hogy a gravitációs hatás négyzetesen csökken a távolsággal. Állítása szerint ezt a következtetést csillagászati elemzésekből és vasgolyókkal végzett kísérletekből vonta le. Azt gondolom, hogy bár *Newton* 1684-ben megjelent, tisztán *matematikai* alapokon megfogalmazott gravitációs modelljének érvényességét/elsőségét nem vonja kétségbe Hooke – alapvetően *kísérleti tapasztalatok és megfigyelések* alapján megfogalmazott – korábbi modellje, de *Newton*-tól semmiképpen nem volt korrekt álláspont, hogy a későbbiekben egyszerűen tudomást sem kívánt venni annak létezéséről¹⁷.
- Mint említettük, Hooke építészként is értékeset alkotott. Nem kívánunk ezzel részletesen foglalkozni, csak néhány, általa tervezett és ma is álló londoni épület nevét említjük:



¹⁶ 1632 – 1723. Holland tudós, a *ma használatos* mikroszkóp megalkotója. Egyszerűbb változatokat már Hooke előtt is készített az angol *Henry Power* és az olasz *Marcello Malpighi*.

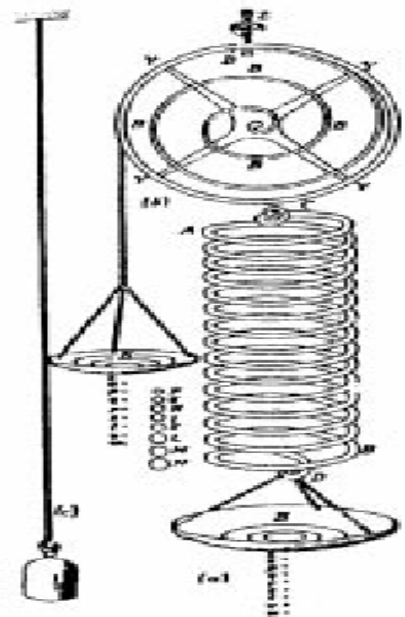
¹⁷ Még a *Royal Society* – *Newton*hoz „hű” – tagjai közül is sokan rosszállták ezt, kisebb botrány is volt ebből a Társaságon belül, de aztán az évek során lassan a feledés homályába merült az ügy.

Bethlehem Királyi Kórház, Királyi Fizikus Társaság Székháza, a willeni templom. A fenti képen a kórház épületét láthatjuk. Megjegyezzük, hogy több olyan épület vagy emlékmű is látható még ma is, amit *Wren*-nel közösen terveztek (ilyen például a londoni tűzvész emlékműve).

A rugalmas anyagmodell

Korábban már említettük, hogy Hooke nagyon sokat foglalkozott különféle órák tervezésével is. Abban a korban – a rugós órák bevezetése után – a fizikusok mindenütt Európában nagy gonddal kezdtek tanulmányozni a fémek rugalmasságát, a rugók viselkedését, vagyis az órák legfontosabb részeinek fizikai tulajdonságait. Hooke rengeteg és nagyon gondosan tervezett kísérletet végzett ezen a téren is¹⁸. Elsősorban azt vizsgálta, hogy a rugalmas anyagok, kötelek, drótok, állati sörtek, bélhúrok, stb. hogyan változtatják alakjukat, ha változó terhelést kapnak.

A jobb oldali ábrán három kísérlet ábrázolását láthatjuk. Az első egy súllyal terhelt zsinór van, ennek méretváltozását mércével mérte. A középső rajzon az egyik végén rögzített lapos hajszálrugó terhelését mutatja be Hooke, a harmadikon a tekercsrugó megnyúlását érzékelteti.



Számtalan ellenőrző kísérlet során jutott arra a meggyőződésre, amit aztán a minden mérnök számára olyan jól ismert modellben fogalmazott meg¹⁹:

„*rugalmas anyagok a terheléssel arányosan változtatják meg alakjukat*”.

Hooke először 1660-ban közölte ilyen tárgyú megfigyeléseit, majd 1665-ben a „*Micrographia*”-ban további részleteket is megjelentetett. Még részletesebben tárgyalta a rugalmasságtan kérdéskörét az 1678-ban publikált „*De Potentia Restitutiva*”

című művében, ahol már nem csak az órákhoz kapcsolódó alapkísérleteket ismerteti, hanem általános mechanikai megfontolások alapján osztályozza a legkülönbözőbb anyagok rugalmas viselkedését.

A mechanika történetében ez volt az első szakkönyv, ahol részletes adatokat találtak az olvasók a különböző szerkezeti elemek (rudak, rugók, kötelek, stb.) különböző terhelések (húzás, hajlítás, nyomás) hatására bekövetkező elmozdulásairól.

A teljesség kedvéért hozzá kell tennünk, hogy természetesen Hooke nem vizsgálta a rugalmassági határ közelében létrejövő jelenségeket és nem foglalkozott a fárasztó terhelés hatásával sem, kizárólag a számára – és általában az akkori tervező mérnökök számára – közvetlenül fontos terhelési tartomány elemzésére összpontosított.

¹⁸ Az órászművészettel foglalkozó szakkönyvek szerint az időmérés tudományos alapjainak lerakásában *Galilei* és *Huygens* mellett neki köszönhetünk a legtöbbet.

¹⁹ A kor szokásának megfelelően először egy tömör anagrammát („*cediinnoopsssttuu*”) használt publikációiban a modell leírására. A betűk az alábbi latin szavakat formálják: „*Ut Pondus sic Tensio*”, vagyis „amennyi az erő, annyi a megnyúlás”.

Felhasznált irodalom:

- 1./ **Timoshenko, S. P.:** History of Strength of Materials, *McGraw-Hill*, 1953.
- 2./ **Todhunter, I. – Pearson, K.:** A History of the Elasticity and of the Strength of Materials from Galilei to the Present Time, Vol. I-II, *Cambridge University Press*, 1886.
- 3./ **Horváth, Á. :**Az óra regénye, Táncsics, 1957
- 4./ <http://www.rod.beavon.clara.net/leonardo.htm>
- 5./ <http://www.scienceblogs.org.uk/archives/>