

# Časopis pro pěstování matematiky a fyziky

---

Vilém Santholzer

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

*Časopis pro pěstování matematiky a fyziky*, Vol. 62 (1933), No. 4-5, R91--R97

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123896>

## 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>

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

(Pokusy Regenerovy.)

Dr. Vilém Santholzer.

1. Nedávné vzlety Piccardovy do stratosféry mají zásluhu na tom, že nejširší veřejnost zajímá se o studium t. zv. pronikavého, neboli kosmického záření. Piccardovy oba vzlety jsou také úžasným výkonem sportovním, který ovšem prof. Piccardovi zůstal vedlejším, na druhé straně však získal mu neobyčejné popularity. Proto jen v kruzích odborníků vzbudily zaslouženou pozornost pokusy profesora techniky ve Stuttgartě, *fysika Dra Regenera*. Pokusy s meteorologickými balonky vhodně upravenými, jejichž registrační přístroje zapisují intenzitu pronikavého záření ve velkých výškách. Pokusy bez osobního rizika, které však vědu o záření pronikavém obohatily mnohem více, než oba nákladné vzlety Piccardovy. Regener pokračuje ve svých pracích, které dnes ještě nejsou dokončeny. Avšak již dnes možno si o jeho výsledcích a zkušenostech povědět mnoho zajímavého. Především přehlédněme si základní fakta o záření pronikavém, která jsou pro porozumění dalšímu nutná.

*Záření pronikavé* (penetrantní) je název hodně rozšířený, ač v tom ohledu konkuruje s ním také název „*záření kosmické*“, utvořený podle názoru, který oblasti jeho vzniku umisťuje do hlubin Vesmíru. Přívlastek „pronikavý“ charakterisuje vlastnost tohoto záhadného druhu záření, které i při velmi nepatrné intenzitě proniká obrovskými vrstvami hmoty. Ještě 230 metrů pod hladinou Bodamského jezera mohl Regener v r. 1928 konstatovati existenci „nejtvrďších“ (nejpronikavějších) složek tohoto záření. Mnohdy bývá užíváno také ještě jiných názvů: „*záření Hessovo*“ (podle objevitele), záření „*ultra gamma*“ (t. j. mnohem ještě tvrdší, než gamma záření prvků radioaktivních), někdy jen „*ultrazáření*“, také prostě „*záření výškové*“ ve shodě se zkušeností, že čím výše vystoupíme, tím se intenzita tohoto záření zvětšuje.

Již 20 let je pronikavé záření známo a stále větší a větší počet badatelů zabývá se jeho studiem. Teprve však vlastně pokusy v posledních letech — jak se zdá — přiblížily nás k rozluštění jeho podstaty. Kořeny dosavadních skromných úspěchů dlužno hledati v tom, že jedná se o studium a sledování zjevů neobyčejně jemných, mnohdy přímo na hranicích měřicí přesnosti, s aparátů a aparaturami drahocennými a nákladnými. Uměle vyrobiti pronikavé záření je zatím také vyloučeno, ani dnes není zcela přesně známo, co vlastně je pronikavé záření a do kterého již známého

typu „paprsků“ máme je zařaditi. Studium tohoto záření také zatím nemá žádného významu praktického. Maně však se tážeme. nemá-li toto záhadné záření také *účinek biologický* — vždyť jen v hlubokých dolech a jeskyních jsme před ním skryti, jinak každá živoucí buňka je jím po celý život bombardována. Intensita záření je ovšem nepatrná, biologický účinek však nelze zatím popírati a celá otázka i po této stránce zasluhovala by pozornosti. Musí však předcházeti důkladné probadání záření s hlediska fyzikálního. Názor o souvislosti pronikavého záření a rakoviny, který se loni vynořil a také knižně byl propagován, nemá žádné vědecké opory.

Historie prací o pronikavém záření až do dnešní doby je historií mladou a čerstvou. Štručný její přehled také usnadní porozumění.

Záření, vycházející z látek radioaktivních (záření alfa, beta a gamma), činí vzduch elektricky vodivým. Radioaktivní prvky jsou rozptýleny jemně skoro ve všech horninách, v hlíně, atd., odkudž pochopitelně je vysíláno ustavičně nepatrné množství záření. Když umístíme elektroskop s nabitým lístkem do kovové schránky o síle stěny několika milimetrů, zadrží se záření alfa a beta a ionisaci (elektrickou vodivost) vzduchu uvnitř působí jen záření gamma. Elektroskop se pomalu, avšak ustavičně vybíjí. Zjev tento byl znám již r. 1902 a vysvětlován právě gamma zářením zemské kůry. Až do r. 1911 nebylo jiného vysvětlení pro tento zjev a v souhlase s tím bylo možno se domnívati, že umístěním elektrometru ve větších výškách nad zemí musí se projevití ubývání ionisace. Již r. 1910 přesvědčil se Wulf na Eiffelové věži, že *ionisace je zde sice menší, avšak ne tou měrou, jak očekáváno*. Podobný výsledek potvrdil také švýcarský fysik Gockel při třech výstupech balonem v r. 1910—11. Podezření, že *v prostém zjevu ionisace v uzavřené kovové nádobě je skryt veliký a dalekosáhlý objev*, proměnilo se v jistotu již roku následujícího. Balonové výstupy rakouského fysika Hessa (10 výstupů dílem ve dne, dílem v noci, dosažená výška 5350 metrů) dokázaly: 1. že *radioaktivní gamma záření zemské kůry klesá již v několika stech metrech nad povrchem zemským prakticky na nulu*; 2. že *účinek radiové emanace,<sup>1)</sup> která je vždy v nižších vrstvách vzduchových přítomna, je prakticky zanedbatelný*; 3. že *ionisace nejprve poněkud klesá, avšak ve výšce 1—2 km je již opět tak silná, jako na zemi*; 4. že *ve výšce 5 km je ionisace již několikrát silnější než na zemi a vysvětliti se dá jedině účinkem záření, které přichází „shora“ a je pronikavější (tvrdší), než radioaktivní gamma záření*; 5. že *ve dne i v noci je intenzita záření prakticky stejná, že tudíž záření alespoň velkou většinou nemůže pocházeti ze slunce*.

<sup>1)</sup> Radiová emanace je plyn, vznikající z radia, rovněž vysílající záření a měníci se na další prvky, z nichž velmi tvrdé gama záření vysílá radium C. — Prvky radium A, B a C nazýváme aktivní depositum (usazeninu) radia.

Těchto šest hlavních výsledků Hessových bylo potvrzeno r. 1913 a 1914 německým fysikem Kolhörstrem s přístroji zdokonalenými a výstupy balonem až do výšky 9300 metrů, kde naměřena ionisace ještě vyšší.

Během světové války pokusy ztratily zájem a řádně v nich nikdo nepokračoval. Po válce zájem znovu oživen teoriemi o vzniku pronikavého záření „v laboratořích Vesmíru“, tak jak je formulovali Nernst, Swinne a Seeliger. V nitru hvězd může se podle těchto názorů odehrávat snad syntéza prvků, snad přeměna hmoty v záření, děje, které v laboratořích pozemských nemůžeme zatím prováděti. Těmito hypotetickými procesy vzniká pronikavé záření.

Potom, až do r. 1924, následovalo období, které možno nazvati *období krise*. Význační badatelé v otázce pronikavého záření, něm. fysik Hoffmann a amer. fysik Millikan, přestali vůbec věřiti v existenci pronikavého záření. V té době počala zkvetati technika t. zv. magnetických spekter beta záření, pomocí kterých dokázáno, že prvky *radium C* a *thorium C* vysílají velmi tvrdé gamma záření, kterým bylo by možno vysvětliti záhadné záření pronikavé. Tenkrát nebyly známy ještě nejtvrdsí složky pronikavého záření, které známe dnes, jejichž délka vlny je pravděpodobně více než 100krát menší, než délka vlny nejtvrdsího gamma záření radia C (4,8 X-jednotek, t. j.  $4,8 \cdot 10^{-11}$  cm, zatím co délka vlny nejtvrdsí složky pronikavého záření, měřené v hloubce 230,8 metrů pod hladinou Bodamského jezera, je již jen řádu  $10^{-13}$  cm). Je přirozené, že když můžeme něco vysvětliti, aniž bychom tvořili hypotézy o dějích, které se na zeměkouli nevyskytují, že tak učiníme důsledně. Je přijatelnější, vysvětliti pronikavé záření tvrdým gamma zářením známých radioaktivních prvků, než předpokládati na jiných tělesech nebeských existenci vyšších prvků, t. zv. *transuranů*, které by byly zdroji pronikavého záření (Nernst), když naopak, jak dokázal Hahn z různých chemických a radiochemických vztahů mezi prvky, existence těchto „*transuranů*“ je zcela nepravděpodobná.

Avšak již r. 1925 Millikan kloní se opět k názoru, že záření „kosmické“ vskutku existuje a že je příliš tvrdé, než aby bylo vysvětlitelné gamma zářením známých zdrojů. Americká žurnalistika při svojí neinformovanosti pouhý převrat v názorech Millikanových vykládala přímo jako objev nového druhu záření, „záření Millikanova“, což pochopitelně vedlo k velkému rozladění v kruzích odborníků, zabývajících se rovněž otázkou pronikavého záření. Řevnivost tím vzbuzená, zejména mezi Němci a Američany, udržovala se po několik let.

Od té doby, až do dnešních dnů, nastává nový rozkvet pokusného studia pronikavého záření. Jsou pokusně sledovány různé

otázky. Na základě mnoha opakovaných měření pokouší se fyzikové dokázat velmi jemné zjevy *denního kolísání intenzity pronikavého záření*, které je velmi nepatrné a dá se vysvětliti různými známými vlivy (na př. při větším tlaku vzduchu je větší absorpce záření a tudíž intenzita záření na místě pozorovacím menší). Hledána také souvislost intenzity pronikavého záření s polohou stálic (t. zv. perioda hvězdného času), která podle některých existuje, podle jiných marně je po ní pátráno. Sledováno také kolísání intenzity ze dne na den, v různých ročních dobách a na různých místech zeměkoule. Pravděpodobně není žádné změny intenzity pronikavého záření se zeměpisnou šířkou, ba ani v oblastech točnových, jak dokázal v oblasti severní točny náš pracovník v otázce pronikavého záření Běhounek, v oblasti jižní točny expedice *Mawsonova*. Pokud se týče vlivu Slunce, zjištěno, že pravděpodobně asi jen  $\frac{1}{2}\%$  intenzity pronikavého záření pochází ze Slunce. Přístroje, měřící přesné účinky pronikavého záření, umístěny na letadlech a lodích a pokud možno systematicky jimi měřeno. *Lod Carnegieova ústavu*, pouze pro vědecká pozorování určená, sledovala záření při plavbě všemi moři zeměkoule. Velký vědecký výtěžek slibován si od t. zv. *polárního roku* (1932—33), kdy kolem severní i jižní točny mělo býti rozloženo na 20 observatoří pro soustavné studium pronikavého záření. Zdá se však, že celý podnik velice utrpí světovou hospodářskou krizí, která v poslední době vniká do nejzapadlejších končin světa. Jedině *Carnegiův ústav* udržuje 13 observatoří, umístěných ve výškách 2000—6000 metrů nad mořem a to v Australii, na Novém Zélandě, v Peru, Panamě, Aljašce, na Havaji, na Ceylonu, v Chile, Argentíně, Indii, na Jávě a v jižní Africe. Tak bude možno úplně vyřešiti otázku souvislosti intenzity pronikavého záření se zeměpisnou šířkou. V Evropě zařídili si velké, speciálně zařízené laboratoře nejstarší badatelé v otázce pronikavého záření, Hess a Kolhörster. Hess na hoře Hafelekar u Innsbruku, Kolhörster v Postupimi u Berlína. Oba sjednali úzkou spolupráci s badateli po celém světě za použití stejně přízpůsobných aparatur, na př. se Steinkem (Královec), Corlinem (Ábisko), Clayem (Amsterdam), Nolanem (Valencia), Schoulandem (Kapské Město) a observatoří v Bandoengu. Aparatury všech badatelů jsou seřízeny tak, aby data jimi získaná bylo možno navzájem srovnávati.

V poslední době rozvířena opět otázka charakteru pronikavého záření. Je pronikavé záření *zářením elektromagnetickým* anebo jsou to *prudce letící elektrony*, do zemského ovzduší rychlostí skoro 300.000 kilometrů se „vbodávající“? Heisenberg snaží se dokázat, že na základě představy o rychle letících elektronech dají se dobře teoreticky vyložit zjevy pronikavého záření. V nejposlednější době však poukázáno také na určitou souvislost mezi „roz-

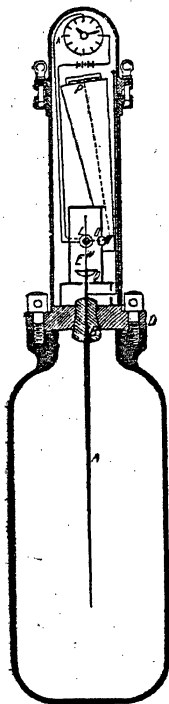
bitím atomu“ a pronikavým zářením. Zač. roku 1932 objeven *neutron*, částice o hmotě = hmotě vodíkového atomu, avšak *bez elektrického náboje*, který má podivuhodné vlastnosti. Není vyloučeno, že v dohledné době bude objevena nějaká souvislost otázky neutronů s otázkou pronikavého záření. Bude to kýžené rozřešení otázky pronikavého záření? To dnes nelze ještě tvrditi, velká překvapení nejsou však vyloučena.

## 2. Regenerovy pokusy na Bodamském jezeře.

Než pojednáme o výstupech Regenerových balonků, nutno si přehlédnouti pro porozumění dalšímu také Regenerovy pokusy na Bodamském jezeře. Krásné tyto pokusy patří do skupiny pokusů, které *vlastnosti pronikavého záření studují absorpci tohoto záření ve velkých vrstvách hmot*. Nejjednodušší způsob je obkládání měřícího přístroje stále větším a větším pancéřem ze železa nebo z olova. Když postavíme se na stanovisko, že pronikavé záření skládá se z elektromagnetických vln, můžeme ze vzorce pro souvislost délky vlny s absorpčním koeficientem vypočítati délku vlny. Tak bylo dokázáno, že pronikavé záření má nejkratší délku vlny ze všech druhů známých záření a je tudíž mnohem tvrdší než záření Roentgenovo a radioaktivní záření gamma.

Na měření absorpce pronikavého záření možno použítí také jiných hmot než kovů. Kolhörster poukázal ponejprv na použití ledu (pod velkými ledovci) a na použití vody (pod hladinou jezer). Tak bylo postupně zjištěno, že pronikavé záření skládá se ze složek různé tvrdosti. Ani několik desítek metrů pod hladinou jezer nebylo možno dokázati, že zde pronikavé záření neexistuje, postupně spouštěny přístroje hlouběji a hlouběji a nacházeny složky stále tvrdší. *Jaká je nejtvrdší složka záření?* Nastaly v pravém slova smyslu *závody o zjištění této nejtvrdší složky*. Millikan spouštěl svoje přístroje v amerických jezerech až do hloubky 60 metrů. Daleko však byl předstižen badateli německými, zejména pokusy Regenerovými na Bodamském jezeře. Regener spustil svoje přístroje až do hloubky 230,8 metrů pod hladinu B. jezera a dokázal zde ještě složku pronikavého záření, kterou by zadržela teprve *olověná stěna 20—30 metrů silná*, anebo *stěna vodní asi 300 metrů silná*. Pro srovnání budiž uvedeno, že tvrdé gamma záření prvku radium C je zadrženo olověnou deskou 15 centimetrů silnou po př. vrstvou vody 1,4 metru. Délka vlny této nejtvrdší složky pronikavého záření je již řádu pouze  $10^{-13}$  centimetru (desetibiliontina centimetru), t. j. 100milionkrát menší než délka vlny světla viditelného, 100tisíckrát menší než paprsků Roentgenových, 100krát menší než nejtvrdšího gamma záření. Nejtvrdší složku

pronikavého záření na polovičku zeslabí (pohltní) teprve vrstva olova 2,8 metru a vrstva vody 38 metrů silná.



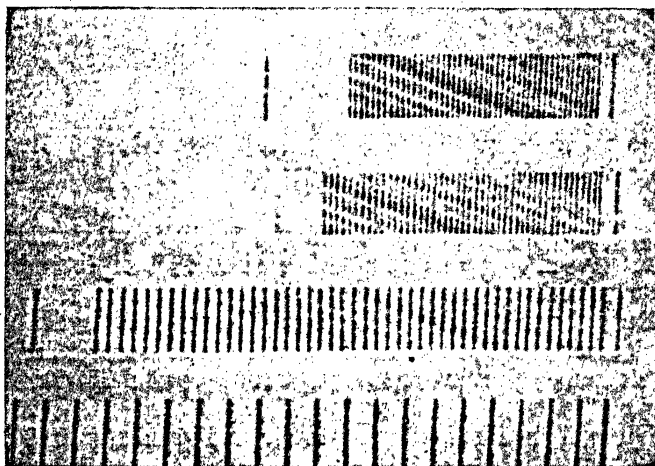
Obr. 1.  
Regenerova „re-  
gistrační bomba“.  
Je vodotěsná a  
obsahuje vedle  
ionisační komory  
jednovláknový  
elektrometr a re-  
gistrační zařízení  
s hodinovým  
strojem.

Velké nesnáze pokusné techniky při měření ve velkých hloubkách pod vodou, podobně jako ve velkých výškách nad zemí, lze nejlépe překonati samočinně zapisujícími (registrujícími) přístroji. Regener sestrojil takový přístroj, stručně nazývaný „registrační bomba“, kterým na podzim 1930 prováděl měření pod hladinou Bodamského jezera. Ionisační komora je prostor, ve kterém pronikavé záření ionisuje, štěpí atomy na ionty, částice kladně a záporně nabitě, které transportují elektrické náboje. Tak vzniká ionisační proud, který probíhá mezi elektrodou ionisační komory (na obr. 1 A) a uzemněným obalem komory. Elektroda je spojena s jednovláknovým elektrometrem speciální konstrukce. Regenerova ionisační komora je vytvořena ocelovou bombou o síle stěny 1 cm (tloušťka vzhledem k absorpci úplně zanedbatelná vůči obrovské vrstvě vody). Objem bomby je cca 39 litrů a je naplněna kyslíčkem uhlíčitým, stlačeným na 30 atmosfér. Centrální elektroda (A na obr. 1) je spojena se zmíněným jednovláknovým elektrometrem a je nabita s počátku na 600 voltů. Pohyb vlákna je fotograficky zachycen, registrován a jednou provždy na fotogr. desce zaznamenán (viz obr. 2). Účinkem pronikavého záření je totiž plyn v bombě ionisován, vlákno elektrometru původně nábojem z rovnovážné polohy vychýlené vrací se pomalu na svoje původní místo; ionisovaný plyn odvádí znenáhla jeho náboj. Vlákno je se strany každou hodinu automaticky osvětleno a promítnuto na fotogr. desku, na které se postupem času jeho obrázek posunuje. Krásně je to vidět na obr. 2, kde jsou zachyceny registrace ve čtyřech různých hloubkách pod vodou: ve hloubce 32,4 m, 78,6 m, 173,6 m a 280,8 m. Ve hloubce 32,4 m odpovídá posun vlákna za hodinu ztrátě napětí elektrometru o 4,33 voltu. V největší hloubce 231 m je ztráta

napětí pouze 0,83 voltu za hodinu. Každá registrace trvala po dobu dvou dnů. Celé zařízení bylo velmi přesně provedeno, fotogr. desky proměřovány dělicím strojem. Přesnost při registracích dosažená obnášela 1/100 voltu, nemohlo jí však býti využito plnou měrou vzhledem ke kolísání intenzity pronikavého záření. Ještě výhodnější a přesnější byly by tudíž registrace v době mnohadenní.

Měřeno bylo vždy v oblasti nasyceného proudu, použitý interval voltáže byl jen mezi 600—300 volty. Na obr. 2 lze velmi názorným způsobem přímo viděti pokles ionisace pronikavým zářením způsobené s přibývajícím hloubkou. Čím větší hloubka, tím jsou proužky ve stejném časovém období hustší.

Bomba byla uvnitř vyzinkována, plyn pečlivě vyčištěn a vysušen, aby bylo docíleno pokud možno nejnižší „zbytkové aktivity“, t. j. volného chodu přístroje. *Zbytkovou aktivitu* definujeme jako elektrický proud, který by v přístroji ještě zůstal, kdyby přístroj



Obr. 2. Registrace v Regenerově bombě na fotografické desce. Vlákno elektrometru je promítáno na fotogr. desku, jednotlivé čárky (projekce) byly samočinně provedeny jedenkrát za hodinu.

byl ponořen do takové hloubky, že pronikavé záření bylo by vysokou vodní vrstvou úplně již pohlceno. Některé kovy vykazují totiž velmi nepatrnou t. zv. *vlastní aktivitu*, jakýsi to „odstín“ radioaktivity. Také při metalurgických dějích dostávají se mnohdy do kovů nepatrná množství radioaktivních přímíšenin. Nejslabší hodnotu této „zbytkové aktivity“, také „zbytkovou ionisaci“ zvané, zjistil Bergwitz s Wulfovým elektrometrem ze zinku zhotoveným uvnitř dolu na kamennou sůl — necelý jeden pár iontů v krychl. centimetru za vteřinu. (Příště dokončení.)