

Nominace kandidátky na Cenu Julie Hamáčkové **v kategorii a)** pro rok 2020
Veřejné ocenění mimořádného přínosu žen, zaměstnankyň VŠCHT Praha, k rozvoji vědy, výzkumu, pedagogiky a inovací, včetně působení v akademické sféře.



Udělované v roce 2020 ženě, zaměstnané na VŠCHT Praha, za její významné pedagogické nebo výzkumné aktivity či za její mimořádný přínos k rozvoji školy.

Nominovaná kandidátka: Ing. Eva Vaňková, Ph.D.

Pracoviště: VŠCHT Praha, Ústav biotechnologie (Laboratoř aplikované biologie) a Ústav fyziky a měřicí techniky (Laboratoř nízkoteplotního plazmatu)

Datum narození: 8. srpna 1989

Bydliště: Měňany 60, Měňany 267 27

Počet dětí: 1

Kandidátka vystudovala obor Biotechnologie na Ústav Biotechnologie, FPBT, VŠCHT Praha, kde získala titul Ph.D v roce 2017.

Ve svém výzkumu se věnuje tvorbě biofilmu bakteriálních a fungálních patogenů, výzkumu nových přírodních látek i experimentálních anorganických látek jako potenciálních antimikrobiálních léčiv. Dále svůj vědecký záběr rozšířila o interdisciplinární problematiku využití mikrobicidních účinků netermálního plazmatu pro dekontaminaci nástrojů a terapii biofilmových infekcí.

Kandidátka se aktivně podílí na organizaci projektů a získávání národních i mezinárodních kontaktů. Mimo značnou publikační aktivitu ve svém oboru se také aktivně zapojila v době pandemie COVID-19, kde se zasadila se o návrh konstrukce plazmového generátoru pro dezinfekci kontaminovaných ochranných pomůcek a jeho testování. Dále organizovala testování možného rychlého 3D tisku ochranných štítů, polomasek a jiných ochranných pomůcek v čase jejich nedostatku z hlediska účinnosti jejich ochrany. Výsledky obou studií jsou zveřejněny pro veřejné nekomerční užití, viz příloha.

Přestože má v blízké době očekává již druhé dítě, její stav a rodinné vytížení nijak neubralo její vědecké a organizační aktivitě a proto jí nominujeme jako kandidátku na Cenu Julie Hamáčkové v kategorii a) pro rok 2020.

Příloha:

1. Scholtz V.: Korónovým výbojem proti koronaviru, Aldebaran bulletin 21/2020
2. Vaňková E.: PLA – vhodný materiál pro 3D tisk ochranných polomasek, Aldebaran bulletin 24/2020
3. Životopis
4. Seznam publikací

Návrh předkládá:

Jméno: doc. Ing. Vladimír Scholtz, Ph.D.¹ a Ing. Petra Kašparová²

Pracoviště, pozice:

¹**VŠCHT Praha**, Ústav fyziky a měřicí techniky (Laboratoř nízkoteplotního plazmatu) –
vedoucí výzkumné skupiny, vedoucí ústavu

²**VŠCHT Praha**, Ústav biotechnologie (Laboratoř aplikované biologie) – PhD student
Ústav fyziky a měřicí techniky (Laboratoř nízkoteplotního plazmatu) – vědecký
pracovník

Datum: V Praze dne 1. 12. 2020|



doc. Ing. Vladimír Scholtz, Ph.D.



Ing. Petra Kašparová



ALDEBARAN BULLETIN

Týdeník věnovaný aktualitám a novinkám z fyziky a astronomie.

Vydavatel: [AGA \(Aldebaran Group for Astrophysics\)](#)

Číslo 21 (vyšlo 22. května, ročník 18 (2020))

© Copyright Aldebaran Group for Astrophysics

Publikování nebo šíření obsahu je zakázáno.

ISSN: 1214-1674,

Email: bulletin@aldebaran.cz

Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)

◀ 21/2020 ▶

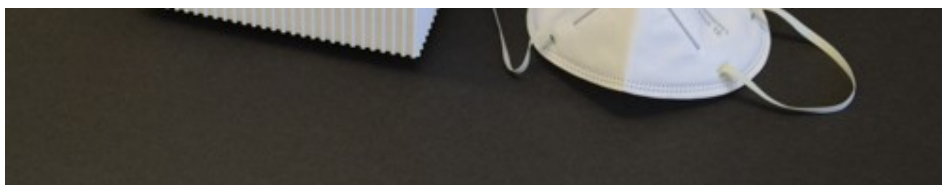


Korónovým výbojem proti koronaviru

Vladimír Scholtz

V této nevšední době přinášíme trochu neobvyklý, ale velice aktuální bulletin popisující náš původní a zatím nezveřejněný výzkum, ve kterém jsme vyvinuli generátor nízkoteplotního plazmatu KVKV01 vhodný pro dezinfekci různých objektů a účinný i proti koronaviru SARS-CoV-2. Tento generátor může být použit i pro dezinfekci nedostatkových respirátorů, neboť nezpůsobuje ztrátu jejich filtrační účinnosti. Předkládané výsledky byly dosaženy v Laboratoři nízkoteplotního plazmatu v Ústavu fyziky a měřicí techniky Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a podstatnou částí k nim přispěla spolupráce s centrem klinických laboratoří Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě, s Ústavem organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky v. v. i. a firmou AVEC CHEM s. r. o. ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Hradec Králové.





Obr. 1: Generátor nízkoteplotního plazmatu KV KV01

Aktuálně

[Novinky](#)
[Akce, expedice](#)
[Bulletin](#)
[Fyz. čtvrtky](#)
[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)
[Aplety](#)
[Astrofyzika](#)
[Pozorování](#)
[Galerie](#)
[Glosář](#)
[Slavní](#)
[Zvuky](#)
[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)
[Ke koupi](#)
[Ke stažení](#)
[Odkazy](#)
[Kniha návštěv](#)
[Mapa serveru](#)
[Intranet](#)
[Kontakt](#)

Plazma – kvazineutrální soubor nabitých a neutrálních částic, který vykazuje kolektivní chování. Lidsky to znamená, že se v dané látce nachází alespoň malé množství elektricky nabitých částic, které jsou v celém objemu elektricky neutrální a jsou schopny reagovat na elektrická a magnetická pole jako celek. Plazma vzniká odtržením elektronů z elektrického obalu atomárního plynu nebo ionizací molekul. S plazmatem se můžeme setkat v elektrických výbojích (blesky, jiskry, zářivky), v polárních zářích, ve hvězdách, ve slunečním větru a v mlhovinách. Přes 99 % atomární látky ve vesmíru je v plazmatickém skupenství.

Korónový výboj – druh elektrického výboje v plynech. Vzniká na ostrých hranách elektrod, kde je díky malému poloměru křivosti generováno silné elektrické pole. Samotný výboj hoří jen v okolí těchto hran a dále do prostoru se elektrický náboj přenáší jen za pomoci volných nosičů náboje bez další ionizace a emise záření. Korónový výboj může před bouřkou vznikat na ostrých hranách střech nebo hromosvodů jako tzv. Eliášův oheň. Vzniká také na sloupech vysokého napětí, kde slyšíme jeho projevy jako známé sršení.

Virus – struktura nacházející se na hranici mezi živým a neživým. Ty nejprimitivnější viry obsahují pouze svoji genetickou informaci ve formě DNA nebo RNA, které jsou uloženy ve vnitřní části (nukleoidu) obklopeném proteinovou schránkou (kapsidou). Obalené viry mají navíc virový obal z membrány tvořené proteinovou a lipidovou dvouvrstvou. Viry nejsou schopny samostatné replikace bez hostitelské buňky. Buňka slouží pouze jako biologická továrna a sklad náhradních dílů potřebných pro vznik nových virů.

Vytvoření nízkoteplotního plazmatu

Výzkumem mikrobicidních vlastností korónového výboje jako zdroje nízkoteplotního plazmatu se autor tohoto bulletinu začal zabývat již v rámci postgraduálního studia na FEL ČVUT v Praze a pokračuje v něm i nadále více než 10 let na VŠCHT Praha. O mikrobicidních účincích a jiných vlastnostech nízkoteplotního plazmatu Aldebaran informoval již v bulletinech [AB_8/2006](#), [3/2012](#) a [5/2013](#). Pro vytvoření nízkoteplotního plazmatu je možné používat různé typy elektrických výbojů. Hlavním důvodem, proč používáme výboj korónový, je jeho jednoduchost: K jeho vzniku je potřeba jen zdroj vysokého napětí a dvě elektrody, přičemž alespoň jedna musí mít malý poloměr křivosti (musí být ostrá). Naopak není potřeba žádných přídavných aparatur pro zdroj plynu nebo vakua a napájecí zdroj může být velice měkký, takže nehrozí ani úraz elektrickým proudem v případě nepozornosti nebo poruchy. Za celou dobu výzkumu byly studovány korónové výboje již v mnoha konfiguracích. V poslední studii byl použit záporný korónový výboj v konfiguraci hrot-trubička, viz obrázek 2, kde jsou uvedeny i konkrétní rozměry elektrodového systému. Hrotová elektroda je tvořena jednorázovou injekční jehlou o průměru 0,6 mm, druhá trubičková elektroda je tvořena uříznutou nábojnicí ráže 9 mm.



Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

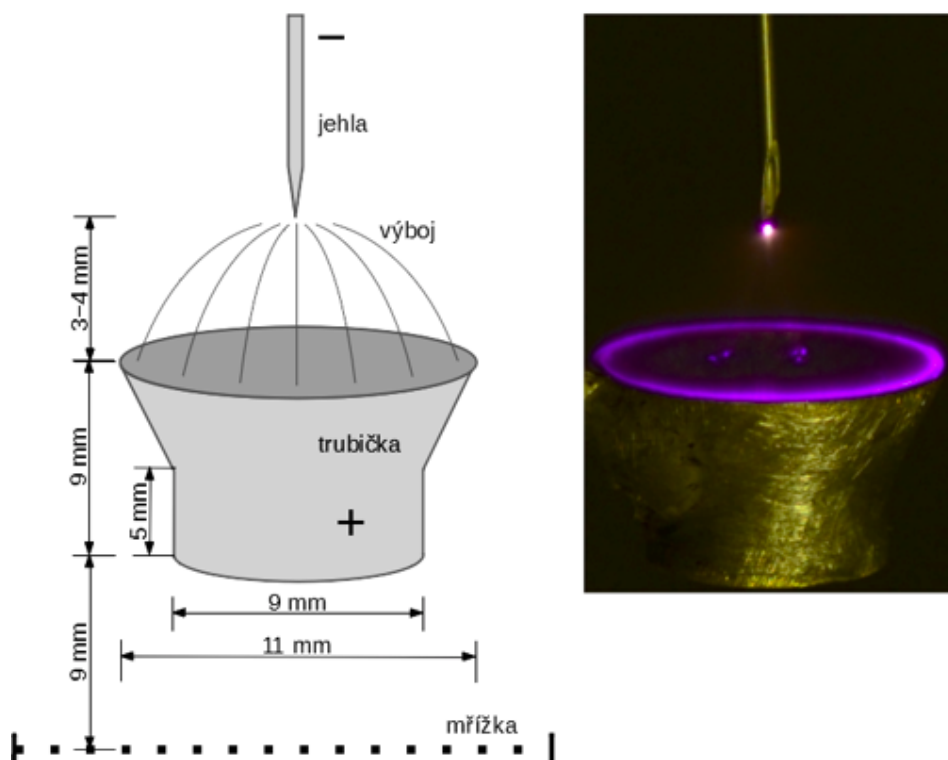
[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

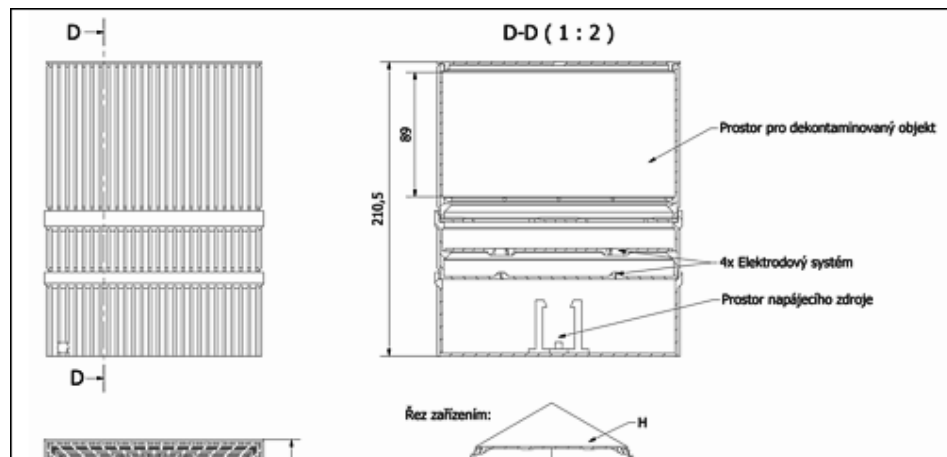
[Kontakt](#)



Obr. 2: Schéma konfigurace elektrod pro generaci záporného korónového výboje hrot-trubička s přidavnou mřížkou a fotografie jeho aktivní oblasti. Na špičce jehly je vidět aktivní oblast záporného korónového výboje a na hranách trubičky parazitní kladný korónový výboj.

V této konfiguraci vytváří záporný výboj, hořící na špičce jehly proti druhé prstencové elektrodě, silný iontový vítr, který vynáší aktivní částice z oblasti výboje trubičkou dále do prostoru. Částice ještě prochází vodivou mřížkou, na které se dále rozptylují, a zasahují tak větší cílovou oblast. Dezinfikovaný materiál se přitom nachází mimo elektrodový systém a manipulace s ním je při aplikaci jednoduchá a bezpečná.

K vyřešení nedostatku nových respirátorů poskytujících účinnou ochranu před virem SARS-CoV-2 jsme sestavili aparaturu pro jejich dezinfekci a opakované použití. Aparatura je samozřejmě použitelná i pro jiné objekty, její náčrtek je uveden na obrázku 3. Podrobný náčrtek je v souboru [KVKV01.pdf](#).





Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

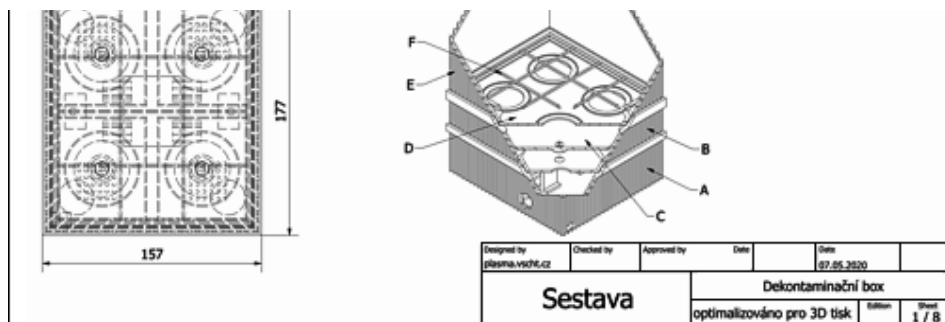
[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)



Obr. 3: Aparatura pro dezinfekci respirátorů a jiných objektů.

V navrženém uspořádání hoří v aparatuře čtyři stejné výboje. V dolní části aparatury je umístěn zdroj vysokého napětí; výhodně jsme použili levný a na eBay lehce dostupný [zdroj pro ionizátory vzduchu](#). Zdroj je napájen stejnosměrným napětím 20 V s odebíraným proudem 250 mA. Výstupní vysoké napětí naprázdno ($U = 21$ kV) je přivedeno na čtveřici rovnocenných elektrodových systémů. Vzdálenosti elektrod uvedené na obrázku 2 jsou jen orientační, jejich přesnou polohu je potřeba nastavit tak, aby záporné výboje hořely uprostřed trubičky s co nejmenšími parazitními kladnými výboji a aby každým z nich procházel proud $I = 100$ až 110 μ A, přičemž napětí zdroje má poklesnout na $U = 7$ kV. Nad výboji je umístěna kruhová drátěná kovová mřížka o poloměru 40 mm s velikostí ok $0,5 \times 0,5$ mm a tloušťkou drátů 0,2 mm. (Pokud vám to připomíná kuchyňskou sítku k přikrytí pánve při smažení, je váš dojem správný.) Nad oblastí výbojů se nachází komůrka, do níž se dezinfikované předměty vkládají na vloženou řídkou plastovou podložní mřížku, zajišťující, aby tyto předměty nedosadly přímo na výboje. Celá krabice je vytištěna na 3D tiskárně z materiálu PETG. [Nákres](#) v Autodesk Inventor Professional 2020 a [dávkový soubor](#) pro tisk jsou volně k dispozici pro nekomerční použití.

Účinnost dezinfekce

Účinnost dezinfekce byla testována na celkem třech druzích [obalených virů](#), a to viru chřipky *Influenza H₁N₁*, California, viru používaného pro přípravu vakcíny proti pravým neštovicím *Vaccinia virus* kmen *Modifikovaný Vaccinia virus Ankara* (MVA) a koronaviru SARS-CoV-2 způsobujícího Covid-19. Obalené viry jsou na vnější vlivy (např. detergenty) obecně citlivější než viry neobalené, například virus žloutenky typu A, *Adenovirus* apod., které jsme pro časovou tíseň a současně velké vyčerpání testovacích laboratoří zatím netestovali. Virus *Influenza* se v rámci obalených virů považuje za velice citlivý, virus *Vaccinia* za velice odolný; pro SARS-CoV-2 se předpokládá intermediární citlivost.

Virus *Influenza* byl testován nakápnutím čisté 10×1 μ l virové suspenze o koncentraci 10^6 infekčních jednotek na mililitr (IU/ml) na částicový filtr P 3R od firmy AVEC CHEM s. r. o. *Vaccinia virus* byl testován nakápnutím čisté virové suspenze (8 kapek o celkovém objemu 50 μ l) o koncentraci 10^6 IU/ml na chirurgickou roušku. Po zaschnutí byly vzorky exponovány plazmatem po dobu 60 minut v aparatuře podobné jako na obrázku 3, ale používající jen jeden výboj. Expozice probíhala v atmosféře okolního vzduchu, která byla podle potřeby zvlhčována vložením mokré vaty do expoziční komůrky. K úplné inaktivaci viru *Influenza* došlo i bez zvlhčení atmosféry, naopak u viru *Vaccinia* k ní došlo pouze ve vlhčené atmosféře. Bez přítomnosti vlhkosti byla pozorována pouze nevýrazná inaktivace tohoto viru. Pracovní hypotéza je zatím taková, že kolem viru se vytvoří vrstva organických molekul, jež jsou součástí kapének, a ty ho při vyschnutí účinně chrání. Ve vlhké



Aktuálně

[Novinky](#)[Akce, expedice](#)[Bulletin](#)[Fyz. čtvrtky](#)[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)[Aplety](#)[Astrofyzika](#)[Pozorování](#)[Galerie](#)[Glosář](#)[Slavní](#)[Zvuky](#)[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)[Ke koupi](#)[Ke stažení](#)[Odkazy](#)[Kniha návštěv](#)[Mapa serveru](#)[Intranet](#)[Kontakt](#)

atmosféře však tuto ochrannou vlastnost ztrácí. Zároveň se ve výboji s vyšší vlhkostí zvyšuje i množství reaktivních částic jako OH^- , $\text{OH}^\cdot$, $\text{OOH}^\cdot$ apod., které mají výrazné mikrobicidní účinky.

Na základě těchto předběžných výsledků jsme testovali účinnost navržené aparatury (viz obrázek 3) na inaktivaci viru SARS-CoV-2. Suspenze tohoto viru o objemu 20 μl a koncentraci 10^6 IU/ml byla nakápnuta na tři různá místa respirátoru KN95, viz obrázek 4. Po zaschnutí byl respirátor exponován v popsané nově navržené aparatuře po dobu 30 a 60 min. Atmosféra v komůrce byla zvlhčována jedním gramem vaty navlhčené pěti mililitry vody.



Obr. 4: Testovaný respirátor KN95 s vyznačenými infikovanými místy.

Touto metodou byl virus inaktivován z 95 % již po 30 minutách. K úplné inaktivaci viru ale nedošlo ani po 60 minutách. Pro možnost dosažení úplné inaktivace viru bude potřeba ještě mírně upravit aparaturu, především z hlediska rozložení dezinfikovaných objektů, případně prodloužit expoziční dobu.

Vliv plazmatu na kvalitu respirátoru

Filtr P3 R od firmy AVEC CHEM s. r. o. byl z obou stran exponován plazmatem (generátoru s jedním výbojem) po dobu dvou hodin. Poté byl filtr podroben testu propustnosti aerosolovými částicemi parafinového oleje v souladu s normou ČSN EN 143 (*Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtry proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení*) pomocí měřicího přístroje LORENZ FMP03 ze kterého vyplynulo, že původní filtrační účinnost P3 R filtru 99,9999 % se snížila pouze na 99,99986 %, což dostatečně převyšuje normou požadovaných 99,95 %.

Závěrem

Uvedené výsledky jsou zatím sice mírně nesystematické a pro úplnost vyžadují dopracování. Nicméně již teď ukazují, že popsaná aparatura je schopna účinně dezinfikovat různé filtrační materiály používané k ochraně před SARS CoV-2, a že její aplikace nesnižuje filtrační schopnost respirátorů. Věříme, že tato naše práce zaujme případné zájemce o využití a pomůže jim se v této době lépe ochránit. Veškerou dokumentaci ke konstrukci aparatury zveřejňujeme pro nekomerční využití, konstruktérům i uživatelům jsme ochotni jakkoli pomoci a poradit. Jsme ochotni dodat i hotové přístroje, i když ve velice omezené „výrobní“ kapacitě.

Odkazy



Aktuálně

[Novinky](#)[Akce, expedice](#)[Bulletin](#)[Fyz. čtvrtky](#)[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)[Aplety](#)[Astrofyzika](#)[Pozorování](#)[Galerie](#)[Glosář](#)[Slavní](#)[Zvuky](#)[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)[Ke koupi](#)[Ke stažení](#)[Odkazy](#)[Kniha návštěv](#)[Mapa serveru](#)[Intranet](#)[Kontakt](#)

1. [Vladimír Scholtz a kol: Výkresy](#)
2. [Vladimír Scholtz: Plazma ako nástroj na sterilizáciu; AB 8/2006](#)
3. [Vladimír Scholtz: Apoptóza nádorových buniek vyvolaná plazmou; AB 3/2012](#)
4. [Vítězslav Kříha: Nízkoteplotní plazma zastavuje krvácení; AB 5/2013](#)
5. [ebay: DC 12V to 20000V High Voltage Electrostatic Sprayer Negative Ion Generator](#)





ALDEBARAN BULLETIN

Týdeník věnovaný aktualitám a novinkám z fyziky a astronomie.

Vydavatel: [AGA \(Aldebaran Group for Astrophysics\)](#)

Číslo 24 (vyšlo 12. června, ročník 18 (2020))

© Copyright Aldebaran Group for Astrophysics

Publikování nebo šíření obsahu je zakázáno.

ISSN: 1214-1674,

Email: bulletin@aldebaran.cz

Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)

◀ 24/2020 ▶



PLA – vhodný materiál pro 3D tisk ochranných polomasek

Eva Vaňková

Již v počátku vyhlášení pandemie COVID-19 se Česká republika spolu s celým světem potýkala s dramatickým nedostatkem ochranných pomůcek včetně jednorázových roušek a respirátorů. Jednou z atraktivních možností rychlé a levné výroby ochranných prostředků se ukázal být 3D tisk. Nejrozšířenější metodou 3D tisku je **FDM**, na jejímž principu funguje většina typů domácích 3D tiskáren. Z dostupných polymerů použitelných pro FDM tisk je ekonomicky nejvýhodnější, a především biodegradovatelnou variantou, kyselina polymléčná (**PLA**).

Skupina dobrovolníků „3D tiskem proti viru“ pomáhá v boji proti současné epidemii mimo jiné i tiskem obličejových polomasek. Jde o pomůcku sloužící k ochraně úst a nosu, jejíž kostra je vytištěna z materiálu **PLA**. Mezi jednotlivé komponenty této konstrukce se vkládá vhodný filtr, čímž vzniká kompletní obličejová polomaska. Ohledně výroby ochranných polomasek **FDM** technologií se doposud objevovaly různé pochybnosti týkající se možné pórovitosti vznikajícího materiálu a jeho obtížné dezinfekce. Z tohoto důvodu lidé z „3D tiskem proti viru“ oslovili naši Laboratoř nízkoteplotního plazmatu na Ústavu fyziky a měřicí techniky Vysoké školy chemicko-technologické v Praze s otázkou ohledně ověření propustnosti materiálu PLA pro mikroorganismy a možnosti jeho dezinfekce. Ve spolupráci s Ústavem organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky v. v. i., Přírodovědeckou fakultou Univerzity Hradec Králové a rakouským výzkumným ústavem Children's Cancer Research Institute sídlícím ve Vídni jsme jednoznačně prokázali, že PLA je vhodným materiálem pro výrobu ochranných polomasek pomocí 3D tisku, a kromě toho je plně dezinfikovatelný běžně dostupnými prostředky. Tudíž tyto polomasky představují účinnou ochrannou pomůcku a lze je použít i opakovaně.





Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)



Obr. 1: Různé typy polomasek z 3D tisku FDM metodou za použití PLA filamentu

Virus – struktura nacházející se na hranici mezi živým a neživým. Ty nejprimitivnější viry obsahují pouze svoji genetickou informaci ve formě DNA nebo RNA, které jsou uloženy ve vnitřní části (nukleoidu) obklopeném proteinovou schránkou (kapsidou). Obalené viry mají navíc virový obal z membrány tvořené proteinovou a lipidovou dvouvrstvou. Viry nejsou schopny samostatné replikace bez hostitelské buňky. Buňka slouží pouze jako biologická továrna a sklad náhradních dílů potřebných pro vznik nových virů.

FDM – Fused Deposition Modeling, jedna z metod 3D tisku, která používá vlákno z tavitelného plastu (termoplastu). Po zahřátí vzniká newtonovská kapalina, která se nanáší podle pokynů počítače na podklad a po ochladnutí opět ztuhne. Nejčastěji se využívá ABS (směs akrylonitrilu, butadienu a styrenu), PLA (kyselina polylactická), HIPS (houževnatý polystyrén), TPU (termoplastický polyuretan) nebo nylon. Metoda byla vyvinuta na Bathské univerzitě v Anglii v roce 2005.

PLA – Polylactic Acid, kyselina polylactická, biologicky odbouratelná látka na bázi polyesteru. PLA poprvé syntetizoval Wallace Carothers (objevitel nylonu) ve 20. letech 20. století. Syntetická vlákna byla poprvé připravena v roce 1932. Dnes se využívají v chirurgii pro vstřebatelné stehy, při výrobě textilií nebo pro 3D tisk. PLA se nevyrábí jen ve formě vláken, ale používají se také biologicky odbouratelné fólie, plachty, kelímky atd.

Materiál PLA

PLA je lineární alifatický kompostovatelný polyester, který lze vyrobit z přírodních zdrojů, jako je kukuřice, obilí nebo čirok. Tento polymer vzniká kyselé katalyzovanou polykondenzací monomeru kyseliny mléčné, kterou lze snadno a levně vyrábět fermentací různých biologických odpadů bakteriemi mléčného kvašení *Lactobacillus* spp. Suchým či mokřím zvlákněním pak vzniká PLA filament použitelný například pro 3D tisk. Parametry tisku PLA polomasek (připravených 3D tiskárnou Prusa i3 MK3) testovaných v této práci byly následující: výška vrstvy = 0,3 mm, šířka stěn = 0,4 mm, tloušťka spodní/horní vrstvy = 0,2 mm, výplň = 10 %, rychlost tisku =



90 mm/s, teplota trysky = 215 °C, teplota podložky = 60 °C, dávkování filamentu = 95 %, průměr trysky = 0,4 mm, typ výplně byl mřížkový (lineární pod úhlem 45°) a celkový počet vrstev = 338.

Struktura PLA a test propustnosti

Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Ukazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

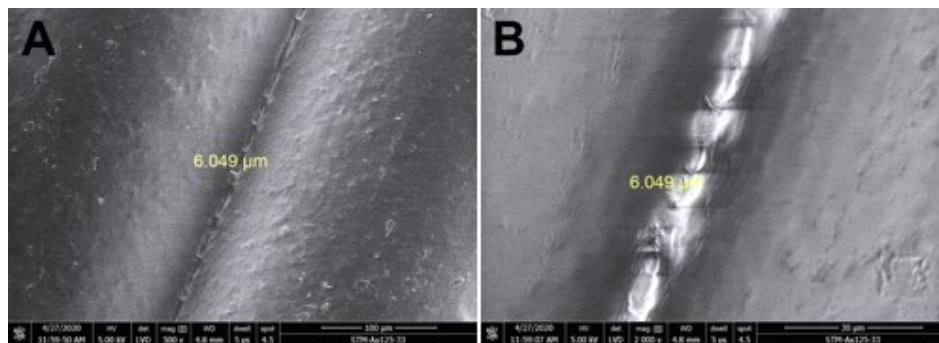
[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)

Jednou z nejvíce diskutovaných nevýhod objektů tištěných z **PLA** filamentu technologií **FDM** při jejich teoretickém použití pro ochranu proti mikroorganismům je porozita. Informace dostupné v současné vědecké literatuře, například [2], však jednoznačně ukazují, že struktura a porozita PLA materiálu je vysoce závislá na nastavení parametrů tisku a nelze tedy obecně tvrdit, zda daný objekt je či není vhodný k výrobě ochranných pomůcek bez důkladného otestování konkrétního materiálu. Z tohoto důvodu jsme materiál polomasek pozorovali **skenovacím elektronovým mikroskopem** a zjistili jsme, že mezera mezi jednotlivými filamenti PLA má velikost přibližně 6 μm . Přestože nelze ani při největším použitém rozlišení mikroskopu vidět zcela do hloubky pórů, nepředpokládáme, že by tyto póry mohly procházet skrz nasrzk PLA materiálem (Obr. 2).

Abychom však nezůstali pouze u teoretického předpokladu, připravili jsme na 3D tiskárně kruhovou destičku z **PLA** o průměru 10 cm (tedy přibližně výšku obličejových masek), tištěnou ve vertikální poloze tak, aby byl zahrnut možný vliv rozdílu teploty na podložní tiskové ploše a v nejvyšším bodě tisku ve svislé ose. Skutečně se ukázalo, že teplota zde hraje svou roli, neboť tato destička byla ve vrchní části tisku již členitější a strukturovaná a jednotlivé vrstvy filamentu vystupovaly více na povrch (Obr. 3). Pro praktické ověření nepropustnosti PLA materiálu jsme tuto destičku podrobili testu propustnosti generátorem aerosolu parafinového oleje a fotometrem LORENZ FMP03, certifikovaným testovacím systémem dle EN 143 (Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtry proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení). Při tomto testu nebyl detekován vůbec žádný průchod aerosolových částic parafinového oleje materiálem PLA.



Obr. 2: Detail póru v 3D tištěném PLA materiálu (SEM).
(A) zvětšení 500×, (B) zvětšení 2000×.





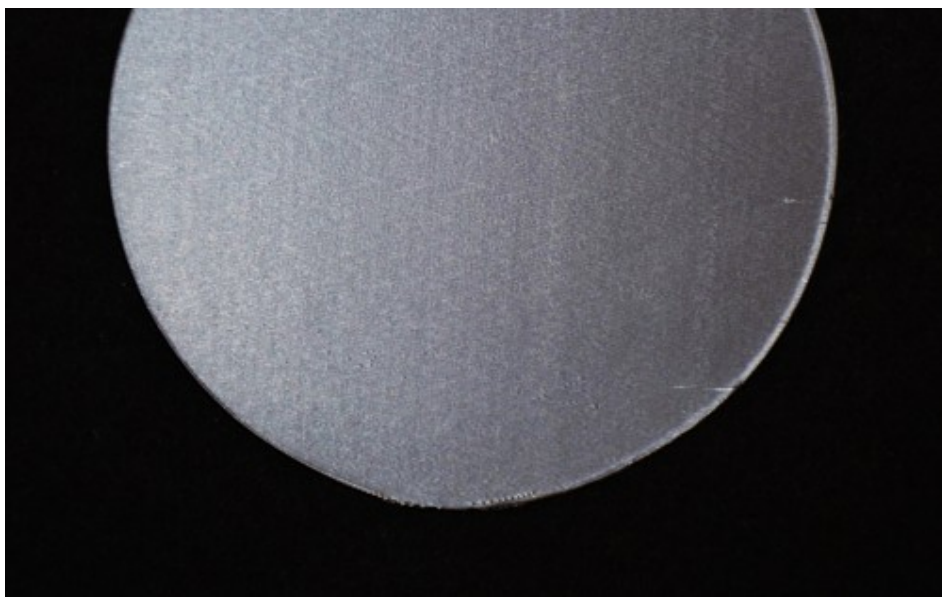
Aktuálně

[Novinky](#)
[Akce, expedice](#)
[Bulletin](#)
[Fyz. čtvrtky](#)
[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)
[Aplety](#)
[Astrofyzika](#)
[Pozorování](#)
[Galerie](#)
[Glosář](#)
[Slavní](#)
[Zvuky](#)
[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)
[Ke koupi](#)
[Ke stažení](#)
[Odkazy](#)
[Kniha návštěv](#)
[Mapa serveru](#)
[Intranet](#)
[Kontakt](#)


Obr. 3: Vzhled vertikálně tištěné PLA destičky

Dezinfekce PLA

Materiálové vlastnosti a s nimi spojená dezinfekce různých povrchů je velice aktuálním a multioborovým tématem, které je jednou z hlavních aktivit naší laboratoře. O možnosti dezinfekce respirátorů jsme psali již v nedávném bulletinu [AB 21/2020](#). Ačkoliv se obvykle zaměřujeme především na možnost sterilace různých objektů nízkoteplotním [plazmatem](#), v tomto případě jsme zvolili co nejdostupnější dezinfekční metody pomocí následujících běžných činidel: 96% etanol, 70% isopropanol a Savo (složené především z chlornanu sodného a hydroxidu sodného; ředěné 2:9 vodou).

Účinnost zvolených dezinfekčních činidel jsme otestovali na [PLA](#) povrchu (nosiče o velikosti 1×1 cm) uměle kontaminovaném divokými kmeny běžných zástupců gram-pozitivních a gram-negativních bakterií: *Staphylococcus epidermidis* a *Escherichia coli*; oportunně patogenní kvasinky *Candida albicans* a [virů](#) SARS-CoV-2 (obalený virus způsobující COVID-19) či adenoviru (vysoce odolný neobalený DNA virus způsobující akutní horečnaté onemocnění dýchacích cest). Kontaminované nosiče byly ponořeny do dezinfekčních činidel po dobu 15 minut. Ukázalo se, že kromě vysoce odolného adenoviru, který byl spolehlivě inaktivován pouze Savem, byly všechny ostatní použité mikroorganismy, včetně aktuálně velice významného SARS-CoV-2, na povrchu PLA kompletně inaktivovány.

Pro ještě větší jistotu jsme otestovali účinnost dezinfekce etanolem u polomasek používaných za běžného provozu. Tři dobrovolníci z naší laboratoře nosili tyto polomasky po dobu čtyř hodin (Obr. 4), poté jsme udělali mikrobiologické stěry z různých míst na těchto polomaskách. Následně jsme [PLA](#) konstrukci polomasek dezinfikovali namočením do etanolu po dobu 15 min, anebo krátkým opláchnutím etanolem. Po dokonalém vyschnutí etanolu jsme opět udělali stěry a inokulovali je na krevní agary. Výsledky dezinfekce PLA polomasek v etanolové lázni jsou shrnuty v Tab. 1, vybrané případy mikrobiálního nárůstu na agarových miskách jsou uvedeny na Obr. 5. Jak je vidět z Tab. 1, míra přirozené kontaminace se u různých uživatelů významně liší, i přesto byla po máčení celé polomasky v etanolu dezinfekce účinná ve všech případech. Pouze u jedné osoby zůstalo na vnitřní straně masky 19 [KTJ/ml](#)



Aktuálně

[Novinky](#)
[Akce, expedice](#)
[Bulletin](#)
[Fyz. čtvrtky](#)
[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)
[Aplety](#)
[Astrofyzika](#)
[Pozorování](#)
[Galerie](#)
[Glosář](#)
[Slavní](#)
[Zvuky](#)
[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)
[Ke koupi](#)
[Ke stažení](#)
[Odkazy](#)
[Kniha návštěv](#)
[Mapa serveru](#)
[Intranet](#)
[Kontakt](#)

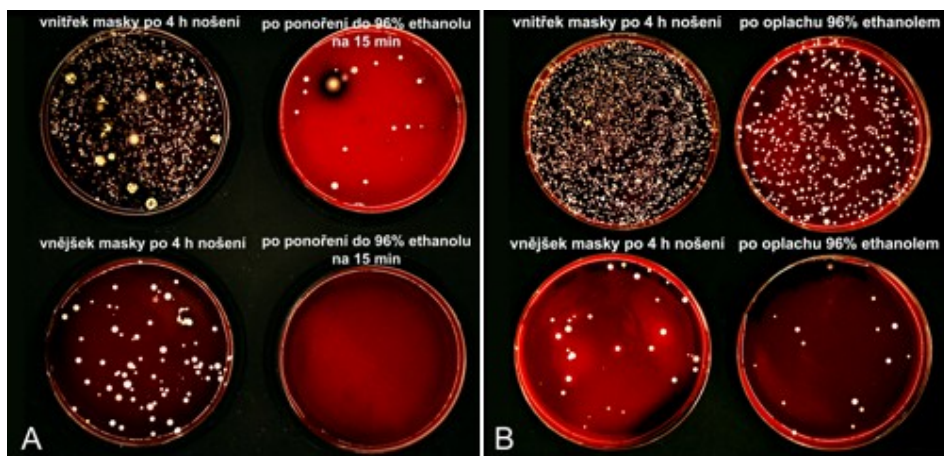
(kolonie tvořících jednotky/mililitr) (Obr. 5A), což lze s ohledem na původních 7×10^3 KTJ/ml považovat za zcela uspokojující (jedná se o snížení o 99,7 %). Ve zbývajících dvou případech bylo po tomto způsobu dezinfekce detekováno 0 až 2 KTJ/ml. Naopak pouhý oplach etanolem ze stříčky nezpůsobil dostatečnou míru dezinfekce, jak je vidět z Obr. 5B. Pro spolehlivou dezinfekci je tedy nezbytné použít dezinfekční lázeň.



Obr. 4: PLA masky testované dobrovolníky z Laboratoře nízkoteplotního plazmatu VŠCHT Praha

KTJ/ml	vnitřní strana (před dezinfekcí)	vnitřní strana (po dezinfekci)	vnější strana (před dezinfekcí)	vnější strana (po dezinfekci)
maska 1	7000	19	85	0
maska 2	257	0	153	0
maska 3	108	2	59	2

Tab. 1: Přirozeně kontaminované PLA polomasky dezinfikované etanolem



Obr. 5: Přirozeně kontaminovaná PLA polomaska dezinfikovaná etanolem. (A) ponoření do etanolové lázně po dobu 15 min, (B) oplach etanolem ze stříčky.



Aktuálně

[Novinky](#)
[Akce, expedice](#)
[Bulletin](#)
[Fyz. čtvrtky](#)
[Úkazy](#)

Fyzika

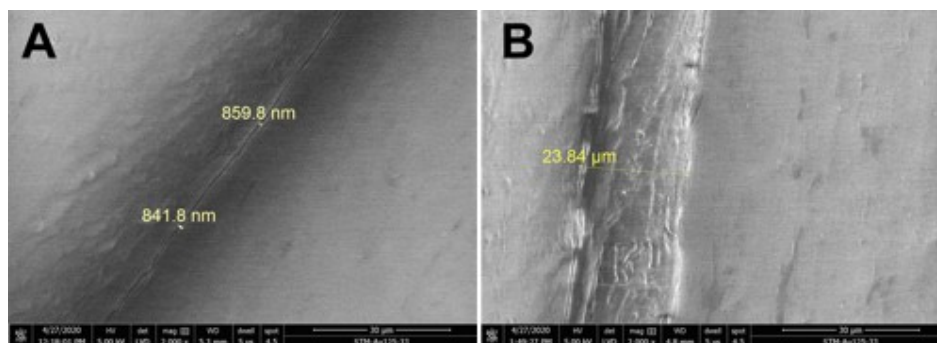
[Animace](#)
[Aplety](#)
[Astrofyzika](#)
[Pozorování](#)
[Galerie](#)
[Glosář](#)
[Slavní](#)
[Zvuky](#)
[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)
[Ke koupi](#)
[Ke stažení](#)
[Odkazy](#)
[Kniha návštěv](#)
[Mapa serveru](#)
[Intranet](#)
[Kontakt](#)

Působení dezinfekce na strukturu PLA

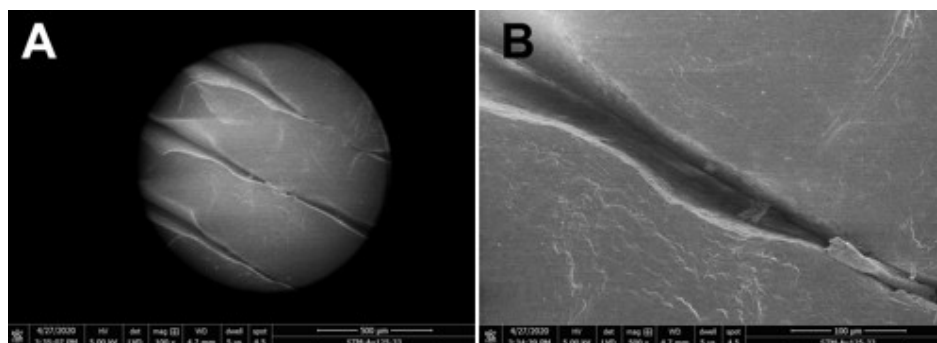
Dalším z důležitých faktorů týkajících se vhodnosti PLA pro 3D tisk ochranných obličejových polomasek je možnost jejich opakovaného použití. Bylo tedy nezbytné ověřit také vliv dezinfekčních činidel na strukturu PLA materiálu a na jeho odolnost vůči prostupu aerosolových částic. Proto jsme namáčeli vzorky PLA materiálu v etanolu, isopropanolu či Savu po dobu 15 min jako v dříve popsáném případě dezinfekce, ale v pěti opakovaných cyklech, anebo jsme je jednorázově ponořili do dezinfekčních roztoků na 24 h. V žádném z testovaných případů nedošlo k poškození struktury PLA materiálu ani zvětšení mezery mezi jednotlivými vlákny PLA filamentu. V některých vzorcích jsme pozorovali mírné naleptání povrchu, které naopak vedlo k zacelení mezer mezi filameny. Nejmenší mezeru (860 nm) mezi vlákny PLA jsme pozorovali po 5×15 min namáčení v etanolu, zatímco nejvíce zacelenou mezeru mezi vlákny jsme viděli na vzorku po 24 h namáčení v totožném dezinfekčním činidle (Obr. 6). Při ověření propustnosti PLA destičky pro aerosolové části parafinového oleje (přístrojem Lorenz FMP03, viz výše) po 24 h namáčení v etanolu jsme také nedetekovali vůbec žádný prostup těchto částic. Opakované použití dezinfekčních roztoků tedy neovlivňuje odolnost PLA vůči prostupu mikroorganismů včetně virů.



Obr. 5: Detail póru v 3D tištěném PLA materiálu ovlivněném namáčením v etanolu (SEM). (A) 5×15 min namáčení v etanolu (B) 24 h namáčení v etanolu.

Mechanické namáhání PLA

Jako doplňkový experiment jsme se pokusili mechanicky poškodit materiál PLA polomasky. Zjistili jsme, že tření prstem ani papírem nijak neovlivní strukturu PLA. Jediný způsob, jakým bylo možné povrch PLA poškodit, byl intenzivní oděr jídelní vidličkou, který viditelně stlačil PLA filameny na povrchu masky, avšak ani v tomto případě jsme nepozorovali zvětšení mezer mezi jednotlivými vlákny (Obr. 7).





Aktuálně

[Novinky](#)

[Akce, expedice](#)

[Bulletin](#)

[Fyz. čtvrtky](#)

[Ukazy](#)

Fyzika

[Animace](#)

[Aplety](#)

[Astrofyzika](#)

[Pozorování](#)

[Galerie](#)

[Glosář](#)

[Slavní](#)

[Zvuky](#)

[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)

[Ke koupi](#)

[Ke stažení](#)

[Odkazy](#)

[Kniha návštěv](#)

[Mapa serveru](#)

[Intranet](#)

[Kontakt](#)

Obr. 5: Struktura PLA po mechanickém poškození jídelní vidličkou (SEM).
(A) zvětšení 100×, (B) zvětšení 500×.

Závěrem

Spekulace o porozitě PLA polomasek získaných 3D tiskem FDM technologií, která by umožnila nežádoucí prostup nefiltrovaného vzduchu tímto materiálem a zároveň zkomplikovala účinnou dezinfekci mikrobiální kontaminace uvnitř pórů mezi PLA filamenty, jsme v této práci jednoznačně vyvrátili. Testovacím systémem certifikovaným dle EN 143 jsme potvrdili, že tento materiál nepropustí žádné částice aerosolu parafinového oleje a že se tedy jedná o plně funkční ochranu proti bakteriím i virům. Zároveň jsme ukázali, že PLA materiál je možné dezinfikovat od bakterií, kvasinek i viru SARS-CoV-2 běžně dostupnými chemickými činidly, jako je etanol, isopropanol či Savo. Tyto polomasky jsou tedy opakovatelně použitelné s poměrně vysokou mírou šetrnosti vůči životnímu prostředí.

Přestože tato práce plně podporuje použití PLA filamentu pro výrobu ochranných obličejových polomasek pomocí 3D tisku FDM technologií, pro získání kvalitních náhrad respirátorů typu FFP2 či FFP3 v době jejich nedostatku při různých pandemiích, bude nezbytné najít vhodné alternativy filtrů s vysokou filtrační účinností, které budou do konstrukcí z PLA materiálu vloženy. Jedině tak bude dosaženo nejvyšší možné úrovně ochrany lidí pracujících v první linii boje proti virovým infekcím.

Poděkování

Poděkování za úspěšné, kvalitní a rychlé zpracování této práce patří všem zúčastněným:

- Laboratoř nízkoteplotního plazmatu Ústavu fyziky a měřicí techniky Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (Eva Vaňková, Josef Khun, Petra Kašparová, Anna Machková, Jaroslav Julák, Vladimír Scholtz)
- Ústav organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky v. v. i. (Jan Weber, Jan Hodek, Lucie Ulrychová)
- Children's Cancer Research Institute, Vienna (Klára Obrová, Karin Kosulin, Thomas Lion)
- Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové (Michal Sláma)
- „3D tiskem proti viru“ (Ladka Altrichterová, Pavel Kubíček a celý kolektiv)

* * *

Za poskytnutí laboratorních prostor a vybavení patří velké díky Jiřímu Rybáčkovi a Václavu Čerovskému z Ústavu organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky v. v. i. a také společnosti AVEC CHEM s. r. o.

Odkazy



1. [Vladimír Scholtz: Korónovým výbojem proti koronaviru; AB 21/2020](#)
2. [J. C. Fleischer, J. C. Diehl, L. S. Wauben, J. Dankelman: The Effect of Chemical Cleaning on Mechanical Properties of Three-Dimensional Printed Polylactic Acid; Journal of Medical Devices 14\(1\), 2020, 011109–11118](#)

Aktuálně

[Novinky](#)[Akce, expedice](#)[Bulletin](#)[Fyz. čtvrtky](#)[Úkazy](#)

Fyzika

[Animace](#)[Aplety](#)[Astrofyzika](#)[Pozorování](#)[Galerie](#)[Glosář](#)[Slavní](#)[Zvuky](#)[Tabulky](#)

Různé

[Studium](#)[Ke koupi](#)[Ke stažení](#)[Odkazy](#)[Kniha návštěv](#)[Mapa serveru](#)[Intranet](#)[Kontakt](#)