

Textilní nanomateriály

Elektrické zvlákňování

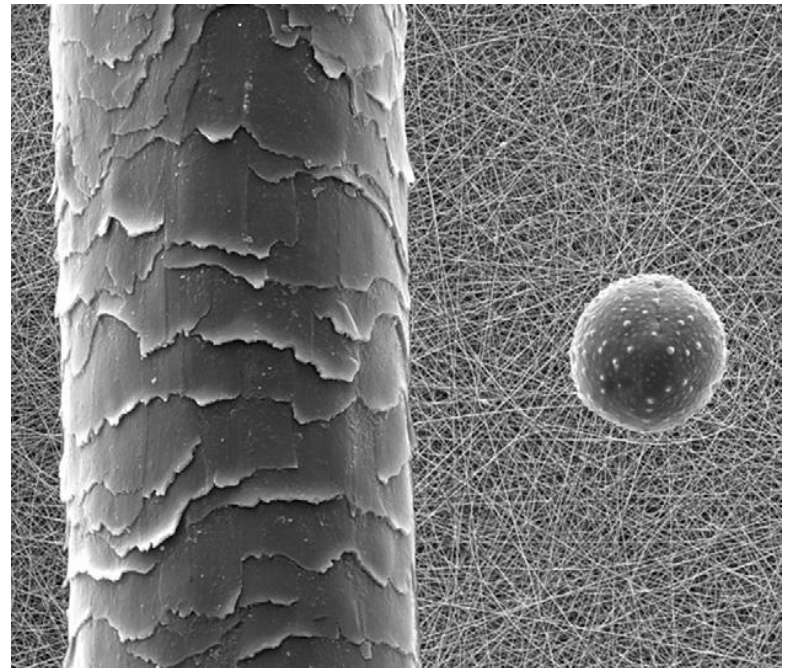
Opakování

Nanomateriál - materiál s jedním, dvěma nebo třemi vnějšími rozměry v nanoměřítku

Nanoměřítka – rozsah délky přibližně od 1 do 100 nm ($1\text{nm} = 1\text{m}^{-9}$)

Nanovlákná – do 1000 nm

- Vysoká porozita
- Malý průměr pórů
- Velký měrný povrch

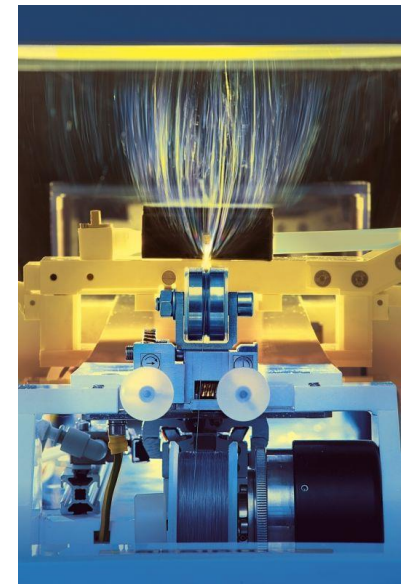
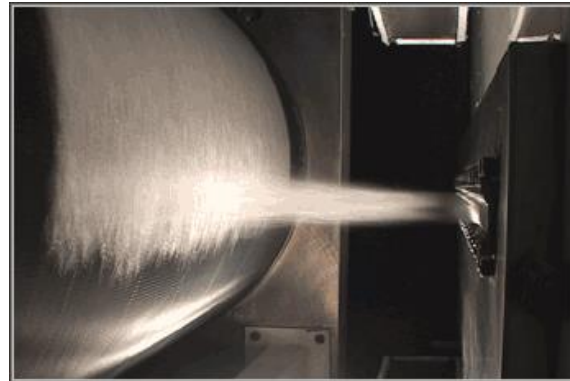


Opakování

- Z přírodních materiálů
 - Proteiny: kolagen, želatina, elastin
 - Polysacharidy: kyselina hyaluronová, celulóza, chitosan, ...
- Ze syntetických materiálů
 - Polyamidy, polyestery, polyuretany, polyvinylly, ...
- Z homopolymerů, kopolymerů
- Z blendů
- Z roztoků nebo tavenin

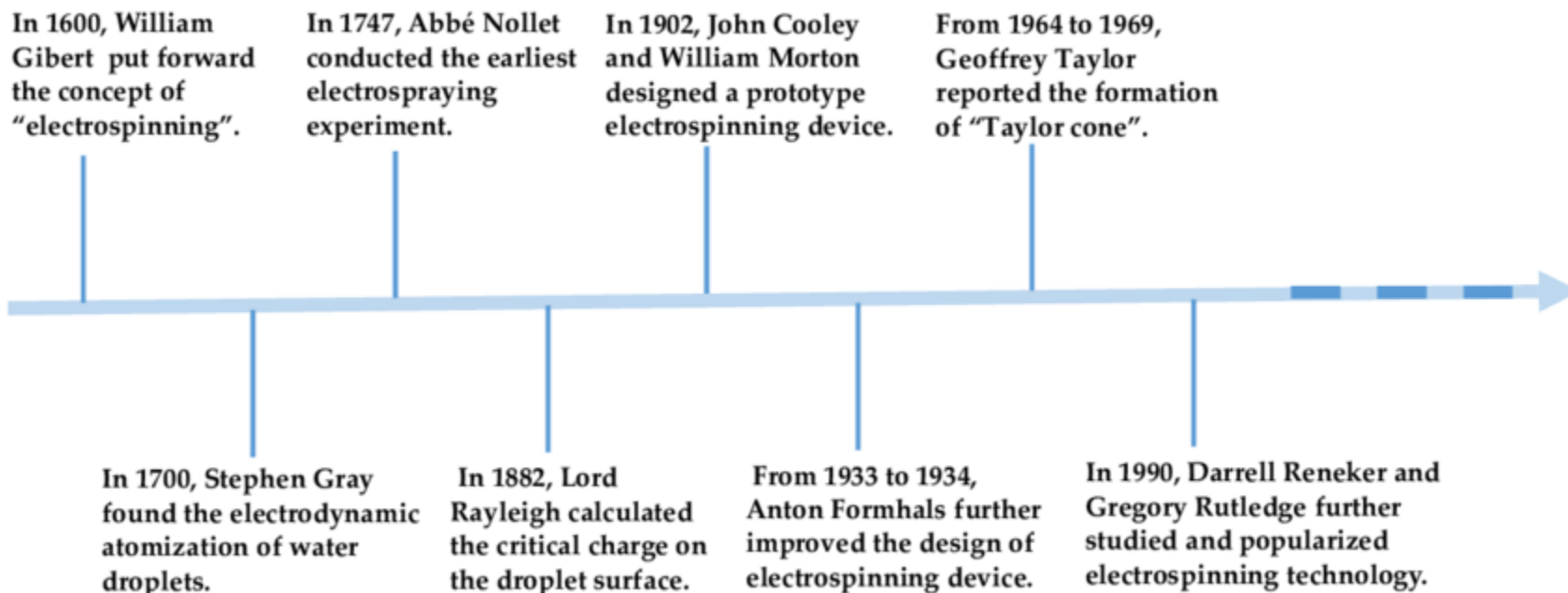
Opakování

- Elektrické zvlákňování
- Meltblown
- Odstředivé zvlákňování
- Bikomponentní vlákna
- Drawing
- Syntéza šablonou
- Fázová separace
- Samosestavování



Elektrické zvlákňování

Historie el. zvlákňování



No. 705,691.

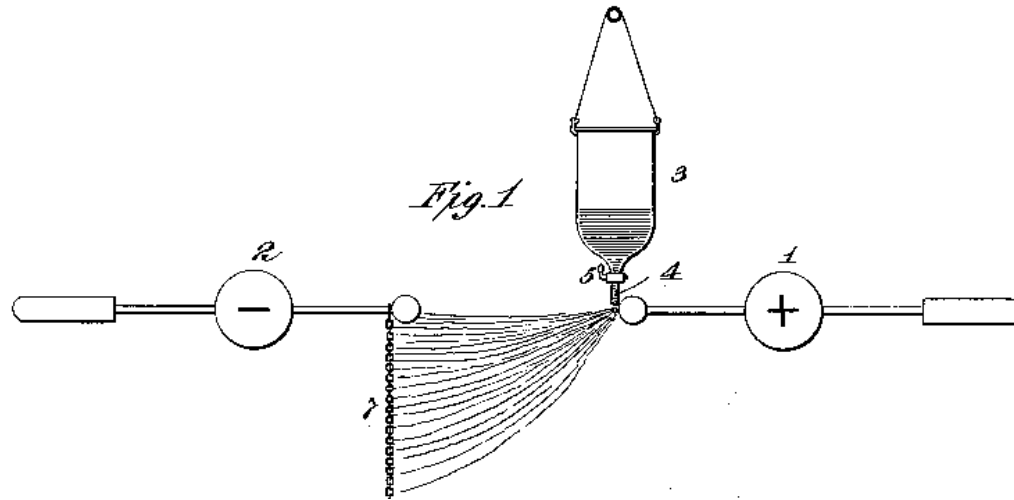
Patented July 29, 1902.

W. J. MORTON.

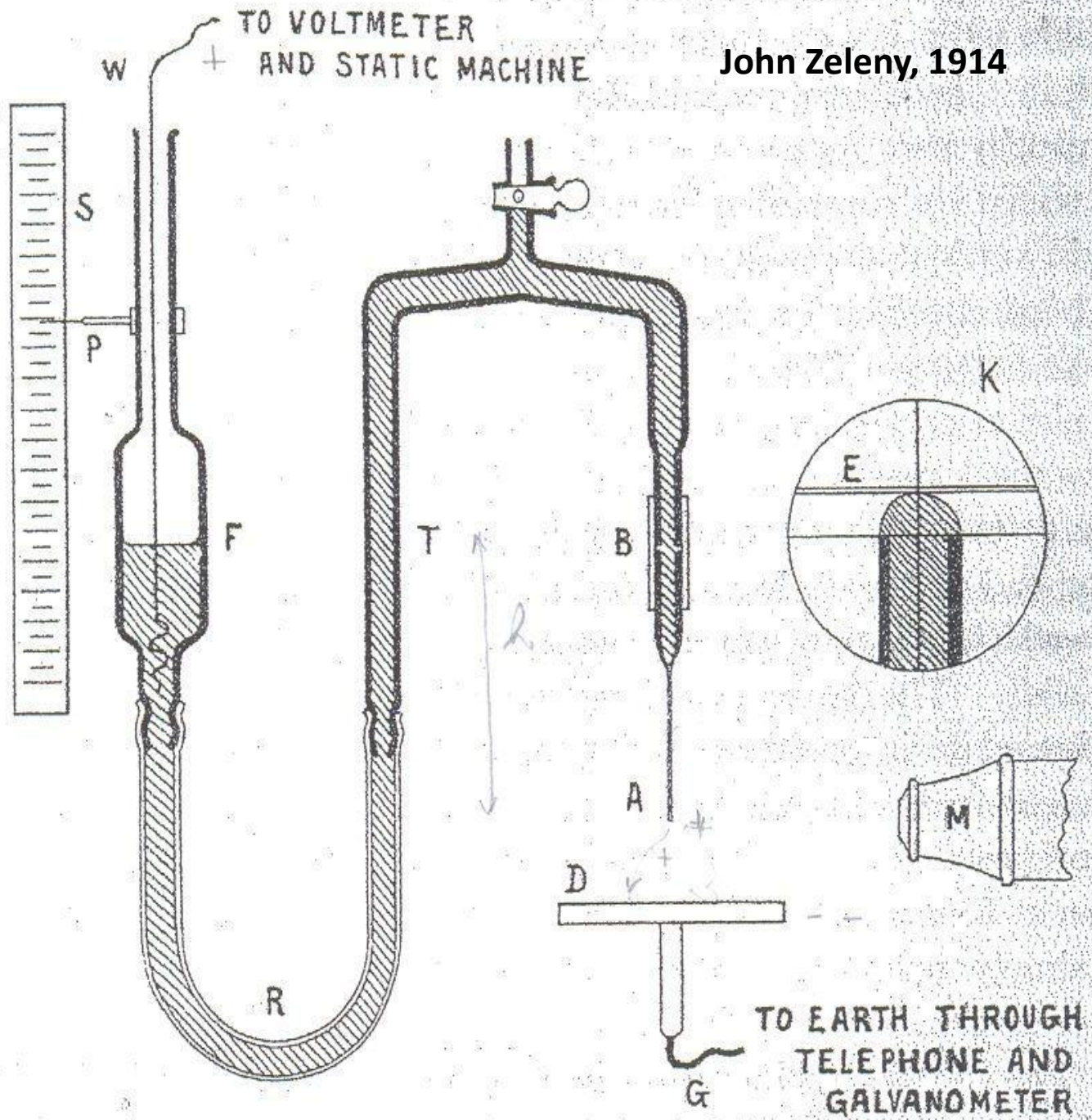
METHOD OF DISPERSING FLUIDS.

(Application filed Feb. 20, 1900.)

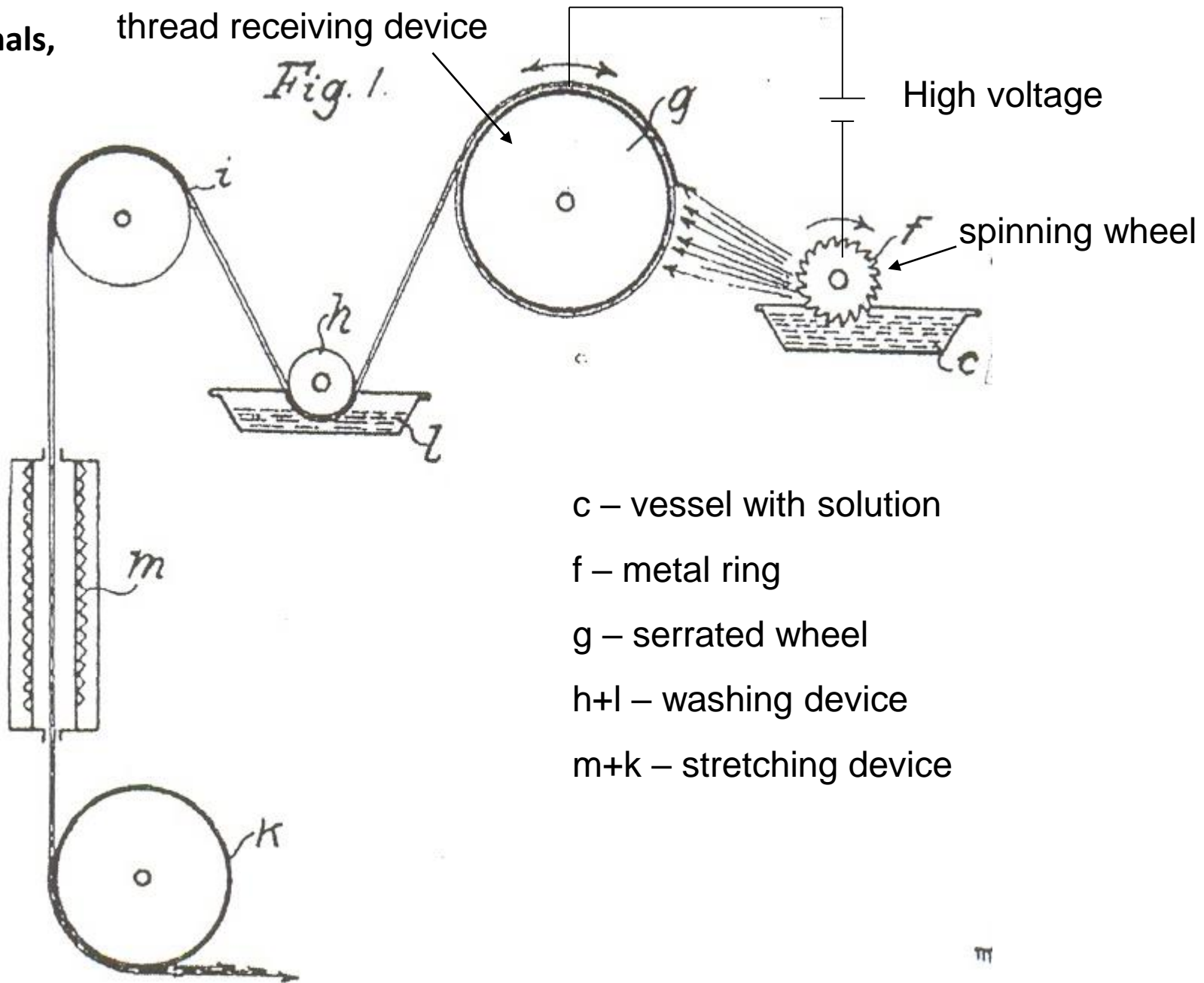
(No Model.)



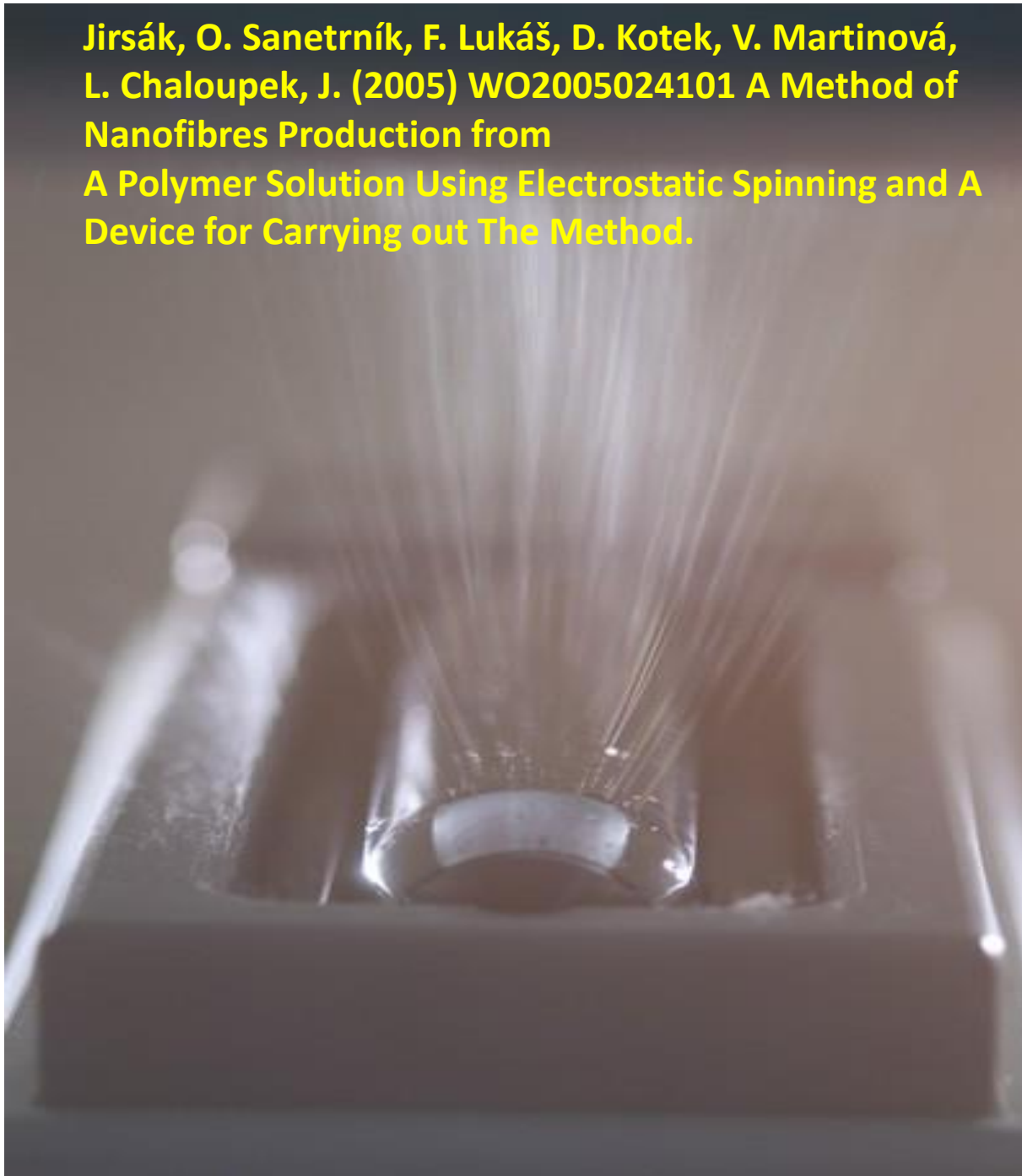
John Zeleny, 1914



Anton Formhals,
1932

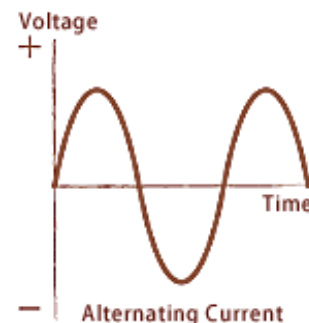
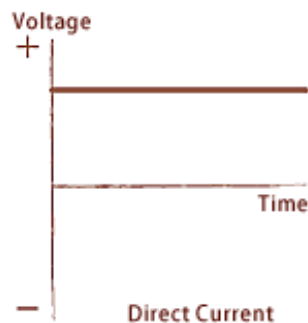


**Jirsák, O. Sanetrník, F. Lukáš, D. Kotek, V. Martinová,
L. Chaloupek, J. (2005) WO2005024101 A Method of
Nanofibres Production from
A Polymer Solution Using Electrostatic Spinning and A
Device for Carrying out The Method.**



Elektrické zvlákňování

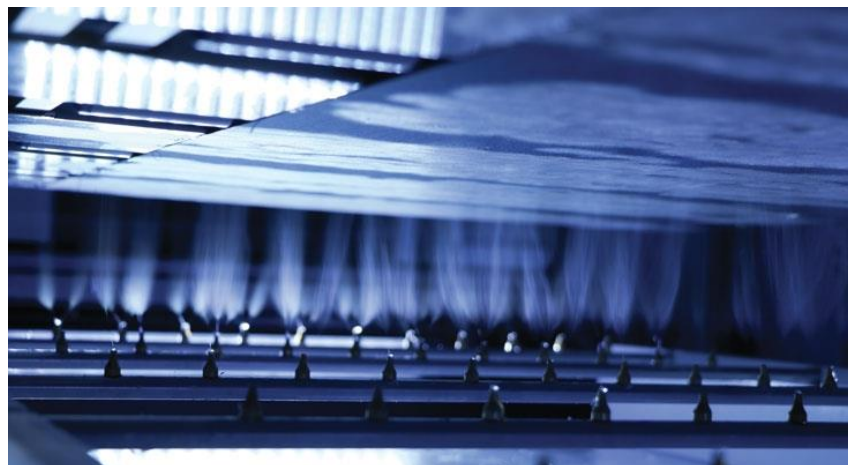
- Proces tvorby vláken účinkem elektrického pole
- Popisováno jako přetahování mezi elektrickými a kapilárními silami
- Stejnoseměrný zdroj vysokého napětí
 - V čase nemění svoji polaritu
 - Kladný / záporný
- Z roztoků nebo tavenin



Rozdělení

Jehlové zvlákňování

Needle electrospinning

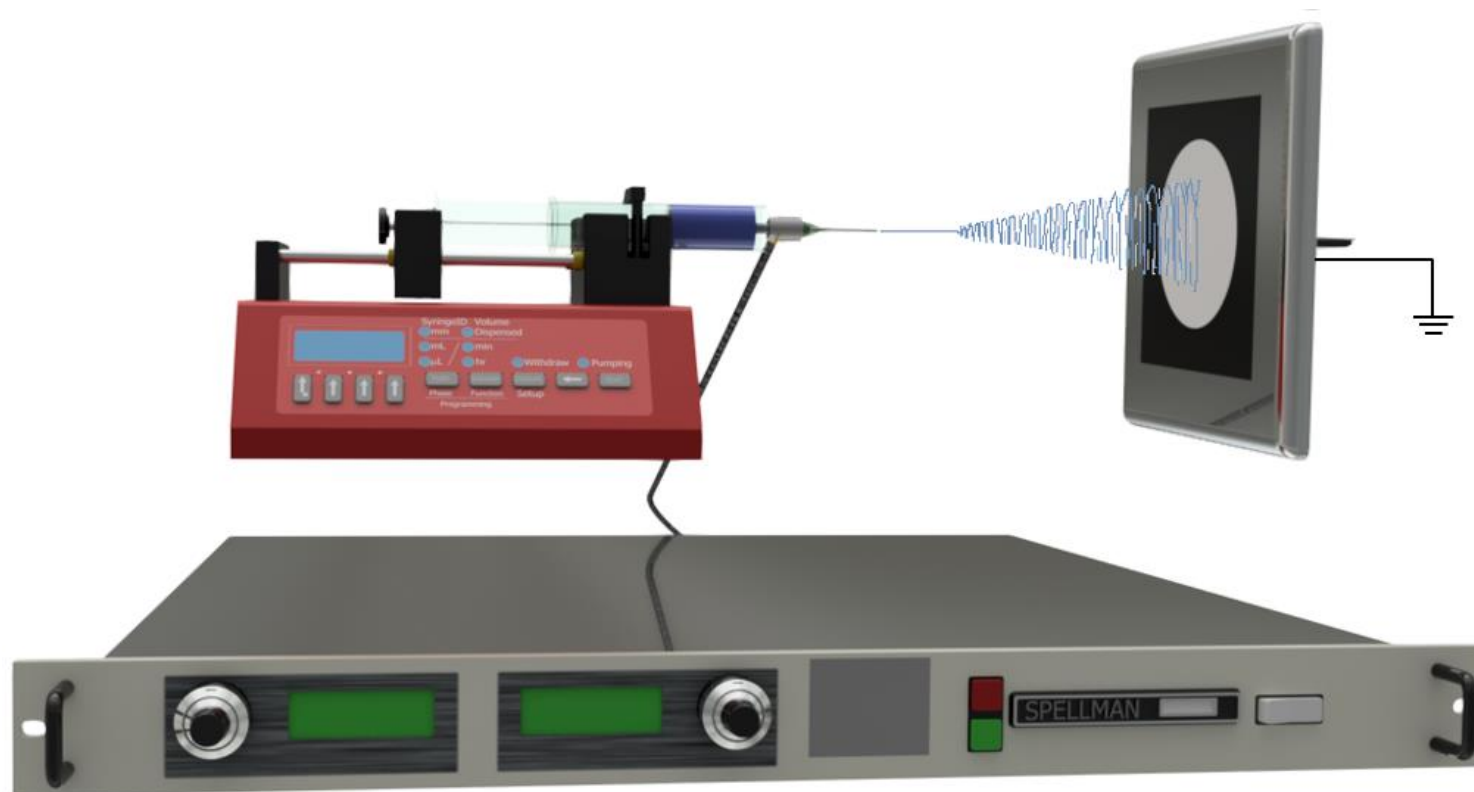


Bezjehlové zvlákňování

Needle-less electrospinning

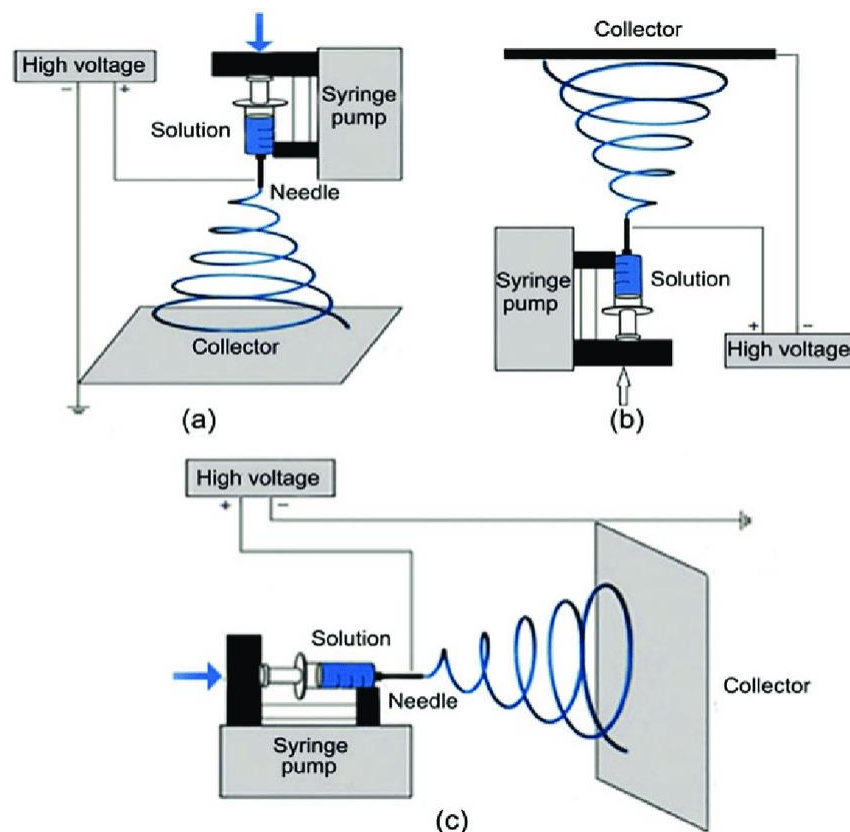


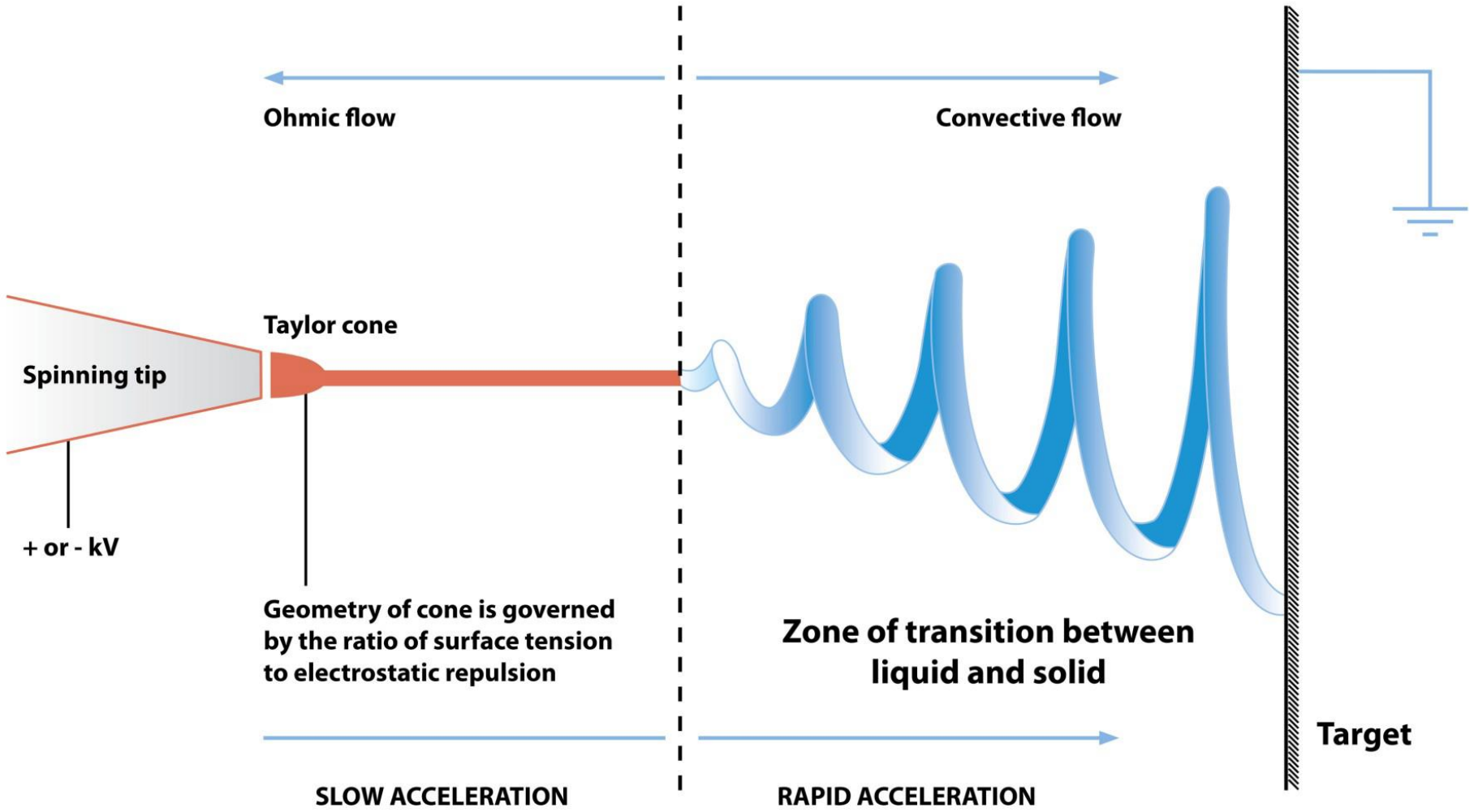
Jehlové zvlákňování



Jehlové zvlákňování

- Libovolné uspořádání
- Elektroda
 - Nabitá – kladně / záporně
 - Uzemněná
- Kolektor
 - Nabitý – kladně / záporně
 - Uzemněný





Kapilární síla $F_c = 2\pi r\gamma \cos\theta$

Elektrická síla $F_e = \int (1/2\epsilon E^2) ds$

$$F_c = F_e$$

(A)



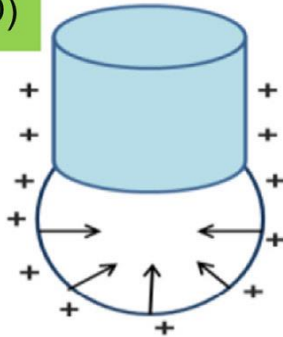
(B)



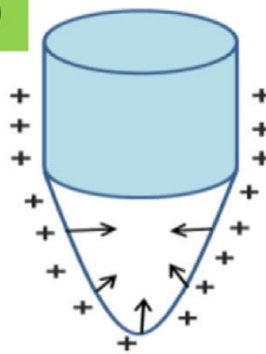
(C)



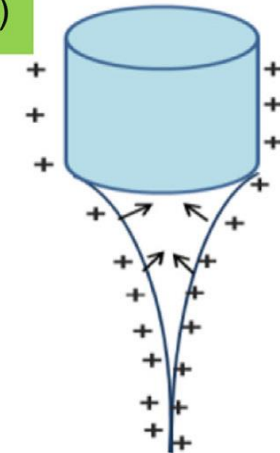
(D)

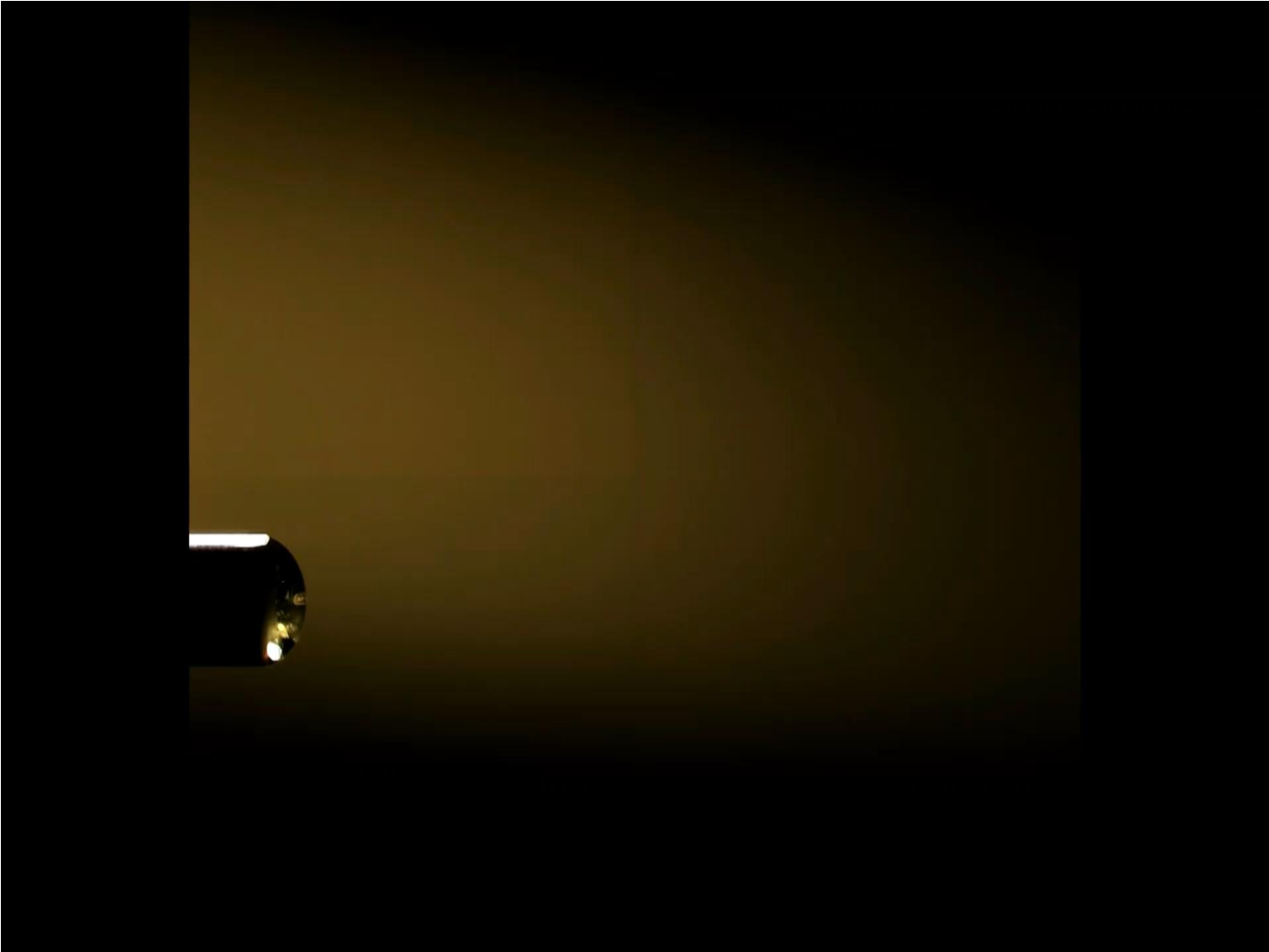


(E)



(F)



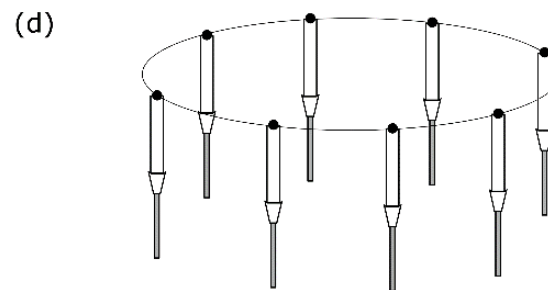
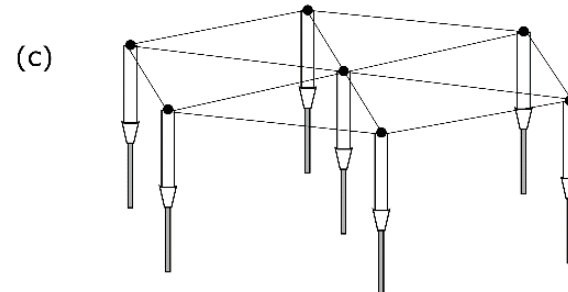
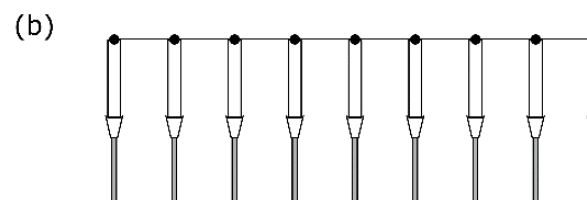
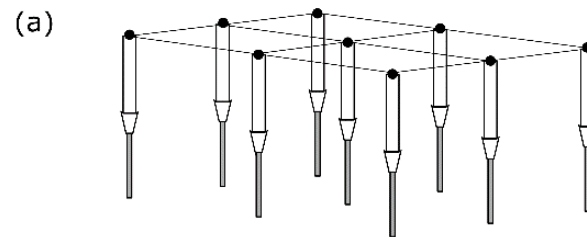
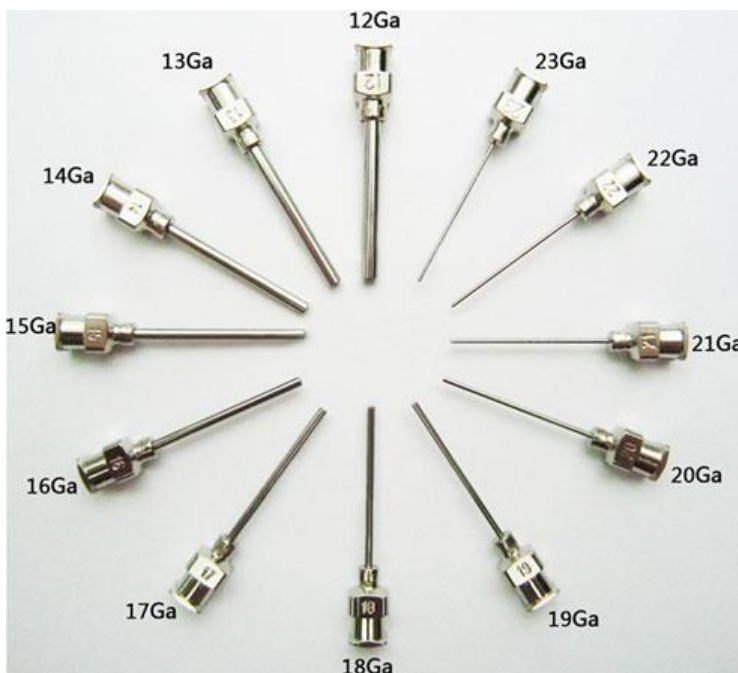


Kritické napětí

- Napětí při kterém dojde ke zvlákňování
- Ovlivněno:
 - Průměrem jehly
 - Vzdáleností elektrody od kolektoru
 - Povrchovým napětím

$$V_c^2 = 4 \ln \left(\frac{2h}{R} \right) (1,3\pi\gamma R)(0,09)$$

Jehlové zvlákňování



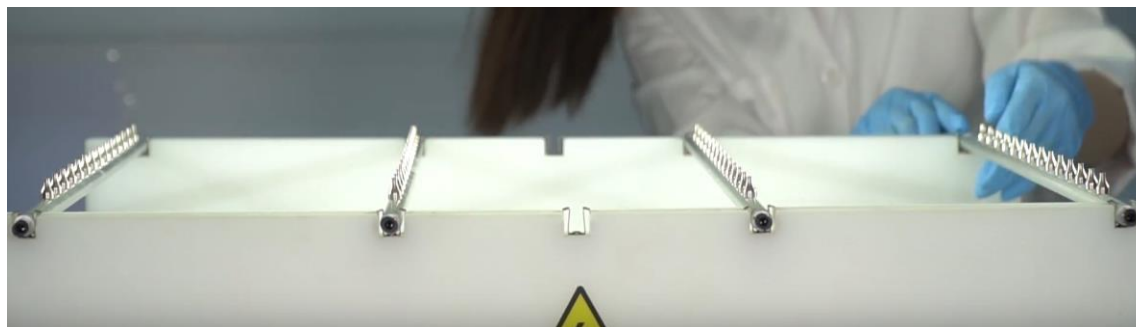
Průmyslové zařízení

CE
CERTIFIED

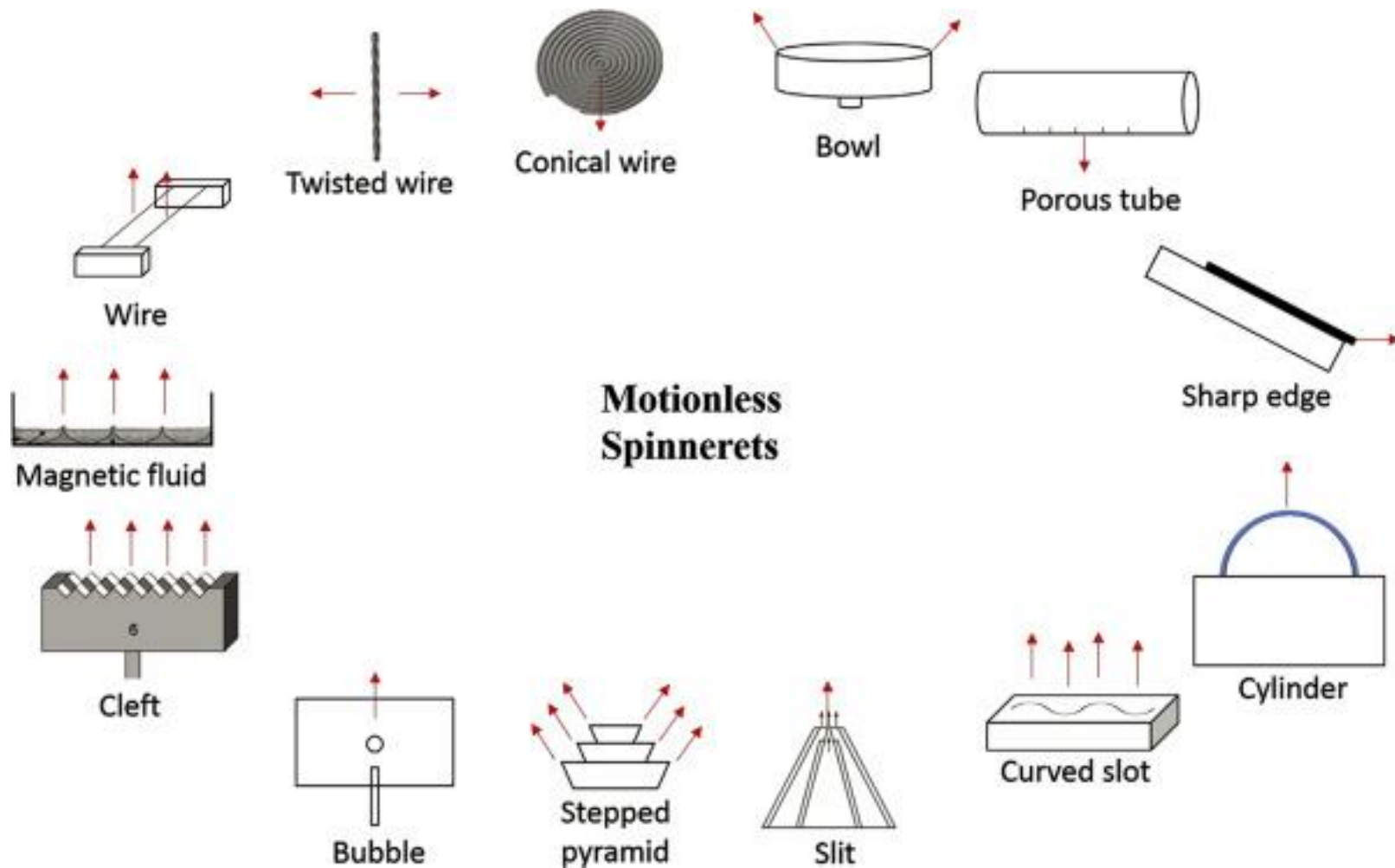
ISO
9001
QUALITY
ASSURANCE



PE 3550



Bezjehlové zvlákňování



Bezjehlové zvlákňování

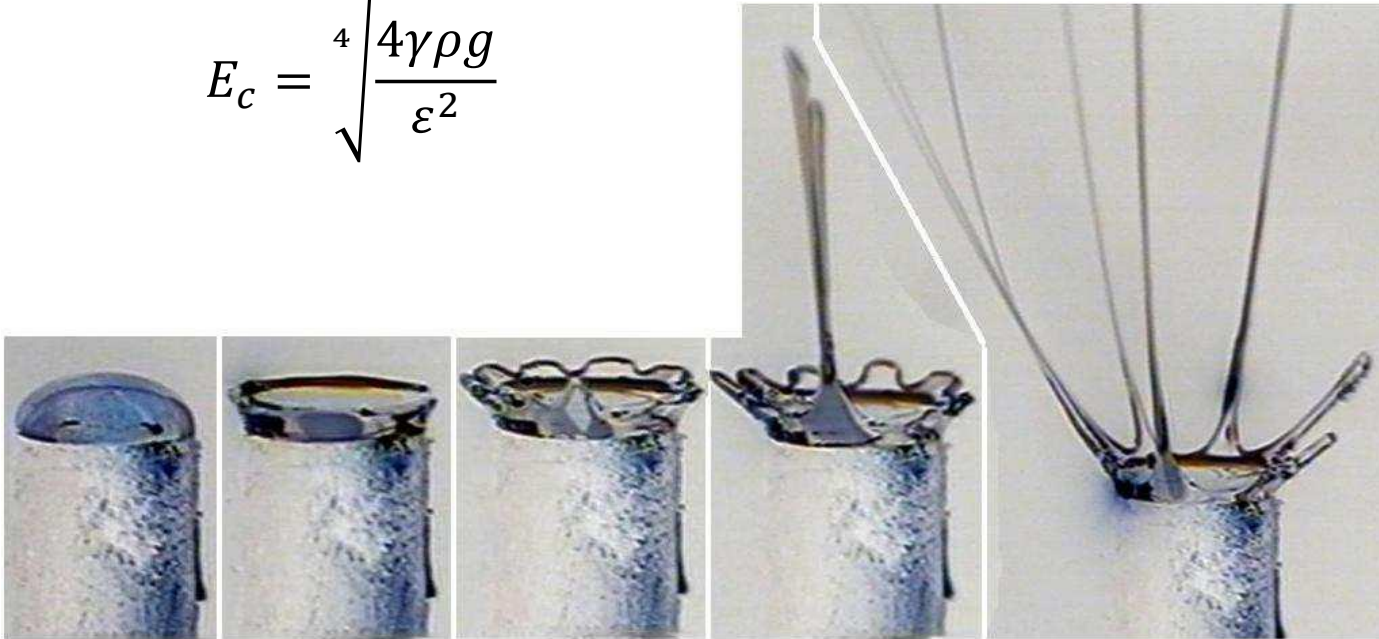
- Samoorganizace roztoku do Taylorova kužele, stabilní části, bičující části a odpaření rozpouštědla
- Jednotlivé trysky se tvoří bez nutnosti použití kapiláry
- Zvýšení produktivity výroby nanovláknenných vrstev

<https://youtu.be/pu3AqeKr1Ec>

Podmínky

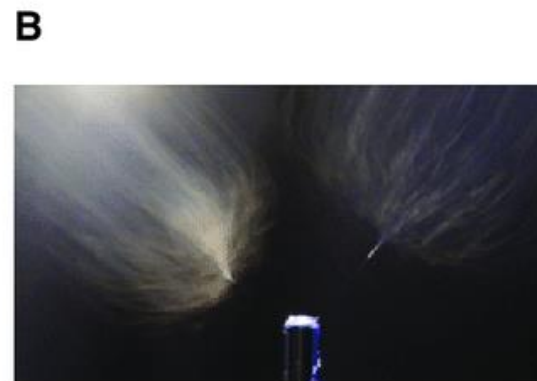
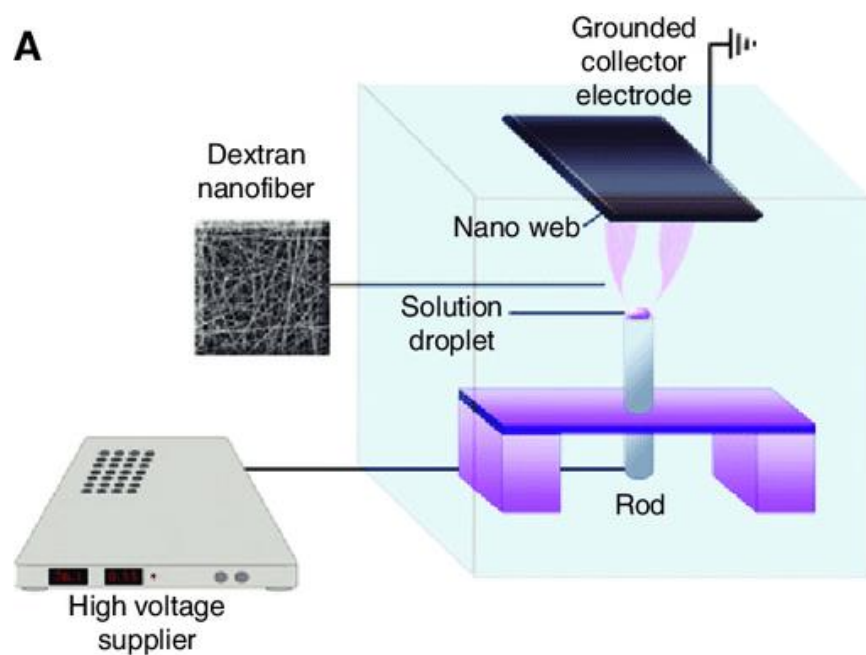
- Kritická hodnota intenzity elektrického pole

$$E_c = \sqrt[4]{\frac{4\gamma\rho g}{\varepsilon^2}}$$

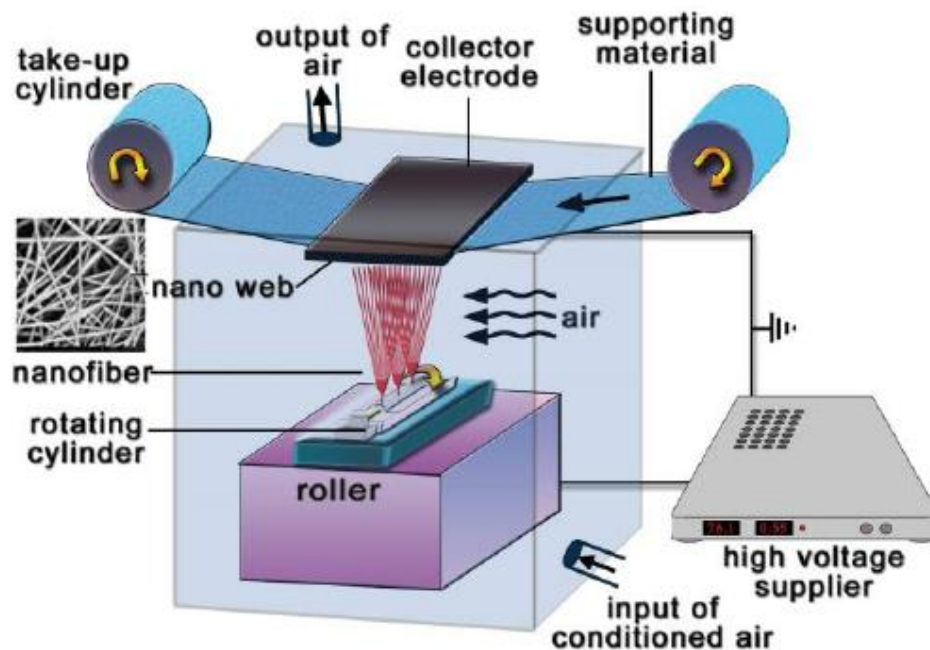
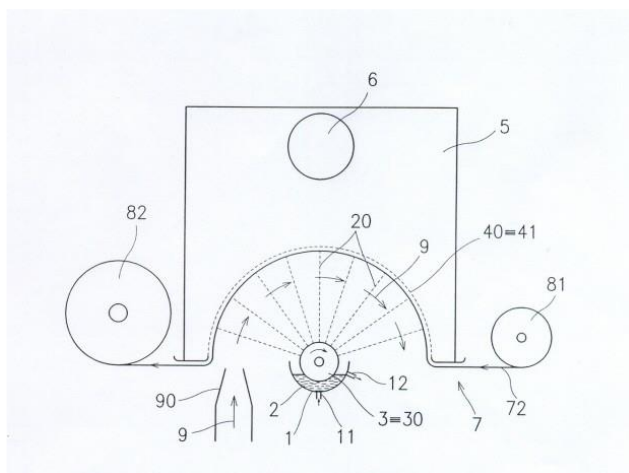


- Relaxační čas

Bezjehlové zvlákňování - tyčka

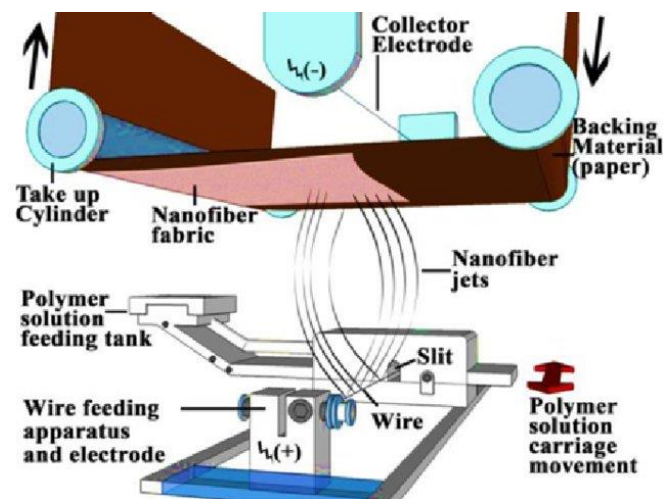
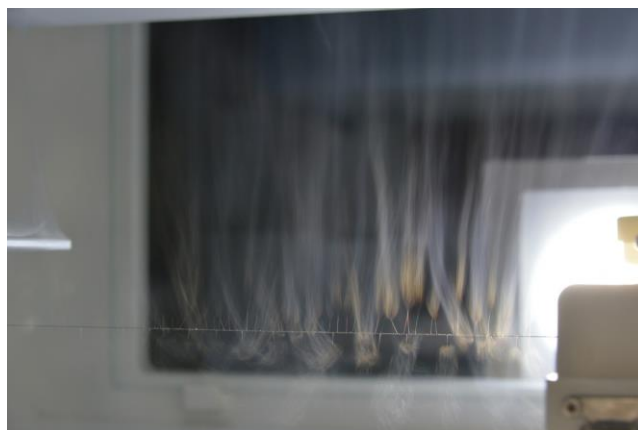
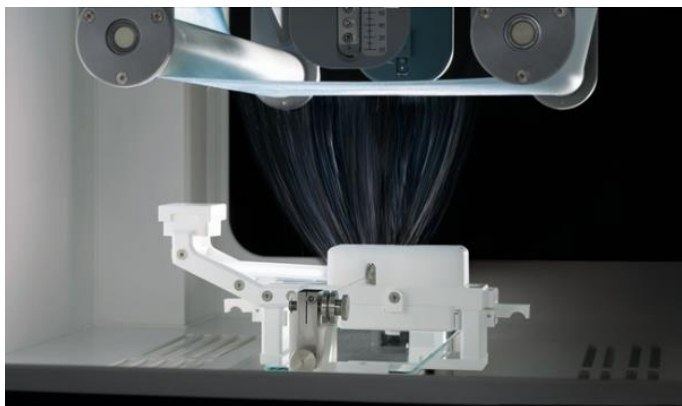


Bezjehlové zvlákňování - váleček



https://youtu.be/T8e5_6ullzQ

Bezjehlové zvlákňování - struna



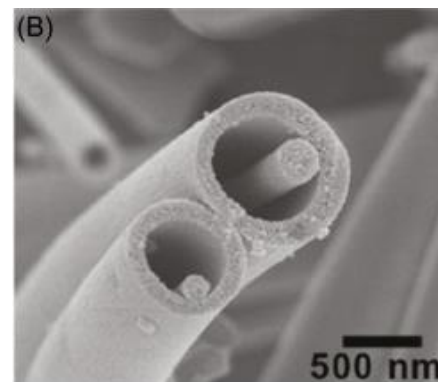
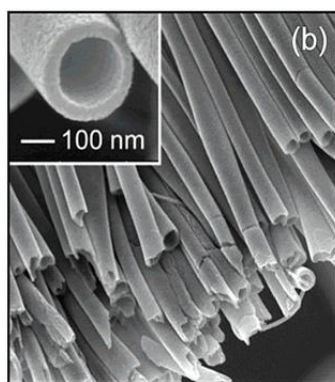
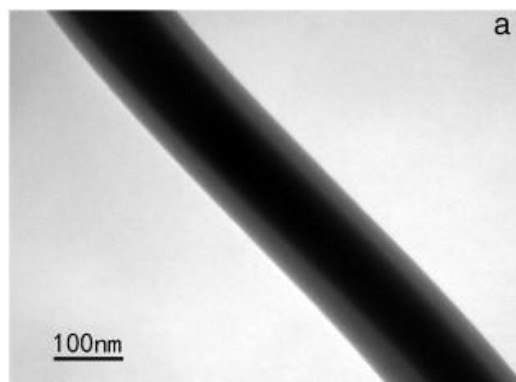
https://youtu.be/oR_z54vV9Os

Průmyslová linka

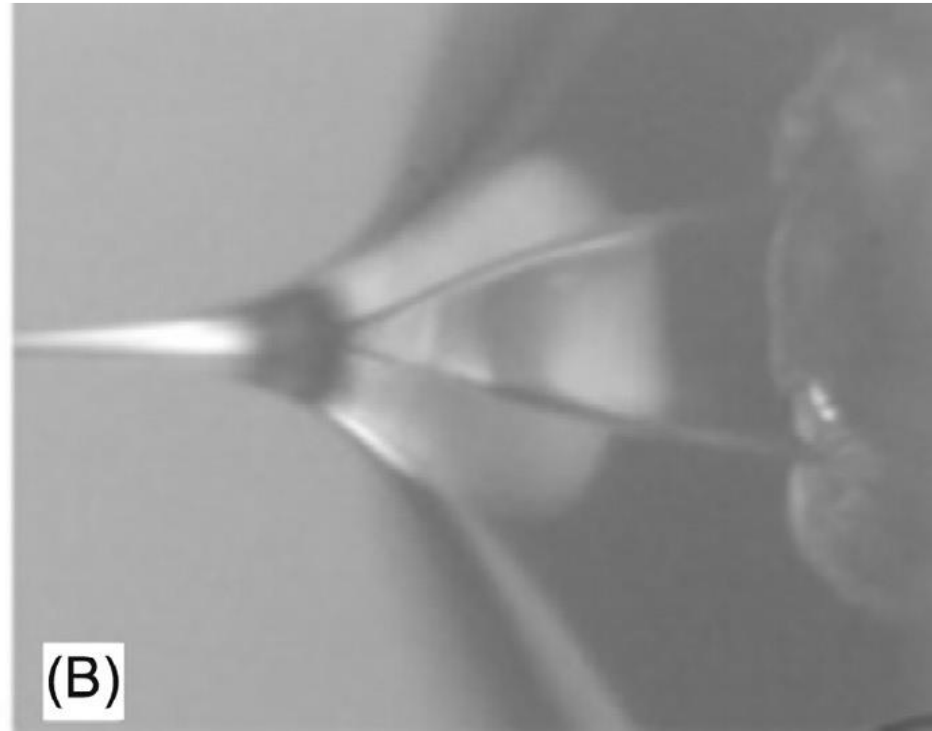
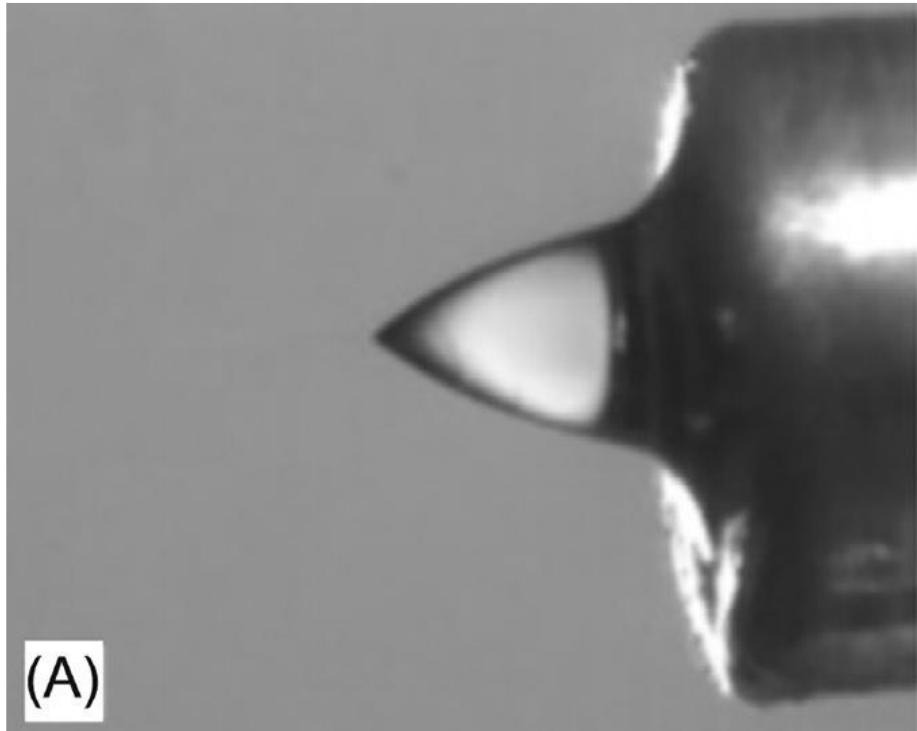


Koaxiální zvlákňování

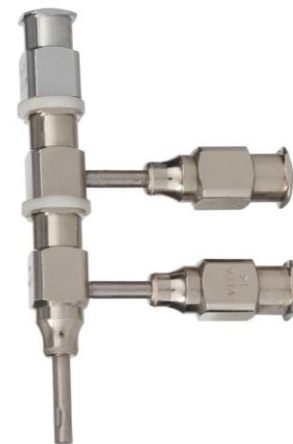
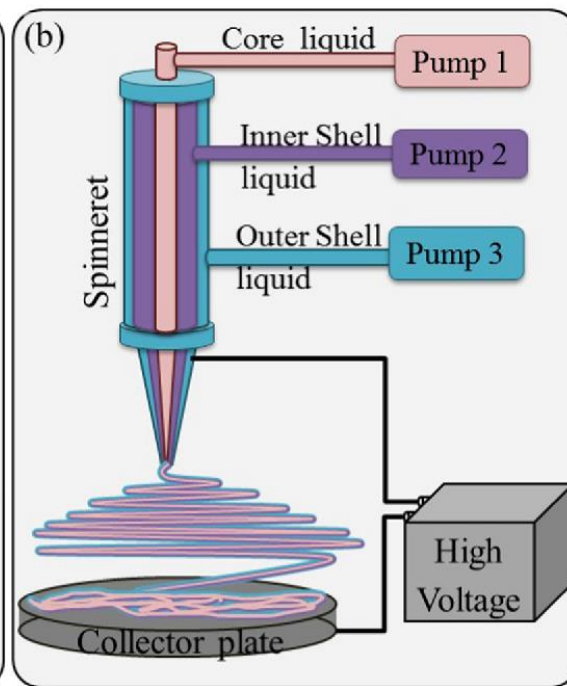
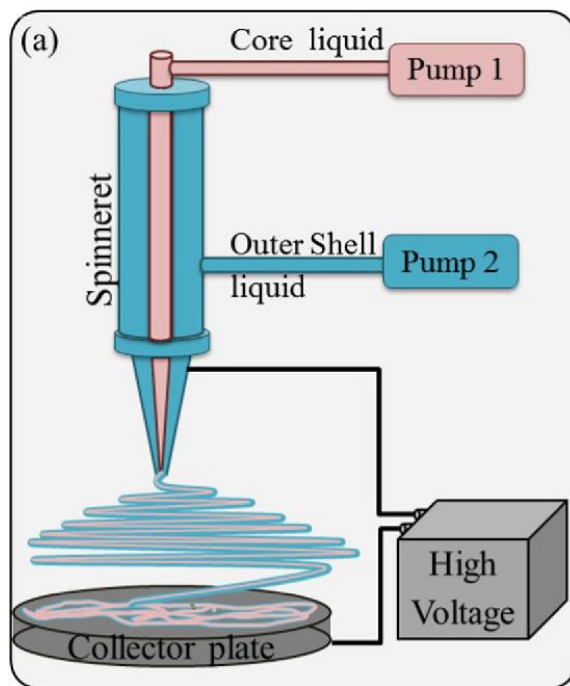
- Vytvoření bikomponentních vláken typu jádro/plášť
- Možnost vytvoření dutých vláken
- Enkapsulace léčiv
- Zvlákňované materiály se nesmí srážet



Koaxiální zvlákňování

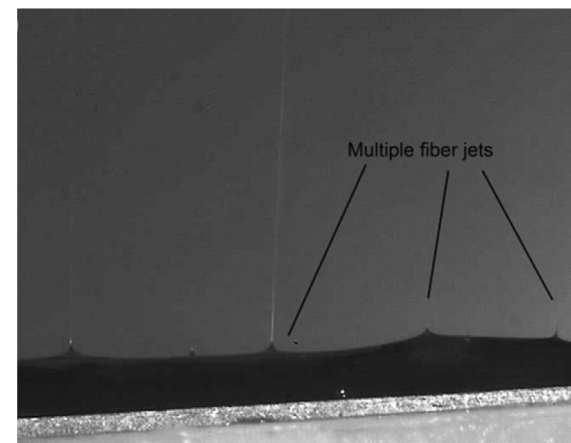
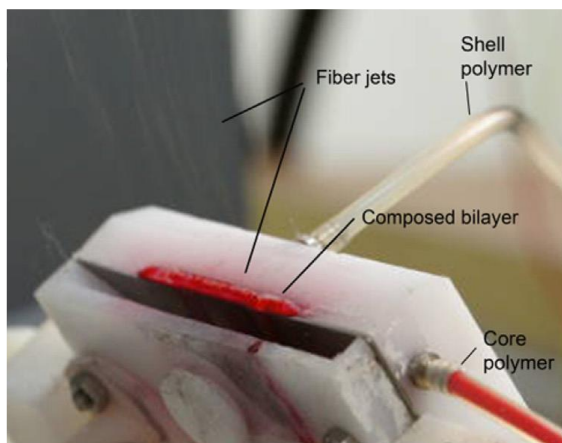
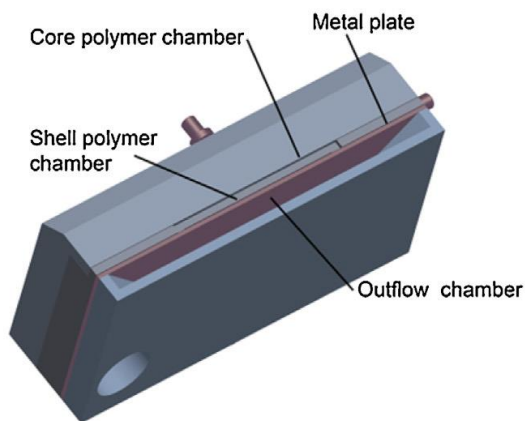


Jehlové koaxiální zvlákňování



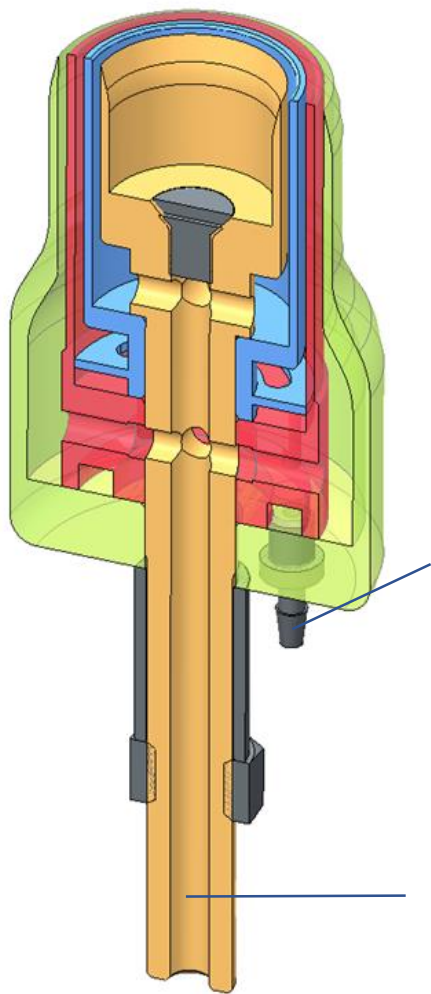
Bezjehlové koaxiální zvlákňování

- Dvě vrstvy rozdílných kapalin po sobě tečou a současně zvlákňují.



- Vyšší výrobnost oproti jehlovému koaxialnímu zvlákňování

Bezjehlové koaxiální zvlákňování



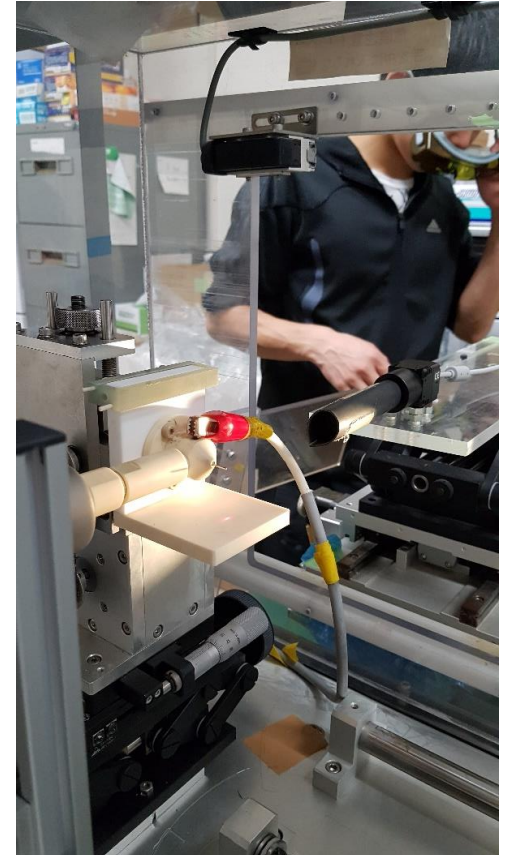
Přívod jádrového
materiálu

Přívod plášťového
materiálu

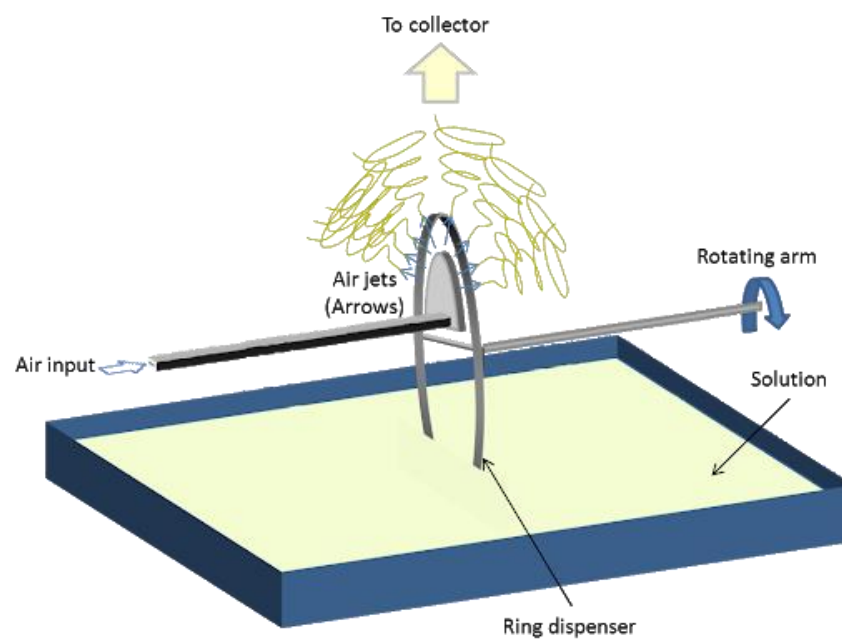
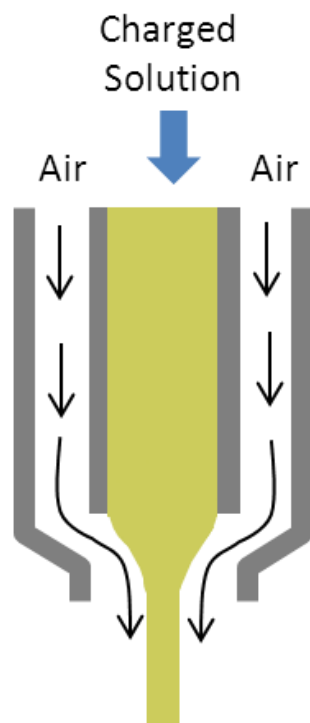


Electroblowing

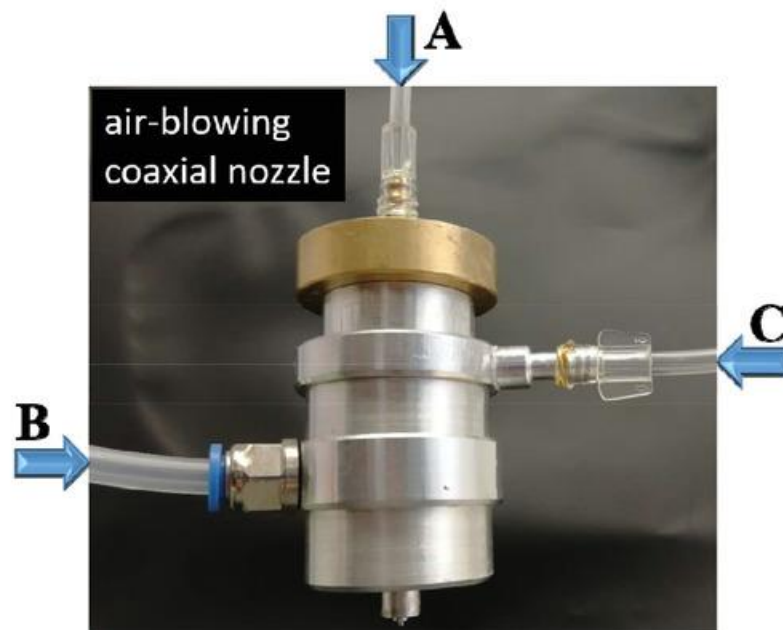
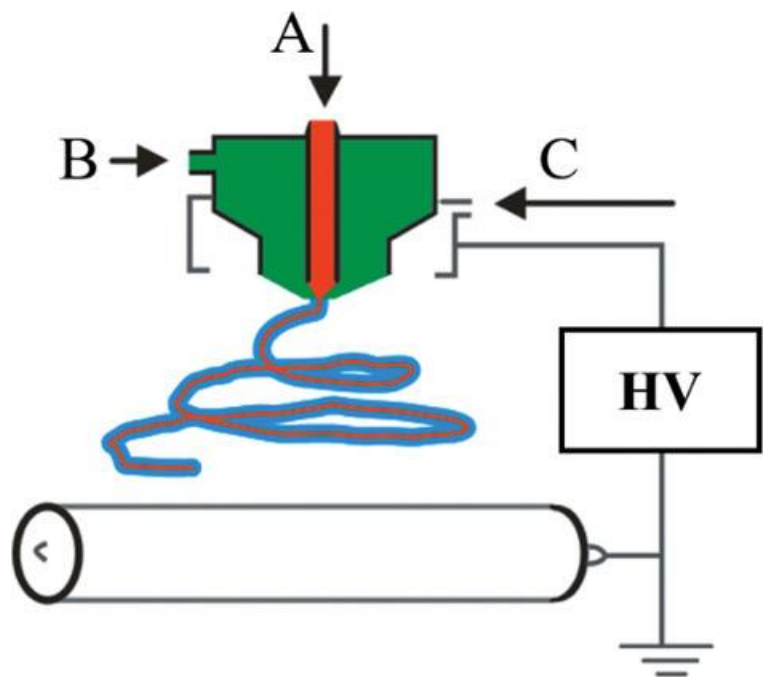
- Využívá stlačený proud vzduchu
- Možnost využití horkého vzduchu
- Usnadnění vytvoření trysky
- Zvýšení výrobnosti
- Směřování ukládaných vláken
- U tavenin – chlazení, dloužení vláken



Electroblowing - uspořádání



Koaxiální electroblowing

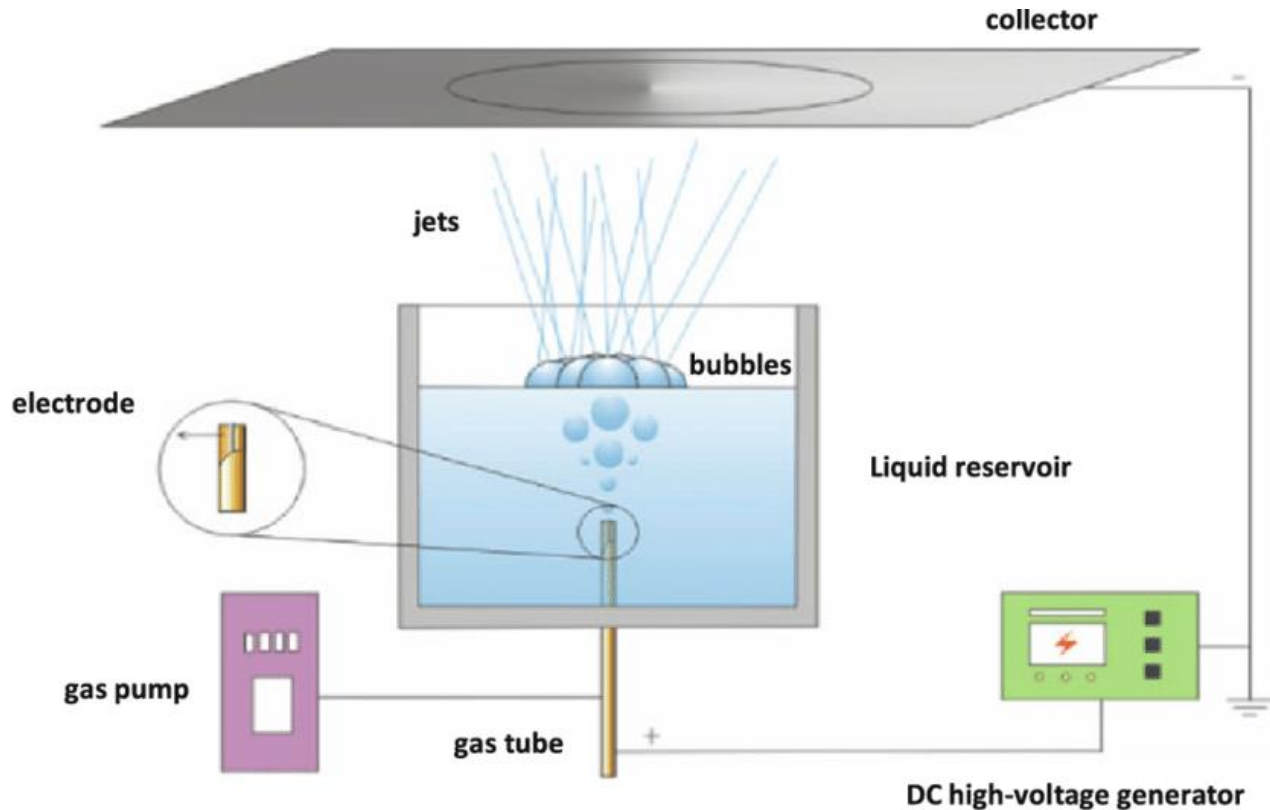


Bubblespinning

- Využívá plynu k vytvoření bublinek
 - Argon, helium, vzduch
- Zvlákňování z více bublinek
- Obtížně lze ovlivnit velikost a počet bublin
- Výroba jemnějších vláken
- Zvlákňování vyšších koncentrací polymerních roztoků

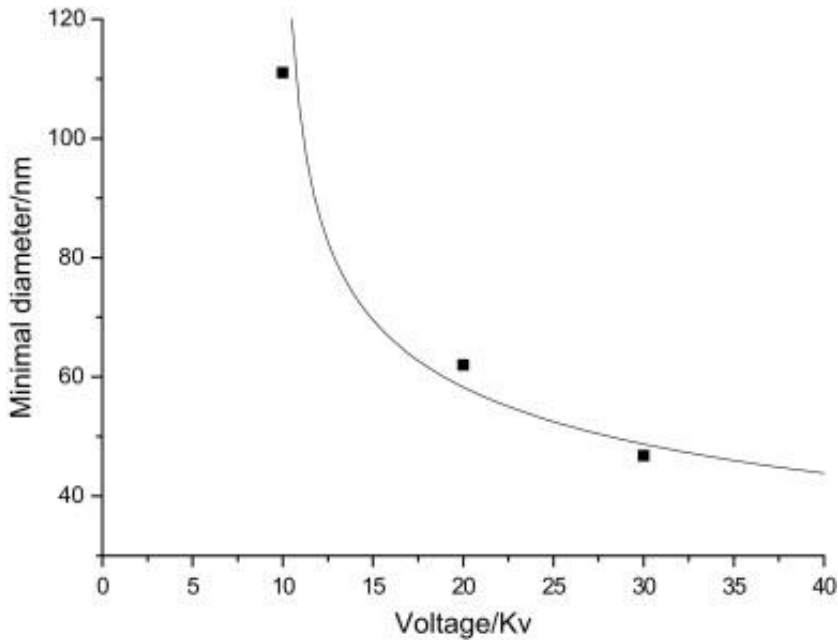


Bubblespinning

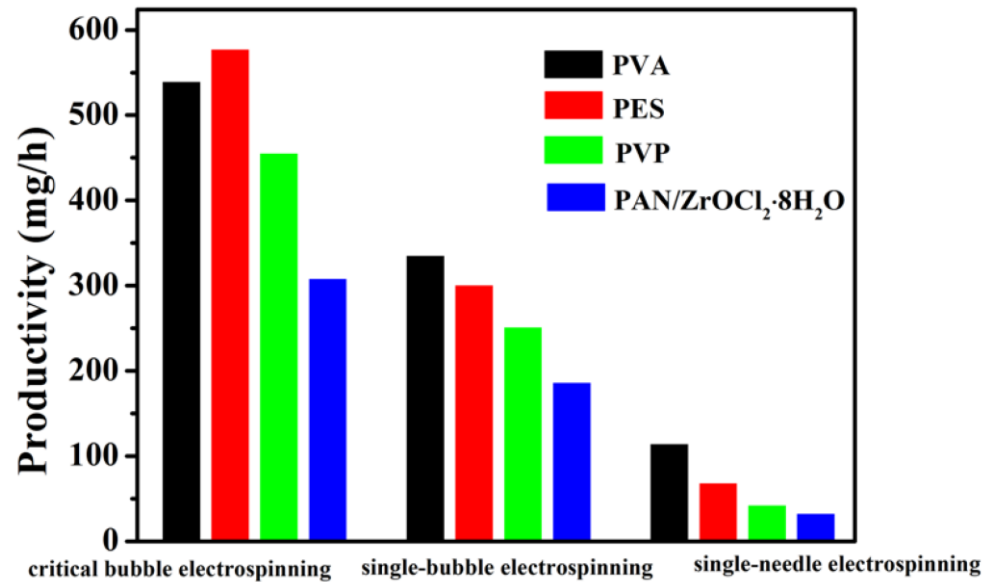


<https://youtu.be/pahaDrccUEU>

Bubblespinning



Minimal diameter of nanofibers v.s. applied voltage.



The nanofiber productivity of single-needle/bubble electrospinning and critical bubble electrospinning.

Shrnutí

Elektrické zvlákňování

- Jehlové
- Bezjehlové

Modifikace elektrického zvlákňování

- Koaxiální zvlákňování
- Electroblowing
- Bubblespinning

Děkuji za pozornost!



TEST

- Jaké jsou způsoby elektrického zvlákňování?
- Co ovlivňuje kritické napětí u jehlového zvlákňování?
- Jaké elektrody využíváme u bezjehlového zvlákňování?
- Jaké materiály lze vytvářet koaxiálním zvlákňováním?