

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Libický

O absorpci gravitace

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 60 (1931), No. 2, 115--127

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121425>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1931

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>

O absorpci gravitace.

Referuje prof. Dr. Vladimír Libický, Litomyšl.

(Došlo 20. října 1930.)

Na posledním mezinárodním sjezdu fysiků učinil profesor Majorana zmínku o svých pracích o gravitaci.*) Analogie, která v jistém ohledu panuje mezi gravitací a jinými silami, přivedla jej k tomu, aby zkoumal, zda a do jaké míry podléhá gravitace vlivu prostředí, jímž se šíří; hypotéza, ostatně ne zcela nová, předpokládá, že přitažlivý vliv jedné hmoty na druhou může býti prostředím, které prostor mezi oběma hmotami vyplňuje, oslaben.

Vycházejí pak z předpokladu, že podstatou gravitace jest nepřetržitá emise částiček gravitačních z hmoty vysílaných, pokládá za příčinu oslabení absorpci gravitace prostředím. Při tom nečiní zcela žádných předpokladů o podstatě gravitačních částiček, ač má za to, že gravitační partikule jsou rozdílné od obecné hmoty. Za účelem matematického vyjádření jest nutno vyjítí od gravitačního toku, t. j. od počtu gravitačních partikulí, procházejících plošnou jednotkou za jednotku časovou. Je-li dm vhodně malá částice, jejíž vnitřní absorpce jest nula, jest $k dm$ (k konstanta) gravitační tok prostupující koncentrickou kouli jednotkovou a tok vystupující ve vakuu prostorovým úhlem $d\omega$ jest pak

$$\varphi = \frac{k}{4\pi} dm d\omega, \quad (1)$$

z čehož plyne pro tok v prostředí hustoty s_v ve vzdálenosti x od dm :

$$\varphi = \frac{k}{4\pi} dm d\omega e^{-Hx}, \quad (2)$$

*) Q. Majorana, Rendiconti R. Acc. dei Lincei, XXVIII, p. 165, 221, 313, 416, 450 (1919); XXIX, p. 23, 90, 163, 235 (1920); XXX, p. 75, 289, 350, 442 (1921); XXXI, p. 41, 81, 141, 221, 343 (1922); R. Accademia Bologna (1922); Revue générale des Sciences (1922, 15. II.); Philosophica, Magazine XXXIX (1920); Atti del Congresso Internazionale dei Fisici 1927, Bologna (1928); H. N. Russel, On Majorana's Theory of Gravitation, Astrophysical Journal, LIV, p. 343 (1921). Obrazy 2. a 3. jsou reprodukce originálních obrazů prof. Majorany, který dal ochotně svolení k reprodukci.

kde

$$H = hs_v \quad (3)$$

jest absorpční koeficient pro hustotu s_v a h absorpční koeficient pro hustotu 1.

Majorana se pokusil stanovit koeficient absorpce h z úkazů astrofysických a vypočítal k tomu cíli gravitační tok z koule:

$$F = KM_v\psi; \quad (4)$$

v tomto vzorci jest k konstanta, M_v skutečná hmota koule hustoty s_v a ψ složitá funkce součinu p poloměru R koule a H . Součin

$$M_v\psi = M_a \quad (5)$$

dlužno vzhledem k Newtonovu zákonu označiti též jako hmotu, jest to však pouze hmota zdánlivá (M_a), kterou se těleso na venek projevuje. Zavedeme-li pak analogicky pojem zdánlivé hustoty s_a , bude

$$\frac{M_a}{M_v} = \frac{s_a}{s_v} = \psi. \quad (6)$$

Tato rovnice ukazuje, že hmota zdánlivá a skutečná mohou nabýti stejné hodnoty jen pro $\psi = 1$, čili pro $p = RH \rightarrow 0$, což může nastati buď pro kouli nade všechny meze malou anebo pro hmotu, jejíž absorpce H jest nepatrná.

Poněvadž slunce je koulí o poloměru $R = 6.95 \cdot 10^{10}$, bylo by možno vypočítati h z rovnice

$$p = RH = Rs_v h = R\psi s_a h, \quad (7)$$

kdybychom znali s_v , ψ , které podle rovnice (7) závisí na s_a a s_v , tedy na zdánlivé a skutečné hustotě slunce, v čemž je slabý bod metody, neboť skutečnou hustotu slunce neznáme a pak rovnice (7) byla odvozena pro kouli homogenní, kdežto hustoty slunce přibývá směrem ke středu podle neznámého zákona. Proto nelze h přesně vypočísti, ale metoda přesto není bezcenná, neboť umožňuje alespoň ustanovení řádu nové konstanty, za předpokladu, že slunce má střední zdánlivou hustotu $s_a = 1.41$. Pokud se týče skutečné hustoty, jest jisto, že se při nejmenším musí rovnati s_a ; stejně jisto jest, že jí přibývá směrem ke středu; neznáme sice její největší hodnotu, ale pravděpodobně nebude velká. Majorana propočítal h pro různá s_v mezi 1.41 a 20 a našel, že h s počátku velmi rychle stoupá, pro $s_v = 5$ dosahuje hodnoty $7.06 \cdot 10^{-12}$ a pak jeho stoupání se značně zmírňuje. Hodnoty z uvedených rovnic nalezené jsou přehledně znázorněny v diagramu (1), z něhož patrně, že by ani sebe větší s_v nevedlo k hodnotám podstatně větším. Poněvadž pro

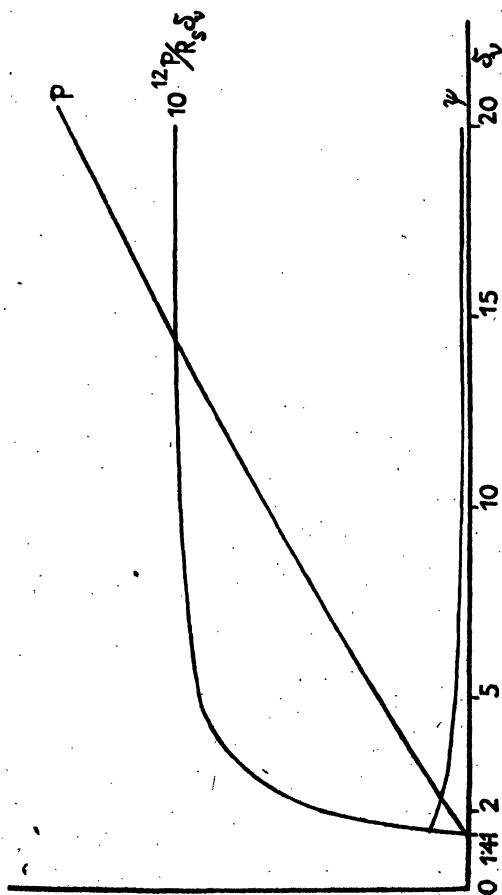
$$s_a = 1.41 \text{ a } s_v = 1.41 \text{ jest } h = 0$$

$$s_a = 1.41 \quad s_v = 20 \quad h = 7.64 \cdot 10^{-12}$$

lze míti za to, že skutečná hodnota absorpčního koeficientu jest v mezích:

$$0 < |h| < 7.65 \cdot 10^{-12} \quad (8)$$

čili že h jest řádu 10^{-12} až 10^{-11} . Více tato úvaha pro h neskýtá.



Obr. 1.

Poněvadž teorie nevede k dostatečně přesnému výsledku, obrátil se Majorana k pokusu a vykonal velký počet měření, která lze — s ohledem na použité prostředky — zařaditi do tří skupin. Výsledky těchto prací jsou v pěkném souhlasu s teorií. Měření

provedená v dlouhých letech jsou, vzhledem k tomu, že se jedná o veličinu řádu 10^{-12} , velmi zajímavá.

Majoranovy pokusy zakládají se na této úvaze: Je-li nějaká hmota M obklopena jinou hmotou M' hustoty s , změní se její původní váha m_v ; neboť gravitační tok země musí projít nejprve hmotou M' , kde bude částečně absorbován. Bude-li M' mít na př. tvar duté koule tloušťky r obklopující M a označíme-li hmotu M , když jest koulí M' obklopena, jako zdánlivou m_a , bude

$$m_a = m_v e^{-hsr}.$$

Rozvedeme-li pravou stranu v řadu, zanedbajíc vyšší mocnosti, bude

$$m_a = m_v(1 - hsr)$$

a rozdíl obou

$$\varepsilon = m_a - m_v = m_v hsr. \quad (9)$$

Zjistíme-li tudíž přesným vážením s , m_v , m_a , měřením r , lze vypočísti:

$$h = \frac{\varepsilon}{m_v sr}. \quad (10)$$

První měření Majoranová z roku 1919.

Těžiště metody spočívá na co možno přesném vážení; podle orientačního pokusu třeba pracovati s vahami citlivosti 10^{-7} g při zatížení 1 kg. Majorana používal Ruprechtových vah, uzavřených v kovovém obalu tak silném, aby z něj mohl být vyčerpán vzduch, poněvadž veškeré vážení bylo nutno konati ve vakuu. Kovový obal obklopoval váhy i vahadla a na pravé straně byl prodloužen trubici končící koulí poloměru 70 mm, v níž bylo umístěno vlákno, na němž visela koule M hmoty m ; tato byla obklopena dutou koncentrickou koulí spojenou s trubici poloměru 79 mm. M se pohybovalo uvnitř koulí volně bez tření. V nádrži okolo koule M byla rtuť, jejíž hmota M' absorbovala gravitační tok. Postavení její hladiny uvnitř nádoby bylo možno stanoviti jemným plovounem spojeným přes kladku s vnější protiváhou. V kovovém obalu byla na vhodných místech okénka, která umožnila pozorování. Hmota olovené koule $m = 1274$ g, hmota rtuti byla 104 kg. Vakuum uvnitř pláště vah bylo prakticky dokonalé, vnitřní tlak nepřestoupil za 24 hodin 0.7 mm. Pozorování se ovšem nedála přímo, nýbrž odraženým světelným paprskem na stupnici 12 m vzdálené, bylo možno konstatovati asi 0.000006 g, odhadnouti zlomek této hodnoty. Vyskytla se přirozeně otázka, nejsou-li pozorování při tak velké citlivosti ilusorní, poněvadž by náhodné poruchy mohly míti na výsledek veliký vliv. Ukázalo se však, že

největší vliv měly vnější otřesy z ulice (el. dráha, auta, nákladní vozy a p.), pročež byla pozorování konána pouze v noci; tím byly pak příčiny chyb téměř eliminovány.

Pozorování sama spočívala v tom, že se ve stejných časových intervalech vážila jednak hmota M koule, byl-li její plášť obklopen vzduchem a potom byl-li obklopen rtutí; na provedeném diagramu lze pozorovati, že křivka pozorování druhých probíhá nad křivkou pozorování prvních téměř paralelně, čili, že přítomnost rtuti činí kouli zdánlivě lehčí. Žádná z křivek není — jak by se snad čekalo — ani přibližně rovnoběžná s osou x ; příčinou toho jest posunutí rovnovážného bodu za pozorování, patrně následkem vnějších okolností (změny teploty a pod.). Celkem bylo vykonáno 57 pozorování v 5 seriích; konstatovala se změna polohy rovnovážné obou vážení (koule obklopená rtutí a bez rtuti) o 0.358 ± 0.012 mm, což u citlivosti vah 171 mm/mg znamená zmenšení váhy o 0.00209 ± 0.00007 mg. Tuto hrubou váhu bylo třeba korigovati, a to:

na vliv absorbující rtuti na táru	— 0.00085 mg
na vliv recipientu rtuti	+ 0.00007 mg
na vliv plovounů	— 0.00034 mg
na vliv absorbující rtuti na vahadla	0.00000 mg
na změnu molekulového bodu	+ 0.00001 mg
Celkem	+ 0.00127 mg

Konečně třeba vzíti zřetel na asymetrii,

kde největší přípustná chyba jest	± 0.00009 mg
takže čistý efekt jest	$\epsilon = 0.00098 \pm 0.00016$ mg

t. j. změna váhy činí $7.7 \cdot 10^{-10}$ hmoty koule.

Při tomto měření nebylo ještě dbáno perturbací tepelných, mechanických, vlivů radiometrických, elektrostatických, magnetických a elektromagnetických, které by však nemohly míti znatelného vlivu na výsledek.

K výpočtu absorpčního koeficientu h lze použítí vzorce (10), ovšem jen v prvním přiblížení za předpokladu, že hmota olova $m_v = 1274$ g jest koncentrována v jediném bodě, že hmota rtuti olověnou kouli obklopující má tvar ne válece, ale duté koule koncentrické s koulí olověnou; její poloměr by byl 12.35 cm a tloušťka 8.40 cm; vezme-li se pak za $\epsilon = 9.8 \cdot 10^{-7}$ g, $s = 13.60$, bude

$$h = 6.73 \cdot 10^{-12},$$

což souhlasí co do řádu s veličinou napřed odhadnutou. Nemůže-li se toto měření pokládati za absolutně přesné, ukázalo přece zmenšením váhy olověné hmoty, byla-li obklopena rtutí, že nesporně existuje efekt absorpce gravitace.

Druhé měření Majoranovo roku 1921.

Poněvadž se tento výsledek vzhledem k různým okolnostem nezdál býti definitivním, opakoval Majorana své pokusy znovu, a to se zařízením daleko citlivějším. Hmota M byla opět olověná koule $m = 1274 \text{ g}$, místo rtuťového obalu M' bylo však použito olověné krychle o straně asi 95 cm , složené ze 288 hranolů olověných sestavených ve dva mohutné hranoly (po 144 kusech) o rozměrech $95 \text{ cm} \times 47.5 \text{ cm} \times 95 \text{ cm}$; uprostřed ponechána dutina pro olověnou hmotu taková, aby se koule nikde nedotýkala obalu. Oba hranoly byly uloženy na zvláštním zařízení, jímž se mohly pohybovati pomocí elektromotorů na vodorovných kruhových kolejničích tak, že buď kouli M obalovaly anebo byly od ní dostatečně vzdáleny. (Polohy P' a P'' , obr. 2.)

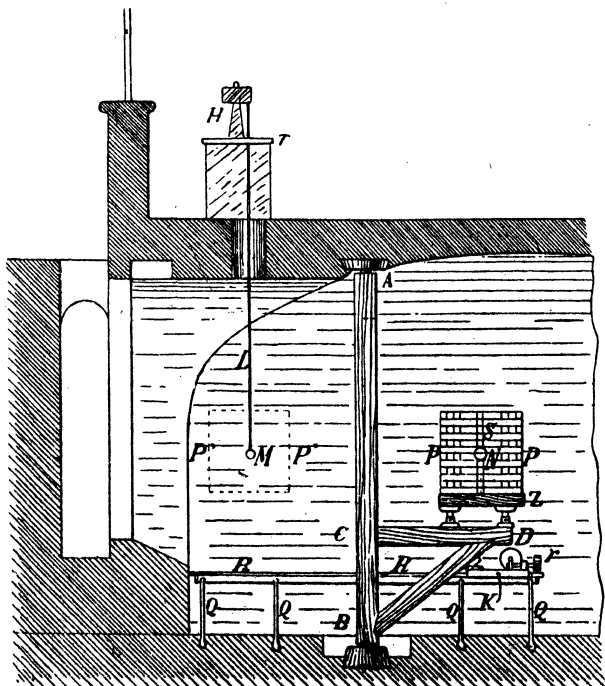
Princip měření byl týž jako při pozorování prvním, ale provedení daleko dokonalejší; aby vliv prostředí olověného na kouli byl přesně zjištěn, byla učiněna dalekosáhlá opatření.

Váhy (obr. 3) nalézaly se v laboratoři ústavu, oba olověné hranoly i s olověnou koulí M v klenuté místnosti pod laboratoří, která byla s pozorovací laboratoří spojena pouze trubicí, kterou probíhal závěs. Koule M byla vytárována stejně velkou koulí C na vahadle levém a celé zařízení bylo opět uzavřeno v silném kovovém plášti, opatřeném okénky pro pozorování, z něhož vzduch byl vyčerpán. Obal jest na pravé straně rozšířen ve skříň, v níž se nalézají dva olověné hranoly (K, K) stejné váhy s koulí, t. zv. tára, kterou možno dokonalým zařízením zavěsiti na pravé vahadlo místo koule M ; tára slouží ke kontrole nulového bodu vah zatížením neodvislým od hmot podléhajících přímo vlivu absorbujícího olova, čímž bylo umožněno vyloučiti poruchy nulové polohy způsobené nezávisle na efektu pohybem obou hranolů.

Již při předešlých pokusech byl pozorován přílišný vliv zevních otřesů na měření, pročež bylo nutno měřiti v noci. Aby se mechanické vlivy pokud možno eliminovaly, byly váhy postaveny na zvláštním závěsu LL (obr. 3), visícím na čtyřech elastických spirálách VM po 40 závitech ze drátu 2.5 mm o průměru spirály 2 cm ; spirály lze regulovati šrouby V . Tím se docílilo, že ani otřesy způsobené jízdou nejtěžších vozů kolem budovy neměly na váhy vlivu. I nebylo nutno eksperimentovati v noci, kdy jest sice zevní klid velmi značný, ale kdy se tím více projevuje nepravidelný vliv denních otřesů na elastickou hysterese budovy.

Ještě několik podrobností zaslouží zmínky. Váha táry K a protiváhy není přesně stejná, čemuž nelze zabrániti, neboť nehledě k nemožnosti, aby byly obě hmoty eksaktně stejné, má na jejich účinek vliv deformace vahadel i geometrická nesouměrnost, stupeň vakua a pod. K vyrovnání těchto rozdílů jsou připojeny

vyrovnavače E_1 , E_2 na obou stranách protiváhy a táry, obsahující jemný písek, který lze dostati v malém množství na misky pod protiváhou, resp. závažím úzkými trubicemi uzavřenými nahoře železnými válečky P_1 a P_2 . Přírozeně musí býti v těchto lahvích vakuum i nemá pozorovatel k zmíněným válečkům během měření přístupu, pročež se uvádí v pohyb magnetem.



Obr. 2.

Za pozorování nutno často měřiti citlivost vah; k tomu cíli používá se magnetického jezdece prof. Majoranou sestrogeného. Jest to jezdec z měděného drátu průměru 0.2 mm (A), který se na háček váhy R usazuje mechanismem A_2 pomocí magnetu, působícího zevně na P_3 . Poněvadž výrobky mechaniků nejsou dosti přesné, konstruoval si Majorana jezdece sám a kontroloval je Nernstovými mikrovahami. Při měření lze zanedbati vliv pomocných magnetů na citlivost vah.

Aretování vah děje se klíčem G pomocí stlačeného vzduchu.⁴

Přírozeně nelze prováděti odečtení přímo, nýbrž pomocí zrcátka S_1 , na něž dopadá jemný světelný paprsek, odrážející se

na stupnici 1·8 m vysokou, rozdělenou na mm, nalézající se na stěně vzdálené 20 m; tím lze docílit velmi přesného odečtení.

Jak dříve připomenuto, jsou olověné bloky umístěny ve zvláštní klenuté místnosti pod vahami na trámoví D (obr. 2), otáčivém kolem osy AB , a pohybují se po kolejnici R . Pohyb děje se motorem řízeným z pozorovacího místa tak, že oba bloky mohou obklopovati kouli M ($P'P'$) anebo že se nalézají v poloze od ní co možná nejvzdálenější na druhém konci průměru.

Pozorovatel jest od vah vzdálen 20 m, takže je jakýkoliv jeho osobní vliv na váhy vyloučen.

Nože, na nichž spočívá vahadlo, misky neb závěsy jsou, zhotoveny z nejlepšího materiálu, neb na nich závisí značnou měrou citlivost vah, předně, protože vzhledem k zakřivení ostří, příp. i jeho trvalosti a pak proto, že každá změna polohy roviny, na níž spočívají, má vliv na měření. Odchýlí-li se váhy z původní vodorovné polohy o nějaký úhel β , vychýlí se těžiště následkem kutálení ostří nože na podložce o úhel α ; mezi oběma úhly jest vztah $r : d = \sin \alpha : \sin \beta$, kde r jest poloměr ostří nože, d vzdálenost těžiště od středu křivosti ostří, při čemž rovnováha nastane jen, je-li $d < r \sin \beta$. Za předpokladu, že se ostří nemění, lze vypočísti d z formule

$$T = \pi \sqrt{\frac{M}{Pd g}}, \quad (11)$$

kde T jest jednoduchá doba kyvu, M moment setrvačnosti hmoty P (váhy); z toho pak za dalšího předpokladu, že ostří má tvar válce, jest poloměr tohoto

$$r = \pi^2 \frac{\alpha}{\beta} \frac{M}{PT^2 g}, \quad (12)$$

nahradíme-li při malých úhlech sinusy úhly. Pro citlivost plyne pak z obecného vzorce

$$c = \frac{da}{dP}, \quad (13)$$

v němž značí dP přívažek:

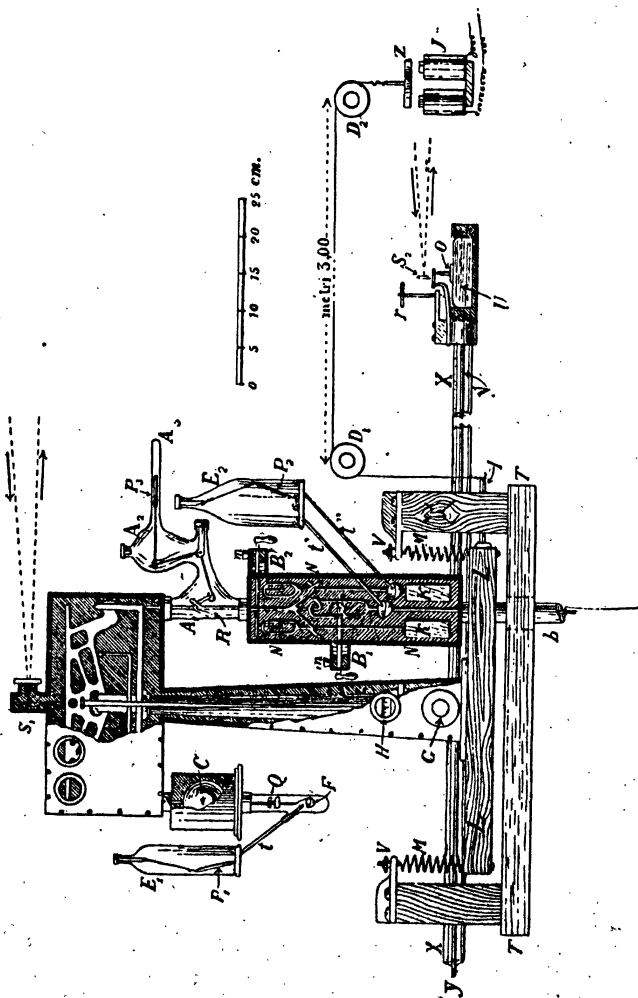
$$c = aT^2;$$

v našem případě jest

$$a = \text{konst.} = 0\cdot104.$$

Ačkoliv jsou vlivy otřesů na váhy pokud možno vyloučeny, přece nutno pečovati o to, aby bylo možno kontrolovati neustále polohu nulového bodu, zvláště, že náhodným minimálním odchylkám asi do 10'' nelze zabrániti; takové malé odchylky, vyskytující se zcela nepravidelně, způsobují při tak citlivém zařízení již

změnu polohy světelného indexu o 2 mm. Kontrola provádí se takto: S deskou LL jest spojena trubice XX (obr. 3), v níž jest uzavřena dutá trubice YY, dlouhá 160 cm a končící na obou stra-



Obr. 3.

nách nádržkami U. Tyto spojitě nádoby jsou naplněny rtuťí, na jejíž hladině pluje deska O, opatřená hrotem. Na tomto hrotu a na okraji nádržky spočívá stoleček nesoucí osvětlené zrcátko S_2 , které odráží dopadající světelný paprsek na škálu na stěně. Po-
něvadž se každá odchylka z původní polohy přenáší na hladinu rtuťi, tím i na zrcátko, možno pomocí světelného indexu regulovati

s největší přesností polohu vah, což se děje elektromagnetem J , jehož kotva Z jest spojena přes kladky D_1 a D_2 s hákem na desce LL šňůrou 3 m dlouhou; zesilováním neb zeslabováním proudu lze měniti polohu kotvy Z a desky LL , na níž váhy spočívají s takovou přesností, že index možno uvésti do původní polohy až na $\frac{1}{10}$ mm.

Nežli podám výsledky provedených měření, uvedu ještě některé nejdůležitější okolnosti, které mají vliv na měření:

1. Přitažlivost trámů (obr. 2) na kouli; jsou-li bloky olovené v poloze PP , možno vliv trámů zanedbati; v poloze $P'P'$ jest však tak značný, že nutno vzíti korekci, která je stanovena podle prof. Fubini vzorcem:

$$A_1 = 4KMs a \log \frac{(\sqrt{2a^2 + l^2} + a)(\sqrt{2a^2 + (b+l)^2} - a)}{(\sqrt{2a^2 + l^2} - a)(\sqrt{2a^2 + (b+l)^2} + a)} - l \left(\arctg \frac{a}{l} + 2 \arctg \frac{\sqrt{2a^2 + l^2}}{l} - 2 \arctg \frac{\sqrt{a^2 + l^2} + a}{l} \right) + (b+l) \left(\arctg \frac{a}{b+l} + 2 \arctg \frac{\sqrt{2a^2 + (b+l)^2}}{b+l} - 2 \arctg \frac{\sqrt{a^2 + (b+l)^2} + a}{b+l} \right), \quad (14)$$

v němž jest $K = 6.68 \cdot 10^{-8}$ konstanta Newtonova, hustota použitého dřeva $s = 0.985$, rozměry trámů $a = 47.5$, $b = 15.3$, $l = 47.5$, M hmota koule 1274 g, takže

$$A_1 = -0.00227 \text{ dyn} = -0.00231 \text{ mg};$$

znamení — pochází od toho, že se efekt přitažlivostí trámů umenšuje.

2. Přitažlivost pohyblivých hmot (celkem 73: šroubů, stolku, motoru atd.) na kouli; v poloze PP možno opět zanedbati, v $P'P'$ třeba bráti v úvahu a pro každý předmět vypočísti zvláště. Celková korekce jest

$$A_2 = -0.00180 \text{ mg}.$$

3. Přitažlivost olovených bloků jeví se jako rozdíl vertikálních komponent v polohách PP a $P'P'$ a činí

$$A_3 = +0.00275 \text{ mg}.$$

4. Vedle toho nelze pominouti ani vlivů magnetických, neboť celé zařízení pro pohyb olovených bloků obsahuje takové množství železa, že má bezpodmínečně vliv na ocelové nože vah a může působiti i na rovnováhu vah. Podobně se pozoruje i remanentní magnetismus, zemský magnetismus atd. Při vážení „in bianco“ (tára — protiváha) pozoruje se vždy jistý efekt porušení rovno-

váhy, když jsou olovené bloky převedeny z PP do $P'P'$, který dlužno přičísti magnetickým vlivům; k tomu se musí přihlídnouti při vážení koule. Chyba magnetická byla dosti značná, při jistém pozorování $0\cdot00167$ *mg*. Aby se vymýtila, váží se tára — protiváha a posunutí rovnovážné polohy se pak při vlastním měření od provedeného pozorování odečte.

Vedle těchto byly by ještě další vlivy, které však nedosahují pravděpodobně mezi přesnosti měření.

První orientační pozorování nevedla k žádnému výsledku, neboť nebyly zmíněné značné korekce brány v úvahu; bez nich nelze se však dopracovati žádného resultátu.

Vlastní pozorování byla provedena v době od 16. V. do 2. VII. 1921 a pozůstávala z těchto střídavě provedených vážení:

1. tára — protiváha v 11 seriích s bloky olovenými v pol. PP a $P'P'$,
2. koule — protiváha v 10 seriích s bloky olovenými v pol. PP a $P'P'$; každá serie obsahovala 10 až 30 pozorování, odečítaly se 3 kyvy a současně se eliminovaly chyby vzniklé deformací budovy atd. tím, že světelný index kontrolní byl stále udržován na témž místě stupnice. Citlivost vah se měřila na počátku a na konci každé serie. Připojená tabulka zaznamenává jako příklad jednu serii tára — protiváha při střední citlivosti 249 *mm/mg* a jednu serii koule — protiváha při střední citlivosti 242 *mm/mg*.

Střední hodnoty (v 10^{-5} *mg*).

tára—protiváha 136, 097, 85, 108, 207, 170, 211, 142, 161, 135, 162
koule—protiváha 104, 142, 118, 130, 64, 22, 62, 77, 41, 65

Celkem bylo provedeno čtyřikrát 176 měření, z nichž odečtením vypočtou se tyto střední hodnoty:

Hrubá absorpce	+ 0·00104 <i>mg</i>
přitažlivost trámů	— 0·00231 <i>mg</i>
přitažlivost pomocných hmot	— 0·00180 <i>mg</i>
přitažlivost na protiváhu.	+ 0·00275 <i>mg</i>
střední chyba magnetická	— 0·00147 <i>mg</i>
Konečná gravitační absorpce	— 0·00179 <i>mg</i>

Výsledky deseti takových serií vedou ke střední hodnotě gravitační absorpce $-0\cdot00201 \pm 0\cdot00010$ *mg*, čili, koule olovená hmoty 1274 *g* obklopená hmotou 10 tun olovo zdá se býti lehčí o $\varepsilon = 0\cdot002$ *mg*, což vede podle (10) k hodnotě koeficientu absorpce

$$h = 2\cdot8 \cdot 10^{-12}$$

Třetí měření Majoranovo roku 1921.

Pro kontrolu vykonal Majorana další měření na poněkud jiném základě, používaje téže aparatury. Hmoty m koule M změní

přirozeně svou váhu, bude-li M váženo úplně volně neb ve středu krychlového bloku o straně a či pod neb nad tímto blokem. Umístíme-li kouli M uprostřed bloku, zmenší se její váha m o ε , jelikož se část zemské gravitace absorbuje obklopující hmotou tloušťky $\frac{1}{2}a$; přitažlivost bloku na ni v tomto případě nepůsobí; bude tedy $m_1 = m - \varepsilon$. Umístí-li se hmota přímo nad blokem, absorbuje se gravitace vrstvou dvojnásobnou, bude tedy ztráta váhy 2ε , naproti tomu se váha koule zvětší o η , pocházející od přitažlivosti bloku: $m_2 = m - 2\varepsilon + \eta$. Umístí-li se koule konečně pod blokem, bude podrobena pouze gravitaci země a přitažlivostí bloku absorpce gravitace tu nebude: $m_3 = m - \eta$. Je-li hypotéza o absorpci gravitace správná, jest rozdíl vah koule v poloze druhé a první též jako rozdíl obou v poloze první a třetí, avšak tento rozdíl jest menší než přitažlivost bloku η :

$$\begin{aligned} m_2 - m_1 &= (m + \eta - 2\varepsilon) - (m - \varepsilon) = \eta - \varepsilon \\ m_1 - m_3 &= (m - \varepsilon) - (m - \eta) = \eta - \varepsilon. \end{aligned} \quad (13)$$

Mimo to jest

$$\begin{aligned} m_3 - m &= -\eta \\ m_2 - m &= \eta - 2\varepsilon \\ m_1 - m &= -\varepsilon. \end{aligned}$$

Kdyby nebylo absorpce, musel by se úbytek váhy proti m rovnati v případě třetím co do absolutní hodnoty přírůstku váhy v případě druhém η ; je-li absorpce, zmenší se toto η o dvojnásobný úbytek váhy, který nastane, když hmota jest se všech stran obklopena blokem m_1 . Tento efekt byl skutečně pozorován, třebaže ne s úplnou přesností, což může míti příčinu v pozorovací metodě anebo v aparatuře. Měření byla provedena tak, že koule byla vážena nejdříve pod olovenými bloky, po druhé nad nimi; střed koule byl po každé vzdálen 5 cm od příslušné stěny bloku. Pozorování byla provedena od 25. VI. do 17. VII. 1921 v 16 řeriích, 8 pro kouli pod bloky, 8 pro kouli nad nimi, každá serie po 9 až 20 měřeních. Vzhledem k tomu, že po každém pozorování bylo nutno váhy otevřít, aby byla poloha koule změněna, což mělo v zápětí značnější změny citlivosti, byla tato pravidelně měřena. Vypočtená přitažlivost bloků jest

$$F = 0.21312 \text{ dyn} = 0.21738 \text{ mg.}$$

Výsledky všech měření, jichž přehled skýtá tabulka:

Přitažlivost (v 10^{-5} mg).

Koule nad bloky 19296, 19012, 19292, 19527, 19944, 19632, 19623, 20023

Koule pod bloky 19636, 19966, 19670, 19566, 20515, 20240, 20101, 20340

jsou vesměs menší než vypočtená přitažlivost; rozdíl nemůže mít příčinu v nepřesnosti pozorování neb v náhodných chybách, neboť ty by nedosáhly 5% a rozdíly byly kladné i záporné a ne téhož znamení. Interpretace vede Majoranu k tomu, že změna váhy koule m činí asi $0\cdot004\text{ mg}$. To souhlasí dostatečně s teorií. Činila-li změna váhy v předešlém případě, kde byla gravitace absorbována vrstvou asi $47\cdot5\text{ cm}$ silnou, celkem $0\cdot00179\text{ mg}$, žádá teorie, aby nyní při absorpci vrstvou 95 cm silnou byl úbytek váhy koule dvojnásobný, t. j. $0\cdot00358\text{ mg}$, což jest pozorovaným úbytkem $0\cdot004\text{ mg}$ přibližně splněno. Rozdíl mezi vypočtenou a pozorovanou hodnotou jest možno vysvětliti; snad by docílil Majorana výsledků přesnějších kdyby pracoval se zařízením takovým, aby koule byla absorbujícími hmotami různé tloušťky vždy úplně obklopena, snad by ještě větší počet pozorování konečný výsledek ještě poněkud pozměnil. V každém případě potvrzují i tato měření, že hmota jest zdánlivě lehčí, je-li obklopena jinými hmotami.

Práce Majoranovy nejsou dosud ukončeny. Byly činěny pokusy s vahami opatřenými achátovými noži, aby se vymýtily magnetické chyby, ale od tohoto zařízení bylo upuštěno, poněvadž achát nelze zpracovati tak přesně jako ocel.

O problém se zajímal i A. A. Michelson, který chtěl měření opakovati, upustil však od zkoumání efektu vzhledem k tomu, že Majorana pokračuje ve svých pracích v Bologni. Bylo by předčasně referovati o nich, pokud nejsou ukončeny a publikovány. Kvalitativně potvrzují výsledky předešlých prací, avšak hodnota absorpčního koeficientu dosud není definitivně stanovena.

Jak sám Lorentz uznal, budou mít výsledky Majoranových prací neobyčejnou důležitost pro vědecké badání. Vzhledem k tomu, že jest nutno, aby se energie pohlcených gravitačních partikulí nějak projevila, vedla by absorpční hypotéza k novému výkladu hvězdného tepla i k novým problémům o konstituci hmoty.