

1.2 Trusa de Mecanică asistată de calculator (descriere generală)

Trusa de mecanică asistată de calculator reprezintă o instalație unificată de laborator destinată efectuării mai multor experiențe de mecanică (vezi lista de mai jos). În toate experiențele există elemente de cercetare, datele experimentale putându-se procesa manual, dar și la calculator. Pentru aceasta cronometrul digital, care permite măsurarea unui număr de până la 99 intervale consecutive de timp cu precizia de 0,0001 s, trebuie conectat la portul COM al calculatorului. În acest caz interfața permite transferarea datelor acumulate în procesorul cronometrului la calculator, care folosind un soft special efectuează calculele mărimilor necesare și a erorilor comise, construiește graficele dependențelor verificate folosind metoda celor mai mici pătrate. Softul propus mai permite elevului să întocmească referatul la experiența efectuată. Majoritatea experiențelor pot fi efectuate împreună cu întocmirea referatului în cel mult 30 – 35 min., elevii având 10 -15 min. pentru analize, discuții în grupuri și formularea concluziilor.

Fiecare experiență este asigurată și cu o descriere ce conține scopul experienței, obiectivele ei, materialele și accesoriile necesare, considerații teoretice și experimentale, unele explicații privind erorile întâmplătoare, fișa de lucru. Descrierile sunt întocmite astfel încât experiențele să posede un grad ridicat de autonomie și elevul să poată începe cu oricare din experiențele propuse la tema studiată. Descrierea experiențelor, dar și softul utilizat, este constituită din 10 capitole după cum urmează:

1. Introducere

- 1.1. Scopul și obiectivele experiențelor;
- 1.2. Trusa de Mecanică asistată de calculator (descriere generală);
- 1.3. Determinarea mărimilor și verificarea experimentală a legilor fizice cu ajutorul graficelor.

2. Mișcarea rectilinie uniform accelerată

- 2.1. Determinarea vitezei instantanee în mijlocul unui segment al traiectoriei rectilinii a mobilului;
- 2.2. Determinarea vitezei instantanee la capătul unui segment al traiectoriei rectilinii a mobilului ;
- 2.3. Determinarea vitezei instantanee în două puncte ale traiectoriei rectilinii a mobilului în mișcarea lui uniform accelerată pe planul înclinat;
- 2.4. Verificarea formulei vitezei la mișcarea uniform accelerată fără viteză inițială, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare (varianta 1);
- 2.5. Verificarea formulei vitezei la mișcarea uniform accelerată fără viteză inițială, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare (varianta 2);
- 2.6. Verificarea formulei vitezei la mișcarea uniform accelerată cu viteză inițială, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 2.7. Verificarea formulei vitezei la mișcarea uniform încetinită, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 2.8. Verificarea formulei distanței parcurse la mișcarea uniform accelerată fără viteză inițială, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 2.9. Verificarea formulei distanței parcurse la mișcarea uniform accelerată cu viteză inițială, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 2.10. Verificarea formulei distanței parcurse la mișcarea rectilinie uniform încetinită, determinarea accelerației mobilului și a erorii sistematice a instalației de măsurare;

- 2.11. Verificarea formulei lui Galilei la mișcarea rectilinie uniform accelerată fără viteză inițială și determinarea accelerației mobilului;
- 2.12. Verificarea formulei lui Galilei la mișcarea rectilinie uniform accelerată și determinarea accelerației mobilului;
- 2.13. Verificarea formulei lui Galilei la mișcarea rectilinie uniform încetinită și determinarea accelerației mobilului;

3. Căderea liberă

- 3.1. Verificarea formulei vitezei la căderea liberă fără viteză inițială, determinarea accelerației gravitaționale și a erorii sistematice a instalației de măsurare (varianta 1);
- 3.2. Verificarea formulei vitezei la căderea liberă fără viteză inițială, determinarea accelerației gravitaționale și a erorii sistematice a instalației de măsurare (varianta 2);
- 3.3. Verificarea formulei vitezei la căderea liberă cu viteză inițială, determinarea accelerației gravitaționale și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 3.4. Verificarea formulei distanței parcurse la căderea liberă fără viteză inițială, determinarea accelerației gravitaționale și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 3.5. Verificarea formulei distanței parcurse la căderea liberă cu viteză inițială, determinarea accelerației gravitaționale și a erorii sistematice a instalației de măsurare;
- 3.6. Verificarea formulei lui Galilei la căderea liberă fără viteză inițială și determinarea accelerației gravitaționale;
- 3.7. Verificarea formulei lui Galilei la căderea liberă cu viteză inițială și determinarea accelerației gravitaționale;

4. Principiul fundamental al dinamicii

- 4.1. Verificarea principiului fundamental al dinamicii neglijând forța de frecare (rezistență) la mișcarea căruciorului pe planul înclinat (unghiuri de înclinare mari);
- 4.2. Verificarea principiului fundamental al dinamicii neglijând frecarea (rezistența) în axele scripetilor;
- 4.3. Verificarea principiului fundamental al dinamicii pentru un sistem de masă constantă neglijând frecarea (rezistența) în axele căruciorului și axa scripetelui;
- 4.4. Verificarea principiului fundamental al dinamicii pentru un sistem supus acțiunii unei forțe constante neglijând frecarea (rezistența) în axele căruciorului și axa scripetelui;
- 4.5. Verificarea principiului fundamental al dinamicii mișcării de translație ținând seama de forța de frecare (rezistență);
- 4.6. Verificarea principiului fundamental al dinamicii și determinarea coeficientului de frecare (rezistență) măsurând accelerațiile la mișcarea în jos și în sus pe planul înclinat;
- 4.7. Verificarea principiului fundamental al dinamicii pentru un sistem de masă constantă ținând seama de frecarea (rezistența) în axele căruciorului și axa scripetelui;

5. Frecarea la alunecare

- 5.1. Verificarea principiului fundamental al dinamicii și determinarea coeficientului de frecare la alunecarea unui paralelipiped pe planul înclinat;

- 5.2. Verificarea principiului fundamental al dinamicii la alunecarea unui paralelipiped pe un plan orizontal (masă constantă);
- 5.3. Verificarea principiului fundamental al dinamicii la alunecarea unui paralelipiped pe un plan orizontal (masă variabilă);
- 5.4. Verificarea principiului fundamental al dinamicii și determinarea forței de frecare la alunecarea unui paralelipiped pe un plan orizontal;

6. Legea lui Hooke

- 6.1. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a unui arc comprimabil;
- 6.2. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a unui arc extensibil la dilatarea lui pe verticală;
- 6.3. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a două arcuri extensibile legate în serie la dilatarea lor pe verticală;
- 6.4. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a două arcuri extensibile legate în paralel la deformarea lor pe verticală;
- 6.5. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a unui arc extensibil la dilatarea lui pe planul înclinat;
- 6.6. Verificarea legii lui Hooke și determinarea constantei de elasticitate a două arcuri extensibile legate în paralel la deformarea lor pe planul înclinat;

7. Legea conservării impulsului

- 7.1. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea elastică a unui mobil cu un perete imobil (varianta I);
- 7.2. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea elastică a unui mobil cu un perete imobil (varianta II);
- 7.3. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea elastică a două corpuri aflate inițial în repaus;
- 7.4. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea plastică dintre un mobil cu un corp în repaus;
- 7.5. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea plastică dintre două mobile ce se mișcă unul în întâmpinarea altuia;
- 7.6. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea plastică dintre două mobile ce se mișcă în același sens;
- 7.7. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea elastică dintre un mobil cu un corp aflat în repaus ($m_1 < m_2$);
- 7.8. Verificarea experimentală a legii conservării impulsului la interacțiunea elastică dintre un mobil cu un corp aflat în repaus ($m_1 > m_2$);

8. Teorema despre variația energiei cinetice

- 8.1. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de greutate (mișcare pe verticală) ($v_0 = 0$);

- 8.2. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de greutate și de tensiune a firului (mișcare pe un arc de circumferință) ($v_0 = 0$);
- 8.3. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de greutate (mișcare pe verticală) ($v_0 \neq 0$);
- 8.4. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de greutate și de tensiune a firului (mișcare pe un arc de circumferință) ($v_0 \neq 0$);
- 8.5. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de frecare la mișcarea lui pe un plan orizontal având viteza finală $v_f = 0$;
- 8.6. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței de frecare la mișcarea lui pe un plan orizontal;
- 8.7. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței elastice la mișcarea lui pe un plan orizontal (dilatare completă);
- 8.8. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței elastice la mișcarea lui pe un plan orizontal (dilatare parțială);
- 8.9. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței elastice pe un plan orizontal (comprimare completă);
- 8.10. Verificarea experimentală a teoremei despre variația energiei cinetice a unui corp supus acțiunii forței elastice pe un plan orizontal (comprimare parțială);

9. Legea conservării energiei mecanice

- 9.1. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea elastică a unui mobil cu un perete imobil;
- 9.2. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea elastică dintre două corpuri aflate inițial în repaus pe un plan orizontal;
- 9.3. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea elastică dintre un mobil cu un corp aflat în repaus ($m_1 > m_2$);
- 9.4. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea elastică dintre un mobil cu un corp aflat în repaus ($m_1 < m_2$);
- 9.5. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea elastică dintre două mobile ($m_1 v_1 > m_2 v_2$);
- 9.6. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea unui mobil cu un arc elastic pe un plan orizontal;
- 9.7. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea unui mobil cu un arc elastic pe planul înclinat;
- 9.8. Verificarea experimentală a legii conservării energiei mecanice la interacțiunea unui arc elastic cu un corp pe planul înclinat;

10. Oscilații mecanice

- 10.1. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor verticale ale pendulului elastic de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a arcului;

- 10.2. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor verticale ale pendulului format din două arcuri legate în serie de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a acestui sistem;
- 10.3. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor verticale ale pendulului elastic format din două arcuri legate în paralel de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a sistemului;
- 10.4. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor pe planul înclinat a pendulului elastic de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a arcului;
- 10.5. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor pendulului elastic format din două arcuri legate în paralel pe un plan orizontal de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a sistemului;
- 10.6. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor pendulului elastic format din două arcuri legate în paralel pe planul înclinat de masa lui și determinarea constantei de elasticitate a sistemului;
- 10.7. Verificarea experimentală a dependenței perioadei oscilațiilor pendulului gravitațional de lungimea lui și determinarea accelerației gravitaționale.

Cronometrul electronic

Efectuarea lucrărilor de laborator și practice, precum și a experiențelor demonstrative se bazează pe măsurarea intervalelor de timp, în care unul sau două mobile (cărucior, bilă, pendul gravitațional sau elastic, paralelipiped, taler ș. a.) parcurg anumite distanțe. Aceste intervale de timp se măsoară cu ajutorul cronometrului electronic.

Cronometrul electronic (fig. 1.2.1) utilizat în trusa de mecanică este destinat pentru măsurarea unui număr de până la $n = 99$ intervale de timp din intervalul $0,0001 \text{ s} < t < 99,9999 \text{ s}$ cu precizia $\Delta t = 0,0001 \text{ s}$. La conectarea cronometrului la sursa de alimentare pe ecranul lui apare indicația $-nd-$ care înseamnă că în cronometru nu există date. Dacă dorim să efectuăm o experiență în care se cere un număr de intervale de timp $n = 1, 2, 3, \dots, 99$, atunci regimul de măsurare se stabilește cu ajutorul butoanelor **Menu**, \uparrow și \downarrow . Ținând puțin apăsat butonul **Menu** pe ecran apare indicația $n - 1$, care apoi cu ajutorul butoanelor \uparrow și \downarrow se transformă în $n - m$. După aceasta printr-o apăsare scurtă a butonului **Menu** trecem cronometrul în regimul de măsurare când pe ecran apare indicația $0 - - m$. În timpul măsurărilor în locul cifrei 0 apar pe rând cifrele $1, 2, 3, \dots, m$ care indică care din intervalele de timp considerate este în proces de măsurare.

Când procesul de măsurare a luat

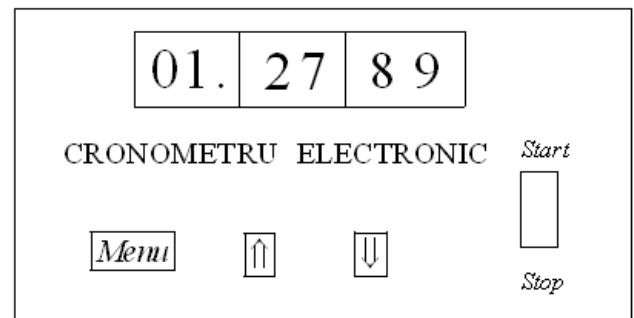


Fig. 1.2.1

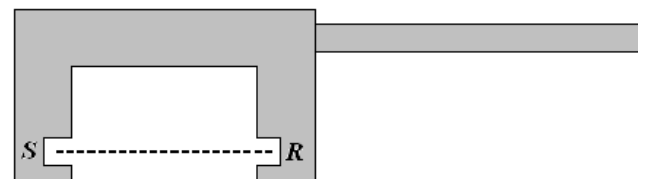


Fig. 1.2.2

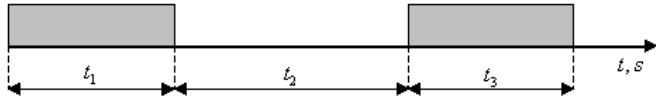


Fig. 1.2.3

sfârșit pe indicatorul cronometrului apare primul interval de timp măsurat. Pentru a vizualiza și celelalte intervale folosim butoanele \uparrow și \downarrow . De exemplu, apăsând butonul \uparrow , pe ecran apare indicația $n - 2$, ceea ce înseamnă că după eliberarea butonului va fi vizualizat intervalul al doilea de timp. În dependență de necesități procesul de măsurare se efectuează cu ajutorul unui sau doi senzori. Aceștia sunt reglați fiecare aparte și nu pot fi conectați la cronometru decât fiecare la cuibul său, adică senzorul A la cuibul A și senzorul B la cuibul B .

Fiecare senzor (fig. 1.2.2) conține câte o sursă S și un receptor R de radiație infraroșie. Sursa radiază printr-un orificiu un fascicol îngust de radiație infraroșie care este captat de către receptor. Dacă fascicolul este acoperit (descoperit) de către un corp în mișcare (obturator) se declanșează măsurarea primului interval de timp t_1 . Când obturatorul a trecut și fascicolul cade din nou pe receptor (este acoperit din nou) se declanșează măsurarea celui de al doilea interval de timp t_2 , care continuă până la o nouă acoperire (descoperire) a fascicolului unuia din senzori (nu importă care), când procesul de măsurare a intervalului t_2 se termină și începe imediat măsurarea timpului de acoperire (descoperire) t_3 . Dacă cronometrul este stabilit în regimul $n - 3$, atunci eventualele descoperiri și acoperiri ulterioare ale fascicolului sunt ignorate. Acum în memorie se află intervalele de timp t_1, t_2 și t_3 , care cu ajutorul butonului \uparrow pot fi vizualizate și trecute în tabele. Pe axa timpului acestea pot fi reprezentate ca în fig. 1.2.3.

În cazul când cronometrul este stabilit în regimul $n - 9$ schema timpilor ce urmează a fi mășurați are aspectul din fig. 1.2.4. Intervalele impare de timp sunt intervalele în care fascicolul unuia dintre senzori este acoperit, pe când intervalele pare sunt intervalele în care fascicolele ambilor

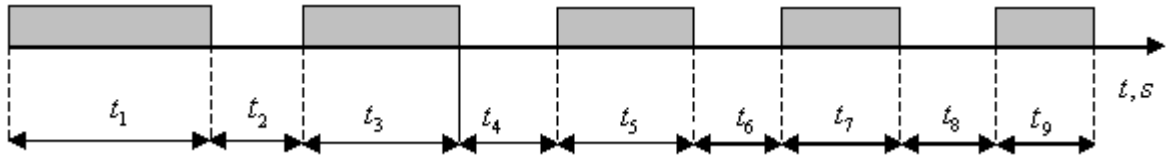


Fig. 1.2.4

senzori sunt descoperite, dacă inițial fascicolul era descoperit și, invers, dacă inițial fascicolul era acoperit.

Înainte de efectuarea oricărui experiment este necesar să determinăm regimul în care trebuie stabilit cronometrul și să construim schema timpilor ce urmează a fi mășurați, reieșind din condițiile experimentului.

Exemplu: Fie că dorim să verificăm experimental legea conservării impulsului la interacțiunea elastică și centrală a două cărucioare pe un plan orizontal. Căruciorul 1 cu masa m_1 , mișcându-se cu viteza v_1 , interacționează prin intermediul unui resort cu căruciorul imobil 2 de masa $m_2 > m_1$. În acest caz după interacțiune căruciorul 1 se va întoarce înapoi cu viteza u_1 , iar căruciorul 2 va porni cu viteza u_2 în sensul vitezei v_1 , pe care o avea căruciorul 1 înainte de interacțiune (fig. 1.2.5). Legea conservării impulsului în proiecții pe axa orizontală are aspectul:

$$m_1 v_1 = -m_1 u_1 + m_2 u_2$$

Vom putea verifica această lege dacă vom măsura vitezele v_1, u_1 și u_2 . Măsurarea acestor viteze implică măsurarea timpului de acoperire a fascicolului sensorului A de către obturatorul

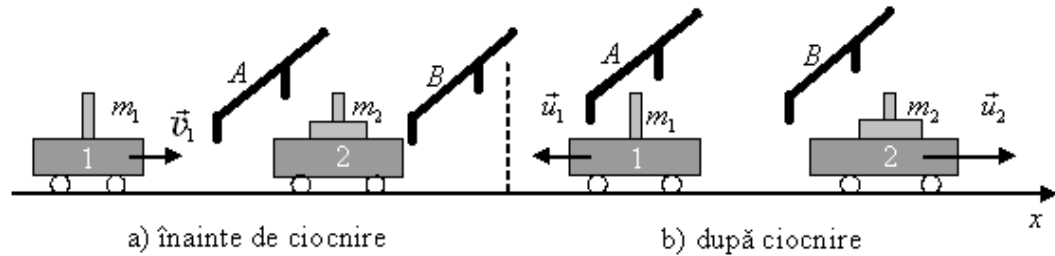


Fig. 1.2.5

căruciorului 1 la mișcarea sa spre dreapta (t_1), timpului de acoperire a fascicolului sensorului B de către obturatorul căruciorului 2 la mișcarea sa spre dreapta (t_3) și a timpului de acoperire a fascicolului sensorului A de către obturatorul căruciorului 1 la mișcarea sa spre stânga (t_5). Timpii

au fost notați astfel dat fiind că cronometrul va mai măsura intervalul de timp de la descoperirea fascicolului sensorului A de către obturatorul



Fig. 1.2.6

căruciorului 1 până la acoperirea fascicolului sensorului B de către obturatorul căruciorului 2 (t_2) și intervalul de timp de la descoperirea fascicolului sensorului B de către obturatorul căruciorului 2 până la acoperirea fascicolului sensorului A de către

obturatorul căruciorului 1 (t_4). Este evident că intervalele de timp t_2 și t_4 nu se folosesc în calcule, însă pentru a putea neglija frecările este necesar ca ele să fie cât se poate de mici. Aceasta se poate realiza alegând poziția căruciorului 2 față de senzori. În acest exemplu am presupus că căruciorul 2 se află foarte aproape de senzorul B, astfel încât după ciocnire obturatorul lui întretaie primul fascicolul sensorului B și numai după aceasta obturatorul căruciorului 1 ce se mișcă spre stânga întretaie fascicolul sensorului A. Este important ca aceste întretăieri să aibă loc succesiv, altminteri $t_4 = 0$ și intervalele t_3 și t_5 se vor contopi, pierzându-se posibilitatea aflării vitezelor u_1 și u_2 . Astfel schema intervalelor de timp ce trebuie măsurate are aspectul din *fig.* 1.2.6.

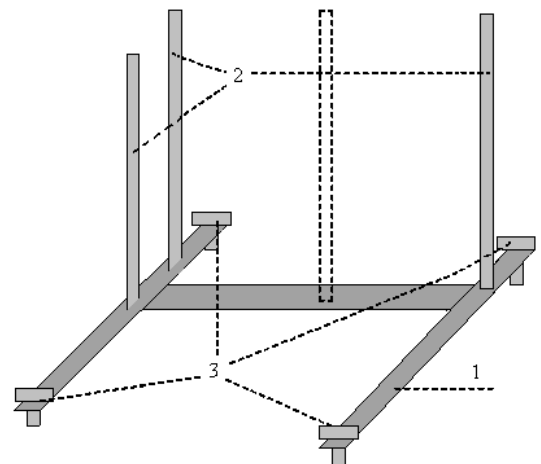


Fig. 1.2.7

Stativul

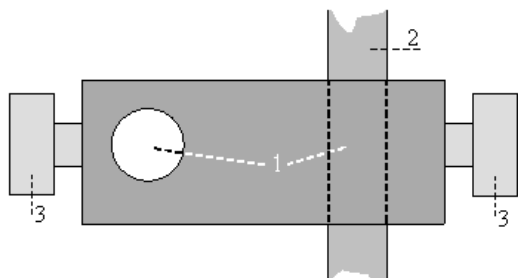


Fig. 1.2.8

două orificii filetate în bazele paralelipipedului. Prin orificiile 1 se trece suportul 2 al stativului și bara elementului ce urmează a fi fixat pe stativ. Fixarea propriu zisă se efectuează cu ajutorul buloanelor 3, care fiind înșurubate în orificiile filetate apasă barele introduse în orificiile 1 prin intermediul unor scoabe. Acestea se folosesc pentru a nu deteriora elementele fixate. Scoabele sunt prevăzute cu fante și sunt susținute pe mufă cu ajutorul unor buloane mici.

Senzorii se fixează în dependență de experiență ori pe bara senzorilor (fig. 1.2.9) ori pe unul din suporturile verticale ale stativului.

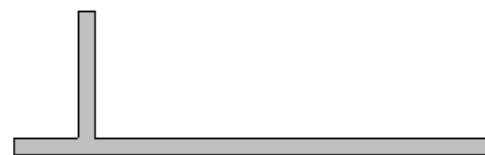


Fig. 1.2.9

Planul cu accesorii

Planul reprezintă o placă de aluminiu având în secțiune forma reprezentată în fig. 1.2.10. Planul este prevăzut cu 3 piste. Pistele 1 sunt prevăzute pentru roțile cărucioarelor, iar pista 2 pentru direcționarea mișcării bilei de oțel. Pe una din fețele laterale ale planului este fixată o riglă metalică gradată în mm ce servește pentru determinarea poziției mobilelor aflate pe plan. Pe plan (fig. 1.2.11)

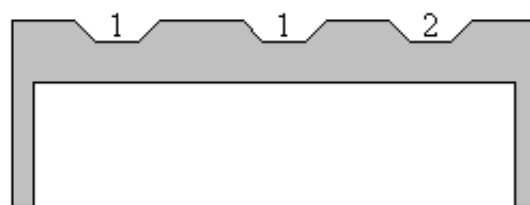


Fig. 1.2.10

mai sunt fixați doi scripeți 1, două suporturi 2 care servesc pentru fixarea barei directoare 3, precum și patru cilindri de cauciuc 4 ce servesc pentru amortizarea loviturilor cărucioarelor. Bara directoare îndeplinește funcția de protecție, împiedicând căderea cărucioarelor în cazul când

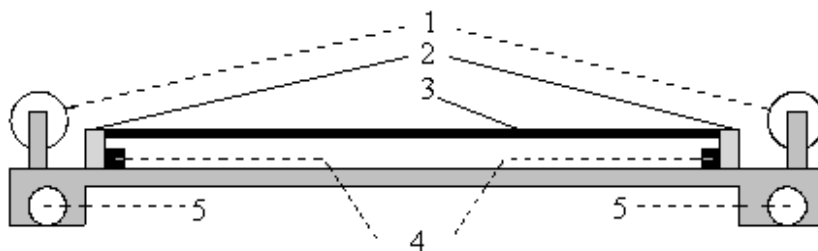


Fig. 1.2.11



Fig. 1.2.12

ele ies de pe piste. În afară de aceasta bara mai servește și pentru direcționarea deformației de comprimare a resorturilor fixate pe ea.

Pentru instalarea planului și susținerea barei senzorilor (fig. 1.2.9) se folosesc trei bare scurte (fig.

1.2.12).

Planul se instalează după cum urmează:

1. Pe suportul vertical din dreapta (fig. 1.2.7) se îmbracă o mufă, în care este fixată o bară scurtă (fig. 1.2.12);
2. Prin orificiul 5 din stânga al ramei planului (fig. 1.2.11) se introduce o altă bară scurtă (fig. 1.2.12), iar apoi prin ambele extremități ale barei se îmbracă câte un inel de masă plastică, care împiedică alunecarea ramei de-a lungul barei;
3. Pe extremitățile barei scurte se îmbracă câte o mufă, care apoi se îmbracă simultan pe suporturile verticale din stânga (fig. 1.2.7) ale stativului, partea din dreapta a planului sprijinindu-se pe bara fixată pe suportul din dreapta;
4. Se alege, reieșind din condițiile experienței, poziția planului și se strâng șuruburile de stopare a mufelor.

Observație 1. Planul înclinat trebuie aibă o stabilitate cât mai bună. De aceea, în cazurile când nu se folosesc talere cu greutate, planul trebuie instalat cât mai jos posibil.

Observație 2. În unele experiențe figurează relații ce conțin funcții trigonometrice ale unghiului de înclinație α a planului față de orizontală. Ele se calculează măsurând cu rigla două catete sau o catetă și ipotenuza triunghiului dreptunghic. O catetă este distanța dintre suporturile verticale, iar cealaltă – distanța dintre nivelele la care se află mufele ce susțin barele planului înclinat. Ipotenuza poate fi determinată cu ajutorul riglei fixate pe planul înclinat.

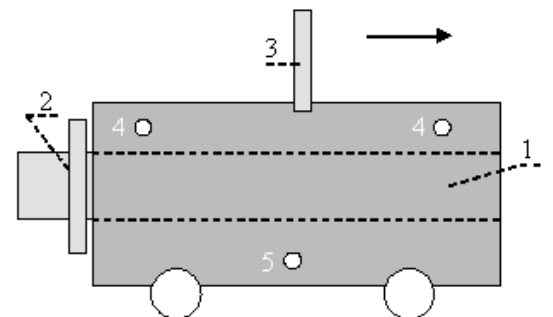


Fig. 1.2.13

Cărucioarele cu accesorii

În Trusa de Mecanică se folosesc două cărucioare. Fiecare cărucior reprezintă un paralelipiped cu două axe pe care sunt fixate patru roți, reprezentând niște rulmenți fini (fig. 1.2.13). Căruciorul este prevăzut cu un orificiu axial filetat 1, în care poate fi înșurubat bulonul 2 cu orificiu axial ce servește pentru ajustarea fină a poziției inițiale a căruciorului (este important în experiențele în care mobilul trebuie să aibă viteza inițială nulă). Pe fața de sus a căruciorului mai este un orificiu filetat, în care se înșurubează obturatorul cilindric 3 cu

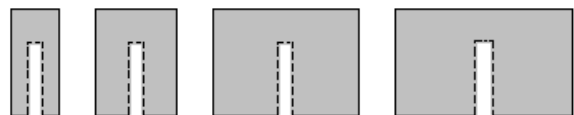


Fig. 1.2.14

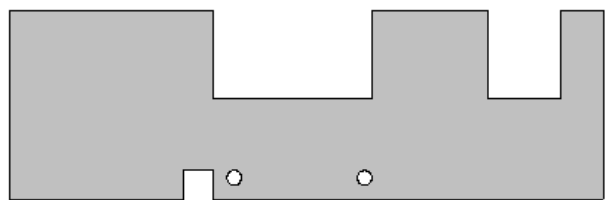


Fig. 1.2.15

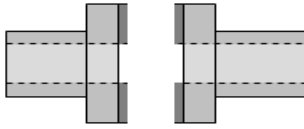


Fig. 1.2.16

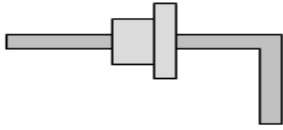


Fig. 1.2.17

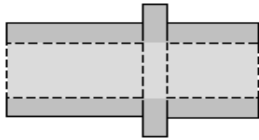


Fig. 1.2.18

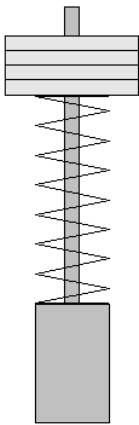


Fig. 1.2.21

bulon sau cilindru nu se deșurubează acționând asupra capătului liber ci acționând cu un corp ascuțit asupra capătului fixat al resortului urmând filetul.

Printre cele 6 resorturi comprimabile sunt 2 cu constante de elasticitate mici. Cu ele se poate verifica direct

diametrul de 5 mm . Pe acest obturator pot fi îmbrăcate pe rând alte patru obturatoare cu diametrele de 10,15, 20 și 25 mm (fig. 1.2.14), care se folosesc pentru determinarea vitezei medii și instantanee a mobilului, dar și în alte experiențe. Pe fețele laterale a căruciorului (fig. 1.2.13) mai sunt două orificii filetate 4 și un orificiu filetat 5. Orificiile 4 se folosesc pentru fixarea obturatorului plan cu dimensiunile raportate ca 1:3:5:7:9 (fig. 1.2.15) cu ajutorul a două șuruburi. Acest obturator servește pentru determinarea accelerației mobilului, precum și pentru verificarea experimentală a cunoscutei proprietăți a mișcării uniform accelerate fără viteză inițială: Distanțele parcurse la mișcarea uniform accelerată fără viteză inițială în intervale consecutive egale de timp se raportează ca șirul numerelor impare.

În orificiul 1 (fig. 1.2.13) se mai pot înșuruba și buloanele cu material adeziv, având orificii axiale pentru bara directoare (fig. 1.2.16). Acestea fiind înșurubate în ambele cărucioare asigură lipirea lor după ciocnire. Ele se folosesc la verificarea experimentală a legii conservării impulsului la ciocnirile plastice. În orificiul 5 al căruciorului (fig. 1.2.13) se înșurubează

indicatorul poziției acestuia (cu contrapiuliță) (fig. 1.2.17).

În componența trusei de mecanică mai intră 2 buloane (fig. 1.2.18) cu filet special pentru fixarea celor 6 resorturi comprimabile cu diferite constante de elasticitate. Bulonul cu resortul fixat poate fi înșurubat în orificiul filetat 1 (fig. 1.2.13). Dacă în unul din cărucioare este înșurubat un bulon cu resort (fig. 1.2.19), iar în altul – un bulon cu material adeziv (fig. 1.2.16), atunci ultimul servește ca suprafață de sprijin pentru resort și astfel se asigură interacțiunea elastică dintre cărucioarele situate pe plan. Resorturile comprimabile mai pot fi fixate și la unul din capetele barei directoare cu ajutorul unui cilindru cu filet special pentru înșurubarea resorturilor (fig. 1.2.20). Cilindru se fixează pe bara directoare cu ajutorul unui bulon mic. Resortul înșurubat pe

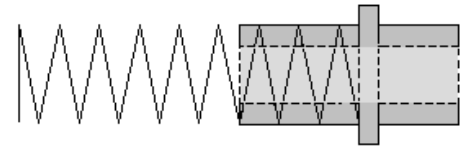


Fig. 1.2.19

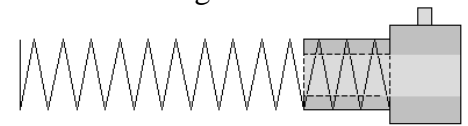


Fig. 1.2.20

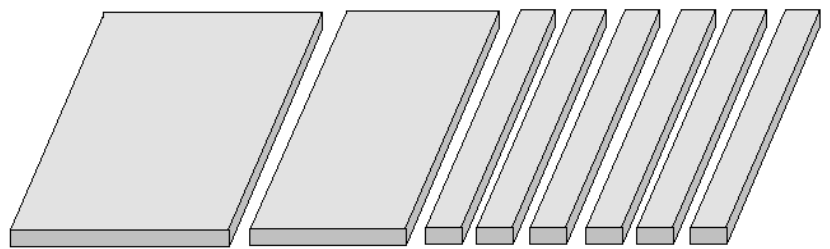


Fig. 1.2.22

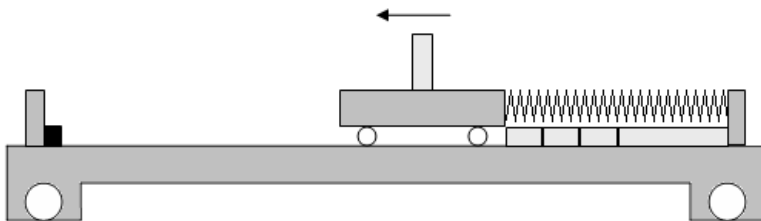


Fig. 1.2.23



Fig. 1.2.24



Fig. 1.2.25

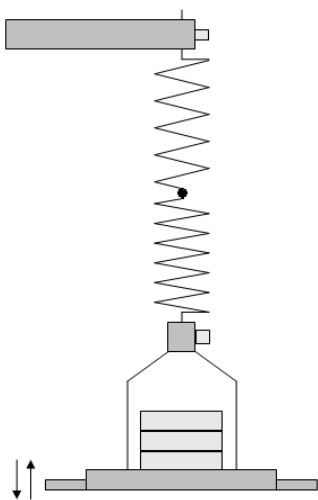


Fig. 1.2.28

se poate studia mișcarea acestuia sub acțiunea forței de elasticitate și verifica experimental teorema despre variația energiei cinetice, conservarea energiei mecanice, formula perioadei oscilațiilor căruciorului etc. Folosind analog și celălalt arc cu

cârlige se pot studia oscilațiile căruciorului sub acțiunea ambelor arcuri legate în paralel (fig. 1.2.27). În aceste experiențe nu se folosește bara directoare. De aceea ele se vor efectua cu atenție deosebită, pentru a evita căderea căruciorului de pe plan. Resorturile extensibile fără cârlige (fig. 1.2.25) se utilizează la verificarea legii conservării energiei mecanice, legii lui Hooke și legilor

legea lui Hooke folosind o bară specială (fig. 1.2.21) și cele 6 mase de 50 g sau alte mase mai mici. Totodată se determină și constanta de elasticitate a resortului respectiv.

Cu ajutorul resorturilor comprimabile în unele experiențe se imprimă viteză căruciorului.

Dacă se dorește repetarea acestei viteze de mai multe ori (N ori), atunci se folosește un set de plăcuțe de diferite dimensiuni (fig. 1.2.22). Situând la una din extremitățile planului un anumit număr de plăcuțe și comprimând cu căruciorul resortului fixat pe bara directoare ori în cărucior până când acesta se sprijină de plăcuțe obținem una și aceeași deformare a resortului ori de câte ori dorim. La eliberarea căruciorului vom obține o anumită viteză a acestuia, de asemenea, de câte ori dorim (fig. 1.2.23). Dacă dorim să repetăm seria de măsurări cu altă viteză a căruciorului este suficient să adăugăm ori să

înlăturăm o plăcuță subțire. Plăcuțele subțiri pot fi așezate cu partea îngustă de 5 mm ori cu cea lată de 8 mm. Astfel în unele cazuri se pot efectua până la $n = 11$ serii a câte $N \geq 10$ măsurări.

În experiențe se folosesc, de asemenea, 4 arcuri extensibile – 2 cu cârlige (fig. 1.2.24) și 2 fără cârlige (fig. 1.2.25). Cârligul din stânga (fig. 1.2.24) se agață de suportul barei directoare (fig. 1.2.11), iar cel din dreapta se îmbracă pe un bulon cu material adeziv (fig.1.2.16) folosind orificiile acestuia.

Înșurubând bulonul într-un cărucior situat pe un plan orizontal (fig. 1.2.26) sau înclinat

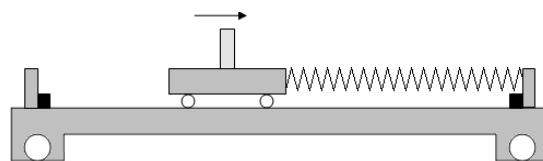


Fig. 1.2.26

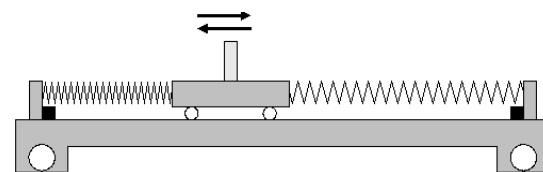


Fig. 1.2.27

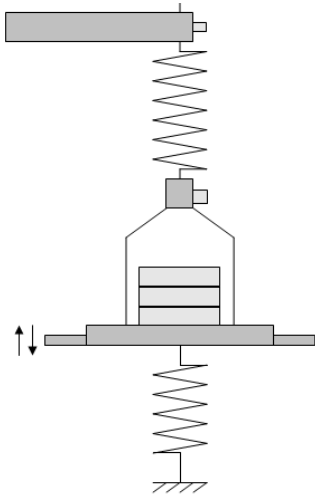


Fig. 1.2.29

paralel cu planul. De capătul firului se atâră unul din talere: cu obturator, dacă dorim să aflăm viteza talerului (fig. 1.2.31 a) sau fără obturator, dacă de viteza talerului nu avem nevoie (fig. 1.2.31 b).

În experiențe se folosesc 6 mase de $(50,0 \pm 0,5) g$ fiecare, care au formă cilindrică cu orificiu de 5 mm pentru a putea fi îmbrăcate pe obturatoarele cărucioarelor, ale paralelipipedelor de lemn sau ale cilindrului filetat a talerului cu obturator, astfel măbind treptat masa căruciorului, a paralelipipedului sau a talerului. Cum la mișcarea căruciorului pe pistele planului frecarea este foarte mică, accelerarea lui cu mase de 50 g puse pe talerul legat de cărucior, se recomandă numai în situații speciale, întrucât accelerația mobilului poate fi prea mare. Aceasta se poate face cu mase cu mult mai mici de ordinul câtorva grame.

oscilatorului armonic în special pe verticală (fig. 1.2.28). În poziție verticală resortul se fixează în felul următor. Un capăt al resortului se fixează în bara scurtă din fig. 1.2.12, iar celălalt capăt se fixează într-un cilindru special cu tăietură pentru toarta talerului prevăzut cu obturator. Sistemul astfel obținut se fixează cu o mufă pe stativ. Obturatorul talerului, trecând printre brațele unui senzor, face ca cronometrul să măsoare timpul de acoperire, ceea ce ne dă posibilitatea determinării vitezei talerului în diferite poziții ale acestuia. Analog poate fi determinată perioada oscilațiilor talerului de diferite mase. Cele două resorturi fără cârlige pot fi legate atât în serie cât și în paralel (fig. 1.2.28, fig. 1.2.29).

În experiențele de dinamică se folosește o scoabă 2 cu orificii 1 (fig. 1.2.30) pentru legarea firelor. Ea se fixează pe cărucior cu ajutorul unei piulițe 3 și a obturatorului 4 cu diametrul de 5 mm.

Scoaba este confecționată astfel încât firul trecut peste scripete să fie

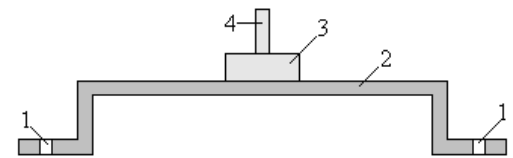


Fig. 1.2.30

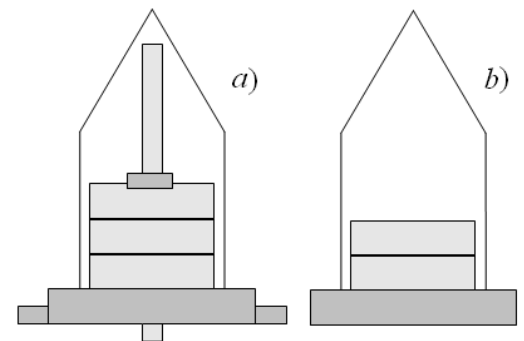


Fig. 1.2.31

Set pentru studiul mișcării sub acțiunea forței de greutate

Căderea liberă se studiază cu ajutorul unui cilindru 1 cu un capăt plat și altul conic în care este fixat un obturator plan 2 cu lățimea de 10 mm (fig. 1.2.32). Cilindrul se sprijină de bulonul 3 înșurubat în cilindrul 4 fixat în mufă, și apoi se eliberează. Căzând vertical, obturatorul plan întretaie fascicolul unui senzor sau fascicolele a doi senzori în dependență de experiență. Capătul cilindrului s-a ales în formă de con pentru a minimaliza forța de rezistență frontală a aerului. Eliberarea cilindrului trebuie să se facă în așa fel încât acesta să nu se rotească în procesul căderii. În caz contrar nu se va cunoaște grosimea obturatorului ce întretaie fascicolul și, prin urmare, nu se va

putea determina viteza corpului în cădere. Corpul conic trebuie să cadă pe ceva moale pentru a nu deteriora masa.

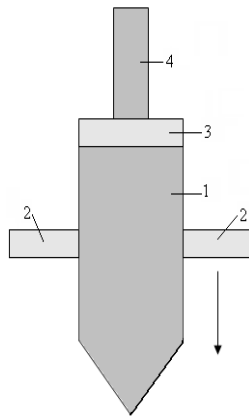


Fig. 1.2.32

Pendulul gravitațional reprezintă un cilindru cu diametrul de 10 mm (pot fi folosite și obturatoarele cilindrice din *fig.* 1.2.14)), de toarta căruia este legat un fir foarte subțire (*fig.* 1.2.33). Cilindrul servește totodată și ca obturator. Pentru a obține pendulul propriu zis celălalt capăt al firului se trece prin orificiul bulonului 3 (*fig.* 1.2.32) înșurubat în cilindrul 4. Ultimul este prevăzut cu un orificiu axial ce trece în oblic. Firul trecut prin acest orificiu se înfășoară pe gâtul cilindrului. Făcând ca pendulul – obturator după abaterea sa să treacă printre brațele unui senzor se poate determina viteza lui în punctul dorit al traiectoriei. Știind înălțimea la care se află acest punct se poate verifica experimental conservarea energiei mecanice. Analog poate fi măsurată perioada oscilațiilor pendulului în dependență de lungimea lui. Cu ajutorul acestei dependențe poate fi determinată accelerația gravitațională. Există și alte posibilități.

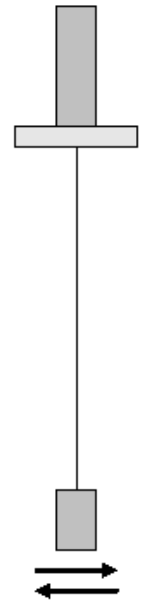


Fig. 1.2.33

Set pentru studiul frecării

În studiul frecării se utilizează o placă de lemn (*fig.* 1.2.34) care poate fi fixată pe plan. În continuare poate fi studiată alunecarea unui paralelipiped (*fig.* 1.2.35) din lemn moale sau din lemn tare pe una din suprafețele plăcii menționate în dependență de aria suprafeței de contact și de masa lui, putându-se determina forța și coeficientul de frecare la alunecare. Paralelipipedul este prevăzut cu o gaură pentru obturator pentru cazurile când e necesară viteza lui la alunecare. El de asemenea este prevăzut cu 4 cârlige pentru a putea fi legate fire și tras în jos sau în sus de-a lungul planului. Pe obturator se pot îmbrăca până la 6 mase a câte 50 g. Pentru studierea frecării dintre suprafața metalică a planului și materialul lemnos se folosesc alte două paralelipiede (din lemn moale și tare) cu câte două cârlige fiecare. Cârligele sunt plasate astfel încât firul legat de unul din ele și apoi trecut peste scripete să fie paralel cu planul orizontal sau înclinat. În acest caz în ecuațiile mișcării va apărea numai componenta paralelă planului a forței de tensiune a firului.



Fig.1.2.34

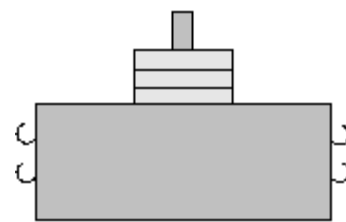


Fig.1.2.35