

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Vilém Santholzer

Měření intensity pronikavého (kosmického) záření ve velkých výškách  
(Pokusy Regenerovy). [II.]

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 62 (1933), No. 7, R109--R115

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/108818>

## Terms of use:

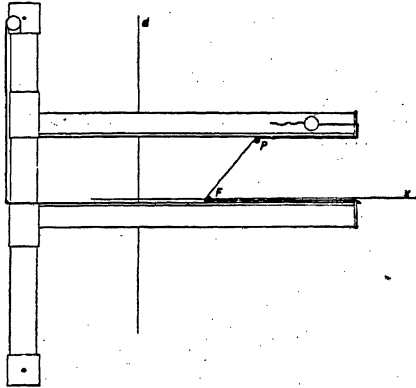
© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1933

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>

křídly a k němu se shora přisune pravítko druhé. Nit se vede od konce pravítka dolního, k němuž je upevněna, přes kolík v  $F$  a přes držák v  $P$ , napne se a zaklesne na horním pravítku. Pak se křídou pohybuje podél pravítka horního, klesajícího svojí vahou,



Obr. 12.

tak dlouho, až bod  $P$  přejde do osy. Od toho okamžiku ustupuje tlaku pravítka dolní, vyvážené závažím pohybujícím se uvnitř roury. Opíše se tedy dolní část paraboly.

Ani tento přístroj se dosud nevyrábí.

## Měření intenzity pronikavého (kosmického) záření ve velkých výškách.

(Pokusy Regenerovy.)

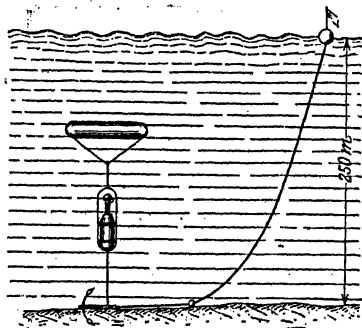
Dr. Vilém Santholzer..

(Dokončení.)

Spouštění bomby pod vodu prováděl Regener v oblasti Bodamského jezera, zvané „Tiefer Schwab“, asi v polovině vzdálenosti mezi švýcarským městečkem Kesswilem a němec. městem Friedrichshafenem. Vzdálenost od břehů byla 5—6 km, od ústí Rýna 25 km — úmyslně velká, aby byl vyloučen event. vliv radioaktivních přímíšenin Rýnem naplavovaných. V těchto místech je také velká rozloha hlubinná (v hloubce 250 m). Přístroj vážil 130 kg a byl spouštěn na drátěném laně zvláštním otvorem v zakotveném člunu. Ze začátku byla bomba prostě ze člunu

spuštěna pod vodou tak, že visela na laně. V tom případě byly registrace neostře, jakmile nebylo zcela klidné počasí. Na základě této zkušenosti bomba raději zakotvena (viz obr. 3) a ve svislé poloze udržována zvláštním plovákem. Místo, kde bomba zakotvena, udávala na hladině jezera plovoucí bóje. Plovák byl pevný kotel ze železného plechu, zkoušený na tlak 25 atmosfér vzhledem k hlubinám, kde ho bylo používáno. V hloubce 250 metrů byl přístroj již v naprostém klidu, do takových hloubek se povrchový neklid vody vůbec nepřenáší.

Pro srovnání budiž ještě uvedeno: na povrchu jezera obnášela ztráta napětí elektrometru 40 voltů za hodinu. *Zbytkové ionisace*

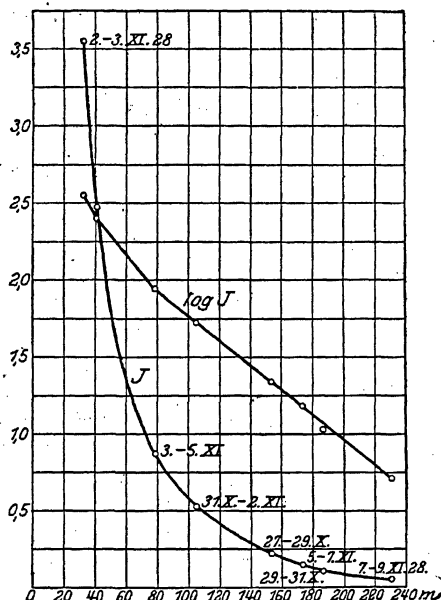


Obr. 3. Zakotvení Regenerových přístrojů.

nebylo dosaženo ještě ani v hloubce 231 metrů; bylo ji dlužno vypočísti extrapolací z křivky na obr. 4 (0,78 voltu za hodinu). Na obr. 4 nakreslená křivka znázorňuje závislost ionisace od hloubky v jezeře. Na osu pořadnic nanášeny ztráty napětí za jednu hodinu v dotyčné hloubce, od kterých odečítána zbytková ionisace (0,78 voltu). Na osu úseček nanášena hloubka pod hladinou jezera. Vzniklá křivka je zhruba exponenciální, jak také dokazuje v témže obrázku provedené grafické znázornění, kdy na osu pořadnic nanášeny logaritmický ztrát napětí. Horní křivka tak vzniklá je zhruba přímkou. Z hodnot ionisačních nekorigovaných bylo možno extrapolovati a obdržeti tak hodnotu zbytkové ionisace. (Od 300 metrů hlouběji uplatňuje se již jen zbytková ionisace, sem kosmické záření již neproniká — při extrapolaci bylo užito právě tohoto faktu.) Zajímavé je, že křivka je skoro přesnou exponenciální počínajíc již hloubkou 79 metrů (v logaritmickém znázornění přímkou). To si můžeme vysvětliti předpokladem, že od této hloubky je záření tak „zfiltrováno“, že ve větších hloubkách je již homogenní a má jednotný absorpční koeficient. Při homogenním záření ubývá pak s hloubkou intenzity podle vzorce:  $I = I_0 e^{-\mu h}$ ,

kde  $I_0$  je intenzita základní (na rozmezí hloubky 79 metrů),  $\mu =$  absorpční koeficient,  $h =$  přírůstek hloubky. (Čím menší absorpční koeficient, tím je záření tvrdší a pronikavější.)

Tak mohl Regener vypočítati absorpční koeficient nejtvrdší složky pronikavého záření, který z jeho dat vychází:  $1,8 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ , zatím co Millikan a Cameron r. 1928 zjistili u domněle nejtvrdší složky  $4 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ .



Obr. 4. Pokles ionisace kosmickým zářením působené ve velkých hloubkách pod vodou.

U radioaktivního gamma záření lze z absorpčního koeficientu vypočítati délku vlny — pro nejtvrdší složky pronikavého záření však známé formule selhávají a dostáváme jen hodnoty orientační, značně od sebe diferující:

Podle vzorce Comptonova	$\lambda = 4,6 \times 10^{-13} \text{ cm},$
„ „ Diracova	$\lambda = 2,7 \times 10^{-13} \text{ cm},$
„ „ Klein-Nishinova	$\lambda = 0,6 \times 10^{-13} \text{ cm}.$

T. zv. kvantová mechanika potřebuje ještě doplnění a propracování, aby bylo možno utvořiti jednoznačný vzorec pro souvislost absorp. koeficientu a vlnové délky. Proto také nemá valného smyslu — avšak přece jen je „půvabné“ (jak říká Regener) — konstatovati,

že kvantová změna hmoty jednoho protonu dává záření, jehož vlnová délka

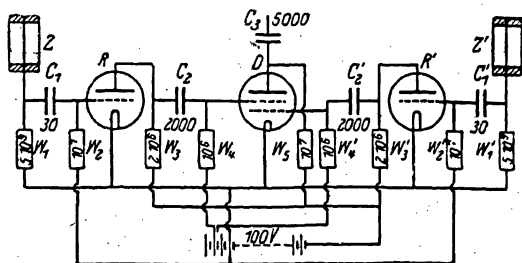
$$\lambda_{\text{proton}} = 1,3 \times 10^{-13} \text{ cm,}$$

téhož řádu, jako zjištěná nejtvrďší složka kosmického záření.

Regener později zdokonalil svoji „bombu“ v tom směru, že obklopil ji pláštěm vody (ve zvláštním kotli uzavřené) asi 1 metr silným. Tak silná vrstva vody pohltí totiž všechno *gamma záření*, které by se eventuelně ve větších hloubkách mohlo vyskytovat — když bychom připustili domněnku, že ve větších hloubkách je radioaktivita vody vyšší, než na povrchu. A tak jeho pokusy jsou zajištěny proti všem rušivým vlivům a hodnoty jím naměřené možno považovati za naprosto autentické.

### 3. Regenerovy pokusy s registračními balonky.

Registrace intenzity pronikavého záření pod vodou nás poučily o tom, jak lze stanovit t. zv. *zbytkovou ionisaci*, důležitou korekční veličinu. Mějme na paměti pojem zbytkové ionisace, až v dalším budeme si líčiti registrace pronikavého záření ve velkých výškách elektrometrem.



Obr. 5. Botkova koincidenční metoda na studium pronikavého záření.

Při prvním svém vzletu r. 1931 byli Piccard i jeho asistent tak zaměstnání manévrováním s balonem, že se jim zdařilo provést pouze jedno určení intenzity pronikavého záření, a to ve výšce 16 kilometrů. Měření však nebylo spolehlivé a údaj jím získaný sám Piccard nepovažoval za správný. Druhý let Piccardův 1932 se zdokonaleným balonem provedený byl úspěšný. Intenzitu pronikavého záření bylo možno měřit souvisle. Při obou svých vzletech nepoužil Piccard elektrometru (jako Regener), avšak t. zv. *Geigerova-Müllerova počítače paprsků*. Je to v podstatě kovová trubice částečně vzduchoprázdňá, v jejíž ose je upevněn izolovaný a vhodným způsobem „preparovaný“ drát. Drát je spojen s mřížkou elektronové lampy, jejíž anodový proud se

jednotlivým „paprskem“, který v trubici ionisuje, sníží skoro na nulu. Trubice je totiž spojena se záporným pólem zdroje vysokého napětí. Do anodového kruhu může být na př. zařazen obyčejný počítač telefonních hovorů, na jehož číselníku pak se zaznamenává každý jednotlivý kosmický paprsek. Pomocí takového počítače snažili se Bothe a Kolhörster r. 1929 dokázat, že pronikavé záření není vlnové, avšak korpuskulární a je tvořeno prudce letícími elektrony. Lze totiž také použití dvou počítačů a sledovati pronikavé záření metodou koincidenční. Na obr. 5 je schema Botheho počítačí metody t. zv. *dvojitě mřížky*. Počítací komory jsou označeny *Z* a *Z'*. *D* je lampa s dvojitou mřížkou, na kterou působí proudové nárazy z obou komor *Z* a *Z'*. Elektrometr je zapojen do anodového kruhu a reaguje jedině tehdy, když obě mřížky jsou nabity *současně* — s přesností na 1/1000 vteřiny!

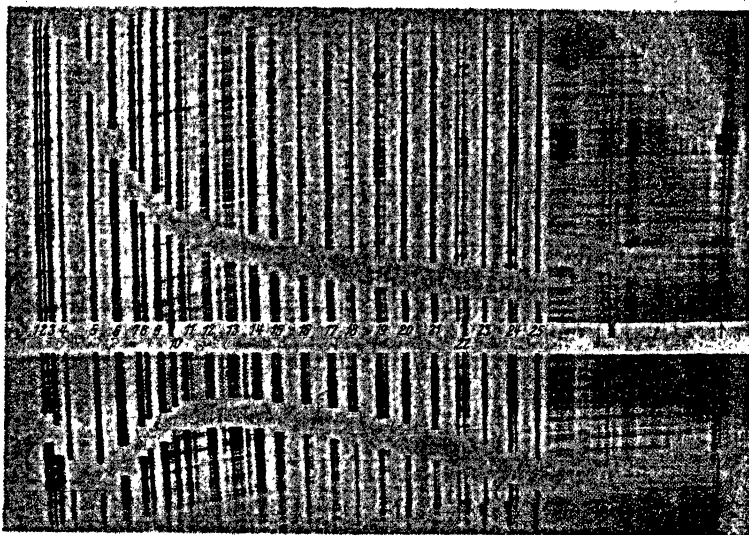
Regener při svých pokusech používal opět jednovláknového elektrometru, kterého s tak velkým úspěchem použil v registracích pod vodou. Elektrometr s ostatními pomocnými přístroji byl připevněn na balonek, který vyletěl vždy tak vysoko, až vnitřním přetlakem praskl. Je to známá metoda z meteorologie, v r. 1931 docílil tak Wigand bez zvláštních obtíží výšky 35 kilometrů.

Průkopníky podobných pokusů jsou Millikan a Bowen, kteří r. 1926 pomocí balonků registrovali až do výšky 15 km. Získali však jen hodnotu ionisace, kterou lze označiti jako průměrnou mezi výškou 5—15 km. Regener docílil v srpnu 1932 výšky 28 km a nepřetržité registrace jednotlivých hodnot. Registrace byla ze začátku prováděna každých 20 minut, po dosažení tlaku 250 mm (výšky cca 8 km) pak každé 4 minuty (viz obr. 6). Zvláštním aneroidem totiž v tomto bodě dráhy zapnuty další kontakty hodinového stroje tak, aby registrace byly častější. Na obrázku 6 jsou jednotlivé registrace, vlastně obrázky vlákná elektrometru. V horní i dolní části obrázku jsou široké pruhy — to je registrace tlaku (nahore) a teploty (dole). Důmyslným zařízením všechny registrace jsou na jedné fotogr. desce. Číslice na obrázku značí jednotlivé registrace — krásně a velmi názorně je viděti, jak *intensita pronikavého záření se stoupající výškou roste*, jak jednotlivé registrace (t. j. polohy vlákná, které se vybijí) se od sebe polohou vzdalují, ač čas (interval) byl zkrácen na 4 minuty.

V celku Regenerův automat registroval čtyři veličiny: čas, napětí, tlak a teplotu. Teplota — jak je z pruhu v dolní části obrázku viděti — ze začátku stoupá; to se vztahuje jen k schránce, ve které byly přístroje uzavřeny a která byla slunečním zářením zahřívána. *Zbytková ionisace určena ponořením přístroje do hloubky 240 m do Bodamského jezera a obnášela 0,6 voltu za hodinu, veličina to úplně zanedbatelná oproti potenciálnímu spádu ve velkých výškách: 200—400 voltů za hodinu.* Ionisační komora měla tvar kulovitý,

zhotovena z mosazného plechu 0,5 mm silného, obsahu 2,1 litru. Váha celého přístroje i s hodinami a baterií byla pouhých  $1\frac{1}{2}$  kilogramu! Přístroj byl umístěn do gondoly zhotovené z dřevěných nosníků, které dobře brzdily náraz při přistání. Nahore gondola polepena celofánem, dole folií hliníkovou. Sluneční záření zahřívalo pak vnitřek gondoly mezi 12 až 37 stupni Celsia.

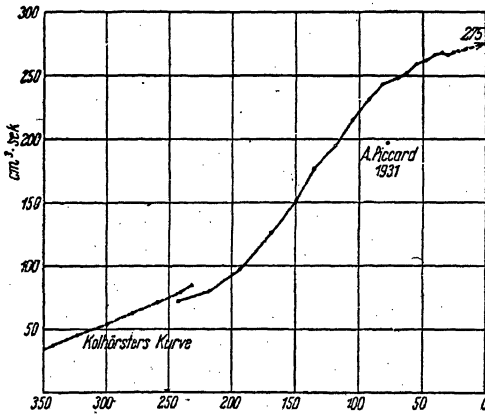
Balonky uspořádány dva nad sebou — „v tandemu“. Tandemové uspořádání má tu výhodu, že když jeden balonek praskne,



Obr. 6. Registrace pronikavého záření do výšky 28 kilometrů. Svislé proužky jsou obrázky poloh vlákná elektrometru.

druhý snáší přístroje dolů a umožňuje to také nalezení přístrojů. Aby balonky nad sebou umístěné sebou nešubaly a nerušily tak ostrost registrací, byly na šesti místech „rovníků“ spojeny. Velká stoupavost balonků kompensována „brzdou“, sestávající se z dřevěné obruče, potažené tenkým hedvábím s otvorem uprostřed. (Ve stratosféře brzda ovšem měla malý účinek.) Přístroje upevněny pod brzdou. Při vzletu balonek pozorován dalekohledem. Při nejzdařilejším pokuse horní balonek praskl ve výši 28 kilometrů, balonek přistál asi 32 kilometrů daleko. Celý pokus trval asi 4 hodiny. Když praskl horní balonek, nastal zprvu silný pokles, protože prázdný obal 4 kg těžký stal se přítěží. Proud vzduchu roztrhal však postupně obal na cáry, které byly odtrhány.

Výsledek pokusů znázorněn na obr. 7 graficky. Na osu poradnic nanášen počet párů iontů v  $\text{cm}^3$  za jednu vteřinu, na osu úseček tlak vzduchu v mm sloupce Hg. Křivka jeví velmi zajímavý fakt: počínajíc výškou asi 16 kilometrů, blíží se ionisace kosmickými paprsky způsobená mezní hodnotě (275 párů iontů/ $\text{cm}^3 \text{ sec}$ ), kterou lze



Obr. 7. Intenzita pronikavého záření v závislosti na klesajícím tlaku vzduchu (na výšce nad zemí). Extrapolace na hranici atmosféry a kosmu.

snadno z křivky extrapolovati. Je to zároveň *intenzita záření při vstupu z kosmu do atmosféry*. Získaná křivka je zároveň důkazem, že ve světovém prostoru není žádného gamma záření známých radioaktivních prvků — kdyby bylo, musela by křivka jeviti nikoliv bližení se k mezní hodnotě, avšak v nejhořejší části opět nový vzestup. (Vše možno také „vyčíst“ přímo z registrací na obr. 6.)

Regenerovy pokusy přinesou během nejbližších let jistě také mnohé jiné krásné výsledky, o kterých neopomineme opět referovati.

## O parních turbinách.

Ing. Em. Klier.

(Dokončení.)

Užijme pro obvodové složky věty o impulsu pro hmotu  $m$ , která za dobu  $\tau$  proběhne oběžným kanálem. Tu bude

$$m(c_{2u} - c_{1u}) = -f \cdot \tau;^1)$$

<sup>1)</sup> Záporné znaménko, poněvadž  $+f$  volíme pro sílu působící na lopatku a tedy  $-f$  je síla, již působí lopatka na proud páry.