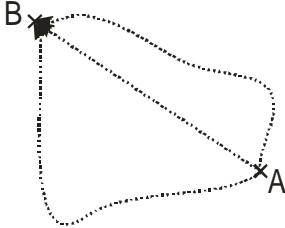


4.1.6 Elektrický potenciál

Předpoklady: 4105, mechanická práce

Pedagogická poznámka: Za hlavní náplň hodiny považuji sestavení závěrečné tabulky s přehledem elektrostatických veličin. Z toho důvodu se snažím v první polovině spíše pospíchat.

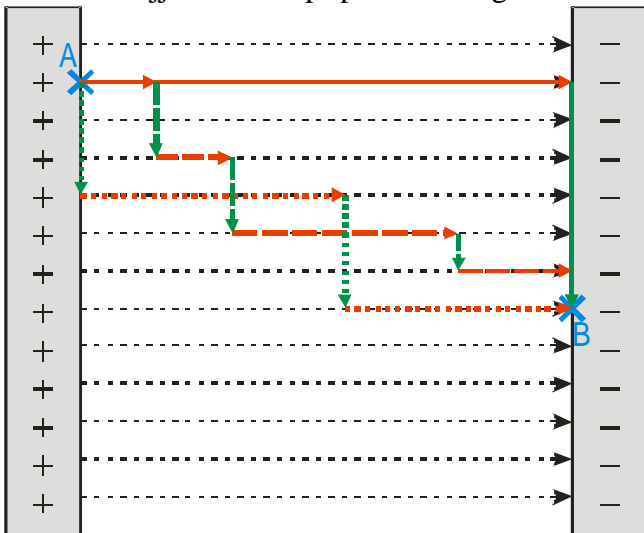
Vrátíme se ještě jednou k napětí. Napětí je práce při přemístění jednotkového náboje z A do B.



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).

Pedagogická poznámka: Následující obrázek si studenti do sešitů nekreslí, promítnu ho z projektoru a rychle okomentuji.

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).

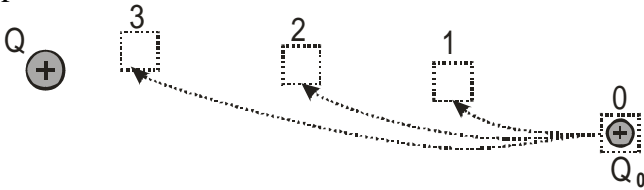
Velikost síly je pořád stejná, součet všech červených úseků pro všechny cesty také \Rightarrow ve všech případech pole vykoná stejnou práci.

Práce, kterou vykonají síly elektrického pole při přemístění z bodu A do bodu B, nezávisí na zvolené cestě \Rightarrow napětí U_{AB} má jedinou hodnotu.

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 tlačít a v označených místech ho držet (aby samovolně neunikl) \Rightarrow pole koná zápornou práci, my konáme kladnou. (jako když tlačíme vozík do kopce na různá místa svahu).

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 přemísťovaného náboje (podobně jako síla) \Rightarrow hledáme objektivní veličinu (stejnou pro všechny náboje jako je elektrická intenzita nebo napětí) \Rightarrow

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

Jakou má jednotku?

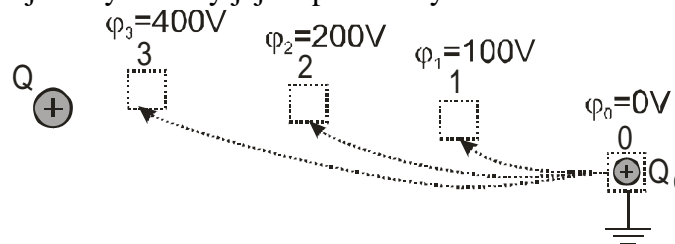
Stejnou jako napětí (práce vykonaná při přemístění náboje 1C) \Rightarrow 1 volt.

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?

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

$$U = 100V$$

Jaké je napětí mezi body 1 a 3?

$$U = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$U = 300V$$

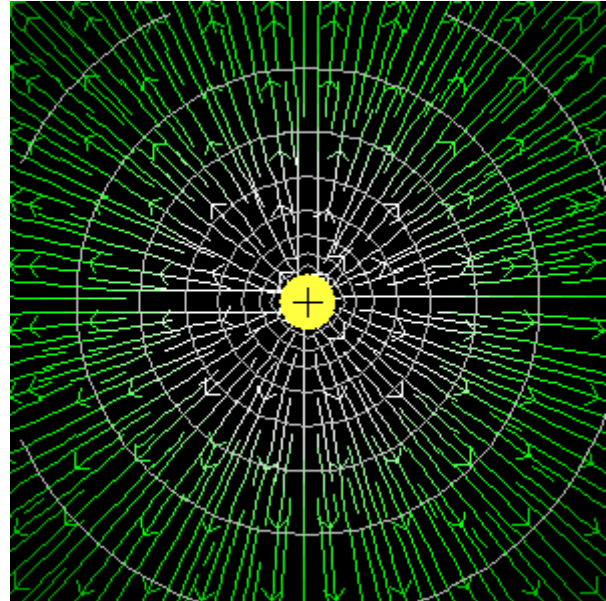
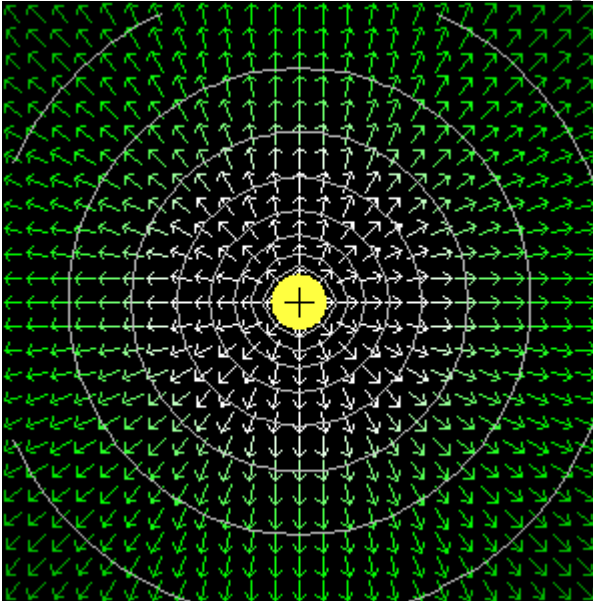
Napětí mezi dvěma body je rozdíl potenciálů v těchto dvou bodech.

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

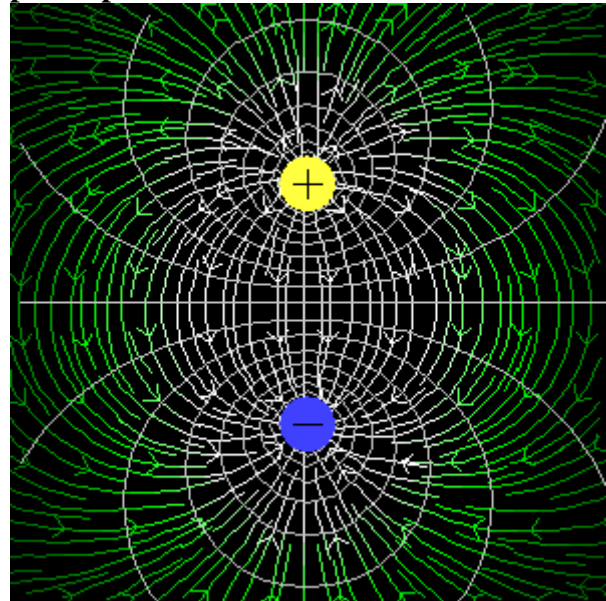
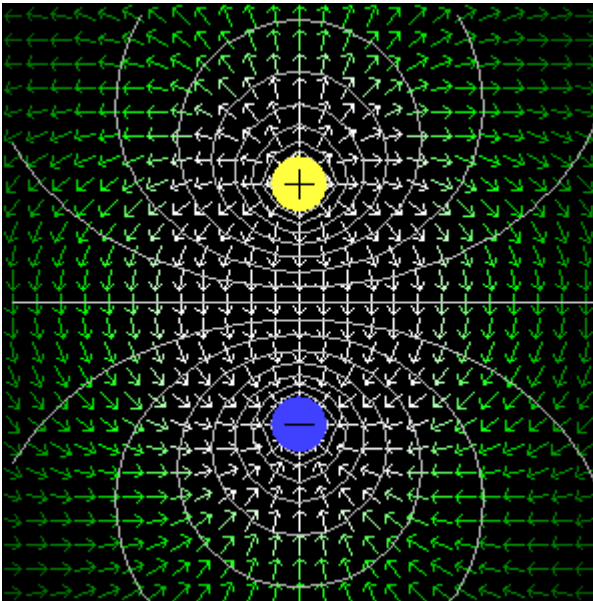
místa se stejnou nadmořskou výškou a tedy i se stejnou gravitační potenciální energií).

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

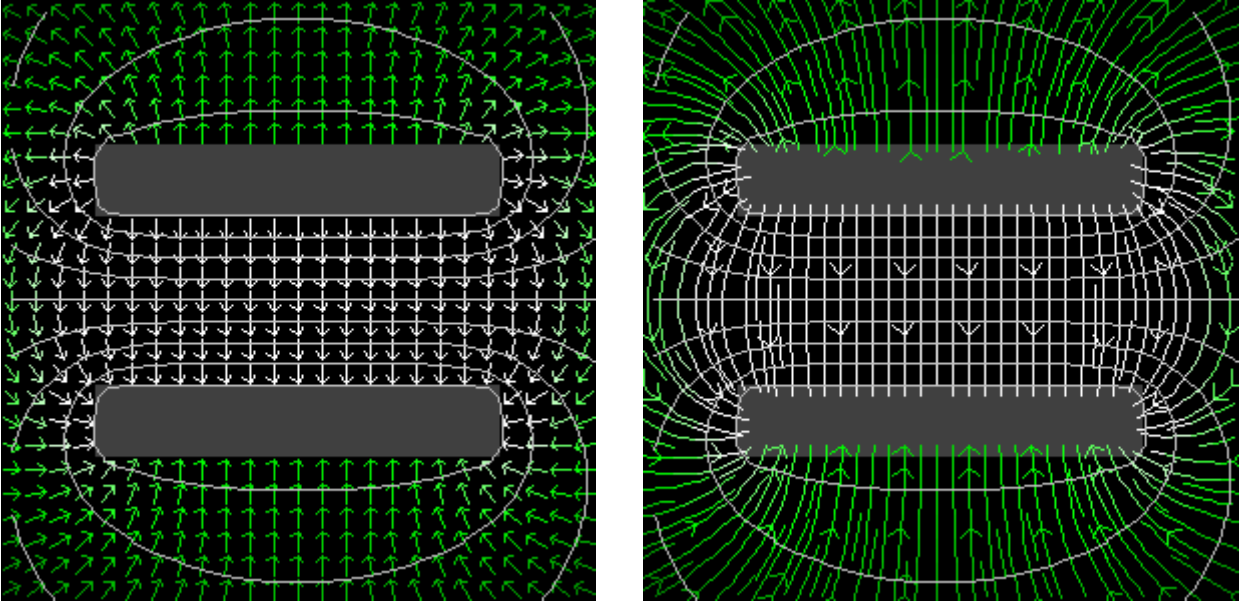
Elektrické pole bodového náboje



Elektrické pole dipólu



Elektrické pole dvou nabitých desek



Elektrické siločáry jsou vždy kolmé na ekvipotenciální plochy (pokud se náboj pohybuje po ekvipotenciální).

Pedagogická poznámka: Ačkoliv zbytek hodiny je z hlediska „předávání poznatků“ víceméně zbytečný („nic nového“ se studenti nedoví), považují 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 nejen závěrečnou tabulku ale i příklady před ní dosud bez pomoci nevyřešil nikdo.

Př. 1: V elektrostatice jsme dosud probrali šest veličin: F , E , W , U , φ 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 , φ .

Př. 2: Ke každému z následujících „termínů“ popisujících gravitační pole na povrchu Země („strmost kopce“, „nadmořská výška“, „převýšení“) přiřaď dvě z šesti probraných elektrostatických veličin (F , E , W , U , φ a E_p), které mají podobný význam.

„strmost kopce“ odpovídá síle, kterou na nás při pohybu působí gravitační síla \Rightarrow přiřadíme k ní veličiny, které popisují sílu, kterou působí elektrické pole na náboje: F , E .

„nadmořská výška“ odpovídá energii, kterou má předmět, který se na takovém místě nachází \Rightarrow přiřadíme k ní veličiny, které popisují elektrickou energii nábojů: E_p , φ .

„převýšení“ odpovídá práci, kterou musíme vykonat při přemístění z jednoho místa na druhé \Rightarrow přiřadíme k ní veličiny, které popisují elektrickou práci: 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 , φ a E_p a bude zachycovat souvislosti objevené v předchozích příkladech.

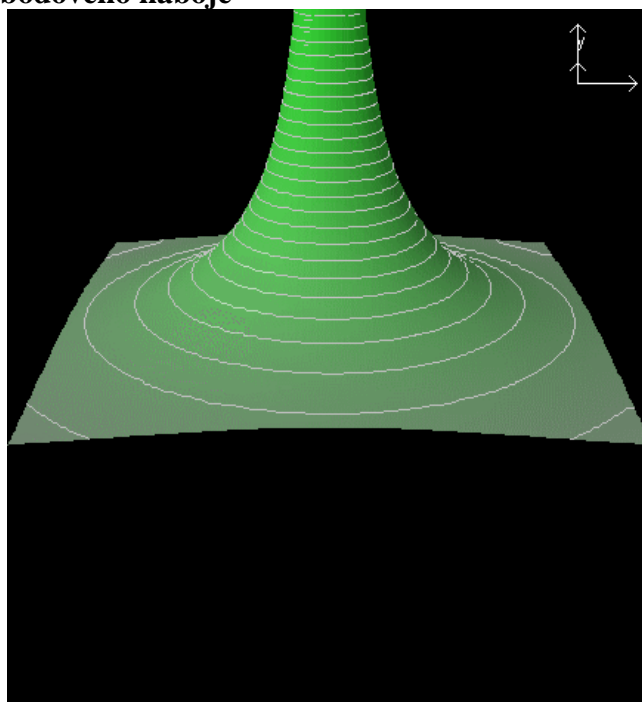
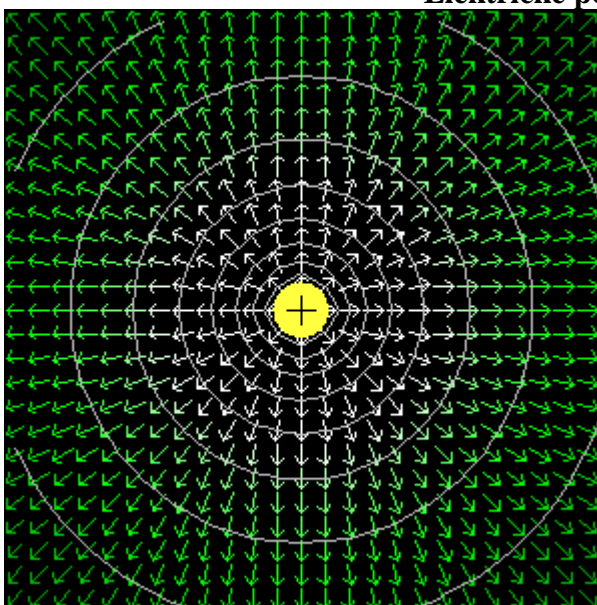
Všechny předchozí souvislosti můžeme shrnout do následující tabulky:

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

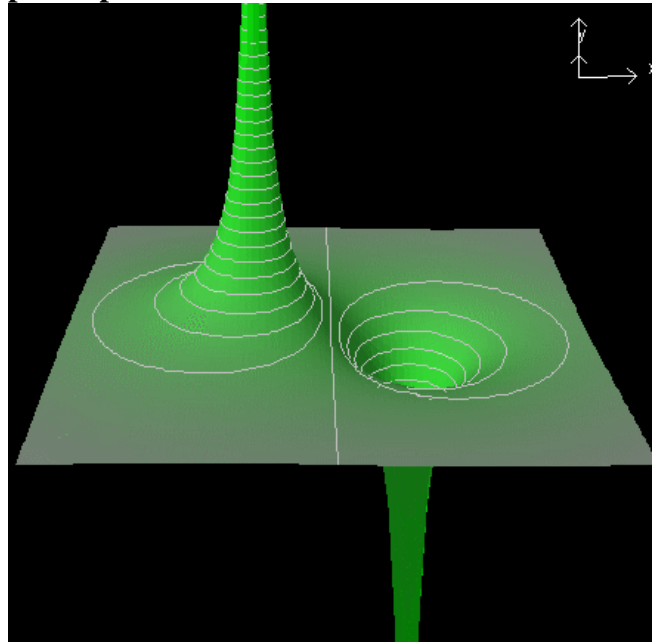
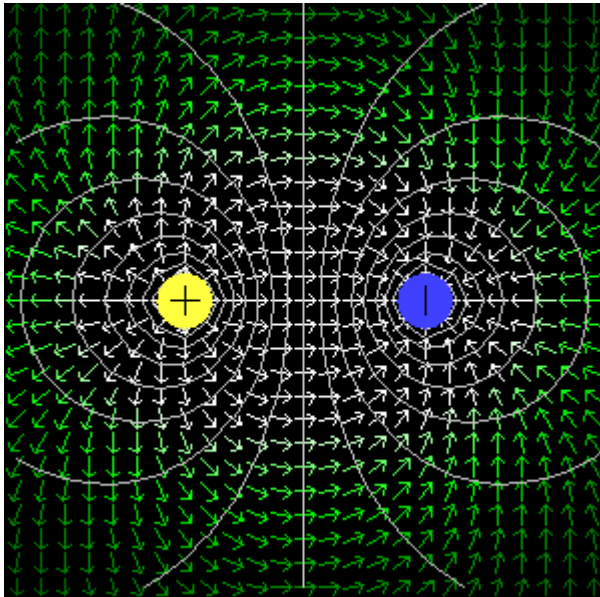
Pedagogická poznámka: Tabulka je důležitá. Jde o způsob, jak zkoušet studenty naučit vzájemné spojování a utřídování informací. Pokud je čas, je vhodné nechat studenty, aby si probrané jednotky na základě předchozích příkladů utřídili do tabulky sami a jejich výtvary korigovat.

Podobnost s gravitačním polem vynikne, když si elektrické pole zobrazíme ve 3D pohledu, kde jsou různé hodnoty potenciálu v každém bodě zobrazeny jeho výškou. Elektrická intenzita pak odpovídá strmosti povrchu v každém místě.

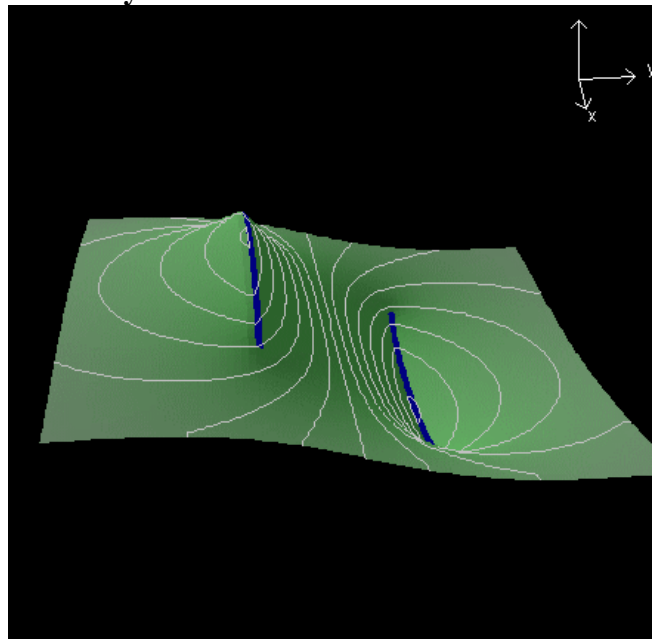
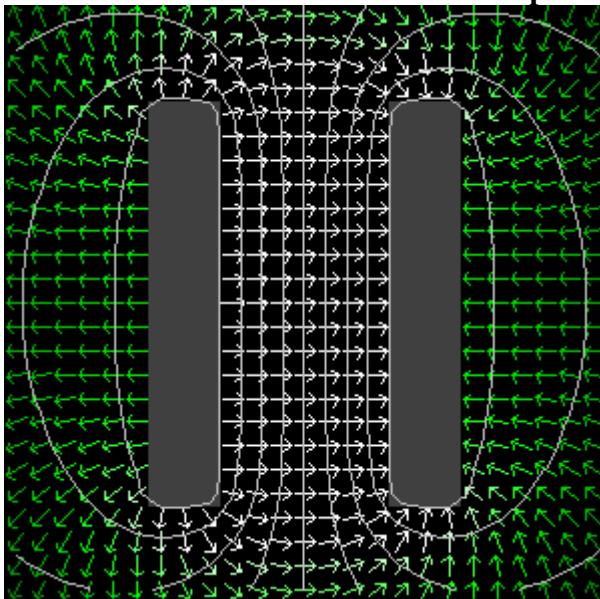
Elektrické pole bodového náboje



Elektrické pole dipólu



Elektrické pole dvou nabitých desek



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.