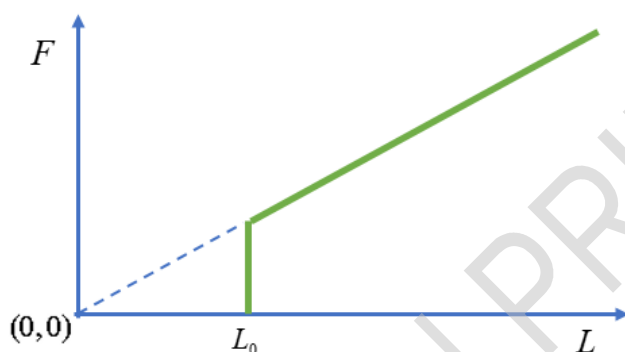


## Vzmet z efektivno začetno dolžino nič in slinky

Vzmet z efektivno začetno dolžino nič (VD0) je vzmet, katere dolžina je v primeru, ko je vzmet raztegnjena in velja  $L > L_0$ , kjer je  $L_0$  najmanjša možna dolžina vzmeti in obenem tudi dolžina neraztegnjene vzmeti, sorazmerna s silo, ki vzmet razteguje,  $F = kL$ . Povezavo med silo  $F$  in dolžino vzmeti  $L$  za VD0 prikazuje slika 1. Smerni koeficient premice ustreza konstantni vzmeti  $k$ .



Slika1: Zveza med silo  $F$  in dolžino vzmeti  $L$

V seizmologiji uporabljamo VD0 za natančno merjenje sprememb gravitacijskega pospeška  $g$ . Pri tej nalogi obravnavamo VD0, katere teža  $Mg$  je večja od  $kL_0$ . Vpeljemo brezdimenzijsko razmerje  $\alpha = kL_0/Mg < 1$ , ki opredeljuje relativno mehkost vzmeti. Primer take vzmeti je igrača "slinky".

### Del A: Statika (3.0 točke)

**A.1** Obravnavaj del VD0 v breztežnem stanju, ki ima neraztegnjen dolžino  $\Delta\ell$ . Ta del vzmeti raztegne sila  $F$ . Zapiši dolžino  $\Delta y$  tega dela VD0, kot funkcijo sile  $F$ ,  $\Delta\ell$  in parametrov vzmeti. 0.5pt

**A.2** Izračunaj delo  $\Delta W$ , ki ga prejme del vzmeti, ki je neraztegnjen dolg  $\Delta\ell$ , ko se dolžina tega dela vzmeti poveča na  $\Delta y$ . 0.5pt

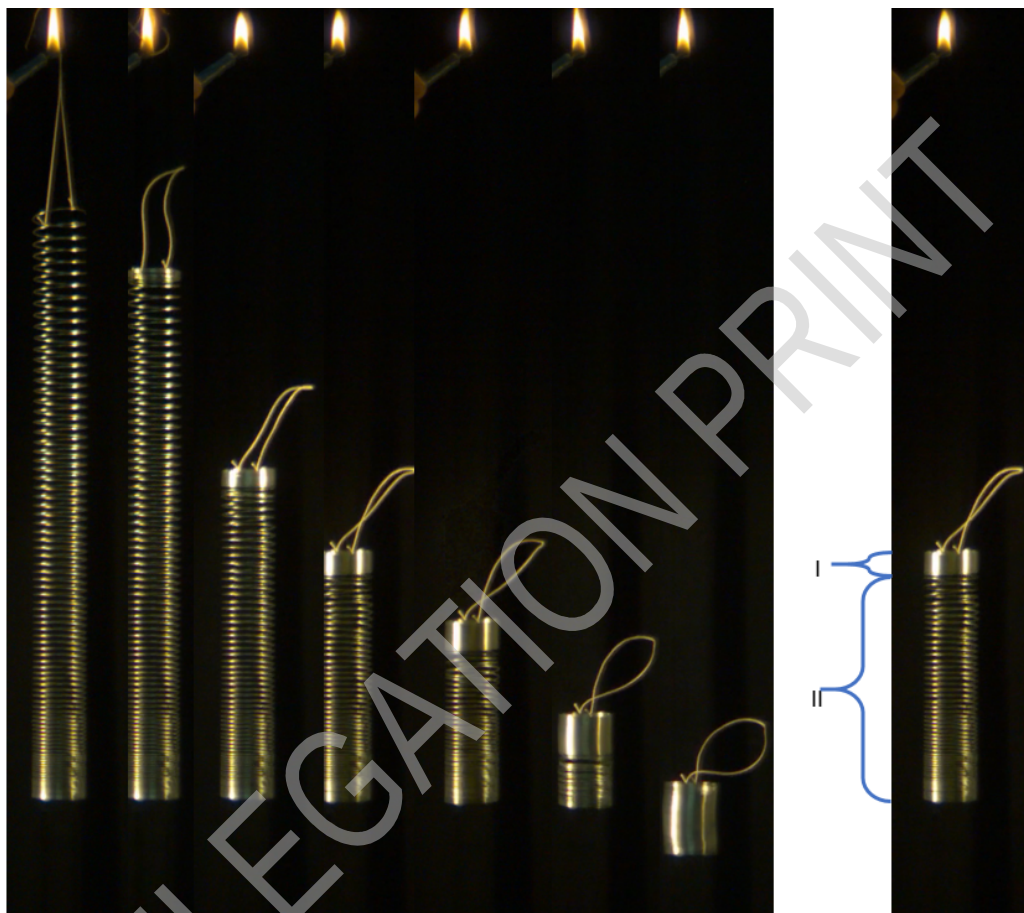
V nadaljevanju označimo masno točko na vzmeti z njeno oddaljenostjo od krajišča vzmeti  $\ell$ , ko je vzmet neraztegnjena, torej je  $0 \leq \ell \leq L_0$ . To pomeni, da ostane  $\ell$  za vsako masno točko na vzmeti enak tudi, ko je vzmet raztegnjena.

**A.3** Vzmet na enem krajišču obesimo pod strop, pri čemer se zaradi lastne teže raztegne. Kolikšna je ravnovesna dolžina celotne raztegnjene vzmeti  $H$ ? Rezultat izrazi s parametroma  $L_0$  in  $\alpha$ . 2.0pt

### Del B: Dinamika (5.5 točke)

Pri poskusu zgornje krajišče vzmeti, ki najprej obešena miruje, v nekem trenutku sprostimo. Vzmet se zatem postopno krči od zgornjega krajišča proti spodnjemu, pri čemer ostaja spodnji del vzmeti v mirovanju (glej sliko 2). V vsakem trenutku se že skrčeni del vzmeti giblje kot togo telo, ki spotoma pridobiva nove ovoje vzmeti, dolžina mirujočega dela vzmeti pa se obenem manjša. Vsak masni delček vzmeti se prične gibati šele, ko ga doseže gibajoči se del vzmeti. Spodnje krajišče vzmeti se prične gibati v trenut-

ku, ko je vzmet v celoti skrčena in je hkrati dosegla svojo najmanjšo dolžino  $L_0$ . Po tem trenutku skrčena vzmet pod vplivom teže prosto pada kot togo telo naravnost navzdol.



Slika 2: Slika na levi prikazuje zaporedje posnetkov, narejenih med prostim padom vzmeti. Slika na desni prikazuje gibajoči se del vzmeti I in še mirujoči del vzmeti II v nekem trenutku med prostim padanjem vzmeti.

V nadaljevanju naloge upoštevaj opisani model padanja vzmeti. Zanemari zračni upor, ne smeš pa zanemariti dolžine vzmeti  $L_0$ .

- B.1** Izrazi čas  $t_c$ , ki mine od trenutka, v katerem sprostimo zgornje krajišče vzmeti, do trenutka, ko se vzmet skrči do svoje najmanjše dolžine  $L_0$ , s parametri  $L_0$ ,  $g$  in  $\alpha$ . 2.5pt  
Izračunaj vrednost  $t_c$  za vzmet s  $k = 1.02 \text{ N/m}$ ,  $L_0 = 0.055 \text{ m}$  in  $M = 0.201 \text{ kg}$ , za vrednost  $g$  pa vzemi  $9.80 \text{ m/s}^2$ .



**B.2** Pri tem delu naloge  $\ell$  označuje lego meje med gibajočim se delom vzmeti I in še mirujočim delom vzmeti II (slika 2). 2.5pt

V nekem trenutku, ko del vzmeti še miruje, je masa mirujočega dela vzmeti  $m(\ell) = \frac{\ell}{L_0} M$ , gibajoči se del vzmeti pa se giblje kot togo telo s trenutno hitrostjo  $v_I(\ell)$ . Pokaži, da je v tem trenutku (ko del vzmeti še miruje), hitrost gibajočega se dela vzmeti enaka  $v_I(\ell) = \sqrt{A\ell + B}$ . Konstanti  $A$  in  $B$  izrazi s parametri  $L_0$ ,  $g$  in  $\alpha$ .

**B.3** Upoštevaj rezultat pri B.2 in poišči najmanjšo hitrost gibajočega se dela vzmeti  $v_{\min}$  med gibanjem vzmeti, od trenutka, ko smo jo spustili in preden pade na tla. Izrazi jo s parametri  $L_0$ ,  $\alpha$ ,  $A$  in  $B$ . 0.5pt

### Del C: Energija (1.5 točke)

**C.1** Izračunaj del mehanske energije  $Q$ , ki se pretvori v toploto, od trenutka, ko vzmet spustimo, do trenutka, tik preden pade na tla. Izgubo energije izrazi s parametri  $L_0$ ,  $M$ ,  $g$  in  $\alpha$ . 1.5pt

DELEGATION PRINT