

Ifj. Zátonyi Sándor:

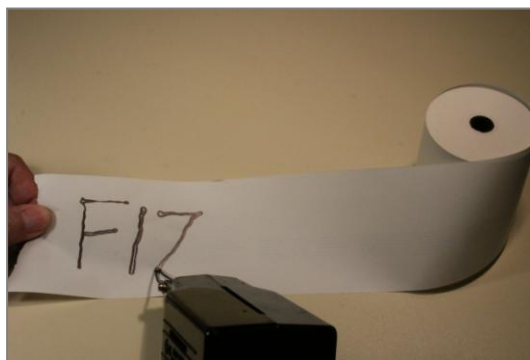
Kísérletek hőpapírral¹

A hőpapír olyan papír, amelynek az egyik oldalán hőre érzékeny (fehér) bevonat van. Ez a réteg melegítés hatására megváltoztatja színét, többnyire megfeketedik. (Léteznek színes hőpapírok is.) A hőpapírt ma elsősorban a péztárgépszalagként használják, de hőpapírra nyomtatják a vasúti menetjegyeket is. A



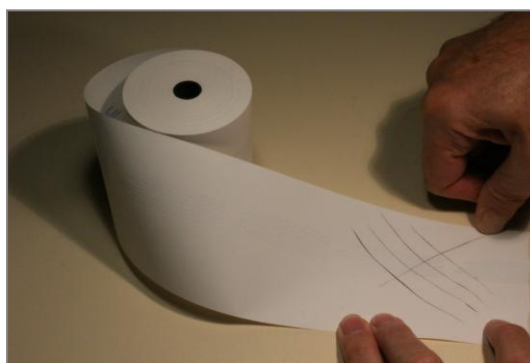
műhelyfoglalkozáson a papírboltokban néhány száz forintért megvásárolható használatlan péztárgépszalaggal végeztünk kísérleteket, de bármelyik bemutatható vasúti jeggyel, illetve vásárlási blokkal is. Az itt leírt kísérletek többsége egyszerűsége és minimális eszközigénye miatt alkalmas tanulókísérletnek is.

A foglalkozás első részében a hőpapír „működését” vizsgáltuk: a hőpapír fajtájától függően 70–120 °C körüli hőmérsékleten megfeketedik. Első kísérletként bemutatható, hogy *ha a hőpapírt egy működő forrasztópákával megérintjük, akkor a hőpapír az érintkezés helyén fekete lesz.* A pákát mozgatva akár írhatunk is a hőpapírra. (Forrasztópáka hiányában vasalót is használhatunk, de azzal nehezebb írni.)



Ha a napfényt egy gyűjtőlencsével a hőpapírra fókuszáljuk, akkor az megfeketedik, mert *az összegyűjtött hősugarak (infravörös fény) szintén felmelegítik a hőpapírt.* Ez a kísérlet sajnos időjárásfüggő, mert közvetlen napfény kell hozzá.

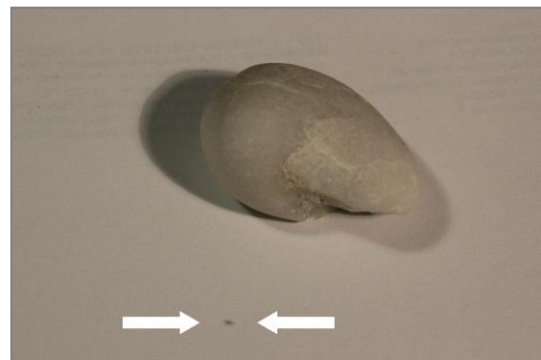
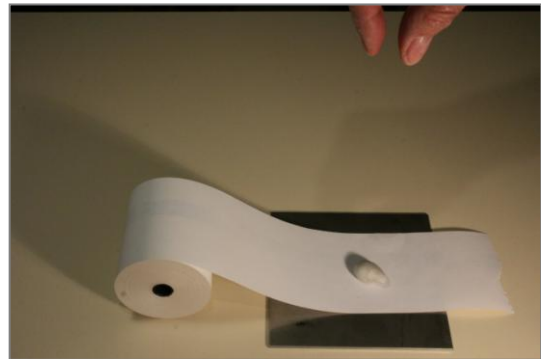
A műhelyfoglalkozás következő részében a hőpapír segítségével kimutattuk, hogy *a súrlódási erő ellenében végzett munka felmelegedést okoz.* Ehhez érzékeny oldalával felfelé egy sima asztallapra kell fektetni a hőpapírt, és körmünk élét a képen látható módon végig kell húzni a hőre érzékeny felületen. A hőpapíron ennek hatására



egy fekete vonal jelenik meg. A súrlódási erő ellenében végzett munka ugyanis növeli a hőpapír–kő rendszer belső energiáját. A folyamat gyors lefolyású, tehát közel adiabatikusnak tekinthető, ezért (rövid időre) a hőpapír–kő rendszer jelentős helyi felmelegedésével jár együtt. A felmelegedett hőpapír ennek hatására megfeketedik. (A kísérlet segít megérteni azt is, hogy miért gyullad meg a gyufa, ha a gyufafejet végighúzzuk a gyufásdoboz érdes oldallapján.)

Érdeemes bemutatni azt is, hogy *a feketedést nem a nyomás okozza*. Ha az előző kísérletet megismételjük úgy, hogy a hőpapírt a hőre érzékeny oldalával lefelé tesszük az asztalra, akkor nem jön létre feketedés. Pedig az asztallap által kifejtett nyomás ugyanakkora, mint az előző kísérletben, de most a papír nem érzékeny oldala melegszik fel rövid időre. Ez a hő azonban nem jut el az érzékeny rétegig, mert egyrészt a papír jó hőszigetelő, másrészt a környezet viszonylag hamar lehűti a papír felső felületét.

A mechanikai energia megmaradásával, illetve a hőtan második főtételével kapcsolatban meg szoktuk említeni, hogy rugalmatlan ütközéseknél a mozgási energia egy része a rendszer belső energiáját növeli, így felmelegedést okoz. *A hőpapírral kísérletileg is bemutatatható egy leeső kő által okozott felmelegedés.* Ehhez fektessük a hőpapírt érzékeny oldalával felfelé egy vízszintes és sima, de kemény felületre! (Acéllap, metlachi lap, gress padlólap, márványlap stb.) Ejtsünk rá 25–30 cm magasról egy néhány gramm tömegű, simára csiszolódott kavicsot! Az ütközés helyén egy apró fekete pont jelenik meg a hőpapíron. Ez azt jelzi, hogy az ütközés helyén a papír (és a kő) felmelegedett.



A kísérletben megfigyelhető, hogy a kő a kiindulási magasságnál lényegesen alacsonyabbra pattan vissza, azaz kezdeti mozgási energiájának egy részét elveszti. A rugalmatlan ütközésnél a mozgási energia egy része ugyanis a hőpapír–kő rendszer belső energiáját növeli. Mivel ez a folyamat is gyors, tehát adiabatikusnak tekinthető, ezért (rövid időre) a rendszer helyi felmelegedésével jár együtt. A hőpapír ennek felmelegedésnek a hatására pedig megfeketedik. (Ez a kísérlet elvégezhető acélgolyóval is, de az acélgolyó az ütközés után elgurulhat a teremben, és ez – különösen tanuló-kísérletnél – jelentős felfordulást okozhat. A szabálytalan alakú kavicssal mindez elkerülhető.)

Ha a kísérletet megismételjük úgy, hogy *kavics helyett egy 1–2 cm átmérőjű tömör gumilabdát ejtünk a hőpapírra, akkor nem tapasztalunk feketedést*, még abban az esetben sem, ha az esés magasságát 1–2 méterre növeljük. A gumilabda viszont majdnem a kiindulási magasságáig pattan vissza, azaz kezdeti mozgási energiájából alig veszít valamennyit. A gumilabda (majdnem) rugalmas ütközésénél ugyanis a mozgási energiának csak egy nagyon kis része növeli a hőpapír–gumilabda rendszer belső energiáját, és ez nem okoz akkora hőmérséklet-növekedést, amely feketedéshez kellene. (Tökéletesen rugalmas ütközésnél az összes mozgási energia állandó maradna, így nem jönne létre semekkora felmelegedés sem.)

– o –

A cikkben látható, illetve a cikkhez kapcsolódó további fotók elérhetők a *FizKapu* honlap [FizFotó – HŐTAN](#) rovatában.

¹ Az írás a 2018. évi szegedi fizikatanári ankéton *Kő-papír-olló* címmel tartott műhelyfoglalkozásom alapján készült.