

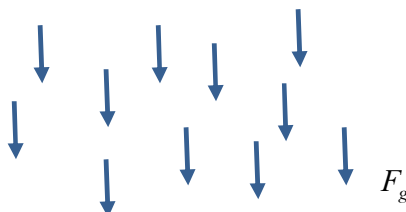
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
FYZIKA	PRVNÍ	MGR. JÜTTNEROVÁ	29. 9. 2012
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
POHYBY V GRAVITAČNÍM POLI ZEMĚ			

POHYBY TĚLES V HOMOGENNÍM TÍHOVÉM POLI ZEMĚ

- Jde o pohyby těles v blízkosti povrchu Země – volný pád a složené pohyby (vrhy).
- Tíhové pole, v němž se tělesa pohybují, je homogenní (gravitační síla, která působí na těleso, má ve všech místech dané oblasti stejnou velikost i směr).

Homogenní tíhové pole



- Budeme uvažovat pohyb těles ve vakuu (na těleso působí jen tíhová síla F_G).

VOLNÝ PÁD

- Je rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb, počáteční rychlost je nulová.
- Ideálně probíhá jen ve vakuu (nepůsobí odpor vzduchu).
- Ve vakuu padají všechna tělesa k Zemi se stejným zrychlením... tzv. **tíhové zrychlení g** .
Směřuje svisle dolů, v našich zeměpisné šířce je $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- V 17. století volný pád experimentálně zkoumal italský fyzik Galileo Galilei.
- Okamžitá rychlost a dráha volného pádu:

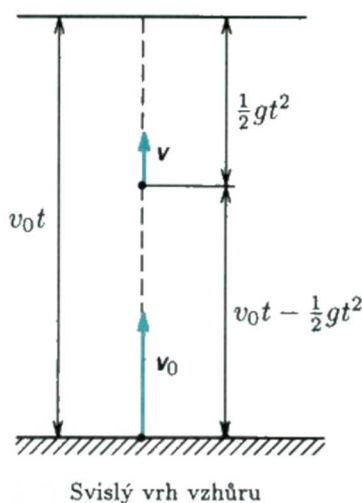
$$v = g \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

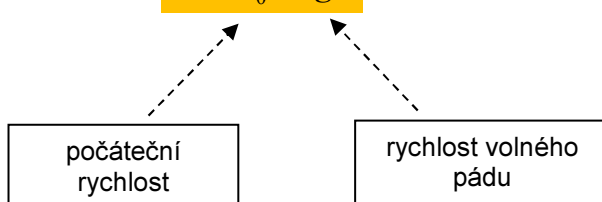
SVISLÝ VRH VZHŮRU

- Pohyb je složen z rovnoměrného přímočarého pohybu směrem svisle vzhůru a z volného pádu.
- Koná těleso, které je vržené ve směru svisle vzhůru počáteční rychlostí v_0 .
- Zrychlení má opačný směr než počáteční rychlost $\Rightarrow$ pohyb je až do nejvyššího bodu trajektorie rovnoměrně zpomalený. V nejvyšším bodě se těleso na okamžik zastaví a pak z tohoto bodu padá volným pádem.
- Trajektorii je svislá přímka.

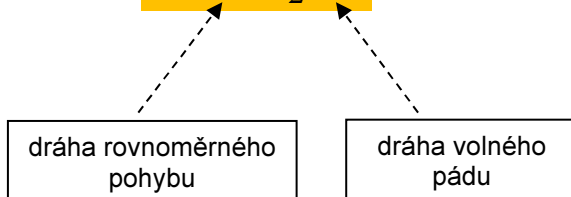


Zdroj obr: http://www.oocities.org/vektor_ol/html/i/ig.html

- Okamžitá rychlost závisí na čase: $v = v_0 - gt$



- Dráha (okamžitá výška tělesa): $s = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Doba výstupu (v nejvyšším bodě trajektorie je okamžitá rychlost nulová):

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

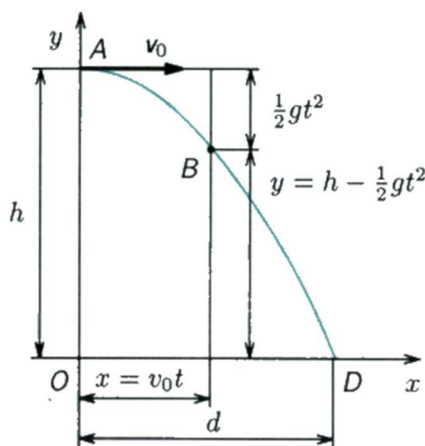
Z nejvyššího bodu padá těleso volným pádem a dopadne zpět do bodu, z něhož bylo vrženo. Doba pádu je stejná jako doba výstupu.

- Výška výstupu: $h = \frac{v_0^2}{2g}$

- Těleso dopadne se stejně velkou rychlostí, s jakou bylo vrženo.

VODOROVNÝ VRH

- Pohyb je složen z rovnoměrného přímočarého pohybu vodorovným směrem a z volného pádu.
- Koná těleso, které je vrženo vodorovným směrem počáteční rychlostí v_0 .
- Trajektorii je část paraboly s vrcholem v místě vrhu.



Vodorovný vrh

Zdroj obr: http://www.oocities.org/vektor_ol/html/i/ig.html

- Souřadnice tělesa na začátku vrhu: $x = 0$; $y = h$.
- Bod B, v němž se těleso nachází v čase t , má souřadnice: $x = v_0 t$; $y = h - \frac{1}{2} g t^2$
 h ... výška, ze které bylo těleso vrženo
- Rychlost ve vodorovném směru je konstantní a je rovna počáteční rychlosti v_0 .
 Rychlost ve svislém směru je rovna rychlosti volného pádu; v čase t má velikost $v = gt$.
 Výsledná rychlost je vektorovým součtem obou rychlostí, má směr tečny k trajektorii.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

➤ Doba vrhu: $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

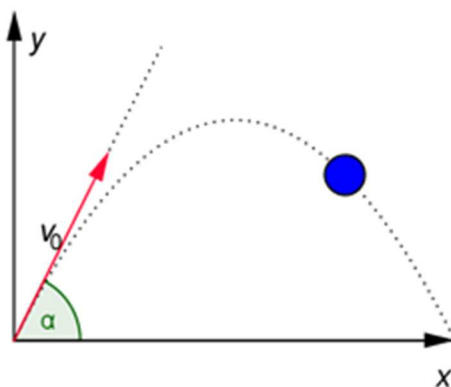
➤ Délka vrhu: $d = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Animace vodorovného vrhu

<http://www.physicsclassroom.com/mmedia/vectors/pap.cfm>

ŠIKMÝ VRH VZHŮRU

- Pohyb je složen z rovnoměrného přímočarého pohybu ve směru šikmo vzhůru a z volného pádu.
- Koná těleso, které je vržené počáteční rychlostí v_0 ve směru, který svírá s vodorovnou rovinou úhel α ... **elevační úhel**
- Trajektorii je část paraboly (jestliže nebereme v úvahu odpor vzduchu), jejíž vrchol je v nejvyšším bodě.

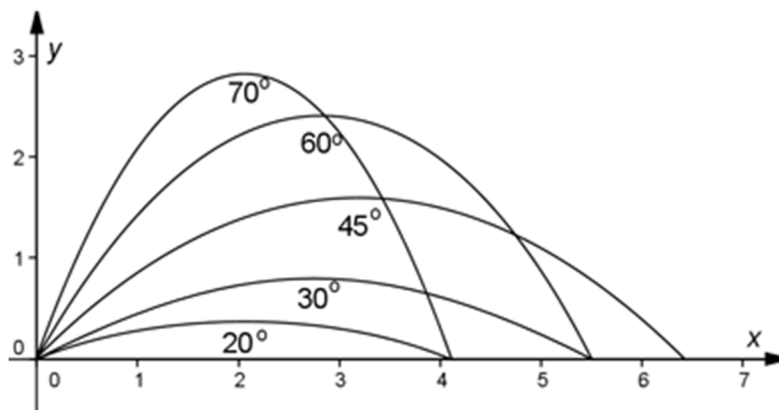


Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

- Výška výstupu i délka vrhu závisí na velikosti počáteční rychlosti a na jejím směru (na elevačním úhlu).

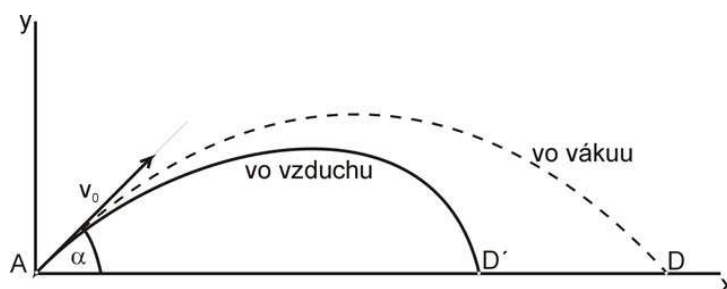
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Trajektorie šikmého vrhu při různých elevačních úhlech (při téže velikosti počáteční rychlosti):



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

- Délka vrhu při dané počáteční rychlosti je největší při elevačním úhlu $\alpha = 45^\circ$ (využití při vrhu diskem, koulí, oštěpem).
- Praktický význam šikmého vrhu:
 - ve sportu
 - ve vojenské technice
- Ve vojenské terminologii je důležitou veličinou **dostřel**.
- Při větších počátečních rychlostech (při střelbě do větších vzdáleností – střelba z děla) nemůžeme odpor vzduchu zanedbat. Pak je trajektorii tělesa tzv. balistická křivka a dostřel je kratší (na obr. bod D').



Zdroj obr: <http://hockicko.uniza.sk>



evropský
sociální
fond v ČR



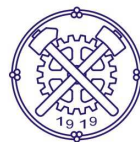
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 1

POHYBY TĚLES V HOMOGENNÍM TÍHOVÉM POLI ZEMĚ

Úloha

Rozhodněte, který náboj dopadne na zem dřív: náboj vystřelený z pušky ve vodorovném směru nebo náboj volně spuštěný ze stejné výšky?

Příklad 1

Kámen padá volným pádem do propasti o hloubce 80 m. Určete, za jakou dobu a jakou rychlostí kámen dopadne na dno propasti.

Příklad 2

Vypočítejte, jakou dráhu proletí těleso při volném pádu během desáté sekundy.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 2

POHYBY TĚLES V HOMOGENNÍM TÍHOVÉM POLI ZEMĚ

Příklad 3

Těleso bylo vrženo svisle vzhůru počáteční rychlostí 20 m/s. Určete, do jaké výšky vystoupilo a za jakou dobu dopadlo zpět.

Příklad 4

Kámen o hmotnosti 1 kg byl vržen svisle vzhůru s počáteční rychlostí 30 m/s. Určete kinetickou a potenciální energii kamene v čase 2 s od začátku vrhu. Jaká je celková mechanická energie kamene?

Příklad 5

Z rozhledny vysoké 44,1 m byl ve vodorovném směru vržen kámen o hmotnosti 2 kg rychlostí 25 m/s. Určete:

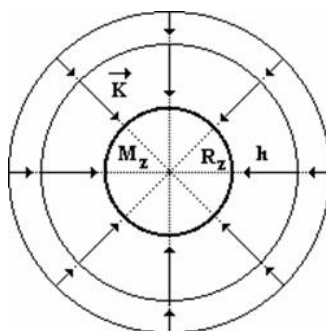
- dobu, za kterou dopadne kámen na zem
- vzdálenost dopadu kamene od paty rozhledny
- rychlost kamene při dopadu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

POHYBY V CENTRÁLNÍM GRAVITAČNÍM POLI ZEMĚ

- Jde o pohyby těles ve velkých vzdálenostech od Země – pohyb umělých družic, kosmických lodí.
- Gravitační síla směřuje neustále do středu Země a její velikost se s rostoucí vzdáleností od Země zmenšuje.

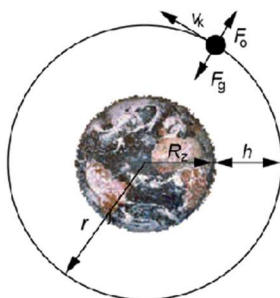
Centrální gravitační pole Země



Zdroj obr: <http://fyzika.jreichl.com>

POHYB UMĚLÝCH DRUŽIC ZEMĚ

- Předpoklad: odpor vzduchu ve výšce, v níž se pohybují družice, je zanedbatelně malý.
- Vyneseme-li těleso o určité hmotnosti do velké výšky a udělíme mu počáteční rychlost ve směru tečny k povrchu Země, bude se pohybovat po různých trajektoriích:
 - Je-li počáteční rychlost velmi malá $\Rightarrow$ trajektorií je část elipsy, těleso dopadne na zem.
 - Udělíme-li tělesu tzv. **kruhovou rychlost**, bude obíhat kolem Země po kružnici.
Těleso se stává umělou družicí Země.
- Obíhá-li družice ve výšce h nad povrchem Země, opisuje kružnici o poloměru $r = R_z + h$, kde R_z je poloměr Země



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Země působí na družici gravitační silou (směřuje do středu Země).
- Na družici působí také dostředivá síla (zakřivuje trajektorii družice).

Platí: $F_g = F_d$

$$\frac{\kappa \cdot M_Z \cdot m}{r^2} = \frac{m \cdot v_k^2}{r}$$



r ... vzdálenost družice od středu Země

M_Z ... hmotnost Země

m ... hmotnost družice

κ ... gravitační konstanta

$$\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Odtud dostaneme vztah pro kruhovou rychlost:

$$v_k = \sqrt{\frac{\kappa \cdot M_Z}{r}}$$

$$r = R_Z + h \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{\kappa \cdot M_Z}{R_Z + h}}$$

Velikost kruhové rychlosti:

- nezávisí na hmotnosti družice
- závisí na vzdálenosti r družice od středu Země, klesá s rostoucí výškou nad povrchem Země
- v dané výšce nad povrchem Země je pro všechna tělesa stejná

Je-li výška h , v níž družice obíhá velmi malá ve srovnání s poloměrem Země, můžeme ji

zanedbat $\Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{\kappa \cdot M_Z}{R_Z}}$

Kruhová rychlost družice, která obíhá ve velmi malé výšce nad povrchem Země, se nazývá

první kosmická rychlost: $v_k = 7,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

- Družici ve výšce h nad povrchem Země udělíme rychlost větší než je kruhová rychlost v této výšce $\Rightarrow$ družice se bude pohybovat po elipse. Elipsa je tím protáhlejší, čím je počáteční rychlost družice větší.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Při určité rychlosti bude trajektorií parabola $\Rightarrow$ družice se bude trvale vzdalovat od Země. Zůstává ale v gravitačním poli Slunce a stává se jeho družicí.

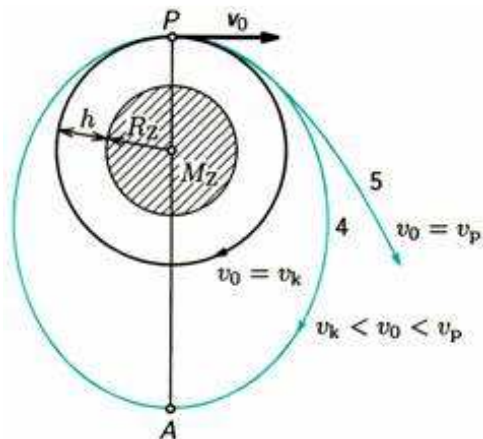
Rychlost, při níž se družice pohybuje po parabole, se nazývá parabolická rychlost.

Platí pro ni vztah:

$$v_p = v_k \cdot \sqrt{2} \quad \dots \quad \text{parabolická rychlost je } \sqrt{2} \text{ krát větší než kruhová rychlost.}$$

Nejmenší rychlost, kterou musíme udělit tělesu v blízkosti povrchu Země, aby se pohybovalo po parabole $\Rightarrow$ trvale se vzdalovalo od Země, se nazývá **druhá kosmická rychlost**.

Druhá kosmická rychlost pro Zemi je $v_p = 11,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$



Zdroj obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap211.htm>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 1

POHYBY V CENTRÁLNÍM GRAVITAČNÍM POLI ZEMĚ

Úloha 1

Rozhodněte, po jaké trajektorii se pohybuje těleso, kterému je udělena v blízkosti povrchu Země a ve směru kolmém ke spojnici se středem Země rychlost:

- a) 7 km/s
- b) 7,9 km/s
- c) 10 km/s
- d) 11,2 km/s

Úloha 2

Co udržuje umělou družici Země na její oběžné dráze?

Úloha 3

Jak se změní oběžná doba umělé družice Země, jestliže se její hmotnost zvětší na dvojnásobek?

Úloha 4

Stacionární družice (pro přenos televizních signálů) jsou stále nad stejným místem zemského povrchu. Jak je možné, že tyto družice nespadnou?



evropský
sociální
fond v ČR



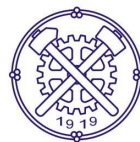
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 2

POHYBY V CENTRÁLNÍM GRAVITAČNÍM POLI ZEMĚ

Příklad 1

Vypočítejte kruhovou rychlost a oběžnou dobu družice, která obíhá kolem Země ve výšce 550 km nad jejím povrchem. $M_Z = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R_Z = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$, $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Příklad 2

Vypočítejte parabolickou rychlost na povrchu Měsíce. Poloměr Měsíce $R = 0,27 R_Z$, hmotnost měsíce

$$M = \frac{1}{81} M_Z.$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘÍKLADY NA PROCVIČENÍ

- 1) Kámen při volném pádu dopadl na zem rychlostí 50 m/s. Vypočítejte, jakou dobu padal a z jaké výšky spadl.
- 2) Těleso padalo volným pádem z výšky 45 m. Určete, jak velkou rychlostí dopadlo na zem.
- 3) Automobilista najel na překážku rychlostí 60 km/h. Určete, z jaké výšky by muselo těleso spadnout volným pádem, aby při dopadu mělo stejně velkou rychlost.
- 4) Jestliže upustíme do propasti kámen, dopadne na dno propasti za dobu 4,5 s. Jak hluboká je propast?
- 5) Těleso padá volným pádem z výšky 19,6 m. Určete:
 - a) jakou dráhu urazí za první desetinu sekundy
 - b) jak velkou rychlostí dopadne
 - c) za jakou dobu dopadne na zem
- 6) Vypočítejte, jakou počáteční rychlostí byl vystřelen svisle vzhůru šíp, jestliže se vrátil k zemi za 7 sekund. Pak určete, jaké největší výšky dosáhl.
- 7) Tenisový míček byl odpálen svisle vzhůru rychlostí 25 m/s. Jak vysoko vystoupil za 2 sekundy po odpálení? Jak velká byla jeho rychlost?
- 8) Z věže vysoké 45 m byl vodorovným směrem vržen kámen rychlostí 25 m/s. Určete dobu, za kterou kámen dopadne a délku vrhu.
- 9) Těleso bylo vrženo vodorovným směrem z okna ve výšce 25 m a dopadlo do vzdálenosti 4,4 m od stěny domu. Vypočítejte, jak velkou rychlostí bylo vrženo a za jakou dobu dopadlo na zem.
- 10) Vypočítejte, jakou rychlostí se pohybuje Měsíc kolem Země. Jaká je doba jeho oběhu?
Předpokládejte pohyb Měsíce po kružnici o poloměru $r = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

E. SVOBODA, F. BARTÁK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro technické obory. SPN, 1989.

O. LEPIL, M. BEDNAŘÍK, R. HÝBLOVÁ R: Fyzika I pro SŠ. Prometheus 1993.

K. BARTUŠKA: Sbírka řešených úloh z fyziky I. Prometheus 1997.

M. BEDNAŘÍK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro gymnázia Mechanika. Prometheus 2010

V. KOHOUT: Fyzika zásobník úloh pro SŠ. Scientia, spol.s r.o., 2006

F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M. ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky. SPN 1988

O. LEPIL A KOLEKTIV: Fyzika Sbírka úloh pro střední školy. Prometheus 2005

F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M.ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky pro studijní obory
SOU a SOŠ. SPN 1988

<http://www.oocities.org>

<http://www.physicsclassroom.com>

<http://www.techmania.cz>

<http://hockicko.uniza.sk>

<http://mog.wz.cz>