

Young és a rugalmassági modulus

Thomas Young neve a mérnökök által legismertebbek közé tartozik, hiszen az általa bevezetett *Young-modulus*, vagy ahogy talán még többen ismerik, a *rugalmassági modulus*, a leggyakrabban használt paraméterek közé tartozik. Ennek a fontos anyagállandónak az alkotója csodálatos, színes egyéniség volt, feltétlenül érdemes arra, hogy a mérnökök tisztelettel őrizzék emlékét.



Jómódú és vallásos hitét igen komolyan vevő tízgyermekes kvéker¹ család elsőszülötteként látott napvilágot 1773. június 13-án az angliai Milvertonban. Csodagyermeknek tartották (feljegyezték például róla, hogy kétéves korában már kiválóan olvasott, négyévesen pedig már a teljes Bibliát is többször elolvasta és elég jól ismerte annak szövegét). Nyelvtudása

már fiatal korában egészen elképesztő volt: hatévesen beszélt *latinul* és még nem töltötte be a tizennegyedik életévét, amikorra elsajátította a *görög, a francia, az olasz, a héber, a káldeus, a szír, a szamáriai, az arab, a perzsa, a török és az etióp* nyelvet is...

Családja igen nagy szeretettel vette körül, különösen nagyapja örült gyors szellemi fejlődésének és valósággal elhalmozta könyvekkel. Bár már egészen kicsi korától kezdve szinte minden érdekelte, kezdetben elsősorban a régészet és a történelem kötötte le figyelmét. 1792-ben nagybátyja – a híres orvosként praktizáló *Richard Brocklesby* – hatására mégis a londoni orvosi egyetemre iratkozott be. Két év múlva a skóciai Edinburgh egyetemén folytatta tanulmányait, majd rá egy évre váltott, a kontinensre utazik és a híres göttingeni egyetemet keresi fel. Közben megírja első publikációit, melyek olyan sikeresek, hogy Youngot 1794-ben (21 éves ekkor, és még egyetemi hallgató) tagjává választja a *Royal Society*. Bár visszaemlékezései szerint Göttingenben nem érezte túlságosan jól magát - az egyetem merev szabályai sokszor nem voltak kedvére - 1796-ban mégis itt szerzi meg a fizikusi doktorátust.

Rövid európai körutat követően – főleg különböző német tartományokban időzik, majd egy hónapot tölt például Drezdában a képtár tanulmányozójaként – 1797-ben a cambridge-i Emmanuel College hallgatója lesz, folytatja orvosi tanulmányait. Ebben az évben halt meg orvos nagybátyja, akitől jelentős vagyont örökölt, így ettől kezdve soha többé nem voltak komoly anyagi gondjai. 1799-ben a híres londoni *Welbeck Street*²-en nyit magánrendelést és ezzel párhuzamosan egyre nagyobb szenvedéllyel veti bele magát a tudományos tevékenységbe is, először többnyire névtelen³ cikkekkel és egyéb publikációkkal, de hamarosan már a *Royal Society* előadótermeinek közismert alakja lesz. A természettudományok szinte minden ágában gyorsan halad, 1801-ben az angol tudományos kutatásért-képzésért felelős *Royal Institute* természettudományi professzorává nevezik ki (a cím tulajdonosa alapvetően a fizika illetve a mechanika oktatásáért volt felelős). Young nagy

¹ A kvékerek a „*Barátok Vallásos Társasága*” (angolul „*Society of Friends*”) nevű keresztény szekta tagjainak általánosan elterjedt megnevezése. Alapvető hitük, hogy az isteni kinyilatkozás közvetlen és személyes jellegű, azaz minden személy közvetlenül tapasztalhatja Isten szavát.

² Nagyon sok kiváló londoni kórház összpontosult ebben a *West End*-en levő utcában, az utca neve szinte mindig egyet jelentett a gyógyítással.

³ Saját bevallása szerint első tudományos publikációival nem kívánta „rossz hírbe keverni” az orvosi hivatást...

szorgalommal fog hozzá az aktív kutatásokhoz szorosan kapcsolódó oktatáshoz, két év alatt több mint 90 előadást tart. 1802-ben a *Royal Society* kéri fel egy újabb posztra, a Társaság külkapcsolatokért felelős titkára lesz.

1803-ban újabb váltás következett be az életében: orvosi teendőire hivatkozva lemondott a *Royal Institute*-ban betöltött professzori állásáról⁴, bár ugyanakkor más hivatalos megbízásokat még elvállalt. 1814-ben például a londoni városi gáz bevezetéséről döntő bizottság tagjaként dolgozik hosszú ideig, 1816-ban egy időméréssel foglalkozó állami bizottság titkára, 1818-ban pedig egyidejűleg nevezik ki a *Board of Longitude*, az angol *Mérésügyi Hivatal* titkárává és a *HM Nautical Almanac Office*, a *Tengerészeti Almanach Hivatal*⁵ vezetőjévé. Közben 1811-be feladta orvosi magánpraxisát, a Szent György-kórházban vállal munkát és itt is marad „főállásban” egészen 1829. május 10-én, 56 éves korában bekövetkezett haláláig.

Young magánélete is színes és változatos volt. Szívesen látott vendég mindenhol, szellemes csevegő, jó táncos, a klasszikus irodalmat és a zenét magabiztosan ismerő ember (például saját maga is kiválóan és szívesen fuvalázott a különböző estélyeken). Mindenütt ott volt, ahol pezsgő szellemű társaságra számíthatott és mindenütt lelkesen vált központi alakká. Érdekes adalék jelleméhez, hogy egyszer még egy cirkuszban is fellépett kötél-táncosként. Nem csoda, hogy akkoriban Young-jelenségként beszéltek róla Anglia szerte⁶. Felesége, *Eliza*, szerető és szellemileg teljes mértékben méltó társa volt egész életében.

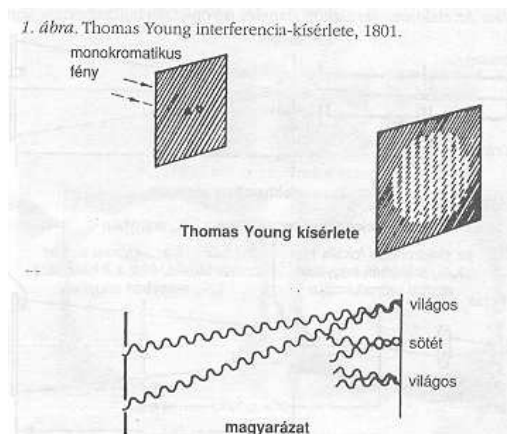
Nem biztos, hogy mindenki egyet tud érteni gyakran emlegetett jelmondatával („*Minden ember képes arra, amire mások képesek*”), de az abból áradó magabiztosság és erő a késő nemzedékek számára is tiszteletreméltóak...

Young tudományos munkássága

A Young által vizsgált tudományterületek száma legalább olyan változatos, mint élete. Témák szerint csoportosítva említjük a legfontosabbakat, kihagyva ebből a sorból a kifejezetten mechanikai tárgyú eredményeit, mert azokat – a rugalmassági modulussal együtt – majd külön pontban tárgyaljuk.

a./ Fizikai kutatások

Az egyik legismertebb és legjelentősebb eredménye a *fény hullámtermészetének* bizonyítása egy 1801-ben bemutatott szellemes és egyszerű kísérlettel⁷. *Gábor Dénes*, a Nobel-



⁴ Nem kizárt, hogy ebben szerepet játszott az is, hogy az előadásait hallgatók állandóan arra panaszkodnak, hogy túl bonyolultnak és túl magas szintűnek tartják óráit...

⁵ Tengerészeti és csillagászati helymeghatározással és az ehhez kapcsolódó egyéb kérdésekkel valamint kiadványok – tengerészeti évkönyvek - készítésével foglalkozó hivatal. Young volt az első vezetője.

⁶ *Robert Hooke*-hoz hasonlóan őt is sokszor emlegették angol *Leonardo*-ként.

⁷ Néhány évvel ezelőtt amerikai fizikusok között szavazást tartottak, hogy a fizika egész történetében mely kísérleteket tartják a „legszebbeknek” (lásd a szavazás részleteiről a

díjas magyar tudós a következőképpen írt erről a *Fizikai Szemle* 2000/6-os számában: „Napsugarat bocsátott egy sötét szobába, útjába egy sötét ernyőt helyezett, rajta két tűszúrásnyi lyukkal, és ettől bizonyos távolságban egy fehér ernyőt. Két sötét vonalat látott egy fényes vonal két oldalán, ami annyira felbátorította, hogy megismételte a kísérletet. Fényforrásként ezúttal alkohollángot használt, benne egy kis sóval, hogy nátrium fényt tudjon előállítani. Most számos, szabályosan elhelyezkedő sötét vonalat látott. Ez volt az első világos bizonyíték arra, hogy ha fényhez fényt adunk, sötétséget kaphatunk. A jelenség neve **interferencia**. Thomas Young számított erre, mert hitt a fény hullámelméletében. Christian Huygens⁸ eredeti ötletéhez az volt a fő hozzájárulása, hogy a monokromatikus fény szabályos szinuszos rezgést jelent egy közegben, amelyet abban az időben éternek hívtak.”

Ez a megállapítás elméleti jelentőségén kívül számtalan gyakorlati feladat megoldását is lehetővé tette a későbbiekben, példaként említjük a röntgen-krisztallográfiát, az anyagok belső felépítését vizsgáló tudományágat, mely jelentős mértékben épít Young felfedezésére.

A folyadékok *felületi határfeszültségeinek* elemzéséhez kapcsolódik Young 1804-ben publikált⁹ másik fizikai felfedezése, a folyadékok felületi feszültségeit illetve a szilárd testtel érintkező folyadék viselkedését magyarázó jelenségek leírása. Ezzel a modellel sikerült a kapillaritás jelenségét fizikailag helyesen magyarázni. Young erre vonatkozó egyenletét egy évvel később tőle függetlenül *Pierre-Simon Marquis de Laplace*¹⁰ is felfedezte, ezért ma sokszor *Young-Laplace-egyenletként* is találkozhatunk vele (tipikus mai alkalmazása ennek a kérdéskörnek például a különböző mosószeres hatásmechanizmusának elemzése).

Megjegyezzük, hogy Young a szilárd testen lévő folyadéksepp felületének *geometriai adatait* is meg tudta adni modelljével¹¹.

Elméleti vizsgálatokat végzett a különböző molekulák méretének meghatározására is. Az általa megadott értékek pontosságát jó ötven múlva igazolták a fizikusok.

Fontos technikatörténeti érdekességként említjük, hogy különböző tudományos írásaiban Young használta először¹² a mai értelemben az „*energia*” kifejezést, felváltva ezzel a korábbi korok „*vis viva*”¹³ klasszikus elnevezését.

b./ Orvostudomány

Young az élettani optika tudományának megalapítója. 1793-ban publikálta híres munkáját a *szem akkomodációs* képességéről, a szemlencse alakját befolyásoló izmok hatásáról. Ebben

<http://www.origo.hu/tudomany/technika/20060124atiz.html> honlapot). Youngnak a fény hullámtermészetét demonstráló kísérlete a tízes rangsorban az ötödik helyen végzett.

⁸ 1629 – 1695. Holland matematikus, csillagász és fizikus. Többek között kiváló óraszerkezetek készítéséről ismert.

⁹ „Cohesion of Fluids” *Phil. Trans.*, pp. 65. 1805.

¹⁰ 1749 – 1827. Kiváló francia matematikus és csillagász, híres a csillagászatban alkalmazott matematikai módszereiről.

¹¹ Ennek a modellnek a helyességét *Dupré* francia fizikus igazolta 60 évvel később termodinamikai elvek felhasználásával, így ma ezt sokszor *Young-Dupré-modellnek* is nevezik.

¹² Először egy 1807-es cikkében található meg új névként.

¹³ A latin kifejezés „*élő erő*”-t jelent. *Leibnitz* nevéhez kapcsolják ebben a formában, bár már az ókori tudósoknál is előfordult hasonló utalással.

megmagyarázta, hogy hogyan fókuszálja a szemlencse a fénysugarakat, azaz hogyan változik a szemlencse alakja a szükséges mértékben az éles látás során.

Néhány évvel később újból visszatért a látás problémájához. 1801-ben a szem szaruhártyájának egyenetlen görbületével elsőként adott helyes magyarázatot a *szemtengelyferdülés*, az úgynevezett asztigmatizmus néven ismert látáshibára. 1802-ben elsőként jött rá, hogy a *színlátás* a három alapszín (a kék, a vörös és a zöld) *kombinációjának*¹⁴ eredményeképpen jön létre, mégpedig úgy, hogy az egyes alapszíneket a szemben a retinahártyán lévő különböző idegi receptorok¹⁵ érzékelik.

Young értékes művet¹⁶ publikált a *hemodinamika* tárgykörében is, és más orvosi könyvei¹⁷ is jelentősek voltak. Érdekességként jegyezzük meg, hogy a gyógyításban sokáig alkalmazták az általa kidolgozott szabályt, amely a gyermekeknek adható gyógyszermennyiségek értékét határozta meg a felnőttek adagjainak és a gyermek élettani adatainak figyelembevételével¹⁸...

c./ Régészet

Young egész életében komolyan érdeklődött a régészet iránt, fiatalkorában is elsősorban ezért tanult idegen nyelveket. Elsősorban 1815-től kezdődően azonban különösen sok energiát fordított erre a területre, igen intenzíven tanulmányozta például az egyiptomi hieroglifák megfejtésének kérdését. *Silvestre de Sacy*¹⁹ és *Johan David Akerblad*²⁰ korábbi munkáira támaszkodva 1823-ban publikált²¹ munkájában az írás megfejtésének alapvetően helyes gondolatát fogalmazta meg (sok részletet már az 1818-ban megjelent *Encyclopaedia Britannica* „Egyiptom” szócikkében közölte). Az volt az hipotézise, hogy az egyiptomi szövegben szereplő nem-egyiptomi neveket úgy írták le, hogy bennük a hieroglifák nem fogalmakat, hanem hangokat jelölnek. Két uralkodó, *Ptolemaiosz* és *Berenike* nevének elemzése *hat hieroglifa* helyes értelmezéséhez vezetett, három másik esetben a megfejtése részben helyes és négy másik esetben pedig téves volt.

*Jean-Francois Champollion*²² francia tudósnak 1822-ben pontosabb megoldást sikerült elérnie, Young nevét azonban nem említette. Young elismeréssel szolt *Champoillon* munkájáról, azonban kifogásolta, hogy nem történt hivatkozás 1818-as lexikonbeli írására.

¹⁴ A publikációiban közölt elmélet részleteit később a nagy német orvos és fizikus, a biomechanika megalapítója, *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz* (1821 – 1894) dolgozta ki részletesen, ezért szokás *Young-Helmoltz-féle trikromatikus modellnek* is nevezni a szakirodalomban.

¹⁵ A színeslátás Young-féle élettani modelljének kísérleti igazolására egészen 1959-ig kellett várni.

¹⁶ „*Functions of the Heart and Arteries*”, 1808.

¹⁷ „*An Introduction to Medical Literature, System of Practical Nosology*”, mindkettő 1813-ban jelent meg, továbbá „*A Practical and Historical Treatise on Consumptive Diseases*”, ezt 1815-ben adták ki.

¹⁸ Az igazsághoz az is hozzátartozik, hogy maga Young a gyakorlati gyógyítást jóval ritkábban művelte. Bár élete végéig ragaszkodott „orvosi főállásához”, pácienseinek száma mindig nagyon csekély volt.

¹⁹ 1758 – 1838. Francia nyelvész és orientalista.

²⁰ 1763 – 1819. Svéd diplomata és orientalista, *Sacy* tanítványa. Ők ketten 29 jelet fejtettek már meg az úgynevezett egyiptomi írásból.

²¹ „*Account of the Recent Discoveries in Hieroglyphic Literature and Egyptian Antiquities*”.

²² 1790 – 1832. Francia nyelvész és orientalista. A rosette-i kőtábla háromnyelvű feliratára támaszkodva adta meg az egyiptomi írás megfejtését.

Úgy vélte, hogy a francia tudós alapvetően az ő cikkét használta²³. Sokáig tartott a vita kettőjük között, csak 1826-os párizsi találkozásukon borítottak fátylat a múltra, és a továbbiakban nem vitatták ezt a kérdést.

d./ Nyelvészet

Young sokat foglalkozott összehasonlító nyelvészetrel. Az *Encyclopaedia Britannica*-ba írt terjedelmes nyelvészeti szócikkében *400 különböző nyelv nyelvtanát és szókincsét* hasonlította össze. 1813-ban külön művet is megjelentetett erről a kérdéstről. Ő újította fel és tette közzismertté egy holland nyelvész – *Marcus Zuerius van Boxhorn*²⁴ – 165 évvel azelőtt tett javaslatát az ún. „*indoeurópai nyelvcsalád*” elnevezés használatára.

A hosszú felsorolás végén még egy apróságként megemlíthjük, hogy kedvenc hangszeréről sem felejtkezett meg, hiszen a hangokkal foglalkozó fizikai értekezéseit követően zenei kérdésekről is írt tanulmányokat, így például *új harmonizálási* rendszer bevezetését javasolta...

Young briliáns elméje játszi könnyedséggel mozgott a különböző tudományágak között. A mából nézve úgy tűnik, hogy utolsó képviselője volt a XVIII. századi felvilágosodás polihisztorságra törekvő elméinek és valószínűleg a francia enciklopédisták szalonjaiban érezte volna magát a legjobban.

A XIX. századtól kezdve az egyre jobban szakosodó, egyre inkább csak a saját területüket művelő tudósok sokáig kissé idegenkedve tekintettek rá és munkáira, azt kérve tőle számon, ami eleve idegen volt személyiségétől, az egyetlen – lehetőleg minél szűkebb – témában való nagyon alapos elmélyedésre törekvést és a „gyors váltások” elhagyását. Hiába tartották szellemi óriásnak olyan tudósok, mint *John Herschel*²⁵, *Lord Rayleigh*²⁶ vagy *Albert Einstein*²⁷, a XXI. század elején mégis szükség van Young „újrafelfedezésére”, hogy valóban méltó helyet foglaljon el a világ legnagyobb tudósai között.

A rugalmassági modulus

Young mechanikai kutatásai alapvetően azokhoz az évekhez kötődnek, amikor 1802-03 között a Royal Institute tanára volt. Először 1802-ben jelentetett meg egy vázlatgyűjtemény-szerű kis könyvecskét „*A Syllabus of a Course of Lectures on Natural and Experimental*

²³ Young állítása mai szemmel valószínűnek tűnik, mert a modern elemzések kimutatták, hogy még a Young által hibásan elemzett részeket is pontosan ugyanúgy használta *Champoillon*.

²⁴ 1612 – 1653. Kiváló holland nyelvész. Mesterséges nyelvet is kidolgozott a nemzetek közötti kommunikációra.

²⁵ 1792 – 1871. Angol matematikus és csillagász, a Szaturnusz és Uranusz több holdjának felfedezője.

²⁶ 1842 – 1919. Nobel díjas angol fizikus, az argon felfedezője.

²⁷ 1879 – 1955. Német születésű elméleti fizikus, a modern fizika legnagyobb tudósainak egyike.

Philosophy” címmel, majd egybegyűjtötte és átdolgozta összes mechanikai témájú előadását egy kétkötetes munkában²⁸.

Ennek a műnek az első kötetében adta meg először Young a rugalmassági modulus fogalmát az „*Of the equilibrium and the strength of elastic substances*” című fejezetben. Központosan nyomott oszlopok vizsgálata során jutott arra a következtetésre, hogy a létrejövő rugalmas elmozdulások meghatározásához mindenképpen szükség van egy anyagonként állandónak tekinthető paraméterre, amit ő „*rugalmassági modulus*” névvel jelölt. Az igazsághoz hozzátartozik, hogy a Young szövege alapján értelmező adat inkább a mai szóhasználattal „normálmerevségnek” nevezett értéknek feleltethető meg, és nem tisztán az anyagállandónak.

Ezt az ellentmondást *Henri Navier*²⁹ is érzékelte, és 1819-es egyetemi előadási jegyzeteiben illetve 1826-ban megjelent nagy mechanika tankönyvében³⁰ korrigálta is Young modelljét, szétválasztva a tisztán anyagi tulajdonságokat megadó paramétert a geometriai jellemzőktől. Tulajdonképpen azóta is a Navier által használt definíciót használjuk, de hozzá kell tennünk, hogy *Navier* maga is megtartotta a „*Young-modulus*” nevet, nem vitatva Young elsőségét az eredeti gondolat létrehozásában³¹.

Navier és kortársainak rugalmasságtani számításokhoz kapcsolódó kutatásai hamarosan szinte nélkülözhetetlen változóvá tették a rugalmassági modulus, hiszen értéke a legtöbb elméleti munkában illetve az ezek alapján kidolgozott tervezési-méretezési számításban szerepelt. Az 1830-as évektől kezdve aztán a különböző laboratóriumokban megindult az intenzív és rendszeres munka ennek a nagyon hamar népszerűvé és fontossá váló anyagi paraméternek a meghatározására. Érdekességként megadunk egy olyan honlapot, ahol egy modern adatbázisban több tízezer anyag paramétereit lehet szükség esetén megtalálni:

<http://www.matweb.com/index.asp?ckck=1>

Young az előbb említett művében számos más mechanikai kérdéssel is foglalkozott, olyanokkal, amelyek általa megadott *megoldása akkoriban teljesen újnak* (!) számított. Többek között vizsgálta:

- a gerendák *hajlításának* kérdését, pontos megoldását adva a később *Navier* (és mások) nevéhez kapcsolt hajlítási modellnek,
- a húzás közben keletkező *keresztirányú alakváltozás* jelenségét, amelyet *Poisson*³² csak jóval később, 1829-ben publikált és amit ma *Poisson-hatásként* ismer a világ,
- a *rugalmas és törési állapot* közötti átmenet mechanikai viszonyait, és *Navier*-t jóval megelőzve felhívta a figyelmet a rugalmassági határ figyelembevételének fontosságára,

²⁸ „*A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*”. Először 1807-ben jelent meg Londonban, ezt később még több – kivonatos – kiadás követte.

²⁹ 1785 – 1836. Kiváló francia mérnök. Munkáiban elsőként egyesítette a fizikai-matematikai alapokon nyugvó tudományos megközelítést a mérnöki gyakorlat igényelte eljárásokkal. Nagy szerepe volt a használható gerendaelmélet kidolgozásában.

³⁰ *Résumé des Leçons de Mécanique*.

³¹ Egyébként is igen nagyra értékelte Young munkáit.

³² 1781 – 1840. Francia matematikus. Munkássága komoly hatással volt a mechanika fejlődésére is.

- a szerkezetekre eső terhek *dinamikus* hatását a kinetikus energia értékének felhasználásával,
- a *külpontosan húzott/nyomott* oszlopok feszültségeloszlásának kérdéseit és elsőként adott helyes modellt erre a jelenségre,
- a nyomott oszlopok *kihajlásának* különleges eseteit (gúlából összerakott oszlopok, kezdeti külpontossággal rendelkező teher, kezdeti görbülettel rendelkező oszlopok, stb.).
- *hidromechanikai feladatként* vizsgálta a hajók stabilitási kérdéseit, különös tekintettel a legkedvezőbb alak létrehozására.

Young egyéb munkáit is ismerve egészen elképesztő ez a lista, különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy viszonylag rövid időt fordított ezekre a kutatásokra és saját maga is inkább „játékos kitérőnek” tekintette ezeket a vizsgálatokat orvosi-fizikusi-régészi életművében.

Érdekes kérdés, hogy ezek az új – és ráadásul nagyon fontos – mechanikai eredmények miért nem mentek át rögtön a köztudatba? Sajnos a mérnöki társadalom – *a rugalmassági modulus kivéve* – alig vett tudomást a fenti kutatásokról, az összes fent említett eredmény a következő évtizedekben más kutatók nevéhez kapcsolva lett közismert.

Lord Rayleigh, aki 1892-ben vette át az elsőként Young által vezetett *Royal Institute* irányítását, vette a fáradságot, és hosszasan elemezte ezt a kérdést. Részletesen átnézte Young művei mellett előadási vázlatait és levezetéseit, majd arra a következtetésre jutott, hogy Young egyszerűen „*túl gyors*” volt kortársaihoz képest, különösen akkor, amikor matematikai vagy mechanikai feladatokról tartott előadást az akkoriban matematikában még egyébként sem túl járatos hallgatóságnak. Nagyon sok dolgot közölt részletes levezetés vagy magyarázat nélkül, „*ez triviális*” megjegyzéssel intézve el egy bizonyítás hiányát és bizony ez nem tette könnyen elfogadhatóvá azok számára sem, akik egyébként tényleg érdeklődtek volna munkái iránt. Tisztelték, de lehetőleg távolról, és nem vették a fáradságot, hogy mélyebben elemezzék munkáit. Sajnos Young személye sem tette egyszerűen megoldhatóvá ezt a helyzetet, hiszen ő maga már régen egy új feladattal foglalkozott, amikor hallgatói vagy akár a szélesebb műszaki közvélemény még a régít sem tudta teljesen feldolgozni...

Nagy francia kortársaitól eltérően az ő neve halála után sokáig – teljesen érdemtelenül – a mérnökök között csak egyetlen dologról, a rugalmassági modulusról volt ismert, pedig mechanikai munkásságának színvonala méltó csodálatos életműve többi részéhez.

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./ http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young_%28scientist%29
- 4./ <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/teazo/schiller/young.html>
- 5./ http://hu.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young