

<https://www.youtube.com/watch?v=32zg2FGX4cA>

How Simple Math Led Einstein to Relativity

Jak jednoduchá matematika přivedla Einsteina k relativitě

172 094 zhlédnutí 30. 3. 2024 já otevřel 30.07.2024

Einstein turned the world on its head in November of 1919, when data collected during a solar eclipse matched the predictions of his Theory of General Relativity. But Einstein's path to discovering his theory traces back much further, to when he was 12 years old and he first learned about an ancient mathematical method... Special thank you to Professor [@AlexKontorovichMath](#) of Rutgers University and Museum of Mathematics (MoMath) for his help and participation.

A Note about how I use AI generated images in my videos The emerging ability of artificial intelligence to generate compelling images from text prompts opens new possibilities for compelling storytelling. However, when mixed with real historical imagery, as is in my video, it has the potential to create confusion, or worse, if not handled properly. I have set a few guidelines for my use of AI generated images in this video so that a viewer can easily understand which images are real photographs and which are synthetically generated: ALL images that have been placed in a "frame" (eg a border that resembles an old photo print, etc) are REAL historical images. ALL images that include Einstein's full face, as well as all World War I related images, are REAL historical images. I have used Midjourney AI to create "stock" image elements including backgrounds, illustrations, and objects. I have used Midjourney AI to create some images that are implied to be of Einstein. In these, Einstein's face is FULLY OR PARTIALLY OBSCURED. Please send me a message or drop a comment and I'll be happy to clarify any specific images.

Einstein obrátil svět na hlavu v listopadu 1919, kdy data shromážděná během zatmění Slunce odpovídala předpovědím jeho teorie obecné relativity. Ale Einsteinova cesta k objevení jeho teorie sahá mnohem dále, až do doby, kdy mu bylo 12 let a poprvé se dozvěděl o starověké matematické metodě... Zvláštní poděkování patří profesorovi [@AlexKontorovichMath](#) z Rutgersovy univerzity a Muzea matematiky (MoMath) za jeho pomoc a účast. *Poznámka o tom, jak ve svých videích používám obrázky generované umělou inteligencí* Objevující se schopnost umělé inteligence generovat působivé obrázky z textových výzev otevírá nové možnosti pro působivé vyprávění příběhů. Když se však smíchá se skutečnými historickými snímky, jako je to v mém videu, může to způsobit zmatek, nebo hůř, pokud se s ním nezachází správně. Nastavil jsem několik pokynů pro mé použití obrázků generovaných umělou inteligencí v tomto videu, aby divák snadno pochopil, které obrázky jsou skutečné fotografie a které jsou synteticky generované: VŠECHNY obrázky, které byly umístěny do „rámečku“ (např. připomíná starý tisk fotografií atd.) jsou SKUTEČNÉ historické obrázky. VŠECHNY obrázky, které obsahují Einsteinovu plnou tvář, stejně jako všechny obrázky související s první světovou válkou, jsou SKUTEČNÉ historické obrázky. Použil jsem Midjourney AI k vytvoření „základních“ obrazových prvků včetně pozadí, ilustrací a objektů. Použil jsem Midjourney AI k vytvoření některých obrázků, které jsou naznačeny jako Einstein. V nich je Einsteinova tvář ZCELA NEBO ČÁSTEČNĚ ZATMĚNA. Napište mi prosím zprávu nebo napište komentář a já vám rád upřesním konkrétní obrázky.

0:00

(01)- On November 7th 1919 Albert Einstein became a household name seemingly overnight when data collected during a solar eclipse matched the predictions of his theory of general relativity the stars in the sky those Eternal Points of Light they had moved precisely how he said they would and it changed physics forever Einstein's crowning achievement came after years of false starts and failures but he had started with the same methods that he used to reach his other great breakthroughs dreaming up elegant thought experiments based around a few simple assumptions uniting ancient mathematical methods with cutting-edge science this approach cut to the core of who Einstein had been since childhood at 12 years old he had a taste of this creative problem solving his uncle showed him a 4,000-year-old formula and by using intuition and visual logic Einstein found his own proof of the theorem what he didn't know at the time was that this ancient math formula and the methods that he used to make his argument would later lead him to shake the very foundations of what mankind thought it knew about the universe this Magazine from 1949 has an essay that Einstein wrote when he was 67 he'd had a momentous life he talks about his great discoveries but he actually starts with memories from childhood and the things that stuck with him tell us something fundamental about how Einstein saw the world [Music] [Music] once Einstein learned this formula from his uncle he wanted to show that it was true in his essay he writes that after much effort I succeeded in proving this theorem on the basis of the similarity of triangles Einstein never publicly described this proof himself but he supposedly showed it to one of his assistants years later and the story made its way into this book from 1991 so let's imagine what this would look like to a 12-year-old Einstein Einstein always had a knack for describing things visually and this early example is no different the goal here would be to show that the two smaller squares somehow fit together and take up the same amount of area as the larger square there's a sense of proportionality to this figure different parts look like scaled up or down versions of other parts and that ends up being the key to the whole thing Einstein found two different types of proportionality that he was able to bring together into his final explanation here's the first instead of trying to fit these little squares inside of the biggest Square why don't we just cut them if I cut them all in half then I get three triangles since I just had everything finding a way to fit the two smaller triangles inside the big one would be equivalent to our original problem if I wanted to I could even cut them in half again now each triangle is a quarter of the original size but since everything is still proportional I can still get back to my original squares just by multiplying everything by four by this logic I could cut the squares into any shape I want as long as it's still a scaled copy of the same shape in each square if I wanted to I could cut them into rubber duckies I wouldn't necessarily know what fraction of the entire Square my ducky is but I could say that I'm multiplying everything by some number D for ducky again if I can show that the two smaller duckies fit inside the bigger ducky then I'd be good to go but cutting the squares into duckies it doesn't actually make our job any easier so Einstein also recognized a second type of proportionality in this figure he drew a single line down the middle of the triangle now he has two new smaller triangles that are themselves each proportional to the original we know for sure that they're proportional because first of all all three of them have 90° angles we can also see that the triangle on the left shares one of its angles with the original big triangle and the triangle on the right shares one of its angles with the big triangle too in each case we have two pairs of congruent angles so we know that the third angle also has to be congruent because the sum of the angles inside of a triangle is always 180° if all three of these triangles are proportional

well going back to the first idea that would mean that I'm allowed to cut them into my squares once again I don't necessarily know what fraction of the entire Square they are that would be different depending on the exact shape of my right triangle but I could say that I multiply by a number t for triangle in the same way that I multiplied by D for my rubber ducky shape so now all I would have to do would be to show that the area of the two small triangles adds up to the area of the big triangle and of course we know that's true because that's where we started so since $T * a^2 + T * b^2 = T * c^2$ it's also true that $a^2 + b^2 = c^2$ this must have

(01)- 7. listopadu 1919 se Albert Einstein stal známým zdánlivě přes noc, když data shromážděná během zatmění Slunce odpovídala předpovědím jeho teorie obecné relativity hvězdy na obloze ty věčné body světla, kterými se pohybovaly přesně tak, jak říkal. Navzdory změnil fyziku Einsteinův vrcholný úspěch přišel po letech falešných začátků a neúspěchů, ale začal se stejnými metodami, které používal k dosažení svých dalších velkých průlomů, když snil o elegantních myšlenkových experimentech založených na několika jednoduchých předpokladech spojujících starověké matematické metody s špičková věda, tento přístup se zaměřil na jádro toho, kým byl Einstein od dětství, ve 12 letech okusil tento kreativní problém, který řešil jeho strýc, ukázal mu 4000 let starý vzorec a pomocí intuice a vizuální logiky našel Einstein svůj vlastní důkaz teorému, co v té době nevěděl, bylo, že tento anci matematický vzorec a metody, které použil ke své argumentaci, ho později přivedly k otřesu samotnými základy toho, co si lidstvo myslelo, že ví o vesmíru, z tohoto časopisu 1949 má esej, kterou Einstein napsal, když mu bylo 67, měl významný život, mluví o svých velkých objevech, ale ve skutečnosti začíná vzpomínkami z dětství a věcmi, které mu utkvěly, nám říkají něco zásadního o tom, jak Einstein viděl svět [Hudba] [Hudba] **jakmile se Einstein naučil tento vzorec od svého strýce, chtěl ukázat, že je to pravda,** ve své eseji píše, že po velkém úsilí se mi podařilo dokázat tuto větu na základě podobnosti trojúhelníků Einstein tento důkaz nikdy veřejně nepopsal sám, ale údajně to po letech ukázal jednomu ze svých asistentů a příběh se dostal do této knihy z roku 1991, takže si pojdme představit, jak by to vypadalo pro 12letého Einsteina. Einstein měl vždy talent popisovat věci vizuálně a tento první příklad se nijak neliší, cílem zde by bylo ukázat, že dva menší čtverce do sebe nějakým způsobem zapadají a zabírají stejnou plochu jako větší čtverec, existuje **pocit** úměrnosti k tomuto obrázku, různé části vypadají jako zmenšené nebo zmenšené verze dalších částí a to se nakonec stalo klíčem k celé věci. Einstein našel dva různé typy proporcionality, které dokázal spojit do svého konečného vysvětlení, tady je první místo toho, aby se snažil vměstnat tyto malé čtverečky do největšího čtverce, proč ne. Nerozřízneme je, když je všechny rozpůlím, dostanu tři trojúhelníky, protože jsem prostě musel najít způsob, jak umístit dva menší trojúhelníky do toho velkého, bylo by ekvivalentní našemu původnímu problému, kdybych chtěl, mohl bych dokonce rozřízněte je znovu na polovinu, nyní má každý trojúhelník čtvrtinu původní velikosti, ale protože je vše stále proporcionalní, stále se mohu vrátit ke svým původním čtvercům pouhým vynásobením všeho čtyřmi touto logikou, mohl bych čtverce rozřezat do libovolného tvaru, jak chci pokud je to stále zmenšená kopie stejného tvaru v každém čtverci, kdybych chtěl, mohl bych je nakrájet na gumové kachničky, nemusel bych nutně vědět, jaký zlomek celého čtverce je moje kachnička, ale mohl bych říci, že vše násobím opět o nějaké číslo D pro kačery, pokud mohu ukázat, že dvě menší kačery se vejdou do větší kačery, pak bych byl dobrý, ale krájet čtverečky na kačery nám ve skutečnosti neusnadňuje práci, takže Einstein také uznal druhý typ proporcionality na tomto obrázku nakreslil jednu čáru uprostřed trojúhelníku, nyní má dva nové menší trojúhelníky, které jsou

samy o sobě úměrné originálu, víme jistě, že jsou proporcionální, protože především všechny tři z nich mají úhly 90° , můžeme také vidět, že trojúhelník nalevo sdílí jeden ze svých úhlů s původním velkým trojúhelníkem a trojúhelník napravo sdílí jeden ze svých úhlů s velkým trojúhelníkem, v každém případě máme dva páry shodných úhlů takže víme, že třetí úhel také musí být shodný, protože součet úhlů uvnitř trojúhelníku je vždy 180° , pokud jsou všechny tři tyto trojúhelníky proporcionální, dobře se vrátíme k první myšlence, což by znamenalo, že smím abych je znovu rozřezal na své čtverce, nemusím nutně vědět, jaký zlomek celého čtverce to jsou, který by se lišil v závislosti na přesném tvaru mého pravoúhlého trojúhelníku, ale mohl bych říci, že vynásobím číslem t pro trojúhelník v stejným způsobem, jakým jsem vynásobil D pro svůj tvar gumové kachny, takže nyní bych musel pouze ukázat, že plocha dvou malých trojúhelníků se sčítá s plochou velkého trojúhelníku a samozřejmě víme, že je to pravda, protože to je kde jsme začali, takže od $T \cdot a^2 + T \cdot b^2 = T \cdot c^2$; je také pravda, že $a^2 + B2 = c^2$ to musí mít ... $T \cdot a^2 + T \cdot b^2 = T \cdot c^2$; $a^2 + B2 = c^2$???????

.....

(02)- been an exciting thing for 12-year-old Einstein by just scaling something proportionally and then cutting the shapes up and putting the pieces together again like a puzzle he's shown with certainty that this thing is true what he was going to learn just a little later was that he was actually using a loose version of something called the axiomatic method which is thousands of years old the idea is that we start with a few basic concepts that we accept to be true called axioms or postulates and then we build on top of them Brick by logical brick we have these these basic basic axioms and if you believe these basic axm by pure logic you can construct these amazing facts that you're like really that's true and you're like here's why you know here's the completely rigorous uh uh sequence of logical steps that will that will convince you that this this fact is is true in Einstein's case he wrote that it seemed to me evident that the relations of the sides of the right angled triangles would have to be completely determined by one of the acute angles only something which did not in similar fashion seemed to be evident appeared to me to be in need of any proof at all it sounds like he accepted some of what we just described about proportionality as being true without proof and then built his argument from there soon Einstein was given a book of ukan geometry seeing page after page of this auma method in action was such a revelation that he called the book holy when he remembered it years later this idea of using the aaic method to discover new knowledge and the sense of trying to get to the most fundamental understanding of things were like guiding lights for Einstein for many years to come Einstein always had a talent for Math and Science but when he was young following his curiosity took priority over pleasing his teachers he' push back against his teachers at his regimented German high school and by college he would often skip math class altogether to pass his college math tests he'd copy notes from his friend Marcel Grossman one of his professors at the time Hermon manovski later remembered that Einstein was like a Lazy Dog in his class after Einstein learned calculus as a teenager I get the sense that he kind of said what I hear a lot of other students say which is when am I ever going to use this math again in my life as far as those classes that Einstein didn't think were worth his time differential equations geometry of numbers and others he was at least partly that math that he was supposed to have learned in college but before long he' once CE again cross paths with both minkovski and Grossman and finally come to appreciate the power of this advanced math that he had previously ignored much later Einstein wrote that it was not clear to me as a student that a more profound knowledge of the basic principles of physics

was tied up with the most intricate mathematical methods by the time Einstein graduated college in August of 1900 he was ranked fourth out of a class of five people after college Einstein struggled he spent a couple of years failing to get a job and also failing to write a science paper good enough to earn him his PhD but in 1902 Grossman got his dad to call in a favor and help Einstein get a job as a clerk at the lowest level of the Swiss patent office the job was boring and the hours made it so that Einstein couldn't get to the library before it closed to do research but by 1905 practically out of nowhere Einstein published four groundbreaking papers including one that's considered the origin of quantum physics and another on what's now known as special relativity these papers taken together form the basis of modern physics and 1905 has come to be known as Einstein's miracle year but these were not like typical physics papers for starters Einstein didn't base his arguments on any experiments or even really cite much of anybody else's work and not only that the math didn't really go above a high school level instead he relied on the approach that he was so excited to discover back when he was 12 the axiomatic method in his paper on special relativity after pointing out a puzzling contradiction in the current science of electromagnetism he makes his argument for a solution first he proposes two ideas that he says he's going to accept as postulates or axioms from there he writes a logical argument that leads to a radical rethinking of Concepts like time and distance upending what had been accepted as fundamental laws of physics since the time of Isaac Newton his first Axiom was that the same physical laws apply to any frame of reference including the laws of Optics and electricity in other words there's no experiment that you could do that would let you make a distinction between being at rest and

.....

(02)- pro 12letého Einsteina to byla vzrušující věc tím, že prostě něco proporcionálně zmenšil a pak tvary rozřezal a kousky znovu složil dohromady jako puzzle, s jistotou ukázal, že tato věc je pravdivá, co se chtěl naučit jen o něco později bylo, že ve skutečnosti používal volnou verzi něčeho, co se nazývá axiomatická metoda, která je stará tisíce let, myšlenka je, že začneme s několika základními koncepty, které považujeme za pravdivé, nazývanými **axiomy nebo postuláty**, a pak sestavujeme. Kromě nich máme tyto základní axiomy, a pokud těmto základním axiomům věříte čistou logikou, můžete sestavit tato úžasná fakta, že jste jako opravdu to je pravda a jste jako tady, proto víte, že tady je naprosto přísný sled logických kroků, které vás přesvědčí, že tato skutečnost je pravdivá v případě Einsteina napsal, že se mi zdá evidentní, že vztahy stran pravoúhlých trojúhelníků by musely být zcela určeny jeden z ostrých úhlů pouze něco, co se nezdálo být zjevné podobným způsobem, se mi zdálo, že potřebuje vůbec nějaký důkaz, zní to, jako by přijal něco z toho, co jsme právě popsali o proporcionalitě, jako pravdivé bez důkazu a pak to postavil jeho argument odtud brzy dostal Einstein knihu geometrie ukan, ? když viděl stránku za stránkou této metody auma ? v praxi, bylo takové zjevení, že nazval knihu svatou, když si na ni po letech vzpomněl, tato myšlenka použití metody aaic ? k objevování nových znalostí a smysl pro snahu dostat se k nejzákladnějšímu pochopení věcí byl pro Einsteina po mnoho let jako vodítko pro Einsteina. Einstein měl vždy talent na matematiku a přírodní vědy, ale když byl mladý, jeho zvědavost měla přednost před potěšením svých učitelů. Zatlačit proti svým učitelům na své plukované německé střední škole a na vysoké škole často úplně vynechával hodiny matematiky, aby složil testy z matematiky na vysoké škole, kopíroval poznámky od svého přítele Marcela Grossmana, jednoho z jeho profesorů v době, kdy si **Hermon Manovski** později vzpomněl, že Einstein byl jako líný pes ve své třídě poté, co se Einstein jako teenager naučil kalkul, mám pocit, že řekl to, co slyším říkat spousta jiných studentů, a kdy tuto matematiku někdy v

životě použiji znovu. **Nikdy, ale manipulace s ní mě naučí více myslet...** Jako ty třídy, o kterých si Einstein nemyslel, že by stály za jeho čas, diferenciální rovnice geometrie čísel a další, byl alespoň částečně ta matematika, kterou se měl naučit na vysoké škole, ale zanedlouho se znovu dostane do křížku s **Minkovskim a Grossmanem** a konečně si uvědomí sílu této pokročilé matematiky, kterou předtím ignoroval mnohem později, mnohem později Einstein napsal, že tomu tak není. Je mi jako studentovi jasné, že hlubší znalost základních principů fyziky byla spojena s nejsložitějšími matematickými metodami, když Einstein v srpnu 1900 promoval na vysoké škole, byl po vysoké škole na čtvrtém místě ze třídy pěti lidí. Několik let se trápil, protože se mu nedařilo sehnat práci a také nedokázal napsat vědeckou práci, která by mu vynesla doktorát, ale v roce 1902 přiměl Grossmana svého otce, aby požádal o laskavost a pomohl Einsteinovi získat práci jako úředník v nejnižší úroveň švýcarského patentového úřadu byla práce nudná a hodiny způsobily, že se Einstein nemohl dostat do knihovny, než se zavřela, aby provedl výzkum, ale v roce 1905 prakticky z ničeho nic Einstein publikoval čtyři průlomové články, včetně jednoho, který je považován za původ kvantové fyziky a další o tom, co je nyní známé jako speciální teorie relativity, tyto články dohromady tvoří základ moderní fyziky a rok 1905 se stal známým jako Einsteinův zázračný rok, ale pro začátek to nebyly typické fyzikální články. Einstein své argumenty nezaložil na jakýchkoli experimentech nebo dokonce skutečně citovat většinu práce někoho jiného a nejen to, že matematika ve skutečnosti nepřesáhla středoškolskou úroveň, místo toho se spoléhal na přístup, který byl tak nadšený, že objevil, když mu bylo 12, axiomatickou metodu v svou práci o speciální teorii relativity poté, co poukázal na záhadný rozpor v současné vědě o elektromagnetismu, předkládá svůj argument pro řešení, nejprve navrhuje dvě myšlenky, které prý přijme jako postuláty nebo axiomy, odtud napíše logický argument, který vede k **radikální přehodnocení pojmů, jako je čas a vzdálenost**, převrácení toho, co bylo přijímáno jako základní fyzikální zákony od dob Isaaca Newtona, jeho prvního axiomu, spočívalo v tom, že stejné fyzikální zákony platí pro jakýkoli referenční rámec včetně zákonů optiky a elektřiny jinými slovy: neexistuje žádný experiment, který byste mohli udělat a který by vám umožnil rozlišovat mezi klidem a klidem

.....

(03)- being in perfectly uniform motion if you're flying in an airplane with the window shades down pretend that we can't hear the engine then there's literally no difference between your state of motion when the plane is flying and a different state of motion for example when the plane is sitting on the tarmac by this logic there's no such thing as absolute rest all we can do is talk about different objects moving relative to different reference points his second axiom seems like it contradicts the first it says that the speed of light in a vacuum is the same for all frames of reference in other words no matter how fast you're moving it'll always look like a light beam is traveling at the exact same speed building on these two axioms he goes through a thought experiment involving a series of logical steps for measuring time and distance by the end he's made the case for some pretty wild things he says that when you travel close to the speed of light your length contracts in the direction of your motion and time moves more slowly as measured by an outside Observer not only that but the apparent fact of two events happening simultaneously is not absolute and instead depends on the state of motion of the Observer this leads to all kinds of surprising results and apparent paradoxes the YouTube channel float head physics has made a whole series of great videos explaining some of these results of special relativity surprising things like what's known as the twins Paradox I'll put a link in the description to a few of my [Music] favorites it's fair to say that the ideas in

these papers were completely revolutionary even though there were other people thinking about this stuff nobody else was Radical enough to take them all the way to their logical conclusions and throw out so much of what they thought they knew about the universe in the process for example arri panare one of the titans of late 19th century math and physics questioned the absolute nature of time and made important steps towards special relativity before Einstein did but even by the time of his death in 1912 he still hadn't come around to Einstein's full theory of special relativity insisting instead that absolute rest and absolute simultaneity did exist relative to an undetectable Cosmic substance known as The Ether after Einstein published these papers his life didn't change much it still took him three more years to get a university job but gradually some influential thinkers picked up on his work and started building on his theories one person who took special relativity and ran with it was none other than Einstein's old math teacher Hermon minkovski minkovski found a way to connect Einstein's ideas to formal mathematics through the concept of a four-dimensional space time so what's a distance a distance is a sum of squares because of the Pagan theorem a distance is a sum of squares so let's say we have three uh variables X Y and Z and what we're used to is if I have some point out here I can express it in some number of x's some number of y's and some number of Z's and that'll find me this point in space if we Square those three values add them together and then take the square root of the sum then we'd be using the Pythagorean theorem to find the distance from the starting point and then minkovsky comes along and says okay but here's a way to make SpaceTime work when you add that extra dimension of time you sum the squares of the space dimensions and you subtract a square of the time Dimensions to measure distance it makes special relativity into a geometric space msk's new system allowed him to mathematically model the predictions of special relativity where the behavior of light forms the boundary for the possible motion of all other objects in the universe since what we're describing as distance now includes the measurement of time this value is often referred to as A Spacetime interval the geometry that's that special relativity predicts is the geometry that's of the cone where the distances are all zero let's make an analogy to three dimensions so we can see why this forms a cone the Pythagorean theorem tells us that $x^2 + y^2 + z^2$ equals the distance squar but what happens if we describe like Behavior by making the Z Dimension negative and the distance equal to zero well now we can move things around to get $x^2 + y^2$ equal z^2 we can think of this as all the points on X and Y that are a distance Z from the origin in other words it's the points on a circle so when Z gets bigger the circle gets bigger and when it gets smaller the circle gets smaller what we end up with is a cone where the edges make a 45° angle with the Z AIS so Einstein special relativity again we start with the axium that the speed of light is constant and

(03)- být v dokonale rovnoměrném pohybu, pokud letíte v letadle se staženými okenními clonami, předstírejte, že neslyšíme motor, pak není doslova žádný rozdíl mezi vaším stavem pohybu, když letadlo letí, a jiným stavem například pohybu, když letadlo sedí na asfaltu, podle této logiky neexistuje žádná taková věc jako absolutní klid, vše, co můžeme udělat, je mluvit o různých objektech pohybujících se vzhledem k různým referenčním bodům, jeho druhá axium se zdá být v rozporu s první, říká, že rychlost světla ve vakuu je stejná pro všechny vztažné soustavy, jinými slovy, bez ohledu na to, jak rychle se pohybujete, vždy to bude vypadat, jako by se světelný paprsek pohyboval přesně stejnou rychlostí na základě těchto dvou axiomů, kterými prochází myšlenkový experiment zahrnující řadu logických kroků pro měření času a vzdálenosti na konci on se zabýval docela divokými věcmi, říká, že

když cestujete blízko rychlosti světla, vaše délka se zkracuje ve směru vašeho pohybu a čas se pohybuje více pomalu, jak je měřeno vnějším pozorovatelem, nejen to, ale zdánlivý fakt, že se dvě události dějí současně, není absolutní a místo toho závisí na stavu pohybu pozorovatele, což vede ke všem druhům překvapivých výsledků a zdánlivým paradoxům fyzika plovoucí hlavy kanálu YouTube natočil celou sérii skvělých videí vysvětlujících některé z těchto výsledků speciální teorie relativity překvapující věci, jako je to, co je známé jako Paradox dvojčat. Do popisu vložím odkaz na několik mých oblíbených [Hudba], je fér říci, že nápady v těchto dokumentech byly naprosto revoluční, i když o těchto věcech přemýšleli i jiní lidé, nikdo jiný nebyl natolik radikální, aby je dovedl až k jejich logickým závěrům a vyhodil tolik z toho, co si mysleli, že ví o vesmíru, například arri panare jeden z titánů matematiky a fyziky konce 19. století zpochybnil absolutní povahu času a učinil důležité kroky směrem ke speciální teorii relativity dříve než Einstein, ale ani v době své smrti v roce 1912 se stále nedostal k úplné Einsteinově teorii. speciální teorie relativity, která místo toho trvala na tom, že absolutní klid a absolutní simultánnost skutečně existovaly vzhledem k nedetekovatelné kosmické látce známé jako Éter poté, co Einstein publikoval tyto články, jeho život se příliš nezměnil, stále mu trvalo další tři roky, než získal univerzitní práci, ale postupně vlivní myslitelé se chopili jeho práce a začali stavět na jeho teoriích jedna osoba, která přijala speciální relativitu a běžela s ní, nebyl nikdo jiný než Einsteinův starý učitel matematiky Hermon minkovski minkovski našel způsob, jak propojit Einsteinovy myšlenky s formální matematikou prostřednictvím konceptu čtyřky -dimenzionální časoprostor, takže co je vzdálenost, vzdálenost je součet čtverců kvůli pohanské větě, vzdálenost je součet čtverců, takže řekněme, že máme tři uh proměnné X Y a Z a na co jsme zvyklí je, když já když já mám tady nějaký bod, můžu to vyjádřit v nějakém počtu x, nějakém počtu y a nějakém počtu Z a to mi najde tento bod v prostoru, když tyto tři hodnoty odmocníme, sečteme je a pak vezmeme druhou odmocninu z sečteme, pak bychom použili Pythagorovu větu, abychom našli vzdálenost od výchozího bodu, a pak přijde Minkovsky a řekne dobře, ale tady je způsob, jak zajistit, aby SpaceTime fungoval, když přidáte další dimenzi času, sečtete druhé mocniny prostorových dimenzí a odečtete čtverec času Rozměry pro měření vzdálenosti dělá speciální relativitu do geometrického prostoru mskův nový systém mu umožnil matematicky modelovat předpovědi speciální relativity, kde chování světla tvoří hranici pro možný pohyb všech ostatních objektů v vesmír, protože to, co popisujeme jako vzdálenost, nyní zahrnuje měření času, tato hodnota je často označována jako interval časoprostoru geometrie, kterou speciální teorie relativity předpovídá, je geometrie kužele, kde jsou všechny vzdálenosti nulové, udělejme analogii do tří rozměrů, takže můžeme vidět, proč to tvoří kužel Pythagorova věta nám říká, že $x^2 + y^2 + z^2$ se rovná čtverci vzdálenosti, ale co se stane, když popíšeme jako Chování tím, že z dimenze Z uděláme zápornou a vzdálenost rovná se nule, nyní můžeme pohybovat věcmi, abychom dostali $x^2 + y^2$ rovno z^2 , můžeme si to představit jako všechny body na X a Y, které jsou ve vzdálenosti Z od počátku, jinými slovy jsou to body na a kružnice, takže když se Z zvětší, kružnice se zvětší a když se zmenší, kružnice se zmenší, to, co skončíme, je kužel, kde hrany svírají úhel 45° s Z AIS, takže opět Einsteinova speciální teorie relativity začneme s axiém, který rychlost světla je konstantní a

.....

(04)- we derive all these crazy things about time and and distance and so on then movi says you can realize those things by by placing them in this geometry where you get to subtract one of the squares when you're Computing distances this formula gives a geometric interpretation of what's known as Loren Transformations the equations that allow you to

calculate the changes to time and distance that occur for an object moving close to this speed of light the motion of a photon of light always has a Spacetime interval equal to zero while any other object moving below the speed of light has a non-zero SpaceTime interval which all inertial observers will measure as being the same value it's this one cone and he's saying the whole world lives in this cone SpaceTime Einstein initially did not like this idea he called it Superfluous erudition and said that since the mathematicians have grabbed hold of the relative Theory I no longer understand it myself Einstein thought this fancy new math obscured the beautiful physics but Menovsky's explanation of the four-dimensional cone wasn't just fancy math for the sake of being complicated it actually unlocked new conclusions from special relativity that weren't apparent in Einstein's original version in the end the idea of SpaceTime has become so closely associated with special relativity that people mistakenly assume that it came from Einstein himself Einstein would eventually realize just how much he needed this fancy math to keep developing his relativity theories because special relativity had a fundamental limitation it only described completely uniform motion so Einstein still needed a way to talk about things like acceleration and rotation not only that but there was an even bigger problem with Newton's laws of gravity you have two objects with two masses there's a universal gravitational constant and they pull each other the force that that one exerts on the other is uh inverse distance squared right this this is the inverse Square law but then special theory of relativity says distance is not uh absolute oh crap we have a huge problem how do we do gravity if distance is in the eye of the beholder right cuz distance is measured by time and there's this Duality between time and distance and so can it be that that the force acting on this thing depends on where you're standing and looking at them so this is the sort of thing that that Einstein's uh special Theory breaks it breaks gravity this was when Einstein Came Upon what he later called the happiest thought of his life he imagined a painter falling from the side of a building while the man is in free Fall if we ignore the air blowing past him his experience would be completely identical to a man floating in a rocket ship in outer space with zero gravity Einstein grabbed on to this idea what if acceleration and gravity were in some fundamental way the same thing two sides of the same coin with that idea in place Einstein once again set out to construct an argument brick by logical brick that led him to some surprising results and then he's able to extrapolate from that yeah I mean that's this beautiful theory of general relativity and it predicts that light will be bent around a star uh uh except you can't ever look at the sun to see that that happening unless the sun is blocked out by something so that you can see the stars behind it so we wait for the eclipse Einstein put out a call to astronomers that they should use a solar eclipse as a chance to record whether the apparent position of stars is changed when their light rays pass near the sun to get to us but in the meantime Einstein still needed to come up with a formal system for doing calculations under his new conception of the universe the equation should predict exactly how much the light rays would bend and they should also explain why Mercury's orbit deviates ever so slightly from its expected elliptical path to get there he needed a type of mathematics that could deal precisely with quantities that changed in complicated ways traditional calculus can do this when we're looking at motion within a flat grid what we call Euclidean geometry but describing the complexities of the universe was going to take something more powerful and more flexible so he called up his old friend Marcel Grossman again by now Grossman had become an expert in exactly the kind of sophisticated non-Euclidean geometry that Einstein needed for his work he thought that Einstein might be able to realize his theory with the help of ideas developed by mathematician Bernhard Riemann half a century earlier let's do a little

crash course in rianian Geometry the fundamental question is what is distance and the right way to think about distance and this is what reman understood is uh imagine like a Pringles

.....

(04)- odvozujeme všechny ty šílené věci o čase a vzdálenosti a tak dále, pak movi říká, že ty věci si můžete uvědomit tím, že je umístíte do této geometrie, kde můžete odečíst jeden ze čtverců, když počítáte vzdálenosti tento vzorec poskytuje geometrickou interpretaci toho, co je známé jako Lorenovy transformace, rovnice, které vám umožňují vypočítat změny času a vzdálenosti, ke kterým dochází u objektu pohybujícího se blízko této rychlosti světla pohyb fotonu světla má vždy **interval časoprostoru rovný nule zatímco jakýkoli jiný objekt pohybující se pod rychlostí světla má nenulový časoprostorový interval**, který všichni inerciální pozorovatelé naměří jako stejnou hodnotu, je to tento jeden kužel a on říká, že celý svět žije v tomto kuželu Časoprostoru. **Einsteinovi se to zpočátku nelíbilo nápad nazval to nadbytečná erudice a řekl, že od té doby, co se matematici chopili relativní teorie, už jí sám nerozumím.** Einstein si myslel, že tato nová fiktivní matematika zatemňuje krásnou fyziku, ale Minkowského vysvětlení čtyřrozměrného kužele nebyla jen fantazijní matematika kvůli komplikovanosti to ve skutečnosti odemklo nové závěry ze speciální teorie relativity, které nebyly patrné v původní Einsteinově verzi, **nakonec se myšlenka časoprostoru stala tak úzce spojena se speciální teorií relativity, že se lidé mylně domnívají, že pochází od samotného Einsteina.** Nakonec si uvědomil, jak moc potřeboval tuto fantastickou matematiku, aby mohl dále rozvíjet své teorie relativity, protože **speciální teorie relativity měla zásadní omezení, popisovala pouze zcela rovnoměrný pohyb, (!) Lorentzovy transformace byly totiž jen „stopstavy“ do konstantních KONKRÉTNÍCH hodnot rychlosti pohybu testované částice. Je to porovnání v_3 s v_4 , nebo v_{17} s v_{18} ... atd.,** takže Einstein stále potřeboval způsob, jak mluvit o věcech, jako je **zrychlení a rotace**, a to je ono, to je to podstatné... nejen to, ale existoval ještě větší problém s Newtonovými gravitačními zákony máte dva objekty o dvou hmotnostech, existuje univerzální gravitační konstanta a navzájem se přitahují silou, kterou jeden působí na druhého, je inverzní vzdálenost na druhou, toto je inverzní čtvercový zákon, ale pak speciální teorie relativity říká, že vzdálenost není uh absolutní, sakra, máme obrovský problém, jak uděláme gravitaci, pokud je vzdálenost v oku pozorovatele, protože vzdálenost se měří časem a mezi časem a vzdáleností existuje dualita a tak to může být je to tak, že síla působící na tuto věc závisí na tom, kde stojíte a díváte se na ně, takže tohle je ten druh věcí, které Einsteinova speciální teorie rozbíjí, a rozbíjí gravitaci to bylo, když Einstein přišel na to, co později nazýval nejtřastnějším myslel na svůj život, představoval si malíře padajícího ze strany budovy, zatímco muž je ve volném pádu, kdybychom ignorovali vzduch, který kolem něj proudil, jeho zkušenost by byla zcela identická jako u muže plovoucího v raketové lodi ve vesmíru s nulovou gravitací. Einstein se chopil této myšlenky, **co kdyby zrychlení a gravitace byly nějakým zásadním způsobem totéž**, dvě strany téže mince s touto myšlenkou na místě Einstein se znovu pustil do konstrukce argumentační cihly, která ho přivedla k některým překvapivým výsledkům a pak je schopen z toho extrapolovat ano, myslím, že je to krásná teorie obecné relativity a předpovídá, že světlo se bude ohýbat kolem hvězdy, uh, až na to, že se nikdy nemůžete podívat na slunce, abyste viděli, že se to děje, pokud není slunce něco zakryto, takže můžete vidět hvězdy za tím, takže čekáme na zatmění. Einstein zavolal astronomům, aby použili zatmění Slunce jako šanci zaznamenat, zda se zdánlivá poloha hvězd mění, když jejich světelné paprsky projít blízko Slunce, aby se k nám dostal, ale mezitím Einstein stále potřeboval přijít s formálním systémem pro provádění výpočtů podle své nové koncepce vesmíru rovnice by měla přesně předpovědět, jak moc se

budou světelné paprsky ohýbat, a měli by také vysvětlit, proč Dráha Merkuru se tak nepatrně odchyluje od své očekávané eliptické dráhy, aby se tam dostal, potřeboval typ matematiky, která by se dokázala přesně vypořádat s veličinami, které se měnily komplikovaným způsobem, tradiční kalkulo to dokáže, když se díváme na pohyb v ploché mřížce, čemu říkáme. **ukianská geometrie**, ? ale popis složitosti vesmíru si vyžádal něco výkonnějšího a flexibilnějšího, a tak znovu zavola svého starého přítele **Marcela Grossmana**. Grosman se nyní stal odborníkem přesně na ten druh sofistikované neukianské geometrie, kterou Einstein potřeboval pro ve své práci si myslel, že Einstein by mohl být schopen realizovat svou teorii s pomocí myšlenek vyvinutých matematikem Bernardem Riemannem o půl století dříve, pojďme si udělat malý rychlokurz riemanské geometrie, základní otázkou je, co je vzdálenost a správný způsob, jak o tom přemýšlet vzdálenost a to je to, co Riemann pochopil, je představte si jako Pringles

.....

(05)- chip and a tiny little ant on that Pringles chip and that ant wants to go somewhere but of course it can't jump uh across the Pringle chip it has to go down into the chip and then up to the other side or or maybe down this way and up and around whatever however the ant has to get there it's going to get there and the amount of steps that it takes is the distance if she smells something you know over there she's not going to go like this because the shortest path that turns out is like that and so that that's exactly what Riemann was uh envisioning and what he said is at every single point in your space let's think of surfaces okay so we have this Pringle chip at every point in the Pringle chip there's a there's a set of tangent vectors directions in which you can go okay so that gives you a set of possible directions and then a geodesic a shortest path so you can you can sort of count the number of steps that the ant took to get from here to here and then you can think about all possible paths the Ant could have taken and the g is the path that minimizes the total number of steps uh Riemann's mathematics makes this correct infinitesimally Riemann had devised a system where not only could the distance be measured differently at every point but the math can account for as many different variables as you need and he realized that once he started using these algebraic methods for writing what it means to be a three-dimensional manifold well you have $X_1 X_2 X_3$ he's like wait a second $X_4 X_5 X_{17}$ nothing is stop stopping me from doing this in general dimension and this really blew people's mind they're like what do you mean 17 Dimension he's no don't worry about it it's just algebra I can make a 17 tuple of numbers right we have uh temperature pressure wind speed uh whatever we we have all kinds of different ways of uh describing the situation at a point why shouldn't things be multi-dimensional beyond beyond three dimensions Einstein and Grossman worked to bring these Concepts together with Minkowski's four-dimensional method where the square of the time Dimension was subtracted that is what general relativity is it's this uh way of measuring distances where instead of summing squares you sum three of the squares and subtract the fourth square but you do this differently at every Point depending on the mass Einstein dove into this formal mathematical approach that he had previously turned up his nose to he was finally starting to appreciate the power that this kind of math had to discover new insights about the universe he wrote to a colleague I have gained enormous respect for mathematics whose more subtle Parts I considered until now in my ignorance as pure luxury but Einstein wasn't completely converted over to this fancy math just yet in his multi-year quest for the equations of general relativity he also tried strategies based around his intuitions for the laws of physics he hoped that he could still use the kind of simple axiomatic thinking that had worked so well for him in the past at one point in 1912

Einstein and Grossman had arrived at some formulas that turned out to be very close to what would ultimately be Einstein's final version of general relativity but Einstein threw it out he was having trouble understanding how to make the formulas covariant in other words since relativity implies that there's no one definitive frame of reference any relativity formula has to give the same result no matter what frame of reference or coordinate system you use unfortunately the math behind this gets quite complicated and apparently it was even too complicated for Einstein himself at the time so Einstein threw out the fancy ronian math he hoped that he could still use his uncanny intuition for the physical laws of the universe to work out his theory of general relativity soon he had a new set of formulas which he published as what he called an outline paper the formulas in this paper have since been described as having no clear geometric meaning it seemed almost like Einstein had tried to just throw some something together after getting too frustrated with the difficult math after publishing this paper he struggled for close to 3 years to refine the formulas and get them to work but eventually he found a clear-cut mistake as soon as he saw it he dug out his old notebooks where he was using the ronian approach and got back to work with those but by now the Clock Was ticking an influential mathematician in goodan named David Hilbert was working to develop his own gravitational field equations based to the stars during a solar eclipse would come true his final equations predicted that the displacement would be twice as large as the prediction that comes from Newton's equations if light is assumed to be made of

(05)- čip a malý mravenec na čipu Pringles a ten mravenec chce někam jít, ale samozřejmě nemůže přes čip Pringle skočit, musí jít dolů do čipu a pak nahoru na druhou stranu nebo nebo možná tudy dolů a nahoru a kolem čehokoli, ať už se tam mravenec musí dostat, dostane se tam a počet kroků, které to musí udělat, je vzdálenost, pokud ucítí něco, co víte támhle, takhle nepůjde, protože nejkratší cesta, která se ukáže, je taková, takže to je přesně to, co si reman představoval, a co řekl, je v každém jednotlivém bodě vašeho prostoru, pojďme si pomyslet na povrchy v pořádku, takže máme tento čip Pringle v každém bodě čipu Pringle, je tam existuje sada směrů tečných vektorů, kterými se můžete vydat, takže získáte sadu možných směrů a pak geodesiku nejkratší cestu, takže můžete spočítat počet kroků, které mravenec udělal, aby se odtud dostal tady a pak můžete přemýšlet o všech možných cestách, kterými se mohl mravenec vydat, a g je cesta, která minimalizuje celkový počet kroků, uh Remonova matematika to činí správným nekonečně málo reman vymyslel systém, kde by se vzdálenost nejen dala měřit jinak. Každý bod kromě matematiky může zohlednit tolik různých proměnných, kolik potřebujete, a on si uvědomil, že jakmile začal používat tyto algebraické metody pro psaní toho, co to znamená být trojrozměrnou varietou, dobře máte $X_1 X_2 X_3$, jako by chvíli počkal $X_4 X_5 X_{17}$ nic mi nebrání v tom, abych to udělal v obecné dimenzi, a tohle opravdu pobouřilo mysl lidí, jsou jako **co tím myslíš 17 dimenze on si s tím nedělej starosti, je to jen algebra**. Umím správně vytvořit 17 toule čísel, uh teplota tlak rychlost větru cokoli máme různé způsoby popisu situace v určitém bodě proč by věci neměly být vícerozměrné za hranicemi tří rozměrů Einstein a Grossman pracovali na spojení těchto konceptů pomocí čtyřrozměrné metody **msk ??** kde byla odečtena druhá mocnina času. Rozměr, to je obecná teorie relativity, je to tento způsob měření vzdáleností, kdy místo sčítání čtverců sečtete tři čtverce a odečtete čtvrtý čtverec, ale v každém bodě to děláte jinak v závislosti na hmotnosti. Einstein se ponořil do tohoto formálního matematického přístupu, nad kterým předtím ohrnoval nos, konečně si začínal vážit síly, kterou tento druh matematiky měl k objevování nových poznatků o vesmíru, napsal svému kolegovi, jehož jsem si získal

obrovský respekt k matematice, jehož subtilnější části jsem až dosud ve své nevědomosti považoval za čistý luxus, ale Einstein ještě úplně nepřešel na tuto luxusní matematiku, ale ve svém mnohaletém pátrání po rovnicích obecné relativity také zkoušel strategie založené na jeho intuici pro zákony z fyziky doufal, že může stále používat ten druh jednoduchého axiomatického myšlení, které se mu v minulosti tak dobře osvědčilo, v jednom bodě roku 1912 Einstein a Grossman dospěli k některým vzorcům, které se ukázaly být velmi blízké tomu, co by nakonec bylo Einsteinovu konečnou verzi obecné teorie relativity, ale Einstein ji zahodil, měl potíže s pochopením toho, jak udělat vzorce kovariantní jinými slovy, protože relativita znamená, že neexistuje žádný definitivní referenční rámec, který by jakýkoli vzorec relativity musel poskytnout stejný výsledek bez ohledu na to, v jakém rámci referenční nebo souřadnicový systém, který používáte, bohužel matematika za tím je poměrně komplikovaná a zjevně to bylo v té době dokonce příliš komplikované pro samotného Einsteina, takže Einstein vyhodil luxusní ranianskou matematiku a doufal, že stále může používat svou podivnou intuici pro fyzikální zákony vesmíru, aby vypracoval svou teorii obecné relativity, brzy měl novou sadu vzorců, kterou publikoval jako to, co nazval osnovou, vzorce v tomto článku byly od té doby popsány jako bez jasného geometrického významu, zdálo se to skoro, jako by to zkoušel Einstein prostě dát něco dohromady poté, co byl příliš frustrovaný obtížnou matematikou po zveřejnění tohoto článku se téměř 3 roky snažil vylepšit vzorce a uvést je do provozu, ale nakonec našel jasnou chybu, jakmile ji viděl. Vyhrabal své staré sešity, kde používal ranianský přístup, a vrátil se k práci s těmi, ale teď už tikaly Hodiny vlivný matematik z Goodanu jménem **David Hilbert** pracoval na vývoji vlastních rovnic gravitačního pole založených na hvězdách během slunečního záření. Zatmění se naplní, jeho poslední rovnice předpovídaly, že posunutí bude dvakrát větší než předpověď, která pochází z Newtonových rovnic, pokud se předpokládá, že světlo je vyrobeno z

.....

(06)- particles with mass Einstein's general relativity paper managed to make its way across the English Channel during the height of World War I to a British astronomer named Sir Arthur Eddington Eddington was a fellow pacifist and hoped that science could be used to bridge the divisions of the Great War if a British team were to validate a German Theory Eddington assembled two teams to photograph an eclipse that was coming on May 29th 1919 by then the war had finally ended and one team headed to soal Brazil while Eddington traveled with the other team to the island of Principe off the western coast of Africa both teams managed to take photographs of the moment but it took several months of analysis back in England before Eddington was ready to announce his results Einstein waited nervously in Berlin to hear the news by September word had come through that the data was looking good but it wasn't until a public presentation at the London Astronomical Society on November 6th that the world would find out the next day the times of London printed the triumphant headline revolution in science new theory of the universe neonian ideas overthrown and like that Einstein was famous [Music] the reason it was so wild is Einstein moves the heavens he's fighting the gods just like the Greeks are fighting the gods for a world still processing the trauma from one of the deadliest Wars in human history the idea of a German Jew and a British Quaker working together to advance Humanity's shared understanding of the universe was a much needed moment of Triumph relativity became a symbol of this new modern world and Einstein was that world's first celebrity scientist more predictions of general relativity have since been verified including some that Einstein initially didn't even believe himself such as the existence of black holes not only that the equations of general relativity are crucial

for modern technology like GPS because the clocks aboard the satellites can't synchronize with the Earth without it for Einstein his almost childlike intuition that there's an underlying structure to the entire universe and his lifelong Reliance on axiomatic arguments needed to team up with some of the most cuttingedge abstract math available in order to get to his new comprehensive understanding of the Universe I want to come back to reman for a second do you think he would have been surprised to find out that this math that he made was what Einstein needed for general relativity yes I think that would be very much a surprise pris toon I'm curious if you have a different reaction but to me I just kind of feel this sense of like amazement that there was this math that reman made for Math's sake and it ended up being the exact thing that Einstein needed to like figure out the secrets of the universe basically this happens all the time this is why we exist this is I think why I have a job because Humanity has realized that you leave the mathematicians alone they'll come up with some cockman 17 dimensional curved space theory that nobody will give a damn about for 60 years until someone comes along and says wait a second this is exactly the mathematics I need to do general relativity it's amazing it's it's amazing it's amazing that the world is so well governed by mathematical laws or approximated shall we say not governed by but approximated by mathematical laws years later Einstein received a fan

29:55

letter from a young student she wrote that she was worried about her math class I have to work longer in it than

.....

(06)- částicím s hmotností Einsteinův papír obecné relativity se během první světové války podařilo dostat přes Lamanšský průliv k britskému astronomovi jménem Sir Arthur Eddington Eddington byl pacifista a doufal, že věda může být použita k přemostění divize Velké války, pokud by britský tým potvrdil německou teorii, Eddington sestavil dva týmy, aby vyfotografoval zatmění, které se chystalo 29. května 1919, válka definitivně skončila a jeden tým zamířil do Brazílie, zatímco Eddington cestoval s druhým týmu na ostrov Principe u západního pobřeží Afriky se oběma týmům podařilo vyfotografovat moment, ale trvalo několik měsíců analýzy v Anglii, než byl Eddington připraven oznámit své výsledky. Einstein nervózně čekal v Berlíně, aby se zprávy dozvěděl do září proslýchalo se, že data vypadají dobře, ale až veřejná prezentace v Londýnské astronomické společnosti 6. listopadu svět zjistila, že příští den londýnské časy vytiskly triumfální revoluci v titulku ve vědě, nová teorie vesmír **neónské myšlenky** svrženy a podobně Einstein byl slavný [Hudba] důvod, proč byl tak divoký, je, že Einstein hýbe nebesy bojuje s bohy stejně jako Řekové bojují s bohy za svět, který stále zpracovává trauma z jedné z nejsmrtejnějších válek v dějinách lidstva byla myšlenka německého Žida a britského kvakera, kteří společně pracovali na prohloubení sdíleného chápání vesmíru lidstvem, velmi potřebným okamžikem Triumph. obecná teorie relativity byla od té doby ověřena, včetně některých, kterým Einstein zpočátku ani nevěřil, jako je existence černých děr, nejen že rovnice obecné relativity jsou klíčové pro moderní technologie, jako je GPS, protože hodiny na palubě satelitů se nemohou synchronizovat s Zemí bez ní pro Einsteina jeho téměř dětská intuice, že celý vesmír má základní strukturu, a jeho celoživotní spoléhání se na axiomatické argumenty potřebné k tomu, aby se spojil s těmi nejšpičkovějšími dostupnými abstraktními matematikami, aby se dostal ke svému novému komplexnímu pochopení Vesmíru. Chci se na vteřinu vrátit do remanství, myslíte si, že by byl překvapen, kdyby zjistil, že tato matematika, kterou vytvořil, byla to, co Einstein potřeboval pro obecnou relativitu ano, myslím, že by to bylo velké překvapení. **Zajímalo by mě, jestli**

máte jinou reakci, ale pro mě prostě cítím ten pocit jakoby úžas, že existovala ta matematika, kterou Rieman vytvořil kvůli matematice, a nakonec to bylo přesně to, co Einstein potřeboval, aby rád odhalil tajemství vesmír v podstatě se to děje pořád, to je důvod, proč existujeme, to je. Myslím, proč mám práci, protože lidstvo si uvědomilo, že necháte matematiky na pokoji, přijdou s nějakou teorií 17rozměrného zakřiveného prostoru cockman, http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eb/eb_002.pdf kterou nikdo neztracuje asi 60 let, dokud někdo nepřijde a řekne, počkej chvíli, to je přesně ta matematika, kterou potřebuji k obecné teorii relativity, **je to úžasné, je to úžasné, je úžasné, HDV je také úžasná..., tedy jednou bude** že svět je tak dobře řízen matematickými zákony nebo aproximován, řekněme, že se neřídí, ale aproximované matematickými zákony o roky později dostal Einstein vějíř 29:55 dopis od mladé studentky napsala, že se bojí o hodinu matematiky. Musím v ní pracovat déle než

JN, 01.08.2024