

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Jaroslav Friedrich

Několik poznámek k statické soustavě měř

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 55 (1926), No. 1, 116--119

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121059>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1926

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

JAR. FRIEDRICH:

Několik poznámek k statické soustavě měř.

Téma tolikerou diskusí prošlé, přes to však nedojednané! Nemíním se tu zabývatí blízkým problémem síly a hmoty, ani alternativou volby mezi soustavou absolutní a statickou, chci pouze, vycházejí z fakta, že v užívání jsou soustavy obě, a že tudíž nutno žáky na obě připravití, pojednatí o tom, jak čelítí jistým potížím při výkladu a aplikacích soustavy statické ve škole. Je to známá trochu »bolavá« věc, jež se přirozeně vleče celou fyzikou a opět a opět může uvéstí žáka do rozpaků neb i svéstí k chybě.¹⁾

Závady soustavy statické po stránce didaktické vidím v těchto 4 okolnostech: Jednotka hmoty je nevhodné hodnoty, jednotky pro sílu a hmotu nemají zvláštních jmen, volba statické jednotky síly svádí k představě speciální směrovosti a vnesení zemské gravitace do soustavy přináší nebezpečí představ o neurčitosti jednotek. Že neoznačenost jednotek resp. dvojnáčnost²⁾ »kilogramu« se pocituje jako velká závada i v praxi, o tom by se dalo z literatury zvláště technické snéstí mnoho dokladů; svědčí o tom i četné pokusy o nápravu. Další dvě závady jsouce srostlé s povahou věci, nedají se ovšem eliminovatí, působí však škodlivě právě ve škole u začátečníků. Ostatně vliv jejich by se zmenšil odstraněním závady druhé.

Historie jednotky »kilogram« je známa: Původně síla, dnes z podstatných důvodů i dle zákona hmoty, přes to však v technické praxi přece zase síla. A prostředky k odstranění zmatku? Těžkopádné, neohebné »váha kg«, kg-váha neb kg-síla (obdobně i v cizích jazycích) a značky kg*, kg, Jkg, kgg, kgl, kgr a j. Názvy Baummannů³⁾ kilogram a Grüblerova⁴⁾ Kiloschwere pro stat. jednotku síly se neujaly; více souhlasu dostalo se Buddeovu⁴⁾ kilobaru (kb), jehož zavedení vadí však Bjerknesova⁵⁾ jednotka pro tlak bar = = 1 MD/cm², zdomácnělá již v meteorologii, oceanografii a aeronautice. Z naší literatury není mi znám podobný návrh; sám užívám již řadu let při vyučování jistě přípustné zkratky Sjs (i pro vyslovování) a myslím, že nic nestojí v cestě jejímu rozšíření, pokud nebude zavedeno nějaké jméno oficiální. Výhodou této zkratky je také, že znění její nestrhuje představy žákovy do speciálního směru kilogram-

¹⁾ Odkazují třeba k příkladům v Maškově »Fysice« I (vyd. 4.), str. 152 (výkonnost vodních motorů) a str. 191, př. 2 (energie meteoru).

²⁾ Wittenbauer v zarážející otázce: »Wie viele mkg/s wäre eine Pferdestärke, wenn das Kilogramm die Masseneinheit wäre, und nicht die Kräfteinheit?« (Aufgaben aus der technischen Mechanik, 4. vyd., I, př. 821) užívá kilogramu dokonce ještě v třetím významu jako statické jednotky hmoty!

³⁾ Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1913, str. 869.

⁴⁾ Ibidem, str. 303 a Elektrotechnische Zeitschrift, 1913, str. 310.

⁵⁾ Grimsehl, Lehrbuch der Physik, I, 77.

váhy a že asociací vhodně lze připnouti velkou Sjs a malou sjs k obdobnému případu kalorie. Rozumím ovšem, aby nebylo pochybností, 1 Sjs sílu rovnající se váze kilogramu ve vakuu na místě, kde je $g = 980.665 \text{ cm/sek}^2$, t. j. »normální« hodnotě vzniklé redukcí hodnoty Breteuilské 980.616 cm/sek^2 na 45° z. š. a hladinu moře.⁶⁾ Dle uvedeného označení píšeme tedy na př.: Tlak 1 atmosféry = $= 1.033 Sjs/\text{cm}^2$, specifická hmota rtuti = 13.6 g/cm^3 , ale specifická váha její = 13.6 sjs/cm^3 .

Hůře je ovšem se statickou jednotkou hmoty, odvozenou v duchu absolutní soustavy ze základní rovnice dynamické $f = ma$ jakožto hmotou, již 1 Sjs udělí zrychlení 1 m/sek^2 . Poněvadž 1 Sjs uvádí hmotu 1 kg do zrychlení 9.80665 m/sek^2 , je nutno za statickou jednotku hmoty vzít 9.80665 kg . Hodnota patrně nevhodná — technik pro blízkost 10 si jí pochvává jako vhodnou —, rozhodně však nehladká a zase — bezejmenná! Zbytečná snad? V staticce se ovšem o ni nezavádí, ale do problémů dynamických vchází nevyhnutelně, ač — je to opravdu s podivéním — stále ještě anonymně. A odtud také — jak ve škole i v kruzích technických dobře je známo — ony chyby, jež opomenutí a záměna s kg často měly již v zápětí. Pěkně vystihuje tutó svízel Emde⁷⁾ slovy: »Mir scheint die Hauptfehlerquelle zu sein, dass sich die technische Masseneinheit unter dem Tarnhelm der Namenlosigkeit versteckt.« Navrhl sice pro ni jméno hyl (z řeckého $\psi\lambda\eta$ = hmota), později kilohyl, Preusz⁸⁾ pak název newton, avšak, jak se zdá, celkem bezúčinně. Ve své praxi, pokračuje důsledně v naznačené již zásadě zkratkové, užívám pro ni označení Sjh . Měrná čísla veličin přicházejících v úvahu při základním ději pohybovém jsou tedy vázána rovnicí

$$f^{Sjs} = m^{Sjh} a^{m/\text{sek}^2}, \quad \text{kde } m^{Sjh} = \frac{P^{Sjs}}{g^{m/\text{sek}^2}} \text{ neb } \frac{m^{kg}}{9.80665},$$

a tento zlomek vchází pak, jak známo, za m také do všech ostatních vzorců dynamických, jako na př. do vzorců pro kin. energii, sílu dostředivou, hybnost, moment setrvačnosti.

Je jasno, jak by se dalo pokračovati. Práci vykonanou silou 1 Sjs po dráze 1 m mohli bychom označiti 1 Sjp , a bylo by to i didakticky příznivější, neboť 1 Sjp neměla by pro začátečníka nádech vektoru, jenž lpí na běžné definici kilogrammetru. Mohla by se zavést i 1 Sjv jako výkonnost 1 Sjp/sek , takže by pak byla 1 $HP = = 75 \text{ Sjv}$, ale nebylo by, myslím, radno konati s žactvem pokusy odvádějící je od toho, co v praxi je již v chodu.

O neurčitosti, resp. místní proměnnosti statických měr nelze mluvití právem. Klade-li se obvykle bez skrupulí za 1 Sjs prostě

⁶⁾ Annuaire pour l'an 1925, str. 146. a Faivre-Dupaigre-Lamirand, Cours de Physique str. 495.

⁷⁾ Elektrotechnische Zeitschrift, 1904, str. 441.

⁸⁾ Zt. des. Ver. deut. Ing., 1913, str. 868.

váha 1 kg kdekoli, je to jen podobnou aproximací, jako když se znázorňuje dyna vahou 1 mg, i nesmí se tento usus klásti na účet nedokonalosti soustavy. Neurčitost vnese se přirozeně do věci, nepodloží-li se soustavě jednotka pevná volbou normálního místa, jak je tomu na př. při výkladu Novákově.⁹⁾ Naopak v učebnici Maškově¹⁰⁾ neodpovídá zase tvrzení o místní proměnlivosti statické jednotky hmoty faktu, že statická jednotka síly je tam jednoznačně precisována.

Pod hledisko didaktické spadá také zajímavý odsudek Emdeův.¹¹⁾ Práce zdvihacího jeřábu se počítá — ač jde o váhu — bez *g*, naopak do výrazu pro kinetickou energii — ač nejde o tíži — vchází *g*, tedy při počítání dle statické míry nemá prý veličina *g* postavení jí logicky příslušejícího! Takhle lze ovšem usuzovati pouze dle vnějšího vzhledu vzorců — a toto nebezpečí u začátečníků skutečně je —, ale zdání nelogičnosti ovšem ihned mizí, povážíme-li, že element gravitační chová v sobě také veličina P^{Sj} , a že tedy v prvním případě je právě v ní implicate obsažen, v druhém musí dělitel *g* býti eliminován. Proto také není radno psáti ve vzorcích dynamických za hmotu, jak se tu a tam děje,¹²⁾

$$\frac{m}{g}, \text{ nýbrž } \frac{P}{g}.$$

Tolik k dnešnímu stavu. Pro futuro však — daly by se nějak závady uvažované soustavy vůbec odstraniti? Se zavedenou statickou jednotkou síly lze se konečně pro názornost dobře spřáteliti — připomeňme si jen konstanty pružnosti v Sjs/cm^2 —, avšak jako se touto volbou vyčíslení blíží životním zkušenostem, tak se nepřirozenou jednotkou hmoty od nich zase vzdaluje. Potřeba rezervovati pro hmotu kilogram proniká v novější době zřetelněji i do kruhů technických; je toho dokladem jak Grüblerova¹³⁾ jednotka »vis«, t. j. síla udělující hmotě tuny zrychlení 1 m/sek^2 , tak zvláště s ní identický a zákonitě již do praxe uvedený »sthène« nové francouzské soustavy měř¹⁴⁾ MTS.

Ale tím nastává zase odklon od jednoduchého etalonu nabízeného tíží, soustava přestává býti anthropomorfního rázu, jenž pro soustavu statickou je tak příznačný. Jak z tohoto dilematu? Je tu snad nějaký kompromis?

O tom rozhodne základní dynamická rovnice. Chceme-li ji mermo zachovati ve tvaru $f = ma$ a měřiti f na Sjs , m na kg , nezbyvá než dělitel *g* spojití s *a*, což znamená vlastně zavést za jednotku zrychlení (1 Sjz) speciální zrychlení tíže $g = 9\cdot80665 m/sek^2$.

⁹⁾ Vl. Novák: »Fysika«, vyd. 2., str. 65.

¹⁰⁾ B. Mašek: »Fysika pro vyšší třídy stř. škol«, vyd. 4., str. 21. a 23.

¹¹⁾ Zt. d. Ver. deut. Ing., 1913, str. 1954.

¹²⁾ Na př. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik (9. vyd.), str. 541.

¹³⁾ Zt. d. Ver. deut. Ing., 1913, str. 869.

¹⁴⁾ Technický Obzor, roč. 28., str. 135. (Informační článek inž. Vancla).

To je protějšek důstojný k onomu roztomilému *Sjh*, novinka, proti níž jistě kde kdo by se bránil, ač by tento způsob pro stejnorodost veličin a , g byl korektnější než dosavadní. Vždyť rovnice $f^{Sj/s} = \frac{a}{g} m^{kg}$ by prostě pravila, že síla f , uvádějící hmotu m kg do zrychlení $\left(\frac{a}{g}\right)$ Sjz je $\frac{a}{g}$ kráté větší než síla m Sjs , udělující téže hmotě zrychlení 1 Sjz .¹⁵⁾

Anebo slevíce s absolutního charakteru soustavy, připustíme nejedničkovou konstantu úměrnosti, i bude pak při volbě čtyř jednotek 1 m , 1 sek , 1 kg a 1 Sjs rovnice zníti

$$f^{Sj/s} = \frac{1}{9\cdot81} m^{kg} a \text{ } m/sek^2$$

Na dnešních vzorcích se tím v podstatě nic nemění. Místo dvojakosti ve vyčíslování hmoty nastoupila by dvojakost vzorců, což by však také nebylo zhoršením situace, neboť i nyní většinou vkládá se hmota vyjádřená v kg do dynamických vzorců upravených a nikoli vyjádřená v *Sjh* do vzorců základních. Jednotky síly a hmoty byly by tu v jednoduché vazbě, byly by to dvě stránky jednoho a téhož tělesa.¹⁶⁾ V alternativě dvojakosti jednotky hmotné či vzorců neváhal bych proto dáti přednost té vzorcové, neboť byla by především vymýcena ona vnučená, nevhodná *Sjh*, na dnešním stavu vzorců by se vlastně formálně nic nezměnilo a nácvik pravidla, že při aplikaci statické soustavy měř nutno důsledně všechny dynamické vzorce zapisovati s koeficientem $\frac{1}{9\cdot81} = 0\cdot102 \dots$ při veličině m ,

byl by bezpečnějším pojištěním proti chybě, než dnešní manipulace s jednotnými sice vzorci, ale s onou statickou jednotkou hmoty, k níž žáci přes všechny výklady opět a opět vzhlížíjí tázavě.

Končím poznámkou o názvu soustavy. Důvod pro rozlišování statického a dynamického měření sil ztrácí své oprávnění pro pojmenování soustavy, proti »technické« stojí kategorie elektrotechniků, »praktická« je známkou pouze vnější a kromě toho v rozporu s *Sjh*, »terestrickou« je v metru a sekundě i soustava absolutní a v síle je jím jen atribut, pro »francouzskou« pak je historický důvod vývojem věcí již překonan. Nebyl by tudíž pro soustavu, jež je v podstatě své tak úzce spjata s gravitací svou silovou jednotkou i vzorcovou konstantou 9·81, výstižnějším název »gravitační«? Známa, z Newtonova zákona odvozená gravitační jednotka hmoty by tonu sotva stála v cestě.

¹⁵⁾ Tvar rovnice založený na této myšlence vyskytuje se na př. v Lehmannově »Die Elektrotechnik und die elektromotorischen Antriebe«, str. 264.

¹⁶⁾ Z této motivace vychází na př. Duff v »A Text-book of Physics«, 4. vyd., str. 31., ke »gravitational units« soustavy »foot, sec., pound«.