



**Color Force – Scénická reflexe na téma částicová fyzika**

## **Color Force – Scénická reflexe na téma částicová fyzika**

Tento text dokumentuje proces vzniku druhého ze čtyř výstupů realizovaných v rámci jedné z aktivit projektu Centra pokročilých aplikovaných přírodních věd (CAAS), jejímž cílem je hledat společný jazyk mezi fyziky a umělci otevřený pro odbornou i laickou veřejnost.

Text formuluje hlavní teze autorů, kteří se podíleli na realizaci abstraktní reprezentace světa částic ve formě taneční inscenace.

# Úvod

Prvním výstupem dialogu mezi umělci a fyziky byla plastika – Artefakt, jehož charakter byl sice statický, a přesto zdánlivě reagující na pohyb procházejícího chodce. Pohybem kolem Artefaktu vzniká velmi dynamický optický jev, který kolemjdoucímu zpřítomňuje to, že hmota v sobě ukrývá tajemství. Na druhé straně dynamika procesů použitých během zkoumání na poli částicové fyziky vede člověka přímo k další formě abstrakce prostřednictvím pohybu. Vyjadřování se pohybem je pro člověka jeden z nejpřirozenějších způsobů komunikace, který ovládal daleko dříve než mluvenou řeč. I proto je zcela přirozené, že byl v tomto případě využit jako další způsob reprezentace fascinujícího světa, který jen velmi pomalu dovoluje člověku, aby ho poznal a pochopil.

Představa vyjádření těchto tezí prostřednictvím tance vznikala během diskusí ve fázi projektu, kdy vzájemné poznání týmu fyziků a týmu umělců pokročilo. Vznikl tak další nový a určitě daleko větší prostor poskytující inspiraci pro zformulování obsahu, který bychom chtěli divákovi sdělit a demonstrovat mu tím existenci světa, který máme před sebou, ale přesto o něm mnoho věcí nevíme.

Ing. Roman Berka, Ph.D.

Mikrosvet časticovej fyziky je založený na predstave elementárnych častíc a ich vzájomných interakcií. Autorom predstavenia sa intuitívne podarilo ponoriť do sveta silnej interakcie, ktorou na seba, skrz gluóny, pôsobia farebne nabité kvarky. Na rozdiel od fotónov v elektromagnetickej interakcii, gluóny pôsobia i vzájomne na seba. Kvarky sú v neustálom tanci večne uväznené vo vnútri zložených častíc. Z tohto dôvodu nie je možné ich priamo experimentálne skúmať. Poznatky súčasnej fyziky o vnútornom svete protónu majú v sebe mnoho bielych miest a len pomocou najmodernejších urýchľovačov a detektorových systémov môžeme tieto neznáme miesta odhaľovať. Ako vedec som hnaný dopredu zvedavosťou a túžbou vidieť tento nový svet ako moreplavci plávajúci za známe horizonty.

Moja experimentálna skupina na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze spolu s kolegami a kolegyňami z celého sveta pripravuje nový elektrón – iónový urýchľovač EIC v Brookhavenskom národnom laboratóriu u pieskových pláží na Long Islandu v USA.

Choreografke sa verne podarilo sprostredkovať ten mystický pocit, ktorý cítime, keď sa prvý krát spustí úplne nový detektor a otvorí dvere do vnútra hmoty, z ktorej sme všetci a všetko okolo nás zložení.

Doc. Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.

# Úvodní příspěvky před představením

Hledání společného jazyka mezi vědou a uměním předpokládá rozvíjení procesu vzájemného poznávání, což se v případě vědy a umění děje průběžně formou přednášek, které doplňují specializované workshopy. Umělci i vědci si nejprve přiblíží předmět svého zájmu, zformulují svoji motivaci i způsob svého uvažování. Na základě tohoto přístupu k poznání pak postupně prostřednictvím vzájemné inspirace mohou začít vznikat nové myšlenky a postupy. Díky této vzájemné inspiraci může jak vědec, tak i umělec nacházet nové a netušené cesty. Následující čtyři příspěvky reprezentují právě tento typ vzájemného inspirativního procesu.

# Interpretace multimediálního obsahu v rámci formátu uměleckého díla

Doc. MgA. Josef Šafařík, Ph.D.

Fakulta architektury ČVUT v Praze

Můj zájem cílený na percepci a výklad netradičního formátu multimediálního díla vznikl v průběhu magisterského studia na Vysoké škole uměleckoprůmyslové v Praze. Hluběji jsem se zmíněnou problematikou zabýval v rámci svého postgraduálního studia na VŠUP, přičemž závěrečná dizertační práce shrnovala celý ideový koncept i můj postoj k problematice definování netradičního formátu a vnímání multimediálního obsahu uměleckého díla („Render“, VŠUP v Praze, 2009).

Důležitou součástí mé tvůrčí činnosti je teoretický základ definovaný Gestalt psychologií, konkrétně její reinterpretací Rudolfem Arnheimem, kdy se na základě této teorie snažím poukázat na platnost formotvorných a percepčních zákonů, které z tvarové celostní psychologie vycházejí.

Zásadním aspektem mého aplikovaného výzkumu je vztah audiovizuálního díla, kompozice a pozorovatele a jejich potenciální ovlivňování. Tato interakce může vytvářet hyperstrukturální děj, do kterého zasahuje divák svou přítomností spolu s realitou reflexe okolí. Tento fenomén se týká především multimediálního zdroje





prezentovaného v rámci transparentního a reflexního materiálu mnou personifikovaného do formátu skla.

Problematikou interpretace se nezabývám pouze z perspektivy volného uměleckého díla, ale můj zájem je spojen především se současným stavem společnosti, kdy jsou v souvislosti s nadměrným konzumem multimediální formy, v rámci navrhování nových interpretačních interaktivních rozhraní, kladeny nové výzvy na designery, sociology a psychology.

Principy Gestalt psychologie reagují na současné společenské a designérské výzvy a začleňují se tak do struktury elementárních postupů, kompoziční a formotvorné edukace designérského navrhování a koncepčního uvažování v rámci mého pedagogického působení na Ústavu průmyslového designu Fakulty architektury ČVUT v Praze.

Praktická část mé tvorby se opírá právě o principy Gestalt (tvarové) psychologie. Obdélníkový nebo čtvercový rám, ze kterého vycházejí například formáty displeje monitorů, mobilních zařízení, nebo

projekčních ploch, a jeho kubická parafráze v 3D světě je jistým omezením, na které poukazuje ve svém celoživotním díle německý teoretik a mediátor Gestalt psychologie aplikované na oblast umění, designu a architektury Rudolf Arnheim.

Jeho přínos byl zásadní a definoval nové pojmy v chápání designu a formátu jak uměleckého, tak architektonického. Arnheimovy přednášky ovlivnily například estetiku a pedagogiku Bauhausu, De Stijl a celého 20. století s přesahem do současnosti (např. MIT).

Přestože řada umělců formát popírá, je při zpětném pohledu na jejich výtvarné kompozice možné sledovat formotvorné principy popsané Rudolfem Arnheimem, které vyzoroval na základě studia klasických děl mistrů gotiky, renesance a baroka. Aktuálnost Celostní teorie nabírá na hodnotě, pokud ji konfrontujeme s estetikou současného web artu a interaktivního umění. V těchto odvětvích je řada principů a projektů zformulovaná na základě výzkumu Gestalt psychologa Maxe Wertheimera, který tak položil otázku spojenou s fenoménem zdánlivého pohybu a jeho smyslové percepce.



# Formát a jeho překročení

Doc. MgA. Josef Šafařík, Ph.D.

Fakulta architektury ČVUT v Praze

„Obdélníkový rám obrazu, grafické formáty, plocha monitoru, nebo data-projektoru, to jsou příklady hranic, které si umělec zvolil a v kterých se realizuje. Proč se mu tak snadno a bez nevole podřídil, je otázka, kterou si v duchu celostního uvažování kladu a pokusím se na ni v následujících řádcích odpovědět.

Klasická média se mění a ztrácejí svůj dominantní význam, jejich forma a výklad se podřizuje době. Malbu a sochu dnes v řadě případů nahrazuje světelná projekce a zvuková a kinetická instalace. Instalační umění do sebe zahrnuje stále více výrazových prostředků. Přestože se forma a struktura výtvarného díla s vývojem moderních technologií odklání od klasického chápání sochy nebo obrazu, kompoziční a seskupující principy, které formují vzájemné vztahy uvnitř výtvarného díla a mezi ním samým a jeho okolím, zůstávají stejné.

Fenomén multimediálních prostorových instalací, tedy projektů, kdy je kladen důraz na uchopení celého formátu galerijního prostoru, a vztahu mezi ním, výtvarným dílem a pozorovatelem, nás vede k zamyšlení nad tím, do jaké míry je formát ve výtvarném díle potřebný a je-li možné ho zcela zavrhnout.

Výtvarné instalace, kdy autoři formují svá díla na principech důmyslných kompozičních vztahů, monumentalitě a čistotě formy se opět stávají aktuálními a tendenčními výrazovými prostředky. Média a bezprostřední šíření informací mají důležitý vliv na formování výrazu umělce.

Svět 3D aplikací a počítačové estetiky se striktně karteziánským uvažováním se propojují se Street artem. Graffiti se mění v důmyslné prostorové instalace, které často připomínají prvotní počiny ruské avantgardy. Principy celostní teorie začínají být znovu aktuální a u řady výtvarných projektů mohou napomoci k jejich pochopení a dešifrování.“ [1].

V rámci teoretického díla nejen Arnheimova, ale také například Gyogi Kepese, je zřetelně čitelný komplexní vztah média, prostoru a jejich struktury. Jedna z otázek, která mě během mé výtvarné a teoretické činnosti napadla a se kterou se snažím vypořádat, je statická a omezenost, kterou obdélníkový formát přináší.

„Viděný svět nemá hranic, dokonce proti nim protestuje, nic však nenamítá proti vzniku center. Strom ovládá krajinu, dům zahradu, jablka strom a dvě oči tvář. Viděný svět je předivo silových polí vzniklých z center. Ve vnímání přesto vykrajujeme ze světa jistou oblast. Pták v hnízdě není týž jako pták v hnízdě na stromě, a je-li strom s ptačím hnízdem součástí krajiny, mění se i zde funkce, váha a charakter. Povaha viděné věci se dá definovat jen ze vztahu, k němuž je vztahována: musí se rámovat. Ohraničení určité formy a velikosti definuje místo věci v jejich prostoru stejně jako odstupy mezi nimi. Jen je-li dílo učiněno středem okolního prostoru, může být skutečně nezávislé a samostatné.“ [2].

[1] Šafařík, Josef, Gestalt – překročení formátu a rámu uměleckého díla, dizertační práce, VŠUP, Praha, 2009.

[2] Arnheim, Rudolf. Die Macht Der Mitte. Eine Komposition Slehre Fur DieBildenden Kunste, Köln, 1983.

# Použití ionizujícího záření při studiu památek

Prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

V dějinách lidstva jsou dvě období, která výrazně změnila přístup k datování jak historie lidské společnosti, tak historie Země. To první bylo období odpovídající začátku používání písma k záznamu historických událostí. Druhé období, kolem poloviny 20. století, souvisí s objevem radioaktivity a použitím radioaktivních prvků k datování.



Písmo se začalo používat na různých územích v různou dobu, ale na území Mezopotámie se nejstarší písemné památky datují kolem roku 3500 př. n. l. Najednou bylo možné zaznamenávat i genealogické údaje a historické události. Seznamy panovníků patří mimochodem k nejstarším záznamům. V řadě případů se podařilo k relativním údajům, třeba rodokmenům panovnických rodů přiřadit pevné datum. Např. záznam o zatmění Slunce (15. 6. 763 př. n. l.) na tabulce nalezené v archivu města Ninive, umožnil datovat údaje v prvním tisíciletí př. n. l. na Blízkém východě. Údaje o východu a západu Venuše nalezené v archivu předposledního krále 1. babylonské dynastie Ammi Saduky umožnily, i když s menší přesností, datovat řadu událostí v druhém tisíciletí př. n. l. Víme tak třeba, že slavný babylonský král Chammurapi, jehož zákoník se dochoval, vládl v letech 1793–1750 př. n. l.

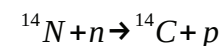
Pokud se ale nezachovaly písemné záznamy, nebo pokud šlo o datování událostí před vznikem písma, bylo jakékoli určení stáří velmi složité. V roce 1869 známý český zoolog a paleontolog Antonín Frič vydal knihu: O vrstvách kůry zemské a zkamenělých tvorech v nich obsažených. V knize jsou uvedena jednotlivá období vývoje

Země i živočichové a rostliny, jejichž zkameněliny se v jednotlivých vrstvách zachovaly, ale není tam uvedeno jediné datum. Možnost datovat geologická období umožnil až objev radioaktivity.

Princip metod umožňující datování pomocí radioaktivity vychází z předpokladu, že známe množství radionuklidu obsaženého ve zkoumaném vzorku v okamžiku, v němž chceme stáří určit ..  $N_0$ . Dále předpokládáme, že umíme stanovit aktivitu radionuklidu v současné době ..  $N$  a známe poločas přeměny použitého radionuklidu  $T_{1/2}$ . Potom platí

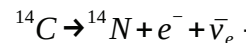
$$N = N_0 \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right)$$

a z rovnice můžeme vypočítat stáří vzorku. Jako příklad si uvedeme datování pomocí radioaktivního uhlíku  $^{14}\text{C}$ . Radioaktivní uhlík  $^{14}\text{C}$  vzniká v atmosféře interakcí kosmického záření s atomy  $^{14}\text{N}$ .





V atmosféře oxiduje a je přijímán rostlinami a potravním řetězcem se dostává do celé biosféry. Po odumření organismu se přisun  $^{14}\text{C}$  zastaví.  $^{14}\text{C}$  se přeměňuje s poločasem 5570 let opět na  $^{14}\text{N}$ .



Jsme-li schopni stanovit aktivitu  $^{14}\text{C}$  třeba pomocí kapalných scintilátorů nebo stanovit množství atomu  $^{14}\text{C}$  ve vzorku atomovou spektroskopií, můžeme stanovit hodnotu  $t$ , stáří vzorku. Touto metodou lze datovat materiály obsahující uhlík, např. dřevo, rašelinu, uhlíky, ulity měkkýšů, ale i papír, kůži atd. Metoda je vhodná k datování vzorků, které nejsou starší než 8–10 poločasů přeměny.

Při použití metody předpokládáme, že jsou splněny následující předpoklady:

- a) Produkce  $^{14}\text{C}$  je v průběhu času konstantní.
- b) Poměr  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  v biosféře a hydrosféře je v rovnováze s atmosférickým poměrem.
- c) Od smrti organismu se systém považuje za uzavřený.

Vzhledem k tomu, že při spalování fosilních paliv se do atmosféry dostává množství starého uhlíku a zároveň při testech jaderných zbraní bylo vyprodukováno velké množství  $^{14}\text{C}$ , je nutné vztahovat množství  $^{14}\text{C}$  k hodnotě z předprůmyslové éry. Problém ale je, že produkce  $^{14}\text{C}$  v minulosti nebyla konstantní a byla ovlivňována jednak fluktuacemi činnosti Slunce a jednak změnami magnetického pole Země.

Pravěké malby, Chauvetova jeskyně (převzato z commons.wikimedia.org, pod creative commons licenci)



V roce 1994 byla v blízkosti Nîmes v jižní Francii objevena jeskyně, ve které se zachovaly nádherné pravěké malby. Na více než 100 kresbách je zachyceno 13 druhů zvířat. Datování pomocí  $^{14}\text{C}$  určilo stáří maleb na 35–37 000 let. Malby tedy patří k nejstarším na světě. Jsou dvakrát starší než světoznámé malby v Altamiře. Je fascinující, jakých uměleckých projevů byl člověk v období před 37 000 lety schopen. Datování radioaktivním uhlíkem je vhodné pro vzorky mladší než cca 40–50 000 let. K datování geologických vzorků je nutné použít radionuklidy s výrazně delším poločasem přeměny. V přírodě se nachází řada radionuklidů, které jsou pro takovéto datování vhodné.

Tyto metody jsou vhodné převážně k datování vulkanických typů hornin. Z běžných minerálů se používá k datování zirkon  $\text{ZrSiO}_4$ . Předpokládáme, že materiál je v roztaveném stavu. Při jeho tuhnutí se tvoří krystaly zirkonu, v krystalové mřížce zůstávají izotopy U a Th. Zr ale odpuzuje Pb. To nám umožňuje předpokládat, že veškeré Pb vzniklo přeměnami izotopů U a Th. Pokud je minerál zahřátý na určitou teplotu, dojde k odstranění radiogenního Pb. Tato teplota se nazývá uzavírací teplotou. Měla-li láva teplotu vyšší, než je uzavírací teplota pro Zr (nad 1000 °C), např. čedič, stačí stanovit množství U,

Th a Pb. Při použití této metody předpokládáme, že z měřeného minerálu neuniklo žádné radiogenní Pb. Tak např. v Austrálii v Jack Hills nalezený krystal zirkonu je starý 4.4 miliardy let.

Meteority nalezené v kráteru Canyon Diablo v Arizoně odpovídají svým složením původnímu složení Sluneční soustavy a jejich stáří je určeno na 4.55 +/- 0.07 miliardy let. Pomocí těchto radiometrických metod je určeno stáří jednotlivých etap vývoje Země a víme-li, že tyranosaurus Sam, jehož kostra byla nedávno vydražena za 31,8 mil dolarů, žil před 66,4 miliony let, víme to díky radiometrickým datovacím metodám.

Pro datování může být důležité i chemické složení zkoumaného vzorku. Na katedře dosimetrie a aplikace ionizujícího záření, Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, ČVUT v Praze se používá nedestruktivní metoda – rentgenofluorescenční analýza (RFA, XRF), která určí kvalitativním rozbohem přítomnost chemických prvků, charakteristických pro zkoumaný vzorek. Víme-li, že se ve středověku používal jako modrý pigment azurit obsahující Cu a že Co modř je používána až od začátku 19. století, můžeme podle prvků přítomných

v naměřeném spektru rozlišit, zda zkoumaný pigment byl použit ve středověku nebo zda jde o retuš, eventuálně padělek.

# Fraktály a kvantová informace

Prof. Ing. Igor Jex, DrSc.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

Pojem fraktálu patří k těm, které zaujmou ve stejném rozsahu představivost umělců i vědců. Učebnice nám napovídají, že fraktál je množina (objekt), jehož (Hausdorffova) dimenze je větší než jeho topologická. S takovou definicí, i když přesnou, bude mít většina lidí problém. Trochu lepší je popis prostřednictvím pozorovaných vlastností. Mezi ty nejdůležitější patří soběpodobnost – při měnícím se měřítku se jisté elementární geometrické struktury (motivy) neustále objevují nanovo. Druhou vlastností je „zjevná“ komplikovanost těchto struktur, za kterou je ale zodpovědné častokrát jednoduché pravidlo (vzorec), který umožňuje tuto strukturu vytvořit.



V případě nespoutaného tvořivého ducha umělců a jejich konkrétní aktivity se tyto struktury objevovaly už v dobách raných civilizací. V architektuře a výtvarném umění se setkáváme s použitím opakujících se struktur pro docílení estetického dekorativního efektu. Od dob egyptské civilizace, přes antiku, až po Čínu můžeme tyto fraktální struktury objevovat na budovách a v kresbách předních autorů. Tyto struktury mohou, a často i mají svůj zdroj v detailním pozorování přírody. Pozorování růstu a struktury stromů (tvorba kořenového systému a koruny), květin nebo i prostých ledových květů jsou nesporně jedním z nich.

V případě exaktních věd jsou estetické argumenty využity jinak, například přijetím kritéria elegance teorie a jistou snahou o minimalismus. Kromě představivosti se nám dále nabízí jako zdroj inspirace pro studium fraktálů v přírodě pozorování vzniku časoprostorových struktur včetně už zmíněných struktur vznikajících růstem. V matematice byla impulzem pro studium opakujících se struktur snaha pochopit vlastnosti iterovaných zobrazení (matematických operací). Bylo demonstrováno, že i jednoduché opakované operace (popsané například funkcí jedné nebo více proměnných) mohou vést k velice

složitým geometrickým obrazcům reprezentujícím vlastnosti těchto zobrazení. Průlomové matematické práce z počátku 20. století byly postupně doplňovány výsledky a aplikacemi z různých oblastí přírodních věd. Obecnou popularitu získaly fraktály díky bouřlivému rozvoji vizuální techniky, která obecnému publiku přiblížila s nimi spojené exotické geometrie.

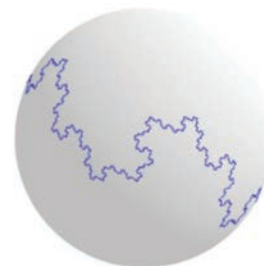
V posledních několika desetiletích, a intenzivně v posledních letech, se rozvíjí kvantová informace. Pro komunikaci a zpracování informace využívá několika specifických kvantových vlastností částic a tato teorie je obecnější než teorie informace doposud velice efektivně využívaná.

K efektivnímu využití kvantové informace je klíčové využít plný potenciál kvantových částic. K tomu patří i příprava těchto částic ve specifických stavech. K postupům vedoucím k těmto stavům patří i purifikace (kvantových) stavů. Tento postup je realizován opakovanou aplikací zobrazení popsaných komplexními racionálními funkcemi. Cílové stavy leží v oblastech stability (oblasti konvergence) a hranice mezi oblastmi mají v mnoha případech fraktální charakter.

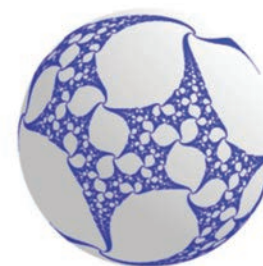
Příklady takového rozhraní jsou ilustrovány na obrázku. Znalost oblasti konvergence je důležitá při navrhování možných postupů purifikace, které jsou součástí moderních komunikačních protokolů.

Uvedené protokoly jsou jedním z případů, kdy se fraktální struktury přirozeně objeví ve fyzice a mají přímé fyzikální důsledky. Ukazuje se, že fyzika je nejenom elegantní a užitečná vědní disciplína, ale může mít i esteticky mimořádně přitažlivou reprezentaci.

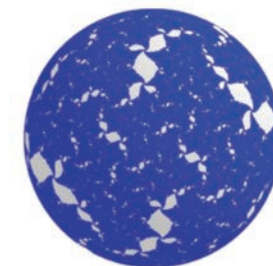
Fraktální křivky (modře) nanesené na jednotkovou sféru.



(a)  $\theta = 0.4, \varphi = \frac{\pi}{2}$



(b)  $\theta = 0.55, \varphi = \frac{\pi}{2}$



(c)  $\theta = 0.633, \varphi = \frac{\pi}{2}$



(d)  $\theta = 1.05, \varphi = \frac{\pi}{2}$



(e)  $\theta = 0.5, \varphi = 0.5$



(f)  $\theta = 0.232, \varphi = 0$

[1] Mandelbrot, B. B., The fractal geometry of nature. Macmillan Publishers, 1983.

[2] Gilyén A, Kiss T, Jex I. Exponential sensitivity and its cost in quantum physics. Scientific Reports. 2016 Feb 10;6(1):1-0.

# **Krátké shrnutí závislosti uměleckého zobrazení světa na vývoji vědy a techniky**

prof. Akad. arch. Vladimír Soukenka  
Fakulta architektury ČVUT v Praze

Patrně nejznámějším umělcem, který vědecky zkoumal zobrazovaný svět je Leonardo da Vinci. Napsal i svých deset knih o malířství, kde se zabýval vzdušnou perspektivou a zákonitostmi zobrazování hloubky prostoru. Jsou známé jeho kresby z pitev lidského těla, kde hledal přesnou anatomii pro věrné zobrazení lidské figury. Svým přístupem ke zkoumání jednotlivých jevů předběhl svou dobu a předznamenal celou řadu vědních oborů.





Snaha o co nejuvěrnější zobrazení reality vycházela již od počátku z poznatků chemie. Nerostné pigmenty se škrobovým, klišovým i vaječným pojivem daly podmínky k malbě temperou. Pozdější užití olejového pojiva přivedlo možnosti olejomalby k téměř fotorealistickému podání. Reflexy na lesklém kovu, na skle i jemné stínování drapérie umožnilo již baroknímu malířství dokonalé podání skutečnosti. Nedostatkem byla pouze dlouhá doba vzniku i schnutí obrazu.

Právě autentičtější a pohotovější záznam reality a její světelné atmosféry byl akvarel na bázi anilinových pigmentů. Barva zředěná vodou rychle schnula a umožňovala podání spontánního prožitku. V komerčním využití sloužil akvarel i ke kolorování černobílých tisků dámských módních časopisů.

Zcela zásadním způsobem ovlivnila věda malířství na konci 19. století objevem fotografie. Světlocitlivý dusičnan stříbrný na skleněné desce po osvětlení pomocí optické čočky vydal reálný obraz. Náhle nebylo třeba pro získání portréta manželky dlouhých sezení v ateliéru malíře. Stačilo několik okamžiků ve studiu fotografa. Malíři tedy museli rezignovat na snahu o fotorealistickou malbu. Soustředili se proto na barvu, jako výsledek spektrálního rozkladu světla. Impresionisté

a pointilisté začali používat kombinace skvrn ze základních barev obdobných dnešní počítačové pixelaci, aby vyjádřili zejména světelnou a barevnou atmosféru zobrazovaného prostředí. Tím se do moderního výtvarného umění dostal především důraz na sdělení emoce.

Vynález kinematografie vnesl do umění další fenomén, kterým byl pohyb. Kubistická malba přináší obraz viděné skutečnosti z několika různých úhlů pohledu. Futurismus se již zcela soustředil na zobrazení dynamiky techniky a pohybu.

Současná malba graffiti, již užívá rychlý rukopis barevných sprejů i jejich schopnost gradientních přechodů stříkané plochy. Digitální média a jejich způsob definice barev je již plně ve sféře numerického záznamu jednotlivých odstínů v nekonečném spektru. Pro umělce to přináší zcela jinou, virtuální rovinu vyjadřování. Díky datovým projekcím můžeme obrazy promítat na velké plochy formou video-mappingu. Je tak možné díky velkému měřítku nahlédnout do vnitřních zákonitostí promítaných struktur a objevovat zde novou inspiraci. Jedním z prvků vědeckého bádání je i náhoda či chyba, která může zcela změnit trajektorii výzkumné cesty. Z architektonické profese mohu uvést zajímavý příklad vzniku osvětlení hlediště

Metropolitní opery v New Yorku. Na konci 50. let 20. století architekt Ted Lisicki z projekční kanceláře Wallace Harrisona měl za úkol prezentovat řešení interiéru hlediště opery. Manuálně nakreslil perspektivu sálu na šedý papír černou barvou. Pro vyjádření plasticity chtěl ještě bílou barvou zvýraznit osvětlené plochy. Nedopatřením se stalo, že mu bílá barva ze štětce ukápla na výkres. Neměl již čas výkres předělat do termínu zasedání kulturní komise kongresu, která celý projekt financovala, a tak skvrny běloby paprskovitě rozvinul do všech stran. Schvalovací komisi je pak prezentoval, jako svítící lustry. Komise nápad nadšeně přijala s vědomím, že zde nebudou tradiční ověskové křišťálové lustry. Rakouská firma pak skutečně vyrobila systém dostředných paprskových tyčí opatřených žárovkami a dodnes tak v sále Metropolitní opery visí lustry, které díky náhodě ovlivnily design svítidel v celém světě.

Jako příklad polidštění techniky umělci bych uvedl představení Sněhová královna v Laterně magice, které mělo premiéru v roce 1979. Scénografie se skládala ze tří dvojic posuvných panelů, na kterých byly svíslé, otočné žaluzie. Bílá tvořila projekční plochu, po otočení o 180 stupňů byla druhá strana černá, aby splynula s černým pozadím scény. Automatický systém pojezdu jednotlivých panelů na střed a

do stran i otáčení lamel na černou a bílou měl být ještě v době před digitalizací řízen pomocí děrných štítků. Šlo o potřebu přesně nastavit projekční plochu tam, kam byla ve filmovém stříhu právě nasměrována projekce obrazu. Komplikovaný systém rozvodů, motorů a koncových spínačů ovládly bludné proudy a systém nefungoval. Obětavý inspicient představení přinesl z domova elektrické piáno svého dítěte a pod klávesy přiletoval konce jednotlivých elektrických okruhů. Celý scénář pohybu scénografických panelů pak zapsal v notovém záznamu. Při provozu představení u klaviatury seděly operní korepetitorky, které bez jakýchkoliv technických znalostí pouze hrály zapsané noty v rytmu, který odpovídal okamžitému stříhu filmové projekce. Jedná se o krásný příklad humanizace techniky i uměleckého důvtipu divadelníků.

Pro dnešní generaci lidí s uměleckým cítěním, kteří již vyrostli s mobilním telefonem v ruce znamená novou inspiraci cesta vizualizace dat. Náš svět, který má stále ještě krásný západ slunce, rozkvetlé květiny i ladné ženské křivky je již interpretován v numerických datech a ty teprve čekají na svou humanizaci.

**COLOR FORCE**

Taneční vystoupení je jedním z výstupů výzkumného programu PARTPHYS, konkrétně podprogramu Jazyk v komunikaci mezi vědou, uměním a veřejností, který vede Ing. Roman Berka, Ph.D., ředitel Institutu Intermédií (IIM) při Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze. V rámci projektu došlo k celé řadě setkání vědců s umělci z různých oborů, i jejich společné práci.

# COLOR FORCE

Tanečně vizuální pocta kvantové fyzice. Tanec jako metafora pohybu částic. Neustálý pohyb částic jako síla a energie, která umožňuje samotný život. Kamera snímá tanec na jevišti a ihned jej zpracovává v projekci do obrazů inspirovaných výzkumem v urychlovači částic, zkoumáním a detekcí elektricky nabitých částic v bublinkové komoře. Jeviště jako metafora pro nezákladnější fyzikální jevy, bez kterých by bylo jen velké nic.

koncepte, videoprojekce: Jakub Hybler

koncepte, choreografie: Veronika Švábová

koncepte, světelný design: Tomáš Morávek

tančí: Marta Vodenková, Lea Švejdová, Jana Látalová

Barevný náboj, zkráceně též barva, je vlastnost kvarků a gluonů a je spojována s jejich silnými interakcemi. Barva je základním konceptem kvantové chromodynamiky – teorie, která popisuje strukturu protonu, neutronu a některých dalších částic (přesněji hadronů), které byly do šedesátých let 20. století považovány za elementární. Barevný náboj je kvantové číslo, které zajišťuje, že trojice kvarků, z nichž jsou složeny baryony, nebude porušovat Pauliho vylučovací princip. Jediná

společná vlastnost, kterou má barevný náboj s pojmem barva v obvyklém smyslu, je, že mísením tří různých barevných nábojů získáme „bezbarvou“ částici. Za normálních podmínek se setkáváme pouze s bezbarvými částicemi, protože za teplot nižších, než je Hagedornova teplota (asi 2 biliony kelvinů) není možná samostatná existence barevně nabitých částic.



Kromě tří barevných nábojů (červený, zelený a modrý) existují ještě tři barevné náboje antikvarků (antičervený, antizelený a antimodrý), které umožňují existenci mezonů – částic složených kvarku a antikvarku. Z antikvarků jsou složeny také částice antihmoty – antibaryony. Částice, které nesou “barevný” náboj, na sebe působí silnou interakcí („silnou“ jadernou silou). Tato interakce nebo síla drží pohromadě jádra atomů, která by se jinak vlivem elektrických sil okamžitě rozpadla. Silná interakce je zprostředkována výměnou gluonů.

## **COLOR FORCE!**





## **Veronika Šváblová** **Choreografie**

K účasti na projektu Color force mě přizval Jakub Hybler, dlouholetý kolega z divadelního seskupení Handa Gote research and development. Skupina vznikla už v roce 2005 a od té doby společně pracujeme na projektech, které jsou na pomezí divadla, hudby, současného tance, vizuálního umění, performance a konceptuálního umění. Propojení vědy a umění je jedním z našich cílů a projekt Color force měl být pokračováním naší spolupráce ve spojování tance a video-projekcí.

Při práci často používáme reálnou projekci, kdy obraz vzniká přímo na jevišti záznamem pohybu performerů a následným zpracováním signálu videa do projekcí. Jakub přišel s konceptem trackování pohybu tanečníků kamerou připevněnou nad jevištěm divadla. Tyto pohyby a jejich následné obrazy měly pak v projekci simulovat pohyby částic v různých prostředích a situacích. Inspirací nám byly pohyby částic v bublinkové komoře, kdy se dráhy elektricky nabitých částic zviditelní v nádobě naplněné horkým kapalným vodíkem a následně vytváří krásné obrazce.



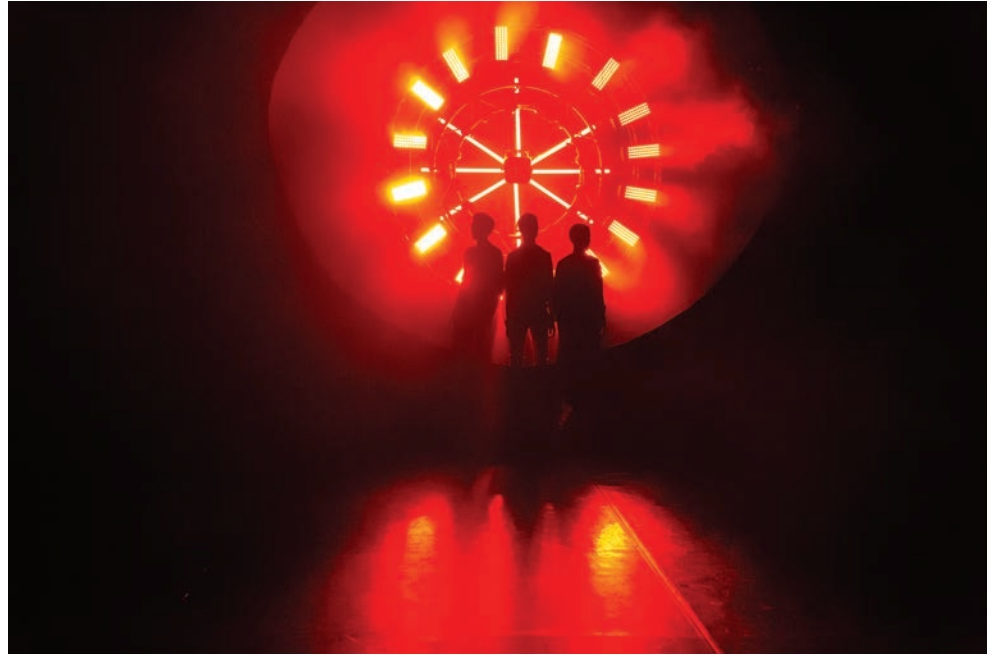
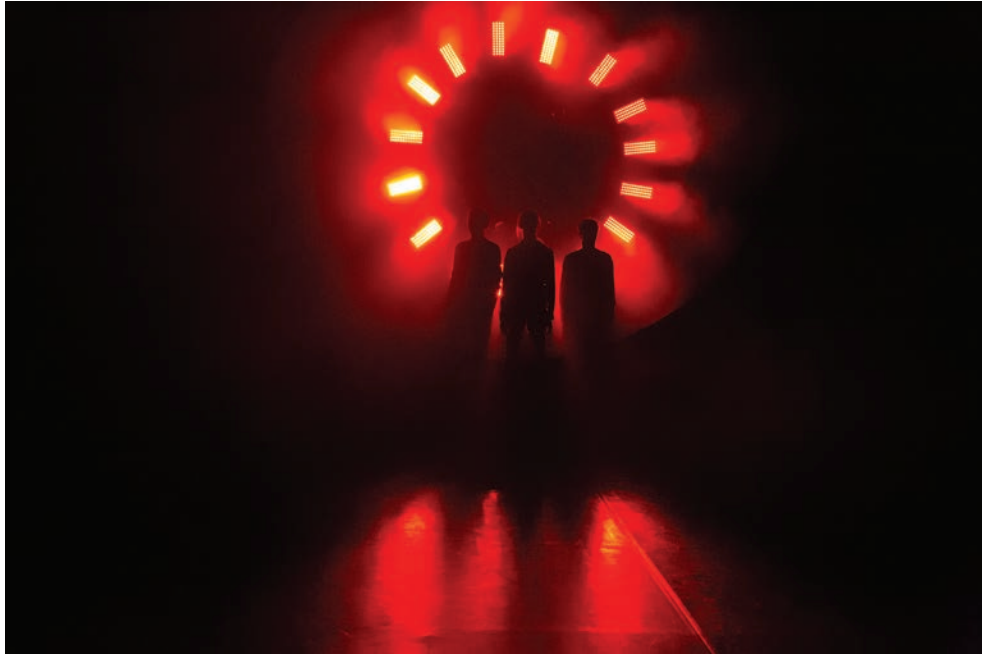
Protože jsme potřebovali pro inscenaci najít název a nějaké konkrétní téma, začala jsem hlouběji studovat různé aspekty kvantové fyziky a narazila jsem na článek o tzv. „barevném náboji“ částic. A jelikož jsme barvy používali při detekování tanečnic na jevišti, tato teorie nás zaujala. Jde o to, že barevný náboj, zkráceně též barva, je vlastnost kvarků a gluonů a je spojována s jejich silnými interakcemi. Barva je základním konceptem kvantové chromodynamiky. Teorie o barevném náboji, v angličtině nazvaná Color force, vzbudila naši fantazii a zvědavost a přijali jsme ji jako metaforu pro pohyb tanečnic na jevišti a obraz jejich pohybu v projekci.

Během přípravy projektu jsme oslovili světelného designéra Tomáše Morávka, který vnesl do projektu další dimenzi. Jeho závěrečná světelná simulace byla parafrází pohybu částic v CERNU. Samozřejmě hudba k inscenaci odpovídala zvolenému tématu. V několika částech jsme použili minimalistickou hudbu Johna Adamse a zvuky, které ilustrovaly různé fyzikální reakce. Také jsme spolupracovali s francouzským zvukařem a zvukovým designérem Philippem Leforestierem, který žije v Praze. Philippe zpracoval další zvuky všemožných fyzikálních jevů a reakcí a vytvořil velkolepou zvukovou kompozici, na kterou Tomáš naprogramoval závěrečnou část inscenace. Hlavní myšlenkou projektu Color force bylo propojit vědu a taneční umění a vzdát hold kvantové fyzice.



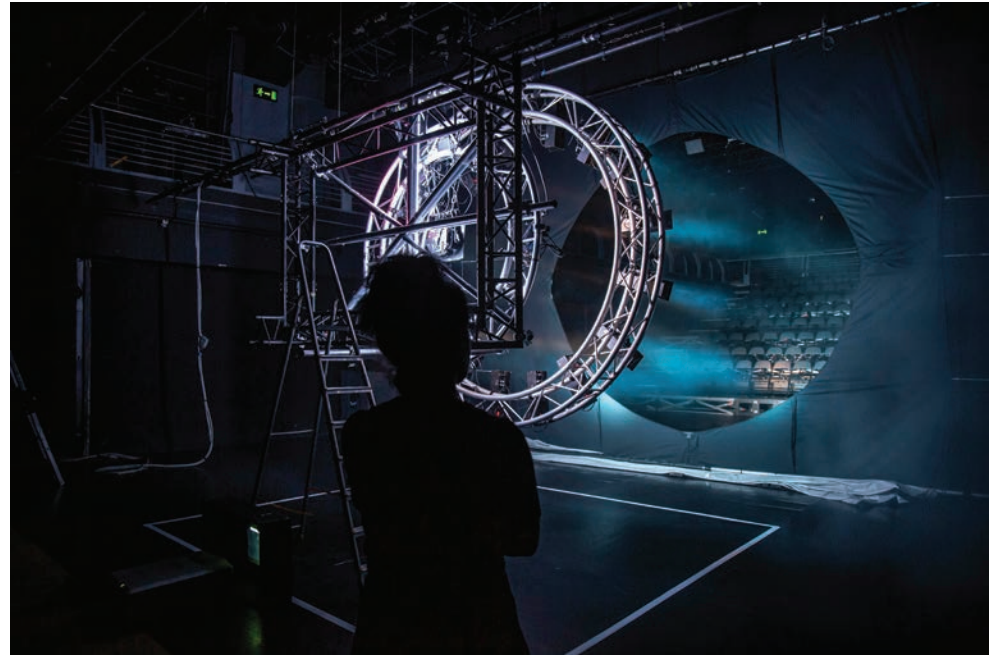
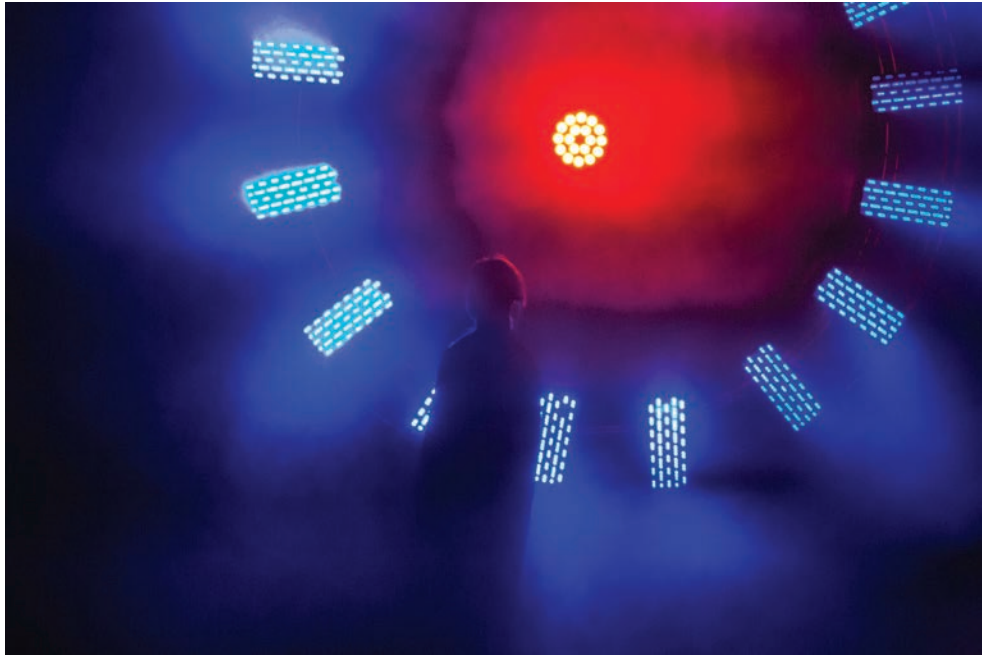
**Tomáš Morávek**  
**Lightdesign**

Celý projekt Color Force pro mě začal pozváním ke spolupráci od Veroniky Švábové, která vytvořila choreografický koncept, ale především spojovala všechny složky této inscenace. Naší hlavní inspirací byl urychlovač částic, takže video projekce pracovala s principy procesů, které se v urychlovači odehrávají a s nasnímaným pohybem tanečníků. Zvukový design vytvořený pro část, které dominovala světla, ilustroval a částečně využíval reálné zvuky urychlovače. Choreografie přenesla diváky do jiného prostoru a času. Scéna a světelný design tak zůstaly otevřené, proto jsem zvolil možnost vytvořit v prostoru scény maketu urychlovače.

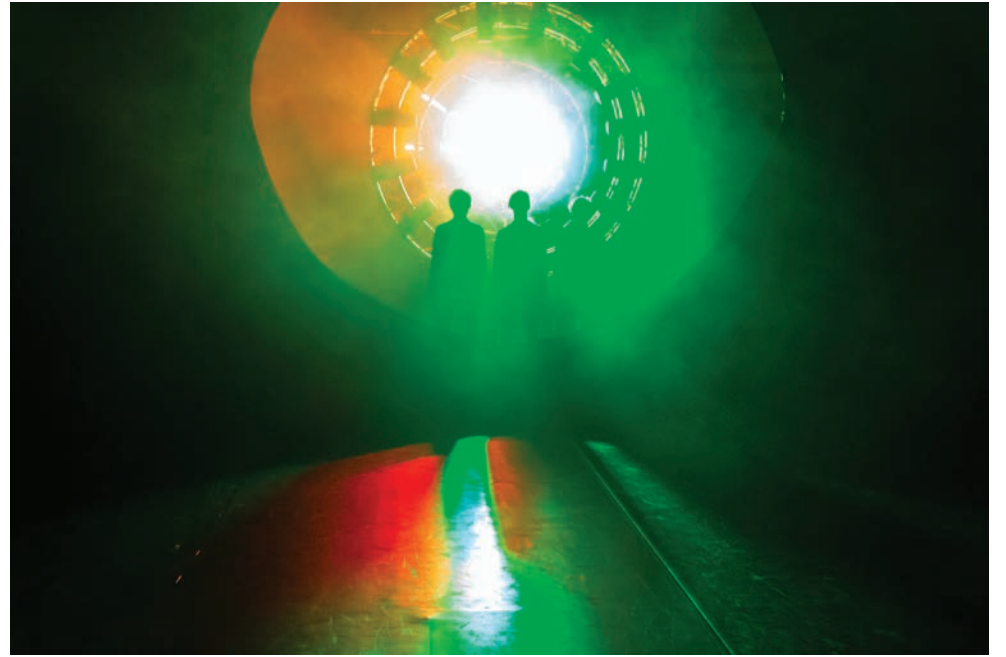


Mým záměrem bylo jasně oddělit část inscenace, kde se pracuje s pohybem tanečníků v prostoru, který byl snímáný, promítaný a různě transformovaný na projekční plátno za pomoci zadní projekce. Nijak ho světelně nenarušovat, vytvořit „konvenční“ divadelní atmosféru. K tomu jsme využili projekční plátno se speciálně vyrobeným černým sametem. Zároveň nám projekční plátno umožnilo maskovat „urychlovač částic“ v zadní části jeviště.





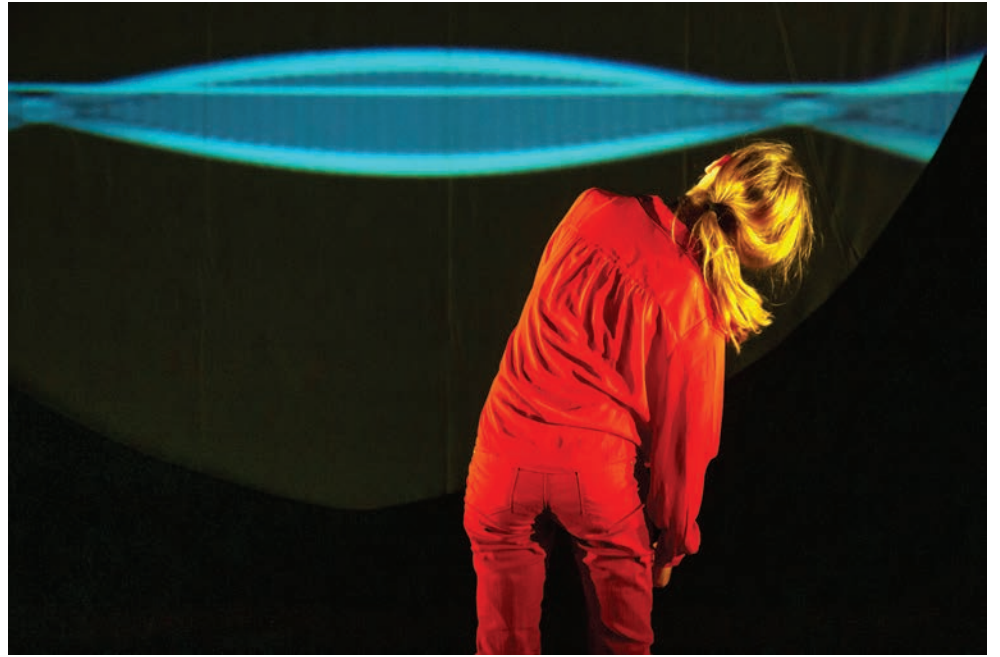
Podstatné pro kruhový tvar, připomínající urychlovač, byly ve třech řadách za sebou instalované hliníkové kruhové konstrukce. Kruhové (truss) konstrukce nejsou běžně dostupné a většinou se používají pro trvalé instalace. Některé vybavení tak putovalo z různých koutů republiky. Na těchto konstrukcích pak byla instalovaná převážně LED světla tak, abych při programování světelných změn mohl vytvořit pocit hloubky a rotace.



## **Jakub Hybler**

### **Videoprojekce**

Záměrem projektu Color Force bylo vytvořit skutečnou podívanou. Celé téma bylo natolik obsáhlé, že se pokusím parafrázovat prof. Vladimíra Soukenku, který by řekl, že tam bylo materiálu na několik inscenací. Při vzniku Color Force jsem hledal inspiraci ve fotodokumentaci z CERNu a historii bublinkové komory. Veškerý postup vzniku inscenace jsem konzultoval s choreografkou a tanečnicemi. Technologicky byly použity dvě stereoskopické kamery, které zabíraly taneční prostor, jedna na stropě, druhá zepředu. V reálném čase jsem z nich podle připravených schémat generoval živý obraz. A samozřejmě, jedna z nejdůležitějších věcí byly kostýmy tanečnic, jejichž barva se transformovala do výsledného obrazu.



# Závěr

V procesu hledání společného jazyka mezi fyziky a umělci, designery a inženýry se jasně prokázalo, že existují společné hranice, přes které lze vzájemně nahlížet do tvůrčího procesu druhé strany a nacházet zde inspiraci. V případě, kdy se během vzniku uměleckého díla (v tomto případě vznik taneční inscenace) pracuje se znalostmi druhé strany (fyzikální výzkum) se taková (v tomto případě umělecká) interpretace ukazuje jako nová inspirativní vize, která může být zpětně adaptována nejen za účelem popularizace vědy, ale i například v rámci výuky.



Autoři: Doc. Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.; Ing. Roman Berka Ph.D.;  
Doc. MgA. Josef Šafařík, Ph.D.; Prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc.;  
Prof. Ing. Igor Jex, DrSc.; Prof. Akad. arch. Vladimír Soukenka;  
MgA. Veronika Švábová; Ing. Jakub Hybler; Tomáš Morávek

## **Color Force – scénická reflexe na téma částicová fyzika**

K vydání připravila Dagmar Kantorková

Grafickou úpravu a sazbu navrhl a upravil Dávid Sivý.

Vydalo České vysoké učení technické v Praze, zpracovala Fakulta elektrotechnická ve spolupráci s Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou a Fakultou architektury v roce 2022.

1. vydání elektronicky

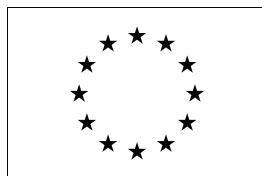
ISBN 978-80-01-07043-7

Publikace vznikla v rámci programu Částicová a jaderná fyzika (PARTPHYS), podprogramu Jazyk pro komunikaci VĚDA-UMĚNÍ-VEŘEJNOST.

Je součástí projektu Centra pokročilých aplikovaných přírodních věd (CAAS) pod číslem CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000778.

CAAS je spolufinancován Evropskou unií.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
OP Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



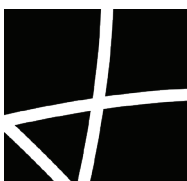
**FAKULTA  
ARCHITEKTURY  
ČVUT V PRAZE**



**FAKULTA  
ELEKTROTECHNICKÁ  
ČVUT V PRAZE**



**FAKULTA  
JADERNÁ  
A FYZIKÁLNĚ  
INŽENÝRSKÁ  
ČVUT V PRAZE**



**CAAS**

**CENTRUM POKROČILÝCH  
APLIKOVANÝCH  
PŘÍRODNÍCH VĚD**