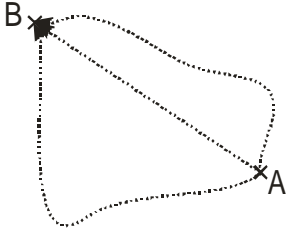


## 4.1.6 Elektrický potenciál

**Předpoklady:** 4105, mechanická práce

**Pedagogická poznámka:** Pokud nemáte čas je možné tuto hodinu probrat za 30 minut. Musíte však vynechat nebo urychlit sestavování závěrečné tabulky, což je podle mého názoru škoda.

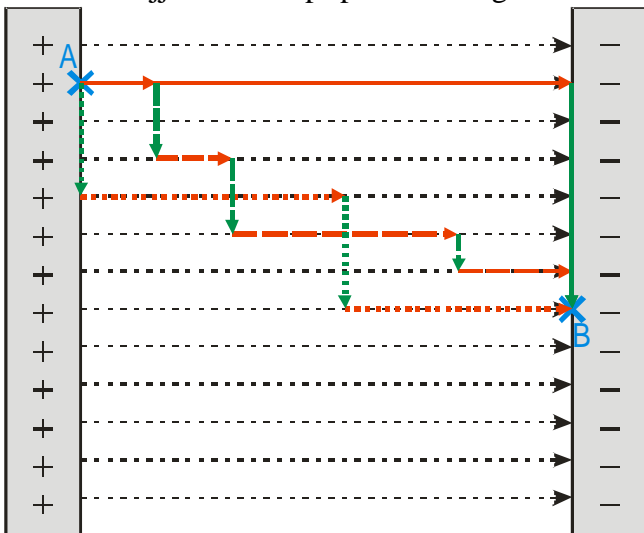
Vrátíme se ještě jednou k napětí. Napětí je práce při přemístění jednotkového náboje z A do B.



Na přemístění, ale můžeme použít různé cesty  $\Rightarrow$  pokud má mít pojem napětí smysl, musí platit, že práce vykonaná elektrickou silou při přemístění z A do B je stejná při libovolné cestě (Jinak by pro body A B neexistovala jedna hodnota napětí, ale mnoho, možná nekonečně mnoho různých hodnot).

Je to rozumný předpoklad?

Zkusíme nejjednodušší případ – homogenní elektrické pole.



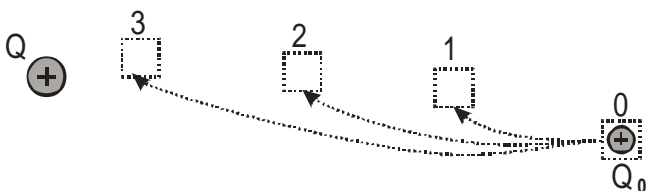
Různým typem šrafování jsou vyznačeny různé cesty z A do B. Všechny cesty můžeme rozdělit na:

- červené úseky (rovnoběžné se směrem pole, při pohybu po nich se koná práce)
- zelené úseky (kolmé na směr pole, při pohybu po nich se nekoná práce).

Velikost síly je pořád stejná, součet všech červených úseků pro všechny cesty také  $\Rightarrow$  ve všech případech pole vykoná stejnou práci.

**Dodatek:** Stejně tak nezávisí práce na křivce, po které se pohybujeme, při pohybech v gravitačním poli (bez tření). Síly, které vytvářejí pole s touto vlastností, se nazývají konzervativní.

Máme kladný náboj  $Q$ , a druhý kladný náboj  $Q_0$ , který je v místě 0. Z místa 0 ho budeme přemísťovat na místa 1,2,3.



Kdo koná práci?

Nepůjde to samo (kladné náboje se odpuzují)  $\Rightarrow$  budeme muset náboj tlačit a v označených místech ho udržet (aby samovolně neunikl)  $\Rightarrow$  pole koná zápornou práci, my konáme kladnou. (Jako když tlačíme vozík do kopce).

Přemístěný náboj má energii (stejně jako zvednuté věci)  $\Rightarrow$  může vykonat nějakou práci. Na čem energie závisí?

- na poloze (do větší blízkosti náboje  $Q$  je těžší náboj  $Q_0$  přenést  $\Rightarrow$  ve větší blízkosti náboje  $Q$  má náboj  $Q_0$  větší energii)
- na velikosti náboje  $Q_0$

Množství energie závisí na velikosti přemístěvaného náboje (podobně jako síla)  $\Rightarrow$  hledáme objektivní veličinu (stejnou pro všechny náboje jako je elektrická intenzita)  $\Rightarrow$  energii, kterou by

v daném místě měl náboj o velikosti 1C = **elektrický potenciál**  $\varphi = \frac{E_p}{Q}$  [J/C]

Jakou má jednotku?

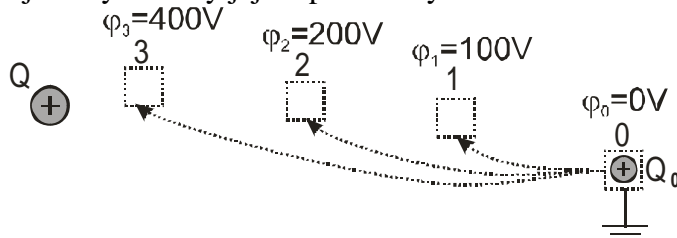
Stejnou jako napětí (práce vykonaná při přemístění náboje 1C)  $\Rightarrow$  1 volt

Potenciální energie závisí na tom, kde si zvolíme nulovou energii.  $\Rightarrow$  **Za hladinu nulového potenciálu považujeme Zemi a předměty vodivě spojené se Zemí.**

Jaký je vztah potenciálu a napětí?

Vezmeme náš předchozí obrázek, místo 0 spojíme vodivě se Zemí.

Ve vyznačených bodech jsou vyznačeny jejich potenciály.



Jaké je napětí mezi bodem 1 a 2?

$$U_{1,2} = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$U = 100\text{V}$$

Jaké je napětí mezi body 1 a 3?

$$U = \varphi_3 - \varphi_1$$

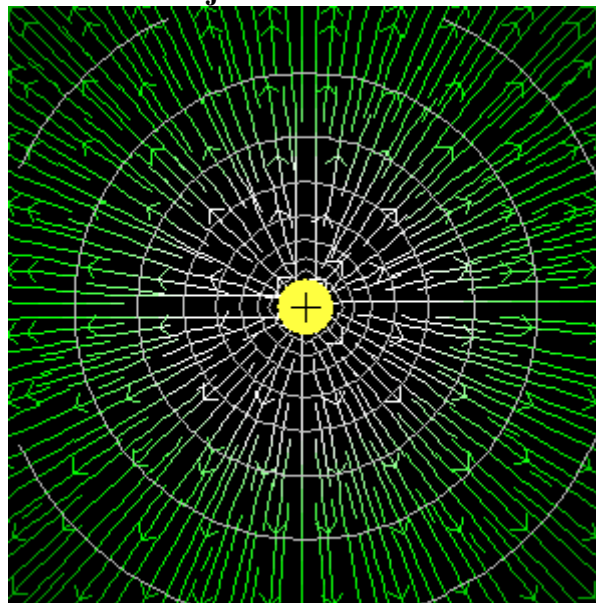
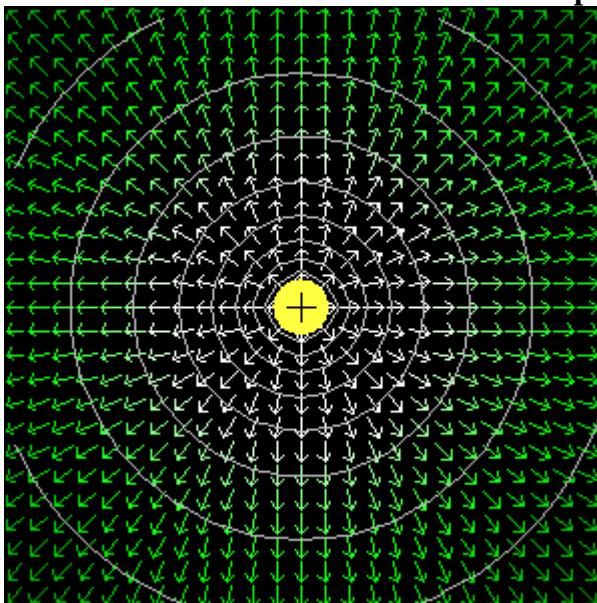
$$U = 300\text{V}$$

**Napětí mezi dvěma body je rozdíl potenciálů v těchto dvou bodech.**

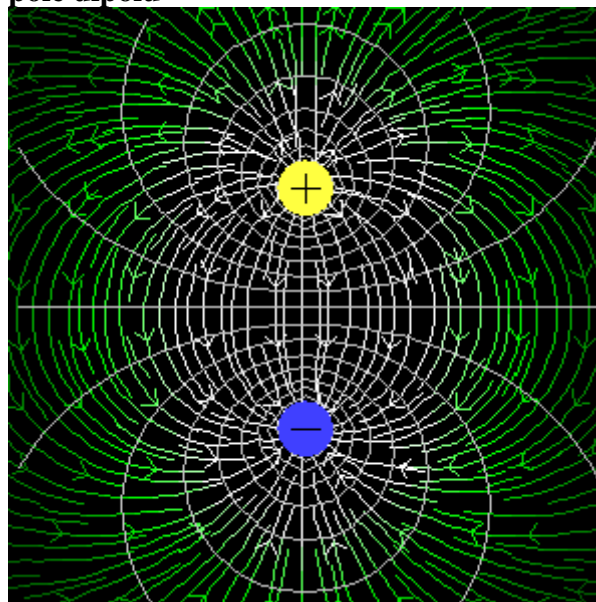
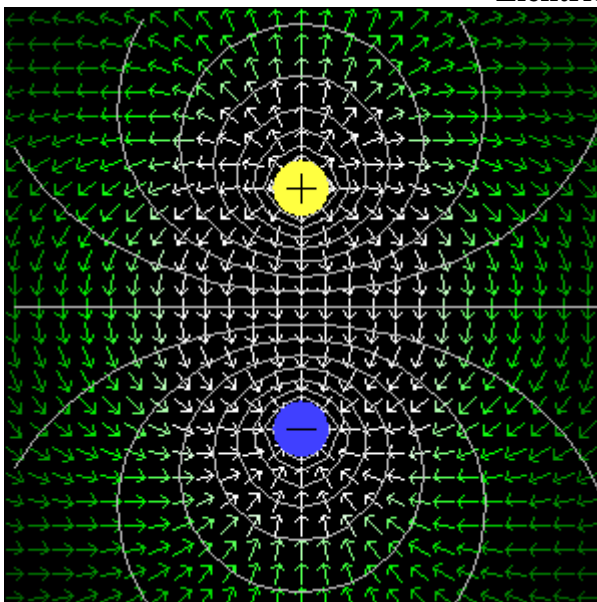
K popisu elektrického pole můžeme používat i ekvipotenciální plochy = plochy, sestavené z bodů, které mají stejný potenciál (mají podobný význam jako vrstevnice na mapě. Vrstevnice spojují místa se stejnou nadmořskou výškou a tedy i se stejnou gravitační potenciální energií).

**Pedagogická poznámka:** Studenty nechávám ekvipotenciální plochy kreslit do obrázku z předminulé hodiny, samozřejmě nejdříve samostatně.

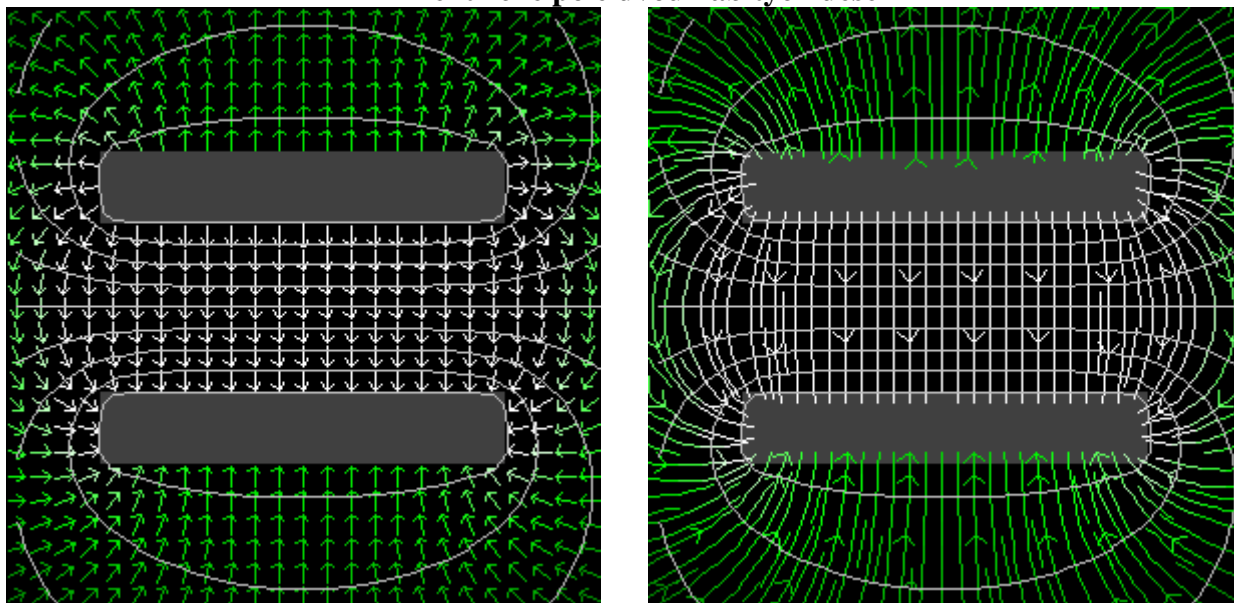
### Elektrické pole bodového náboje



### Elektrické pole dipólu



## Elektrické pole dvou nabitých desek



Elektrické siločáry jsou vždy kolmé na ekvipotenciální plochy.

**Pedagogická poznámka:** Ačkoliv zbytek hodiny je z hlediska „předávání poznatků“ víceméně zbytečný („nic nového“ se studenti nedoví), považuji ho za velmi důležitý. Ve škole by nemělo jít jenom o přednesení maximálního množství údajů, ale měli bychom se snažit studentům pomoci v tom, jak tyto údaje efektivně zpracovávat. Zbytek hodiny je jedním z takových pokusů. Že není zbytečné se tímto zabývat dokumentuje i to, že závěrečnou tabulku bez následujícího povídání dosud nesestavil nikdo.

**Př. 1:** V elektrostatice jsme dosud probrali šest veličin:  $F$ ,  $E$ ,  $W$ ,  $U$ ,  $\varphi$  a  $E_p$ . Těchto šest veličin můžeme podle jejich charakteru rozdělit do dvou skupin po třech.

První skupinu tvoří veličiny, jejichž **hodnota závisí na velikosti náboje** (z pohledu nábojů subjektivní), který v prostoru sledujeme:  $F$ ,  $W$ ,  $E_p$ .

Druhou skupinu tvoří veličiny, jejichž **hodnota nezávisí na velikosti náboje** (z pohledu nábojů objektivní), který v prostoru sledujeme (jsou stejné pro všechny umístěvané náboje):  $E$ ,  $U$ ,  $\varphi$ .

**Př. 2:** Ke každému z následujících „termínů“ („strmost kopce“, „nadmořská výška“, „převýšení“) přiřaď dvě z šesti probraných elektrostatických veličin:  $F$ ,  $E$ ,  $W$ ,  $U$ ,  $\varphi$  a  $E_p$ .

„strmost kopce“ :  $F$ ,  $E$

„nadmořská výška“:  $E_p$ ,  $\varphi$

„převýšení“:  $W$ ,  $U$

⇒ vždy najdeme jednu „objektivní“ a jednu „subjektivní“ veličinu

**Př. 3:** Sestav tabulku, která bude obsahovat „termíny“ („strmost kopce“, „nadmořská výška“,

„převýšení“), probrané elektrostatické veličiny:  $F$ ,  $E$ ,  $W$ ,  $U$ ,  $\varphi$  a  $E_p$  a bude zachycovat souvislosti objevené v předchozích příkladech.

Všechny předchozí souvislosti můžeme shrnout do následující tabulky:

<b>Závěrečný přehled elektrostatických veličin</b>		
<b>Význam</b>	<b>Veličina závislá na velikosti náboje</b>	<b>Veličina nezávislá na velikosti náboje</b>
„Strmost kopce“ vytvořeného elektrickým polem	Elektrická síla $F$	Elektrická intenzita $E$
Energie („nadmořská výška“)	Energie elektrického pole $E_p$	Potenciál $\varphi$
Práce („převýšení“)	Práce konaná elektrickým polem $W$	Napětí $U$

**Pedagogická poznámka:** Tabulka je důležitá. Jde o způsob, jak zkoušet studenty naučit vzájemné spojování a utřídování informací. Pokud je čas, je vhodné nechat studenty, aby si probrané jednotky na základě předchozích příkladů utřídili do tabulky sami a jejich výtvary korigovat.

**Shrnutí:** Náboje v elektrickém poli mají potenciální energii. Za místo s nulovou hodnotou této energie považujeme povrch Země (a předměty s ním spojené). Této energii přepočítané pro náboj 1 C říkáme potenciál.