



# Енергија

---



# Форме енергије

---

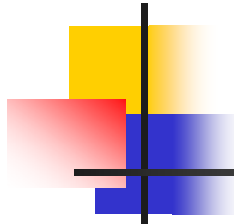
- Механичка
  - На коју се сада концентришемо
  - Може бити кинетичка (повезана са кретањем) или потенцијална (повезана са позицијом)
- Хемијска
- Електромагнетана
- Нуклеарна



# Неке основне особине

---

- Енергија може да се трансформише из једног облика у други
  - Кључно за разумевање процеса у живом и неживом свету
- Очување механичке енергије може да се искористи уместо Њутнових закона да би се лакше решили проблеми.



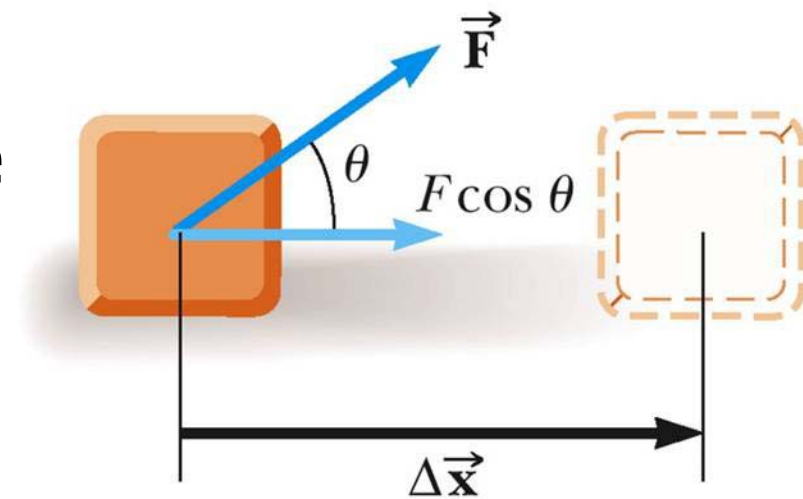
# Рад

---

- Рад успоставља везу између силе и енергије
- Рад,  $W$ , који константна сила врши на објекту се дефинише као производ компоненте силе дуж правца помераја и интензитета помераја.

# Рад, наставак

- $W \equiv (F \cos \theta) \Delta x$ 
  - $F$  је интензитет силе
  - $\Delta x$  је интензитет помераја
  - $\theta$  је угао између  $\vec{F}$  and  $\Delta \vec{x}$
  - Њутн • метар = Џул
    - $N \cdot m = J$
    - $J = kg \cdot m^2 / s^2$



Рад је скаларна  
величина



# Неке особине рада

---

- Ако је сила нормална на померај, рад је једнак нули
  - $\cos 90^\circ = 0$
- Ако више сила делују на објекат, укупан рад је једнак алгебарској суми радова појединачних сила.



# Особине рада, наставак

---

- Рад може бити:
  - Позитиван, ако су компонента силе и померај у истом смеру.
  - Негативан, ако су компонента силе и померај у супротном смеру.

# Пример - рад једнак нули

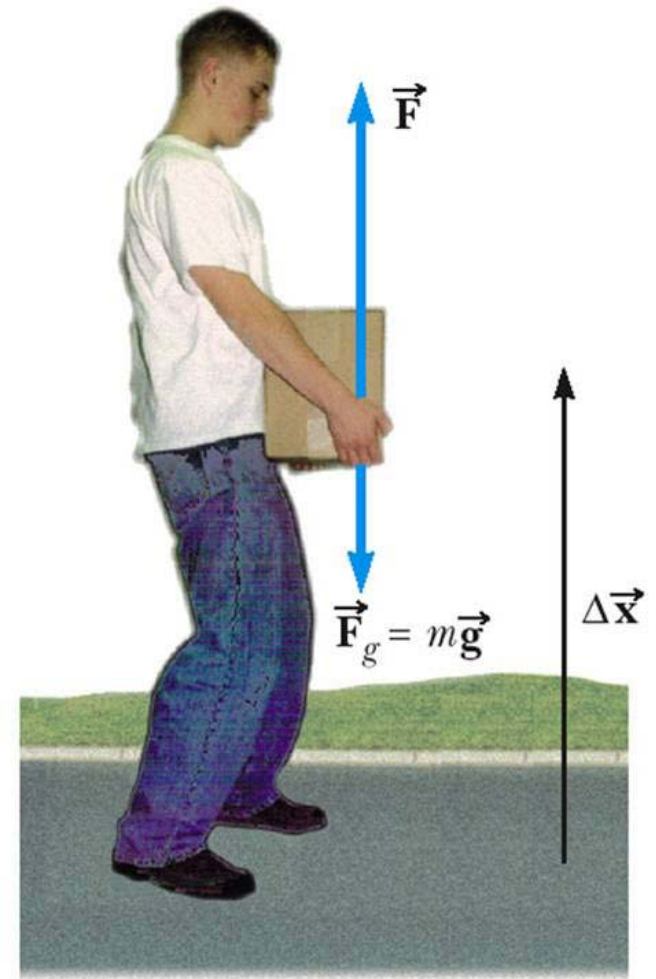
- Померај је хоризонталан
- Сила је вертикална
- $\cos 90^\circ = 0$



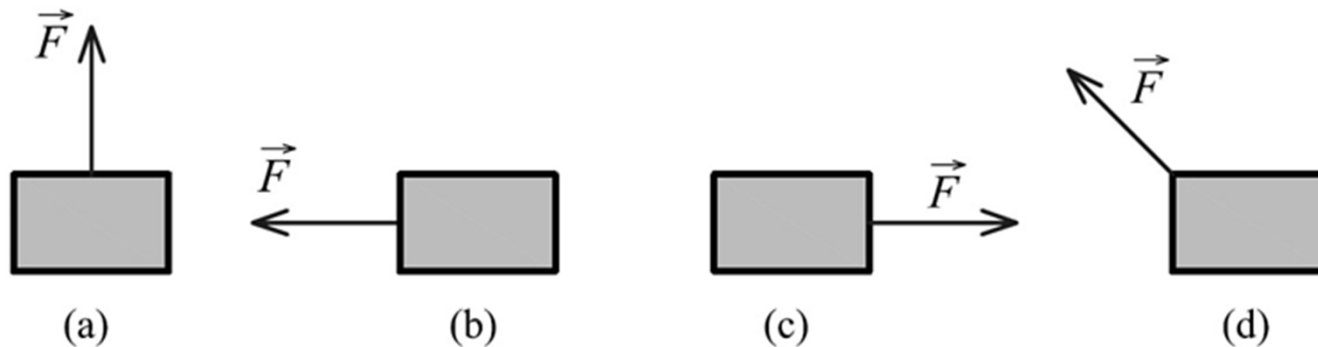


# Пример – позитиван и негативан рад

- Рад је позитиван када човек подиже кутију
- Рад је негативан када човек спушта кутију
  - Сила је и даље усмерена нагоре, али је померај надоле



- Блок на слици се помера надесно, у правцу позитивне  $x$  осе, тако да је интензитет помераја и интензитет силе у свим случајевима исти. Сортирај рад који врши сила  $F$  од највећег (најпозитивнијег) до најмањег (најнегативнијег).





## Задатак - санке

---

Човек вуче санке силом од  $100\text{N}$ .

- a) Колики рад врши на санкама, ако их вуче  $5\text{m}$  а конопац је у хоризонталном правцу ( $\theta=0^\circ$ ) у односу на земљу.
- b) Колики је рад ако је конопац под углом од ( $\theta=60^\circ$ ).



## Задатак, рад силе трења

---

Претпостави да је у претходном задатку маса санки 20kg а коефицијент кинетичког трења 0,1.  $g = 10 \frac{m}{s^2}$

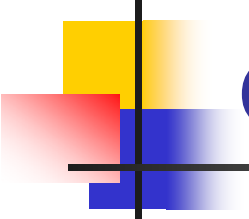
- a) Човек вуче санке 5m, делујући хоризонталном силом од 100N. Нађи рад силе трења и укупан рад свих сила.
- b) Понови прорачун ако сила делује под углом од  $30^\circ$  у односу на хоризонталу.



# Кинетичка енергија

---

- Енергија везана са кретањем објекта
- $KE = \frac{1}{2}mv^2$
- Скаларна величина са истим јединицама као и рад
- Рад је повезан са кинетичком енергијом



# Теорема Рад-Кинетичка енергија

---

- Рад резултантне силе на објекту је једнак промени његове кинетичке енергије.
- $W_{net} = KE_f - KE_i = \Delta KE$ 
  - Брзина расте ако је рад позитиван
  - Брзина опада ако је рад негативан

# Рад и Кинетичка енергија

- О кинетичкој енергији може да се размишља као о раду који објекат може да изврши при свом заустављању.
  - Чекић који се креће има кинетичку енергију на рачун које може да изврши рад на ексеру





# Задатак – анализа судара

---

Кола тежине  $2000\text{kg}$  која путују по путу брзином од  $30\text{m/s}$  нагло коче да би избегла судар са другим возилом. При кочењу на кола делује константана сила од  $20\text{ kN}$ .

- a) Које је минимално растојање кочења да би се избегао судар?
- b) Ако је растојање између возила само  $30\text{m}$ , која је брзина кола при судару?





# Типови сила

---

- Постоје два типа сила
  - Конзервативне
    - Рад и енергија везани са овим силама могу да се поврате.
  - Неконзервативне
    - Силе су генерално дисипативне и рад уложен на савлађивању ових сила не може генерално да се поврати.



# Конзервативне силе

---

- Сила је конзервативна ако њен рад при премештању објекта из једне у другу тачку не зависи од облика путање између те две тачке
  - Рад зависи само од полазне и крајње позиције објекта
  - Свакој конзервативној сили можемо да придружимо потенцијалну енергију.
- Примери конзервативних сила:
  - Гравитација
  - Електрична сила



# Неконзервативне силе

---

- Сила је неконзервативна ако је рад који та сила врши на објекту зависи од путање између полазне и крајње тачке објекта.
- Примери неконзервативних сила
  - Кинетичко трење, сила отпора ваздуха



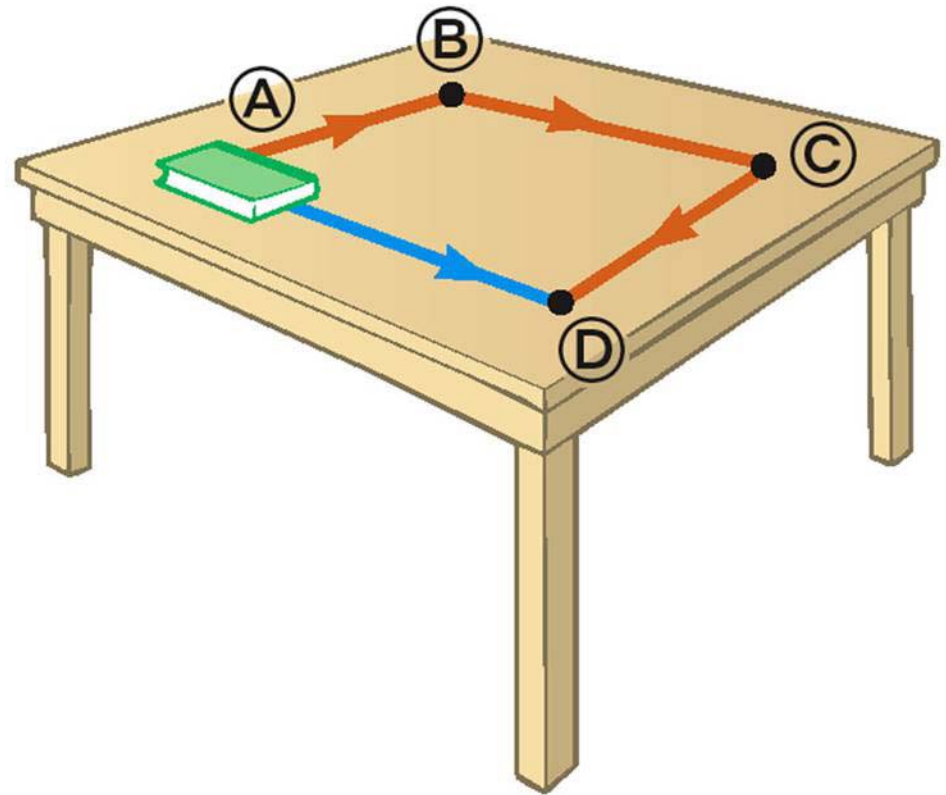
# Трење као неконзервативна сила

---

- Трење трансформише (расипа) кинетичку енергију објекта у енергију неуређеног кретања молекула (топлотну енергију)
  - Објекти су топлији након кретања

# Рад силе трења

- Плава путања има крећу дужину него црвена
- Рад силе трења је већи на црвеној путањи него на плавој путањи
- Рад силе трења зависи од путање и трење је неконзервативна сила





# Потенцијална енергија

---

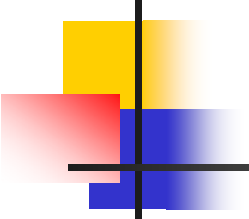
- Потенцијална енергија је повезана са позицијом објекта у оквиру неког система
  - Гравитациона потенцијална енергија је повезана са висином објекта у односу на референтни ниво.
  - Електрична потенцијална енергија је повезана са растојањем између наелектрисања.



# Рад и потенцијална енергија

---

- Свакој конзервативној сили може да се придружи одговарајућа потенцијална енергија.
- Разлика потенцијалних енергија у било које две тачке даје негативну вредност рада који конзервативна сила изврши између те две тачке.



# Гравитациона Потенцијална Енергија

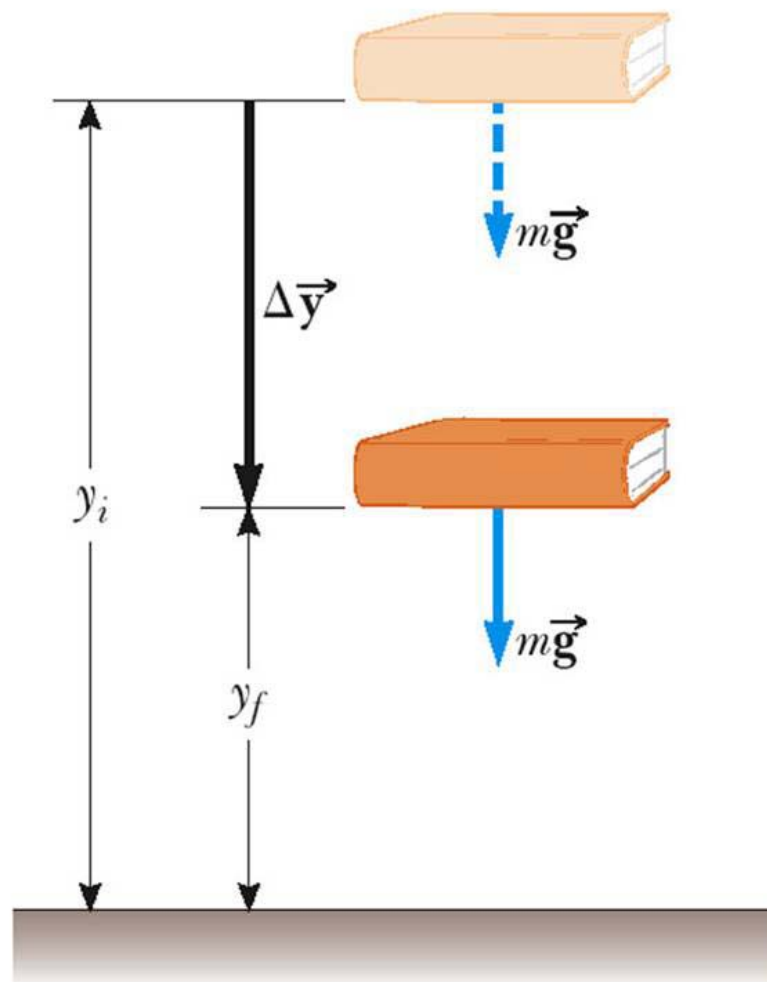
---

- Гравитациона потенцијална енергија је енергија објекта повезана са његовом позицијом у односу на површину земље.
  - Објекти интерагују са земљом путем гравитационе силе.



# Рад и Гравитациона Потенцијална Енергија

- $PE = mgy$
- $W_{\text{gravity}} = PE_i - PE_f$
- Јединице за потенцијалну енергију су исте као и за рад и за потенцијалну енергију.



# Референтни ниво за гравитациону потенцијалну енергију



Позиција где је гравитациона потенцијална енергија нула (референтни ниво) мора да буде одабрана за сваки проблем.

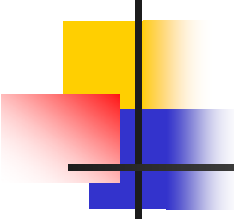
- Избор референтног нивоа је произвољан, пошто је само промена гравитационе потенцијалне енергије релевантана величина
- Бира се ниво који је најприроднији за дати проблем
  - често површина земље
- Једном када је референтни ниво одабран, он мора да остане фиксиран за цео проблем.



## Задатак - санке

---

Дете на санкама укупне масе  $40\text{kg}$  се налази на врху брда. Тачка А на врху брда је  $10\text{m}$  виша од тачке В. Нађи промену гравитационе потенцијалне енергије детета на санкама при померају из А у В. Нађи рад који при томе изврши сила гравитације.



# Теорема рад-кинетичка енергија, проширена

---

- Теорема рад-кинетичка енергија:

$$W_{nc} = (KE_f - KE_i) + (PE_f - PE_i)$$

- Приметите да  $W_{nc}$  укључује искључиво рад неконзервативних сила (нпр трење), пошто је рад конзервативних сила већ укључен кроз разлику потенцијалних енергија на десној страни једначине.



# Очување механичке енергије

---

- Општа дефиниција очувања
  - Кажемо да је физичка величина *очувана* ако нумеричка вредност те величине остаје константна.
- Очување механичке енергије значи да укупна механичка енергија система остаје константна
  - *У сваком изолованом систему објеката у којем делују само конзервативне силе, укупна механичка енергија система остаје константна.*



# Очување механичке енергије, наставак

---

- Укупна механичка енергија система је сума његове кинетичке и потенцијалне енергије.

$$E_i = E_f$$

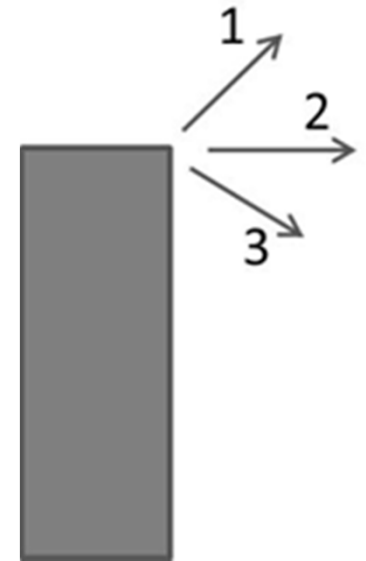
$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

- Збир кинетичке и потенцијалне енергије у било које две тачке остаје исти.

# Кратко питање – бацање лоптица

Три идентичне лоптице су бачене са врха зграде, све три са почетном брзином истог интензитета. Ако занемаримо отпор ваздуха, рангирај брзину лопти када ударе у земљу.

- a) 1,2,3
- b) 2,1,3
- c) 3,1,2
- d) све лопте ударају у земљу истом брзином.





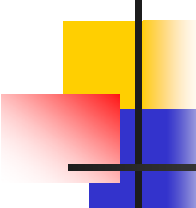
## Кратко питање - тобоган

---

Јован пада са гране дрвета у исто време када се Петар спушта са тобогана без трења. Ако обоје почињу кретање са исте висине, и имају исту масу, који исказ је тачан?

- a) Кинетичка енергија Јована је већа него Петра
- b) Кинетичка енергија Петра је већа
- c) Обојца имају исту кинетичку енергију





# Решавање проблема са очувањем енергије

---

- Дефинишите систем
- Изаберите нулу (референтни ниво) гравитационе потенцијалне енергије
  - *Немојте да мењате референтни ниво у току решавања проблема.*
- Лоцирајте две тачке од интереса између којих се објекат креће
  - Једна тачка треба да буде она у којој је дата информација о објекту.
  - Друга тачка треба да буде она у којој желите да нађете непознату величину.



# Решавање проблема, наставак

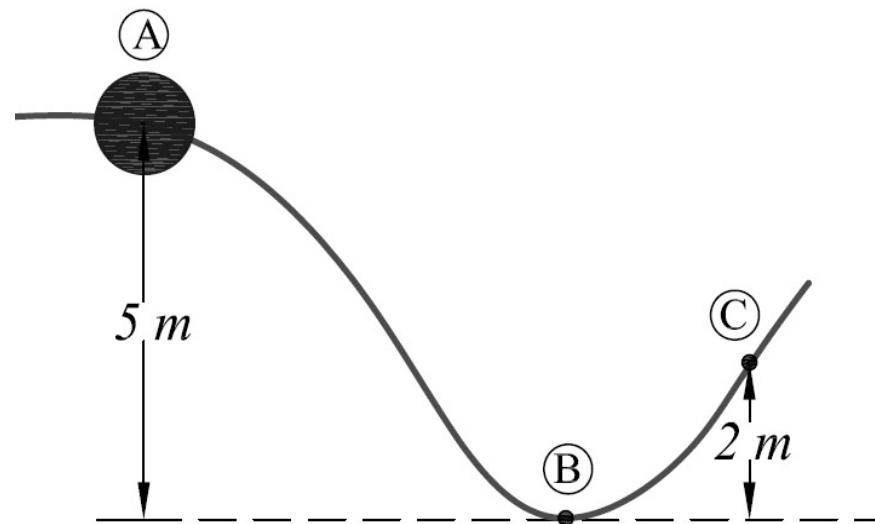
---

- Потврдите да су присутне само конзервативне силе
- Примените закон очувања енергије на систем
  - Одмах замените нулте вредности, а онда алгебарски решите проблем пре него што замените друге вредности
- Реши по непознатим величинама

## Задатак - лоптица

Лоптица масе  $2\text{ kg}$  се спушта дуж жице, полазећи из мира из тачке А. Ако нема трња наћи брзину лоптице

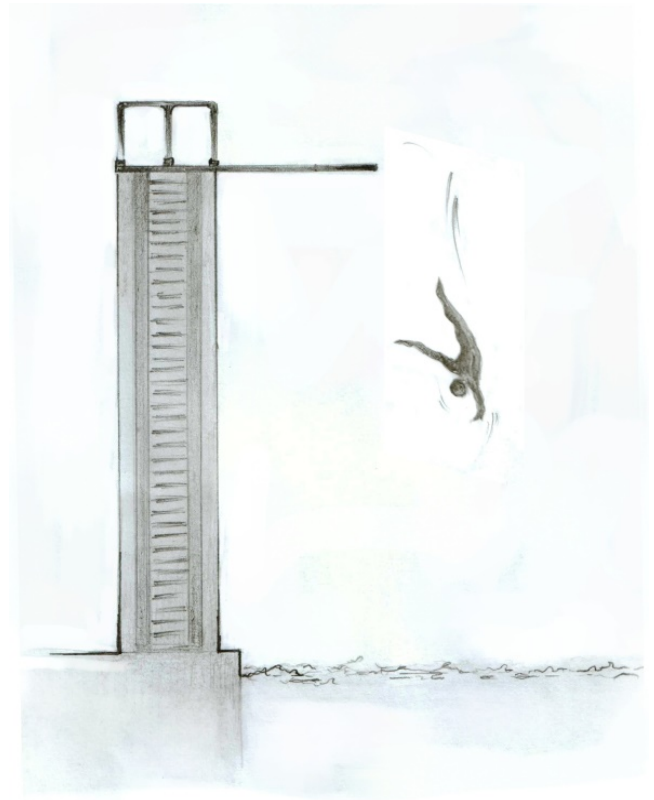
- a) у тачки В
- b) у тачки С



## Задатак - скакач

Скакач масе  $m$ , скаче са скакаонице висине  $20m$ . Занемари отпор ваздуха.

- a) Користите закон очувања механичке енергије, да нађете брзину скакача на висини од  $10m$ .
- b) Нађи брзину скакача непосредно пре него што удари у воду.





# Снага

---

- Често смо заинтересовани за *брзину* којом се дешава трансфер енергије
- *Снага* се дефинише као брзина трансфера енергије

$$\bar{\rho} = \frac{W}{t} = F\bar{v}$$

- Јединице у SI систему су вати (W)

$$W = \frac{J}{s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$$



## Задатак - лифт

---

Лифт тежине  $1800\text{kg}$  носи двоје људи од  $200\text{kg}$ . Константана сила трења од  $80\text{ kN}$  делује на лифт. Колику снагу развија мотор лифта да би се кретао константном брзином од  $4\text{m/s}$ .