

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

[Obrazová příloha k článku Gravitácia a antihmota]

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 35 (1990), No. 2, [65a]--[65g]

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139262>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1990

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>

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

k článku T. Goldmana, R. J. Hughese a M. N. Nieta:

Gravitácia a antihmota

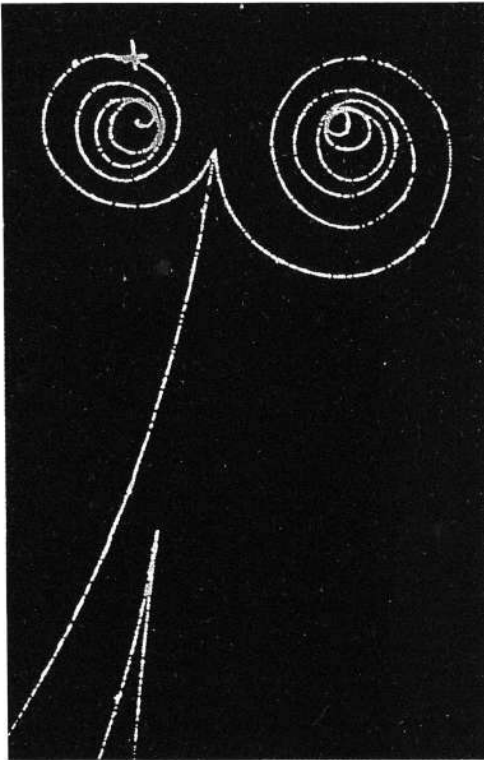
Obr. 1 přetiskujeme z časopisu *Scientific American* 258, č. 3 se souhlasem *Scala/Art Resource, Editorial Photocolor Archives*, 65 Bleeker Street, New York, N. Y. 10012, obr. 2. se souhlasem *Lawrence Berkeley Laboratory*, † Cyclotron Road, Berkeley, California 94720.

Také obr. 3, 7 a 10 jsou reprodukovány z citovaného čísla časopisu *Scientific American* a obrázky 4, 5, 6, 8 a 9 zhotovil překladatel článku (podle obrázků v uvedeném časopise).

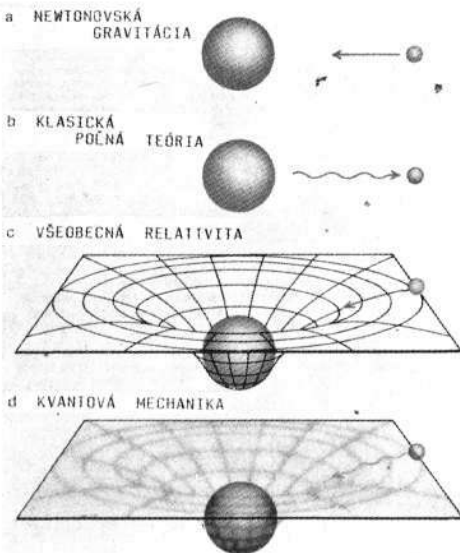
Na poslední straně přílohy je obr. 3. k článku Z. Vöröse: *Tranzientné nárazové vlny v heliosfére a vzťahy Slnko – Zem.*



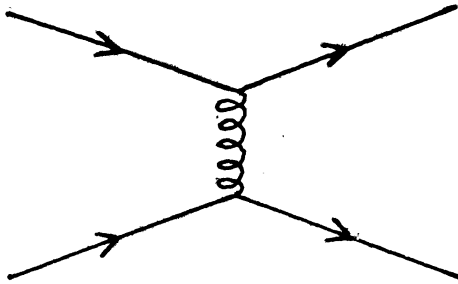
Obr. 1. GALILEO stojí uprostred tejto fresky a vysvetľuje, že zrýchlenie gule valiacej sa po naklonenej rovine je konštantné. Takéto experimenty ho viedli k záveru, že ak pustíme z výšky objekty rôznej hmotnosti a látky, dopadnú na zem v tom istom okamihu. Tento princíp ekvivalencie, ako základný princíp gravitačnej teórie, sa zachoval v ľudovej mytológii v históрке, podľa ktorej Galileo pustil dva kamene z naklonenej veže v Pize, ktorú vidíme v pozadí. Moderný test tohto princípu bude spočívať v meraní gravitačného zrýchlenia antiprotónov. Podľa teórie supergravitácie a teórie strún mali by antiprotóny padať rýchlejšie ako protóny.



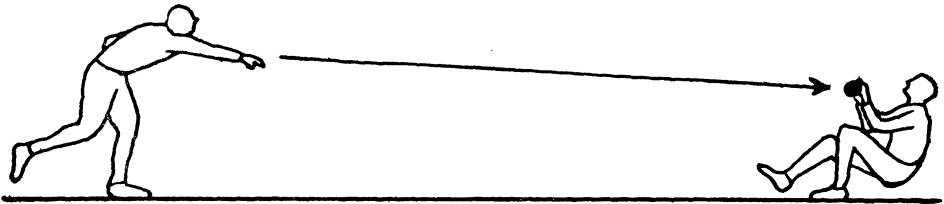
Obr. 2. ELEKTRÓN-POZITRÓNOVÝ PÁR opúšťa vidlicovú sa rozvetvujúcu špirálovú stopu v zábere na tejto fotografii z hmlovej komory. Elektrón a jeho antihmotový partner kreovajú gama lúčom, ktorý sa prudko zrazil s vodíkovým jadrom, majú túže hmotnosť, ale opačný elektrický náboj, a tak sa v magnetickom poli komory zakrivujú v opačných smeroch. Častice a ich antičastice majú opačné kvantové čísla; ak je teda dostatok energie vhodnej na to, aby sa zachovala hybnosť a získala hmotnosť (v súlade s $E = mc^2$), môžu byť kreované v pároch, pretože ich výsledné kvantové číslo bude nula. Častice a antičastice môžu sa aj navzájom anihilovať, emitujúc pritom energiu. Anti-protóny sú kreované v urychľovačoch nárazom vysokoenergetických častíc na vhodné terčiky.



Obr. 3. TEÓRIE GRAVITÁCIE opisujú silu medzi dvoma hmotnosťami. Newton, ktorý uviedol do vzťahu veľkosť gravitačnej sily s hmotnosťou objektov a vzdialenosťou medzi nimi, predpokladal, že sila pôsobí okamžite na vzdialenosti (a). Avšak špeciálna teória relativity dokázala, že nič sa nepohybuje rýchlejšie, ako je rýchlosť svetla. Klasická poľná teória zaviedla predstavu poľa, ktoré prenáša silu konečnou rýchlosťou (b). Einstein poznal, že poľné rovnice pre gravitáciu opisujú priestoročas, ktorý je zakrivený v blízkosti hmotnostných objektov. V jeho všeobecnej teórii relativity sa gravitácia prejavuje pohybom objektov pozdĺž dráh, ktoré sledujú najkratšiu možnú vzdialenosť v zakrivenom priestoročase (c). Kvantová mechanika učí, že dráha nie je determinovaná (d). Táto nekonzistentnosť medzi kvantovou teóriou a všeobecnou relativitou stále ešte znepokojuje fyzikov.



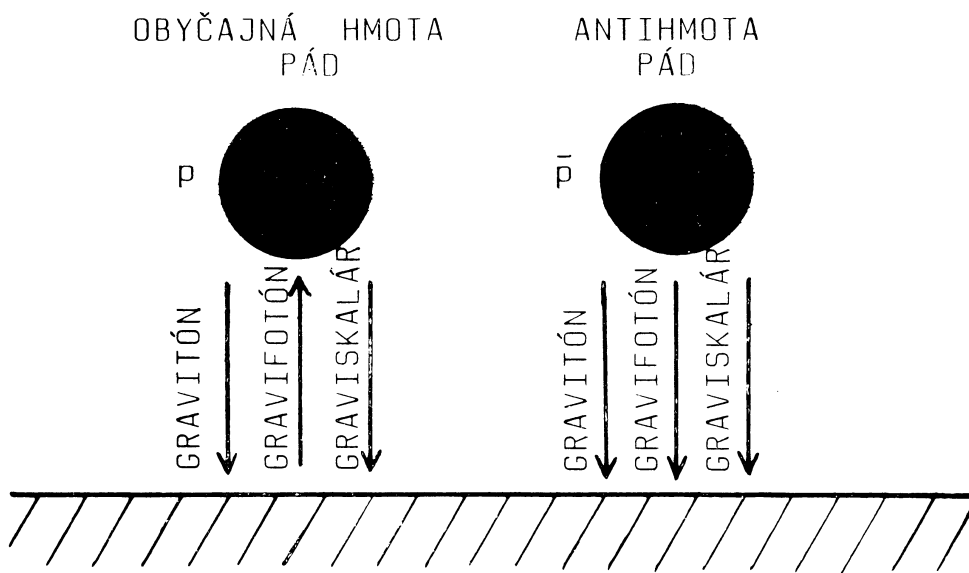
DOŠAH SILY	
častice s hmotnosťou	konečný
častice bez hmotnosti	nekonečný



Obr. 4. KVANTOVÁ TEÓRIA POĽA zaviedla predstavu častice, ktorá prenáša silu. Dve interagujúce častice vymieňajú si tretiu časticu, ktorá nesie energiu a hybnosť od jednej ku druhej celkom tak, ako keď vrhnutá lopta prenáša energiu a hybnosť od strelca k lapačovi. Častice s hmotnosťou pôsobia tak, že dosah ich účinku je konečný. Častice bez hmotnosti, ako sú fotóny (svetlo) a gravitóny (nositelia gravitácie), pôsobia na nekonečnú vzdialenosť.

		SILY MEDZI POD. NÁBOJMI	SILY MEDZI OPAČ. NÁBOJMI	PRÍKLADY
SPIN	0 SKALÁR	PRIŤAHOVANIE	PRIŤAHOVANIE	HIGGS. ČAST. GRAVISKALÁR
	1 VEKTOR	ODPUDZOVANIE	PRIŤAHOVANIE	FOTÓN, GLUÓN GRAVIFOTÓN
	2 TENZOR	PRIŤAHOVANIE	PRIŤAHOVANIE	GRAVITÓN

Obr. 5. ČASTICE S CELOČÍSELNÝM SPINOM prenášajú familiárne sily prírody. Častice s párnym spinom produkujú len príťažlivú silu, kým častice s nepárnym celočíselným spinom produkujú príťažlivú alebo odpudivú silu v závislosti od toho, či interagujúca hmota má tie isté alebo opačné kvantové čísla. Napríklad elektromagnetickú silu nesie fotón so spinom 1; teda častice s tým istým nábojom sa vzájomne odpudzujú a častice s opačným nábojom sa navzájom priťahujú. Podobne sa očakáva, že gravifotón produkuje odpudzovanie medzi hmotou a hmotou, ale priťahovanie medzi hmotou a antihmotou.

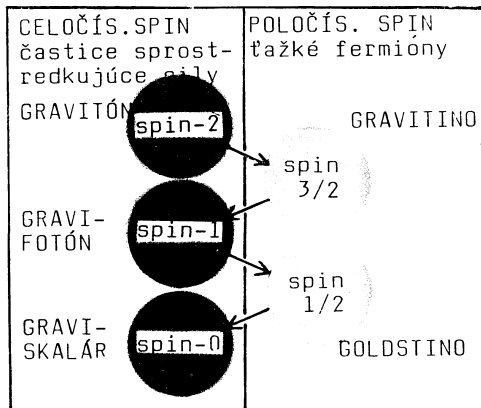


Obr. 6. NOVÉ ČASTICE by mali byť príčinou toho, že hmota vyvoláva na antihmotu silu, ktorá je iná, než je sila, ktorú vyvoláva na obyčajnú hmotu. Gravitón a graviskalár by v oboch prípadoch produkovali príťažlivosť, ale gravifotón by produkoval odpudzovanie pre hmotu a príťahovanie pre antihmotu. Ak by boli gravifotónové a graviskalárne účinky skoro rovnaké, pre interakcie medzi bežnou hmotou by sa navzájom takmer zrušili, ale pre interakcie medzi hmotou a antihmotou by sa sčítali. Antihmota by potom mohla padať na zem snáď o 14 % alebo aj o viackrát rýchlejšie než hmota.

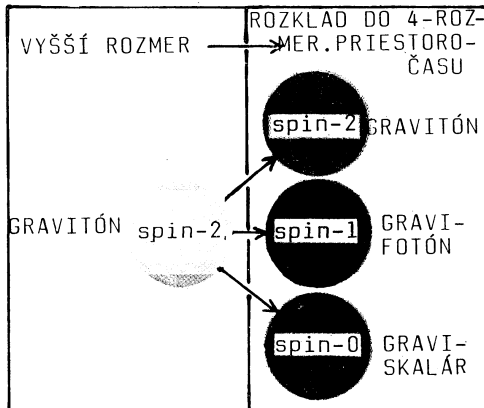


Obr. 7. GRAVITAČNÉ MERADLO sa pečlivo zdvihlo z hlbokého vrtu v grónskej ľadovej tabuli niekoľko míľ južne od arktického kruhu. Zariadenie za pol milióna dolárov meria lokálnu gravitačnú silu v rôznych polohách do hĺbky 1600 metrov s presnosťou jednej stomilióntiny. Meradlo, ktoré sa normálne používa na hľadanie ropy, testuje možnú existenciu nových interakcií súvisiacich s gravitáciou. Na fotografii vidíme C. Rohna z univerzity nebraského Úradu pre polárne ľadové jadro a J. Wirtza z Amoca. T. Lautzenhiser je vo vnútri zdvihadlovej mechaniky.

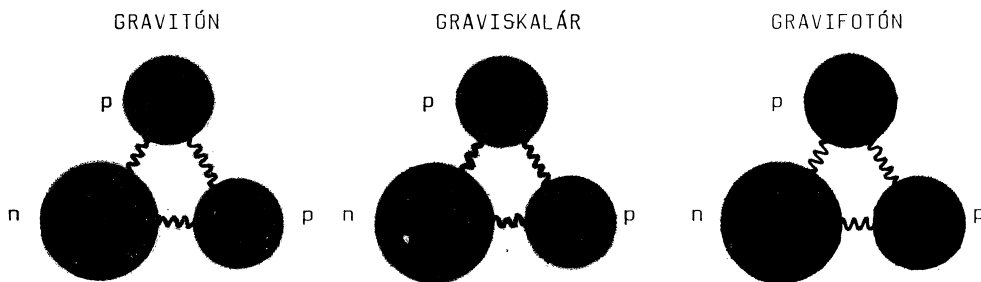
SUPERGRAVITÁCIA



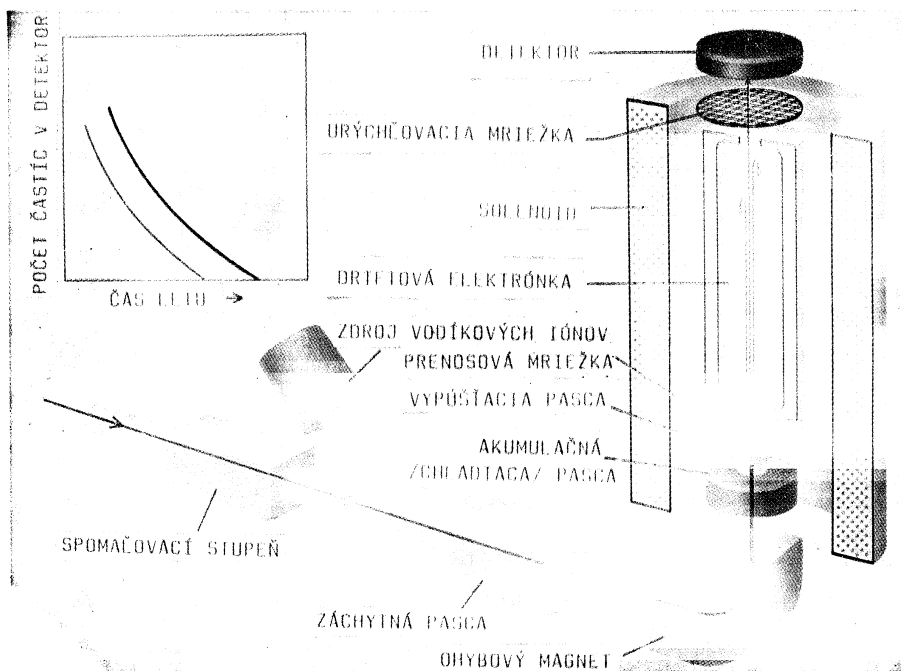
METRICKÉ TEÓRIE



Obr. 8. DVA TEORETICKÉ PRÍSTUPY predpovedajú existenciu nových s gravitáciou súvisiacich interakcií, ktoré sú napodiv podobné. Supergravitačné teórie, ktoré používajú štyri alebo viac „supersymetrických“ operácií (šípky) na gravitón so spinom 2, dávajú vznik sérii nových častíc: gravitina so spinom 3/2, gravifotónu so spinom 1, goldstina so spinom 1/2 a graviskaláru so spinom nula. Nové sily by prenášali gravifotón a graviskalár. Osobitnú triedu teórií tvoria tzv. metrické teórie, ktoré opisujú sily pomocou priestoročasovej krivosti a poskytujú nápadne podobné predpovede: gravitón so spinom 2 pri vyšších dimenziách sa „rozkladá“ na gravitón so spinom 2 a jeden alebo viac gravifotónov so spinom 1 a graviskalárov so spinom nula v obvyklom štvorrozmernom priestoročase.



Obr. 9. Nové teórie mali by pripúšťať NARUŠENIA princípu ekvivalencie, keďže tri častice, ktoré prenášajú gravitáciu a s ňou súvisiace sily mohli by sa viazať na hmotnosť a energiu s rôznymi intenzitami, ako to naznačujú meniace sa intenzity farby na tomto znázornení. Gravitón sa viaže s rovnakou intenzitou na hmotnosť (gule) a väzbovú energiu (roztrasené vlnovky). Graviskalár mohol by sa viazať na hmotnosť inak, než je to pri jeho väzbe na energiu, a tak prvky s mnohými viazanými protónmi a neutrónmi mohli by zakúšať slabšiu silu než prvky, ktoré obsahujú len niekoľko viazaných nukleónov. Gravifotón by sa mohol viac viazať na interné kvantové čísla ako sú baryónové číslo (napríklad protóny a neutróny), než na hmotnosť alebo väzbovú energiu. Jednou skúškou je porovnať gravitačnú silu pôsobiacu na prvky, ktoré majú rôzny pomer protónov a neutrónov, pretože protóny majú menšiu inerciálnu hmotnosť ako neutróny, ale to isté baryónové číslo. Graviskalárne, ako aj gravifotónové účinky by sa mali objaviť iba v pásme konečného dosahu, o ktorom predpovedá teória, že je medzi niekoľko sto metrov a niekoľko sto kilometrov.



Obr. 10. ÚČINOK GRAVITÁCIE na antiprotóny bude sa merať v Low Energy Antiproton Ring (LEAR) Európskeho laboratória pre časticovú fyziku (CERN). Antiprotóny sa vyextrahujú pri energii dvoch miliónov elektrónvoltov, spomalia sa na 10^4 až $2 \cdot 10^4$ elektrónvoltov a zachytia sa v záchytnej pasci a akumuláčnej pasci, kde sa ochladia na 10 stupňov Kelvina (-263°C). Potom sa vypustia 100 v určitom čase, do jeden meter vysokej driftovej elektrónky. Antiprotóny, najužitočnejšie pre experiment, budú mať počiatočnú rýchlosť v priemere 4 metre za sekundu. Keď sa budú vháňať smerom hore, vplyv gravitácie bude ich spomaľovať. A tak častice s väčšou energiou dosiahnu detektor skôr a menej energetické častice neskôr. Bude eventuálne existovať medzný čas, po ktorom nijaké ďalšie častice už nedosiahnu detektor, pretože najpomalšie častice nebudú mať dostatočnú rýchlosť, aby dosiahli oblasť urýchľujúcej mriežky predtým, než gravitácia prekoná ich pohyb smerom hore. Experimentom sa bude separátne merať a porovnávať medzný čas tak pre antiprotóny, ako aj záporné vodíkové ióny (čierna čiara), ktoré majú ten istý náboj a skoro tú istú hmotnosť ako antiprotóny. Keby podliehala antihmota väčšej gravitačnej sile smerom dole ako obyčajná hmota, mali by antiprotóny kratší medzný čas (farebná krivka) než vodík.