

## Unitat 4 Natura i esports

1. Una escaladora s'atura en un sortint d'una paret de roca. Amb ajuda d'una corda puja una motxilla amb material d'escalada de 250 N de pes fins on és ella. El paquet està sotmès a un vent molt fort que origina una força horitzontal cap a la dreta de 50 N. Si la motxilla està en equilibri.

- Dibuixeu totes les forces que actuen sobre la motxilla.
- Dibuixeu també el triangle de forces que corresponen a aquesta situació. Escolliu una escala adient. Utilitzeu, per comoditat, paper mil·limetrat.
- Amb tanta cura com pugueu, obteniu els valors de la tensió de la corda i de l'angle que aquesta forma amb la vertical

255 N  
11,31°

2. La figura 6 mostra un escalador de 800 N de pes, sostingut per una corda, fent ràpel per una paret rocosa vertical. Dibuixeu les forces que actuen sobre l'escalador i, posteriorment, feu l'esquema del triangle de les forces quan està momentàniament en repòs. Calculeu la intensitat de la força horitzontal exercida per la roca i la de la tensió de la corda.

320 N  
861,6 N

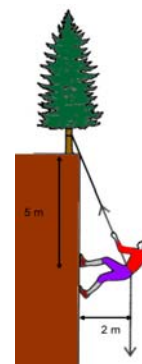


Figura 6. Esquema per a la Qüestió 2

3. Mentre cau, un paracaigudista experimenta una força neta vertical de 500 N. Una ràfega de vent lateral exerceix una força de 100 N. Quines són la intensitat, la direcció i el sentit de la força resultant sobre el paracaigudista?

510 N  
-78,69°

4. Quina és la tensió que suporta la corda d'una tirolina en el punt on hi ha penjat un escalador de 600 N de pes? Suposeu que l'escalador es troba momentàniament en repòs i, per simplificar, que les dues parts de la corda d'una tirolina formen el mateix angle de 15° amb l'horitzontal. Què passaria si disminueix l'angle que forma la corda amb l'horitzontal?

1.159 N

5. Si la corda de l'exercici anterior està dissenyada per suportar una tensió màxima de 15 kN, quin és el menor angle que la corda pot formar amb l'horitzontal per a aquest pes concret de l'escalador de la qüestió anterior?

1,15°

6. L'aeri de la Figura 9 puja en condicions de calma. El cable que l'estira cap amunt forma un angle de  $24^\circ$  amb l'horitzontal i el cable que va avall, cap a l'estació de la vall, en forma un de  $23^\circ$ . El pes de la cabina de l'aeri és de  $2,5 \cdot 10^4$  N.

a) Determineu el valor de les tensions.

b) Per què és impossible que els dos angles siguin iguals?

$$1,31 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$1,32 \cdot 10^6 \text{ N}$$



Figura 9. Imatge per a la Qüestió 6

7. Per què un escalador, assegurat mentre s'enfila per una paret o roca vertical, necessita que la seva corda, a més de ser resistent, no sigui rígida del tot?

La corda no pot ser rígida ja que si fos així, el temps de parada seria molt petit i per tant la força aplicada seria molt gran (Teorema Impuls-quantitat de moviment). En canvi si la corda és elàstica, el temps de parada es fa més gran i la força de frenada és més petita.

8. Supposeu que una corda d'escalada de 2 m obeeix la llei de Hooke i té una constant de rigidesa de  $60 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ .

a) Si la corda suporta el pes d'un escalador de 650 N, quin serà el seu allargament?

b) Si el mateix escalador és suportat per 4 m de la mateixa corda, quin serà l'allargament?

$$10,8 \text{ mm}$$

$$21,7 \text{ mm}$$

9. En una acampada, decidim penjar d'una branca la bossa amb els aliments. Si es penja una bossa de 20 kg, la branca descendeix una distància de 10 cm. Quant baixarà la branca si hi pengem 40 kg i suposem que compleix la llei de Hooke?

$$20 \text{ cm}$$

10. S'ha estudiat una corda d'escalada per veure si compleix la llei de Hooke i s'han obtingut les dades d'aquesta gràfica. Compleix la llei de Hooke? Quant val la constant elàstica de la corda?

$$1.250 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1} \text{ aproximadament}$$

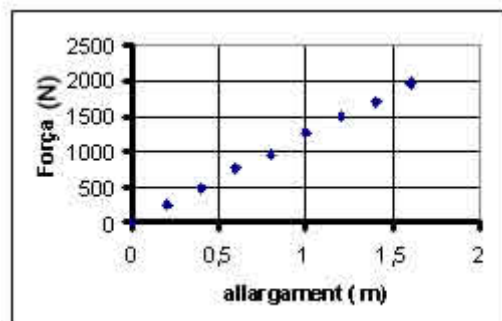


Figura 10. Imatge per a la Qüestió 10

11. Una corda s'allarga 0,020 m quan suporta un pes de 800 N i 0,012 m quan suporta un pes de 600 N. Obeeix la llei de Hooke aquesta corda? En cas afirmatiu, calculeu la constant de rigidesa.

No

12. A l'anunci de l'Audi A6 (1.520 kg), el cotxe puja per un trampolí d'esquí de Pitkävouri, a Kaipola, Finlàndia que té un pendent de  $37,5^\circ$ . Els coeficients de fricció són 0,2 i 0,1. Els enginyers, que donen suport tècnic a l'anunci, posen un cable de seguretat des de la caseta fins el cotxe i han de...

- Dibuixar les forces que actuen sobre el cotxe
- Calcular la tensió del cable quan el cotxe arriba dalt de tot i queda aturat.
- Resoldre la següent pregunta: si es trenqués el cable i el cotxe caigués, amb quina acceleració relliscaria pel trampolí?
- Amb quina velocitat arribarà a la part inferior suposant constant el pendent si cau des d'una altura de 47 m?

$$6.711 \text{ N}, 5,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}, 28,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

13. Un trineu que llisca per un pla horitzontal amb una velocitat de  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  es troba de sobte amb un pendent de  $30^\circ$ .

- Si suposeu que no hi ha fregament, a quina altura arribarà el trineu?
- Si el coeficient de fregament del trineu amb la neu és de 0,1, a quina altura arribarà ara?

$$11,47 \text{ m}, 9,79 \text{ m}$$

14. L'esquiador de 80 kg de la Figura 13 surt des d'A arriba a B amb una velocitat de  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , i quan passa per C la seva velocitat és de  $23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . La distància entre B i C és de 30 m.

- Quant han variat les energies cinètica i potencial de l'esquiador en anar des de B fins a C?
- Quanta energia s'ha perdut per fregament en el tram recte BC? Quant val la força de fregament, suposada constant, en aquest tram?

$$-14.840 \text{ J}, 11.760 \text{ J}$$

$$-3.080 \text{ J}, 102,7 \text{ N}$$

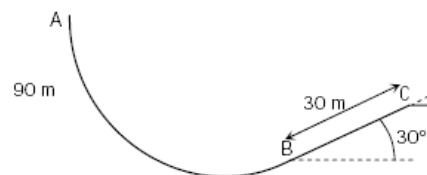


Figura 13. Esquema per a la Qüestió 14

15. El trampolí de salts d'esquí de l'estadi olímpic de Bergisel, a Innsbruck (Àustria) fou inaugurat el setembre de 2002. El responsable de l'obra va ser Franz Fuchlueger. Aquest trampolí s'utilitza tant a l'hivern com a l'estiu. El carril és de plàstic i a l'hivern es cobreix amb una capa de neu gelada de 30 cm de gruix i a l'estiu amb aigua que circula constantment. Té una llargada d'aproximadament 98 m i un pendent de  $35^\circ$ .

- Quina creieu que podria ser l'acceleració de baixada d'un saltador i quina velocitat màxima podria assolir?
- Si saltés d'una rampa de diferent longitud i de la mateixa inclinació, variaria la seva acceleració? I la velocitat de salt? Justifiqueu la resposta.

$$5,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$$33,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

16. Es llança per un pla inclinat  $10^\circ$  i cap amunt, un cos de 0.2 kg amb una velocitat inicial de 2 m/s. S'observa que el cos fa 1 m sobre el pla i torna a baixar fins al punt de partida. Calculeu, amb aquestes dades, el coeficient de fregament del cos sobre el pla, i la velocitat amb què arriba de nou a la posició de sortida.

$$0,03, 1,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

17. Un cable aeri d'electricitat entre dues pilones s'estira uns 50 cm pel seu propi pes. Quanta energia elàstica emmagatzema? (Assumiu que el cable obeeix la llei de Hooke i que té una constant de força  $k = 10^7 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ )

$$1,25 \cdot 10^6 \text{ J}$$

18. En el tir amb arc, el fil metàl·lic s'estira uns 60 cm quan es tensa l'arc. Si la constant de força del fil metàl·lic és de  $40 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , quina quantitat d'energia elàstica emmagatzema el fil?

$$7,2 \text{ J}$$

19. En molts salts de bungee, el saltador està lligat amb vàries cordes per si alguna falla. "El nombre de cordes depèn del pes corporal del saltador". Expliqueu què significa aquesta frase.

La corda que s'utilitza ha de tenir el valor de  $k$  adequat al pes del saltador. En lloc de tenir moltes cordes de constants diferents, és més fàcil tenir moltes cordes amb la mateixa constant. Així, per augmentar la seguretat el saltador va lligar amb diverses cordes.

20. El salt de bungee més elevat el va fer Curtis Rivers des d'un globus a 15200 ft el 5 de maig del 2002 amb 35ft de corda que es van allargar fins a 100 ft. El saltador duia un paracaigudes per seguretat. Calculeu la constant de rigidesa de la corda emprada suposant que complís la llei de Hooke. La massa del saltador és 86 kg. (Dada: 1ft = 1 peu = 30,48 cm. Cal aplicar la conservació de l'energia. L'enunciat no diu que el saltador quedi en repòs (on hi ha un equilibri estàtic de forces).

$$130,92 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$$

21. La Figura 18 mostra un saltador saltant des d'un helicòpter que està a 500 m d'altura. La corda que porta lligada als peus té una longitud de 250 m de longitud i, en el salt, s'allargà fins als 450 m. Calculeu:

a) L'energia potencial gravitatòria perduda en la caiguda (preneu com a massa del saltador 75 kg),

b) La constant d'elasticitat de la corda assumint que obeeix la llei de Hooke.

c) La longitud de la corda quan, després de tots els rebots, el saltador per quedar penjant en repòs.

$$-330.750 \text{ J}, 16,54 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}, 294,44 \text{ m}$$

22. A l'illa sud de Nova Zelanda hi ha unes muntanyes conegudes amb el nom dels Alps del Sud. En ells es pot trobar la tercera plataforma més alta del món de salt de bungee: la plataforma Nevis que es troba a 134 m del terra. En un dels salts, un saltador de 77 kg es lliga a les cames una corda de 80 m de longitud. Quin ha de ser el valor de la constant elàstica de la corda per què, després de tots els rebots, quedi a 45,5 m del terra?

88,8 N·m<sup>-1</sup>

23. El pont Royal George sobre el riu Arkansas té una altura aproximada de 310 m. Un saltador de 60 kg té una corda elàstica de longitud 50 m lligada als peus que se suposa que es comporta com una molla de constant de força 5.40 N·m<sup>-1</sup>. El saltador es llança, frega l'aigua i després de moltes pujades i baixades s'atura a una altura  $h$  sobre l'aigua.

a) Expliqueu les transformacions d'energia que es produeixen durant el salt.

b) Calculeu la velocitat abans de que la corda comenci a estirar-se.

c) Trobeu l'altura  $h$ .

d) En quin punt assoleix el saltador la velocitat màxima? Trobeu aquesta velocitat.

A l'inici del salt, el sistema saltador- Terra té emmagatzemada energia potencial gravitatòria que es transfereix al saltador quan aquest comença a caure adquirint energia cinètica. En un cert moment, la corda comença a estirar-se transferint-se part de l'energia potencial gravitatòria a la corda en forma d'energia potencial elàstica. En el punt de màxim allargament de la corda, l'energia cinètica del saltador esdevé nul·la i l'energia potencial gravitatòria esdevé mínima. En aquest punt l'energia potencial gravitatòria és màxima.

La suma de les diferents energies al llarg del recorregut és sempre la mateixa ja que s'aplica el principi de conservació de l'energia mecànica ja que no estem considerant cap efecte dissipatiu.

31,30 m·s<sup>-1</sup>

151,11 m

45,25 m·s<sup>-1</sup>

Q24. La Figura 20 és d'un llibre del segle XVI on es mostra la suposada trajectòria d'una bala de canó.

a) Quina evidència experimental us permet dir que aquesta trajectòria és incorrecta?

b) Dibuixeu una trajectòria més realista per a la bala de canó (no tingueu en compte la resistència de l'aire)

c) Si la bala surt del canó amb una velocitat de 50 m·s<sup>-1</sup>, calculeu l'abast màxim per a angles de 30°, 45° i 60°

d) Quina altura màxima assoleix la bala en cada cas?

e) Amb quina velocitat arriba al terra en cada cas?

f) Quina conclusió traieu dels resultats de l'apartat (e)?

Podeu comprovar la solució amb l'applet de FisLab.net

<http://www.xtec.cat/~ocasella/applets/movparab/appletsol.htm>

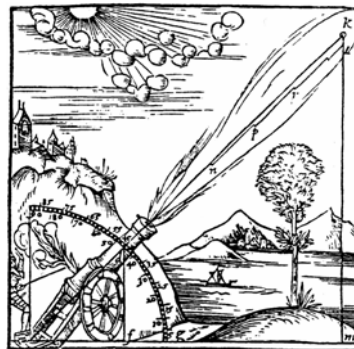


Figura 20. Dibuix de 1561 amb la suposada trajectòria d'una bala de canó

Q25. Una persona està enfilada damunt d'una plataforma de 5 m d'altura. Des d'aquest punt llança una pilota cap al mar que impacta en l'aigua a 20 m de la plataforma. Quina és la velocitat inicial de la pilota?

19,80 m·s<sup>-1</sup>

Q26. Una esquiadora salta d'un trampolí deixant la rampa amb una velocitat horitzontal de 20 m·s<sup>-1</sup>. Si impacta en la neu en un punt situat 20 m per sota del punt en que l'esquiadora deixa el trampolí:

a) Calculeu el temps de vol

b) Calculeu la distància horitzontal màxima assolida en el salt.

Podeu comprovar la solució amb l'applet de FisLab.net

<http://www.xtec.cat/~ocasella/applets/movparab/appletsol.htm>

Q27. Si llanceu una pilota de bàsquet a 8,48 m·s<sup>-1</sup> amb un angle de 50°, sabent que la cistella està a 3,05 m del terra i que el jugador fa 2,05 m, calculeu:

a) El temps que triga en arribar a cistella.

b) La distància des d'on s'ha llançat i la velocitat a la que hi arriba.

c) Si llanceu des de 6,25 m amb angles de 60° i 70°, amb quina velocitat hauríeu de llançar?

d) Si disminuïm l'angle, disminueix la velocitat necessària per fer bàsquet?

1,15s

6,27 m, 7,24 m·s<sup>-1</sup>

8,80 m·s<sup>-1</sup>, 10,09 m·s<sup>-1</sup>

Q28. Llanceu una pilota amb un cert angle. Un cop a l'aire, i menyspreant la fricció amb l'aire, quina és l'acceleració vertical de la pilota? Quina és l'acceleració horitzontal?

L'acceleració horitzontal és zero, ja que en aquesta direcció la pilota descriu un moviment rectilini i uniforme. En canvi, en la direcció vertical descriu un mrua amb una acceleració igual a la de la gravetat

Q29. Els escaladors i escaladores poden utilitzar les seves aptituds per a fer tasques a l'exterior en gratacels i edificis molt alts. L'operari de la Figura 21 treballa a l'exterior d'un gratacels netejant els vidres. Utilitza una corda que té una tensió de ruptura de 300 N. Si l'operari té un pes de 500 N, com és que la corda no es trenca en la figura 21a? Què passa si es penja de la corda tal com mostra la figura 21b?

En la Figura 21 a, el pes es "reparteix" entre els dos segments de la corda (equilibri de forces), en canvi en la Figura 21b, el pes no és repartit, tot va a un corda.

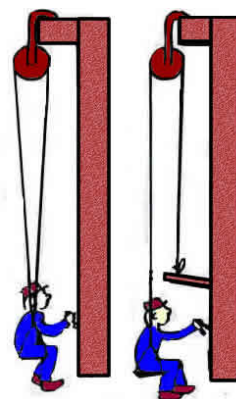


Figura 21. Imatge corresponent a la Qüestió 29



Q30. La Figura 22 mostra un escalador que penja d'una corda. Si la corda està a punt de trencar-se, quin costat és més probable que ho faci?

Quan més gran és l'angle, major és la força. Així, el costat dret és el que és més probable que es trenqui.

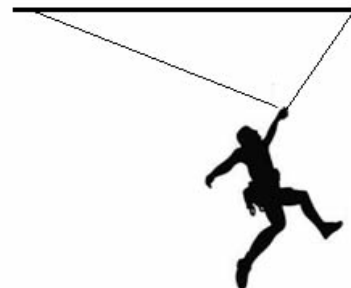


Figura 22. Imatge per a la Qüestió 30

Q31. 'equilibrista de la Figura 23 té una massa de 60 kg i està quieta sobre la corda.

a) Dibuixeu el diagrama de forces que actuen sobre el punt a de la corda i indiqueu qui fa cada força.

b) Calculeu el valor de les tensions a banda i banda de la corda.

432,35 N

527,47 N

Q32. Una escaladora de 54 kg llisca per una corda vertical amb una acceleració de  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Quina és la força de fricció entre la corda i l'escaladora?

313,2 N

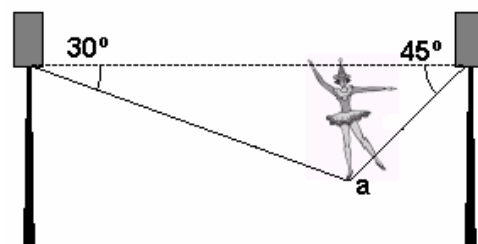


Figura 23. Imatge per a la Qüestió 31

Q33. Acabem de comprar una corda de 40 metres semiestàtica tipus A (d'espeleologia per exemple) que, segons la norma EN1891, ha d'aguantar sense trencar-se 22 kN de força i ha d'allargar-se menys del 5% per a qualsevol càrrega que no sigui inferior als 50 kg ni superi els 150 kg (condicions normals de treball).

a) Quin serà el seu allargament màxim en condicions normals?

b) Calculeu també la longitud de la corda en aquesta situació.

c) Quin serà el coeficient de rigidesa màxim de la corda?

d) Suposem que anem carregant la corda fins que es trenca, quina seria aleshores, suposant que es compleix la llei de Hooke, la longitud de la corda?

2m

42 m

$735 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$

69,93 m

Q34. Quan un avió aterra sobre la pista d'aterratge, pot ser aturat per un cable lligat al seu darrera. Un avió de 20 t de massa aterra a  $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i el cable que l'atura té una constant de força  $k=3,3\cdot 10^4 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ . Determineu:

a) L'energia cinètica de l'avió.

b) L'allargament que experimentarà el cable suposant que compleix la llei de Hooke.

$2,5\cdot 10^7 \text{ J}$

38,92 m

Q35. Una corda d'escalada fa 40 metres de llarg i quan se li aplica una força de 400 N s'allarga 0,8 m. Un escalador de 60 kg està acabant de fer el llarg de la corda i està assegurat per un mosquetó que està 5 metres per sota seu. En aquest moment cau.

- Quan s'allargarà la corda després que el saltador hagi fet tots els rebots i hagi quedat aturat?
- Podeu calcular la velocitat màxima de l'escalador en la caiguda?
- Quin serà doncs el punt més baix on arribarà l'escalador abans d'aturar-se?
  - 1,2 m
  - 14,4 m·s<sup>-1</sup>
  - 11,2 m per sota del mosquetó

Q36. Una màquina d'entrenar dispara pilotes de tennis de 56,8 g. La màquina té una molla de constant 558 N·m<sup>-1</sup> que al descomprimir-se llança una pilota verticalment cada dos segons fins a una altura de 50,0 m del terra. No tingueu en compte el fregament amb l'aire.

- Quin treball fa la màquina en llençar la pilota?
- Quina és la potència de la màquina?
- Quina és la compressió de la molla abans de llançar la pilota?
- Si la pilota perdés 7 J degut a la fricció, quina hauria de ser aleshores la compressió de la molla?
  - 27,8 J
  - 13,9 W
  - 0,3 m
  - 0,4 m

Q37. Un avió vola horitzontalment amb una velocitat de 1000 km·h<sup>-1</sup> quan li cau una caixa que duia a la bodega. Si la caixa tarda 30 s en arribar al terra,

- a quina altura vola l'avió?
- quina distància recorrerà l'avió mentre la caixa cau?
  - 4.410 m
  - 8.333 m

Q38. En un experiment al laboratori, un grup d'alumnes mesuren la velocitat d'una bola d'acer quan surt horitzontalment d'una taula i obtenen un valor de 4,0 m·s<sup>-1</sup>. Si la superfície de la taula està a 1,5 m del terra, on han de posar un contenidor de 20 cm d'altura per atrapar la bola?

2,06 m

Q39. El rècord femení de javelina és de 71,24 m. Si suposem que l'altura de l'atleta és de 1,75 m i l'angle de llançament és de 37°, calculeu:

- El temps de vol de la javelina.
- L'altura màxima que assolirà la javelina en el seu recorregut.
- La velocitat de la javelina en el punt més alt i també quan cau a terra.
  - 3,36 s, 26,55 m·s<sup>-1</sup>
  - 14,77 m
  - 21,20 m·s<sup>-1</sup>, 27,14 m·s<sup>-1</sup>



Q40. Un arquer tensa el seu arc i dispara una sageta de 32 g cap a una diana. La sageta descriu una paràbola, que en el punt més alt arriba als 5 m d'altura sobre el punt de llançament i impacta a la diana, al mateix nivell que l'arquer.

a) Feu un esquema de la trajectòria i descriuiu les transferències i les transformacions d'energia que hi ha al llarg d'aquest procés. Considereu que pot negligir-se la fricció amb l'aire durant el vol i que la velocitat de la sageta en el moment de sortir de l'arc és de 20 m/s.

b) Quina velocitat té la sageta en el punt més alt del seu vol? I en el moment d'impactar amb la diana?

c) Calculeu l'energia potencial elàstica de l'arc en el moment de màxima tensió i el treball que ha hagut de fer l'arquer per a tensar-lo.

$$17,38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$64 \text{ J}$$

Q41.A la Figura 24 apareixen les imatges successives, cada 0,2 segons, de dues boles que s'han llançat horitzontalment i de manera simultània.

a) Quina relació numèrica hi ha entre la velocitat inicial de la bola A i la de la bola B?

b) Quina bola arriba abans al terra? Per què és així?

c) Quina relació hi ha entre la  $v_x$  de B inicial i la  $v_x$  de la mateixa bola just abans de tocar el terra?

d) Com canvia la  $v_y$  de cada bola mentre va caient?

e) Dibuixeu el vector acceleració en les imatges que tenen una creu.

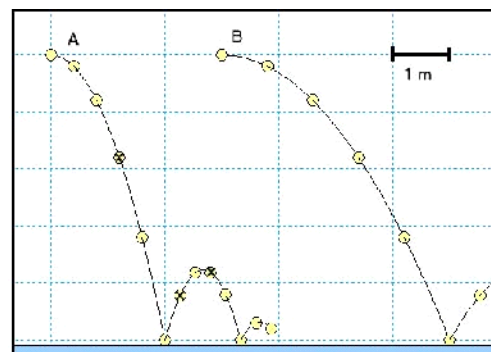


Figura 24 Imatge per a la Qüestió 39

$$v_B = 2v_A$$

arriben igual perquè cauen totes dues de la mateixa alçada inicial i la força que les fa caure és la mateixa.

$v_B = 2v_A$ . Això és així perquè en la direcció horitzontal ambdues boles descriuen un mru.

$$V_y = -gt$$