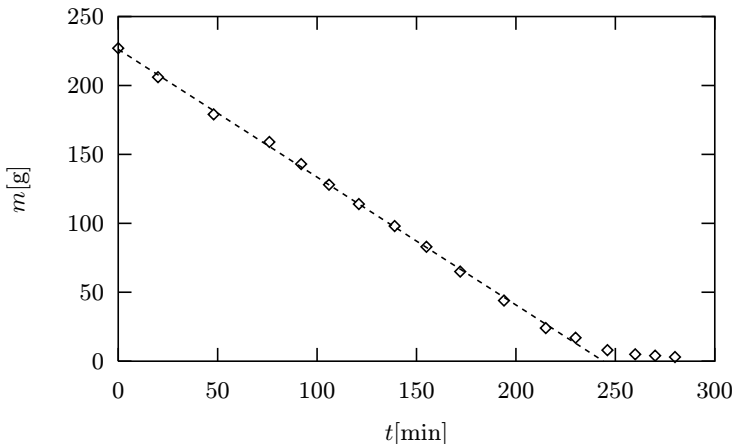


16. ročník, úloha VI. E ... sušení prádla (8 bodů; průměr 4,45; řešilo 20 studentů)

Změřte časovou závislost množství vody v prádle při sušení. Nezapomeňte podrobně popsat všechny důležité podmínky, za kterých jste prováděli měření.

Měření se provádělo na prádle vyždímaném tak, aby z něho neteklo, přičemž se měřila závislost množství vody na čase. Množství vody se stanovovalo z rozdílu hmotností mokrého a suchého prádla. Někteří jste dělali měření venku, takže se tam mohla objevit nějaká závislost na vnějších povětrnostních podmínkách, ale jinak téměř všem vyšla alespoň částečně lineární závislost. Ta ale nemůže být až do nekonečna, protože v jistém momentě prádlo uschne. Je tedy možné, že nastane i nějaké zpomalení vysušování, což by se projevilo přechodem lineární závislosti do závislosti asymptoticky se blížící nule. Jelikož my jsme měření neprováděli, dovolili jsme si použít experimentální hodnoty z řešení Jardy Trnky. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafu na obr. 1.



Obr. 1. Závislost vody v prádle hmotnosti na čase

Z grafu by se dalo usoudit, že závislost je v počáteční fázi schnutí dobře aproximovatelná přímkou. Což by se dalo vysvětlit tím, že plocha, ze které se voda odpařuje, je pořád stejná, a proto se i rychlost vypařování nemění.

V konečné fázi schnutí však budou vznikat úplně suchá místa, tedy dostaneme se postupně do stavu, kdy množství vody na povrchu bude úměrné celkovému množství vody. Za tohoto předpokladu získáme diferenciální rovnici

$$\frac{dN}{dt} = -\alpha N,$$

kde α je konstanta úměrnosti. Řešení této diferenciální rovnice vede na exponenciální závislost, která určuje chování v závěru usychání.

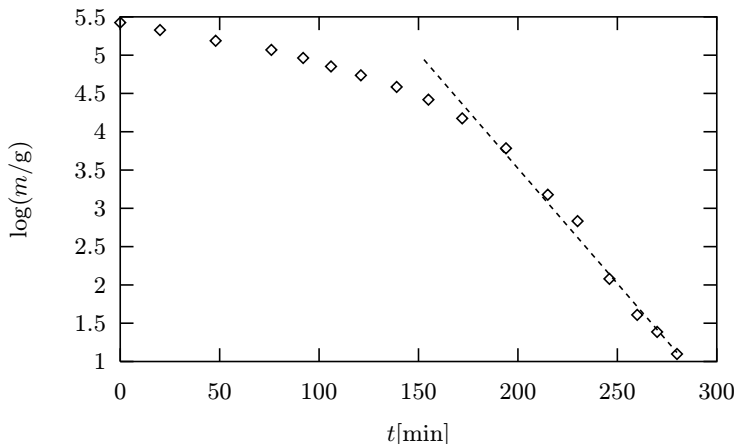
A nyní zpět k našim experimentálním datům: V oblasti lineárního poklesu jsme naměřenými hodnotami snadno proložili přímkou (viz obr. 1). Přesné koeficienty této lineární závislosti můžeme zjistit například metodou nejmenších čtverců.

Pokud vyneseme do grafu logaritmus změřených hmotností vody v prádle (viz obr. 2), můžeme usoudit, zda je námi změřená závislost v závěrečné fázi usychání exponenciální. V lo-

garitmické škále se jeví exponenciální závislost jako přímka, což ukazuje následující rovnost:

$$\log m = \log (m_0 e^{-\alpha t}) = \log m_0 - \alpha t.$$

A skutečně, zhruba od času 190 minut můžeme našimi experimentálními daty proložit poměrně dobře v logaritmické škále přímku. (Rozmyslete si, jak by v exponenciální škále vypadaly v grafu chybové úsečky u jednotlivých experimentálních bodů!)



Obr. 2. Závislost je v závěrečné fázi usychání exponenciální

Na závěr můžeme říct, že daný proces se dá téměř v celém průběhu aproximovat lineární závislostí. Jenom na samém konci procesu je možné hovořit o exponenciální závislosti. Zde je však nutné provádět měření (již velmi malých množství vody) velmi pečlivě.

Poznamenejme, že mnoho z vás proložilo daty jenom lineární lomenou čáru, což je naprosto nefyzikální přístup. Vhodnější je do grafu zakreslit pouze experimentální body a pokusit se jimi proložit křivku (případně více křivek).

Miro Kládiva
fykos@mff.cuni.cz