https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2022.826188/full#e5

Cosmological Redshift and Cosmic Time Dilation in the FLRW Metric

Václav Vavryčuk*
(01)- Institute of Geophysics, Czech Academy of Sciences, Prague, Czechia

The paper shows that the commonly used **Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker** (FLRW) metric describing the expanding Universe must be modified to properly predict the cosmological redshift. It is proved that the change in the frequency of redshifted photons is always connected with time dilation, similarly as for the gravitational redshift. Therefore, the cosmic time runs differently at high redshifts than at present. Consequently, the cosmological time must be identified with the conformal time and the standard FLRW metric must be substituted by its conformal version. The correctness of the proposed conformal metric is convincingly confirmed by Type Ia supernovae (SNe Ia) observations. The standard FLRW metric produces essential discrepancy with the SNe Ia observations called the 'supernova dimming', and dark energy has to be introduced to comply theoretical predictions with data. By contrast, the conformal FLRW metric fits data well with no need to introduce any new free parameter. Hence, the discovery of the supernova dimming actually revealed a failure of the FLRW metric and introducing dark energy was just an unsuccessful attempt to cope with the problem within this false metric. Obviously, adopting the conformal FLRW metric for describing the evolution of the Universe has many fundamental cosmological consequences.

1 Introduction

Friedmann [1] applied the Einstein equations of General Relativity (GR) for describing the Universe and firstly showed that the space filled by uniformly distributed matter might evolve in time. The possibility that the Universe is really dynamic but not static was later supported by Lemaitre [2] and Hubble [3], who observed a systematic redshift of nearby galaxies, which was roughly proportional to their distance. This observation (called the Hubble-Lemaitre law) was interpreted as the Doppler effect produced by galaxies moving away from the Earth due to the Universe expansion.

However, the intuitive idea of the redshift as the Doppler effect was later abandoned. At present, the Universe is described by the so-called Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) metric [4–8], which introduces the scale factor $a(t)$ for describing the space expansion. The redshift is not related to the speed of the expansion as for the Doppler effect but to the ratio between sizes of the space, in which the photons were emitted and received [9, 10].

$1+z=a(r)a(e)$(1)

where z is the redshift, and $a(e)$ and $a(r)$ are the scale factors for the emitter and receiver, respectively. Hence, the redshift of distant galaxies would be observed even in the case, when the Universe is not expanding anymore at the present epoch.

In contrast to the space coordinates, the time coordinate is assumed to be invariable during the Universe history. This is somewhat strange and surprising, because other solutions in GR such as the well-known Schwarzschild solution [11–13] involve distortions in space and time together. Therefore, some authors pointed out to other alternative theories admissible in GR and introduced more general metrics for describing isotropic homogeneous Universe evolving in time [14–16]. In this case, another function is considered in the metric tensor $g_{\alpha\beta}$, which describes the evolution of the time component g_{00}.

Among many possibilities how to define this function, the simplest way is to assume that the time and scale factors are defined by the same function *a*(*t*). This option has a clear advantage, because the cosmological redshift will be defined by the same formula as the gravitational redshift

1+*z*=*g*00(*r*)*g*00(*e*)−−−−√(2)

where $g_{00}(e)$ and $g_{00}(r)$ are the time components of the metric tensor $g_{\alpha\beta}$ for the emitter and receiver, respectively.

Introducing the same scale factor for time and space coordinates has also other advantages. Firstly, this metric evolves in time according to the so-called conformal transformation, properties of which are intensively studied in GR in recent years [17–19]. The new time coordinate is called the conformal time and the metric utilizing this time is called the conformal metric [14–16]. This metric is particularly interesting, because it leaves the Maxwell's equations unchanged

………………………………………………………………………………..

(01)- Kosmologický rudý posuv a dilatace kosmického času v metrice FLRW
Václav Vavryčuk* • Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, Praha, Česká republika.

Článek ukazuje, že běžně používaná Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walkerova (FLRW) metrika popisující rozpínající se vesmír musí být upravena, aby správně předpovídala kosmologický rudý posuv. Je dokázáno, že změna frekvence fotonů s rudým posuvem je vždy spojena s dilatací času, podobně jako u gravitačního rudého posuvu. Kosmický čas proto při vysokých rudých posuvech běží jinak než v současnosti. V důsledku toho musí být kosmologický čas identifikován s konformním časem a standardní metrika FLRW musí být nahrazena jeho konformní verzí. Správnost navržené konformní metriky je přesvědčivě potvrzena pozorováním supernov typu Ia (SNe Ia). Standardní metrika FLRW vytváří zásadní nesrovnalosti s pozorováními SNe Ia nazývanými „stmívání supernovy" a pro splnění teoretických předpovědí s daty je třeba **zavést** (Vesmír to miluje, když mu někdo něco „zavádí") temnou energii. Naproti tomu konformní metrika FLRW dobře odpovídá datům, aniž by bylo nutné zavádět jakýkoli nový volný parametr. Proto objev stmívání supernovy ve skutečnosti odhalil selhání metriky FLRW a zavedení temné energie bylo jen neúspěšným pokusem vyrovnat se s problémem v rámci této falešné metriky.

Je zřejmé, že přijetí konformní metriky FLRW pro popis vývoje vesmíru má mnoho zásadních kosmologických důsledků.

1 Úvod.

Friedmann [1] použil k popisu vesmíru Einsteinovy rovnice obecné relativity (GR) a nejprve ukázal, že prostor vyplněný rovnoměrně rozloženou hmotou se může v čase vyvíjet. Možnost, že vesmír je skutečně dynamický, ale ne statický, později podpořili Lemaitre [2] a Hubble [3], kteří pozorovali systematický rudý posuv blízkých galaxií, který byl zhruba úměrný jejich vzdálenosti. Toto pozorování (nazývané Hubbleův-Lemaitrov zákon) bylo interpretováno jako Dopplerův jev vytvářený galaxiemi, které se vzdalují od Země v důsledku **rozpínání** rozbalování vesmíru. http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_032.gif ; Intuitivní myšlenka rudého posuvu jako Dopplerova jevu však byla později opuštěna. V současnosti je vesmír popsán tzv. Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) metrikou [4–8], která **zavádí** (Vesmír miluje, když mu někdo něco „zavádí") měřítko a(t) jaký rozměr má to měřítko? pro popis rozpínání prostoru.tj. pootáčení soustav na zakřiveném čp… Červený posuv nesouvisí s rychlostí expanze $v = H_0 . d$ chyba.; jako u Dopplerova jevu, ale s poměrem mezi velikostmi prostoru, ve kterém byly fotony emitovány a přijímány [9, 10]. 1+z=a(r)a(e)(1) kde z je červený posuv a a(e) a a(r) jsou měřítkové faktory jaký rozměr mají ty měřítkové faktory? pro vysílač a přijímač. Rudý posuv vzdálených galaxií by tedy byl pozorován i v případě, kdy se vesmír v současné epoše již nerozpíná. Ano, protože ze současného časoprostoru 3+3D už téměř plochého směrem „k začátku" je čp více a více křivý, (historii nelze měnit), tedy trajektorie fotonu od emitenta je zaoblená, čili my „pozorujeme" pootočený interval (informaci deformovanou) od emitenta, což koresponduje se změnou vyššího rudého posuvu. Na rozdíl od vesmírných délkových souřadnic se předpokládá, že časové souřadnice jsou (ano, jsou jednak tři stejně jako jich má prostor, tj. 3+3D čp) během historie vesmíru neměnné. Neměnné v jakém smyslu? http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_486.jpg ; jednotkové intervaly na součadnicích jsou měnné, tedy snímky těchto intervalů se mění. Rozbalování prostoru je totéž jako rozbalování tří časových dimenzí, což hodnotíme jakožto plynutí času do tří souřadnic, tří os. To je poněkud zvláštní a překvapivé, protože jiná řešení v GR, jako je známé Schwarzschildovo řešení [11–13], zahrnují zkreslení v prostoru a čase dohromady. No proč ne?? Někteří autoři proto poukázali na další alternativní teorie přípustné v GR a zavedli obecnější metriky pro popis izotropního homogenního vesmíru vyvíjejícího se v čase [14–16]. No proč ne?!! V tomto případě je uvažována další funkce v metrickém tenzoru gαβ, který popisuje vývoj časové složky g00. co to je za hloupé „myšlení stranou"?? Cožpak veličina Délka má nějaké „složky"? Cožpak dimenze x, y, z jsou „složky" pro sestavení prostoru??, co je to za blbost…, cožpak dimenze x, y, z nejsou přímo souřadnice v prostoru??, a musíte „zavádět" nějaké „složky" v metrickém tenzorování??

3 dimenze délkové jsou tři délkové dimenze pojmenované odnepaměti názvem „Prostor“ a basta. A 3 dimenze časové by měly být také už dávno nějak pojmenovány, např. „Časor“. Z mnoha možností, jak tuto funkci definovat, je nejjednodušší předpokládat, že faktory času a měřítka jsou definovány stejnou funkcí a(t). Tato možnost má jasnou výhodu, protože kosmologický rudý posuv bude definován stejným vzorcem jako gravitační rudý posuv 1+z=g00(r)g00(e)−−−−√(2) kde g00(e) a g00(r) jsou **časové složky metrického tenzoru gαβ** pro vysílač a přijímač. Žádné časové složky, jsou nadbytečné (!) To by musela mít i veličina „Délka“ také složky a říkalo by se jim „složka x na dimenzi x“, „složka y na dimenzi y“ a „složka z na dimenzi z“ dohromady „prostor“. Prostě: Proč by to nemohly být přímo rovnou dimenze (**x, y, z, t_1, t_2, t_3**). Tady to je vysvětleno http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_388.pdf ; Zavedení stejného měřítka pro časové a prostorové souřadnice má také další výhody. Za prvé, tato metrika se v čase vyvíjí podle tzv. konformní transformace, jejíž vlastnosti jsou v posledních letech v GR intenzivně studovány [17–19]. Nová časová souřadnice co to je?? se nazývá konformní čas a metrika využívající tento čas se nazývá konformní metrika [14–16]. Tato metrika je obzvláště zajímavá, protože ponechává Maxwellovy rovnice beze změny

……………………………………………………………………………

(02)- from their form in the Minkowski spacetime [20–22]. The conformal metrics have also other exceptional properties and open space for new cosmological models as the Conformally Flat Space-Time Cosmology [14, 15, 23], Conformal Gravity [17, 24] or the Conformal Cyclic Cosmology [19, 25–27].

Nevertheless, introducing the conformal time into the FLRW metric is commonly viewed as a mathematical concept different from the physical cosmic time [16]. Otherwise, we have to admit a variable coordinate speed of light dependent on the scale factor $a(t)$. Although, theories of variable speed of light (VSL) exist [28, 29], they are not paid much attention, because they are against a deeply rooted concept of the speed of light as a nature constant. Nevertheless, Dicke [30] argues in his pioneering work on gravity that VSL is physically admissible. Also Dirac [31] states that “The laws may be changing, and in particular quantities which are considered to be constants of nature may be varying with cosmological time.”

In this paper, the problem of cosmic time dilation and cosmological redshift in the standard FLRW metric is revisited. It is shown that time dilation and redshift observations are, actually, inconsistent with the original FLRW metric. Instead, the conformal FLRW metric should be used for describing the Universe evolution, because it predicts time dilation and redshift correctly. Cosmological consequences of this correction are discussed.

2 Theory

2.1 FLRW Metric

The space filled by a homogenous and isotropic matter is described by the following general metric [12, 16, 22, 32]:

$$ds^2 = -A^2(t)c^2dt^2 + B^2(t)d\Sigma^2, \quad (3)$$

where $ds = cd\tau$ is the spacetime element, c is the speed of light, τ is the proper time, t is the coordinate time, Σ is the 3-dimensional coordinate in space of uniform curvature, and $A(t)$ and $B(t)$ are arbitrary functions describing time evolution of time dilation and space expansion, respectively.

The standard FLRW metric is based on the assumption of the space expansion described by the scale factor $a(t) = B(t)$ and with no time dilation $A(t) = 1$. Hence, the metric reads in the spherical coordinate system as [9, 10, 33].

$$ds^2 = -c^2dt^2 + a^2(t)\left(\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2d\Omega^2\right), \quad d\Omega^2 = d\Theta^2 + \sin^2\Theta\, d\phi^2, \quad (4)$$

k is the curvature index of the space, r is the comoving distance, and Θ and ϕ are the spherical angles.

An alternative to Eq. 4 is the so-called conformal form of the FLRW metric [16], which assumes the same factor $a(t)$ for time dilation and space expansion, $A(t) = B(t) = a(t)$,

$$ds^2 = a^2(t)\left(-c^2dt^2 + \frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2d\Omega^2\right), \quad (5)$$

where time t has a different physical meaning than in Eq. 4 being often denoted as η.

Obviously, Einstein's equations do not constrain functions $A(t)$ and $B(t)$ in Eq. 3 and they do not give us any preference between Eq. 4 for the standard FLRW metric and Eq. 5 for the conformal FLRW metric. Both metrics are based on the assumption of perfect isotropy and homogeneity and they satisfy the GR equations.

2.2 Coordinate Freedom of Choosing Time

We can see that Eq. 5 is obtained from Eq. 4 by a simple transformation

$$dt = a(t)d\eta, \quad (6)$$

where η is called the conformal (comoving) time and t is the proper time. Commonly, the conformal time η is considered as a mathematical concept different from the physical coordinate time. In this case, Eqs 4, 5 are physically equivalent, because we applied just rescaling of time using Eq. 6 and the Einstein equations are coordinate invariant [12, 34].

However, we should be aware that the coordinate invariance of the Einstein equations does not mean that we can rescale time and space coordinates arbitrarily with no physical consequences. The physically meaningful coordinates should be identified with the "cosmological coordinate system," in which all fundamental bodies are in rest [14, 15, 20, 21]. Also, we cannot mix comoving and proper coordinates in the metric. If we ignore this condition and do not distinguish between comoving and proper coordinates, Eqs 4, 5 can possibly describe the static Universe, provided distance r is substituted by the proper distance R as

$$dr = \frac{dR}{a(t)}. \quad (7)$$

Hence, the key for understanding Eqs 4, 5 is to define, which quantities are physical (being related to the cosmological coordinate system) and which

……………………………………………………………………….

(02)- z jejich formy v Minkowského časoprostoru [20–22]. Konformní metriky mají i další výjimečné vlastnosti a otevřený prostor pro nové kosmologické modely, ó, ohoó, zajímavé jako je konformně plochá prostoročasová kosmologie [14, 15, 23], konformní gravitace [17, 24] nebo konformní cyklická kosmologie [19, 25–27]. .No prostě všchno je konformní, protože všechno má „tři rohy, tři řitní otvory, tři oči,"…atd. Nicméně zavedení konformního času do metriky FLRW …a zavedení Belzebuba mezi obyčejné četry vede k vyšší disciplíně je běžně považováno za matematický koncept odlišný od fyzického kosmického času [16]. Jinak musíme připustit proměnnou souřadnicovou rychlost světla závislou na faktoru měřítka a(t). Rychlost světla je vždy stejná proto, že vždy platí c = 1/1. Vždy c =1/1 presentuje plochý nekřivý časoprostor ($c^3 = 1^3 m^3/1^3 sec^3$). **0/1 = 1/□ □= v < c = 1/1**. Volba jednotek délky a času musí být taková, aby platilo c = 1/1 to je zákon.

Ačkoli $\boxed{\text{existují teorie}}$? proměnné rychlosti světla (VSL) [28, 29], nevěnuje se jim příliš pozornosti, protože jsou proti hluboce zakořeněné koncepci rychlosti světla jako přírodní konstanty. Především přírodní konstantou je a musí být plochý-nekřivý 3+3D časoprostor. Nicméně Dicke [30] ve své průkopnické práci o gravitaci tvrdí, že VSL ? je fyzikálně přípustná. Také Dirac [31] uvádí, že „zákony se mohou měnit a zejména veličiny, které jsou považovány za přírodní konstanty, se mohou měnit s kosmologickým časem. ? Proč by to dělaly? Je na to důvod? a pak i důkaz? V tomto článku se znovu vracíme k problému dilatace kosmického času a kosmologického rudého posuvu ve standardní metrice FLRW. Je ukázáno, že pozorování dilatace času a rudého posuvu jsou ve skutečnosti nekonzistentní s původní metrikou FLRW. Místo toho by měla být pro popis vývoje vesmíru použita konformní metrika FLRW, a důvod??, protože správně předpovídá dilataci času a červený posuv. A důkaz je kde? Jsou diskutovány kosmologické důsledky této korekce. 2 Teorie 2.1 Metrika FLRW Prostor vyplněný homogenní a izotropní hmotou je popsán následující obecnou metrikou [12, 16, 22, 32]: ds2=−A2(t)c2dt2+B2(t)dΣ2,(3) kde ds = cdτ je prvek časoprostoru, c je rychlost světla, τ je správný čas, t je souřadnice času, a co je, jaký prvek je d□ = dx/c ? Σ je 3-rozměrná souřadnice v prostoru rovnoměrného zakřivení a A(t) a B(t) jsou libovolné funkce popisující časový vývoj dilatace času a expanze prostoru. Standardní metrika FLRW je založena na předpokladu expanze prostoru popsaného měřítkovým faktorem a(t) = B(t) a bez časové dilatace A(t) = 1. Metrika se tedy čte ve sférickém souřadnicovém systému jako [9, 10, 33]. ds2=−c2dt2+a2(t)(dr21−kr2+r2dΩ2),dΩ2=dΘ2+sin2Θdφ2,(4) k je index zakřivení prostoru, r je vzdálenost přibližování a Θ a φ jsou sférické úhly. Alternativa k Eq. 4 je tzv. konformní forma metriky FLRW [16], která předpokládá stejný faktor a(t) pro dilataci času a expanzi prostoru, A(t) = B(t) = a(t), ds2=a2(t)(−c2dt2+dr21−kr2+r2dΩ2),(5) kde čas t má jiný fyzikální význam než v rov. 4 se často označuje jako η. Je zřejmé, že Einsteinovy rovnice neomezují funkce A(t) a B(t) v rovnici. 3 a nedávají nám žádnou přednost mezi rov. 4 pro standardní metriku FLRW a Eq. 5 pro konformní metriku FLRW. Obě metriky jsou založeny na předpokladu dokonalé izotropie a homogenity a splňují rovnice GR.

2.2 Koordinační svoboda volby času Můžeme vidět, že Eq.5 se získá z rov. 4 jednoduchou transformací dt=a(t)dη,(6) kde η se nazývá konformní (comoving) čas a t je správný čas. Běžně je konformní čas η považován za matematický koncept odlišný od fyzikálního souřadnicového času. V tomto případě jsou rovnice 4, 5 fyzikálně ekvivalentní, protože jsme použili pouze změnu měřítka času pomocí rovnice. 6 a Einsteinovy rovnice jsou souřadnicově invariantní [12, 34]. Měli bychom si však uvědomit, že souřadnicová invariance Einsteinových rovnic neznamená, že můžeme libovolně měnit měřítko časových a prostorových souřadnic bez fyzikálních následků. Fyzicky smysluplné souřadnice by měly být identifikovány s „kosmologickým souřadnicovým systémem“, ve kterém jsou všechna základní tělesa v klidu [14, 15, 20, 21]. V metrice také nemůžeme míchat komovování a správné souřadnice. Pokud tuto podmínku ignorujeme a nerozlišujeme mezi přibližovacími a vlastními souřadnicemi, rovnice 4, 5 mohou popisovat statický vesmír, za předpokladu, že vzdálenost r je nahrazena správnou vzdáleností R jako dr=dRa(t) .(7) Klíčem k pochopení rovnic 4, 5 je tedy definovat, které veličiny jsou fyzikální (související s kosmologickým souřadnicovým systémem) a které

……………………………………………………………………………

(03)- veličiny popisují pouze libovolnou souřadnici bez fyzikálního významu. Jestliže r je vzdálenost přibližování, rovnice 4, 5 nepopisují statický vesmír, ale rozpínající se vesmír. Podobně, je-li konformní čas η čas přechodu měřený hodinami v kosmologickém souřadnicovém systému, pak rovnice 4, 5 definují dva fyzikálně odlišné modely vesmíru. To je zřejmé, protože Eq. 4 předpokládá, že kosmický čas je invariantní vůči expanzi prostoru, zatímco Eq. 5 předpokládá, že kosmický čas je závislý na expanzi vesmíru. V důsledku toho je souřadnicová rychlost světla v rovnici invariantní. 4 ale závisí na a(t) v rov. 5, viz příloha A. Protože obě rovnice jsou v GR přípustné, je třeba správný tvar metriky kosmologického souřadnicového systému zjistit z pozorování. Správná metrika by měla především uspokojivě vysvětlit pozorování kosmologického rudého posuvu.

2.3 Kosmologická nekonzistence rudého posuvu Kosmologický rudý posuv ve standardní metrice FLRW se běžně vysvětluje jako změna vlnové délky fotonu v důsledku expanze prostoru [9, 10, 33, 35, 36]. Běžné odvozování v učebnicích je následující. Světlo se šíří po nulové geodéze, ds = cdτ = 0, tedy c2dt2=a2(t)dl2,(8) kde dl je prvek vzdálenosti přibližování. v důsledku toho cdta(t)=dl.(9) Předpokládejme, že vzdálená galaxie emituje fotony konstantní rychlostí Δte a s vlnovou délkou λe. Fotony jsou pozorovány při rychlosti Δtr a s vlnovou délkou λr. První foton je emitován v čase te a přijat v čase tr. Vezmeme-li v úvahu, že vzdálenost mezi galaxií a pozorovatelem je stejná pro

dva po sobě jdoucí fotony ∫trtecdta(t)=∫tr+Δtrte+Δtecdta(t)(10) a odečtením integrálu ∫trte+Δtecdta(t)(11) dostaneme ∫te+Δtetecdta(t)=∫tr+Δtrtrcdta(t)(12) Protože se měřítko a(t) mění pomalu a během emise a pozorování dvou po sobě jdoucích fotonů se příliš nemění, píšeme 1a(te)∫te+Δtetecdt=1a(tr)∫tr+Δtrtrcdt.(13) Proto, dea(te)=dra(tr)(14) kde de = cΔte a dr = cΔtr jsou vzdálenosti mezi dvěma po sobě jdoucími fotony u vysílače a přijímače. Následně můžeme dojít k závěru, že vlnové délky fotonů λe a λr se řídí stejným vztahem λea(te)=λra(tr)(15) Toto odvození však není správné. Pomocí Eq. 13, můžeme také získat následující rovnici Δčaj(te)=Δtra(tr)(16) což znamená, že souřadnicový čas závisí na faktoru měřítka a(t). Je zřejmé, že Eq. 16 je nekonzistentní se standardní metrikou FLRW popsanou rovnicí. 4, kde je čas souřadnic invariantní. Případně můžeme ponechat souřadnicový čas nezávislý na faktoru měřítka, ale pak musíme předpokládat, že rychlost světla c závisí na faktoru měřítka a(t) a musíme rozlišovat mezi rychlostí světla v zářiči, ce a v přijímači, kr. To je opět v rozporu s rov. 4. Základní potíž s výše uvedeným odvozením vlnových délek fotonů závislých na červeném posuvu spočívá v nesprávné definici vlnové délky jako vzdálenosti mezi dvěma různými časoprostorovými událostmi, viz přílohy B, C. Je zřejmé, že vzdálenost musí být měřena na jednom souřadnicovém systému, nikoli však jako vzdálenost mezi body ve dvou různých souřadnicových systémech spojených se dvěma fotony měřenými v různých časech. Jakmile vezmeme v úvahu dva fotony putující po stejné dráze paprsků se vzdáleností d mezi nimi ve stejném čase souřadnic, efekt zvětšování vzdálenosti mezi fotony během expanze prostoru zmizí. Po každém čase t oba fotony urazí stejnou vzdálenost podél stejného paprsku a v důsledku toho je vzdálenost mezi nimi časově nezávislá, viz příloha B. Matematicky upravíme Eq.10, ve kterém nepředpokládáme rovnost vzdálenosti comoving, ale rovnost vzdálenosti pohybu světla fotonů šířících se po stejné dráze paprsku od vysílače k přijímači: ∫trtecdt=∫tr+Δtte+Δtcdt.(17) Stejnou logikou jako výše získáme, že pokud se čas a rychlost světla nemění, nemění se ani vlnová délka fotonů. Dva po sobě jdoucí fotony pohybující se po stejné paprskové dráze si tedy udržují svou vzájemnou správnou vzdálenost konstantní a nezávislou na rudém posuvu. Avšak správná vzdálenost mezi dvěma fotony cestujícími podél dvou paralelních paprsků současně závisí na rudém posuvu a zvyšuje se s expanzí prostoru. Je to proto, že vzdálenost mezi dvěma fotony pohybujícími se po paralelních paprskových drahách je konstantní, takže správná vzdálenost se musí zvětšovat s expanzí prostoru, viz.
Pane Vavryčuk, to, co tady výše popisujete, tomu také sám věříte?

……………………………………………………………………………………

(04)- Appendix C. Only the proper distance between two successive photons travelling along the same ray does not change, see Appendix B.

The above derivation proves that the standard FLRW metric cannot be applied to the Universe, because it does not predict the cosmological redshift. The cosmological redshift can be observed only if the cosmic time depends on the scale factor $a(t)$ and it runs differently at high redshift than at present. Therefore, the cosmological redshift is not a consequence of the space expansion but of time dilation. A disputable character of the original FLRW metric is also indicated by comparing this metric with other solutions in GR, where the expansion/contraction of space is tightly connected with time dilation. If we insist on no time dilation, no redshift will be observed.

The variability of the cosmic time during the Universe evolution would be supported by the fact that the mass density in the Universe is time dependent. At previous epochs, the Universe was much denser and the gravitational field much stronger. Going back in time to high redshifts is analogous to the case, when an observer moves towards the black hole. According to the Schwarzschild solution, the coordinate time for the observer close to the black hole runs differently than for the observer far from the black hole. Similarly, the coordinate time must run differently at the high redshift Universe than at the present epoch. Consequently, assuming that the Universe expands but the cosmic time is invariant is physically unjustified.

Hence, the correct metric is the conformal form of the FLRW metric described by Eq. 5 and the cosmological redshift obeys the same formula as the gravitational redshift:

vevr=1+z=√g00(r)g00(e)(18)

where z is the redshift, ν_e and ν_r are the frequencies of the photon at the emitter and receiver, and $g_{00}(e)$ and $g_{00}(r)$ are the time components of the metric tensor $g_{\alpha\beta}$ at the emitter and receiver, respectively.

2.4 Properties of the Conformal FLRW Metric

The conformal FLRW metric is essentially different from the original FLRW metric with fundamental physical consequences:

• Eq. 5 implies that the comoving speed of light is constant but the proper speed of light depends on redshift. Hence, the volume of the Universe and distance between galaxies were smaller at high redshift, but photons emitted by a galaxy reach a neighbouring galaxy after the same time at high redshift as well as at the present epoch. In other words, this Universe model is conformal with the static Universe.

• The frequency ν_e of photons emitted at redshift z is higher than the frequency ν_r of photons received as:

vevr=1+*z*.(19)

• Not only the frequency ν of photons but also the rate of photons increases with redshift as $(1 + z)$.

• The proper speed of light c in the cosmological coordinate system decreases with redshift as $(1 + z)^{-1}$.

• The wavelength λ_e of photons emitted at redshift z is shorter than the wavelength λ_r of photons received as:

λeλr=(1+*z*)−2.(20)

This includes a decrease of frequency ν and an increase of the speed of light c with cosmic time.

2.5 Friedmann Equations Revisited

If the expansion of the Universe is described by the conformal FLRW metric, the Friedmann equations must be modified. The standard Friedmann equations for the pressureless fluid read [10, 33].

$(\dot{a}\ a)2=8\pi G3\rho-kc2a2+13\Lambda c2$,(21)

$\ddot{a}\ a=-4\pi G3\rho+13\Lambda c2$,(22)

where $a=(1+z)-1$

is the scale factor, G is the gravitational constant, ρ is the mean mass density, k/a^2 is the spatial curvature of the Universe, and Λ is the cosmological constant.

In order to express the Friedmann equations for the conformal FLRW metric, we have to substitute time t by the conformal time η and time derivative $\dot{a}=da/dt$

by $a'=da/d\eta=a\dot{a}$

. Hence, the conformal Friedmann equations read

$(a'a)2=8\pi G3\rho a2-kc2$,(23)

$a''a=-4\pi G3\rho a2$,(24)

where we omitted the cosmological constant, because it was inserted into Eqs 21 and 22 artificially in order to fit Type Ia supernova observations. Considering the matter-dominated Universe, we get

$8\pi G3\rho=H20\Omega ma-3$(25)

and Eq. 23 reads

$H2(a)=H20(\Omega ma-1+\Omega k)$(26)

with the condition

$\Omega m+\Omega k=1$,(27)

where $H(a) = a'/a$ is the Hubble parameter, H_0 is the Hubble constant, Ω_m is the normalized matter density, and Ω_k is the normalized space curvature. Since this model is basically the Einstein-de Sitter (EdS) model but applied to the conformal FLRW metric, it will be called as the “conformal EdS model” in contrast to the standard EdS model based on the original FLRW metric.

3 Supernovae Observations

The correctness of Eq. 26 for the time evolution of the Universe can be checked by Type Ia supernova (SNe Ia) observations, which provide the most accurate measurements of cosmological distances and of the expansion history of the Universe. A discrepancy between the supernova observations and the predictions of the standard EdS model was called the “supernovae dimming” [37, 38], and led to reintroducing the cosmological constant Λ into the Einstein

……………………………………………………………………………

(04)- Příloha C. Pouze správná vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími fotony putujícími podél stejného paprsku se nemění, viz Příloha B. Výše uvedené odvození dokazuje, že standardní metriku FLRW nelze aplikovat na vesmír, protože nepředpovídá kosmologický rudý posuv. Kosmologický rudý posuv lze pozorovat pouze tehdy, závisí-li kosmický čas na faktoru měřítka a(t)

a při vysokém rudém posuvu probíhá jinak než v současnosti. Kosmologický rudý posuv tedy není důsledkem expanze prostoru, ale dilatace času. O sporném charakteru původní metriky FLRW svědčí i srovnání této metriky s jinými řešeními v GR, kde expanze/kontrakce prostoru úzce souvisí s dilatací času. Pokud budeme trvat na žádné dilataci času, nebude pozorován žádný rudý posuv. Proměnlivost tempa plynutí kosmického času během vývoje vesmíru by podpořila skutečnost, že hustota hmoty ve vesmíru je závislá na čase. ?? V předchozích epochách byl vesmír mnohem hustší a gravitační pole mnohem silnější. Návrat v čase k vysokým rudým posuvům je analogický případu, kdy se pozorovatel pohybuje směrem k černé díře. Podle Schwarzschildova řešení běží souřadnicový čas pro pozorovatele poblíž černé díry jinak než pro pozorovatele daleko od černé díry. O.K. zakřivení časoprostoru směrem od ČD klesá. Podobně musí souřadnicový čas běžet jinak ve vesmíru s vysokým rudým posuvem než v současné epoše. Dtto, v současné epoše je křivost čp malá a směrem k big-bangu roste, proto roste i ten rudý posuv. V důsledku toho je předpoklad, že se vesmír rozpíná, ale kosmický čas tempo plynutí času je neměnný, myslím, že to možné je. ((Podle Kulhánka je kosmický čas **proměnný**)). Ale nelze to ničím dokázat. Spíš bych se přikláněl k tomu, že tempo plynutí času je v každé vesmírné lokalitě jiné (v galaxii jiné, a v mezigalaktickém prostředí také jiné), a historicky od BB ke dnešku může být tempo plynutí času také jiné. Podle změn lokálních hustot hmoty bude různě křivý 3+3D časoprostor, fyzikálně neopodstatněný. (!) (?) Správná metrika je tedy konformní forma metriky FLRW čím podpoříte své **tvrzení**? popsaná rovnicí. 5 aha... ale to lze potvrdit podle spousty rovnic... a kosmologický rudý posuv se řídí stejným vzorcem jako gravitační rudý posuv:
vevr=1+z=√g00(r)g00(e)(18) pak ale musí mít oba stejnou křivost dimenzí. Shoda křivostí je náhodná...Ocituji názor prof. Kulhánka:“ *Podle obecné teorie relativity kolem sebe tělesa zakřivují prostor a čas. V pokřiveném časoprostoru se potom pohybují po nejrovnějších možných drahách, tzv. geodetikách. Jedním z důsledků zakřivení času v okolí hmotných těles je různý chod hodin v různé vzdálenosti od daného tělesa. Tento jev můžeme měřit buď přímo za pomoci hodin umístěných v různé vzdálenosti od tělesa (Země) nebo pomocí červeného gravitačního posuvu. Foton opouštějící hmotné těleso (například Zemi) v důsledku změny chodu času (a změny zakřivení prostoru) mění svou frekvenci a červená, tj. prodlužuje svou vlnovou délku, což je měřitelné.“* kde z je červený posuv, ve a vr jsou frekvence fotonu na vysílači a přijímači a g00(e) a g00(r) jsou časové složky metrického tenzoru gαβ na vysílači a přijímači. Podle Kulhánka křiví-li se i časové dimenze, je kosmický čas **proměnný.**

2.4 Vlastnosti konformní metriky. FLRW Konformní metrika FLRW se podstatně liší od původní metriky FLRW se základními fyzikálními důsledky: • Eq. 5 znamená, že rychlost pohybu světla je konstantní, ale správná rychlost světla závisí na červeném posuvu. Podle čeho tak soudíte? V plochém časoprostoru je rychlost světla konstantní ať Vy chcete nebo nechcete.

V plochém čp žádný rudý posuv není. Objem vesmíru a vzdálenost mezi galaxiemi byly tedy menší při vysokém rudém posuvu, O.K. ale fotony emitované galaxií dosáhnou sousední galaxie po stejné době při vysokém rudém posuvu, stejně jako v současné epoše. Podle čeho tak soudíte? Vysoký rudý posuv závisí nejen na čase, ale i na křivosti dimenzí. Jinými slovy, tento model vesmíru je konformní se statickým vesmírem. • Frekvence ve fotonů emitovaných při červeném posuvu z je vyšší než frekvence vr fotonů přijatých jako: vevr=1+z.(19) • Nejen frekvence v fotonů, ale i rychlost c fotonů roste s červeným posuvem jako (1 + z). • Vlastní rychlost světla c v kosmologickém souřadnicovém systému klesá s červeným posuvem jako (1 + z)−1. Proč? • Vlnová délka λe fotonů emitovaných při červeném posuvu z je kratší než vlnová délka λr fotonů přijatých jako: λeλr=(1+z)−2.(20) To zahrnuje snížení frekvence v a zvýšení rychlosti světla c s kosmickým časem.

2.5 Přezkoumání Friedmannových rovnic.

Pokud je expanze vesmíru popsána konformní metrikou FLRW, musí být Friedmannovy rovnice upraveny. Standardní Friedmannovy rovnice pro beztlakou kapalinu byly uvedeny [10, 33]. (ȧ a)2=8πG3ρ−kc2a2+13Λc2,(21) ä a=−4πG3ρ+13Λc2,(22) kde a=(1+z)−1 je měřítko, jaký má rozměr? G je gravitační konstanta, ρ je střední hustota hmoty, k/a2 je prostorové zakřivení vesmíru a Λ je kosmologická konstanta. S rozměrem metr^2 Abychom vyjádřili Friedmannovy rovnice pro konformní metriku FLRW, musíme nahradit čas t konformním časem η což je pokřivená dimenze a časovou derivací ȧ =da/dt podle a′=da/dη=aȧ . Proto se čtou konformní Friedmannovy rovnice (a′a)2=8πG3ρa2−kc2,(23) a′′a=−4πG3ρa2,(24) kde jsme vynechali kosmologickou konstantu, protože byla vložena do rovnic 21 a 22 uměle, aby odpovídala pozorování supernov typu Ia. Když vezmeme v úvahu vesmír ovládaný hmotou, dostáváme 8πG3ρ=H20Ωma−3(25) a Eq. 23 přečtení H2(a)=H20(Ωma−1+Ωk)(26) s podmínkou Ωm+Ωk=1,(27) kde H(a) = a′/a je Hubbleův parametr, ? H0 je Hubbleova konstanta, Ωm je normalizovaná hustota hmoty a Ωk je normalizované zakřivení prostoru. http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_239.jpg Vzhledem k tomu, že tento model je v podstatě Einstein-de Sitter (EdS) model, ale aplikovaný na konformní metriku FLRW, bude nazýván jako „konformní model EdS“ na rozdíl od standardního modelu EdS založeného na původní metrice FLRW. 3 pozorování supernov Správnost rov. 26 pro časový vývoj vesmíru lze ověřit pozorováním supernov typu Ia (SNe Ia), které poskytují nejpřesnější měření kosmologických vzdáleností a historie expanze vesmíru. Nesoulad mezi pozorováním supernov a předpovědí standardního modelu EdS nesoulad má důvod v globální změně křivosti všech dimenzí 3+3D, možná jen některých z čp, byl nazván „stmívání supernov“ [37, 38] a vedl k opětovnému zavedení kosmologické konstanty Λ do Einsteinova

……………………………………………………………………………….

(05)- and Friedmann equations. The observation of the unexpected SNe Ia dimming motivated large-scale systematic searches for SNe Ia and resulted in a rapid extension of supernovae compilations.

The current supernovae compilations Union2.1 [39–44], and Pantheon [45, 46] comprise of hundreds of SNe Ia discovered and spectroscopically confirmed. The Pantheon dataset is the most accurate SNe Ia compilation at present. Every SN Ia is described by its apparent rest-frame B-band magnitude m_B, the absolute B-band magnitude M_B, the stretch parameter x_1, and the colour parameter c. These parameters are used in the Tripp formula [47, 48] for calculating the redshift-dependent distance modulus $\mu(z)$, which serves for testing the cosmological models,

$$\mu = m_B - M_B + \alpha x_1 - \beta c \qquad (28)$$

where coefficients α and β are the global nuisance parameters to be determined when seeking an optimum cosmological model. The expansion history is calculated from μ using the following equations,

$$\mu = 25 + 5\log_{10}(d_L), \quad d_L = (1+z)\int_0^z \frac{c\,dz'}{H(z')} \qquad (29)$$

where d_L is the luminosity distance expressed for the flat Universe. The Hubble function $H(z)$ is expressed for the flat Universe described by the standard ΛCDM model as

$$H^2(z) = H_0^2\left[\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_\Lambda\right], \qquad (30)$$

by the standard EdS model as

$$H^2(z) = H_0^2\left[\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_k(1+z)^2\right], \qquad (31)$$

and by the conformal EdS model as

$$H^2(z) = H_0^2\left[\Omega_m(1+z) + \Omega_k\right]. \qquad (32)$$

While the ΛCDM model contains dark energy Ω_Λ as a free parameter, which must be adjusted by fitting with the SNe Ia observations, the conformal EdS model requires no free parameter for the flat Universe, and the curvature parameter Ω_k is needed for a curved Universe. Since the Universe is nearly flat, this parameter should be close to zero and can be determined from other independent observations. Model-independent methods for estimating Ω_k are based on reconstructing the comoving distances by Hubble parameter data and comparing with the luminosity distances [49–51], on the angular diameter distances [52], on strongly gravitational lensed SNe Ia [53] or on gravitational waves [54]. The authors report the curvature term Ω_k ranging between −0.3 and −0.1 indicating that the Universe is nearly flat and closed.

Figure 1 shows a comparison of the SNe Ia measurements with predictions of the ΛCDM model and the standard and conformal EdS models. The standard EdS model is in a visible disagreement with the SNe Ia measurements and this disagreement led to developing the ΛCDM model by introducing the normalized density of dark energy Ω_Λ into Eq. 30 to get a satisfactory fit. Strikingly, the conformal EdS model defined by Eq. 32 fits data equally well as the ΛCDM model with no assumption on dark energy (see Figure 2). This confirms that the solution of the puzzle with the supernovae dimming does not lie in introducing dark energy but in correcting the metric used in the Friedmann equations.

FIGURE 1

……………………………………………………………………………….

FIGURE 1. The Hubble diagram with Type Ia supernovae observations. Blue dots show measurements of the SNe Pantheon compilation [45, 46]. The red line in **(A)** shows the ΛCDM model described by Eq. 30 with Ω_m = 0.3 and Ω_Λ = 0.7. The red line in **(B)** shows the conformal EdS model described by Eq. 32 with Ω_m = 1.2 and Ω_k = −0.2. The black line in **(A,B)** shows the standard EdS model described by Eq. 31 with Ω_m = 1.0 and Ω_k = 0. The Hubble constant is H_0 = 69.8 km s^{-1} Mpc^{-1}, obtained from observations of the SNe Ia data with a red giant calibration [55].

OBRÁZEK 1. Hubbleův diagram s pozorováním supernov typu Ia. Modré body ukazují měření kompilace SNe Pantheon [45, 46]. Červená čára v (A) ukazuje model ΛCDM popsaný rovnicí. 30 s Ωm = 0,3 a ΩΛ = 0,7. Červená čára v (B) ukazuje konformní EdS model popsaný rovnicí. 32 s Ωm = 1,2 a Ωk = −0,2. Černá čára v (A,B) ukazuje standardní EdS model popsaný rovnicí. 31 s Ωm = 1,0 a Ωk = 0. Hubbleova konstanta je H0 = 69,8 km s−1 Mpc−1, získaná z pozorování dat SNe Ia s kalibrací červeného obra [55]. Kdy byla získána tato hodnota Hubbleho konstanty H0 = 69,8 ?? Je to jedna z posledních hodnot „moderního“ pozorování ?? Moje hodnota stáří je 14,24 miliad let.

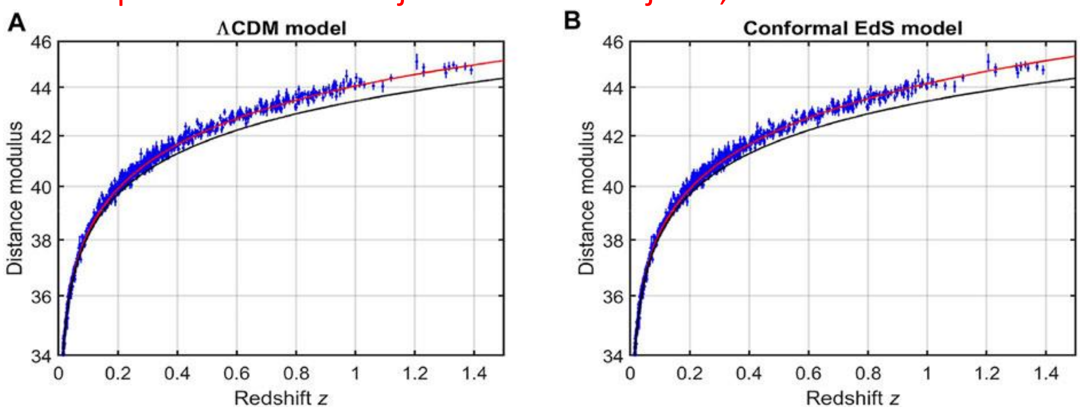
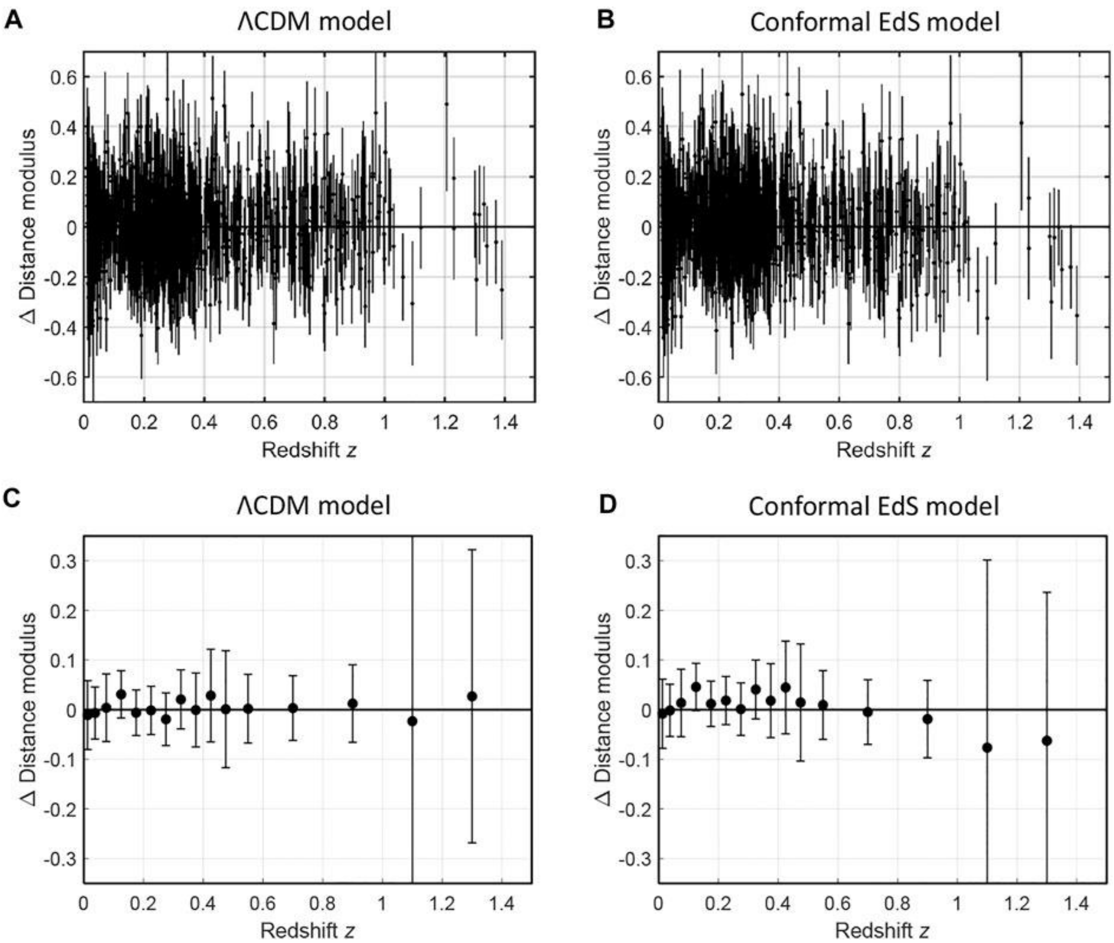


FIGURE 2



OBRÁZEK 2. Reziduální Hubbleovy grafy pro (A,B) jednotlivá data SNe Ia a (C,D) sdružená data SNe Ia. (A,C) Plochý ΛCDM model, (B,D) konformní EdS model. Parametry modelů viz popis na obrázku 1. Chybové úsečky v (C,D) ukazují 99% intervaly spolehlivosti. Data jsou převzata z kompilace SNe Pantheon [45, 46].

(05)- and Friedmann equations. The observation of the unexpected SNe Ia dimming motivated large-scale systematic searches for SNe Ia and resulted in a rapid extension of supernovae compilations.

The current supernovae compilations Union2.1 [39–44], and Pantheon [45, 46] comprise of hundreds of SNe Ia discovered and spectroscopically confirmed. The Pantheon dataset is the most accurate SNe Ia compilation at present. Every SN Ia is described by its apparent rest-frame B-band magnitude m_B, the absolute B-band magnitude M_B, the stretch parameter x_1, and the colour parameter c. These parameters are used in the Tripp formula [47, 48] for calculating the redshift-dependent distance modulus $\mu(z)$, which serves for testing the cosmological models,

$$\mu = m_B - M_B + \alpha x_1 - \beta c \quad (28)$$

where coefficients α and β are the global nuisance parameters to be determined when seeking an optimum cosmological model. The expansion history is calculated from μ using the following equations,

$$\mu = 25 + 5\log_{10}(d_L), \quad d_L = (1+z)\int_0^z \frac{c\,dz'}{H(z')} \quad (29)$$

where d_L is the luminosity distance expressed for the flat Universe. The Hubble function $H(z)$ is expressed for the flat Universe described by the standard ΛCDM model as

$$H^2(z)=H_0^2[\Omega_m(1+z)^3+\Omega_\Lambda], \quad (30)$$

by the standard EdS model as

$$H^2(z)=H_0^2[\Omega_m(1+z)^3+\Omega_k(1+z)^2], \quad (31)$$

and by the conformal EdS model as

$$H^2(z)=H_0^2[\Omega_m(1+z)+\Omega_k]. \quad (32)$$

While the ΛCDM model contains dark energy Ω_Λ as a free parameter, which must be adjusted by fitting with the SNe Ia observations, the conformal EdS model requires no free parameter for the flat Universe, and the curvature parameter Ω_k is needed for a curved Universe. Since the Universe is nearly flat, this parameter should be close to zero and can be determined from other independent observations. Model-independent methods for estimating Ω_k are based on reconstructing the comoving distances by Hubble parameter data and comparing with the luminosity distances [49–51], on the angular diameter distances [52], on strongly gravitational lensed SNe Ia [53] or on gravitational waves [54]. The authors report the curvature term Ω_k ranging between −0.3 and −0.1 indicating that the Universe is nearly flat and closed.

Figure 1 shows a comparison of the SNe Ia measurements with predictions of the ΛCDM model and the standard and conformal EdS models. The standard EdS model is in a visible disagreement with the SNe Ia measurements and this disagreement led to developing the ΛCDM model by introducing the normalized density of dark energy Ω_Λ into Eq. 30 to get a satisfactory fit. Strikingly, the conformal EdS model defined by Eq. 32 fits data equally well as the ΛCDM model with no assumption on dark energy (see Figure 2). This confirms that the solution of the puzzle with the supernovae dimming does not lie in introducing dark energy but in correcting the metric used in the Friedmann equations.

FIGURE 1

……………………………………………………………………………

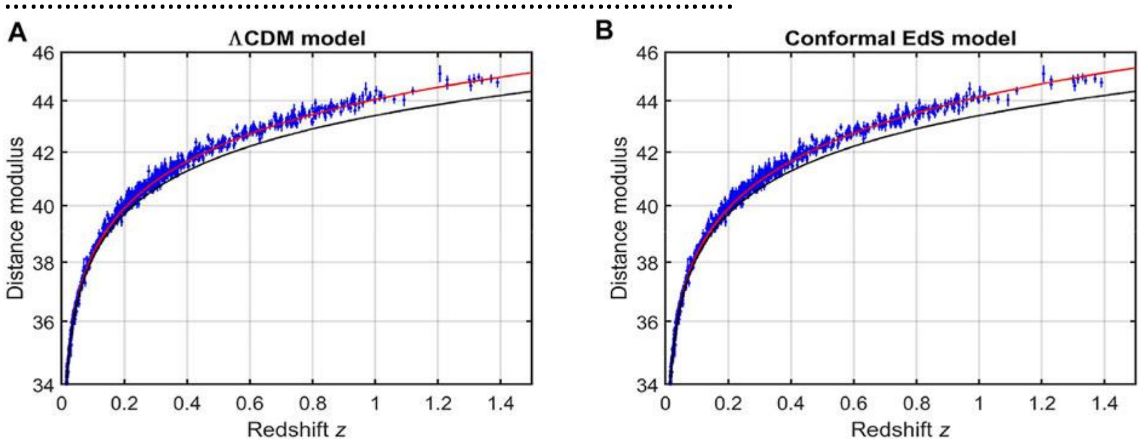


FIGURE 1. The Hubble diagram with Type Ia supernovae observations. Blue dots show measurements of the SNe Pantheon compilation [45, 46]. The red line in **(A)** shows the ΛCDM model described by Eq. 30 with Ω_m = 0.3 and Ω_Λ

= 0.7. The red line in **(B)** shows the conformal EdS model described by Eq. 32 with Ω_m = 1.2 and Ω_k = −0.2. The black line in **(A,B)** shows the standard EdS model described by Eq. 31 with Ω_m = 1.0 and Ω_k = 0. The Hubble constant is H_0 = 69.8 km s^{-1} Mpc^{-1}, obtained from observations of the SNe Ia data with a red giant calibration [55].

FIGURE 2

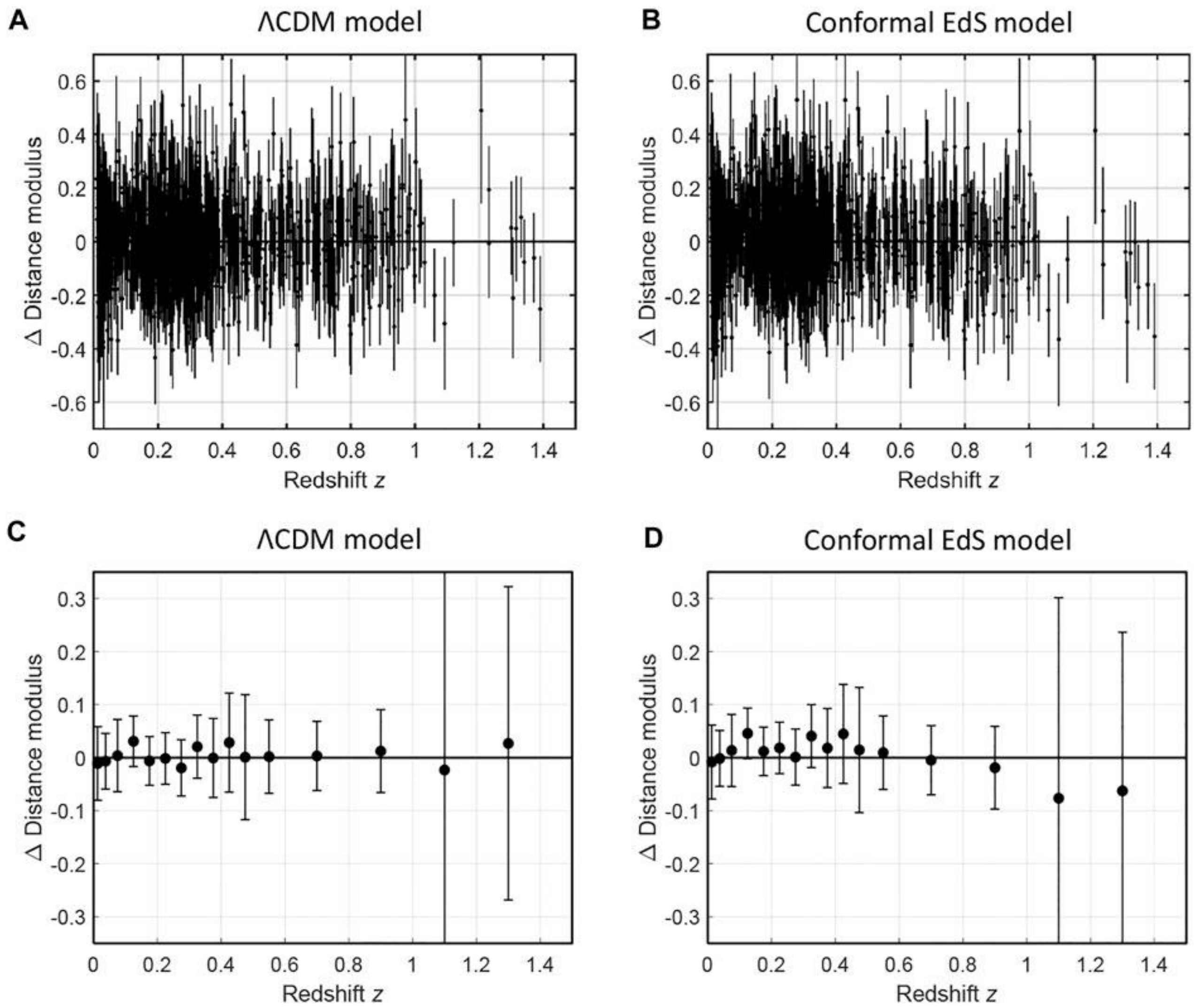


FIGURE 2. Residual Hubble plots for **(A,B)** the individual SNe Ia data and **(C,D)** the binned SNe Ia data. **(A,C)** The flat ΛCDM model, **(B,D)** the conformal EdS model. For parameters of the models, see caption of Figure 1. The error bars in **(C,D)** show the 99% confidence intervals. Data are taken from the SNe Pantheon compilation [45, 46].

4 Discussion

The Friedmann equations introduce the expansion of the Universe and form fundamentals of modern cosmology. Intuitively, the space expansion can explain the cosmological redshift, because the distant galaxies are moving away due to the expansion and we observe their light distorted by the Doppler effect. This was probably the motivation for describing the Universe by the standard FLRW metric. The problem is, however, more involved, and we know that the cosmological redshift is not due to the Doppler effect but due to distortion of the spacetime described by GR. The redshift of distant galaxies would be observed even for a non-expanding Universe at the present epoch. From this point of view, there is no clear argument, why the standard FLRW metric introduces just the space expansion with no time dilation.

In fact, it is surprising to assume distortion of space only, because other solutions in GR such as the well-known Schwarzschild solution involve distortions in space and time together. At previous epochs, the Universe was much denser and the gravitational field much stronger, hence going back in time to high redshifts is analogous to an observer moving towards the black hole. Since the coordinate time runs differently close to and far from the black hole, we can expect to observe a similar effect when comparing clocks at the high redshift Universe and at the present epoch.

In addition, the assumption of no time dilation during the Universe evolution is not strange only from the theoretical point of view but it is also in contradiction with astronomical observations. The existence of cosmic time dilation and its real physical nature is supported by observations of gamma ray-bursts [56–58] and Type Ia supernovae light curves [59, 60]. For example, Zhang [61] studied a sample of 139 SWIFT long gamma-ray bursts (GRBs) with redshift $z \leq 8.2$ and obtained a significant correlation between their duration and redshift. Similarly, Littlejohns and Butler [62] analysed 232 GRBs detected by the Swift/Burst Alert Telescope (BAT) and revealed that the observed durations are consistent with cosmic time dilation. As regards supernovae, the SNe Ia display rather uniform light curves and thus they can be used as local clocks. The spectral evolution of the light curves and stretching of time in the observer frame was disclosed by many authors [59, 63–65], and corrections for time dilation are now routinely applied to the SNe Ia data [60, 66].

The re-examination of light propagation in space defined by the standard FLRW metric reveals another severe contradiction with observations: this metric actually does not predict the cosmological redshift. This is surprising and against the common opinion that the standard FLRW metric produces the cosmological redshift. However, it is shown that the mathematical derivation originally proposed by Lemaitre [2] and repeated in textbooks is not correct. Lemaitre [2] analysed the change of the wavelength of photons propagating in expanding space and he came to a wrong conclusion that the wavelength of photons must increase, similarly as the proper distance between objects in rest. An increasing wavelength of photons is then transformed into the change of their frequency under the assumption of the constant speed of light. Since this derivation gave intuitively acceptable results, there was no reason to critically check its correctness by other cosmologists.

A correct analysis shows, however, that the wavelength of photons does not increase and the frequency of photons is constant during the space expansion defined by the standard FLRW metric. The change in the frequency of photons is always connected with time dilation and with a variation of the time metric g_{00} in GR, similarly as for the gravitational redshift. Therefore, the standard FLRW metric must be substituted by the conformal FLRW metric that predicts the

……………………………………………………………………………

4 Diskuse.

Friedmannovy rovnice představují expanzi vesmíru a tvoří základy moderní kosmologie. Vesmír se řídí podle Friedmana anebo Friedman se řídí podle Vesmíru?? Intuitivně může expanze vesmíru vysvětlit kosmologický červený posuv, protože vzdálené galaxie se díky expanzi vzdalují a my pozorujeme jejich světlo zkreslené Dopplerovým jevem. A cokdyž my pozorujeme jejich světlo zkresleně díky tomu, že ranný vesmír, tj. ranný časoprostor byl extrémně zakřiven a ona expanze se konala jakožto rozbalování časoprostoru do menších a menších křivostí a tak světlo kopírovalo tuto expandující křivost s menší a menší křivostí. Proto může být světlo ranných galaxií zkreslené nikoliv Dopplerovým jevem ale onou křivostí 3+3 dimenzí časoprostoru, který se „rozbaluje". http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_053.jpg ; http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_232.jpg ; http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_239.jpg ; To byla pravděpodobně motivace pro popis vesmíru standardní metrikou FLRW. Problém je však mnohem závažnější a víme, že kosmologický **rudý posuv** není způsoben Dopplerovým jevem, ale **zkreslením časoprostoru** popsaným GR. O.K. rudý posuv je projevem zakřivení 3+3D časoprostoru Rudý posuv vzdálených galaxií by byl v současné epoše pozorován i pro nerozpínající se vesmír. ?? Z tohoto pohledu **neexistuje jasný argument**, proč standardní metrika FLRW zavádí právě expanzi prostoru bez dilatace času. Ono je vůbec podivné když fyzikové „zavádí" něco Vesmíru. Vesmír není dement, aby mu musel někdo něco zavádět. Ve skutečnosti je překvapivé předpokládat pouze zkreslení prostoru, protože jiná řešení v GR, jako je známé Schwarzschildovo řešení, zahrnují zkreslení prostoru a času dohromady. V předchozích epochách byl vesmír mnohem hustší a gravitační pole mnohem silnější, takže návrat v čase k vysokým rudým posuvům je analogický s pozorovatelem pohybujícím se směrem k černé díře. Anebo od černé díry?? Vzhledem k tomu, že souřadnicový čas běží různě blízko a daleko od černé díry, můžeme očekávat, že podobný efekt pozorujeme při srovnávání hodin ve vesmíru s vysokým rudým posuvem a v současné epoše.?? Navíc předpoklad, že během vývoje vesmíru nedojde k žádné dilataci času, není podivný jen z teoretického hlediska, ale je i v rozporu s astronomickými pozorováními. Do této úvahy lze vložit i podobnou úvahu a to že lze dilataci času vnímat jako pokřivenou časovou dimenzi v různě pokřivených lokalitách čp (např. galaxie, hvězdy, černé díry). Když si v abstraktním přemýšlení rozříznete celý vesmír od mínus nekonečna do plus nekonečna, bude se křivost měnit pro stovky lokalit. Když se budete po časové dimenzi posouvat v protisměru, tj. směrem k singulárnímu počátku, možná se bude v tomto řezu měnit tempo plynutí času jako by to byla dilatace, jakoby se měnila, zvyšovala křivost dimenze časové až do krajnosti tj. o 90°. Existenci kosmické dilatace času a její skutečnou fyzikální podstatu podporují pozorování záblesků gama [56–58] a světelných křivek supernov typu Ia [59, 60]. Například Zhang [61] studoval vzorek 139 SWIFT dlouhých gama záblesků (GRB) s červeným posuvem $z \leq 8{,}2$ a získal významnou korelaci mezi jejich trváním a červeným posuvem. Podobně Littlejohns a Butler [62] analyzovali 232 GRB detekovaných dalekohledem Swift/Burst Alert Telescope (BAT) a odhalili, že pozorovaná trvání jsou v souladu s dilatací kosmického času. To je co? Je to narovnávání křivosti časové dimenze? Pokud jde o supernovy, SNe Ia vykazují spíše jednotné světelné křivky a lze je tedy použít jako lokální hodiny. Jenže každou lokalitu (galaxii, sluneční soustavu) s přesným tempem plynutí času narušují roztroušené změny gravitačních potenciálů… Spektrální vývoj světelných křivek a natahování času v rámci pozorovatele bylo zveřejněno mnoha autory [59, 63–65] a korekce na dilataci času jsou nyní rutinně aplikovány na data SNe Ia [60, 66]. Opětovné zkoumání šíření světla v prostoru definovaném standardní metrikou FLRW odhaluje další vážný rozpor s pozorováními: tato metrika ve skutečnosti nepředpovídá kosmologický rudý posuv. A co předpovídá metrika? To je překvapivé a proti běžnému názoru, že standardní metrika FLRW vytváří kosmologický rudý posuv. Že by? Ukazuje se však, že matematické odvození odvození čeho? původně navržené Lemaitrem [2] a opakované v učebnicích není správné. Lemaitre [2] analyzoval změnu vlnové délky fotonů šířících se v rozpínajícím se prostoru a došel k nesprávnému závěru, že vlnová délka fotonů se musí zvětšovat, podobně jako správná vzdálenost mezi objekty v klidu. http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_305.jpg ; Rostoucí vlnová délka fotonů se pak transformuje na změnu jejich frekvence za předpokladu konstantní rychlosti světla. Protože toto odvození poskytlo intuitivně přijatelné výsledky, nebyl důvod kriticky kontrolovat jeho správnost jinými kosmology. Správná analýza však ukazuje, že vlnová délka fotonů se nezvyšuje a frekvence fotonů je konstantní během rozpínání http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_232.jpg prostoru definovaného standardní metrikou FLRW. **Změna frekvence fotonů je vždy spojena s dilatací času** O.K. a ta změna pozorována z místa Pozorovatele směrem k horizontu vesmíru, což by mohlo být v souladu s STR při v c a změnou časové metriky g00 v GR, podobně jako u gravitačního rudého posuvu. Ten se ale do mladších epoch vesmíru nespojitě mění, že? Proto musí být standardní metrika FLRW nahrazena konformní metrikou FLRW, která předpovídá ??????????? někde tu je technická chybka při opisu textu, já jí nemůžu najít.

…………………………………………………………………………….

6 cosmic time dilation and the cosmological redshift properly. Consequently, the cosmic time should be identified with the conformal time and the space-time evolution of the Universe should be described by the conformal FLRW metric only.

Obviously, we can ask a question: why atoms radiate photons with the same (rest-frame) frequency at all redshifts and why this frequency is not affected by time dilation? The answer is straightforward: the frequency of emitted photons is independent of redshift, because it depends on quantized energy levels of electrons in atoms and these energy levels are redshift independent. Once the photon is emitted, its frequency decreases due to time dilation when photon propagates along the ray path from the emitter to the receiver. Since the comoving speed of light is constant, the proper speed of light must be variable. In this way, the emitted photons with frequency v have shorter proper wavelengths at high redshift than the photons with the same frequency v but emitted at the present epoch.

The correctness of the conformal FLRW metric is convincingly confirmed by SNe Ia observations. In fact, observations of the SNe Ia were originally proposed by Riess et al. [37] and Perlmutter et al. [38] for testifying the existing cosmological model and the SNe Ia observations surprisingly revealed essential discrepancy between theoretical predictions and measurements. However, instead of questioning the validity of the standard FLRW metric and the Friedmann equations, Riess et al. [37] and Perlmutter et al. [38] introduced a free parameter into the Friedmann equations to comply them with data. In this way, the model is capable to fit the SNe Ia observations, but at the cost of introducing a physically controversial concept of dark energy. By contrast, the EdS model based on the conformal FLRW metric fits the SNe Ia data with no need to introduce any new free parameter.

An argument that dark energy is not physical, but originates in the applied standard FLRW metric is used also by other authors [67–70]. For example, the accelerated expansion could be an artefact of neglecting inhomogeneity of the Universe [71–75] as proposed in the Swiss-cheese cosmology [76–78] or in the timescape cosmology [79–81]. The SNe Ia dimming can partly be a result of cosmic opacity neglected in interpretations of the SNe Ia luminosity [82–85]. By contrast, here I show that the essential difficulty with the standard FLRW metric is not in the oversimplification of the model by assuming perfect homogeneity and isotropy of the Universe, but in false neglecting time dilation during the Universe history. The results indicate that anisotropy, heterogeneity and opacity of the Universe produce probably only the second-order effects in observations.

5 Conclusion

In summary, we conclude that the conformal FLRW metric is the only correct metric for describing the evolution of the Universe, which can predict the cosmological redshift and time dilation properly. If the time rate is independent of the expansion of the Universe as in the standard FLRW metric, the frequency of photons cannot change during the expansion. Therefore, the variable rate of time during the expansion is inevitable and implies the following fundamental consequences:

(1) The gravitational and cosmological redshifts are calculated by the same formula and describe the same physical process. Both redshifts reflect a distortion of time produced by changes in the gravitational field. While the gravitational redshift originates in spatial variations of the gravitational field, the cosmological redshift originates in temporal variations of the gravitational field.

……………………………………………………………………………

..kosmická dilatace času a kosmologický rudý posuv správně. V důsledku toho by měl být kosmický čas identifikován s konformním časem a časoprostorový vývoj vesmíru by měl být popsán pouze konformní metrikou FLRW. Je zřejmé, že si můžeme položit otázku: proč atomy vyzařují fotony se stejnou (zbytkovou) frekvencí při všech rudých posuvech a proč tato frekvence není ovlivněna dilatací času? Odpověď je přímočará: frekvence emitovaných fotonů je nezávislá na rudém posuvu, ?? protože závisí na kvantovaných energetických hladinách elektronů v atomech a tyto energetické hladiny jsou na rudém posuvu nezávislé. Jakmile je foton emitován, jeho frekvence klesá v důsledku dilatace času, nejdříve vyhlásíte, že frekvence není ovlivněna dilatací času a v zápětí vykřiknete, že frekvence klesá v důsledku dilatace času…? tak jak…když se foton šíří po dráze paprsku od emitoru k přijímači. Protože rychlost světla je konstantní, v každém nezakřiveném časoprostoru, který tu funguje jakožto souřadnicový rastr, c = 1/1 předivo, síť, ve kterém „plave všechno ostatní" všechny křivé časoprostory, nejen gravitační ale i QM interakční stavy ; správná rychlost světla musí být proměnná. Ne…**0/1 = 1/□□= v < c = 1/1** Tímto způsobem mají emitované fotony s frekvencí v kratší vlastní vlnové délky při vysokém červeném posuvu než fotony se stejnou frekvencí v, ale emitované v současné epoše. V současné epoše je globální čp 3+3D hoóódně plochý…frekvence pozorovaná do mladších epoch bude korespondovat s vyšším a vyšším rudým posuvem právě kvůli změně křivosti dimenzí. Já to nemám v hlavě ještě úplně strovnané, ale bude to zapotřebí. Správnost konformní metriky FLRW je přesvědčivě potvrzena pozorováním SNe Ia. Ve skutečnosti byla pozorování SNe Ia původně navržena Riessem a kol. [37] a Perlmutter et al. [38] pro doložení existujícího kosmologického modelu a pozorování SNe Ia překvapivě odhalil zásadní rozpor mezi teoretickými předpověďmi a měřeními. Místo zpochybňování platnosti standardní metriky FLRW a Friedmannových rovnic však Riess et al. [37] a Perlmutter et al. [38] zavedl do Friedmannových rovnic volný parametr, aby odpovídal datům. Tímto způsobem je model schopen přizpůsobit pozorování SNe Ia, ale za cenu zavedení fyzikálně kontroverzního konceptu temné energie. Naproti tomu model EdS založený na konformní metrice FLRW odpovídá datům SNe Ia bez nutnosti zavádět jakýkoli nový volný parametr.(Tuto partii si musím si promyslet). Argument, že temná energie není fyzikální, ale pochází z aplikované standardní metriky FLRW, používají i jiní autoři [67–70]. Například zrychlená expanze by mohla být artefaktem zanedbávání nehomogenity vesmíru [71–75], jak je navrženo v kosmologii švýcarského sýra [76–78] nebo v kosmologii časové krajiny [79–81]. Stmívání SNe Ia může být částečně důsledkem zanedbávání kosmické opacity při interpretacích svítivosti SNe Ia [82–85]. Naproti tomu zde ukazuji, že zásadní problém se standardní metrikou FLRW není v přílišném zjednodušení modelu za předpokladu dokonalé homogenity a izotropie vesmíru, ale ve falešném zanedbávání dilatace času během historie vesmíru. Výsledky naznačují, že anizotropie, heterogenita a neprůhlednost vesmíru mají pravděpodobně pouze efekty druhého řádu při pozorováních.

5 Závěr. V souhrnu jsme dospěli kdo „my“?? k závěru, že **konformní metrika** FLRW je jedinou správnou metrikou pro popis vývoje vesmíru, která **dokáže správně předpovědět** kosmologický rudý posuv a dilataci času. Metrika (správně/nesprávně) předpovídá?? Anebo předpovídá člověk?

Opis z WIKI: *Vztah, který Hubble publikoval, představuje* ***kosmologický rudý posuv z****. Ukázal, že je lienární funkcí jejich vzdálenosti r.*

$$z = \frac{rH}{c}$$

Ve vztahu můžeme nahradit součin cz rychlostí v vzdalování galaxie a vztah přepsat na

$$v = Hr$$

čili : z = v/c ; Dále víme z STR a Lorentzovských transformací, že „gama člen“ □ = c/v = 1/z = **□□□□□□□□□□□v²/c² = c / v** ;

$$1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = c / v$$

$$\frac{c}{v} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} ;$$

Pokud je časová rychlost co to je za zkomoleninu „časová rychlost“?? Už by vědci mohli přistoupit na lepší slovní vyjádření: např. „tempo plynutí času“ nezávislá na expanzi vesmíru jako ve standardní metrice FLRW, frekvence fotonů se nemůže během expanze měnit. Proto je proměnlivá rychlost koho-čeho?? během expanze nevyhnutelná a má následující zásadní důsledky: (1) Gravitační a kosmologické rudé posuvy jsou vypočteny podle stejného vzorce a popisují stejný fyzikální proces. Oba rudé posuvy odrážejí zkreslení času způsobené změnami v gravitačním poli. Zatímco gravitační rudý posuv vzniká v prostorových variacích gravitačního pole, kosmologický rudý posuv vzniká v časových variacích gravitačního pole. .(Tuto partii si musím promyslet).

……………………………………………………………………………….

(2) The metric describing the evolution of the Universe is conformal with the static model. This metric leaves the Maxwell’s equations unchanged from their form in the Minkowski spacetime [20–22].

(3) The conformal FLRW metric predicts correctly the cosmological redshift: the frequency of photons increases with redshift as (1 + *z*). Not only the frequency of photons but also the rate of photons increases with redshift

as $(1 + z)$ due to time dilation. The real physical nature of cosmic time dilation is supported by observations of gamma ray-bursts [56–58] and Type Ia supernovae light curves [59, 60, 66].

(4) The comoving speed of light is constant. The proper speed of light decreases with redshift as $(1 + z)^{-1}$. Hence, the speed of light is not a nature constant but it varies being dependent on the scale factor $a(t)$ [28, 86]. Consequently, distance between galaxies changes with redshift, but photons emitted by a galaxy reach a neighbouring galaxy after the same time at high redshift as well as at the present epoch. The wavelength of photons does not decrease with redshift as $(1 + z)^{-1}$ as assumed in the standard FLRW metric but it decreases with redshift as $(1 + z)^{-2}$.

(5) The conformal FLRW metric fits the SN Ia observations with no need to introduce dark energy into the Einstein and Friedmann equations. The dark energy is an artefact of the erroneous metric used for describing the evolution of the Universe. Consequently, no repulsive forces produced by dark energy and acting against gravity are present in the corrected Friedmann equations. Since the only force considered in the Friedmann equations is gravity, the expansion of the Universe is decelerating at the present epoch.

…………………………………………………………………………..

(2) Metrika popisující vývoj vesmíru je v souladu se statickým modelem. Tato metrika ponechává Maxwellovy rovnice nezměněné oproti jejich tvaru v Minkowského časoprostoru [20–22].

(3) Konformní metrika FLRW správně předpovídá kosmologický rudý posuv: frekvence fotonů roste s rudým posuvem jako (1 + z). Nejen frekvence fotonů, ale i rychlost fotonů roste s rudým posuvem jako (1 + z) v důsledku dilatace času. Skutečnou fyzikální povahu dilatace kosmického času podporují pozorování záblesků gama [56–58] a světelných křivek supernov typu Ia [59, 60, 66].

(4) Rychlost pohybu světla je konstantní. Vlastní rychlost světla klesá s červeným posuvem jako (1 + z)−1. Rychlost světla tedy není přirozenou konstantou, ale mění se v závislosti na faktoru měřítka a(t) [28, 86]. V důsledku toho se vzdálenost mezi galaxiemi mění s rudým posuvem, ale fotony emitované galaxií dosáhnou sousední galaxie po stejném čase při vysokém rudém posuvu, stejně jako v současné epoše. Vlnová délka fotonů neklesá s rudým posuvem jako (1 + z)−1, jak se předpokládá ve standardní metrice FLRW, ale klesá s rudým posuvem jako (1 + z)−2.

(5) Konformní metrika FLRW odpovídá pozorování SN Ia bez nutnosti zavádět temnou energii do Einsteinových a Friedmannových rovnic. Temná energie je artefaktem chybné metriky používané pro popis vývoje vesmíru. V důsledku toho nejsou v opravených Friedmannových rovnicích přítomny žádné odpudivé síly produkované temnou energií a působící proti gravitaci. Protože jedinou silou, kterou Friedmannovy rovnice uvažují, je gravitace, expanze

vesmíru se v současné epoše zpomaluje. .(Tuto partii si musím promyslet). Intuitivně souhlasím.

………………………………………………………………………………

Aldebaran, Kulhánek: Jestliže dnes, mnoho miliard let po Velkém třesku, má vesmír hustotu přibližně rovnou kritické, musel být v minulosti „nastaven“ mimořádně přesně na kritickou hustotu. Jaké procesy jsou zodpovědné za toto nastavení? Například v Planckově čase by musela být odchylka hustoty vesmíru od kritické hustoty $\delta\rho/\rho = (\rho - \rho_c)/\rho_c \sim 10^{-59}$! Můžeme samozřejmě tvrdit, že na počátku byl vesmír právě takto „připraven“ a chápat rovnost hustoty vesmíru hustotě kritické jako počáteční podmínku. To je však opět značně umělé a nepravděpodobné. V další kapitole uvidíme, že právě inflační fáze v raném vývoji vesmíru mohla způsobit nastavení vesmíru na kritickou hustotu a efektivně vynulovat křivostní člen v Einsteinově-Fridmanově rovnici.

Aldebaran, Kulhánek:
Řešení problémů
Inflační model elegantně řeší oba dva základní problémy standardního modelu: *problém plochosti* vesmíru i *problém horizontu*. Připomeňme si ještě jednou Einsteinovu-Fridmanovu rovnici pro expanzní funkci (viz kapitola standardní model)

$H^2 - (8/3)\pi G\rho = -c^2k/a^2$; $H \equiv (\mathrm{d}a/\mathrm{d}t)/a$.

$1/t^2$ $1/t^2$ $1/t^2$

Čitatel i jmenovatel se v prvním členu chovají exponenciálně a exponenciální závislost se zkrátí. V druhém členu se exponenciální závislost výrazně neprojeví. Člen na pravé straně bude inflací ovlivněn zcela dominantně. Ve jmenovateli se objeví faktor $\exp[2\chi t]$, který způsobí zmenšení tohoto členu v průběhu inflační fáze. Pro další rozbor uvažujme například, že $\exp[2\chi t] \sim 10^{58}$. Efektivní křivost vesmíru tak bude v průběhu inflační fáze nastavena téměř na nulu. Bezprostředně po inflaci bude $\rho/\rho_c \approx 1 \pm 10^{-58}$ a v dnešní době $\rho/\rho_c \approx 1 \pm 10^{-6}$. Problém plochosti vesmíru je tak řešen nastavením vesmíru na kritickou hustotu v průběhu inflační fáze.
Před inflační fází byly pro náš příklad rozměry vesmíru 10^{58}krát menší než po jejím ukončení. To ale znamená, že rozměry vesmíru před inflační fází byly menší než horizont částic a že všechny oblasti byly kauzálně spojeny. Dokonce celý dnešní pozorovatelný vesmír byl v čase t_{GUT} v jediném světelném kuželu. To je způsobeno tím, že horizont částic narůstá lineárně s časem i v průběhu inflační fáze.

Einsteinova-Fridmanova rovnice

$H^2 - (8/3)\pi G\rho = -c^2k/a^2$	Einsteinova-Fridmanova rovnice pro expanzní funkci
$H \equiv (\mathrm{d}a/\mathrm{d}t)/a$	Hubblova konstanta – podíl

	rychlosti expanze a vzdálenosti objektů
$a(t)$	expanzní funkce (bezrozměrná)
$\mathrm{d}a/\mathrm{d}t$	změna expanzní funkce s časem (1/s)
ρ	průměrná hustota vesmíru (kg/m^3)
k	skalární křivost vesmíru ($1/m^2$)
G	gravitační konstanta (Nm^2kg^{-2})

Hubblovo pozorování je jedním z nejdůležitějších experimentálních důkazů rozpínání vesmíru. Hubblova konstanta souvisí s kritickou hustotou (dosadíme Hubblův vztah $H = v/d = (da/dt)/a$ do vztahu pro kritickou hustotu) rovnicí $\rho_c = 3H^2/(8\pi G)$.
S kritickou hustotou souvisí další dva významné kosmologické parametry:
$\Omega \equiv \rho/\rho_c$,

Závěr
V současnosti nevíme, jak vznikl vesmír. Experimentálně dokážeme na největších urychlovačích světa připravit horké plazma, které svými vlastnostmi odpovídá pralátce přítomné ve vesmíru v čase několika biliontin sekundy. V časech kratších jsou ale naše znalosti neúplné a čím více se blížíme „počátku“, tím jsou naše představy vágnější a vágnější. Připomeňme si některé hypotézy. Jedna z nich (inflační model) předpokládá, že vesmír vznikl z kvantové pěny prudkou expanzí, které říkáme inflace. Zcela jiný je ekpyrotický model, který využívá mnohorozměrného světa, v němž je mnoho méněrozměrných brán a náš vesmír se transformoval z jedné takové brány díky náhodnému dotyku s bránou jinou. Další model předpokládá existenci jedné prabrány, z níž se kvantovými fluktuacemi vynořilo značné množství vesmírů a náš je jen jedním z nich. Jeden z modelů se opírá o představu černé díry lokalizované v extradimenzích, z níž byl náš vesmír doslova vyvržen. Je zajímavé, že mnoho z těchto hypotéz využívá mnohorozměrný svět, struny a další atributy, o nichž netušíme, zda existují. I v tom je vidět dosavadní tápání. Některé z těchto hypotéz (je to lepší slovo než modely) předpokládají, že by při vzniku vesmíru měly být generovány reliktní gravitační vlny. Jejich záchyt by mohl znamenat výrazný posun v našich znalostech o počátku světa a vyvrácení některých obskurních scénářů.

parametr	**označení**	**hodnota**	**poznámka**
Hubblova konstanta	H	67,7 km/s Mpc^{-1}	
stáří vesmíru	t	$13{,}8\times10^9$ let	
doba oddělení záření od hmoty	t_{rec}	~ 380 000 let	

(čas rekombinace)			
vznik prvních hvězd (čas reionizace)	t_{ion}	~ 550 000 000 let	
podíl baryonové hmoty	Ω_B	4,8 %	
podíl temné hmoty	Ω_{DM}	25,8 %	
podíl temné energie	Ω_Λ	69,4 %	
podíl záření	Ω_R	0,046 %	
podíl hmotných neutrin	Ω_N	~ 0,1 %	dolní hranice
celková hmota-energie	Ω_{tot}	~ 1	snad plochý (1)
parametr *w* $w = w_0 + w_a(1-a)$ pro temnou energii	w	$w_0 \sim -1$ $w_a \sim 0$	$p = w\,\rho$

Aktuální parametry vesmíru založené na měřeních sondy Planck. Zdroj: ESA.