

Anca Muntean Itu

Loredana Brad

Coordonator  
Conf.dr.ing. Daniela Opruță

# **SolidWorks 2000**

## **Îndrumător de lucrări de laborator**

**Editura TODESCO**  
**2001**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Na]ionale a Rom\$niei**

**MUNTEANU-ITU ANCA**

**SolidWorks 2000: ^ndrum@tor de lucr@ri de**

**laborator / asist. Ing. Anca Muntean Itu, asist. Ing.**

**Loredana Brad; coord.: prof.dr.ing. Daniela Opru]a –**

**Cluj-Napoca : Todesco, 2002**

p.; cm.

Bibliogr.

ISBN 973-8198-14-3

I. Brad, Loredana

II. Opru]a, Daniela (coord.)

004.42

Toate drepturile asupra acestei edi]ii apar]in autorilor

Toate drepturile rezervate. Tipărit în România. Nici o parte din această lucrare nu poate fi reproducă sub nici o formă, prin nici un mijloc mecanic sau electronic, sau stocată într-o bază de date fără acordul în prealabil scris al editurii.

All rights reserved. Printed in Romania. No parts of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a base or retrieval system, without the prior permission of the publisher.

## CUPRINS

<b>Introducere</b>	<b>3</b>
<b>Laborator nr. 1</b>	<b>9</b>
<b>Lansarea în execuție a programului</b>	<b>9</b>
<b>Crearea unei piese</b>	<b>9</b>
<b>Realizarea schiței modelului piesei</b>	<b>12</b>
<b>Modificarea obiectelor desenate în plan</b>	<b>13</b>
<b>Crearea parametrilor dimensionali</b>	<b>15</b>
<b>Starea unei schițe</b>	<b>15</b>
<b>Exemplu de creare a unei piese</b>	<b>16</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>27</b>
<b>Laborator nr. 2</b>	<b>29</b>
<b>Introducere - Corpuri de rotație, comanda SWEEP</b>	<b>29</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>34</b>
<b>Laborator nr. 3</b>	<b>35</b>
<b>Introducere- comenzi SHELL, PATTERN și MIRROR</b>	<b>35</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>40</b>
<b>Laborator nr. 4</b>	<b>41</b>
<b>Introducere- Comenzi de asamblare</b>	<b>41</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>48</b>
<b>Laborator nr. 5</b>	<b>49</b>
<b>Introducere- Crearea formelor neconvenționale – comanda LOFT</b>	<b>49</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>54</b>
<b>Laborator nr. 6</b>	<b>55</b>
<b>Introducere- Schițarea tridimensională</b>	<b>55</b>
<b>Recapitularea comenzi folosite</b>	<b>58</b>
<b>Laborator nr. 7</b>	<b>59</b>
<b>Introducere - Realizarea unui desen în plan</b>	<b>59</b>

<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>66</b>
<b>Laborator nr. 8</b>	<b>67</b>
<b>Introducere - Realizarea unui desen în plan – (continuare)</b>	<b>67</b>
<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>72</b>
<b>Laborator nr. 9</b>	<b>73</b>
<b>Introducere – Comenzi de asamblare II</b>	<b>73</b>
<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>78</b>
<b>Laborator nr. 10</b>	<b>79</b>
<b>Introducere - „Explodarea” asamblării</b>	<b>79</b>
<b>Laborator nr. 11</b>	<b>85</b>
<b>Introducere - comanda CIRCULAR PATTERN pentru obținerea modelelor complicate</b>	<b>85</b>
<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>88</b>
<b>Laborator nr. 12</b>	<b>89</b>
<b>Introducere - Utilizarea modulului PhotoWorks</b>	<b>89</b>
<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>96</b>
<b>Laborator nr. 13</b>	<b>97</b>
<b>Introducere - Utilizarea modulului PhotoWorks - continuare</b>	<b>97</b>
<b>Recapitularea comenzilor folosite</b>	<b>102</b>
<b>Laborator nr. 14</b>	<b>103</b>
<b>Introducere - Utilizarea modulului Animator</b>	<b>103</b>
<b>Anexa</b>	<b>107</b>
<b>Obținerea găurilor speciale</b>	<b>107</b>

## INTRODUCERE IN SOLID WORKS

*Îndrumătorul de lucrări de laborator pentru utilizarea pachetului de programe **SolidWorks** este conceput ca o serie de exerciții pe parcursul cărora sunt prezentate cele mai importante comenzi ale softului. Se adresează în special studenților, care, pe parcursul a paisprezece lucrări de laborator, sub forma unor exemple intuitive, au posibilitatea să se familiarizeze cu crearea pieselor, a desenelor și a ansamblurilor și să exerseze modelarea celor mai răspândite caracteristici constructiv-tehnologice utilizate în cadrul sistemelor de automatizare a proiectării mecanice.*

**SolidWorks** este un pachet de programe de modelare geometrică tridimensională (3D) produs de firma SolidWorks Corporation din Statele Unite și este destinat în principal automatizării proiectării mecanice. Lucrează sub mediul Windows și beneficiază de interfață grafică a acestuia.

Concepțut pe o arhitectură extrem de simplă, fiabilă și prietenoasă, SolidWorks cuprinde toate facilitățile majore ale unui pachet de programe pentru proiectarea asistată de calculator. Dispune de un nucleu geometric propriu, având modulul de desenare integrat. Strategia de modelare are ca punct de pornire proiectarea bazată pe caracteristicile constructiv-tehnologice ale reperelor, continuând cu realizarea ansamblurilor, cotarea funcțională și generarea semi-automată a desenelor de execuție. Principalele caracteristici ale softului sunt următoarele:

- abilitatea de a identifica, modifica și comunica intenția de proiectare de-a lungul întregului proces de construcție. Acest lucru este posibil datorită modulului de modelare structurat ierarhic care înregistrează procesul de construcție într-un mod transparent și accesibil proiectantului, facilitând în orice moment modificarea dimensiunilor, relațiilor și a geometriei piesei;
  - facilitățile de modelare a ansamblurilor permit stabilirea de suprafețe de referință pentru montaj, introducerea constrângerilor geometrice ca bază de poziționare a componentelor, reprezentarea desfășurată a ansamblului, detectarea zonelor de interferență între componente și modificarea pieselor în context. Ansamblurile pot fi reorganizate pe nivele de subansamble prin utilizarea modului "Feature Manager Tree". De asemenea, sunt incluse posibilități de identificare și definire automată a relațiilor de asamblare și a suprafețelor conjugate, precum și analiza variantelor posibile de asamblare cu ajutorul modulului "Assembly Configurations";
  - generarea rapidă, direct din modelul tridimensional, a documentației 2D formată din vederi, secțiuni, detalii cote, toleranțe, elemente de text, tabel de componență și liste de materiale. Documentația este într-o corespondență permanentă cu modelul geometric, astfel încât orice modificare operată în model se reflectă automat în documentația 2D.;
  - în domeniul modelării suprafețelor, poate genera forme complexe;
- realizează importul și exportul pentru fișiere de tip IGES, STEP, DXF, VRML, STL.

**SolidWorks** utilizează metoda generării corpurilor solide prin caracteristici, una dintre cele mai utilizate tehnici de modelare a corpurilor 3D. Se pornește de la un contur desenat în 2D, din care se generează *blocul grafic de construcție de bază*. Un bloc grafic de construcție este o formă de bază căreia își aplică caracteristicile constructiv-tehnologice. Blocurile sunt de două tipuri: cu geometrie implicită (teșituri, racordări, rotunjiri) și cu geometrie explicită (elementul de bază fiind forma secțiunii). Blocurile grafice de construcție cu geometrie explicită definesc forma de bază a piesei, care se obține întotdeauna prin adăugare de material. Un astfel de bloc se creează prin extrudarea sau rotirea în jurul unei axe a unei secțiuni. Se pot de asemenea crea secțiuni orientate care se utilizează pentru generarea suprafețelor sau a corpurilor solide. După realizarea formei de bază a piesei urmează crearea celorlalte blocuri grafice de construcție, care pot fi de tipul adăugare sau înlăturare de material. Acestea se leagă

de forma de bază, după o structură arborescentă. și apoi se adaugă celelalte elemente de construcție necesare finalizării modelului. Operațiile principale prin care se realizează elementul de bază sunt extrudarea (pentru corpușe prismatice) și rotația unui contur în jurul unei axe (pentru corpușe de revoluție).

**SolidWorks** păstrează istoria etapelor de creare a pieselor din elemente, precum și relațiile și regulile cărora li se supun acestea. Datorită acestui fapt, geometria piesei poate fi modificată prin schimbarea valorii dimensiunilor, a caracteristicilor, a primitivelor sau a secțiunilor care au fost utilizate în crearea piesei. Aceasta se realizează pe baza geometriei variaționale, prin rezolvarea ecuațiilor după ce s-au efectuat modificări asupra dimensiunilor sau constrângerilor.

Modelarea bazată pe caracteristici ușurează crearea și modificarea modelului piesei. Acest tip de modelare apropiș procesul de modelare geometrică de procesul tehnologic. În acest fel, modelarea devine parametrizată, iar proiectantul își poate defini, pe lângă caracteristicile existente, altele noi care se stochează în baza de date comună.

### Definirea unei piese

La un nivel simplificat, o piesă este construită dintr-o formă de bază căreia î se aplică caracteristicile constructiv-tehnologice.

La un nivel superior, o piesă este o colecție de date de următorul tip:

- topologia-volumul, suprafața, muchiile, cotele și vertecșii;

- secvența etapelor de construire a piesei (istoria) cuprinzând și operațiile aplicate entităților și relațiile predecessor-urmaș introduse;

- atributele articolului: codul piesei, versiunea, data creării, data modificării;

- atributele piesei: culoarea, materialul, lumina, proprietățile de masă, comentarii.

Pentru fiecare piesă creată se păstrează înregistrările tuturor evenimentelor de modelare care s-au produs pe parcursul construirii ei. Predominant, aceste înregistrări reprezintă o colecție de evenimente de extrudare, tăiere, găuriere etc. dar și informații privind orientarea suprafețelor sau volumelor, relațiile predecesor-succesor și topologia suprafețelor. Istoricul piesei prezintă o structură arborescentă formată din noduri și arce. Nodurile sunt legate prin arce în măsura în care construcția implică operații între două piese. Arcele pot uni de asemenea punctele în care piesa a fost creată sau montată.

### Crearea pieselor

Pentru a se evita confuziile privind terminologia utilizată în modelarea geometrică, termenii de creare, construcție și modificare, se vor utiliza în continuare cu următoarele semnificații:

- *crearea* reprezintă operația de generare, pornind de la nimic, a geometriei piesei în spațiul de modelare;
- *construcția* reprezintă operația prin care o entitate este utilizată pentru modificarea altelor entități rezultând o singură entitate nouă. De exemplu: alezarea, tăierea, rotunjirea;
- *modificarea* reprezintă operația prin care geometria unei entități este schimbată esențial. De exemplu, o modificare are loc prin schimbarea valorilor dimensiunilor. Schimbarea culorii unui segment de dreaptă nu reprezintă o modificare.

Proiectarea de "jos în sus" este un proces evolutiv cuprinzând crearea, modificarea și construcția piesei. Se începe cu crearea geometriei wire-frame a piesei, un desen 2D care poate fi format din segmente de dreaptă, puncte, arce, cercuri, dreptunghiuri, curbe spline, etc. Se modifică apoi geometria piesei prin atribuirea de valori reale dimensiunilor, prin modificarea unghiurilor, divizarea, ajustarea, etc. Atunci când conturul (desenul 2D) este considerat corespunzător se trece la generarea blocului de construcție, prin aplicarea operațiilor de extrudare sau revoluție, rezultând astfel forma generică a reperului. Aceste procese de creare, modificare și construcție pot continua până la transformarea formei de bază într-o piesă cu o

geometrie complexă. În cadrul acestui proces evolutiv nu există restricții privind un anumit proces sau o anumită ordine.

### **Etapele generării modelului**

Activitatea de proiectare începe cu generarea modelului geometric al produsului. Pe tot parcursul acestei activități trebuie avută în vedere și posibilitatea fabricării produsului respectiv. Se stabilește în ce măsură piesa respectivă este dependentă sau nu de alte piese în cadrul ansamblului. Se poate începe cu proiectarea ansamblului (proiectare de tipul de "sus în jos") și apoi extragerea reperelor sau se proiecteză piesele (proiectare "de jos în sus") și apoi se asamblează. Înainte de a se începe proiectarea unei piese trebuie luate în considerare următoarele:

- caracteristicile funcționale;
- procedeul de fabricație;
- caracteristicile suprafețelor - funcționale sau secundare;
- dacă proiectarea se poate face prin metoda tehnologiei de grup;

### *Crearea geometriei de bază*

Dacă piesa face parte dintr-o familie de repere, alegerea formei de bază trebuie să țină seama de geometria generală. Forma de bază se generează ca și contur în planul de lucru. Dacă se alege ca element de bază un bloc de construcție, acesta se poate genera din conturul 2D prin operația de extrudare, prin revoluție, prin alunecarea unei generatoare față de o curbă directoare (sweep) sau prin trasarea unui contur pe baza unor secțiuni aflate în planuri diferite (loft).

### *Construcția*

Construcția pieselor reprezintă operația de creare a unei piese noi din geometria deja existentă. Se poate construi o piesă individual sau în cadrul unui ansamblu. Construind piesa în cadrul unui ansamblu, se poate folosi geometria și orientările celorlalte instanțe ale planului de lucru. Se pot construi piese în contextul unui ansamblu în două feluri:

- utilizând modalitatea de schițare în planul selectat pe una dintre fețele piesei, creând conturul, apoi aplicând extrudarea sau rotația pentru obținerea unei noi caracteristici a piesei;
- utilizând comenzi de tipul *Fillet*, *Chamfer*, *Shell*, *Draft*, *Material Side* și *Extract* pentru a continua construcția pieselor existente sau a caracteristicilor.

Se stabilește în continuare ordinea în care se introduc caracteristicile. La început se construiesc caracteristicile definitorii pentru forma piesei, cele care o disting de alte piese și care pot fi derivate din blocul de construcție de bază. Se stabilește strategia de construcție luând în considerare realizarea fiecărei caracteristici : prin adăugare de material, prin înlăturare de material, rotunjire, raccordare, teșire, etc.

Dacă o caracteristică apare de mai multe ori, instanțele pot fi generate individual sau se pot obține în urma unei operații de copiere multiplă. Dacă caracteristicile sunt simetrice se poate utiliza operația de simetrizare (oglindire) față de un plan sau o axă. Caracteristicile cu rol estetic se adaugă la sfârșit.

### **Strategia generală de modelare a pieselor**

Pentru a se stabili cea mai bună metodă de modelare a unei piese, trebuie dezvoltată o strategie. O strategie eficientă trebuie să ia în considerare utilizarea finală a piesei, modificările necesare, tipul proiectului; crearea unei piesei noi, modificarea uneia existente, actualizarea catalogelor.

Indiferent de tipul proiectului este necesar să se ia în considerare următoarele aspecte:

- condițiile reale la care sunt supuse entitățile proiectului;

- fețele sau suprafețele tehnologice;
- parametrii cei mai importanți.

Caracteristicile și parametrii critici, trebuie modelați primii, în aşa fel încât dacă parametrii cheie se schimbă, etapele de proiectare să fie automat actualizate.

#### *Modificarea unui corp solid*

Modificarea geometriei 3D a unei piese complexe proiectate de altcineva este o sarcină dificilă. Această muncă ar putea fi mult mai ușoară dacă proiectantul ar modela inițial piesa într-o ordine logică, cu anticiparea tipurilor de modificări care se pot produce pe parcurs. Este important să se prevadă de la început domeniul de variație pentru fiecare parametru. Dacă se previzionează modificări ale proiectului pe scară largă este bine ca profilul 2D al piesei să se supună complet condițiilor geometrice, reflectându-se astfel intențiile proiectantului. Un alt aspect important este gradul de detaliere al fiecărui contur. Istoria etapelor de creare este mai ușor de descifrat dacă acesta a fost construit detaliat. În caz contrar, tehnologul care preia proiectul s-ar putea să înțeleagă greșit intențiile proiectantului. Spre exemplu, o rază mică de răcordare s-ar putea să fie ignorată de programele care fac analiza elementului finit. De aceea este indicat ca acele caracteristici care sunt utilizate numai de anumite aplicații CAM sau CAE să fie aplicate la sfârșit pentru a putea fi ușor evidențiate sau șterse.

#### *Asociativitatea*

Pentru menținerea asociativității, fiecărei caracteristici adăugate i se va asocia o relație față de piesă. Asociativitatea dintre piesă și caracteristică se poate defini în mai multe moduri:

- direct - se creează caracteristicile prin desenarea 2D pe o față a piesei, iar condițiile geometrice și dimensionale se aplică față de muchiile acesteia;
- indirect - dacă elementul față de care se stabileste relația de asociativitate nu se află în același plan cu schița. În această situație se utilizează opțiunea *Focus* pentru a se proiecta în alt plan vertexul față de care se stabileste relația de asociativitate;
- prin menținerea asociativității. În procesul generării suprafețelor, se aplică geometria relațională, planul de referință sau sistemul de coordinate și se desenează în plan pentru a se menține asociativitatea;
- prin operații Booleene. În cazul utilizării caracteristicilor de tipul *Cut*, *Join*, *Intersect*, se utilizează opțiunea *Relations On* dacă se dorește modificarea ulterioară a asociativității.

Proprietatea de asociativitate se poate pierde atunci când modificările dimensionale determină dispariția unor elemente față de care s-au stabilit astfel de relații. De exemplu, rotunjirile sunt caracteristici atașate muchiilor. Dacă se produce o modificare topologică, s-ar putea ca proiectantul să dorească să rotunjească și celelalte muchii. În acest caz, în istoria piesei se introduc etape pe care tehnologul de exemplu s-ar putea să nu le înțeleagă corect. Modul corect de lucru ar consta în selectarea caracteristicii *Fillet* (rotunjire) și modificarea ulterioară a muchiilor.

O mare parte din problemele care apar prin modificarea ulterioară a geometriei pieselor se pot evita prin introducerea ecuațiilor care stabilesc în mod inechivoc relațiile dintre dimensiunile caracteristicilor și ale entităților piesei. În aceste caz, pentru introducerea unor modificări, se afișează numai cotele independente, cele dependente schimbându-se automat.

#### *Aplicarea caracteristicilor*

După crearea blocului de construcție de bază (care de fapt nu este diferit de o altă caracteristică, dar este construit primul) se adaugă celelalte caracteristici. În cadrul strategiei de construire a caracteristicilor trebuie avute în vedere următoarele criterii:

- construcția prin utilizarea unui număr minim de pași;
- alegerea celei mai simple metode;
- păstrarea unei secvențe logice de generare a caracteristicilor.

### *Utilizarea unui număr minim de pași în generare*

Utilizarea unui număr mai mic de etape permite crearea eficientă a caracteristicilor și ușurează efectuarea modificărilor ulterioare. Structura arborescentă a istoricului piesei păstrează înregistrările tuturor operațiilor efectuate, chiar și a celor greșite. Păstrarea unor operații de construcție greșite, asupra cărora s-a revenit ulterior, lungește structura și introduce ambiguități. De aceea, aceste operații trebuie să fie sterse din structura arborescentă, pentru ca mărimea fișierului să fie mai mică și modificările ulterioare (efectuate poate de către un alt proiectant) să fie mai ușor de realizat.

Câteva indicații pot fi utile pentru simplificarea modului de lucru:

- să nu se proiecteze o piesă cuprinsă, cu geometrie complexă. Prin scăderea acesteia din piesa cuprinzătoare, piesa rezultată va conține istoria complexă a ambelor.
- nu este indicat ca un proiect al unei piese complexe să fie împărțit în cadrul unei echipe de lucru prin simpla secționare cu un plan. La reconstituirea piesei finale, istoricul piesei va avea o structură arborescentă enormă și va fi dificil de modificat ulterior. Este mai bine ca împărțirea unei piese complexe pentru lucrul în echipă să se facă în același mod în care se proiectează un ansamblu: din componente care se leagă între ele prin operații de construcție sau operații booleene. Va rezulta astfel o structură arborescentă simplificată și mai ușor de înțeles.

Dacă o piesă are caracteristici care se repetă este indicat să se utilizeze operațiile de simetrizare sau de multiplicare a entităților după un şablon. Programele de analiza elementului finit au tendința să caute simetriile și prelucrează doar un sfert sau o jumătate a modelului. De asemenea, proiectantul trebuie să aibă în vedere în permanență modul în care se va prelucra piesa. De aceea, dacă caracteristicile tehnologice sunt aplicate unui segment, simetrizarea acestuia, sau considerarea acestuia ca şablon, poate înlocui un bloc întreg de etape care se repetă.

### *Strategia de modificare a unei piese*

Strategia de modificare a unei piese trebuie să ia în considerare modul în care piesa a fost creată. Prin utilizarea opțiunii *Wireframe* se deschide conturul plan selectat, cu aceleași atribute pe care le-a avut inițial. Se pot schimba valorile dimensiunilor, constrângerile, curbele de definiție sau se pot redefini secțiunile care determină forma caracteristicii. Pentru efectuarea modificărilor, proiectantul trebuie să cunoască modul în care este definită asociativitatea. Fiecare tronson al secțiunii are asociată o etichetă cu un număr. Când secțiunea este extrudată, fiecare tronson generează o suprafață căreia i se asociază o etichetă cu un număr. Dacă pe parcursul construcției se atașează suprafeței o caracteristică, acesteia i se asociază eticheta cu numărul suprafeței, care este asociată secțiunii originale. Din acest motiv dacă secțiunea este ștearsă sau redefinită se pierde proprietatea de asociativitate cu caracteristica dependentă. Caracteristica nu dispăre, dar nu va mai fi asociată la secțiunea originală. Prin urmare, modificările operate asupra piesei originale nu afectează caracteristica. Pentru a nu se pierde asociativitatea este recomandabil să se facă modificări minime asupra formei secțiunii.

Modificarea caracteristicilor se face prin schimbarea valorii parametrilor definiți în procesul de creare a acestora. Dacă modificările se fac cu ușurință pentru caracteristicile descrise prin *Extrude* sau *Revolve*, în cazul celor definite cu *Sweep*, *Loft*, sau *Mesh of Curves* trebuie să se ia în considerare alte strategii. În primul rând se extrage caracteristica ca și piesă (cu ajutorul comenzii *Extract*). Pe urmă, se șterge vechea caracteristică și se aplică operații de construcție de tipul: *Cut, Join* sau *Intersect*. În al doilea rând, se extrage secțiunea originală utilizată pentru crearea caracteristicii. Pe urmă, se șterge caracteristica și se re-crează suprafața utilizând secțiunile rămase.

### ***Proiectarea ansamblelor***

În acest domeniu, **SolidWorks** permite utilizatorilor să definească și să organizeze structurile ansamblului. Proiectarea ansamblului a devenit un mediu foarte productiv pentru proiectarea și desenarea pieselor în context.

#### ***Funcțiile principale***

Funcțiile principale ale proiectării ansamblelor realizează următoarele:

- generarea structurilor de asamblare într-un mod productiv;
- proiectarea în contextul asamblării;
- abordarea de sus în jos (de la ansamblu la reper) și de jos în sus (de la reper la ansamblu) a proiectării asamblării;
- intervenția ingineriei concurente între proiectarea asamblării și proiectarea pieselor individuale;
- modalități avansate de poziționare a reperelor în cadrul ansamblului cu sau fără constrângeri;
- poziționarea dinamică a reperelor în procesul de ansamblare;
- prezintă un editor pentru structura ansamblului, care oferă o organizare intuitivă și eficientă a structurii în timpul modificării desenelor reperelor;
- analiza dinamică a definițiilor ansamblărilor, inclusiv detectarea coliziunii reperelor și funcții de analiză a ajustajelor;
- asigură independența structurii asamblării față de reprezentarea geometrică a componentelor;
- permite vizualizarea automată a ansamblului descompus în repere și generarea liste de materiale conform cerințelor beneficiarului;
- accesul direct la catalogul de repere și ansamble standard.

Pentru utilizarea acestui pachet de programe, utilizatorii au nevoie de cunoștiințe de bază despre modul de lucru sub mediul Windows și despre strategia generală de modelare a corpuri solide.

# LABORATOR nr. 1

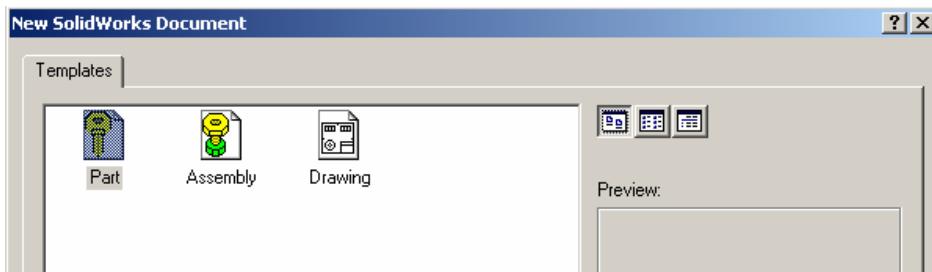
## 1. Introducere

Prezenta lucrare de laborator reprezintă o introducere în mediul de programe SolidWorks. Realizează o primă prezentare a comenziilor de desenare în plan și cuprinde noțiuni elementare de cotare. Pentru înțelegerea mai ușoară a modalităților de utilizare a comenziilor este prezentat un exemplu de creare pas cu pas a unui reper.

## 2. Lansarea în execuție a programului

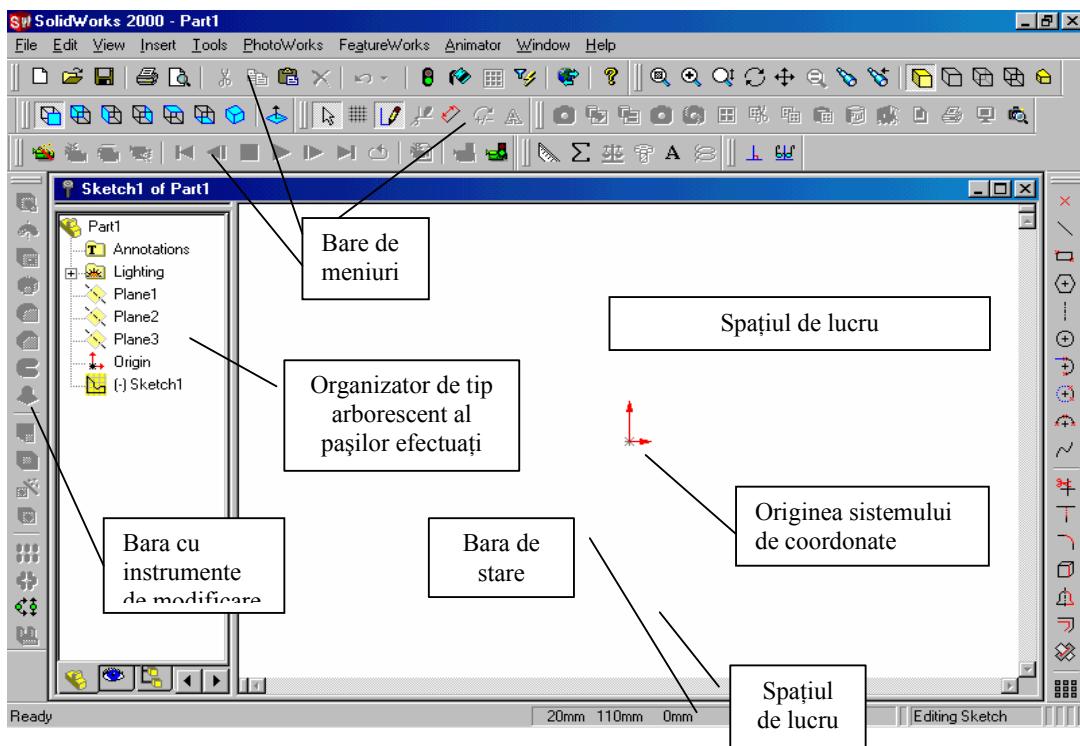
Pentru deschiderea unui document **SolidWorks** nou se poate alege între crearea unui reper, a unei asamblări sau realizarea unui desen cu mai multe vederi, pornindu-se de la elementul sau asamblarea dorită. (Figura 1.1)

**Figura 1.1**  
Fereastra de dialog pentru deschiderea unui document nou



## 3. Crearea unei piese

Pentru crearea unei noi piese se alege opțiunea "Part". Ca urmare, se afișează ecranul de bază **SolidWorks**, prezentat în figura 1.2. Acest ecran este împărțit în mai multe zone semnificative: meniurile, submeniurile, instrumentele și spațiul de lucru.



**Figura 1.2** Ecranul de bază SolidWorks

### 3.1 Realizarea schiței modelului piesei

Pentru desenarea schiței modelului se apelează comanda **2D SKETCH** din bara de instru-

meniu **INSERT, SKETCH**. Cu această comandă va fi deschisă o schiță în planul 1 (din cele trei prestabilite și afișate în Organizator). Originea schiței apare în centrul paginii.

La apelarea simbolului **SKETCH** se va derula o bară de instrumente care conține elementele de lucru necesare realizării schiței (prezentată în figura 1.3). Pe bara de stare va apărea mesajul “Editing sketch” iar în organizator va apărea **Sketch 1**.

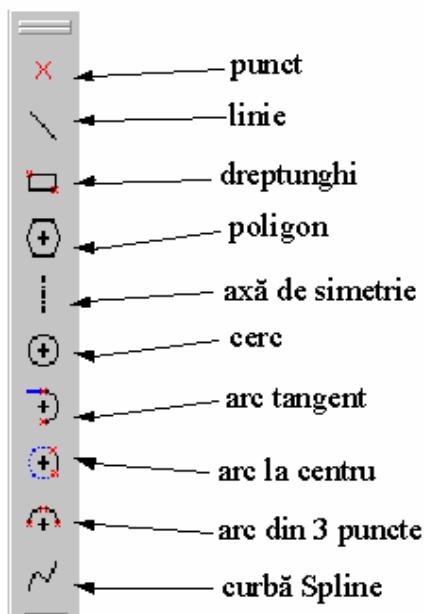


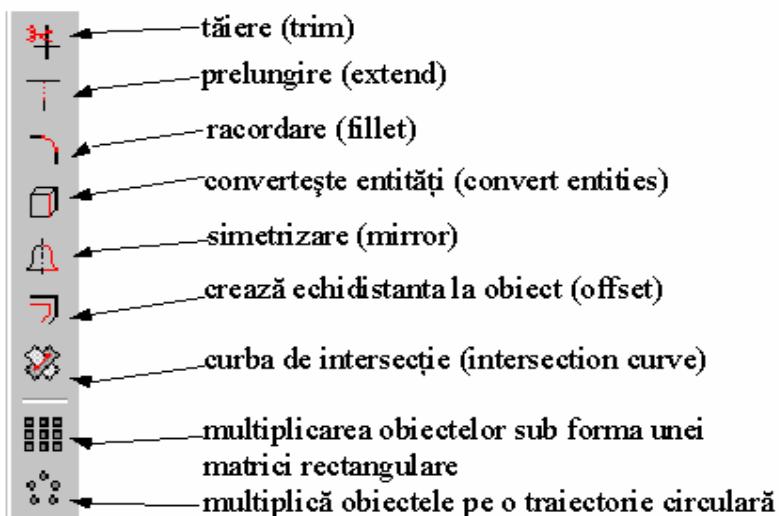
Figura 1.3 Caseta de instrumente pentru desenarea în plan

Desenarea obiectelor cu ajutorul acestor comenzi se realizează în următorii pași:

- se selectează comanda dorită din caseta cu instrumente sau din meniul de desenare;
- se poziționează cursorul în zona grafică de desenare și se apasă butonul din stânga al mouse-ului. Este indicat ca pentru prima comandă desenarea schiței să pornească din origine pentru a fi mai ușoara dimensionarea acestie;
- se ține butonul apăsat și se deplasează cursorul până în poziția dorită, unde se eliberează. În timpul deplasării cursorului dimensiunile sunt afișate dinamic pe ecran;
- pentru desenarea arcelor de cerc se apasă din nou butonul din stânga al mouse-ului și se deplasează cursorul pentru stabilirea lungimii și a direcției arcului de cerc sau pentru selectarea elementului la care va fi tangent;
- în cazul curbelor Spline se indică cu mouse-ul punctele de inflexiune, în mod repetat, până la obținerea formei finale.

### 3.2 Modificarea obiectelor desenate în plan

Modificările se realizează cu ajutorul instrumentelor de modificare, aflate în continuarea casetei de desenare și prezentate în figura 1.4, sau prin apelarea acestora din meniul *Tools*, submeniu *Sketch Tools*.



*Figura 1.4 Caseta de instrumente pentru modificarea desenelor*

Se vor prezenta în continuare comenzi de modificare și funcțiile acestora.

#### *Comanda de tăiere (Trim)*

Semnificația acestei comenzi este de a tăia, a nivela, a îndrepta. Practic, se elimină acele părți dintr-un obiect care depășesc o anumită frontieră definită ca muchie tăietoare. Muchia tăietoare reprezintă orice alt obiect care îl intersectează (linie, arc, cerc, elipsă, curbă Spline sau linie ajutătoare). Comanda se aplică în felul următor:

- se selectează comanda *Trim*;
- se selectează cu ajutorul mouse-ului acel capăt al obiectului care urmează să fie ajustat;
- obiectul este șters de la acel capăt până la intersecția cu un alt element. Dacă nu se intersectează cu nici un alt element va fi șters complet.

#### *Comanda de prelungire a unui obiect (Extend)*

Această comandă realizează extinderea, prelungirea obiectului până la intersecția cu un alt element, denumit frontieră. Obiectele care se extind trebuie să fie deschise. Se pot extinde și elementele ale căror capete sunt coincidente cu alte elemente.

#### *Comanda de racordare (Fillet)*

Realizează racordarea a două elemente cu o rază constantă. Se pot racorda și obiecte disjuncte dacă nu sunt dimensionate.

### Comanda de convertire a obiectelor (Convert entities)

Crează unul sau mai multe obiecte într-o schiță prin proiectarea altor elemente în planul de schițare. Se pot proiecta: muchii, fețe, curburi externe, un contur extern, un grup de muchii sau un grup de schițe externe.

### Comanda de simetrizare (Mirror)

Crează copii ale obiectelor selectate din schiță prin simetrizarea lor față de o axă (desenată cu comanda *Centerline*). Programul aplică în mod automat relații de simetrie între perechile grafice create, astfel încât atunci când se modifică unul dintre elemente, se modifică și celălalt.

### Comanda de creare a echidistantei la obiecte (Offset)

Crează echidistanța exterioară sau interioară (*Reverse*) la unul sau mai multe obiecte selectate la o distanță dată. Obiectele selectate pot fi: elementele de desenare 2D, modelul muchiilor, fețe, un lanț de muchii, forma unei muchii, sau un set de curbe externe. Această comandă poate fi utilizată și pentru schițarea 3D. Prin activarea opțiunii *Select Chain* se pot include în setul de selecție și toate elementele tangente la obiectul selectat.

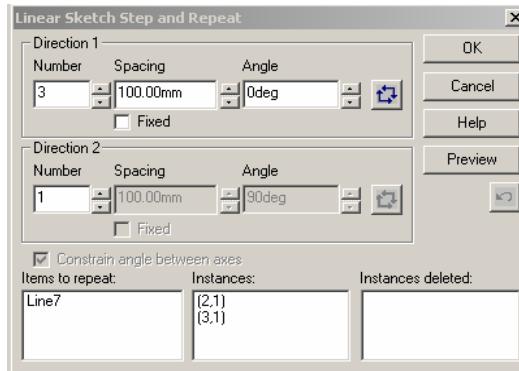
### Curba de intersecție (Intersection Curve)

Această comandă deschide o schiță și crează curba de intersecție pentru următoarele tipuri de obiecte:

- un plan și o suprafață (sau o față a modelului);
- două suprafete;
- o suprafață și și o față a modelului;
- un plan și întreaga piesă;
- o suprafață și întreaga piesă.

Poate fi utilizată de asemenea și pentru schițarea în planul 3D.

### Comanda de multiplicare a obiectelor sub forma unei matrici rectangulare



**Figura 1.5** Fereastra de dialog pentru comanda de multiplicare liniară a obiectelor

O entitate sau un grup de entități selectate, pot fi măritate sub forma unei matrici rectangulare. Fereastra de dialog este prezentată în figura 1.5.

Copierea se poate realiza pe două direcții, reprezentând: prima coloanele și a doua liniiile matricii. Se specifică în fereastra de dialog (figura 1.5) numărul de coloane, numărul de linii, distanța dintre două elemente copiate și (eventual) unghiul de înclinare pe care îl face direcția de copiere cu orizontală.

## SolidWorks – Lucrarea 1

### Comanda de multiplicare a obiectelor după o traietorie circulară

Comanda realizează multiplicarea unei entități sau a unui grup de entități după o traietorie circulară. În fereastra de dialog (figura 1.6) se specifică următoarele:

- coordonatele X și Y ale centrului cercului care reprezintă traectoria;
- raza cercului;
- unghiul la centru acoperit prin multiplicare;
- numărul de obiecte copiate (inclusiv originalul).

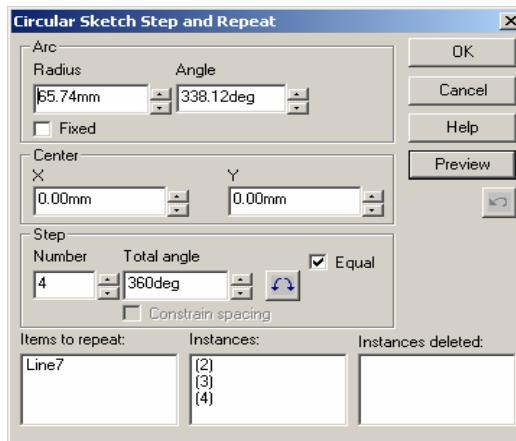


Figura 1.6 Fereastra de dialog pentru comanda de multiplicare circulară a obiectelor

### 3.3 Crearea parametrilor dimensionali

În mod obișnuit în cadrul softurilor de modelare avansate, schițele se cotează în timpul realizării lor. Totuși de cele mai multe ori, utilizatorul are nevoie să coteze și alte elemente ale desenului să modifice valoarea parametrilor dimensionali. În cadrul softului de modelare SolidWorks cotarea este o operație semiautomată. Etapele parcurse sunt următoarele:

- se selecteză pictograma corespunzătoare cotării (*Dimension* în limba engleză) sau din meniu: *TOOLS*, *DIMENSIONS*;
- se selecteză elementul sau elementele care urmează să fie cotate;
- se deplasează cursorul mouse-ului și se efectuează un clic atunci când se ajunge în poziția dorită pentru amplasarea cotei;
- dacă reprezentarea grafică a cotei nu este satisfăcătoare, se pot modifica interactiv în fereastra de dialog variabilele de cotare. Câteva dintre acestea ar fi: mărimea textului, poziția acestuia față de linia de cotă, mărimea săgeții, etc.

### 3.4 Starea unei schițe

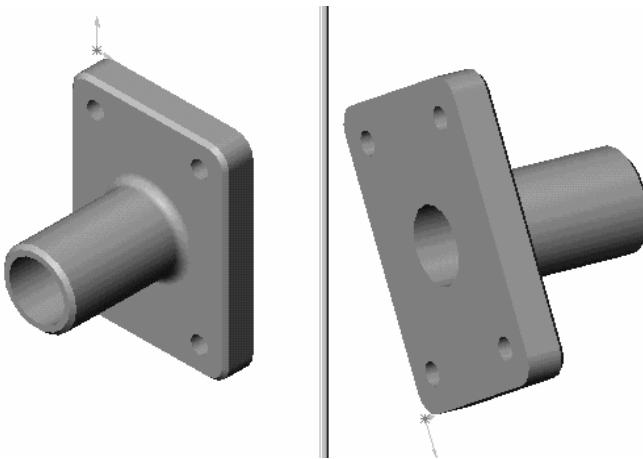
O schiță aflată în procesul de creare sau modificare se poate afla în una dintre următoarele stări, afișate în tabelul 1:

**TABELUL 1**

Starea schiței	Culoarea	Descriere
<b>Fully Defined</b> (complet definită)	neagră	Poziția și dimensiunile tuturor entităților sunt complet definite prin condiții geometrice sau dimensionale.
<b>Over Defined</b> (supra-definită)	roșie	Schița are prea multe condiții geometrice și dimensionale. Se impune eliminarea ambiguităților prin ștergerea relațiilor suplimentare.
<b>Under Defined</b> (sub-definită)	albastră	Entitățile schiței nu sunt complet definite. Poziția sau dimensiunile entităților desenate în culoarea albastră se pot modifica prin tragere cu mouse-ul.
<b>No Solution Found</b> (nu s-a găsit nici o soluție)	magenta	Nu s-a găsit nici o rezolvare geometrică a ambiguităților sau conflictelor. Se afișează elementele geometrice, parametrii și condițiile care împiedică rezolvarea geometrică..
<b>Invalid Solution Found</b> (soluția găsită nu este validă)	galbenă	Schița conține entități geometrice incorect definite. De exemplu: segmente de dreaptă cu lungimea zero, arce de cerc cu rază nulă sau curbe Spline care se autointersectează

#### **4. Exemplu de creare a unei piese**

Pentru crearea unui model 3D în SolidWorks este necesară parcurgerea unor etape de construire utilizând comenziile programului. În cadrul acestei lucrări, se vor exemplifica modalitățile de lucru, prin construirea piesei din figura 1.7.



*Figura 1.7 Piesa-exemplu prezentată în cadrului lucrării*

Etapele sunt următoarele:

1. Realizarea schiței;
2. Dimensionarea;
3. Extrudarea conturului;
4. Schițarea în plan și extrudarea, respectiv crearea alezajelor;
5. Realizarea racordărilor și teșiturilor;
6. Vizualizarea unei secțiuni a modelului;
7. Vizualizarea modelului în vederi multiple.

#### 4.1 Realizarea schiței

Se apelează comanda **2D SKETCH** din bara de instrumente sau din meniul **INSERT, SKETCH**. Se deschide schița în planul 1. Originea acesteia va apărea în centrul paginii. Pe bara de stare apare mesajul „Editing sketch”, iar în organizator va apărea Sketch 1.

Pentru crearea flanșei se desenează întâi un dreptunghi, care constituie baza blocului de construcție. Se selectează pictograma corespunzătoare dreptunghiului din bara de instrumente (prezentată în figura 1.3). Se începe desenarea din origine. Se desenează dreptunghiul trăgând mouse-ul spre dreapta cu butonul din stânga apăsat, fără a se ține cont de dimensiuni. Desenarea este încheiată când se eliberează butonul mouse-ului.

Cele două laturi ale dreptunghiului care pornesc din origine sunt colorate în negru. Datorită faptului că dreptunghiul a fost desenat din origine, două laturi sunt desenate cu negru, indicându-se în acest fel, că acel colț nu poate fi deplasat. Celelalte două laturi, colorate în albastru pot fi modificate prin mutarea lor cu ajutorul mouse-ului (Figura 1.8).

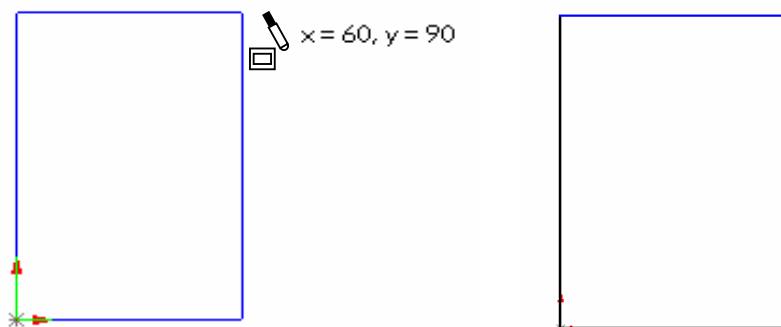


Figura 1.8 Desenarea dreptunghiului

Dacă pentru ușurarea desenării se dorește afișarea unei grile de puncte, se poate utiliza comanda **GRID**. Aceasta generează o grilă de puncte aflate la o distanță dată pe orizontală și pe verticală utilă pentru orientare în realizarea schiței. Comanda **GRID** poate fi activată din meniul **TOOLS, OPTIONS, Document Properties, GRID/SNAP**. Se setează valoriile dorite. Se poate apela de asemenea comanda **SNAP** care permite saltul cursorului pe punctele grilei.

#### Dimensionarea

Pentru cotarea schiței, se face click cu mouse-ul pe segmentul dorit a fi cotat și se

indică poziția fată de element la care va fi desenată linia de cotă. Pentru modificarea dimensiunilor se deselectează butonul pentru dimensionare după care pe cotă se dă dublu click sau click pe butonul din dreapta al mouse-ului, se alege **Properties** și se modifică valoarea cotei. În urma acestor acțiuni va apărea fereastra **Modify**. Prin modificarea valorii cotei în fereastra **Modify** se va modifica automat dimensiunea segmentului respectiv. Se realizează astfel un dreptunghi cu dimensiunile: L=90 mm, l=120 mm.

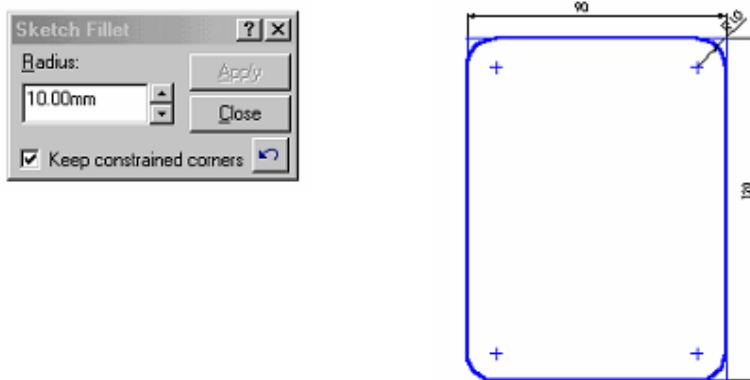
Figura 1.9 Fereastra pentru modificarea valorii dimensiunii

#### Racordarea



Pentru racordarea colțurilor cu o rază de 10 mm se va apăsa butonul:

În fereastra apărută (**Sketch Fillet**) se va introduce valoarea razei, în acest caz 10 mm. Cu ajutorul mouse-ului se vor selecta laturile dreptunghiului între care se face racordul după care se închide fereastra Sketch Fillet (Figura 1.5.)



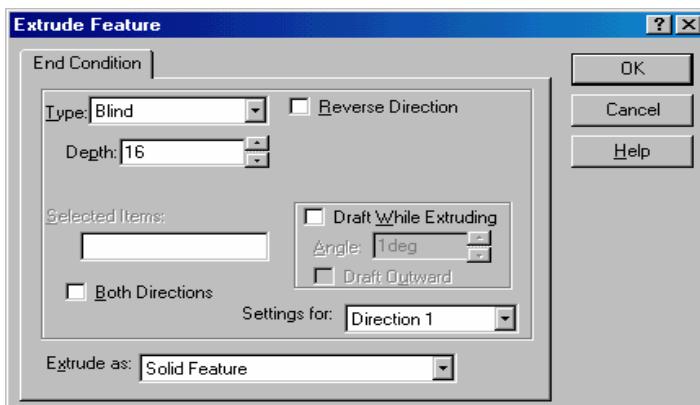
**Figura 1.10**  
Fereastra comenzi de racordare și schița rezultată

### 4.2 Extrudarea conturului

Extrudarea, în intențelesul softurilor de modelare, este operația de creare a unui corp solid prin atribuirea unei a treia dimensiuni unui contur plan. Conturul plan primește o înălțime și devine corp solid. Comanda care execută această operație în toate softurile de modelare 3D se numește *Extrude*. Tehnologic, extrudarea reprezintă un procedeu de prelucrare a materialelor prin deformare plastică, constând în trecerea forțată a materialului, supus unei forțe de compresiune printr-o matriță de formă adecvată.

În mod asemănător, se generează defapt și în acest caz corpul solid, conturul plan reprezentând placă matriței, iar materialul fiind forțat să “crească” după o direcție perpendiculară pe plan, în sensul pozitiv sau în sensul negativ al vectorului direcție.

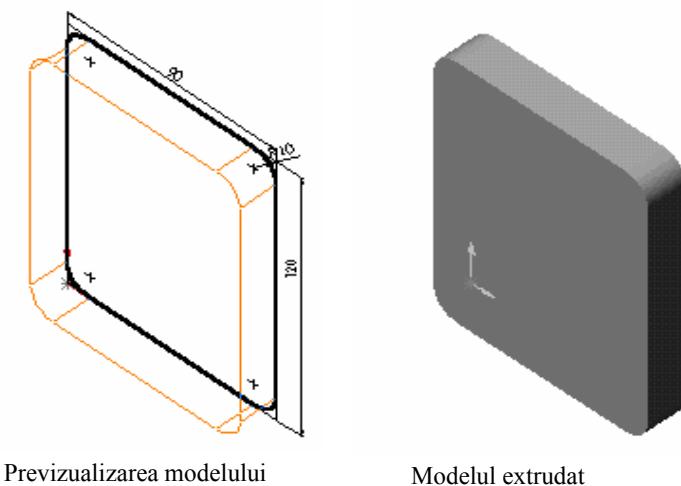
Pentru aplicarea comenzi, se apasă butonul sau se apelează meniul **INSERT**, **BASE, EXTRUDE**. Va apărea fereastra de dialog **Extrude Feature** (Figura 1.11):



**Figura 1.11** Fereastra de dialog a comenzi Extrude

Opțiunile ferestrei de dialog permit selectarea tipului extrudării, a adâncimii de extrudare, a direcției și a unghiului de înclinare (dacă este cazul). Pentru realizarea piesei exemplu, din fereastra de dialog, se selectează următoarele:

- Tipul extrudării - opțiunea **Blind** (indicând faptul că extrudarea se va face pe o adâncime fixată prin *Depth*);
- Adâncimea de extrudare (Depth) **16 mm**,
- Opțiunea **Solid Feature**-indicând faptul că piesa va reprezenta un corp solid, nu unul cu pereți subțiri.



Previzualizarea modelului

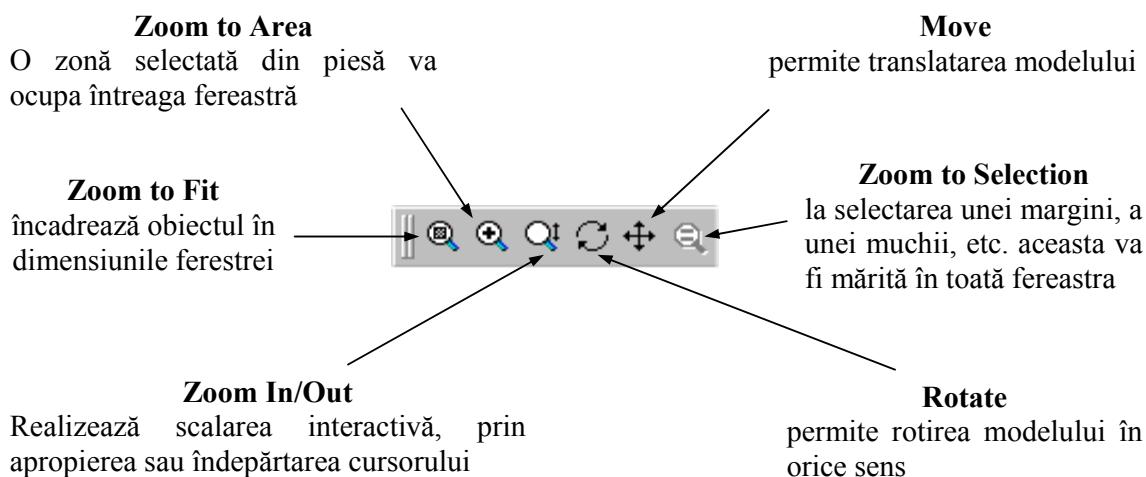
Modelul extrudat

**Figura 1.12**  
Previzualizarea  
modelului de extrudare și  
piesa extrudată.

Înainte de extrudarea propriu-zisă, SolidWorks oferă posibilitatea previzualizării modelului, în scopul efectuării unor modificări atunci când este cazul (Figura 1.13).

### Vizualizarea

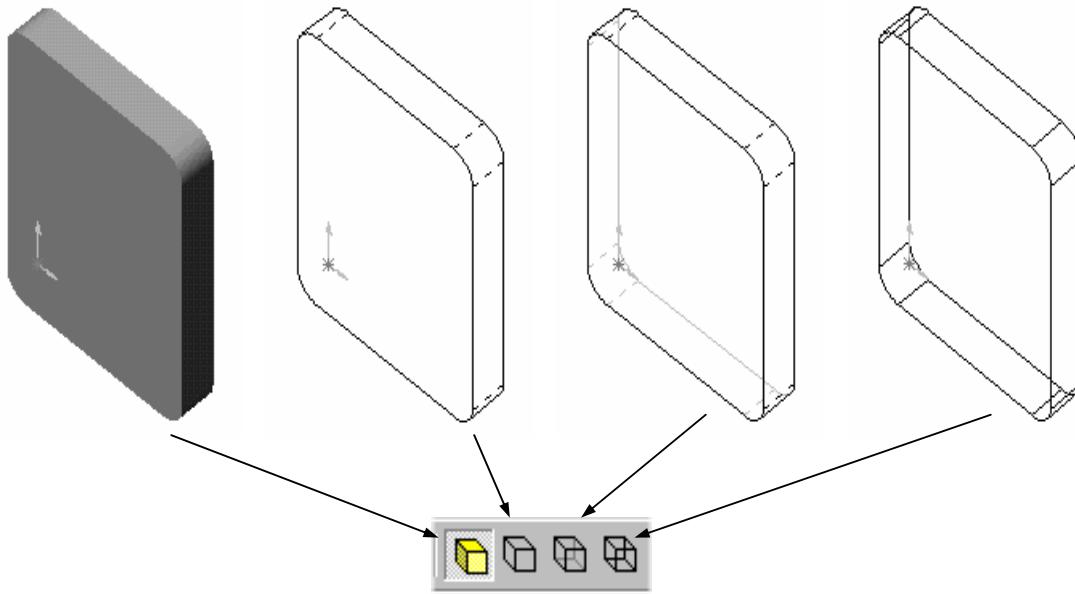
Modelele 3D se pot vizualiza complet prin operații de rotire, translatare, sau scalare (mărire/micșorare) folosind comenzi din bara de comenzi de vizualizare prezentate în figura 1.13. Exersați aceste comenzi în cazul modelului obținut prin extrudare.



**Figura 1.13** Bara cu comenzi de vizualizare

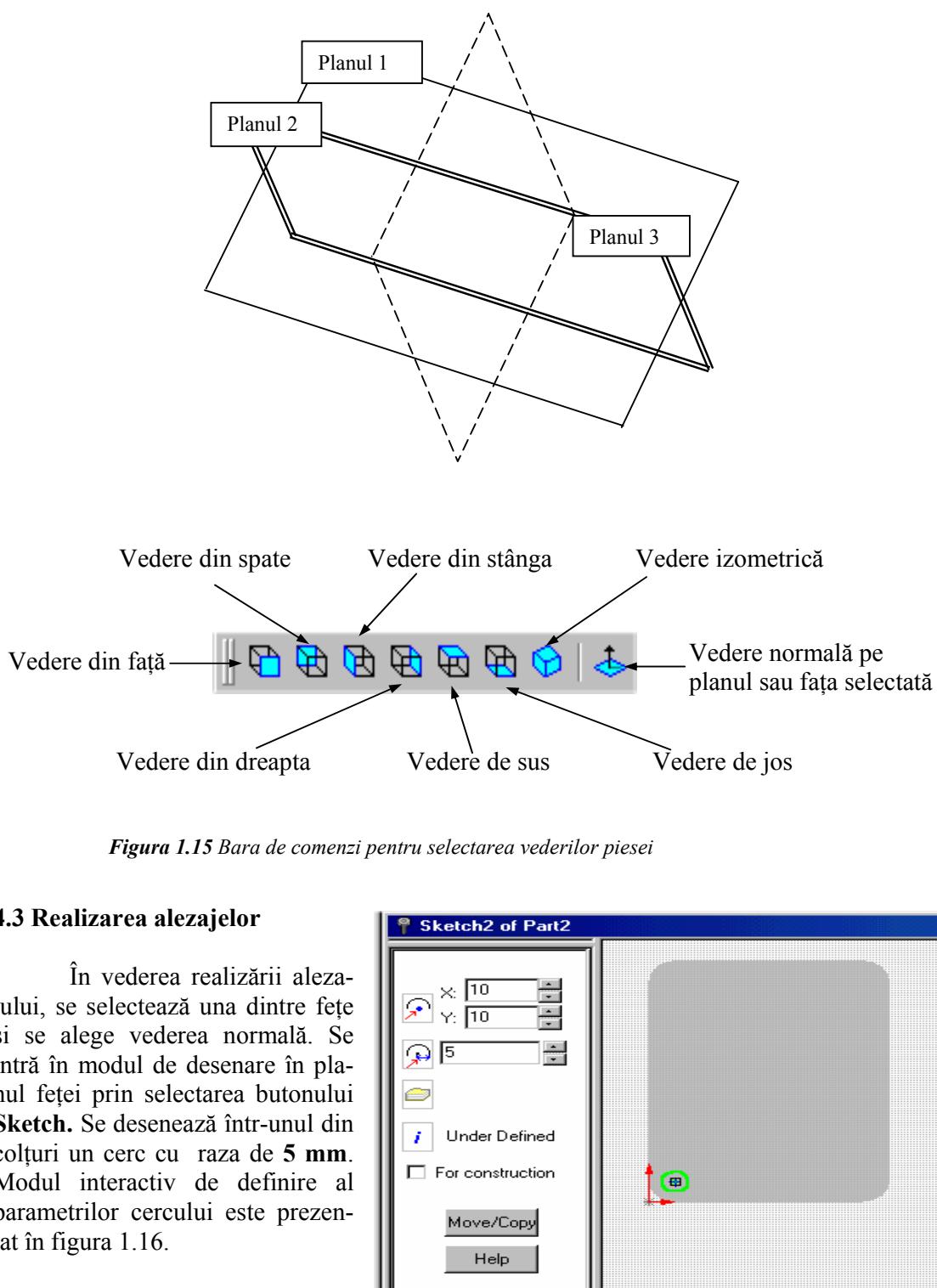
Comenziile mai pot fi apelate și din meniul **VIEW, MODIFY** alegându-se tipul de scalare dorit. O altă modalitate de selectare este disponibilă prin apăsarea butonului din dreapta al mouse-ului pe spațiul alb al ferestrei de lucru. Se poate selecta astfel opțiunea **VIEW** și modul de scalare dorit.

Modelul 3D poate apărea prezentat pe ecran în mai multe moduri: model solid, model cu muchiile ascunse invizibile, model cu muchiile ascunse vizibile dar atenuate, sau model reprezentat wire-frame (cadru de sârmă). Alegerea modului de prezentare se realizează cu ajutorul comenziilor din bara de afișare a pieselor prezentate în figura 1.14. Acestea pot fi apelate și din meniul **VIEW, DISPLAY**.



*Figura 1.14 Comenzi de displayere a corpurilor solide*

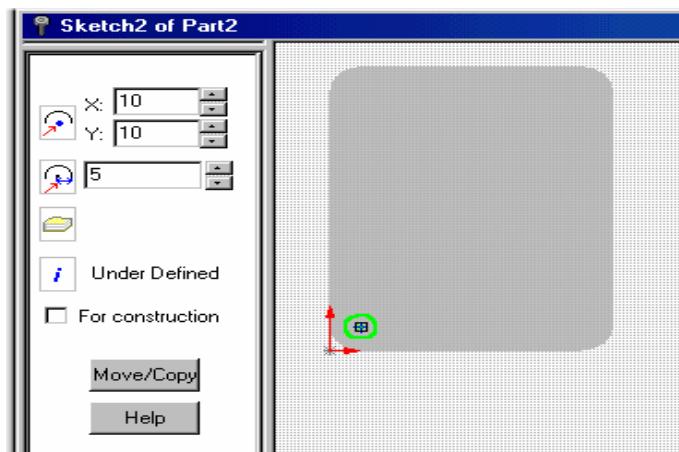
**SolidWorks** permite, în vederea construirii și vizualizării modelului schimbarea orientării acestuia din perspectiva celor 3 plane prestabilite (Figura 1.15).



**Figura 1.15** Bara de comenzi pentru selectarea vederilor piesei

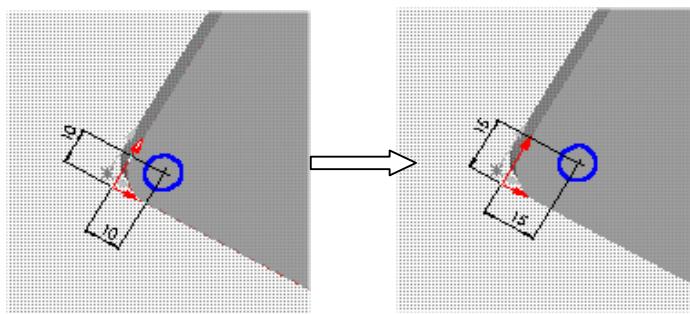
#### 4.3 Realizarea alezajelor

În vederea realizării alezajului, se selectează una dintre fețe și se alege vedere normală. Se intră în modul de desenare în planul feței prin selectarea butonului **Sketch**. Se desenează într-unul din colțuri un cerc cu raza de **5 mm**. Modul interactiv de definire al parametrilor cercului este prezentat în figura 1.16.



**Figura 1.16** Desenarea cercului având raza de 5 mm

Se cotează cercul, indicând diametrul și distanța centrului cercului față de muchii. Se poziționează cercul, modificând valorile distanțelor, astfel încât să corespundă celor indicate în figura 1.17 (15mm, 15mm).



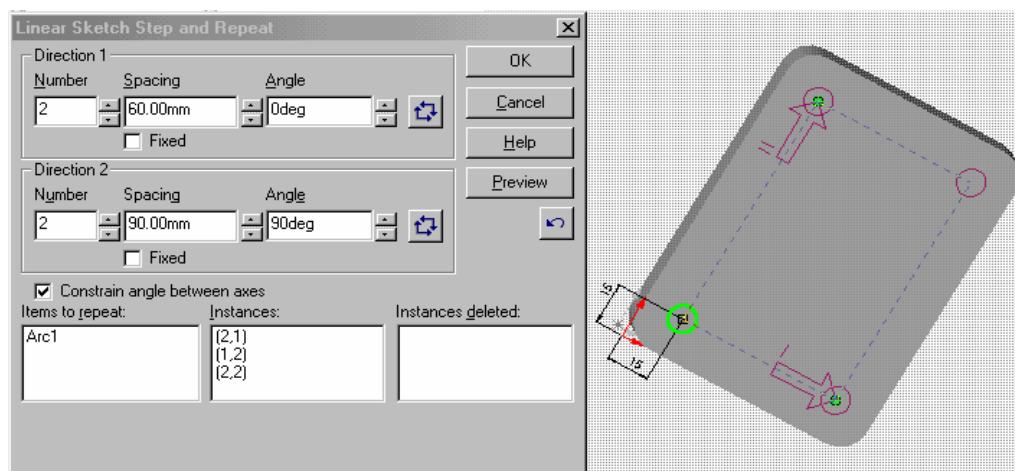
**Figura 1.17** Poziționarea cercului față de muchii

Celelalte trei cercuri se obțin prin copierea liniară multiplă a celui desenat. În acest scop se apelează comanda de copiere liniară multiplă prezentată la începutul acestei lucrări.



Se selectează butonul: sau **LINEAR SKETCH STEP AND REPEAT**. Se va deschide o fereastră care permite introducerea opțiunilor în ceea ce privește alinierea, numărul de linii, de coloane și de obiecte care se multiplică, precum și direcția.

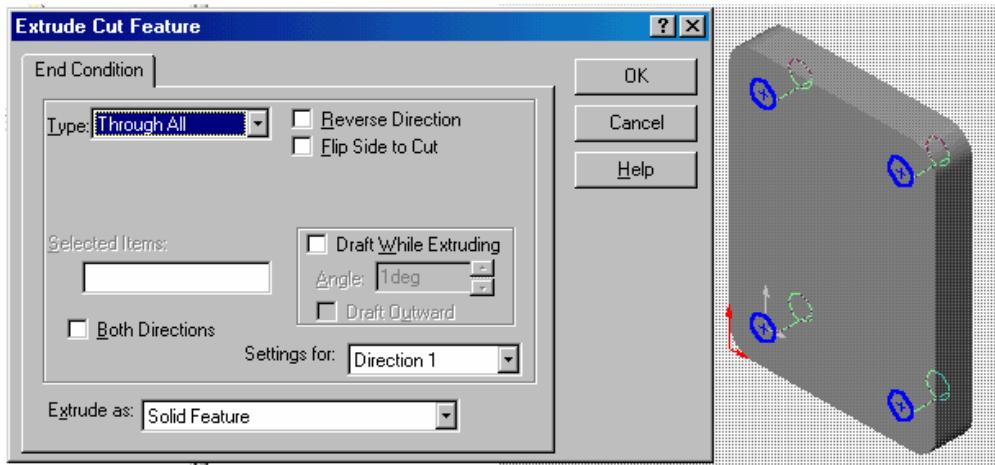
Se introduc distanțele între două cercuri: pe orizontală **60 mm** iar pe verticală **90 mm**. Modul de lucru este prezentat în figura 1.18.



**Figura 1.18** Exemplificare a modului de lucru cu comanda de multiplicare liniară

După terminarea desenului în plan se revine la vederea izometrică.

Cele patru cercuri, vor trebui transformate în găuri străpunse. Acest lucru se realizează cu ajutorul comenzi *Extrude Cut*. De această dată, prin extrudare se va realiza îndepărțare (scădere) de material. Comanda se activează prin apelarea butonului **EXTRUDED CUT**, sau din meniul **INSERT, CUT, EXTRUDE** (Figura 1.19).



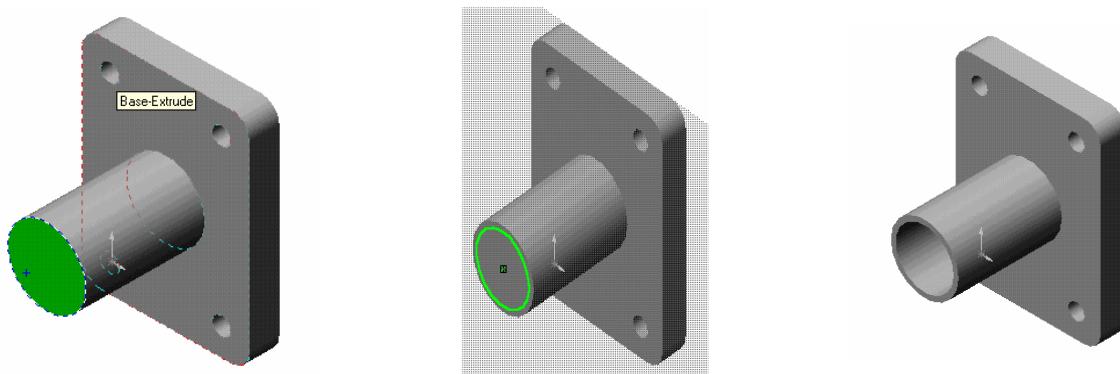
**Figura 1.19** Fereastra de dialog a comenzi Extrude Cut

Se observă că a fost selectată opțiunea **Through All** pentru realizarea găurilor străpунse.

### 4.4 Realizarea bosajului

Se selectează din nou una dintre fețe și se desenează un cerc cu raza de **21 mm** în mijlocul modelului, la distanță de **45 mm** pe orizontală și **60 mm** pe verticală. Se extrudează cercul pe o înălțime de **64 mm**.

Se selectează apoi planul cercului și se desenează pe fața respectivă un cerc concentric cu primul și având raza de **18 mm**. Cu ajutorul comenzi *Extrude Cut* se construiește apoi alezajul (figura 1.20).



**Figura 1.20** Etapele realizării bosajului

### 4.5. Construirea racordărilor și a teșiturilor

Racordările se construiesc cu comanda **FILLET** care se apelează fie din meniul **INSERT, FEATURES, FILLET/ROUND** sau apăsând butonul:



## SolidWorks – Lucrarea 1

Se selectează muchiile care vor fi rotunjite și se introduce valoarea razei de racordare: **5mm**. Celelalte opțiuni se aleg conform exemplului prezentat în figura 1.21.

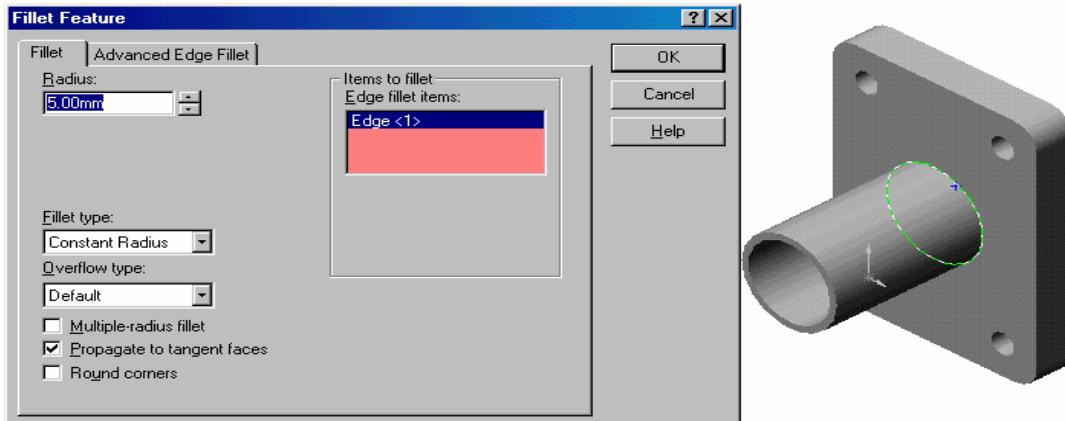


Figura 1.21 Fereastra de dialog a comenzi de racordare

Pentru teșirea muchiilor se apelează meniul **INSERT**, **FEATURE**, **CHAMFER** sau butonul:



Se selectează muchiile care vor fi teșite și se introduce valoarea **2 mm** pentru distanța de teșire. Modalitatea de utilizare a acestei comenzi pentru piesa-exemplu este prezentată în figura 1.22.

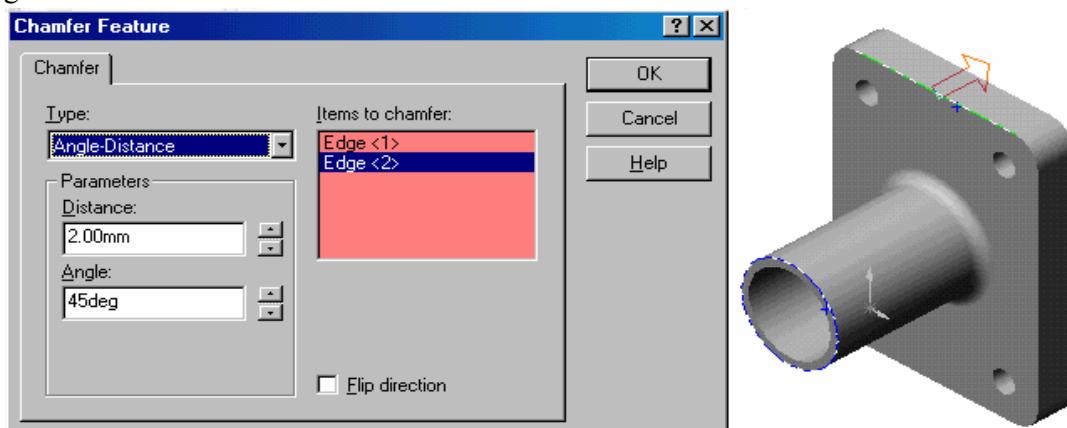


Figura 1.22 Fereastra de dialog pentru comanda de teșire

În urma aplicării acestor comenzi de construcție, modelul piesei este complet (figura 1.23).

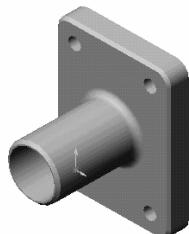
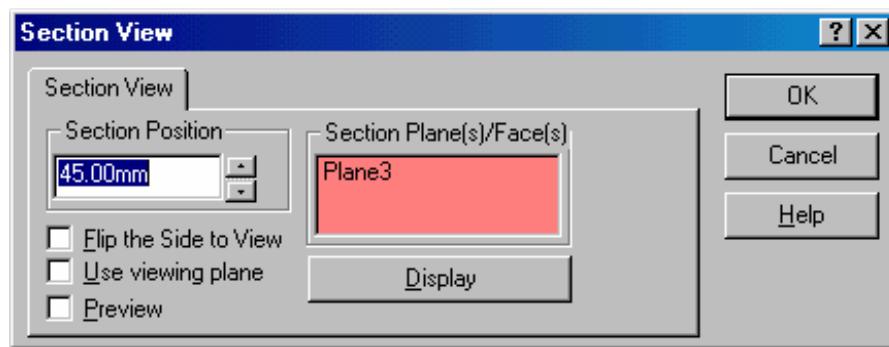


Figura 1.23 Modelul piesei rezultate

## **5. Vizualizarea unei secțiuni a modelului**

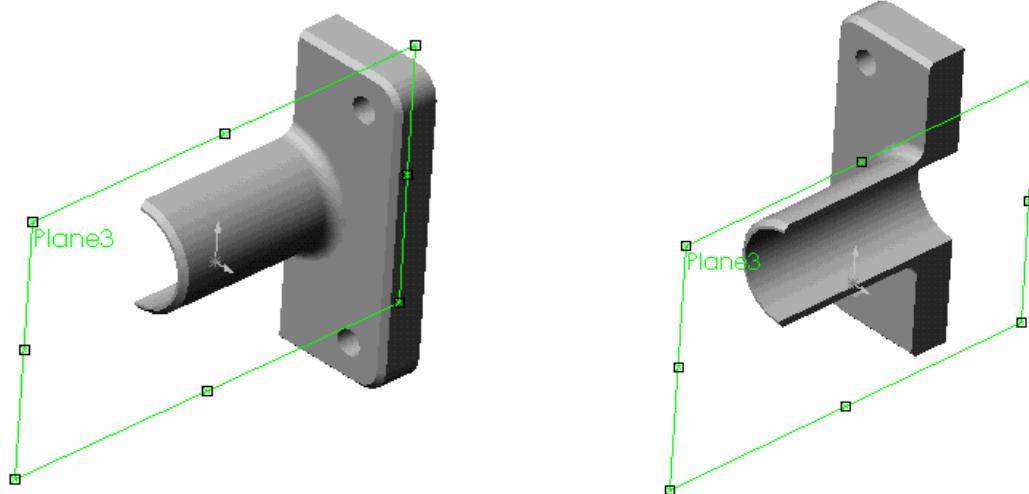
SolidWorks oferă posibilitatea vizualizării unor secțiuni ale modelului tridimensional. Secționarea modelului se poate face după un plan sau o față.

În cazul de față se selectează din Organizator Planul 3 (**Plane 3**). Se apelează meniul **VIEW; DISPLAY; SECTION VIEW** sau se apasă butonul:  și va apărea fereastra de dialog **Section View** (figura 1.24).



*Figura 1.24 Fereastra de dialog Section View*

În rubrica **Section Position** (poziția secțiunii) se introduce valoarea **45mm** reprezentând linia mediană a modelului. Va apărea o secțiune a modelului, după planul selectat (planul 3). Dacă se dorește vizualizarea modelului din cealaltă direcție se bifează căsuța **Flip the Side to View**. (Figura 1.25).



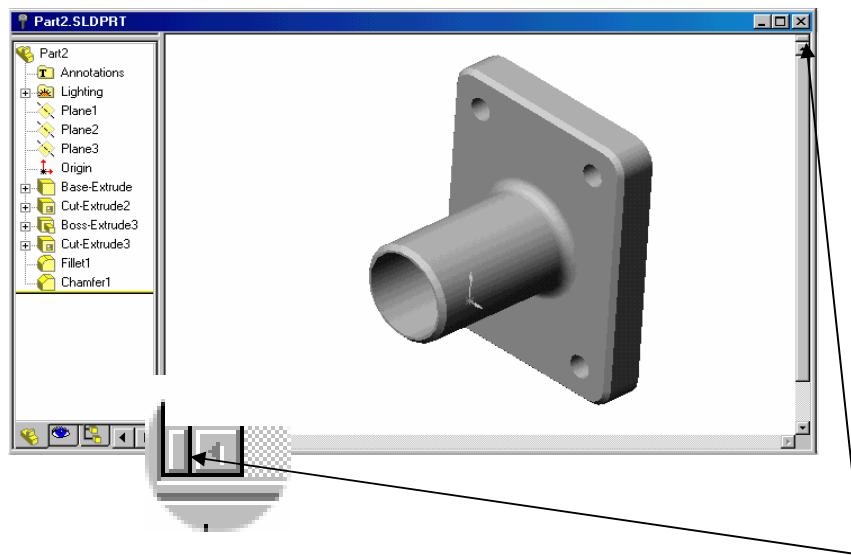
*Figura 1.25 Secționarea modelului*

Pentru vizualizarea secțiunilor se pot folosi oricare alte plane sau supafețe. Pentru a se reveni la modelul întreg se apasă din nou butonul **Section View** sau **VIEW, DISPLAY** și se deselectează **Section View**.

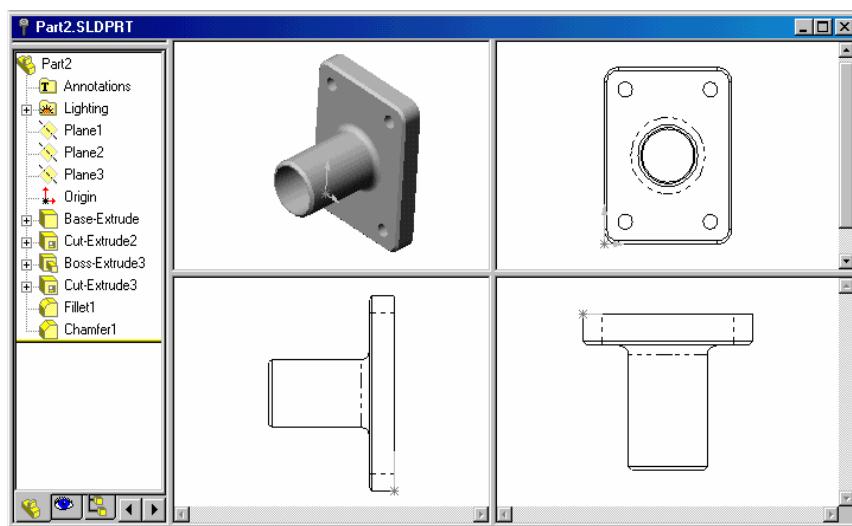
Trebuie reținut faptul că modelul nu este fizic secționat ci este permisă doar vizualizarea unei anumite secțiuni. Orice comandă nouă va face ca modelul să arate “întreg”.

## **6. Vizualizarea modelului în vederi multiple**

Dacă se dorește vizualizarea modelului tridimensional, simultan, în mai multe vederi, ecranul se poate împărți în patru zone. În cadrul fiecărei ferestre se va putea reprezenta o altă vedere a modelului. Împărțirea ecranului se poate realiza în felul următor (figura 1.26):



Se deplasează cele două indicatori spre stânga respectiv în sus. Se poate modifica separat modul de afișare a modelului în fiecare fereastră în parte



*Figura 1.26 Impărțirea ecranului în ferestre*

**RECAPITULAREA COMENZILOR FOLOSITE**

1. **Sketch** – permite realizarea unei schițe



2. **Dimension** – cotează schița sau / și modelul solid



3. **Zoom, Rotate, Pan** – permite vizualizarea schiței/modelului la scară dorită



4. **Changing View Orientation** – permite schimbarea planului vizualizat



5. **Extrude Boss/Base** – extrudează o schiță



6. **Cut Extrude** – perforează un model solid



7. **Fillet** – realizează racordări



8. **Chamfer** – realizează teșituri

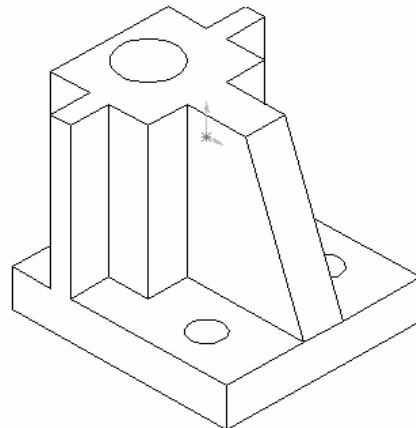
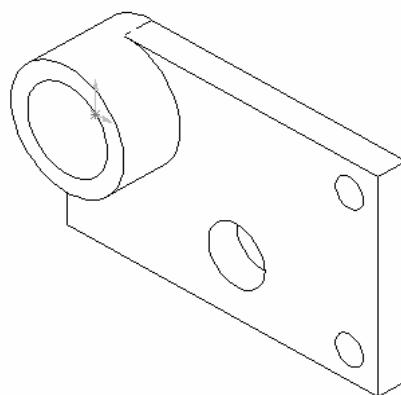


8. **Display mode** – permite vizualizarea modelului în diferite moduri



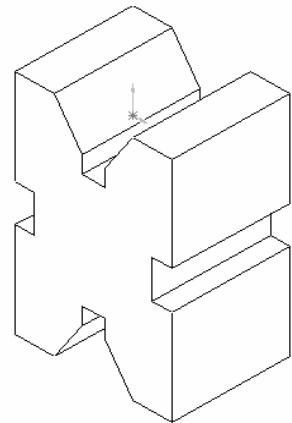
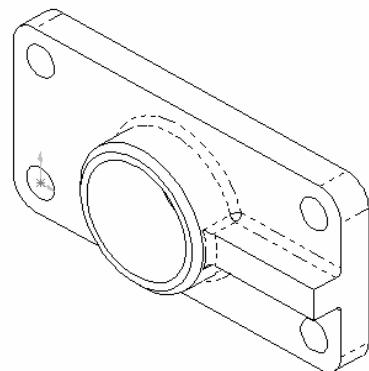
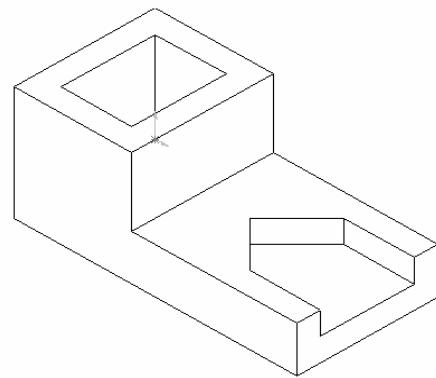
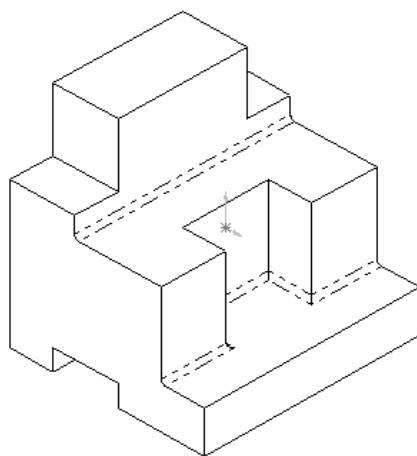
**PROBLEMĂ**

Realizați următoarele modele solide folosind cunoștințele acumulate pe parcursul prezentului „laborator”:



## SolidWorks – Lucrarea 1

---



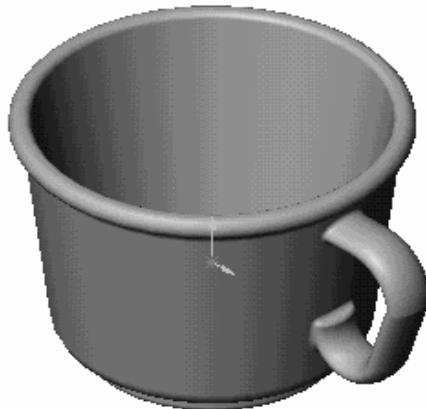
## LABORATOR nr. 2

### 1. Introducere (Corpuri de rotație, comanda SWEEP)

Această lucrare de laborator are ca scop studierea comenziilor pentru realizarea corpurilor de revoluție și pentru și translatarea unei secțiuni date de-a lungul unei curbe directoare. Pentru aceasta se va realiza exemplul prezentat în figura 2.1.

Etapele necesare construirii modelului 3D sunt următoarele:

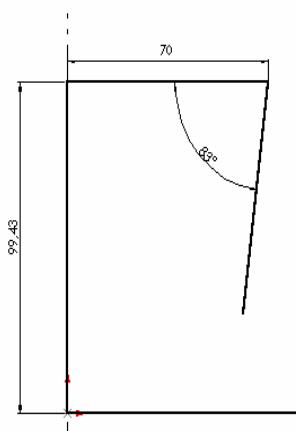
1. Realizarea schiței modelului;
2. Realizarea modelului solid prin rotirea conturului în jurul unei axe de revoluție,
3. Realizarea schiței pentru toarta căniței și construirea acesteia;
4. Înlăturarea materialului din interiorul modelului;
5. Construirea piciorului căniței;
6. Efectuarea racordărilor estetice .



**Figura 2.1** Piesa-model pentru lucrarea de laborator nr.2

### 2. Realizarea schiței modelului

Se deschide o nouă schiță și prin origine se duce o axă verticală de simetrie. Pentru aceasta se apasă butonul: sau **TOOLS, SKETCH ENTITY; CENTERLINE**.



**Figura 2.2** Schița modelului

Se cotează segmentele de dreaptă conform figurii 2.2. Pentru cotarea unghiului se face click pe ambele linii între care se măsoară unghiul.

Folosind comanda **EXTEND** se prelungesc linia înclinață până când întâlnește linia orizontală. Comanda mai poate fi apelată din meniul **TOOLS, SKETCH TOOLS, EXTEND**.

După prelungirea liniei inclinate se va tăia partea rămasă în afară a liniei orizontale folosind comanda **TRIM**. Comanda mai poate fi apelată din meniul **TOOLS, SKETCH TOOLS, TRIM**.

In continuare, se desenează un arc prin trei puncte cu raza de **4,5mm** și se face un racord de **10 mm**, conform figurii 2.3. Se taie apoi linia dintre cele două capete ale arcului.

Se construiește un racord între arcul de cerc și linia oblică de **5mm** .

S-a obținut astfel o schiță care va fi rotită cu  $360^0$  pentru a se genera corpul de revoluție.

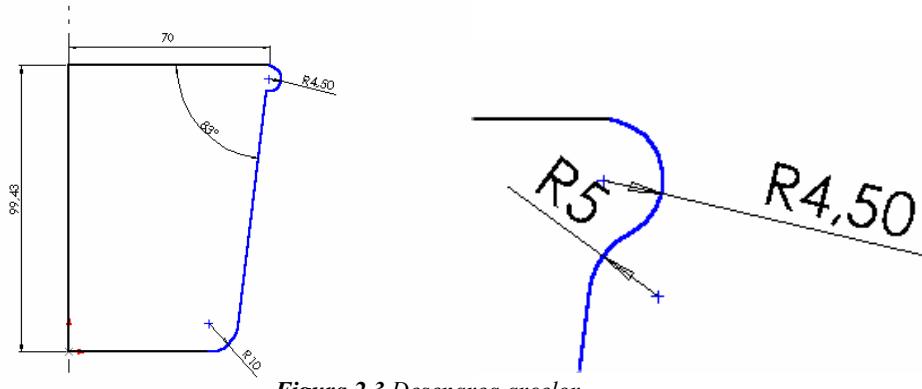


Figura 2.3 Desenarea arcelor

### **3. Realizarea modelului solid prin rotirea conturului în jurul unei axe de revoluție**

*Rotația* este operația prin care se generează corpuși de revoluție profilate. Un contur plan, numit generatoare se rotește în jurul unei axe de rotație denumită directoare, obținându-se corpul de revoluție profilat.

Comanda se apelează cu ajutorul meniului **INSERT**, **BOSS/BASE**, **REVOLVE** sau a butonului:



Fereastra de dialog a comenzi este prezentată în figura 2.4.

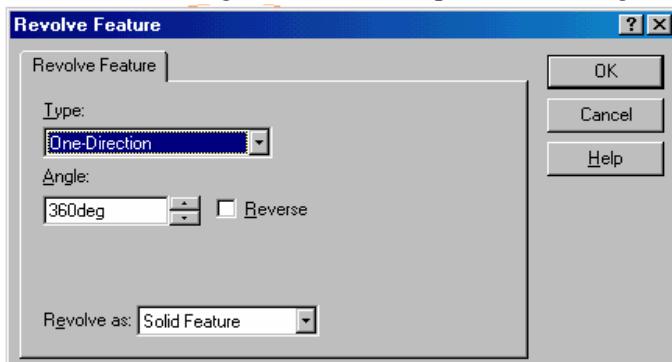


Figura 2.4 Fereastra de dialog a comenzi Revolve

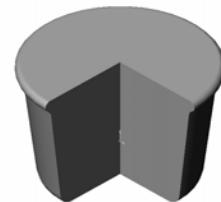


Figura 2.5 Profil rotit cu 270 de grade

Conturul care se va roti în jurul axei de rotație trebuie fie închis. Dacă schița este așezată la o anumită distanță față de axa de rotație, corpul format va avea în mijloc un cilindru gol.

În funcție de unghiul care va fi înscris în căsuța **Angle**, conturul se va roți în jurul axei și va genera un corp solid întreg, sau unul din care va lipsi o "felie" (figura 2.5).

Pentru construirea piesei-exemplu, din meniu se selectează pentru tipul rotației (**Type**) opțiunea **One-Direction**, semnificând faptul că rotația se face numai într-o direcție. Pentru **Revolve as** trebuie selectată opțiunea **Solid Feature**, corpul fiind solid, nu cu pereți subțiri.

Se obține corpul solid vizualizat în figura 2.6. Din reprezentarea acestuia sub forma wireframe, prin lucru în planele 1 și 2 se va desena toarta căniței.

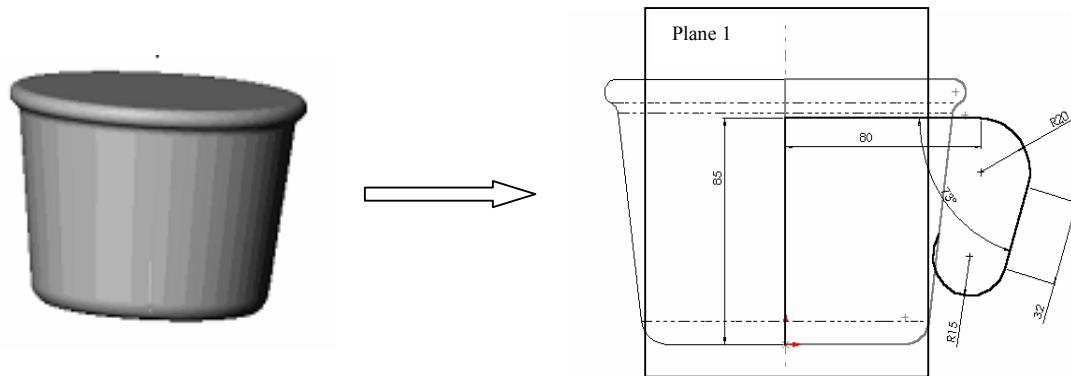


Figura 2.6 Vizualizarea din față a modelului Wire-frame

#### **4. Realizarea schitei pentru toarta căniței și construirea acesteia**

Se selectează din Organizator Planul 1 (**Plane 1**). În acest plan, pornind din origine se realizează o schiță, ținându-se seama de dimensiunile date. Se preferă vederea din față

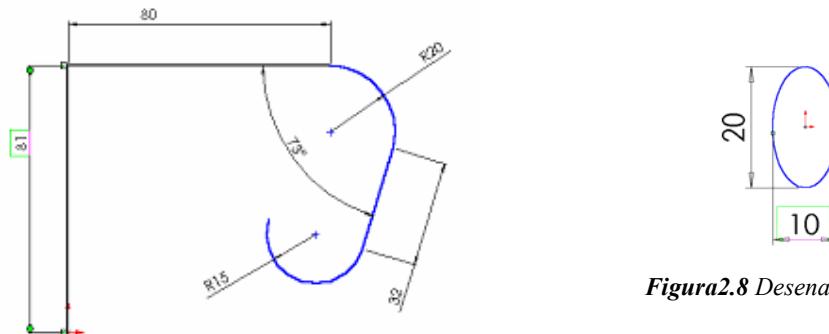


Figura 2.7 Schița realizată în planul 1

Se selectează în continuare vederea de jos

Din Organizator se alege Planul 2 (**Plane 2**) în care se desenează o elipsă cu centrul în origine și cu dimensiunile din figura 2.8.

Se realizează acum toarta căniței prin translatarea elipsei de-a lungul profilului desenat în planul 1. Comanda corespunzătoare este **SWEET**, care se apelează fie din meniul **INSERT, BOSS/BASE, SWEEP**, fie prin apăsarea butonului:

Se va deschide următoarea fereastră de dialog:

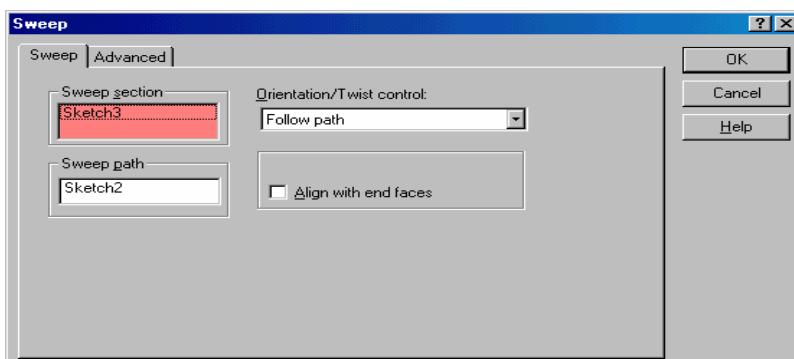


Figura 2.9 Fereastra de dialog a comenzi Sweep

In fereastra **Sweep Section** se introduce conturul care va reprezenta generatoarea, iar în fereastra **Sweep path** se va introduce directoarea. Cele două entități se pot introduce și prin selectarea directă a numelor acestora din arborele de descriere a caracteristicilor. În acest caz, în **Sweep section** se va introduce elipsa iar în **Sweep path** se va introduce profilul pe care se va translata elipsa. Se alege din nou vederea colorată a modelului (**Shaded view**) și se selectează fața de sus a căniței.

### **5. Inlăturarea materialului din interiorul modelului**



**Figura 2.10** Selectarea feței pentru comanda de Inlăturare a materialului

Față selectată

Inlăturarea materialului se poate realiza cu comanda **Extrude Cut**, fereastra de dialog fiind prezentată în figura 2.11.

Pe față selectată (figura 2.10) se desenează un cerc cu raza de **66 mm**.

Se vor seta în fereastra de dialog:

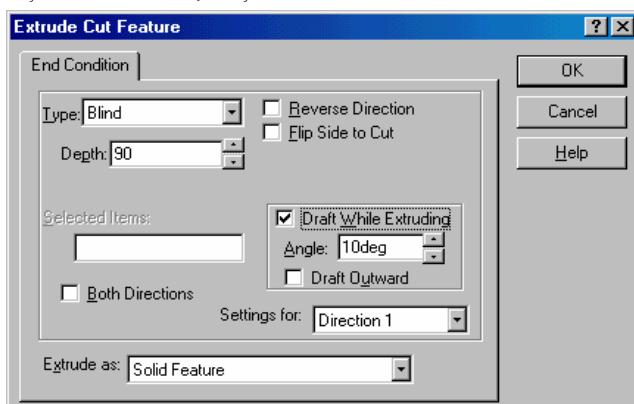
**Type: Blind**

**Depth (adâncimea de găurile): 93 mm**

Se bifează căsuța de dialog

**Draft While Extruding** și se introduce o valoare a unghiului: **Angle: 10deg**

Rezultatul va fi o înlăturare de material pe adâncimea stabilită, la o înclinare de 10 grade față de verticală, obținându-se un trunchi de con cu baza mică în jos. (Figura 2.11.)



**Figura 2.11** Fereastra de dialog a comenzi Extrude Cut și piesa-model rezultată

### **6. Construirea piciorului căniței**

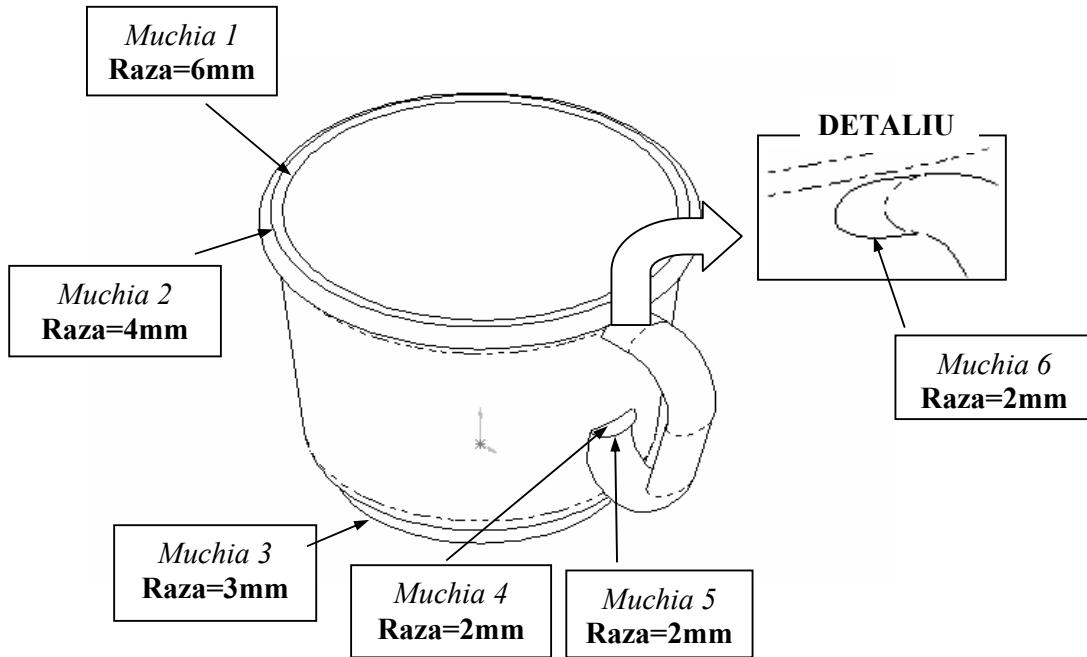


**Figura 2.12** Construirea piciorului căniței

Piciorul căniței se construiește cu comanda **Extrude**. Se selectează fața inferioară a căniței, în exterior, și se desenează pe planul selectat un cerc cu raza de **50mm**. Acesta se extrudează pe o înălțime **7mm**. (figura 2.12.)

## **7. Construirea racordărilor estetice**

Racordările se construiesc cu ajutorul comenzi **FILLET**, prezentată în cadrul primului laborator, respectând valorile razelor pentru fiecare muchie în parte. Aceste valori sunt indicate în figura 2.13 și calculate astfel încât modelul piesei să fie cât mai apropiat de un model real.



*Figura 2.13 Construirea racordărilor estetice*

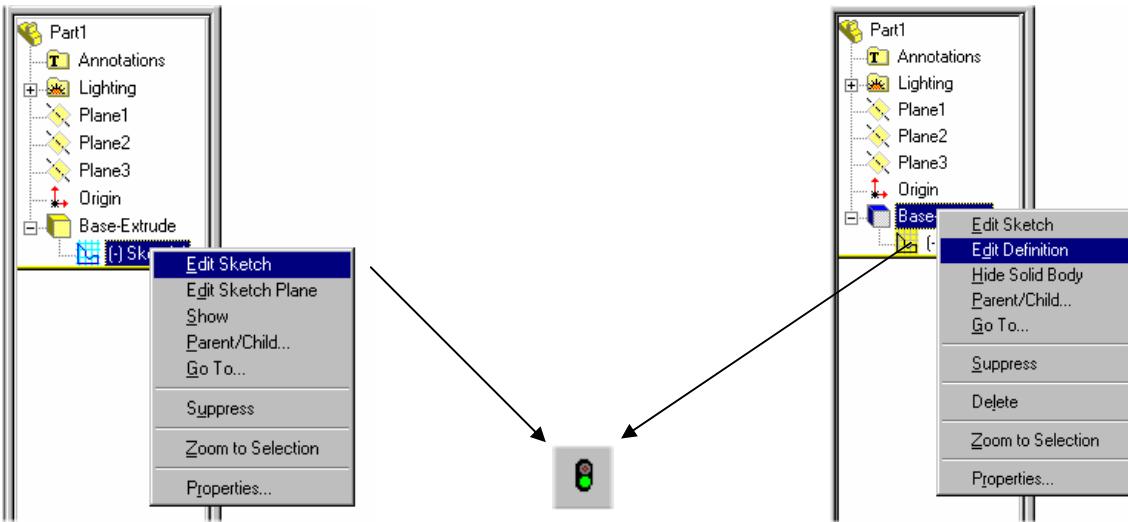
***Observații:***

- 1) Dacă se dorește modificarea unei schițe, aceasta se selectează din Organizator și se apasă pe butonul din dreapta al mouse-ului. Se va derula un meniu, din care se alege opțiunea **Edit Sketch**.
- 2) Modificarea proprietăților unui model solid deja construit, se face prin selectarea comenzi de modificat și se apasă pe butonul din dreapta al mouse-ului, apoi se alege **Edit Definition**

În ambele cazuri, după ce au fost efectuate modificările se apelează comanda **REBUILT**

Modificarea caracteristicilor se face prin schimbarea valorii parametrilor definiți în procesul de creare a acestora. Dacă modificările se fac cu ușurință pentru caracteristicile descrise prin *Extrude* sau *Revolve*, în cazul celor definite cu *Sweep*, trebuie să se ia în considerare alte strategii. În acest caz se extrage secțiunea originală utilizată pentru crearea caracteristicii, se șterge caracteristica și se recrează suprafața utilizând secțiunile rămase.

Exemplificarea modului de lucru cu *Edit Sketch* și *Edit Definition* se face în figura 2.14.



**Figura 2.14** Comenzi de modificare a schiței s-au a proprietăților

### **RECAPITULAREA COMENZILOR FOLOSITE**

1. **Revolve** – rotește o schiță în jurul unei axe de simetrie 
2. **Sweep** – generează un obiect prin translatarea unei schițe de-a lungul unui profil 
3. **Rebuilt** – reface întregul model după efectuarea unor modificări 

## Laborator nr. 3

### 1. Introducere (comenzile SHELL, PATTERN și MIRROR)

Această lucrare de laborator introduce sub forma unor exemple intuitive, comenzi noi de construcție a modelelor tridimensionale și oferă studenților posibilitatea de aprofunda comenzile de creare a desenelor prezentate în cadrul primelor două lucrări. Pentru exersarea comenzilor noi *Shell*, *Pattern* și *Mirror*, se va realiza ca piesă-model cubul Lego prezentat în figura 3.1.

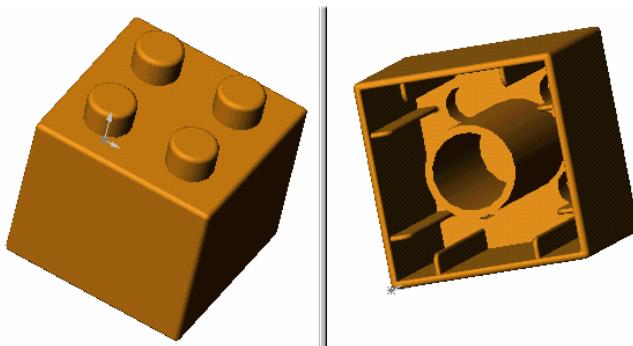


Figura 3.1. Piesa model pentru lucrarea de laborator nr.3

Etapele realizării acestei lucrări sunt:

1. Crearea blocului de construcție de bază și a schițelor de pe una din fețele cubului Lego;
2. Construcția racordărilor estetice
3. Inlăturarea materialului din interiorul cubului;
4. Construcția elementului central și a elementelor de prindere;

### 2. Crearea blocului de construcție de bază

Crearea blocului de construcție de bază pleacă de la schița unui pătrat cu latura de **40mm** care se extrudează pe o înălțime de **35mm**. În continuare, se selectează vederea frontală și se desenează pe planul acestuia un cerc cu raza de **5mm**, plasat față de muchii conform exemplului din figura 3.2. Cercul desenat se extrudează pe o înălțime de **6mm**.

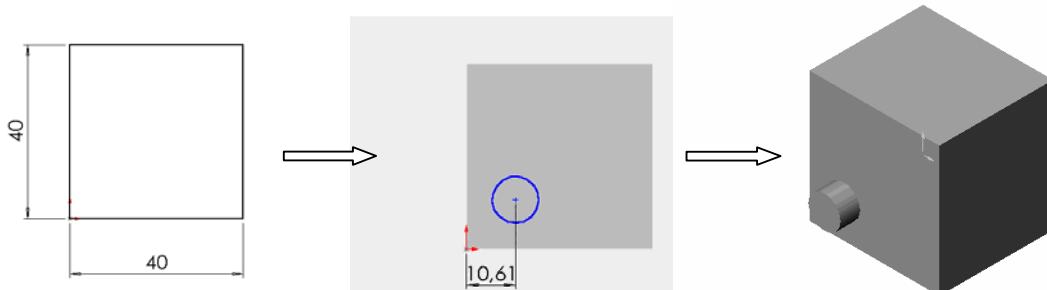


Figura 3.2 Desenarea și extrudarea cercului

Pe capătul liber al cilindrului rezultat se va construi o racordare cu o rază de **1mm**. În continuare, acesta se va multiplica pe două direcții, cu ajutorul comenzi **LINEAR PATTERN** prezentată în cadrul laboraturului nr.1. Comanda poate fi selectată fie din meniul **INSERT, PATTERN/MIRROR, Linear Pattern**, fie cu ajutorul butonului:



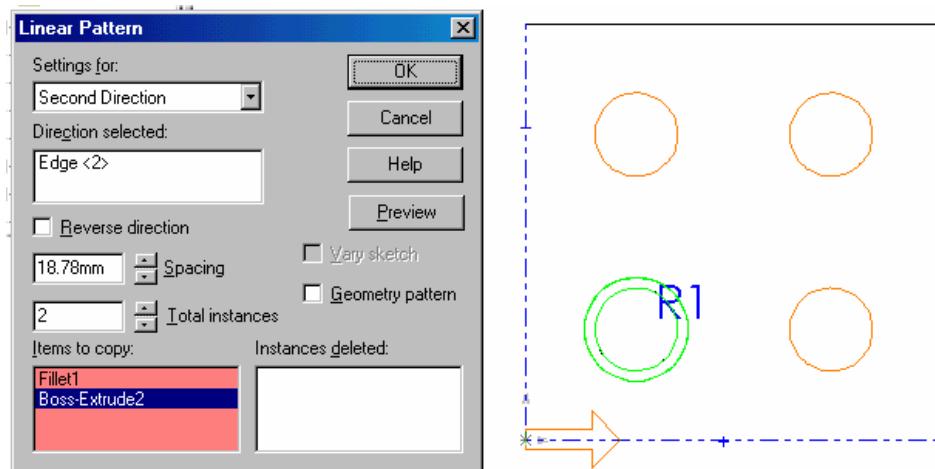
Va apărea o fereastră de dialog (prezentată în figura 3.3) în care vor fi introduse direcțiile de multiplicare ale obiectului. Pentru prima direcție se va apăsa cu mouse-ul pe una din laturile pătratului, iar pentru cealaltă direcție pe o altă latură, perpendiculară pe prima.

În căsuța **Spacing** se introduce distanța dintre două repere copiate. Distanța se introduce separat pentru cele două direcții, deoarece distanța pe orizontală poate fi diferită de distanța pe verticală. În acest caz însă, distanța fiind egală, se introduce în ambele cazuri valoarea **18,78mm**.

În căsuța **Total Instances** se va introduce, separat pentru cele două direcții, numărul de obiecte rezultante. În acest caz, numărul este **2** pentru ambele direcții.

Pentru căsuța **Items to Copy** se va selecta obiectul (cilindrul) care urmează să fie multiplicat.

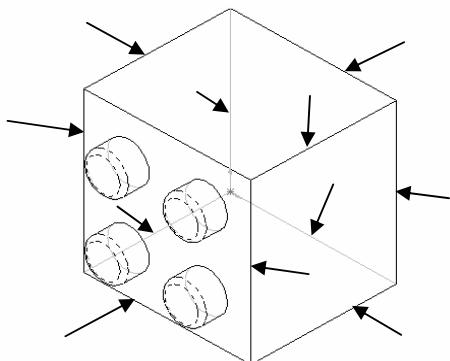
Este indicat să se aleagă modul de vizualizare wireframe și vederea din față pentru a se selecta mai ușor direcțiile (figura 3.3.)



*Figura 3.3 Multiplicarea liniară a cilindrului*

Se revine la vedere izometrică și la afișarea solidă a modelului pentru a se analiza rezultatul obținut.

### 3. Constructia racordărilor estetice



Se vor selecta muchiile indicate în figura 3.4 și se vor rotunji cu o rază de **1mm**. Pentru ca toate muchiile să fie vizibile dar imaginea să nu fie prea încărcată, se va alege vedere cu muchiile ascunse colorate în gri. Săgețile indică muchiile care vor fi rotunjite.

*Figura 3.4 Muchiile care se vor selecta pentru racordare*

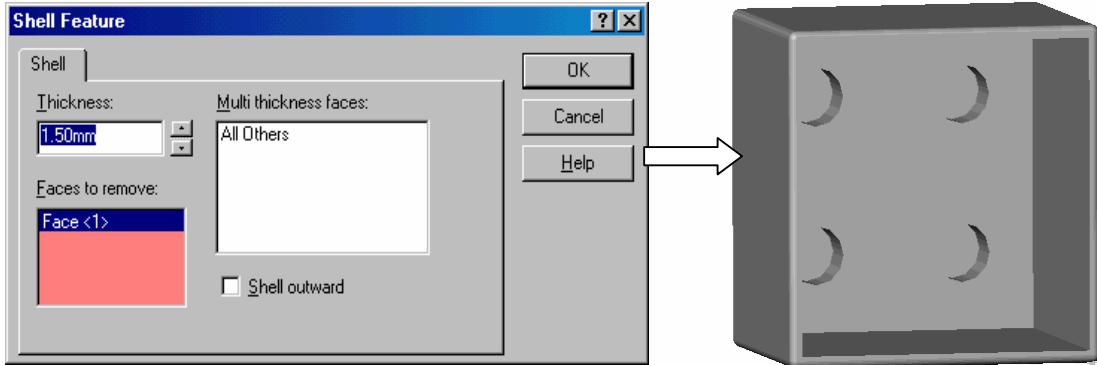
### 4. Înlăturarea materialului din interiorul cubului

Softul SolidWorks permite construirea unor cavități prin scobirea conținutului unui obiect solid. Comanda care realizează acest lucru se numește **SHELL**, shell, însemnând în limba engleză înveliș, carcăsa. Practic, se crează o cavitate, o scobitură într-o piesă, păstrându-se suprafața selectată deschisă și acordând pereți de o grosime stabilită celorlalte fețe (grosimea tuturor pereților exteriori sau interiori, indiferent de forma lor va fi aceeași). Comanda se utilizează în special pentru proiectarea produselor care se realizează prin turnare sau ambuțisare.

Se apelează fie din meniul **INSERT**, **FEATURES**, **SHELL**, fie prin apăsarea butonului:



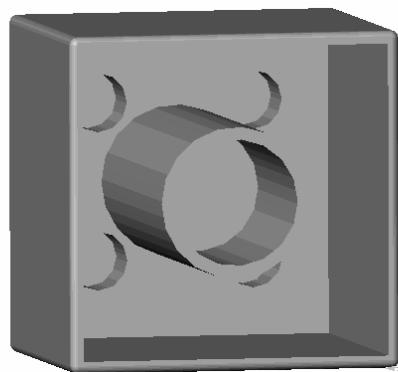
Apare fereastra de dialog din figura 3.5. Se introduce grosimea pereților de **1,5mm** și se selectează fața care va fi înláturată. Aceasta va fi fața opusă celei pe care s-a lucrat până acum.



*Figura 3.5 Fereastra de dialog a comenzii SHELL*

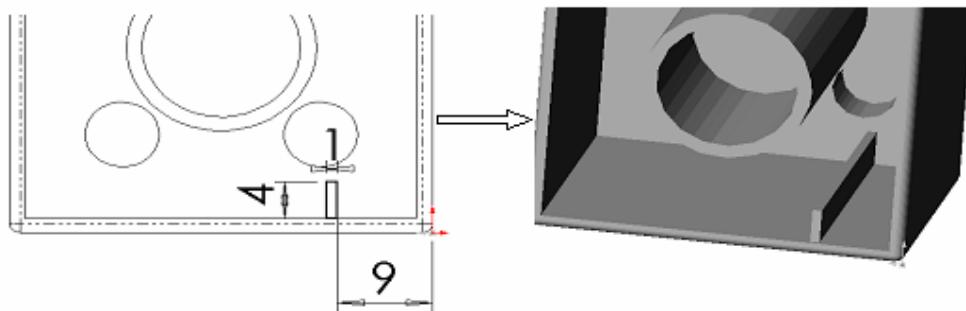
### **5. Constructia elementului central și a elementelor de prindere**

Pentru construcția elementului central, se selectează fața interioară a cubului în mijlocul căruia se desenează un cerc cu diametrul de **18mm**. Cercul se extrudează pe o înălțime de **33,5mm**. Se selectează apoi fața liberă a cilindrului obținut și se desenează pe ea un cerc cu diametrul de **15mm**. Se aplică comanda *Extrude Cut* și se transformă într-un alezaj cu adâncimea de **32mm**. (Figura 3.6.)



Pe fața interioară a cubului se desenează două dreptunghiuri, după cum se vede în figura 3.7. Acestea se extrudează pe o lungime de **33mm**.

*Figura 3.6 Construcția elementului central*



*Figura 3.7 Desenarea flanșelor interioare*

Muchia 1 se va racorda cu o rază de **2mm**, iar muchiile 3 și 4 cu raze de racordare de **0,5mm**, după cum este prezentat în figura 3.8.

Piesa obținută se va multiplica pe o singură direcție, folosind comanda **LINEAR PATTERN**. Dacă direcția afișată în *Preview* nu este cea dorită se activează căsuța **Reverse Direction**.

Pentru a putea multiplica mai ușor elementele astfel obținute și pe muchia opusă, vom folosi comanda **MIRROR FEATURE** care se apelează din meniul **INSERT**, **PATTERN/MIRROR**, **MIRROR FEATURE** sau de la butonul

În primul rând, se crează un plan de simetrie pentru oglindirea reperelor. În cazul de față se va stabili care dintre planurile prestabili este cel normal la fața cubului pe care se află elementele. Planul căutat este Planul 2 (**Plane 2**). Vom duce un plan paralel cu acesta care să se găsească la jumătatea laturii cubului, deci la **20mm**.

Se vizualizează planul 2 (**Plane 2**). Prin selectarea acestuia și apăsând butonul din dreapta al mouse-ului, se activează comanda **SHOW**. Astfel planul 2 va putea fi vizualizat pe suprafața de lucru (figura 3.10).

Pentru a crea planul 4 (**Plane 4**) se ține apăsată tasta Ctrl și selectându-se o latură a planului se trage în direcția dorită. Se face apoi dublu click pe planul nou format și va apărea o distanță, cea între cele două plane paralele. Făcând dublu click pe acea distanță, o putem modifica, în acest caz la **20mm**.

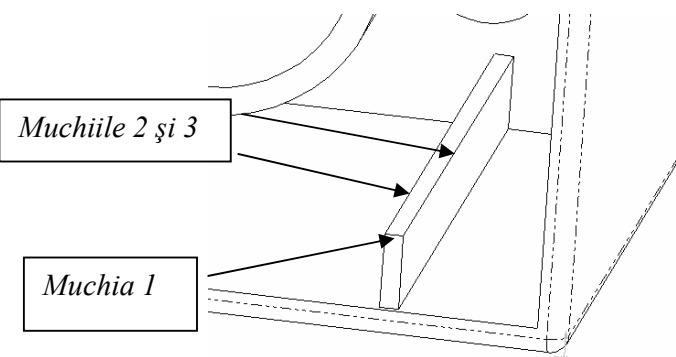


Figura 3.8. Racordarea muchiilor

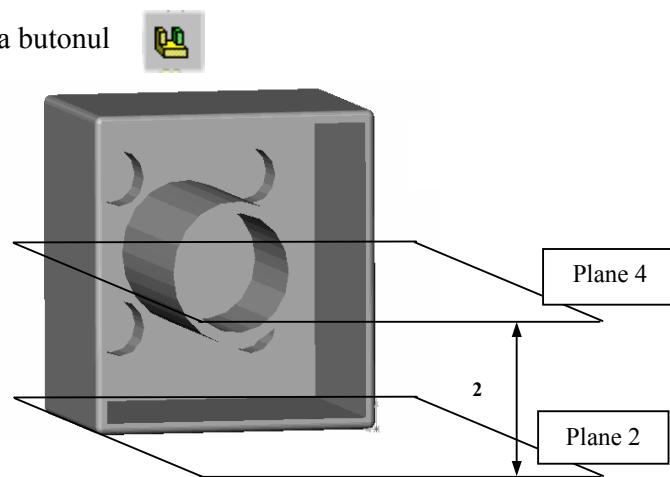


Figura 3.9. Alegerea planelor de simetrie

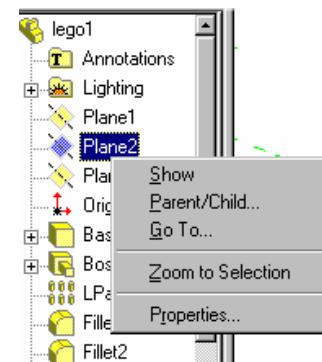
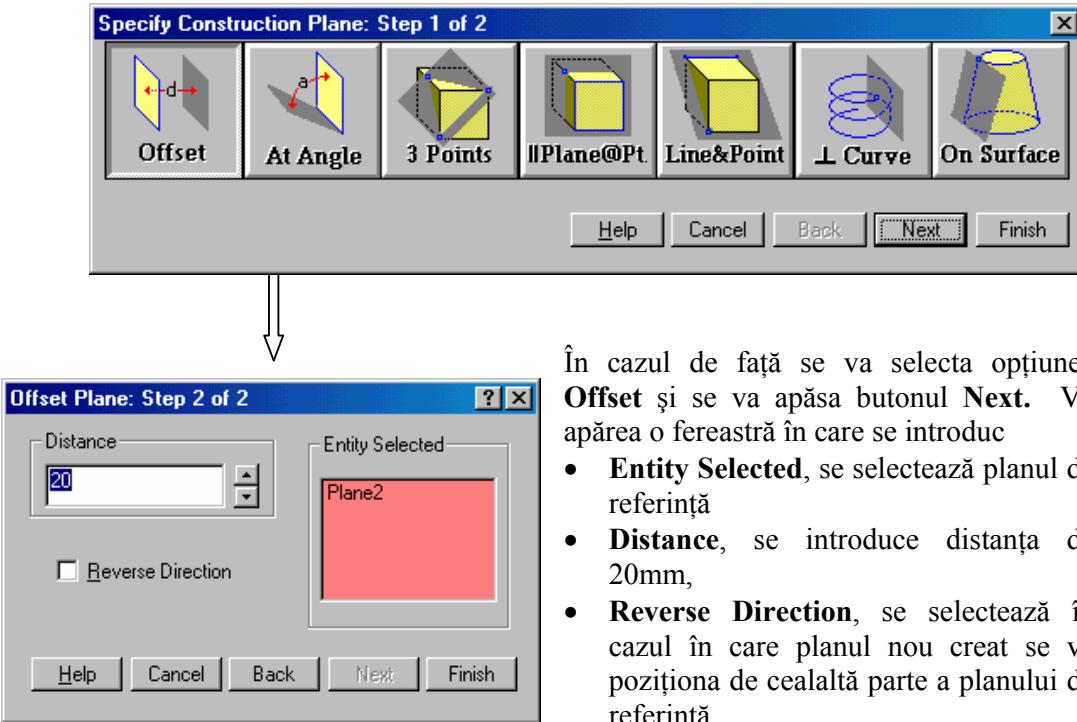


Figura 3.10 Activarea comenzii *Show*

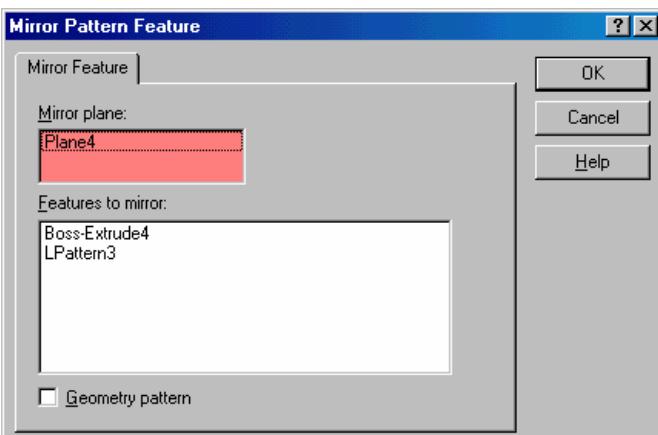
Construirea unui plan paralel cu un plan selectat se poate realiza și cu ajutorul meniului **INSERT**, **REFERENCE GEOMETRY**, **PLANE**. Va apărea o fereastră de dialog care permite alegerea tipului de plan care se dorește a fi inserat în desen.



*Figura 3.11 Selectarea și definirea planelor*

După apelarea comenzi MIRROR FEATURE va apărea o fereastră de dialog. La rubrica **Mirror Plane** se va selecta **Plane 4**, iar la **Features to Mirror** se vor selecta elementele care urmează să fie simetrizate.

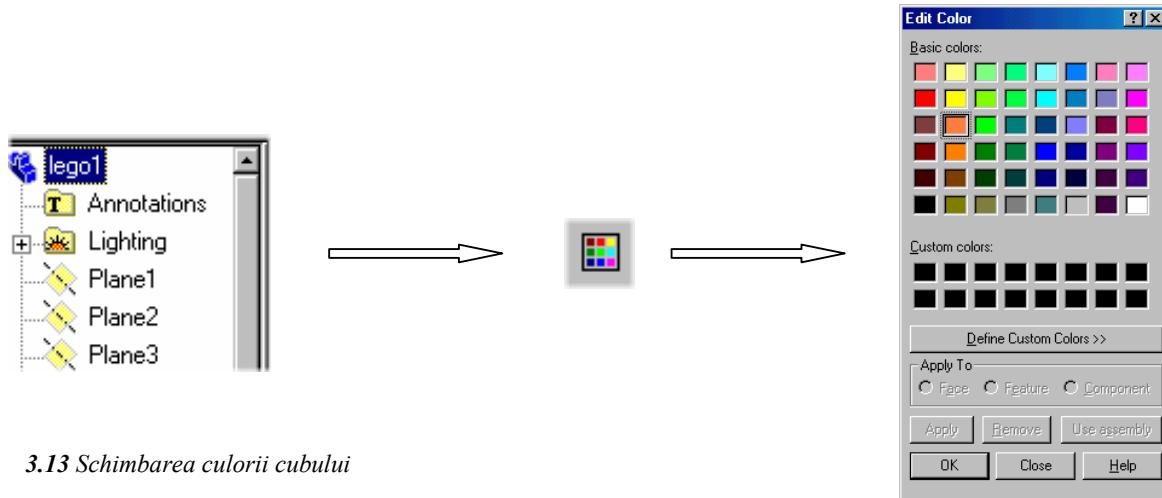
Se va proceda în mod asemănător și cu față perpendiculară. Se va crea, de asemenea un dreptunghi având lungimea de **4mm**, lățimea de **1mm** și care se află la o distanță de **9mm** față de origine. În acest caz, planul care va reprezenta planul de oglindire este **Plane 5**, paralel cu **Plane 3**.



*Figura 3.12 Fereastra de dialog a comenzii Mirror*

Cubul Lego este acum gata. În lucrarea următoare va fi realizat un alt cub, de o formă diferită, care va fi asamblat cu acesta.

Putem schimba culoarea cubului. Pentru acesta se selectează numele modelului din Organizator. Se alege culoarea portocalie. Modelul va fi acum portocaliu.



**3.13 Schimbarea culorii cubului**

### COMENZI NOI

1. **Mirror feature** – realizează copierea obiectelor sau reperelor în oglindă
2. **Shell** – scoasește modelul, lăsând o ‘coajă’ de grosime constantă, atât pentru partea exterioară cât și pentru cea interioară dacă este cazul.
3. **Linear Pattern** – permite multiplicarea de tip matrice liniară a unui reper tridimensional, pe două direcții.

# LABORATOR nr. 4

## 1. Introducere (Comenzi de asamblare)

Această lucrare de laborator introduce comenziile de asamblare Solid Works, sub formă unor exemple intuitive. Se va crea o piesă Lego, prezentată în figura 4.1, care se va asambla cu cea construită în lucrarea precedentă.

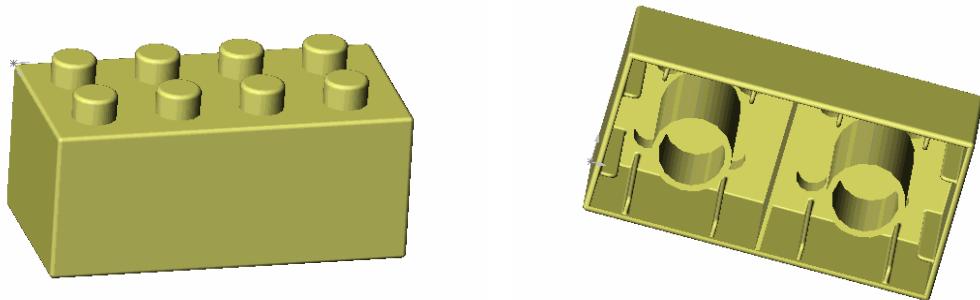


Figura 4.1 Piesa-exemplu pentru lucrarea nr.4

### *Etapa 1.*

Se realizează schița unui dreptunghi cu dimensiunile **40mm** și **77,56 m** și se extrudează pe o înălțime de **35mm**. Se selectează una dintre fețe, pe care se schițează un cerc cu diametrul de **10 mm** (figura 4.2.).

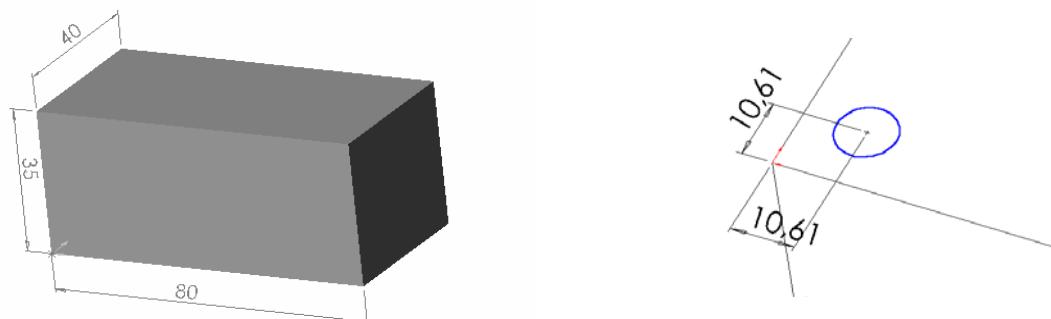


Figura 4.2 Prima etapă de construcție a piesei

Conturul se extrudează pe o înălțime de **6 mm**, iar obiectul obținut se rotunjește la capătul liber cu o rază de **1 mm**.

Folosind comanda **LINEAR PATTERN** se multiplică obiectul de patru ori pe

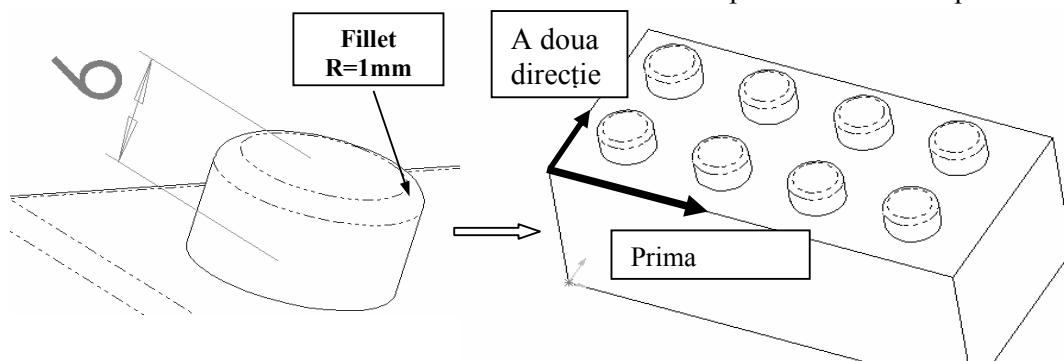


Figura 4.3 Multiplicarea liniară a obiectului

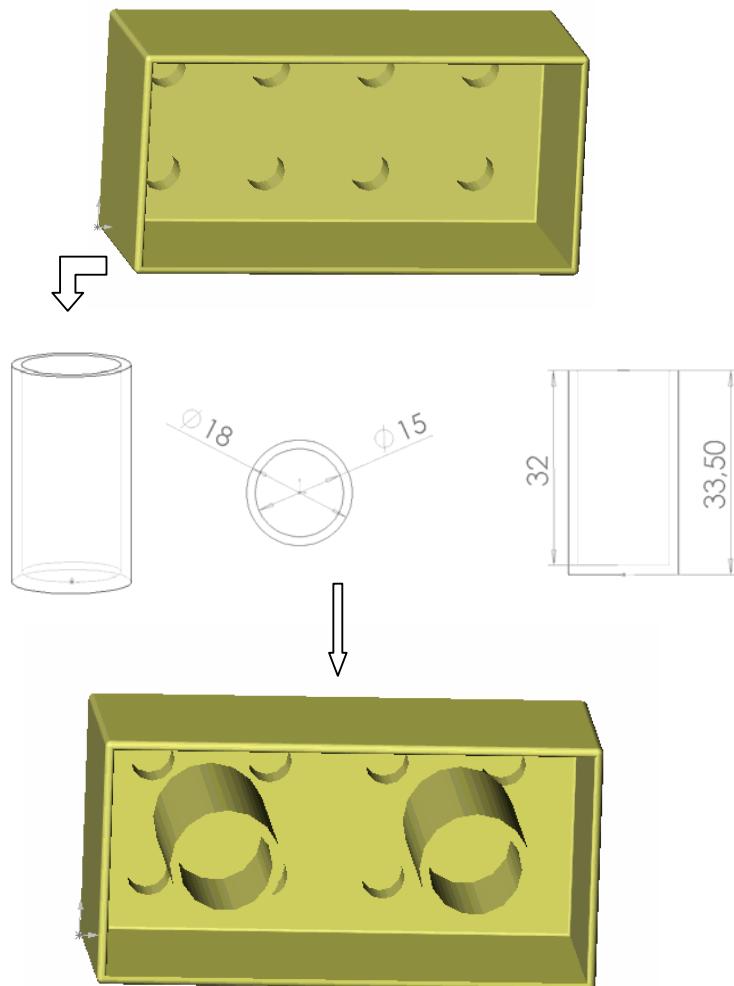
prima direcție și de două ori pe cea de-a doua direcție (figura 4.3.).

Se racordează fiecare muchie a paralelipipedului cu raze de **1 mm**.

Pe fața opusă celei pe care s-a lucrat până acum se realizează o cavitate (**SHELL**), cu grosimea pereților de **1,5 mm**.

*Etapa 2.*

La fel ca și la primul cub Lego, în mijloc se va crea un cerc cu diametrul de **18 mm** care se va extruda pe o înălțime de **33,5 mm**. Pe cilindrul obținut, se desenează un cerc cu diametrul de **15 mm**. Acesta se extrudează pe o adâncime de **32 mm** cu comanda *Extrude-Cut* (înlăturare de material). Datorită faptului că acest model are nevoie de două astfel de instanțe se va folosi opțiunea **LINEAR PATTERN** pentru a crea un al doilea obiect identic, la o distanță de **37,56 mm** (figura 4.4.).



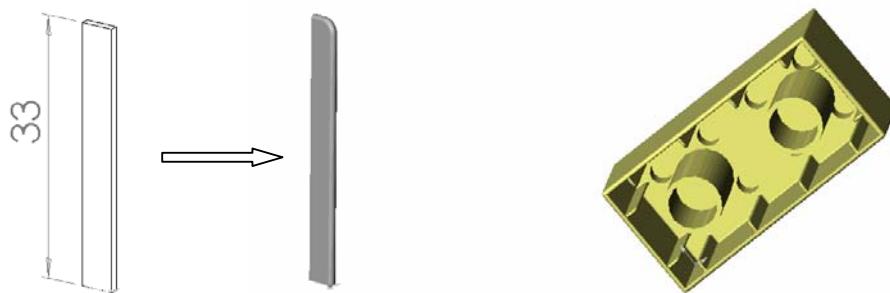
**Figura 4.4** Multiplicarea liniară a cilindrului

*Etapa 3.*

Pe una dintre laturile mici ale piesei, în interior, se realizează schița unui dreptunghi având următoarele dimensiuni: **lungimea = 4 mm**, iar **lățimea = 1 mm**. Dreptunghiul se extrudează pe o înălțime de **33 mm**. La capătul liber se construiește o rază de racordare de **2 mm** iar muchiile laterale libere se racordează cu o rază de **0,5 mm**. Folosind comanda **LINEAR PATTERN** se multiplică dreptunghiul, de două ori, pe o singură direcție, la o distanță de **19,39 mm**. Construcția este prezentată în figura 4.5.

In continuare, folosind un plan paralel cu planul 2 (**Plane 2**) se oglindesc obiectele pe cealaltă latură a piesei Lego. Noul plan, planul 4 (**Plane 4**) se va duce la o distanță de **40mm** de planul 2 (**Plane 2**). Se vor obține astfel patru elemente, față în față două câte două.

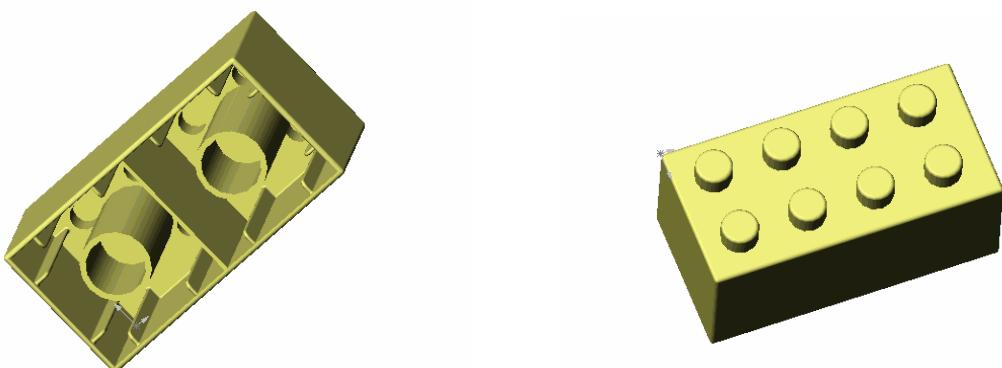
Se va proceda la fel și pentru laturile lungi ale piesei, elementul construit multiplicându-se de patru ori cu comanda **LINEAR PATTERN**.



*Figura 4.5 Multiplicarea flanselor pe laturile lungi ale piesei*

Pe fața interioară, la jumătatea distanței se realizează schița unui dreptunghi având dimensiunile: **lungimea = 38 mm și lățimea = 1 mm** care apoi se extrudează pe o înălțime de **33,5 mm**.

Se schimbă culoarea modelului în galben. Acum cubul Lego va arăta ca în figura 4.6.

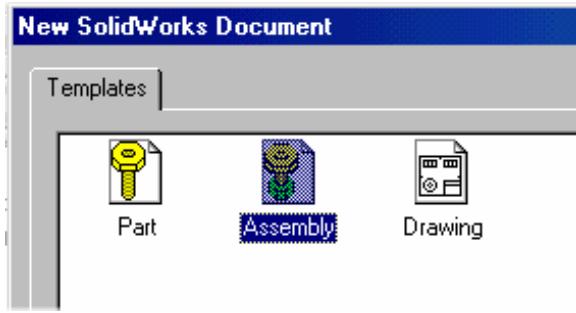


*Figura 4.6 Piesa , cub Lego construită*

În partea a doua a lucrării se va realiza asamblarea celor două cuburi Lego. Etapele necesare asamblării sunt:

1. Deschiderea unei foi de lucru de tip **Assembly**;
2. Inserarea în spațiul foii a elementelor care vor fi asamblate;
3. Realizarea asamblării.

## 2. Deschiderea unei foi de lucru de tip ASSEMBLY



Se deschide un nou document SolidWorks. Dintre cele trei tipuri de documente disponibile se alege cel de tip **Assembly**, conform, figurii 4.7. Ca urmare, se va afișa o foaie de lucru având comenzi diferite față de cele din documentul de tip **Part**.

Aceste comenzi sunt adaptate lucrului cu repere care trebuie asamblate.

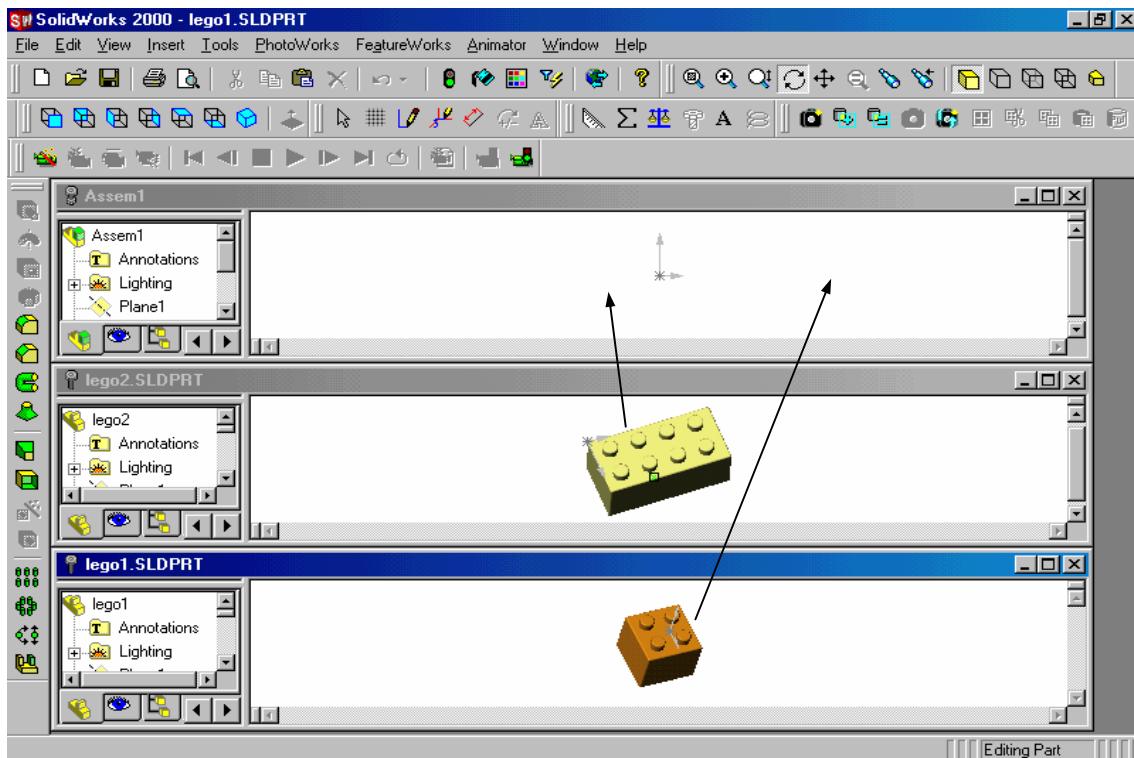
*Figura 4.7 Alegerea unui nou document de tip Assembly*

## 3. Inserarea în spațiul de lucru a reperelor care vor fi asamblate

În primul rând se deschid documentele de tip **Part** conținând cele două cuburi Lego. Din meniul **WINDOW** se selectează comanda **TILE HORIZONTALLY**. Se vor obține astfel trei ferestre, una fiind cea a asamblării iar celelalte două conținând cele două fișiere deschise, respectiv cele două piese Lego.

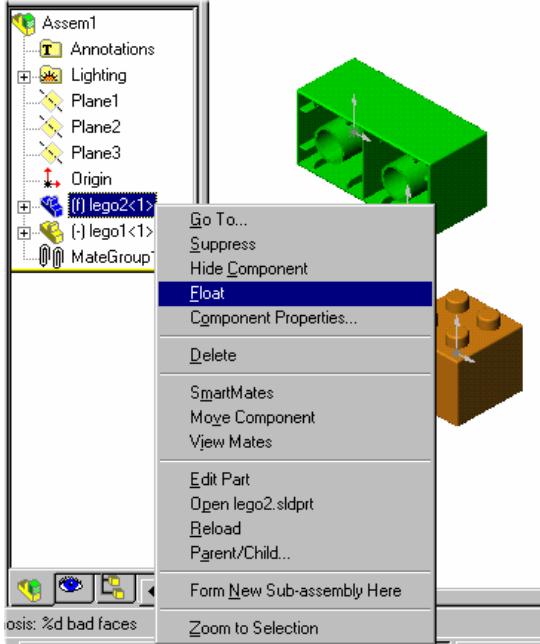
Pentru a aduce cele două piese în fereastra asamblării, acestea se prind cu mouse-ul și se trag pur și simplu în fereastra asamblării. Același lucru poate fi realizat și prin apelarea meniului **INSERT, COMPONENT, FROM FILE** urmată de selectarea numelui fișierului care se dorește a fi inserat.

În cazul utilizării primei variante, după inserarea elementelor în fereastra de lucru de tip **Assembly**, celelalte două ferestre se închid iar aceasta se maximizează.



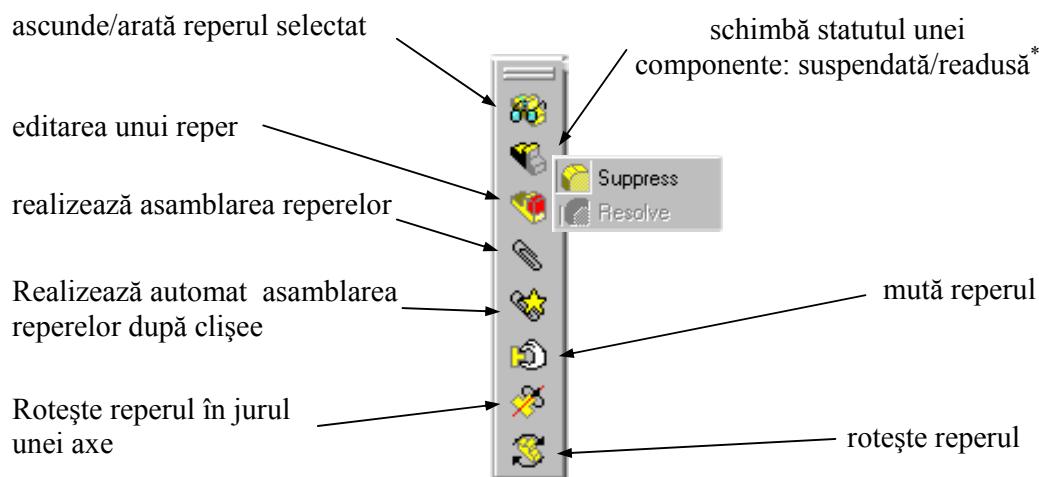
*Figura 4.8 Cele trei ferestre cuprinzând zona de asamblare și piesele Lego*

Ca urmare a inserării elementelor în foaia de tip Assembly, primul element introdus va fi fix în timp ce următoarele vor fi mobile. Pentru a ușura lucrul și în funcție de fiecare situație particulară, se poate modifica statutul oricărui element cu condiția ca cel puțin unul dintre ele să fie fix (figura 4.9.).



**Figura 4.9** Modificarea statutului elementelor

În acest caz, piesa numită **Lego 2** (cea mai mare) a fost introdusă prima în document, prin urmare este fixă. Dacă se dorește schimbarea statutului acesteia (să devină mobilă) se va selecta opțiunea **Float**. În acest caz, piesa numită **Lego 1** trebuie să primească statutul de **Fixă**. Piesa considerată mobilă va putea fi mutată, rotită liber, rotită în jurul unei axe sau asamblată cu piesa fixă. Operațiile enumerate se pot realiza prin apelarea comenzilor corespunzătoare de la următoarele butoane:



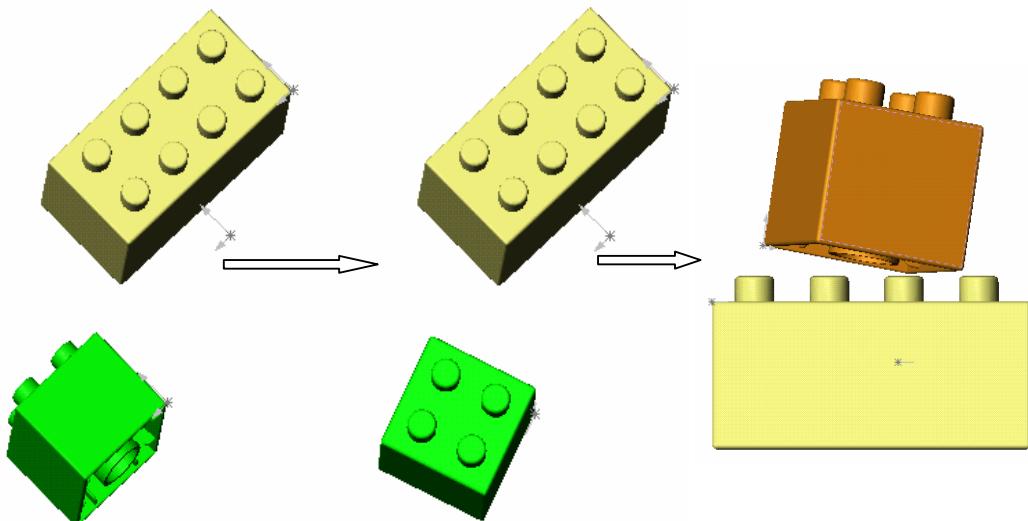
**Figura 4.10** Explicitarea butoanelor corespunzătoare comenzilor folosite pentru asamblare

\* suspendarea sau reducerea unui reper se folosește în cazul unor asamblări complexe. Dacă nu este necesar lucrul cu unele dintre elemente, acestea sunt suspendate, iar

documentul se va încărca mult mai repede, având un volum de date mai redus. În forma finală se vor introduce și elementele suspendate.

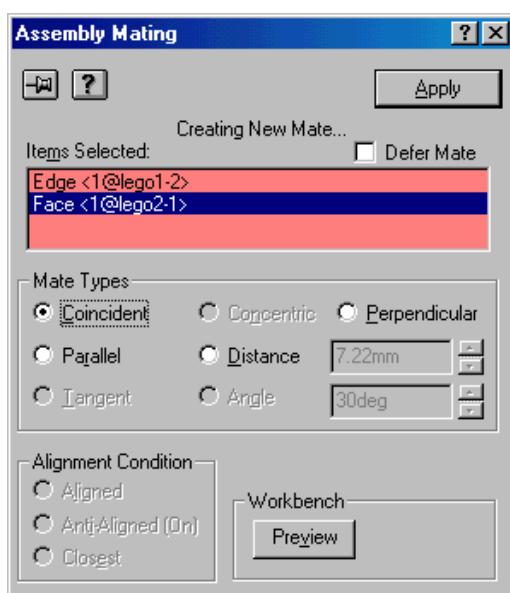
#### 4. Realizarea asamblării

Pentru început, se va roti piesa **Lego 1** până când va ajunge aproximativ în aceeași poziție ca și piesa **Lego 2**. Folosind apoi toate vederile necesare se aduce cubul **Lego 1** deasupra cubului **Lego 2**. Exemplul de lucru este prezentat în figura 4.11.



*Figura 4.11 Manipularea pieselor în vederea asamblării*

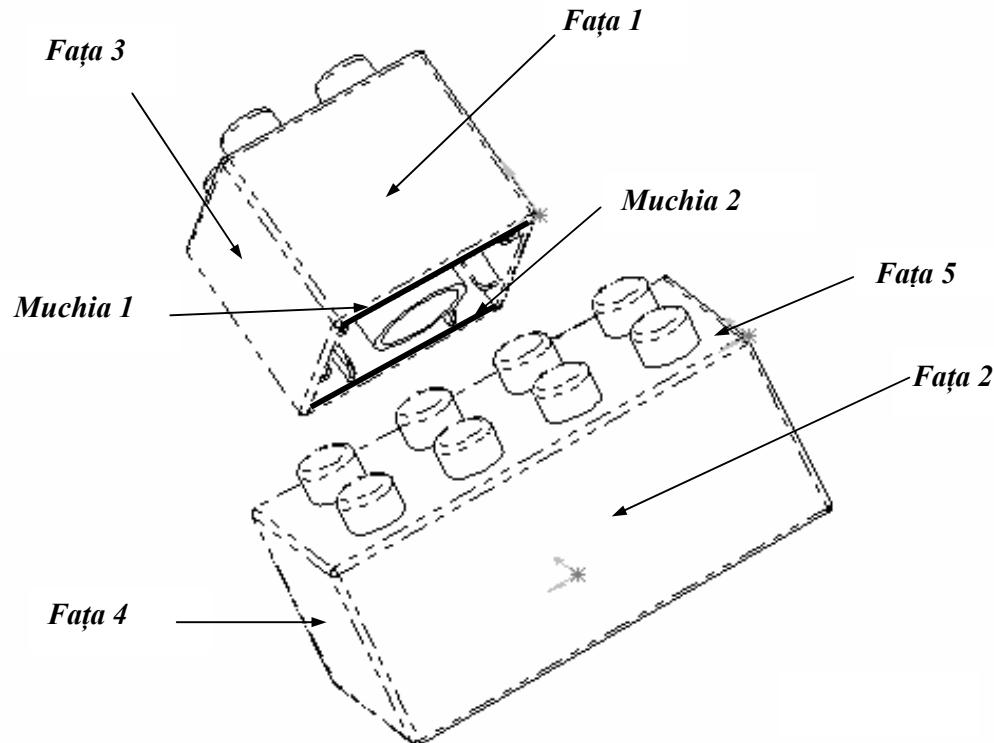
Pentru realizarea asamblării se va utiliza meniul **INSERT, MATE** sau butonul:  Va apărea fereastra de dialog prezentată în figura 4.12.



- În fereastra **Items Selected** se vor introduce piesele care urmează să fie asamblate.
  - Pentru **Mate Types** se selectează tipul de relație dintre cele două piese selectate. Relațiile pot fi:
    - de coincidență
    - de paralelism
    - de tangență
    - de concentricitate
    - de perpendicularitate
- sau se pot afla la o distanță dată sau un unghi dat.
- În fereastra **Alignment Condition** se specifică condițiile de aliniere, cu alte cuvinte, dacă piesele vor fi aliniate sau doar apropiate.

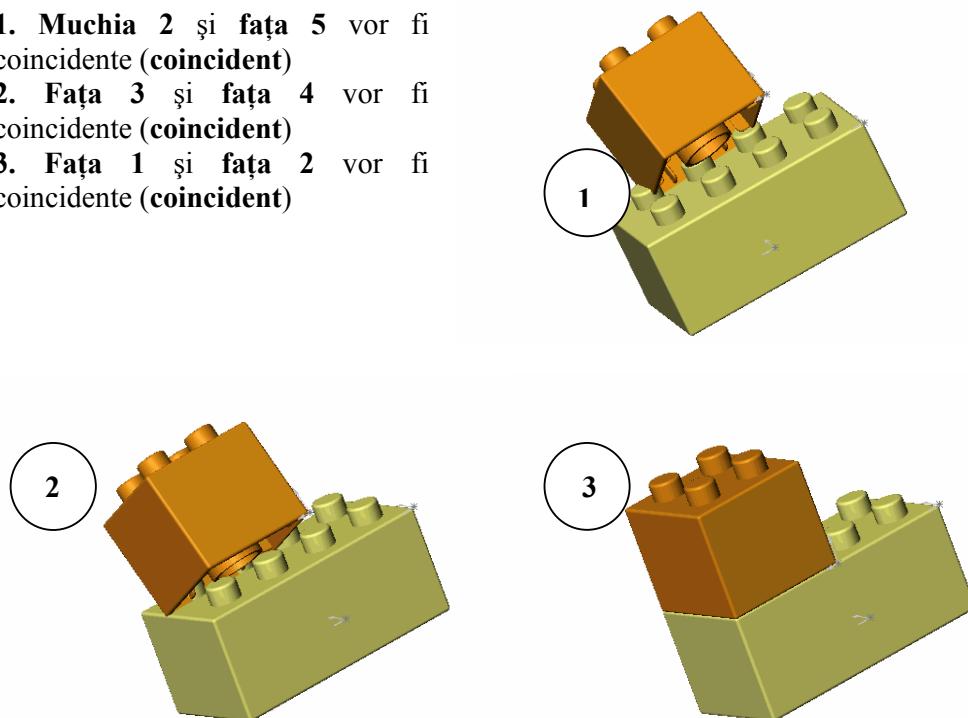
*Figura 4.12 Fereastra de dialog pentru asamblare*

Se începe asamblarea propriu-zisă, folosindu-se elementele din figura 4.13.



*Figura 4.13 Semnificarea elementelor*

1. **Muchia 2 și fața 5** vor fi coincidente (**coincident**)
2. **Fața 3 și fața 4** vor fi coincidente (**coincident**)
3. **Fața 1 și fața 2** vor fi coincidente (**coincident**)



*Figura 4.14 Realizarea asamblării propriu-zise*

În acest moment asamblarea este realizată corect. Se procedează la fel și în cazul în care trebuie asamblate mai multe repere. Se ține seama de forma suprafețelor care trebuie asamblate și în funcție de acest lucru se folosesc opțiunile comenzii **MATE**.

### **COMENZI NOI**

1. **Move** – deplasează un reper în foaia de lucru Assembly 
2. **Rotate** – rotește un reper în foaia de lucru Assembly 
3. **Mate** – realizează etapele de asamblare 

## LABORATOR nr. 5

### **1. Introducere (Crearea formelor neconvenționale – comanda LOFT)**

Lucrarea de laborator numărul cinci introduce comanda **LOFT** care oferă posibilitatea creării unor obiecte de forme mai puțin convenționale, dificil de obținut din elementele geometrice obișnuite.

Comanda creează elemente prin efectuarea unor tranzitii între profile. Cu ajutorul acestei comenzi se pot genera următoarele tipuri de caracteristici:

- corpuri simple create prin unirea punctelor determinate între plane (trasaj);
- corpuri generate de profile care nu sunt planare;
- corpuri generate prin linii frânte;
- corpuri generate de curbe generatoare utilizând profile plane sau ne-planare;
- corpuri generate având ca directoare axa.

O astfel de caracteristică generată poate fi corp solid, un bosaj, o tăiere sau o suprafață. Se poate realiza pe baza a două sau a mai multor profile. Numai primul profil și/sau ultimul pot fi puncte. Pentru crearea unui corp solid primul și ultimul profil trebuie să fie fețe create din profile plane sau suprafete.

Pentru învățarea comenzi se propune desenarea unei sticle, conform modelului prezent în figura 5.1.



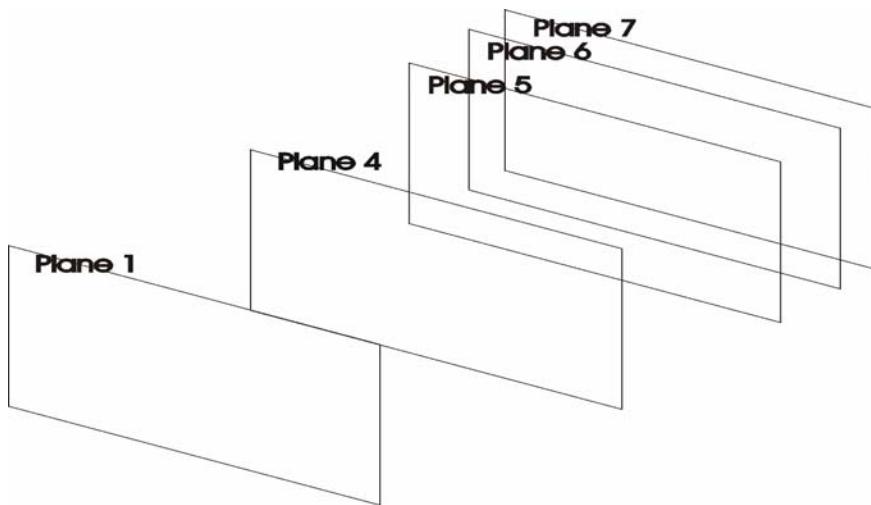
*Figura 5.1 Piesa-model pentru lucrarea de laborator nr.5*

Etapele care urmează să fie parcurse pentru realizarea acestui model sunt următoarele:

1. Stabilirea planelor și a distanțelor dintre acestea;
2. Realizarea schițelor din fiecare plan;
3. Realizarea profilului modelului;
4. Retușarea modelului.

### **2. Stabilirea planelor și a distanțelor dintre acestea**

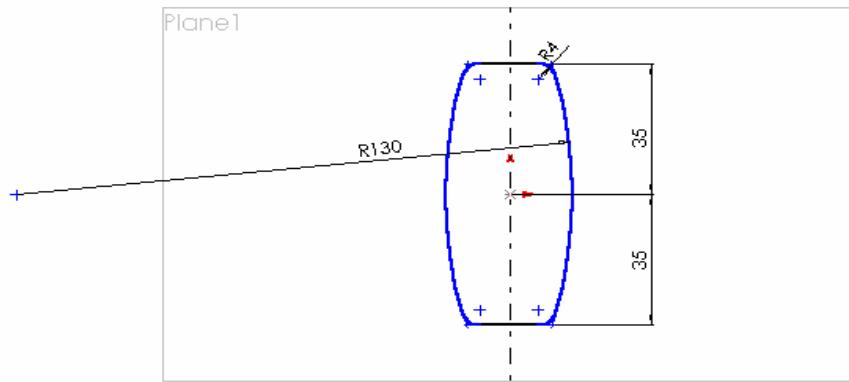
Se creează patru plane paralele cu planul 1 (**Plane 1**), conform metodei învățate în lucrarea anterioară (figura 5.2). Distanța dintre planul 1 și planul 4 este de **65 mm**, dintre planul 4 și planul 5 de **45 mm**, dintre planul 5 (**Plane 5**) și planul 6 (**Plane 6**) de **30 mm**, iar dintre planul 6 și planul 7 este de **20 mm**.



**Figura 5.2** Stabilirea planelor și a distanțelor dintre acestea

### 3. Realizarea schițelor din fiecare plan

- a) Se selectează planul 1 (**Plane 1**) și se realizează o schiță având formă și dimensiunile celei prezentate în figura 5.3., **L = 70 mm, l = 16 mm.**

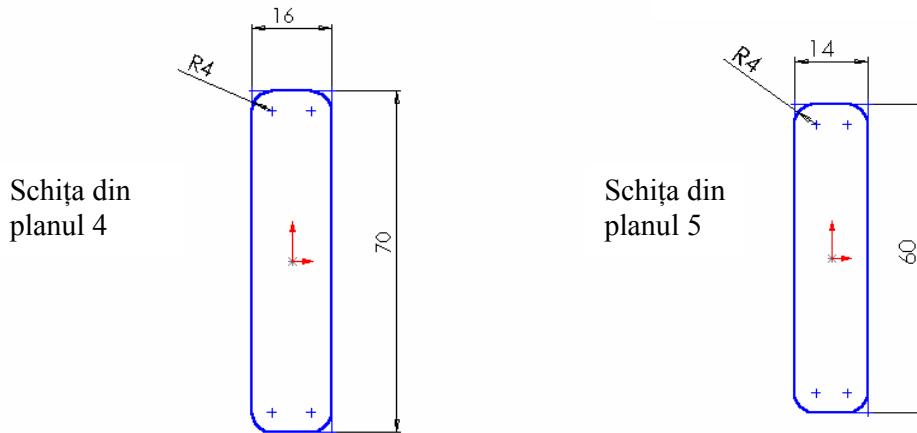


**Figura 5.3** Schita din planul 1

Se va desena mai întâi un dreptunghi având intersecția diagonalelor în origine, iar apoi se vor construi cele două arcuri cu raza **r = 130 mm**. Cu ajutorul comenzi **TRIM** se sterg două dintre laturile dreptunghiului și se rotunjesc colțurile cu o rază **r = 4 mm**.

- b) Pentru a putea desena o schiță într-un alt plan decât planul 1, se deselectează butonul **SKETCH** după care se selectează planul în care se dorește desenarea schiței. În acest caz, planul 4 (**Plane 4**). În acest plan se desenează un dreptunghi cu intersecția

diagonalelor în origine și cu dimensiunile: **L = 70 mm și l = 16 mm**. Se rotunjesc pe urmă colțurile cu o rază **r = 4 mm**.

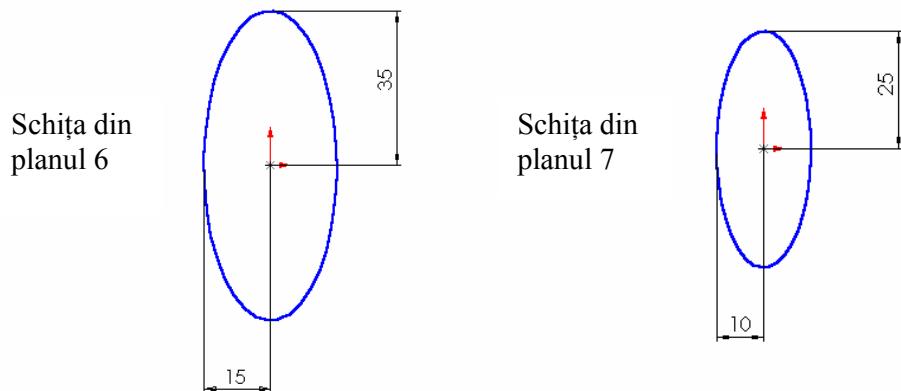


*Figura 5.4 Schițele realizate în planurile 4 și 5*

Schița din planul 5 (**Plane 5**) este un dreptunghi cu dimensiunile **L = 60 mm și l = 14 mm**. Colțurile se rotunjesc cu o rază **r = 4 mm**. Cele două schițe sunt prezentate în figura 5.4.

**Notă:** Înainte de începerea schiței este necesară deselectarea butonului **SKETCH**, pentru că altfel schița va fi desenată în ultimul plan selectat. După selectarea planului de lucru se va activa din nou butonul **SKETCH**.

- c) În planul 6 (**Plane 6**) se va desena o elipsă cu **diagonala mare de 70 mm și diagonala mică de 30 mm** având intersecția diagonalelor în origine.
- d) În planul 7 (**Plane 7**) se va desena o elipsă cu **diagonala mare de 50 mm și diagonala mică de 20 mm** având intersecția diagonalelor în origine. Cele două schițe sunt prezentate în figura 5.5.



*Figura 5.5 Schițele realizate în planurile 6 și 7*

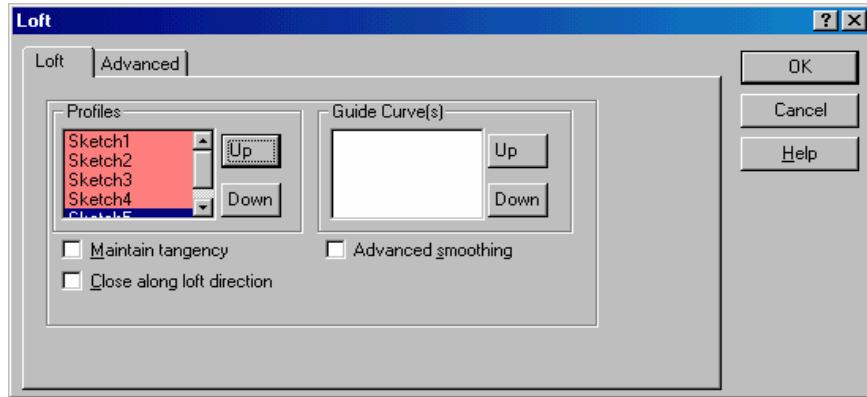
În final, schițele realizate în cele cinci planuri vor constitui profilele de bază, între care se vor trasa curbele generatoare pentru obținerea corpului final.

#### **4. Realizarea profilului modelului**

Pentru realizarea profilului modelului se apelează comanda **LOFT**. Aceasta se poate apela din meniu **INSERT**, **BOSS**, **LOFT** sau apăsând butonul:

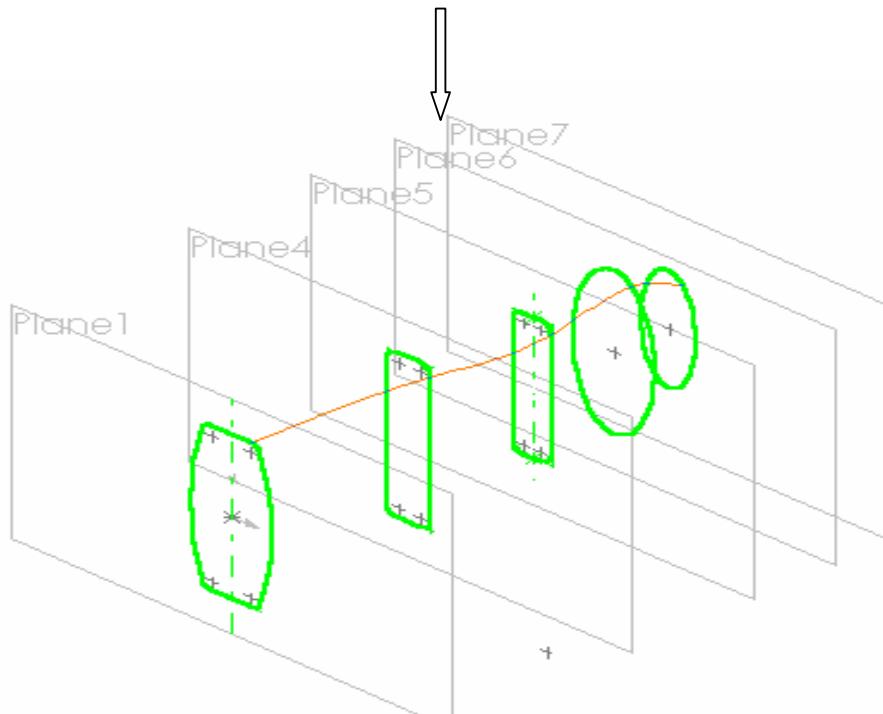


La apelarea comenții se va deschide fereastra de dialog, prezentată în figura 5.6, în care, la rubrica **Profiles** se introduc schițele (profilele) realizate în fiecare plan. Ordinea de introducere este secvențială.



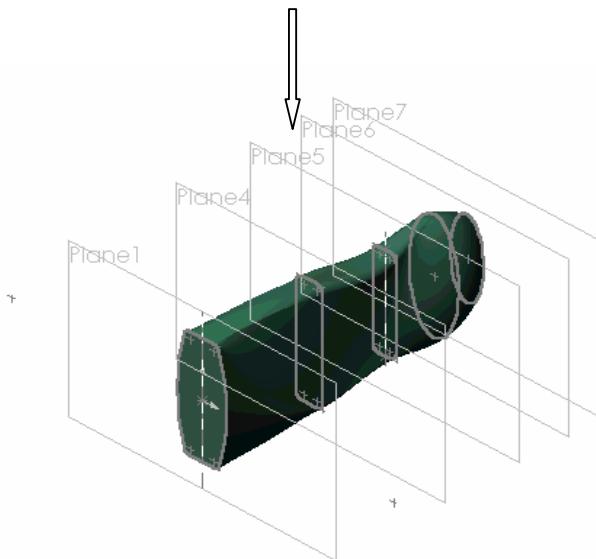
*Figura 5.6 Meniul comenzii LOFT*

În “Preview”, schițele vor fi unite prin trasarea unei linii portocalii care va desemna profilul pe care îl va avea viitorul corp solid. Modelul este prezentat în figura 5.7.



*Figura 5.7 Trasarea curbei care unește profilele*

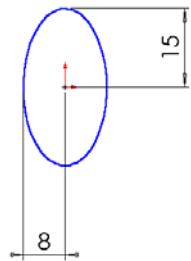
După trasarea curbei se poate aplica comanda prin activarea tastei “OK”. Modelul este acum format. În această fază se vor ascunde toate planele care au participat la realizarea sa. Corpul solid obținut este prezentat în figura 5.8.



*Figura 5.8 Generarea corpului solid în urma aplicării comenzi LOFT*

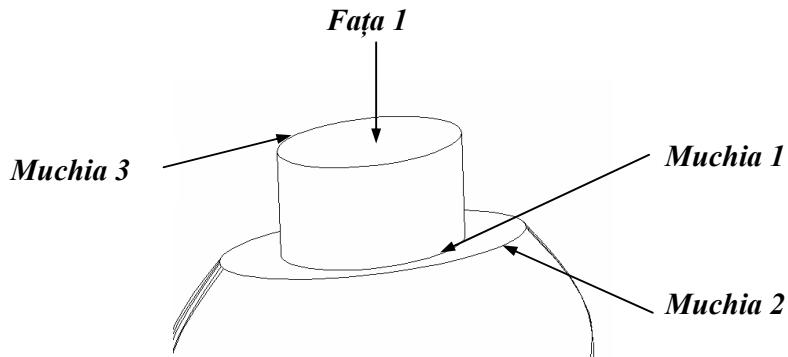
## 5. Retușarea modelului

În cadrul acestei secțiuni, corpul solid obținut se va completa cu umărul și gâtul sticlei. În acest scop, în partea superioară, pe suprafața elipsei, se va desena o altă elipsă cu **diagonala mare de 30 mm și diagonala mică de 15 mm** (figura 5.9).



Această schiță se extrudează pe o înălțime de **20 mm**. Pentru elementul nou creat, **muchia 1** se racordează cu o rază de **2 mm** prin aplicarea comenzi **Fillet**. La fel și **muchia 2**. **Muchia 3** se teșește, cu ajutorul comenzi **Chamfer** pe o distanță de **0,5 mm**. Selectarea muchiilor este prezentată în figura 5.10.

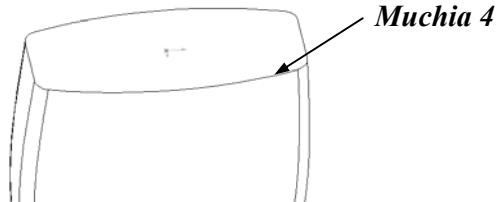
*Figura 5.9 Elipsa din planul superior*



*Figura 5.10 Selectarea elementelor pentru retușare*

Se va retușa în continuare și partea inferioară a modelului.

**Muchia 4**, selectată în figura 5.11 se va racorda cu o rază de **2 mm**.



*Figura 5.11 Selectarea muchiei inferioare*

Pentru finalizarea modelului, se selectează **făța 1** (figura 5.10) și se aplică comanda **SHELL** pentru o grosime a pereților de 0,5 mm.

Se selectează întregul model și i se atribuie culoarea dorită.

### **COMENZI NOI:**

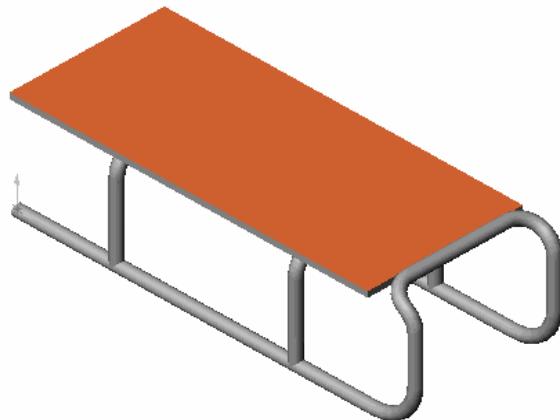
1. **Loft** – creează corpuri solide prin efectuarea unor tranziții între profile.



## LABORATOR nr.6

### **1. Introducere (Schițarea tridimensională)**

Această lucrare de laborator se ocupă în special de modalitățile de schițare în spațiul tridimensional, o facilitate importantă a programului SolidWorks. Se prezintă, de asemenea și comanda SWEEP. Pentru exersarea acestor comenzi se propune realizarea desenului din figura 6.1.



*Figura 6.1 Piesa-model pentru lucrarea de laborator nr.6*

Etapele realizării piesei-model sunt următoarele:

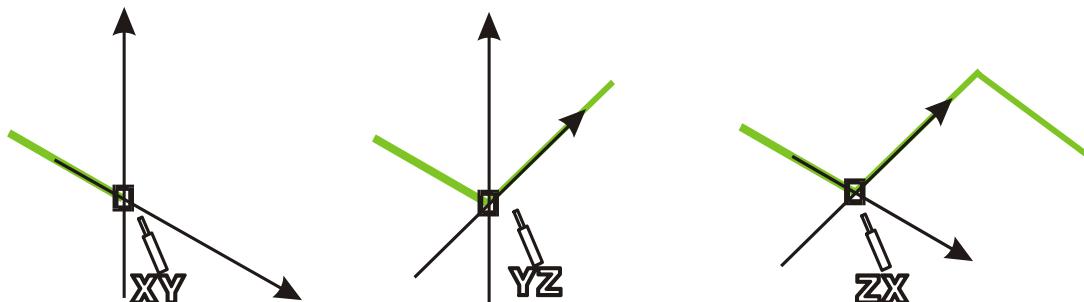
1. Desenarea schiței tridimensionale a tălpiei saniei și dezvoltarea modelului solid prin folosirea comenții **SWEEP**;
2. Desenarea și realizarea picioarelor de sprijin;
3. Desenarea plăcii saniei.

### **2. Desenarea schiței tridimensionale a tălpiei saniei și dezvoltarea modelului solid**

În scopul obținerii formei dorite a tălpiei saniei se folosește comanda **3D SKETCH**, care poate fi apelată fie din meniul **INSERT, 3D SKETCH** sau prin apelarea butonului:



La început, cursorul va fi însorit de literele XY, semnificând faptul că planul în care va începe schița este planul XOY. Pentru schimbarea acestuia se apasă tasta **Tab**. Indicația cursorului se va schimba în YZ, respectiv ZX deci schița se va extinde în planele YOZ și ZOX.



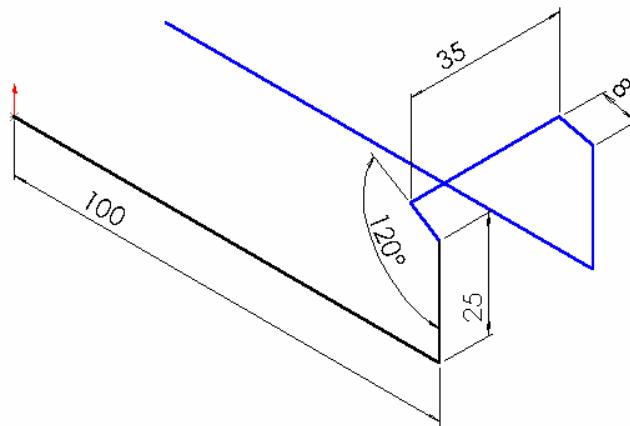
*Figura 6.2 Indicațiile cursorului la schimbarea planului de lucru*

Într-un plan, în mod asemănător, în funcție de locul în care se află cursorul, se afișează X, Y sau XY, semnificând direcția uneia din cele două axe, sau planul format de ele, dar pe o direcție înclinată față de axe.

Comanda **3D SKETCH** păstrează unele dintre facilitățile 2D SKETCH, respectiv:



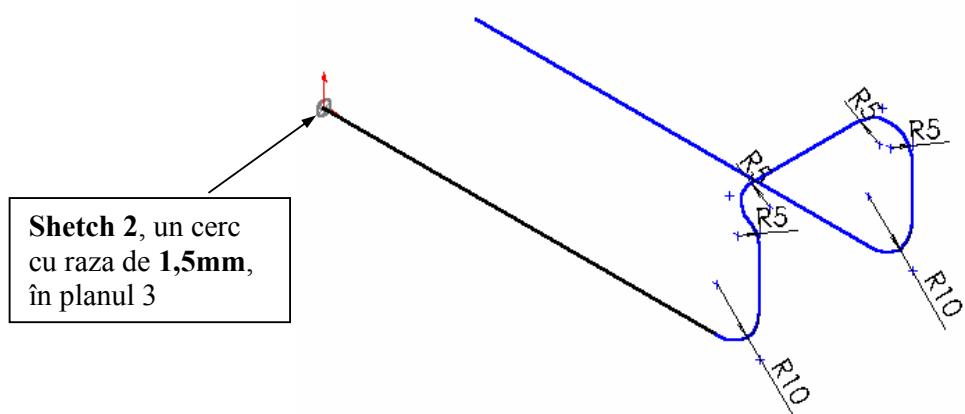
Utilizând comanda 3D SKETCH se desenează schița ca din figura 6.3:



*Figura 6.3 Schița cadrului piesei-model*

Segmentele de 100 mm, 25 mm și 8 mm sunt realizate în planul XOZ, iar segmentul de dreapta de 35 mm este realizat în planul YOZ.

Se rotunjesc colțurile schiței ca în figura 6.4:



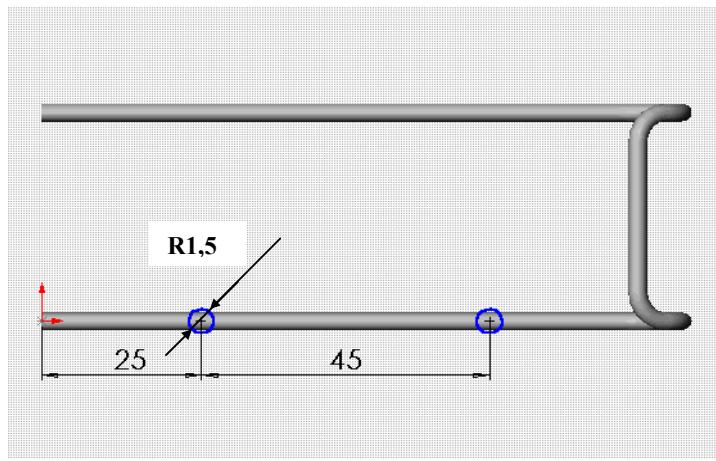
*Figura 6.4 Indicații de rotunjire a colțurilor*

În planul 3 (Plane 3) se desenează un cerc având centrul în originea sistemului de coordonate și raza de **1,5 mm**. Acest cerc va fi folosit ca și **Sweep Section**, în timp ce schița tridimensională va fi folosită ca **Sweep Path** în comanda **SWEEP**. Astfel se va crea talpa saniei.

**Notă:** Este indicat ca racordările să se aplique înainte de lansarea comenzi **SWEEP**.

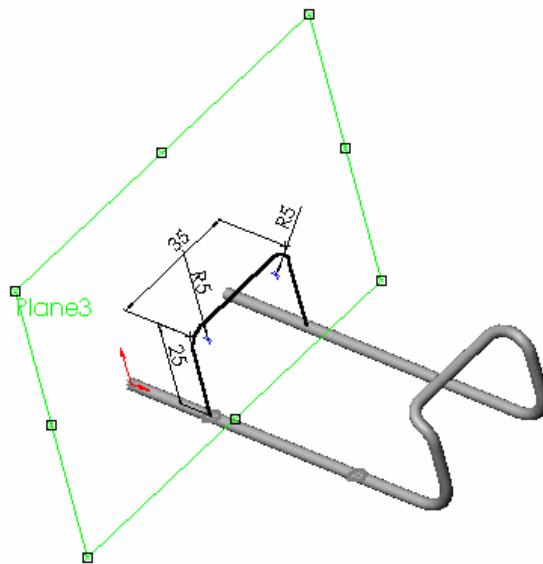
### 3. Desenarea și realizarea picioarelor de sprijin

În planul 2 (Plane 2) se desenează o schiță care va fi denumită **Sketch 3** și care va fi un cerc cu raza de **1,5mm**.



**Figura 6.5** Schițarea unor cercuri în planul 2

În planul 3 (Plane 3) se desenează o schiță tridimensională ca cea prezentată în figura 6.6. Punctul de început al schișei se află în centrul cercului desenat anterior, iar dimensiunile vor fi cele indicate pe desen.



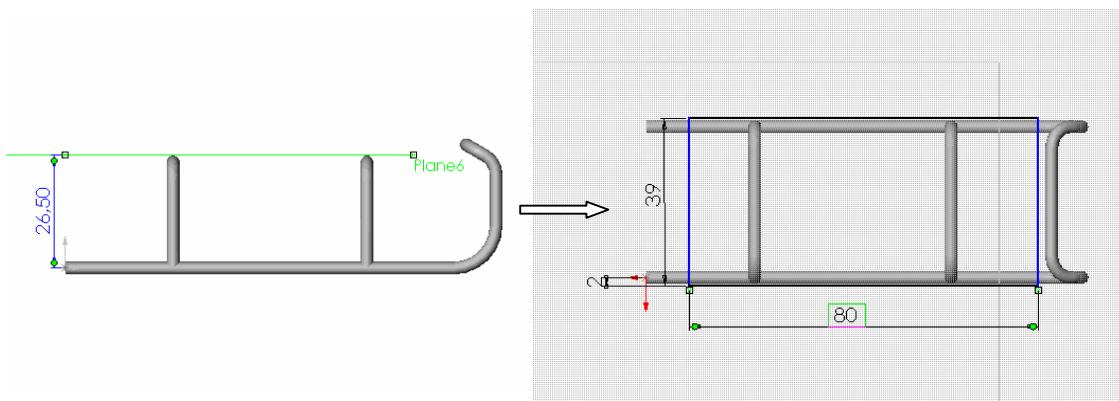
**Figura 6.6** Indicații dimensionale pentru schița tridimensională

Se utilizează comanda **SWEEP** pentru crearea elementelor, considerându-se **Sweep Section** cercul cu raza de **1,5 mm** și **Sweep Path** schița tridimensională. La fel se procedează și pentru celălalt suport, dimensiunile fiind aceleași. Pentru realizarea celui de-al doilea suport se poate folosi comanda **Linear Pattern**. O altă variantă ar fi utilizare opțiunii **Mirror Feature**.

#### **4. Desenarea plăcii saniei**

Se va realiza modelul solid al saniei ca un corp compact, nu prin asamblare.

În acest scop se va construi un plan (**Plane 6**) paralel cu planul 2 (**Plane 2**), la o distanță de **26,5 mm** de acesta.



**Figura 6.2 Desenarea plăcii saniei**

În acest plan se desenează un dreptunghi cu dimensiunile: **L = 80 mm** și **I = 39 mm**. Acesta se extrudează pe o înălțime de **1,5 mm**, selectându-se opțiunea **Both Directions**.

În acest fel, modelul este realizat în întregime, aplicarea culorilor pentru componente rămânând ultima operație.

#### **COMENZI NOI:**

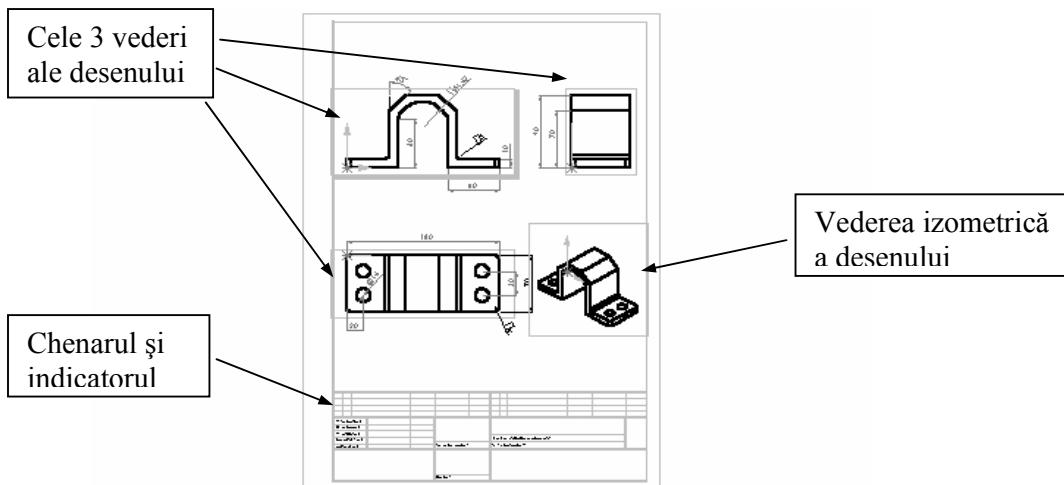
1. **3D Sketch** – realizează schițe tridimensionale



## LABORATOR nr. 7

### **1. Introducere (Realizarea unui desen în plan)**

Această lucrare de laborator introduce sub forma unor exemple intuitive, metoda de realizare a unui desen cu trei vederi precum și setările necesare obținerii unui format conform normelor desenului tehnic. Desenul-model este prezentat în figura 7.1.

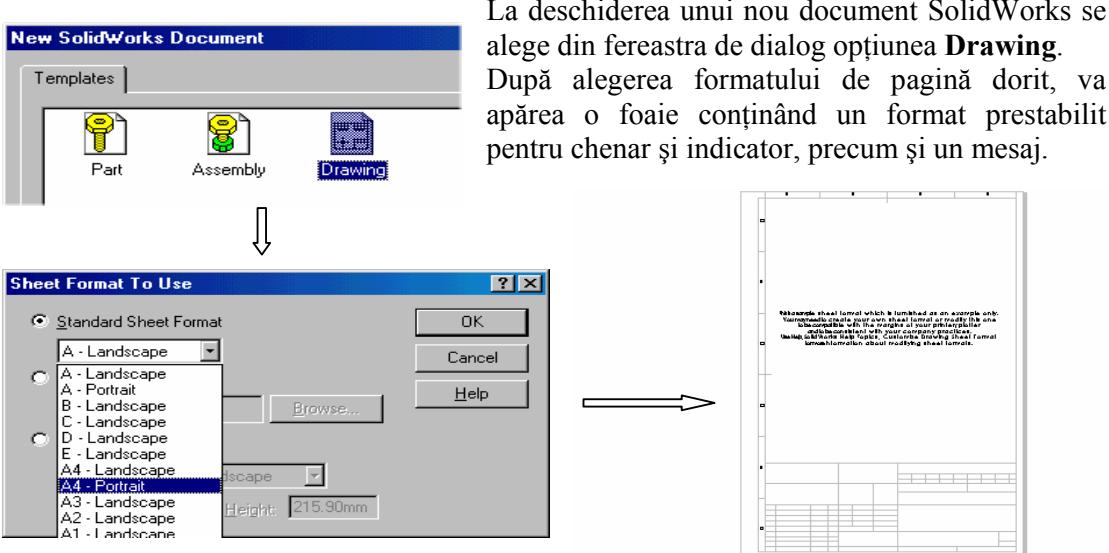


*Figura 7.1. Desenul- model pentru lucrarea de laborator nr.7*

Etapele realizării desenului:

1. Deschiderea unui format prestabilit și editarea acestuia;
2. Inserarea vederilor standard ale unui model tridimensional;
3. Cotarea desenului și adăugarea altor elemente de definire a acestuia;
4. Inserarea vederii izometrice a desenului.

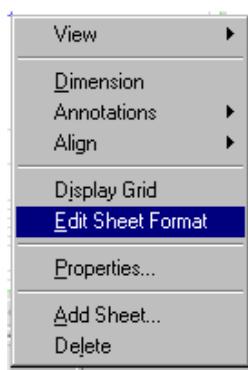
### **2. Deschiderea unui format prestabilit și editarea acestuia**



*Figura 7.2. Alegerea formatului*

## SolidWorks – Lucrări de laborator

Pentru editarea acestui format prestabilit se apasă pe butonul din dreapta al mouse-ului și se alege opțiunea **Edit Sheet Format** (figura 7.3).



**Figura 7.3.** Opțiunea de editare a formatului

Această opțiune permite:

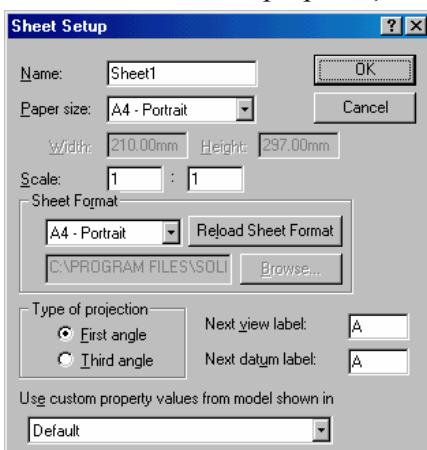
- crearea unui cadru de lucru complet nou prin desenarea chenarului și a indicatorului în forma dorită;
- păstrarea formatului prestabilit;
- modificarea formatului prestabilit.

Este necesară însă ștergerea mesajului afișat pe ecran la deschiderea foii de lucru.

**Notă:** Pentru editarea chenarului și a indicatorului se folosesc aceleași reguli ca și la schițele realizate pentru un model solid. Se pot folosi comenziile de desenare 2D precum și cele auxiliare (**TRIM**, **EXTENT**, **MIRROR**, **CHAMFER** etc.).

Tot prin apăsarea butonului din dreapta al mouse-ului se va derula o bară de meniu care permite:

- stabilirea modului de vizualizare a foii de lucru - opțiunea **VIEW** (cu subopțiunile: **Zoom to Fit**, **Zoom to Area**, **Zoom In/Out**, **Zoom to Selection**, **Rotate View**, **Pan**, **View Orientation**);
- cotarea, în vederea stabilirii dimensiunii corecte a elementelor inserate - opțiunea **DIMENSION**;
- introducerea unor note explicative - opțiunea **ANNOTATIONS** ;
- alinierea elementelor - opțiunea **ALIGN**;
- afișarea unei grile de puncte ajutătoare - opțiunea **DISPLAY GRID**;
- folosirea efectivă a foii de lucru prin inserarea vederilor desenului - opțiunea **EDIT SHEET**;
- modificarea unor proprietăți ale formatului - opțiunea **PROPERTIES** (figura 7.4);

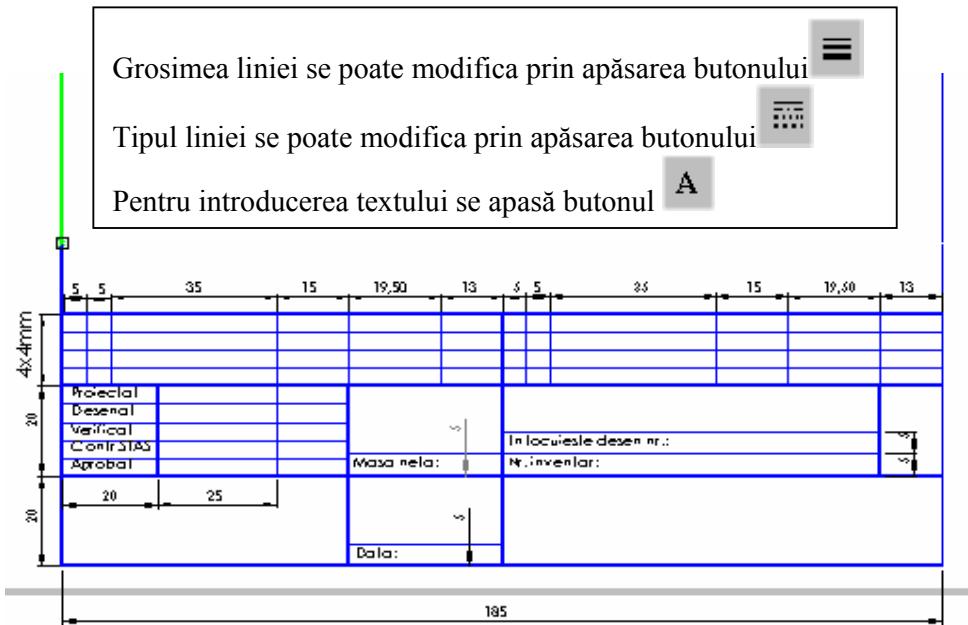


**Figura 7.4** Proprietățile formatului

Se introduce:

- **Name** - numele foii de lucru;
- **Paper size** – formatul de pagină dorit;
- **Scale** – scara la care se lucrează;
- **Sheet Format** – formatul foi de lucru.
- introducerea unei foi de lucru suplimentare (în special în cazul asamblărilor) - opțiunea **ADD SHEET**;
- ștergerea formatului - opțiunea **DELETE**.

Chenarul și indicatorul se vor realiza conform STAS. În acest caz, chenarul va fi un dreptunghi cu dimensiunile: **L = 185 mm, l = 287 mm** (figura 7.5).



*Figura 7.5 Desenarea indicatorului*

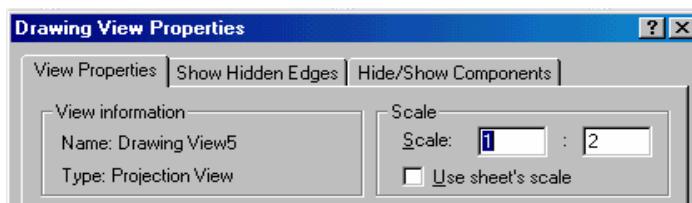
### **3. Inserarea vederilor standard ale unui model tridimensional**

Se alege opțiunea **EDIT SHEET** și se inserează desenul dorit într-un format numit **STANDARD 3 VIEW**. Acest lucru se poate realiza fie prin apelarea meniului **INSERT**, **DRAWING VIEW**, **STANDARD 3 VIEW**, fie prin apăsarea butonului:

În continuare, se deschide documentul care conține modelul 3D și se apasă butonul din stânga al mouse-ului atunci când cursorul se află pe modelul solid. Ca urmare, se inserează automat desenul solidului în cele trei vederi pe foaia de lucru de tip Drawing.

Fiecare vedere poate fi mutată prin selectarea ei. Mutarea este posibilă atunci când cursorul va lua următoarea formă: . De asemenea, vederile pot fi aliniate prin selectarea lor și apăsarea butonului din dreapta al mouse-ului, apelându-se una dintre categoriile opțiunii **Align**.

Proprietățile vederilor așezate în pagină se pot modifica cu ajutorul meniului "Drawing View Properties" (figura 7.6) care se apelează apăsând butonul din dreapta al mouse-ului.



*Figura 7.6. Meniul de modificare a proprietăților vederilor*

Se poate modifica, de exemplu, și scara de desenare.

#### 4. Cotarea desenului și adăugarea altor elemente de definire a acestuia

În vederea cotării, se alege din meniul **INSERT**, opțiunea **MODEL ITEMS**. Fereastra de dialog care apare (figura 7.7), permite alegerea dintr-o multitudine de opțiuni, a elementelor de cotare și reprezentare dorite.

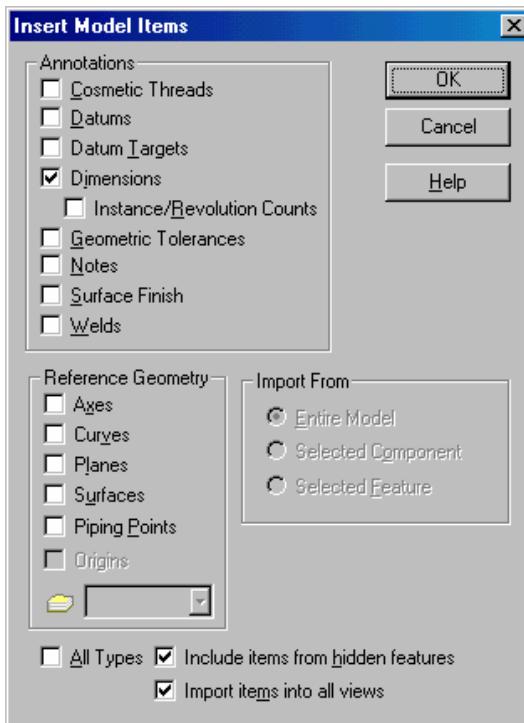


Figura 7.7 Meniul de inserare

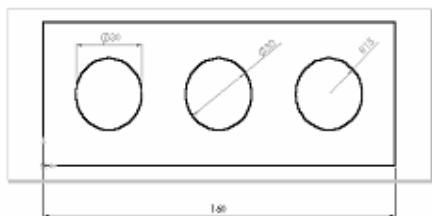
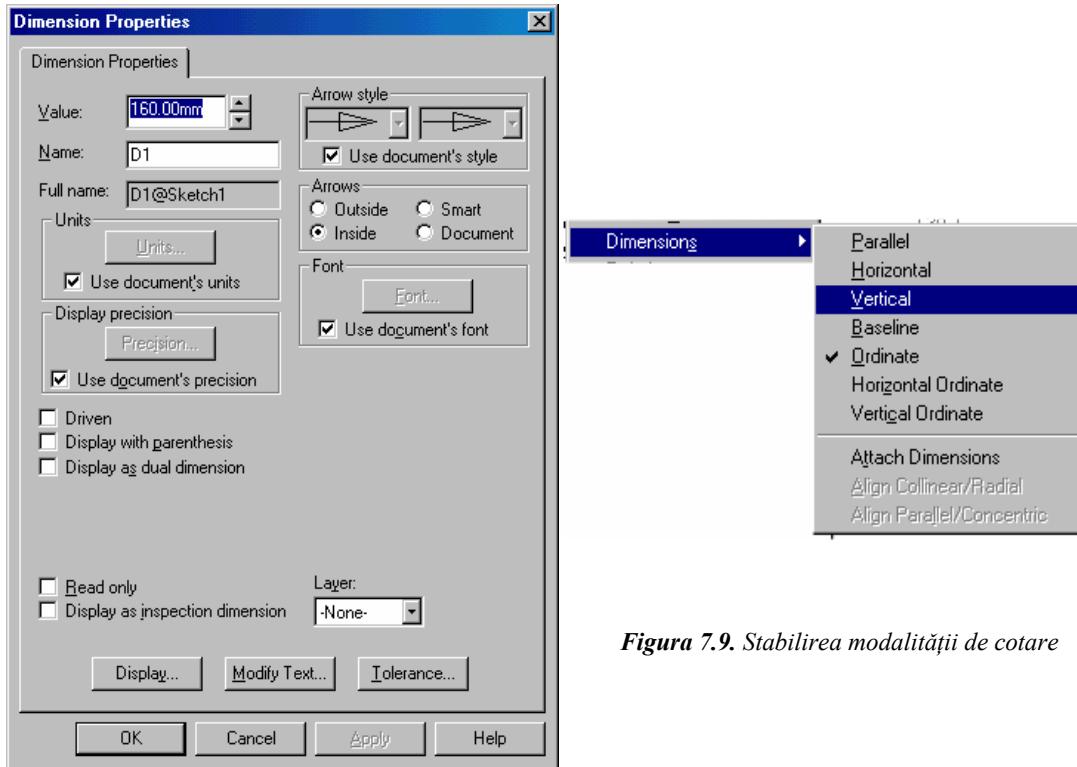


Figura 7.8 Cotarea cercurilor

Pentru a modifica modul în care apar pe desen cotele se selectează cota și se apasă butonul din dreapta al mouse-ului. Se alege opțiunea **Properties** care permite:

- **Value** – modificarea valorii cotei;
- **Name** – modificarea numelui modalității de cotare;
- **Units** – modificarea unităților de măsură. Pentru aceasta se deselectează căsuța **Use document's units** și se selectează unitatea de măsură dorită;
- **Display precision** – se deselectează căsuța **Use document's precision** pentru a se renunța la precizia prestabilită și a se introduce valorile dorite;
- **Arrow style** – permite modificarea tipului și mărimei săgeștilor;
- **Font** – permite modificarea tipului și mărimei fontului folosit.

Pentru alegerea modalității de cotare, se apelează meniuul **TOOLS, DIMENSIONS** (figura 7.9).



**Figura 7.9. Stabilirea modalității de cotare**

Implicit, textul de pe linia de cotă va apărea între paranteze. Pentru rezolvarea acestei probleme, se selectează textul, se apasă butonul din dreapta al mouse-ului și se deselectează opțiunea **Display Options, Show Parenthesis**.

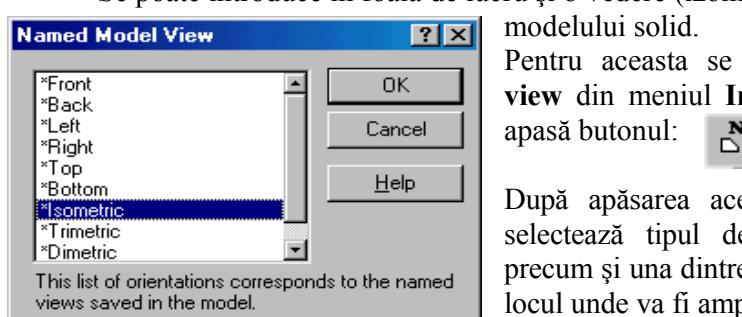
Pentru adăugarea toleranțelor și a altor elemente de definire, se apelează meniuul **INSERT, ANNOTATIONS**.

Se pot face modificări ale dimensiunilor desenelor, dar acest lucru va afecta și modelul solid, pentru că, odată cu salvarea modificărilor va trebui salvat și fișierul care conține modelul solid.

## **5. Inserarea vederii izometrică a desenului**

Se poate introduce în foaia de lucru și o vedere (izometrică, frontală, laterală etc.) a modelului solid.

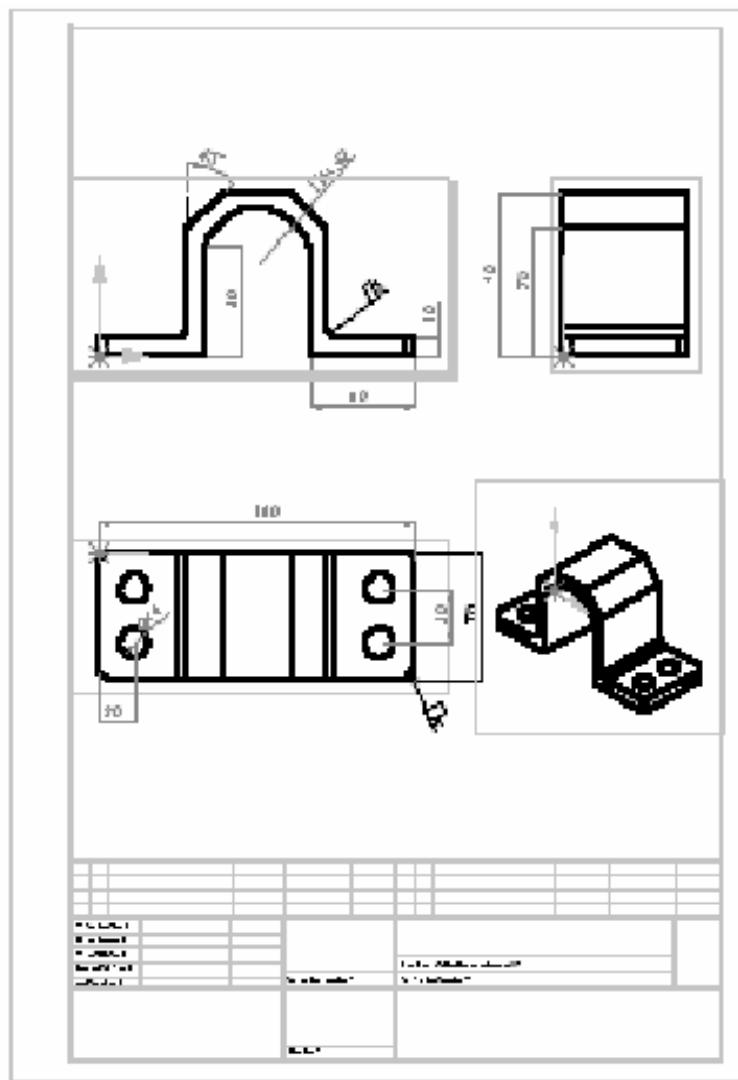
Pentru aceasta se selectează opțiunea **Named view** din meniuul **Insert, Drawing View** sau se apasă butonul:



După apăsarea acestui buton (figura 7.10) se selectează tipul de afișare a modelului dorit precum și una dintre vederile desenului și se alege locul unde va fi amplasată aceasta. În cazul de față se alege o vedere izometrică a modelului solid. Foaia de lucru cu cele trei vederi ale desenului și

**Figura 7.10 Meniu pentru introducerea unei vederi a modelului solid**

cu imaginea tridimensională a modelului va arăta în felul următor (figura 7.11):



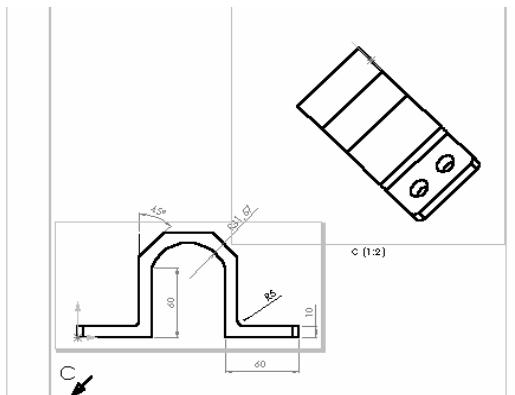
**Figura 7.11.** Foaia de lucru cu cele trei vederi ale desenului și imaginea tridimensională

Există posibilitatea obținerii și a altor vederi decât cele 3 standard. Cu opțiunea **Relative View** se poate alege modul de așezare a vederii modelului precum și unghiul din care este privit acesta. Pentru aceasta se apasă butonul:



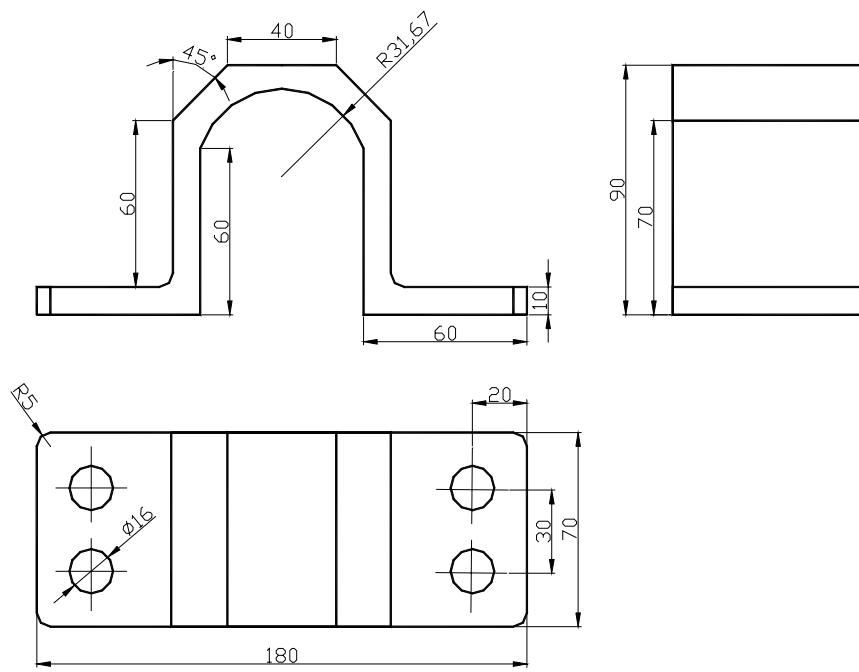
Dacă modelul are fețe înclinate se poate obține o vedere care să fie perpendiculară pe planul feței. Se selectează muchia înclinată și se apasă butonul **Auxiliary View**. (figura 7.12):

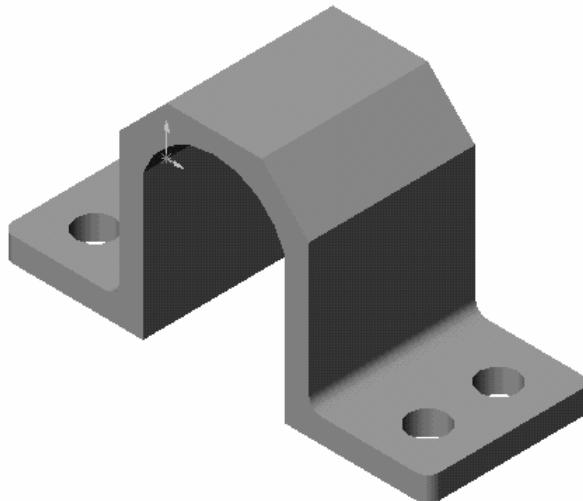




**Figura 7.12** Obținerea unei vederi perpendiculare pe planul feței

Dimensiunile modelului solid sunt prezentate în figura 7.13:





*Figura 7.13 Modelul solid și dimensiunile lui*

### **COMENZI NOI**

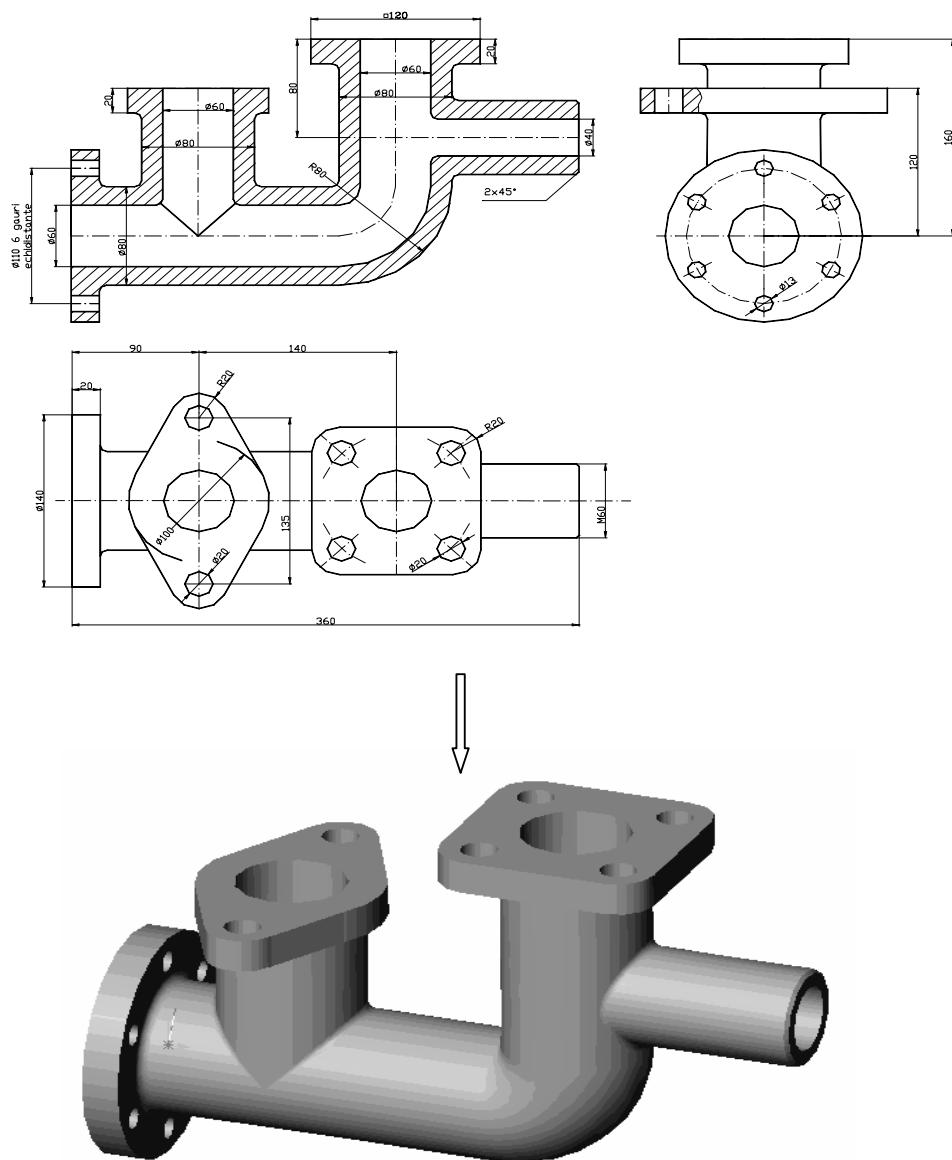
1. **Standard 3 view** – inserează într-o foaie de lucru a 3 vederi aparținând unui model 
2. Named view – inserează în foaia de lucru o vedere în spațiu a modelului 
3. Relative view – crează o vedere în funcție de 2 fețe ale modelului 
4. Auxiliary view – crează o vedere din perspectiva unei suprafețe înclinate 

## LABORATOR nr. 8

### **1. Introducere (Realizarea unui desen în plan – continuare)**

Crearea formelor neconvenționale – comanda LOFT Recapitularea comenzilor folositeLucrarea precedentă a reprezentat o introducerea în regulile de bază ale realizării unui desen cu mai multe vederi în Solid Works. Această face un pas mai departe, prezentând modalități avansate de realizare a desenelor de execuție.

Pentru aceasta se va realiza modelul solid din figura 8.1 cu următoarele dimensiuni:



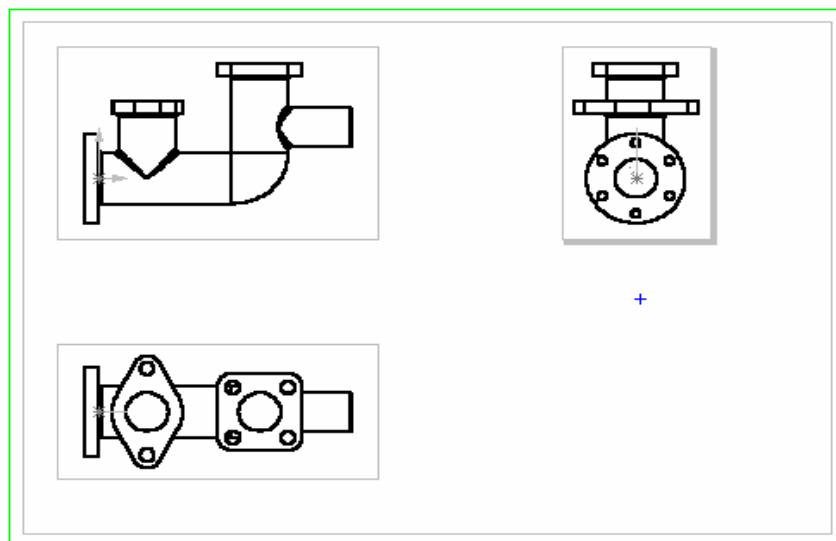
**Figura 8.1.** Piesa-model pentru lucrarea de laborator nr.8

Etapele realizării desenului sunt următoarele:

1. Inserarea în foaia de lucru a celor 3 vederi ale modelului și realizarea secțiunii;
2. Realizarea unui detaliu;
3. Notarea desenului.

## **2. Inserarea în foaia de lucru a celor 3 vederi ale modelului și realizarea secțiunii**

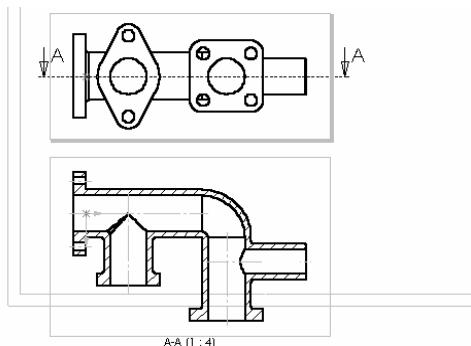
În primul rând, se deschide o nouă foaie de lucru pentru desen și se șterge textul din mijlocul foii și indicatorul, păstrându-se doar chenarul paginii. Se inserează modelul, creându-se trei vederi ale sale (figura 8.2). Se stabilește scara desenului 1:4 și se aranjează vederile convenabil.



*Figura 8.2. Crearea celor trei vederi ale renervului*

Pentru realizarea unei secțiuni se construiește o axă care să delimitize suprafata care va fi înláturată (locul pe unde se va face secționarea). Se selectează vederea care trebuie secționată și se duce o axă pe toată lungimea ei (figura 8.3). Axa se desenează cu instrumentul **Centerline** din meniul **Sketch**.

Cu axa selectată se apasă butonul  **Section View**

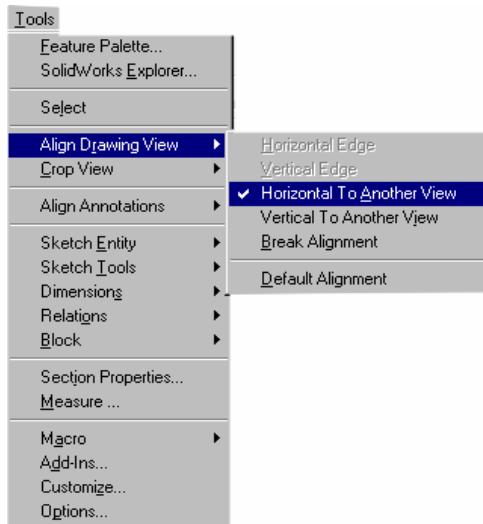


Pentru a se muta secțiunea în cealaltă parte se apasă de două ori consecutiv (**dublu click**) pe axă, iar secțiunea se va lua și se va poziționa în locul dorit.

Se va șterge una dintre vederile inițiale pentru a fi înlocuită de secțiunea nou creată, apoi se va cota desenul.

*Figura 8.3. Selectarea vederii și trasarea axei*

Pentru a se alinia secțiunea cu cea de-a treia vedere se selectează cele două, iar apoi se apelează meniul **TOOLS**, **ALIGN DRAWING VIEW**, **HORIZONTAL TO ANOTHER VIEW** (figura 8.4).



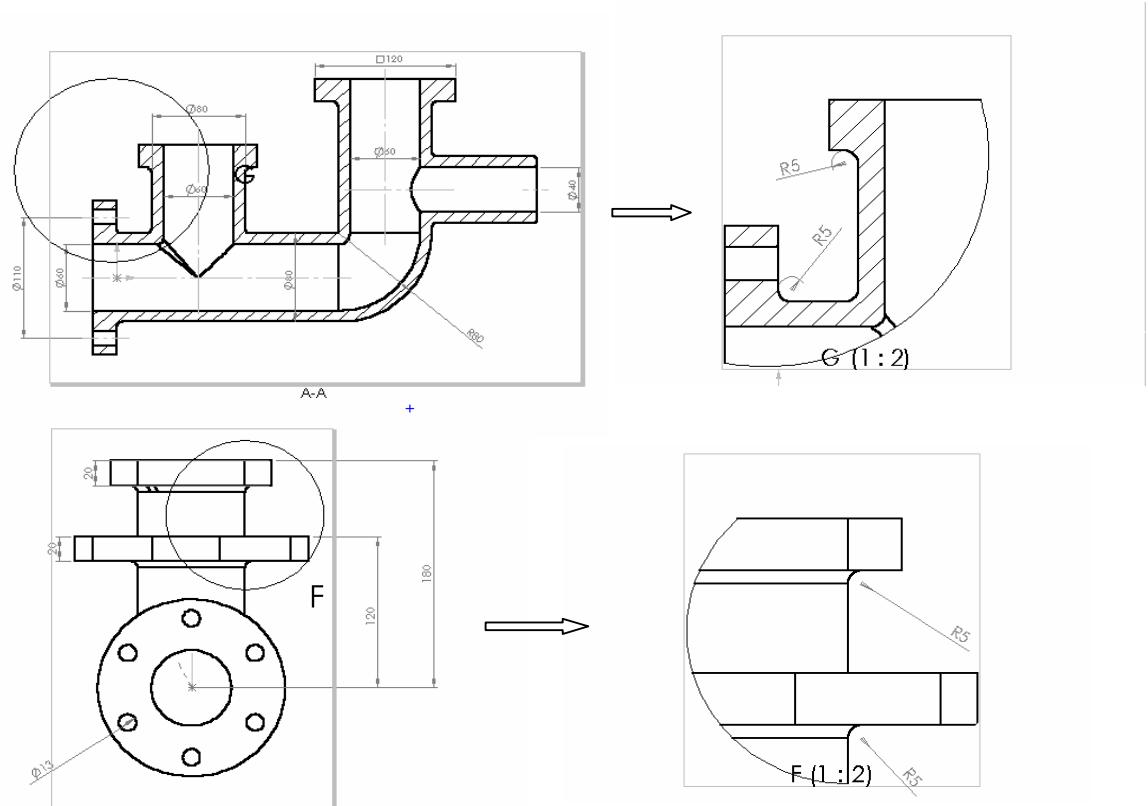
**Figura 8.4.** Meniul Tools, utilizat pentru alinierea secțiunii

### 3. Realizarea unui detaliu

Pentru a se crea un detaliu se folosesc din nou elementele comenzi **Sketch**. Se încadrează aria care se dorește a fi mărită cu un cerc sau dreptunghi. Cu elementul **Circle** (cerc) încă selectat se apelează meniul **INSERT**, **DRAWING VIEW**, **DETAIL** sau se apasă butonul:

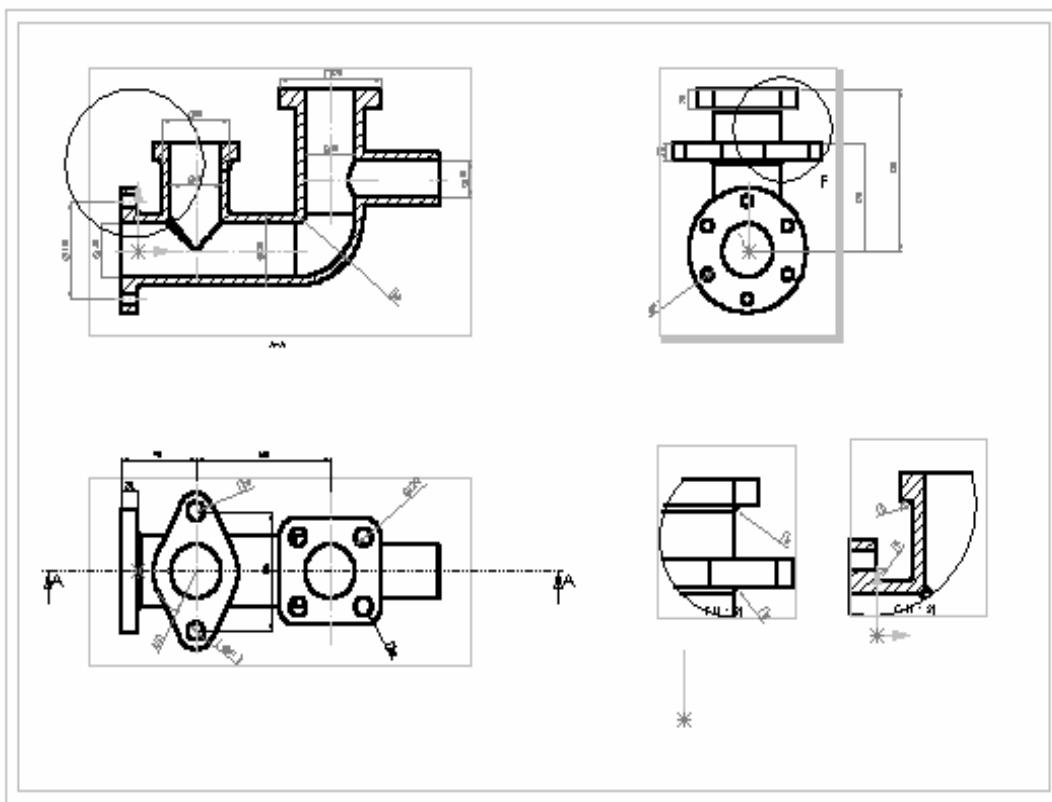


Prin deplasarea cursorului pe foaia de lucru se afișează o imagine a detaliului. Detaliul se așează în planul foii de lucru în poziția dorită, prin apăsarea butonului mouse-ului. Detaliul poate fi mutat spre o altă destinație, la fel ca și celelalte vederi, însă acesta nu depinde nici pe orizontală nici pe verticală de o altă vedere, deci poate fi mișcat liber (figura 8.5).



**Figura 8.5.** Construirea unui detaliu

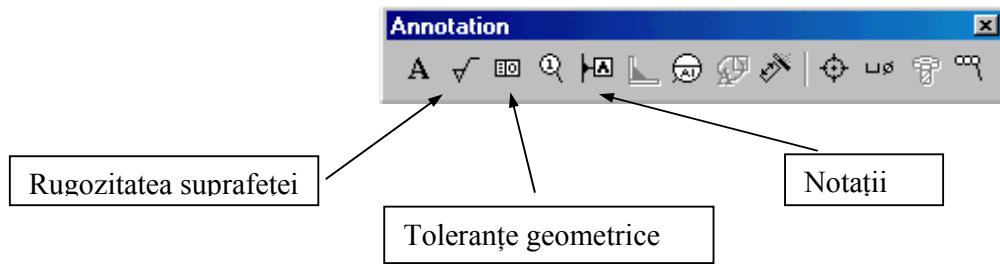
În varianta finală, desenul va arăta ca în figura 8.6:



*Figura 8.6. Desenul în variantă finală*

#### **4. Notarea desenului**

Pentru adăugarea pe desen a notațiilor referitoare la calitatea suprafețelor și la abaterile geometrice admise, se apelează meniul **INSERT**, **ANNOTATION**, **DATUM FEATURE / GEOMETRIC TOLERANCE / SURFACE FINISH SYMBOL**. Aceste simboluri pot fi apelate și prin apăsarea următoarelor butoane (figura 8.7):

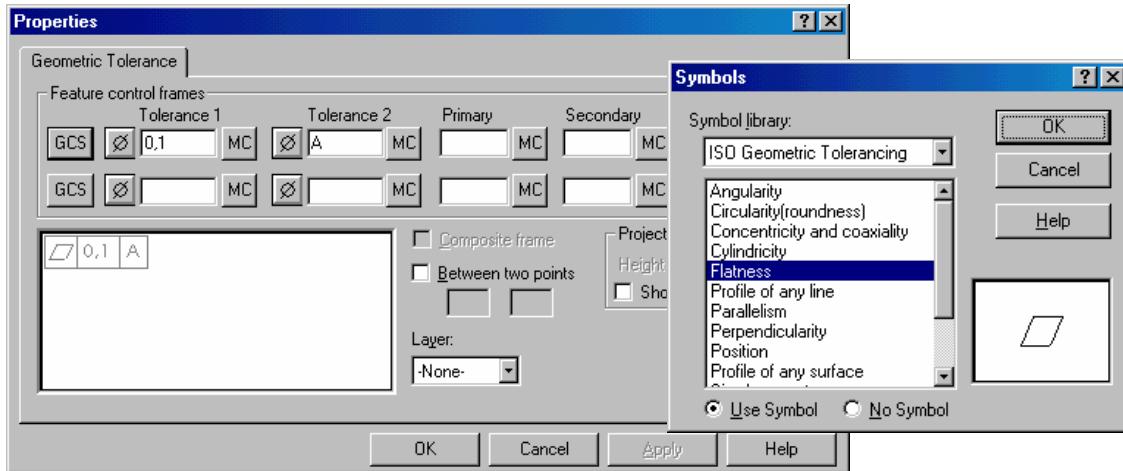


*Figura 8.7. Meniul pentru introducerea notațiilor*

În continuare se lucrează în felul următor: pentru inserarea pe desen a unei toleranțe geometrice se apasă butonul corespunzător, după care se completează rubricile ca

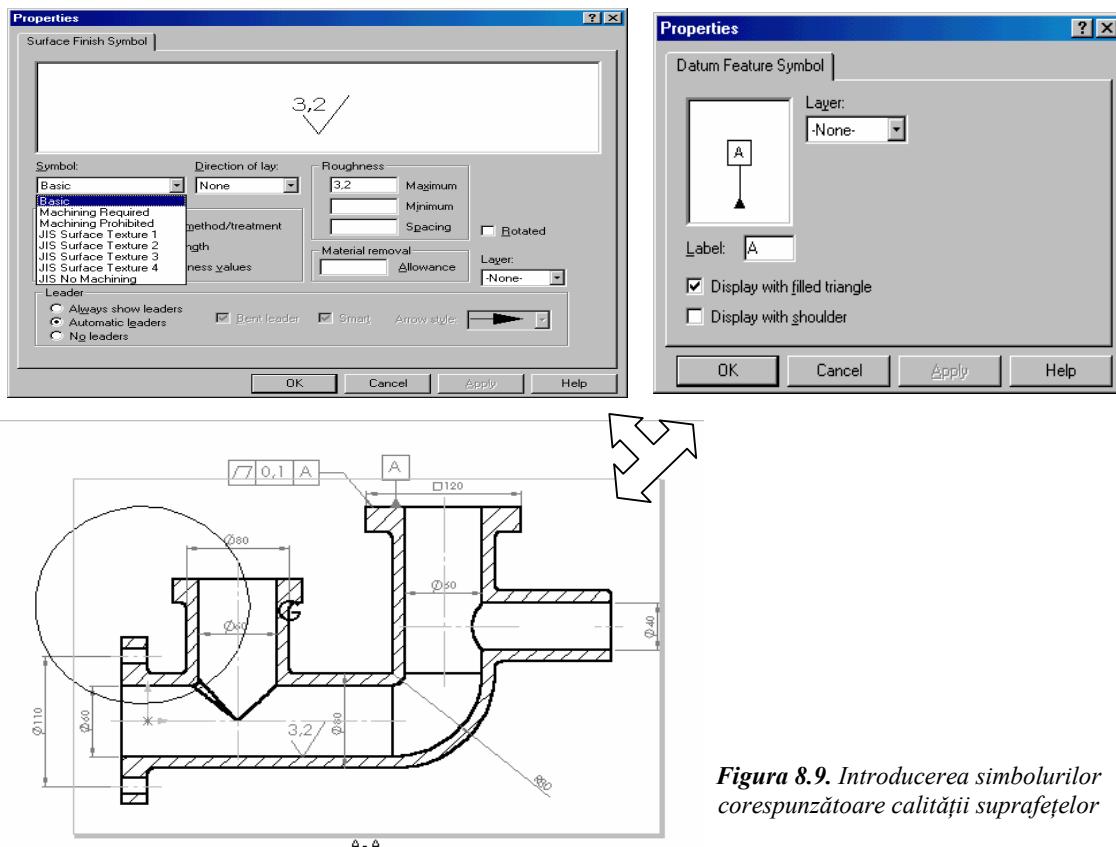
## SolidWorks – Lucrări de laborator

și în exemplul de mai jos (Figura 8.8). Prin apăsarea butonului **GCS** se deschide o fereastră de dialog care permite alegerea simbolului tipului de toleranță geometrică ales.



**Figura 8.8.** Introducerea simbolurilor pentru toleranțele geometrice

Pentru inserarea rugozității, după apăsarea butonului se alege tipul de simbol (**Symbol**) dorit precum și valoarea rugozității (figura 8.9).



**Figura 8.9.** Introducerea simbolurilor corespunzătoare calității suprafețelor

În cazul în care este necesară inserarea unei note de specificare a suprafeței vizate se procedează la apăsarea butonului aferent și specificarea denumirii simbolului (figura 8.9).

**COMENZI NOI:**

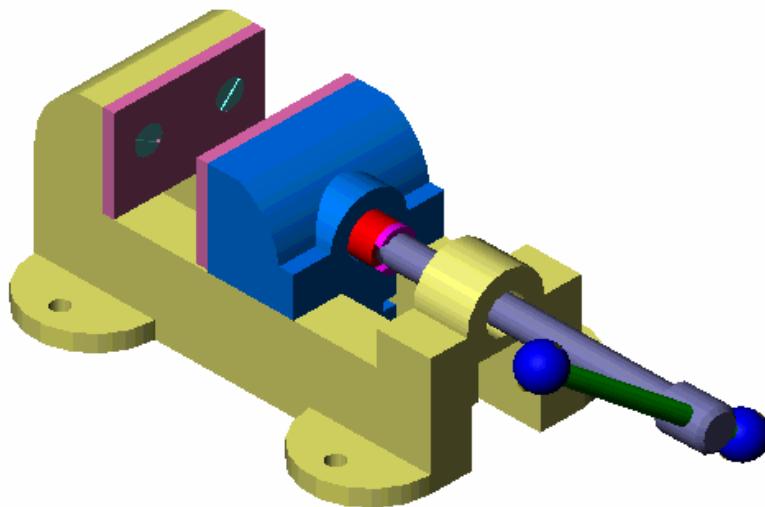
1. **Section view** – creează un plan de secționare printr-o vedere a unui desen 
2. **Detail view** - realizează un detaliu al unei vederi 

## **LABORATOR nr. 9**

### **1. Introducere (Comenzi de asamblare II)**

Această lucrare de laborator are ca scop studierea modalităților prin care se realizează asamblările prin metoda de proiectare "de jos în sus". În cadrul acestei metode piesele componente se construiesc ca entități individuale, urmând ca în cadrul ansamblului să se stabilească relațiile corespunzătoare dintre acestea.

Modelul propus pentru exercițiu este o menighină formată din zece elemente componente diferite, prezentată în figura 9.1.



*Figura 9.1 Ansamblul model care se va realiza în cadrul lucrării de laborator nr.9*

Fiecare componentă a asamblării va fi colorată diferit pentru a se face o diferențiere clară a acestora și pentru a se sublinia forma fiecărui element în parte.

Elementele componente ale asamblării sunt următoarele:

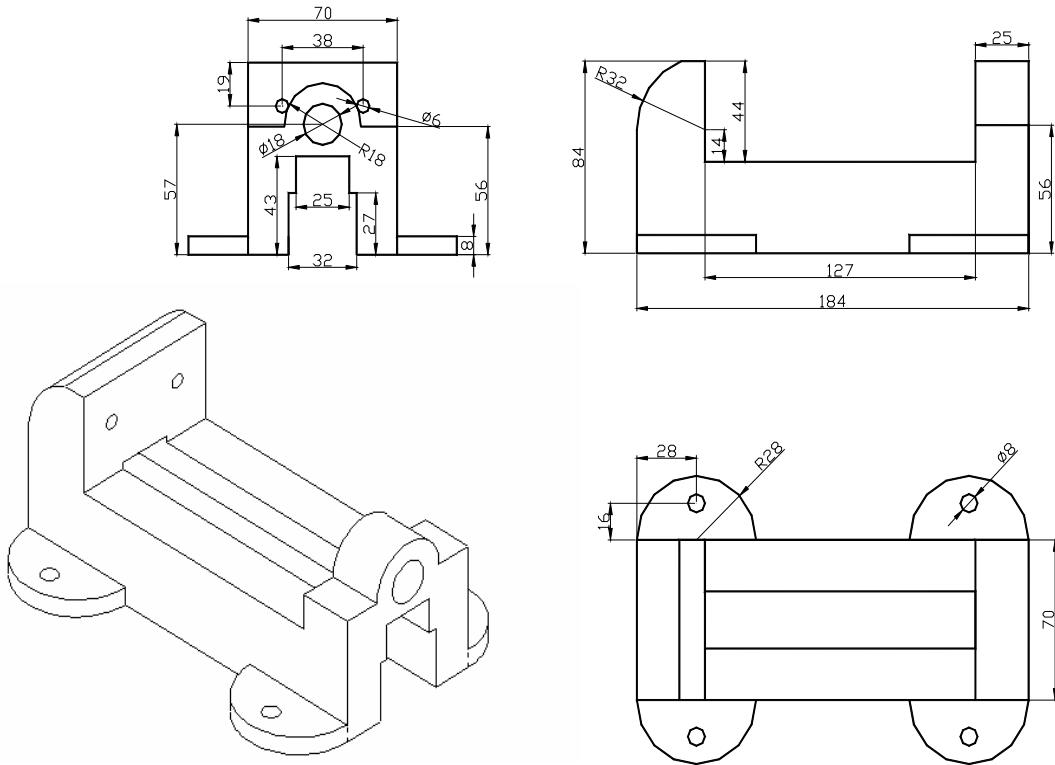
1. corpul menghinei (1 bucătă),
2. corp alunecător (1 bucătă),
3. tijă de ghidare (1 bucătă),
4. șurub cu cap înecat (4 bucăți),
5. tablă de presare (2 bucăți),
6. inel de strângere (1 bucătă),
7. tijă mâner (1 bucătă),
8. nit (2 bucăți)
9. bilă mâner (2 bucăți),
10. colier (1 bucătă).

Pentru realizarea asamblării se vor folosi diferite moduri de alăturarea a componentelor:

- coincident
- concentric
- paralel
- tangent.

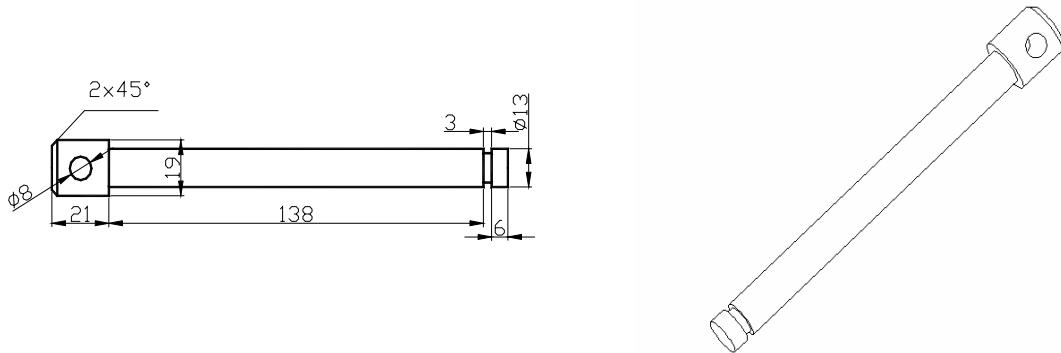
Pieselete componente împreună cu dimensiunile fiecăreia sunt prezentate în continuare:

### 1) Corpul menghinei



*Figura 9.2 Desenul cotat al corpului menghinei*

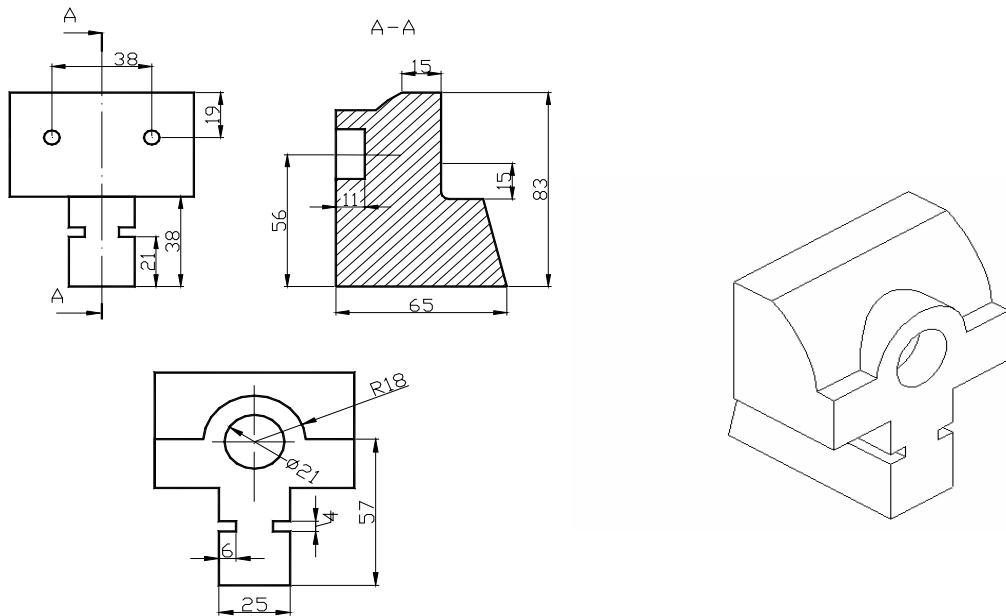
### 2) Tijă de ghidare



*Figura 9.3 Desenul cotat al tijei de ghidare*

#### **4. SURUB CU CAP ÎNECAT**

##### **3) Corp alunecător**



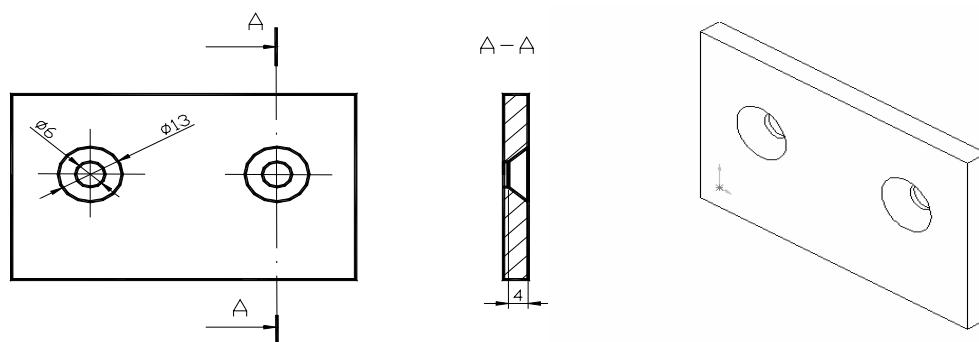
*Figura 9.4 Desenul cotat al corpului alunecător*

##### **4) Șurub cu cap încat**



*Figura 9.5 Desenul cotat al șurubului cu cap încat*

##### **5) Tăblăță de presare**



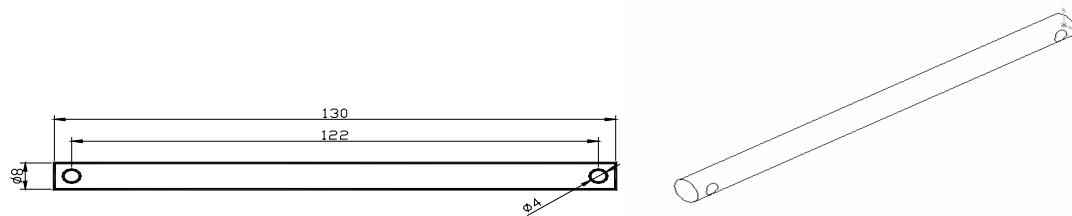
*Figura 9.6 Desenul cotat al tăblăței de presare*

**6) Inel de strângere**



*Figura 9.7 Desenul cotat al inelului de strângere*

**7) Tijă mâner**



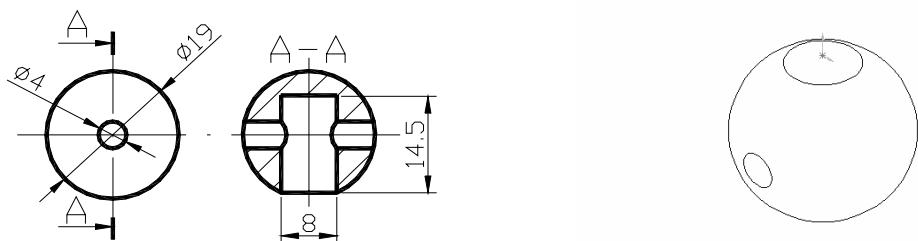
*Figura 9.8 Desenul cotat al tijei mâner*

**8) Nit**



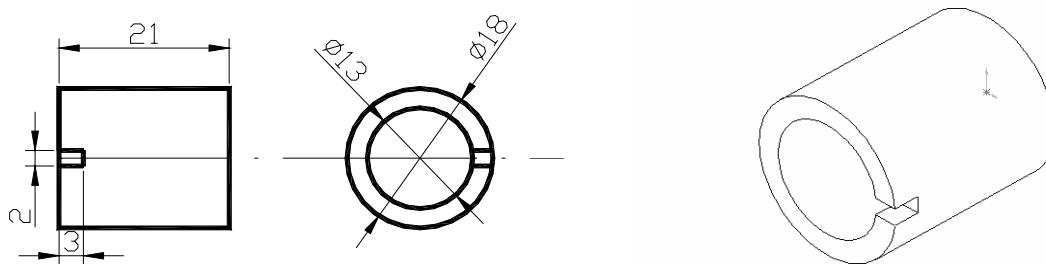
*Figura 9.9 Desenul cotat al nitului*

**9) Bilă mâner**



*Figura 9.10 Desenul cotat al bilei mâner*

### 10) Colier



*Figura 9.11 Desenul cotat al colierului*

### 2. Asamblarea

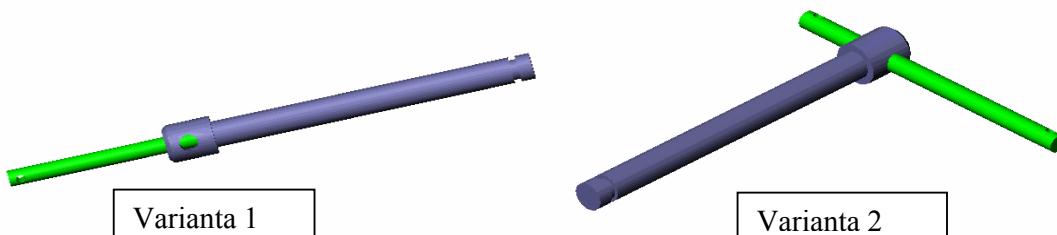
Asamblarea menghinei se poate realiza în două modalități:

1. Se realizează separat asamblarea corpului menghinei cu corpul alunecător și se inserează într-o foaie de tip Assembly. În continuare se vor utiliza ca subansamble în asamblarea finală;
2. Se realizează asamblarea prin adăugarea pe rând a fiecărei piese componente în parte și așezarea ei la locul potrivit. Nu are importanță ordinea în care sunt introduse elementele în asamblare atât timp cât alăturarea lor nu prezintă nereguli.

Pe lângă modalitate obișnuită de a alătura două elemente mai există și un mic ajutor din partea programului **SolidWorks** numit **SMART MATES**. Această facilitate permite alăturarea a două elemente folosind soluțiile oferite de program. În cazul în care soluțiile date corespund intențiilor de asamblare, acestea pot fi validate. Opțiunea Smart Mates poate fi apelată de la butonul 

Pentru a exemplifica folosirea acestei facilități se vor asambla **tija mâner cu tija de ghidare**.

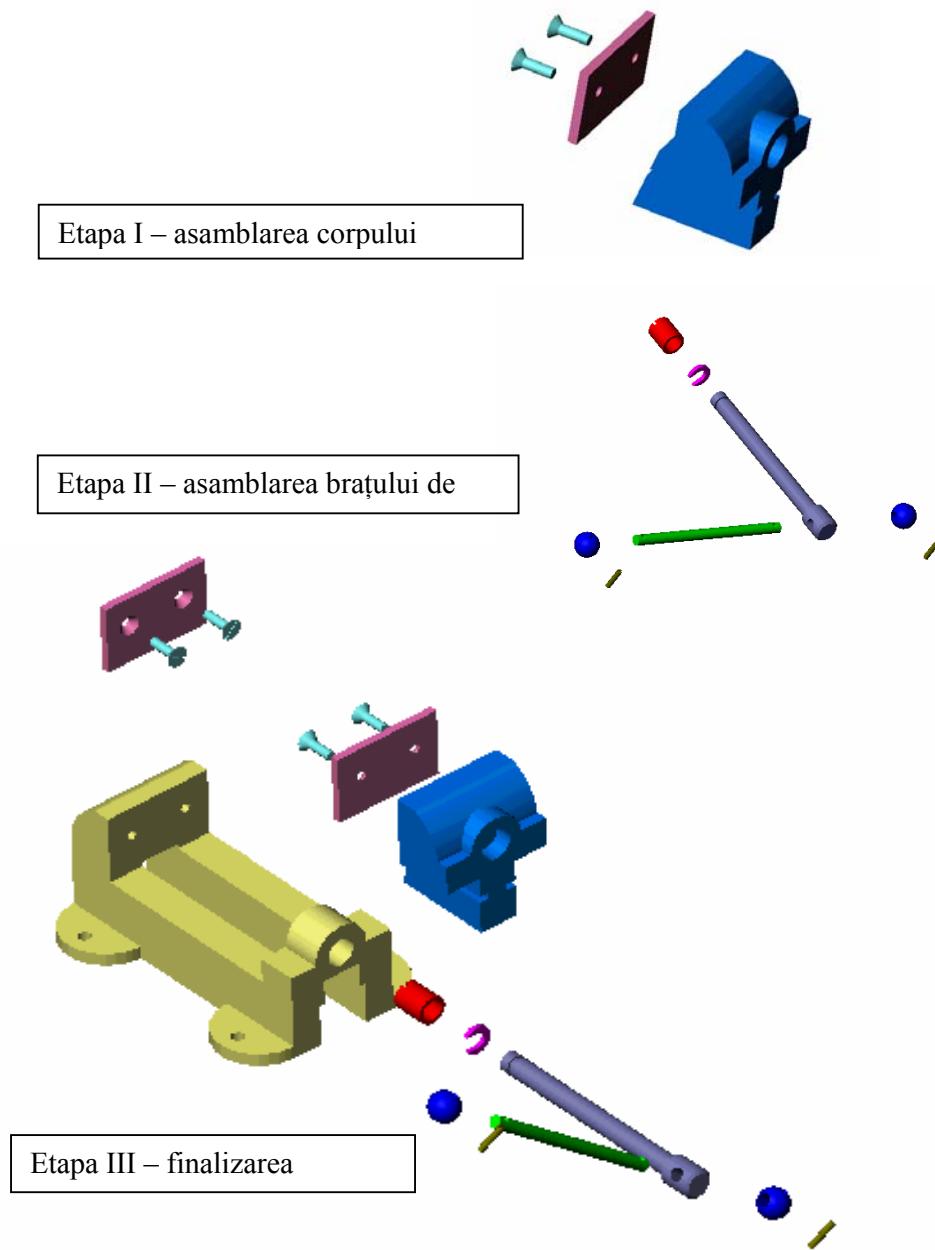
Se inserează aceste două elemente într-o foaie de tip **assembly**. Se activează butonul **SmartMates** după care se selectează printr-un dublu click față, marginea sau muchia care va fi alăturată celuilalt element. În cazul de față suprafața este cilindrică. Se prinde elementul de asamblat și se trage în zona unde trebuie așezat. Programul va oferi mai multe variante din care se alege cea convenabilă. În momentul în care calculatorul găsește o variantă posibilă se va schimba modul de afișare al cursorului. La dublu click, cursorul va fi de forma unei agrafe de birou iar la găsirea unei soluții posibile acesta se schimbă.



*Figura 9.12 Variante de asamblare*

Dintre aceste două variante, varianta aleasă și totodată cea corectă este **varianta 2**.

Modul de asamblare a elementelor menghinei este prezentat în imaginile următoare:



*Figura 9.13 Etapele asamblării*

### **COMENZI NOI**

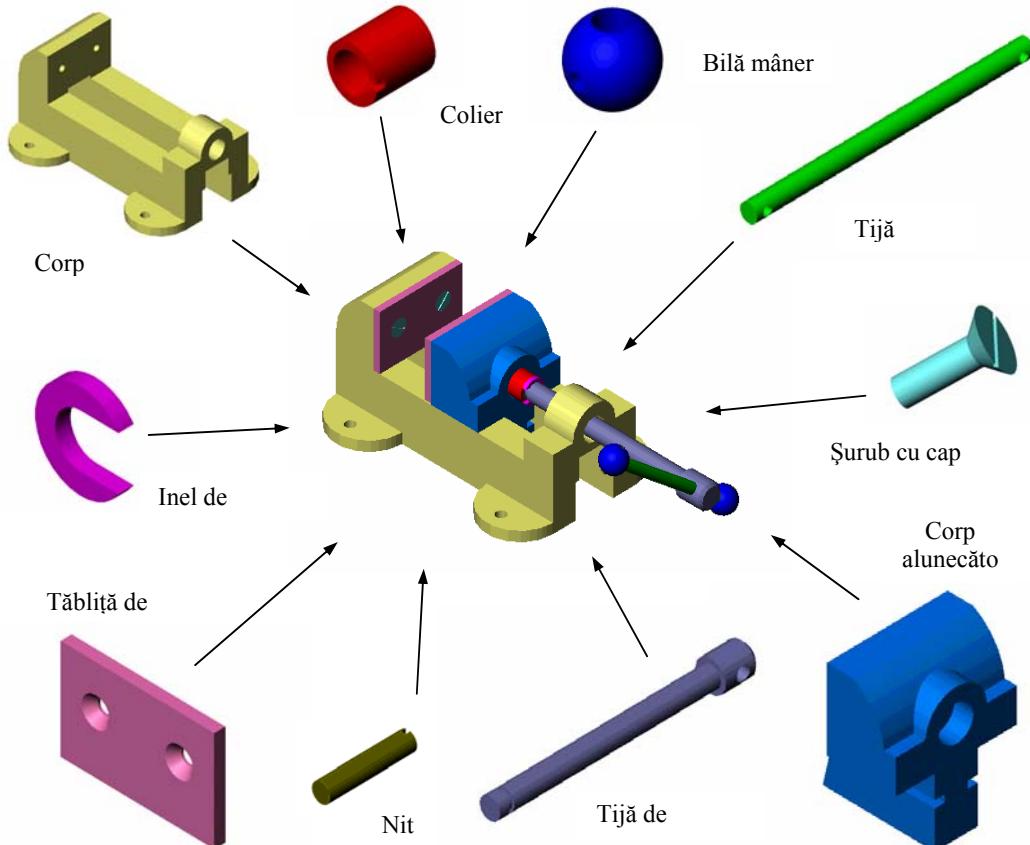
1. SmartMates – oferă soluții posibile de asamblare



**SolidWorks – Lucrări de laborator**  
**LABORATOR nr. 10**

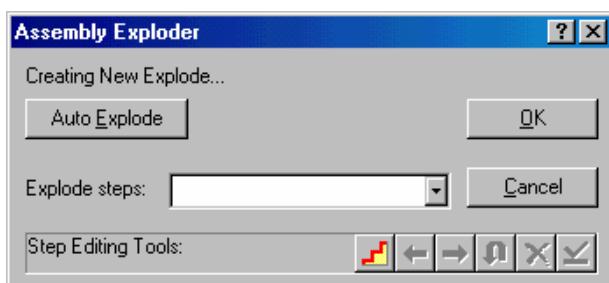
**1. Introducere („Explodarea” asamblării)**

Programul SolidWorks permite pe lângă alăturarea mai multor piese în vederea realizării unei asamblări complexe și aşa zisa explodare a acestora, adică detașarea fiecărei piese în parte în scopul de a sugera modalitatea de asamblare a lor. Pentru crearea unei asamblări care să reprezinte o menghină se folosesc următoarele piese (Fig. 10.1.):



**Figura 10.1 Piese care formează asamblarea „Menghină”**

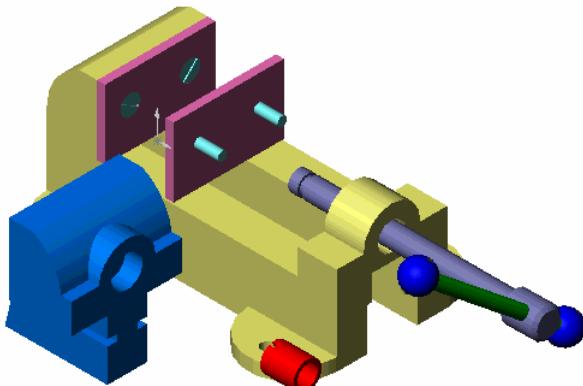
Dar pentru a putea ilustra modul de asamblare a acestor piese se va crea asamblarea după care se va exploda, adică fiecare piesă va fi detașată de la locul ei și va fi plasată astfel încât să sugereze modul și locul de amplasare a acesteia. Având asamblarea deja formată se va apela din meniul **INSERT**, opțiunea **EXPLODED VIEW**. Aceasta ne va permite realizarea “exploziei” asamblării. Se va deschide o fereastră de dialog:



**Figura 10.2. Fereastra de dialog**  
**“Assembly Exploder”**

## SolidWorks – Lucrări de laborator

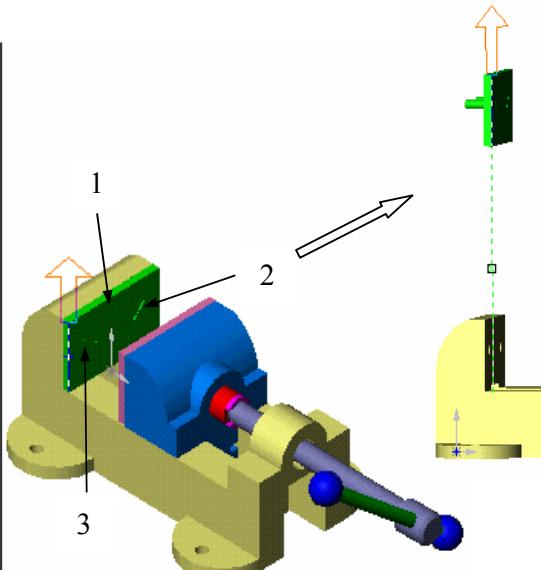
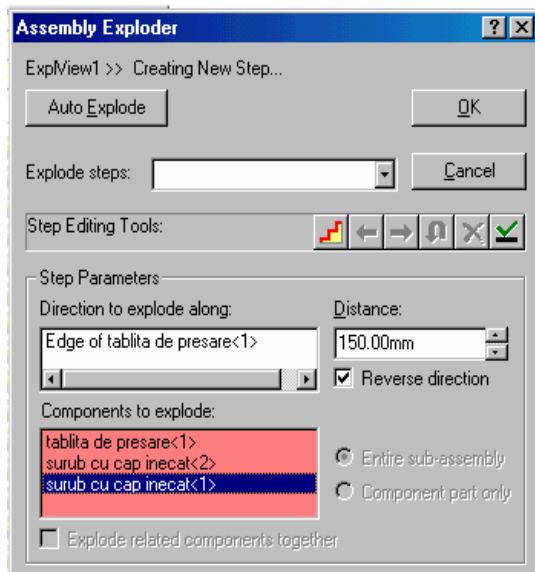
În această primă fază programul dă posibilitatea realizării unei “explozii” automate, adică piesele vor fi detașate de asamblare după o singură direcție, cea aleasă de computer. În cazul unor asamblări simple care acceptă soluția calculatorului acest prim pas rezolvă problema. Pentru situații mai complicate, ca cea a menghinei, soluția oferită de calculator este nesatisfăcătoare (Fig. 10.3.).



**Figura 10.3.** Soluția oferită de calculator în cazul utilizării comenzi “Autoexplode”

Pentru obținerea unei “explozii” potrivite asamblării menghinei se va apăsa butonul **New** aflat în fereastra de dialog **Assembly Exploder**. Această fereastră se va mări și va permite controlarea fiecărui element în parte.

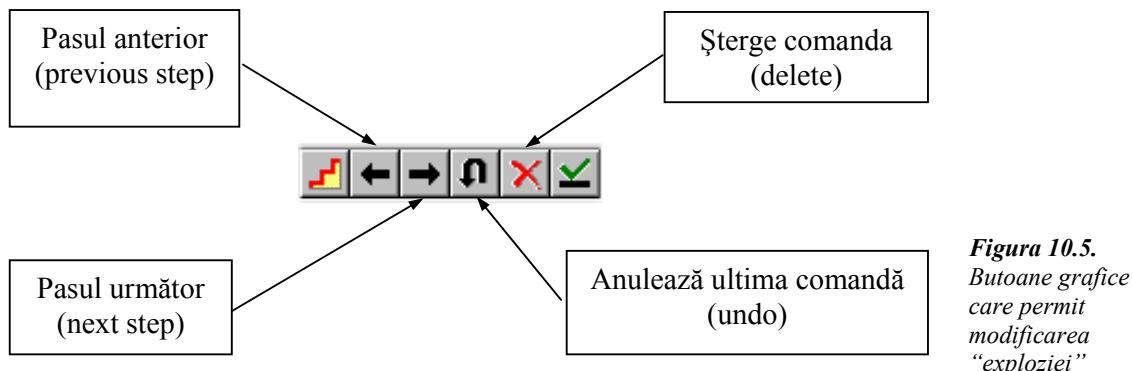
**Figura 10.4.** Pasul 1 (Step 1)



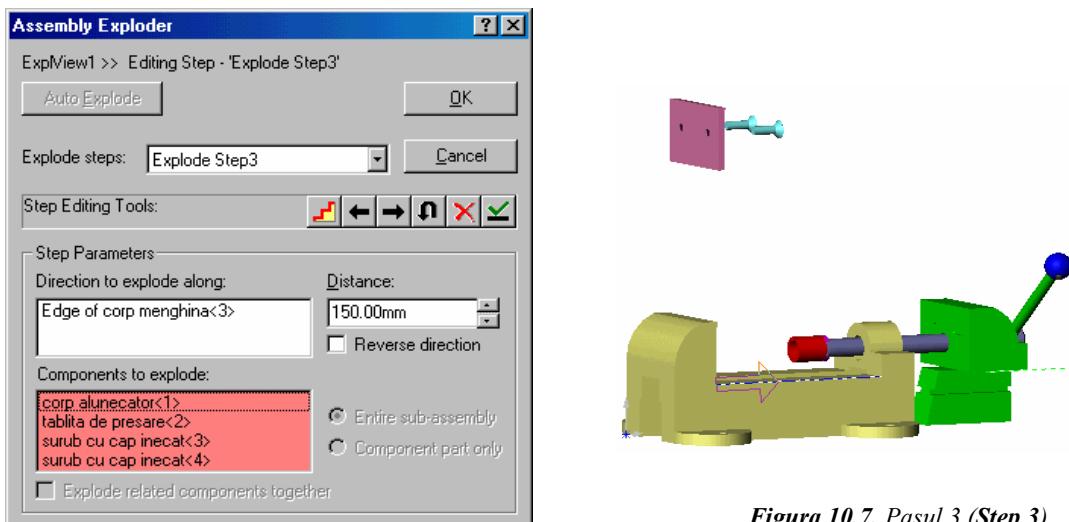
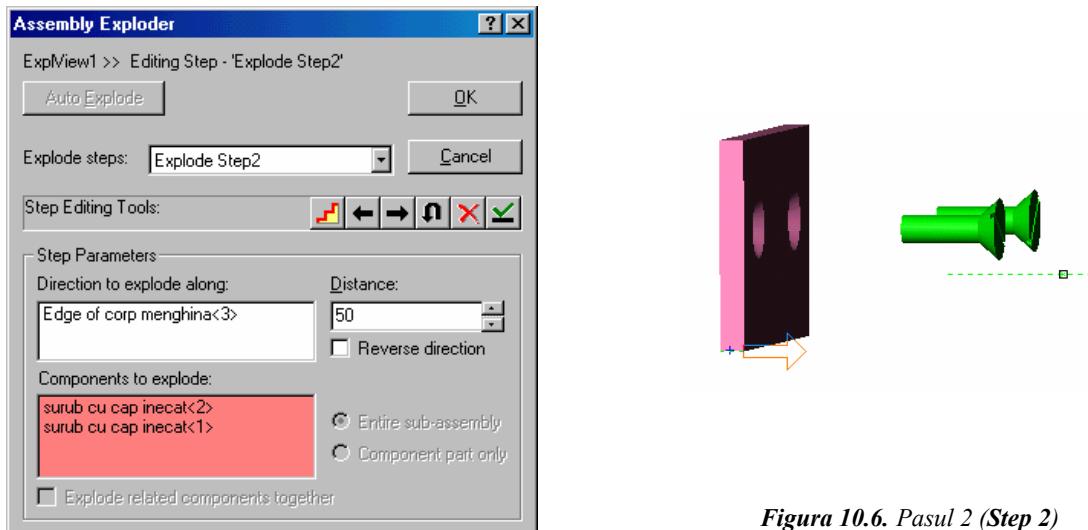
- În căsuța **Direction to explode along** se selectează muchia verticală a plăcuței de presare. Dar deoarece direcția aleasă de calculator este în jos, se selectează **Reverse direction**.
- În căsuța **Components to explode** se selectează plăcuța de presare (1) și cele două șuruburi cu cap înecat (2) și (3).
- Distanța pe care se deplasează elementele selectate (**Distance**) se stabilește la **150mm**. După stabilirea acestor condiții se validează opțiunile prin apăsarea butonului .

## SolidWorks – Lucrări de laborator

Acest pas va fi marcat în căsuța **Explode steps** ca și **Step 1** (pasul 1). Mai sunt disponibile alte câteva butoane care permit modificarea “exploziei” în funcție de necesități.



Pentru următorul pas se apelează din nou la comanda **New**



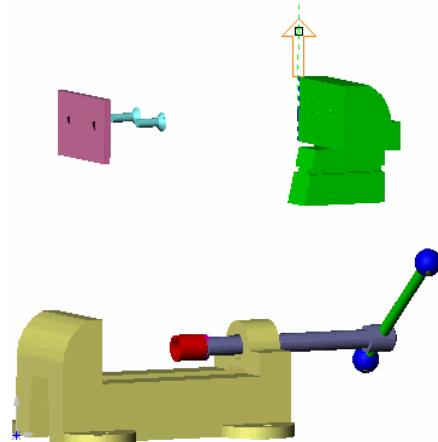
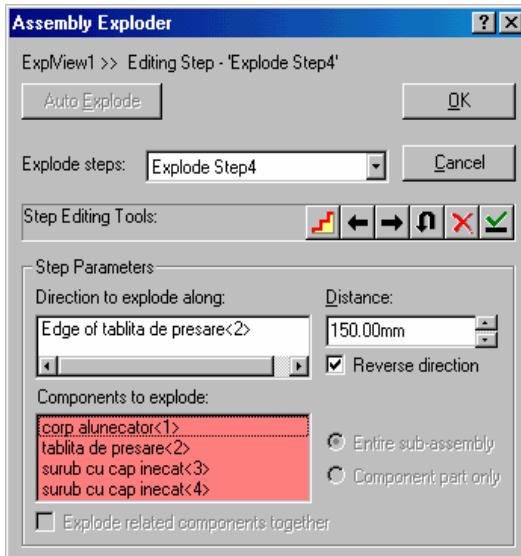
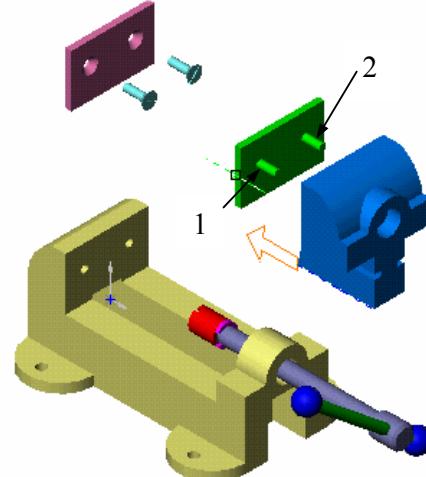
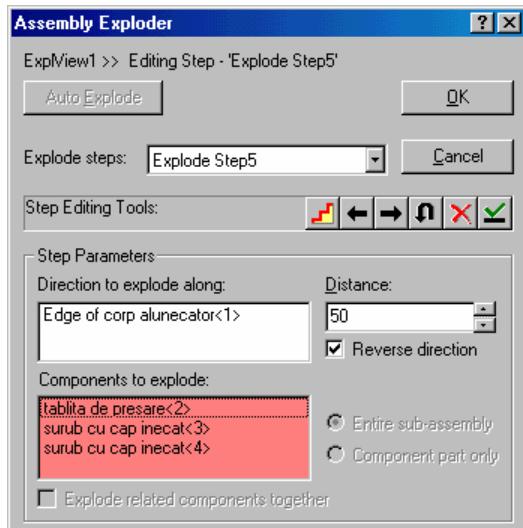


Figura 10.8. Pasul 4 (Step 4)



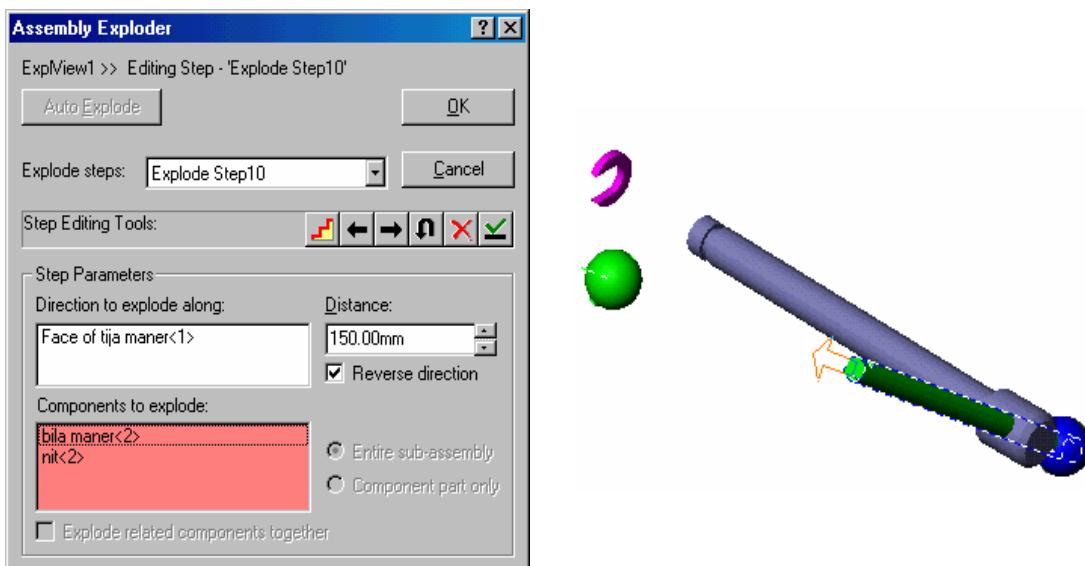
- Pasul 6 (**Step 6**) este reprezentat de deplasarea celor două *șuruburi cu cap înecat* (1) și (2) pe aceeași direcție de deplasare ca și tăblă de presare, pe o distanță de **50 mm**
- Pasul 7 (**Step 7**) este reprezentat de deplasarea ansamblului format din:
  - *colier*,
  - *inel de strângere*,
  - *tijă de ghidare*,
  - *tijă mâner*,

- 2 bile mâner,
- 2 nituri.

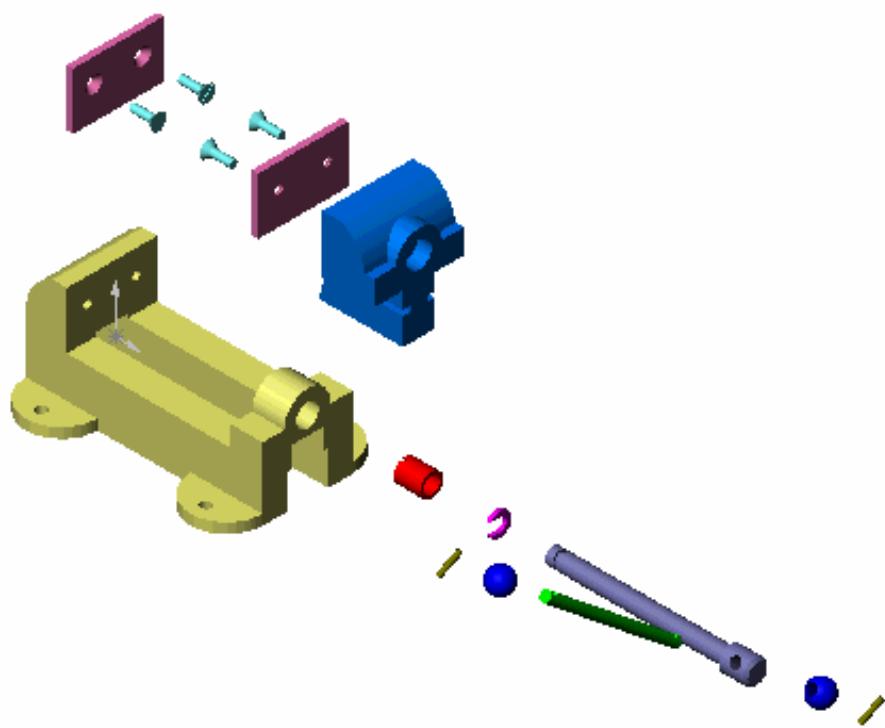
Acstea elemente se deplasează spre dreapta pe o distanță de **250 mm**, după care prin pașii următori, elementele vor fi despărțite.

- Pasul 8 (**Step 8**) – *colierul* va fi deplasat pe o distanță de **100mm** pe direcție orizontală, în sens invers pasului 7.
- Pasul 9 (**Step 9**) – *inelul de strângere* se va deplasa în același sens și în aceeași direcție cu colierul dar pe o distanță de **50mm**.

#### Pasul 10 (**Step 10**)



- Pasul 11 (**Step 11**) – *nitul (2)* va fi deplasat pe același direcție și în același sens ca și în pasul precedent dar pe o distanță de **50mm**.
- Pasul 12 (**Step 12**) – *tija mâner* se va deplasa în același sens și același direcție ca și în pașii precedenți pe o distanță de **100mm**.
- Pasul 13 (**Step 13**) – *nitul (1)* va fi deplasat în același sens dar pe direcție opusă pasului precedent pe o distanță de **100mm**.
- Pasul 14 (**Step 14**) – *bila mâner (1)* va fi deplasată în același sens și același direcție ca și în pasul precedent, pe o distanță de **50mm**.



*Figura 10.11. Imaginea finală a asamblării „explodată”*

## LABORATOR nr. 11

### **1. Introducere (comanda CIRCULAR PATTERN pentru obținerea modelelor complicate)**

Există cazuri în care un element se repetă, urmând un traseu circular, caz în care realizarea modelului solid ar fi foarte complicată fără existența funcției **CIRCULAR PATTERN**. Lucrarea de față își propune exploatarea acestei facilități pentru realizarea unei roți dințate cu dinți drepti.



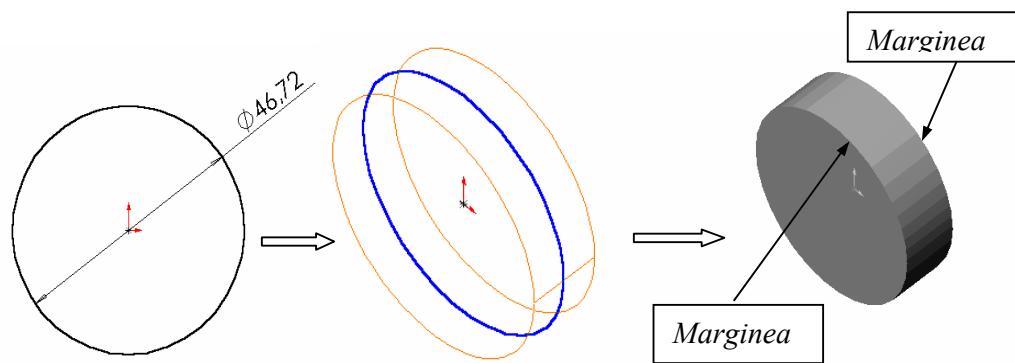
**Figura 11.1** Modelul care se va realiza în cadrul lucrării de laborator nr.11

Etapele realizării modelului sunt următoarele:

1. Construirea corpului roții,
2. Realizarea dinților
3. Construirea elementelor interioare de prindere.

#### **1. CONSTRUIREA CORPULUI ROTII**

Se desenează o schiță ca și cea prezentată mai jos și se extrudează pe o distanță de 14,06 mm, folosind tipul (**Type**) **Mid Plane**. Acest lucru înseamnă că schița va fi extrudată în ambele direcții totalizând o distanță de **14,06 mm**. (Fig. 11.2.)

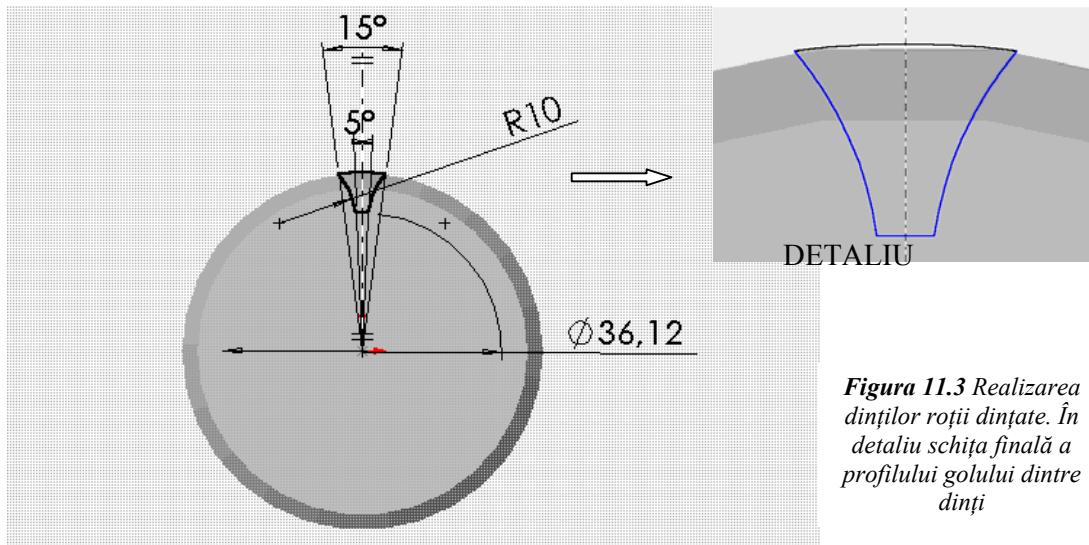


**Figura 11.2** Primele etape în realizarea modelului

*Marginea 1* se teștește pe o distanță de **2 mm** iar *marginea 2* pe o distanță de **0,75 mm**. Folosind acest model solid al unui cilindru circular drept teșit la ambele baze și construind pe bazele sale modelul dinților și respectiv al elementelor interioare de prindere se va crea folosind comanda **CIRCULAR PATTERN**, roata dințată.

## 2. REALIZAREA DINTILOR

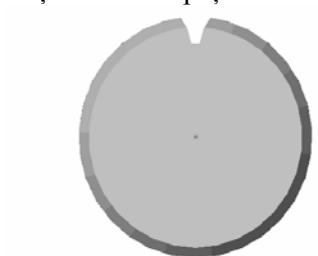
Pentru desenarea schiței unui dint, de fapt a unui gol dintre dinți se alege vederea frontală și se selectează fața afișată. (Fig. 11.3.)



**Figura 11.3** Realizarea dintilor roții dințate. În detaliu schița finală a profilului golului dintre dinți

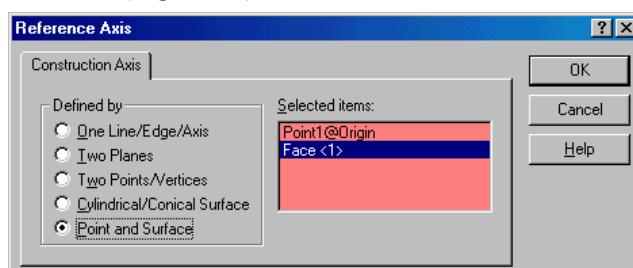
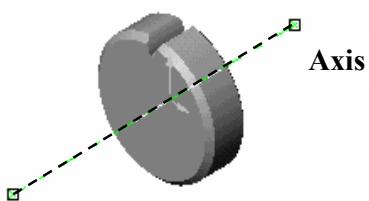
Din origine se duce o axă de simetrie și se activează butonul **MIRROR**. Folosind această facilitate se duc din origine liniile care vor fi la  $5^{\circ}$ , respectiv  $15^{\circ}$ . Se desenează un cerc cu centru în origine și diametrul **Φ36,12 mm** și un cerc cu diametrul **Φ46,72 mm**. Intersecțiile dintre liniile duse din origine și cercurile desenate se unesc cu un arc de cerc cu raza **r=10mm**. Datorită opțiunii Mirror, desenul va apărea pe ambele părți ale axei. Folosind comanda **TRIM** se tăie segmentele de care nu mai este nevoie astfel încât forma schiței să fie cea din **DETALIU**.

Folosind comanda **EXTRUDED CUT** (de tip **Through All**) se decupează schița, obținându-se spațiul dintre 2 dinți consecutivi ai roții dințate.



Pentru a putea folosi comanda **CIRCULAR PATTERN** în construcția dintilor este necesară o axă în jurul căreia să fie dispuse elementele care vor fi multiplicatice circular.

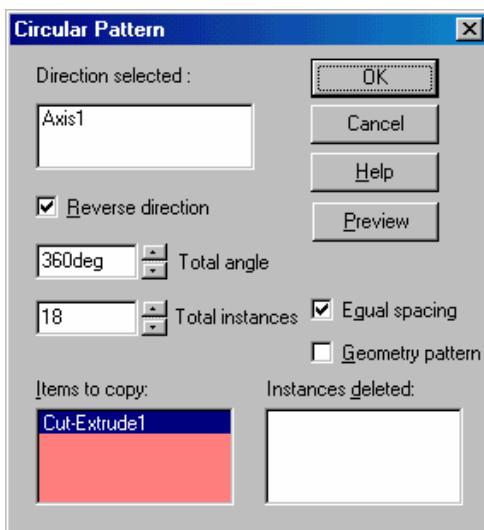
Pentru crearea axei din meniul **INSERT**, **REFERENCE GEOMETRY** se alege **AXIS**. Se va deschide o fereastră de dialog unde se selectează opțiunea **Point and Surface** și se alege originea și o față a cilindrului. (Fig. 11.4.).



**Figura 11.4** Modul de construcție a unei axe necesare comenzi “Circular Pattern” și fereastra de dialog “Reference Axis”

Se apelează comanda **CIRCULAR PATTERN** din meniul **INSERT, PATTERN/MIRROR** sau apăsând butonul 

Se deschide o fereastră de dialog (Fig. 11.5.)



În căsuța **Direction selected** se înscrie axa (**Axis 1**) care tocmai a fost creată și care este perpendiculară pe fețele circulare ale roții.

În căsuța **Total angle** se introduce valoarea **360** pentru ca elementul care se copiază să se distribue pe toată suprafața cercului.

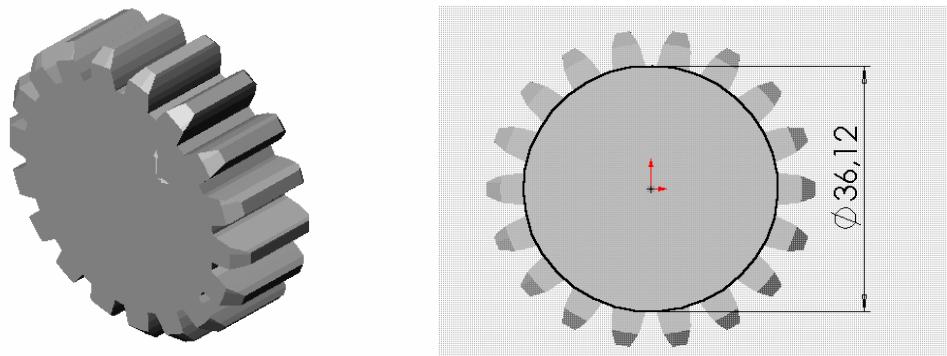
Se activează căsuța **Equal spacing** pentru ca distanța dintre elementele copiate să fie aceeași.

**La Items to copy** se introduce **Cut Extrude 1**, adică elementul care a fost creat prin decuparea schiței spațiului dintre doi dinți.

*Figura 11.5. Fereastra de dialog “Circular Pattern”*

Numărul de elemente copiate va fi de **18** iar acest lucru se va înscrie în căsuța **Total instances**.

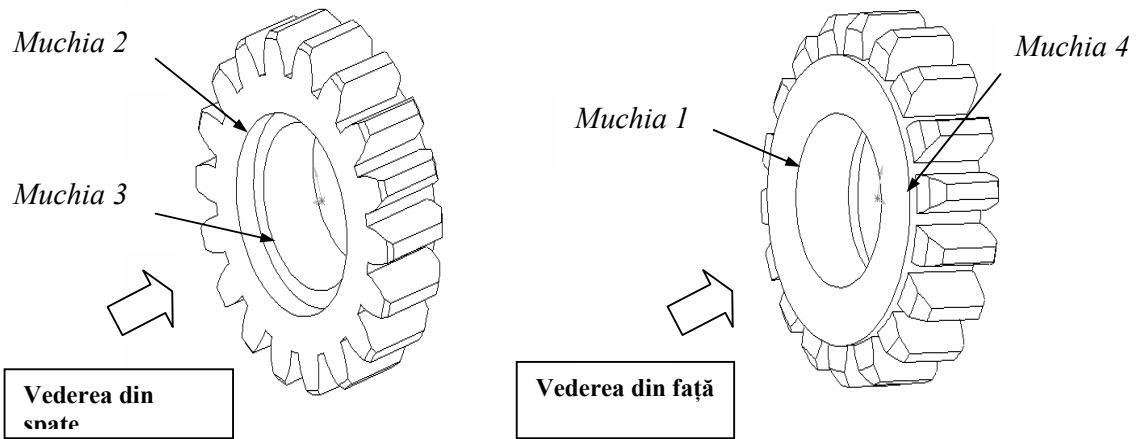
De acum este clar conturată roata dințată, așa cum se vede în imaginea următoare (Fig. 11.6.):



*Figura 11.6 Roata dințată cu toți cei 18 dinți realizati*

Se alege din nou vederea frontală și se desenează pe față selectată un cerc cu diametrul **Φ36,12 mm**. Aceasta se extrudează pe o distanță de **1,54 mm**. **Muchia 1** se tește pe o distanță de **2 mm**.

Se selectează vederea din spate iar pe planul feței se desenează o schiță a unui cerc cu diametrul **Φ21,60 mm**. Roata se gărește folosind opțiunea **Through All** a comenzii **EXTRUDED CUT**. Tot pe această față se desenează un cerc cu diametrul de **Φ26,20 mm** care va găuri modelul pe o distanță de **4,08 mm**. **Muchia 2** și **muchia 3** se vor teși pe o distanță de **0,5 mm**. (Fig. 11.7.)



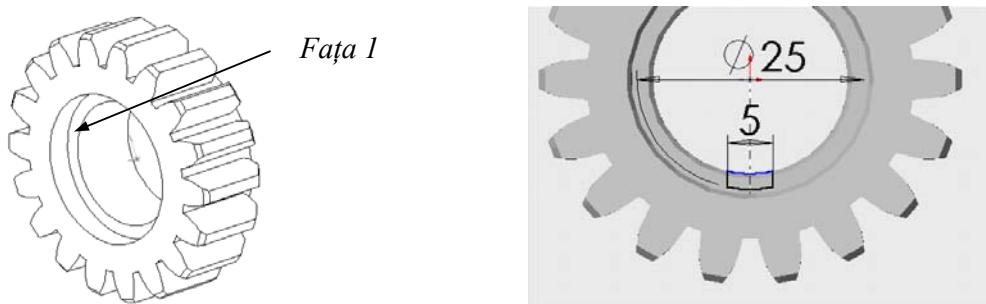
*Figura 11.7 Finisarea roții dințată prin adăugarea ultimelor elemente de construcție*

### **3. CONSTRUIREA ELEMENTELOR INTERIOARE DE PRINDERE**

Pe **Fața 1** se construiește o schiță ca în figura următoare. Schița se decupează (**EXTRUDED CUT – Through All**).

Folosind comanda Circular Pattern și axa de simetrie folosită și în cazul dinților (**Axis 1**) se realizează canelurile roții dințată. Numărul de copieri va fi 6 (**Total instances – 6**). (Fig. 11.8.)

În acest moment roata dințată este realizată în totalitate, nemaifiind necesare alte operații de cosmetizare, acestea, respectiv teșirile fiind făcute în timpul construirii roții.



*Figura 11.8 Realizarea canelurii*

### **COMENZI NOI**

1. **Circular pattern** – permite multiplicarea circulară a unei entități.

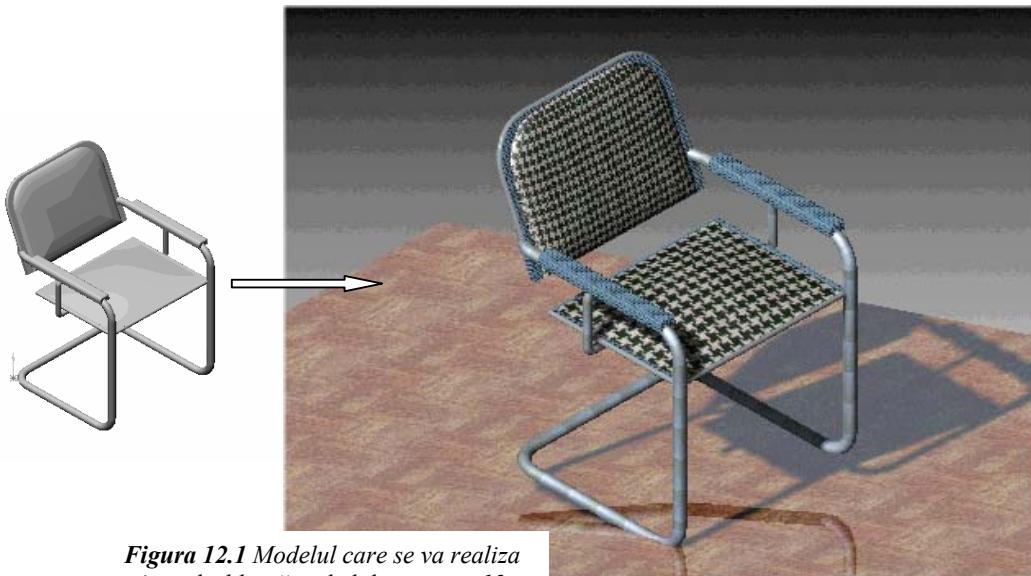


**SolidWorks – Lucrări de laborator**  
**LABORATOR nr. 12**

**1. Introducere (Utilizarea modulului PhotoWorks)**

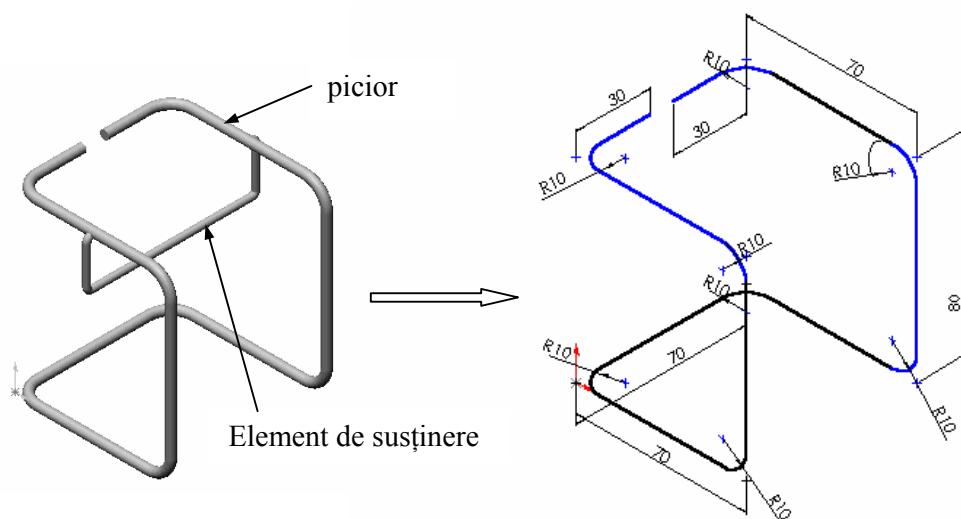
Lucrările anterioare au prezentat modul de obținere a unor modele tridimensionale de diferite forme și având diferite particularități. Aceste însă, oricât de reușite sunt ca și formă și reprezentare au dezavantajul că nu arată ca și în realitate, culorile folosite neputând suplini caracteristicile de strălucire și aparență ale materialelor reale din care sunt confectionate obiectele respective.

Modulul **PhotoWorks** al programului **SolidWorks** permite adăugarea de efecte, umbre, fundaluri și aplicarea de caracteristici specifice fiecărui material astfel încât obiectele să se apropie cât mai mult de realitate.



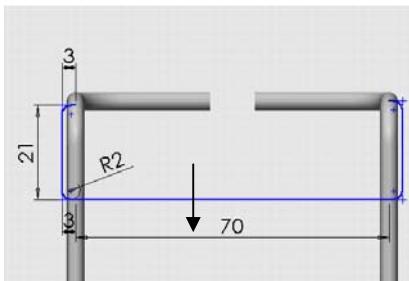
*Figura 12.1 Modelul care se va realiza în cadrul lucrării de laborator nr.12*

Se realizează pentru început obiectul tridimensional. În acest caz este vorba despre un scaun, având un cadru metalic cu profil rotund. (Fig. 12.2.)



*Figura 12.2 Realizarea cadrului metallic cu profil rotund*

## SolidWorks – Lucrări de laborator



**Figura 12.3.** Schița elementului de susținere

Diametrul țevii din care este construit piciorul scaunului este **Φ 4 mm**, iar a elementului de susținere este **Φ 3 mm**. Scheletul metalic se realizează așa cum se știe cu comanda **SWEET**. (Fig. 12.3.)

Se construiește apoi șezutul scaunului la o distanță de **60 mm** față de planul bazei. (Fig. 12.4.)

Schița șezutului se extrudează pe o distanță de **2 mm**. Pe planul șezutului se desenează un dreptunghi cu dimensiunile: **L = 65mm** și **l = 52mm**. Acest dreptunghi se extrudează pe o distanță de **0,01 mm**.

Acestui element din urmă î se aplică un efect de bombarare prin apelarea comenzi **INSERT**, **FEATURE**, **DOME** sau apăsând butonul

Se va deschide o fereastră de dialog care va solicita introducerea caracteristicilor bombeului. (Fig. 12.5.)

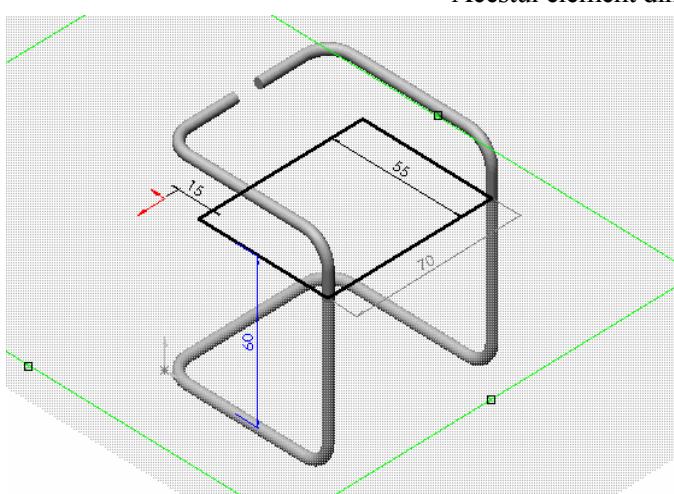
Se procedează la fel și în cazul spătarului care însă pentru a putea avea poziția înclinată are nevoie de un plan dus cu această înclinare. Se va folosi opțiunea de inserare a unui plan printr-o dreapta și un punct, punct care va fi obținut de la paralelipipe-

dul ce leagă partea întreruptă a piciorului. Dreapta va fi una din muchiile șezutului.

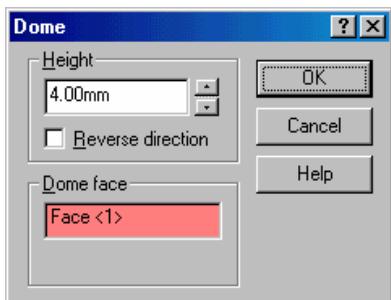
Dimensiunile schiței elementului de legătură sunt **L = l = 10 mm**, iar distanța pe care acesta se extrudează este **2mm**. (Fig. 12.6.)

Schița spătarului are dimensiunile următoare:

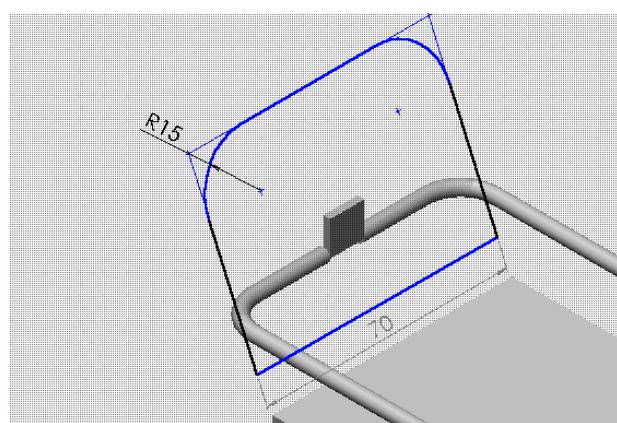
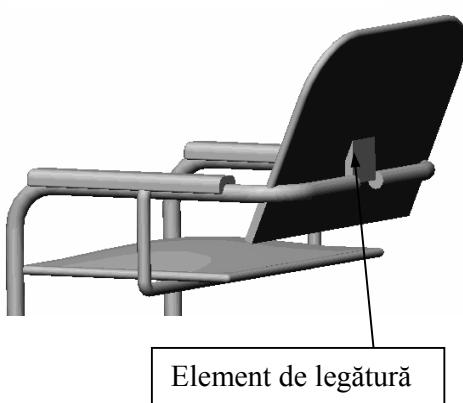
Distanța de extrudare este **4mm**. (Fig. 12.6.)



**Figura 12.4.** Schița șezutului

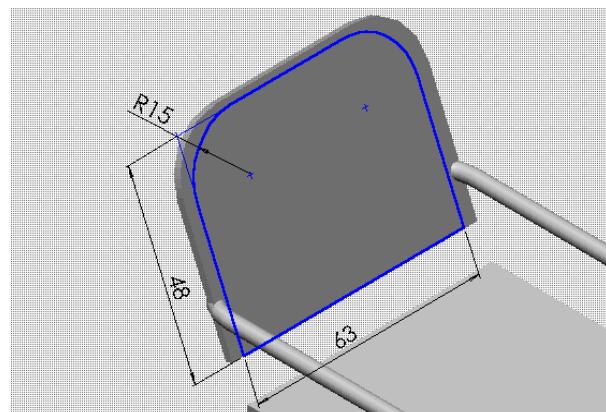


**Figura 12.5** Fereastra de dialog "Dome"



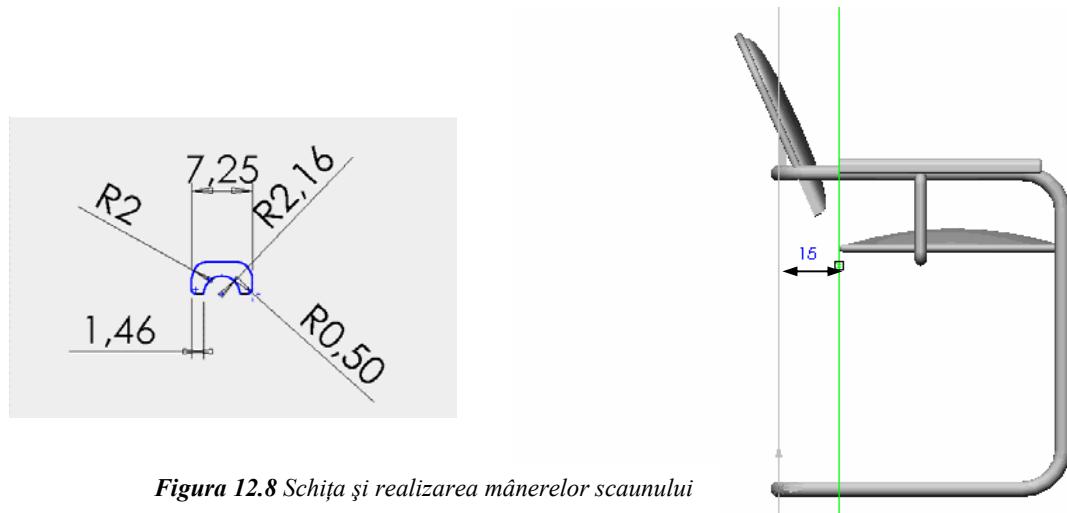
**Figura 12.6** Elementul de legătură și spatarul scaunului

Pe planul spătarului se desenează o schiță cu următoarele dimensiuni, se extrudează la **0,01mm** și îl se aplică un efect **DOME** de **4mm**. (Fig. 12.7.)



*Figura 12.7. Crearea „tapițeriei” scaunului*

Mânerul scaunului are profilul următor și se extrudează pe o distanță de **50mm**. (Fig. 12.8.)



*Figura 12.8 Schița și realizarea mânerelor scaunului*

Folosind comanda **MIRROR** se realizează și celălalt mâner.

În acest moment construcția scaunului este gata și se va trece la imprimarea efectelor pentru crearea unei imagini realiste într-un decor ales.

#### **ALEGAREA CADRULUI (SCENEI) UNDE VA FI AMPLASAT SCAUNUL**

În meniu **PHOTOWORKS** se alege opțiunea **SCENE**. Fereastra de dialog care va apărea permite alegerea și modificarea mediului de amplasare a obiectului.

Există o bibliotecă de scene care combină tipurile de suprafețe cu calitatea acestora, materialele din care sunt fabricate precum și tipul de iluminare a obiectelor plasate în aceste scene. Se poate alege varianta suprafețelor de așezare a obiectelor sau se pot introduce și peretei laterali. De asemenea scena poate cuprinde texturi sau diferite modele de fundal. Suprafețele de așezare pot fi mate sau strălucitoare, reflectorizante sau cu asperități. (Fig. 12.9)



*Figura 12.9. Exemple de “scene” pentru amplasarea realistă a modelului*

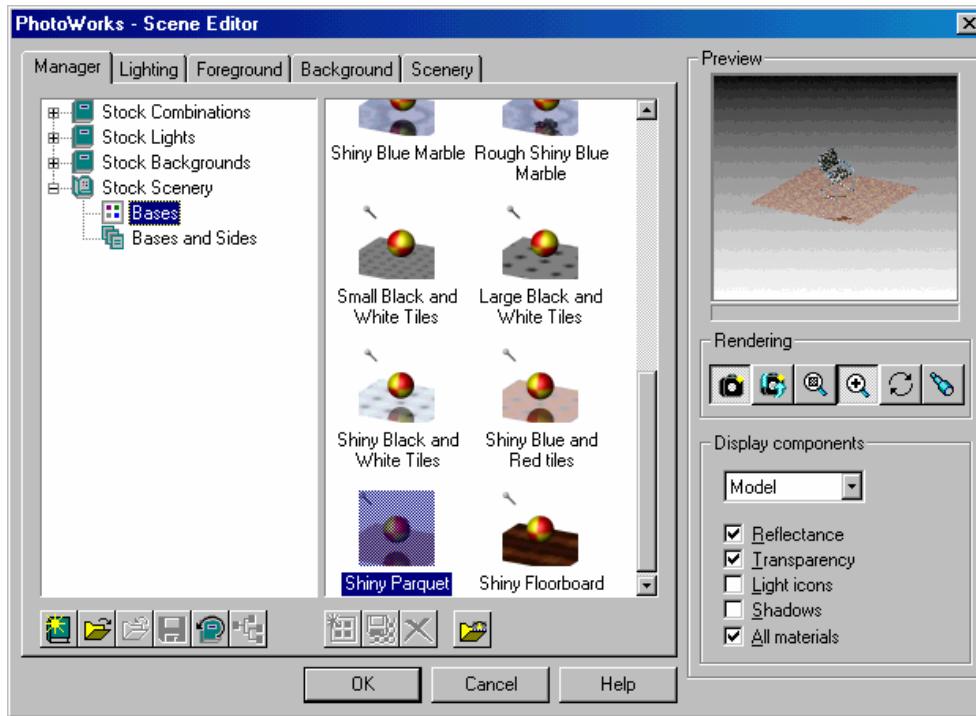


Figura 12.10. Fereastra de dialog „PhotoWorks – Scene Editor”

Din **Manager** se va alege **Stock Scenery** și opțiunea **Shiny Parquet** (parchet strălucitor – lăcuit). În fereastra **Lighting** se poate opta pentru modalitatea de iluminare a obiectelor precum și existența sau nu a umbrelor, tipul acestora și reflectarea umbrelor în suprafețele transparente.

În meniul **Foreground** (în fața obiectului) se poate alege

- **efectul de adâncime** (depărtare) cu setarea distanței și culorii,
- **efectul de ceată** – se setează distanța la care se află obiectul, culoarea și densitatea ceții,
- **efectul de lumini prin ceată** – cu posibilitatea stabilirii densității ceții.

Pentru **Background** se pot alege fundaluri într-o culoare, degradeuri, imagini importate, imagini importate multiplificate sub formă de mozaic, precum și imagini de nori la care se pot stabili mărimea, culoarea norilor, culoarea cerului și detalierea.

Mai este submeniul **Scenery** în care poate fi modificată scena creată. (Fig. 12.10.)

### **ALEGEREA MATERIALELOR**

Pentru o imagine cât mai reală a obiectelor create se stabilesc pentru fiecare din părțile componente ale modelului, materialele din care sunt confectionate.

Se selecteză piciorul și elementul de susținere al scaunului. Din meniul **PHOTOWORKS** se alege opțiunea **MATERIALS**. Există 3 biblioteci de materiale denumite **Stock Procedural 1, 2 și 3**, care cuprind subcategorii ca metale, lemn, sticlă, ceramică, piatră. Este cuprinsă o gamă foarte largă de materiale cu compozиții, aspect, structură foarte diferite. Se găsesc, în general toate tipurile de materiale necesare. Este impresionantă spre exemplu biblioteca Glass (sticlă) care cuprinde de la sticla gravată, sticla termorezistentă, sticla vălurită, sticla transparentă, sticla cu diverse ornamente, sticla mată,

## SolidWorks – Lucrări de laborator

etc. Toate acestea pot fi colorate pentru a satisface cât mai bine cerințele obiectului vizat. La fel ca și în cazul sticlei, metalul este reprezentat în cele mai variate aliaje și purități. Se pot alege metale superfinisate sau brute, acoperite galvanic sau nu, etc. (Fig. 12.11.)

Pentru elementele selectate se va alege din prima bibliotecă opțiunea **Steel** (oțel).

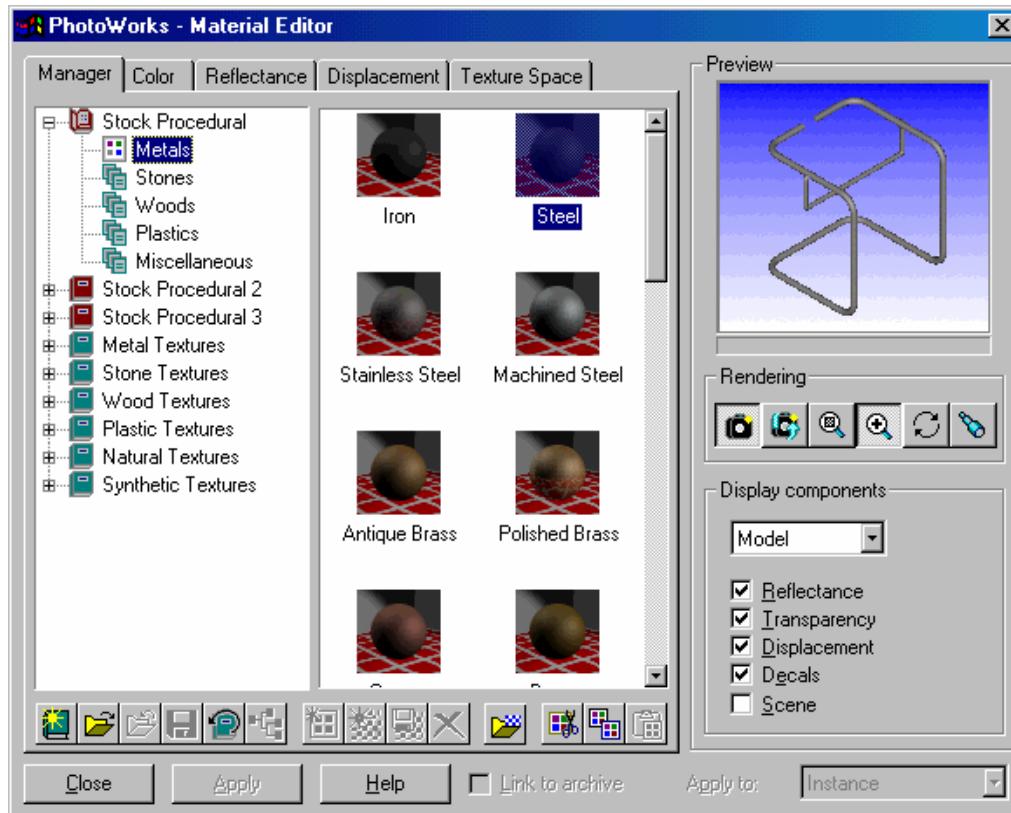


Figura 12.11. Fereastra de dialog „PhotoWorks – Material Editor”

În unele cazuri, folosind meniul **Color** se poate modifica culoarea materialului (nu este cazul la metale).

Meniul **Reflectance** permite modificarea parametrilor de reflexie a unor tipuri de materiale.

În meniul **Displacement** pot fi imprimate o serie de efecte suprafățelor realizate din diferite materiale. Aceste efecte constau în realizarea unor adâncituri sau excrescențe de diferite forme și mărimi cărora le poate fi modificată scara, amplitudinea, combinația și raza.

Texture space permite alegerea modului de dispunere a texturii: pe o suprafață plană, cilindrică. Există și o variantă automată aleasă de calculator.

Pentru șezut și spătar se va alege din biblioteca **Stock Procedural 2** opțiunea **Plastic: Pressed** varianta **Blue Knurled Plastic**. Se aplică același tip de material și pentru cele două mâneră.

### ALEGEREA TEXTURILOR

SolidWorks deține mai multe biblioteci și pentru texturi care pot fi aplicate oricărui tip de material. Sunt șase biblioteci de texturi:

- texturi pentru metal,

## SolidWorks – Lucrări de laborator

- texturi pentru piatră,
- texturi pentru lemn,
- texturi pentru plastic,
- texturi naturale,
- texturi sintetice.

Pentru realizarea tapițeriei scaunului se va alege biblioteca **Synthetic Textures**, **Fabric** și varianta **Dogtooth**. Se poate alege orice alt fel de material textil.

Modelul solid poate fi îmbunătățit pe lângă aplicarea texturilor și stabilirea materialelor și prin aplicarea unor etichete conținând scris sau diferite desene, peisaje etc. Acest lucru se obține prin apelarea meniului **PHOTOWORKS, DECALS**. (Fig. 12.12.)

Se selectează față sau fețele pe care urmează să se aplique etichetele după care se apelează meniul **Decals**. În fereastra apărută este un buton cu funcția Decals Wizard care permite crearea unei etichete personalizate.



În acest caz se va aplica pe spatele scaunului, respectiv pe elementul de legătură, o etichetă galbenă cu inscripția “SCAUN DE BIROU”. Eticheta trebuie să fie în format **Windows Bitmap (BMP)** pentru a fi acceptată.

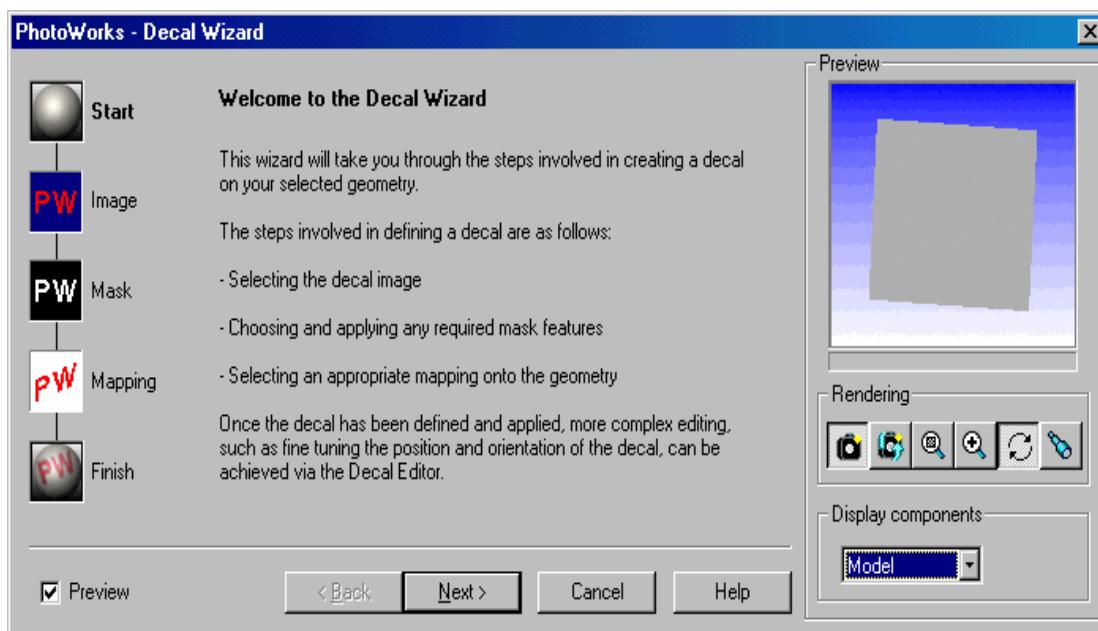


Figura 12.12. Fereastra de dialog „PhotoWorks – Decal Wizard”

Trebuie parcursi pașii prezenți în fereastra **Decal Wizard**.

1. **Start**
2. Pentru pasul 2, respectiv **Image** se va apăsa butonul **Browse** pentru a se selecta fișierul bitmap ales. În acest caz **LABEL1Mask.bmp**,
3. La pasul 3, **Mask**, se alege varianta **Automatic**,

## SolidWorks – Lucrări de laborator

4. La pasul 4, **Mapping**, se alege varianta **Selected face** și opțiunea **Planar**. Dacă este necesar se alege varianta oglindirii orizontale sau verticale a imaginii,

### 5. Final

S-ar putea ca imaginea dorită să nu fi fost obținută. Modificări pot fi aduse folosind meniul **Mapping**

Se poate modifica dimensiunea etichetei, așezarea ei și unghiul sub care este rotită. (Fig. 12.13.)

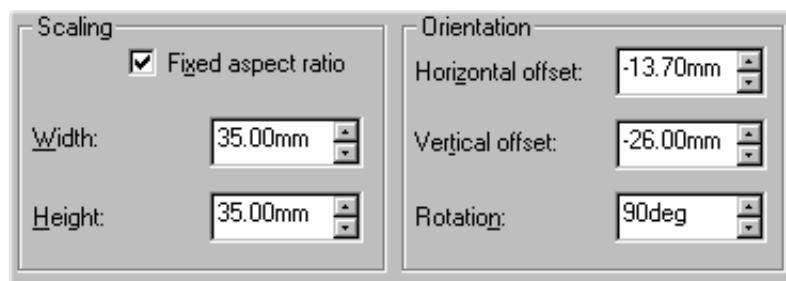


Figura 12.13. Dimensionarea, poziționarea și rotirea etichetei

După ce toate aspectele legate de scenă, materiale, texturi au fost stabilite, pentru vizualizarea efectelor obținute se lansează comanda **Render** din meniul **PHOTOWORKS** sau se apasă butonul 

Photoworks, **Interactive rendering**  sau generează imaginea mai repede dar nu păstrează toate detaliile stabilite, respectiv umbre, tipuri de iluminare etc.

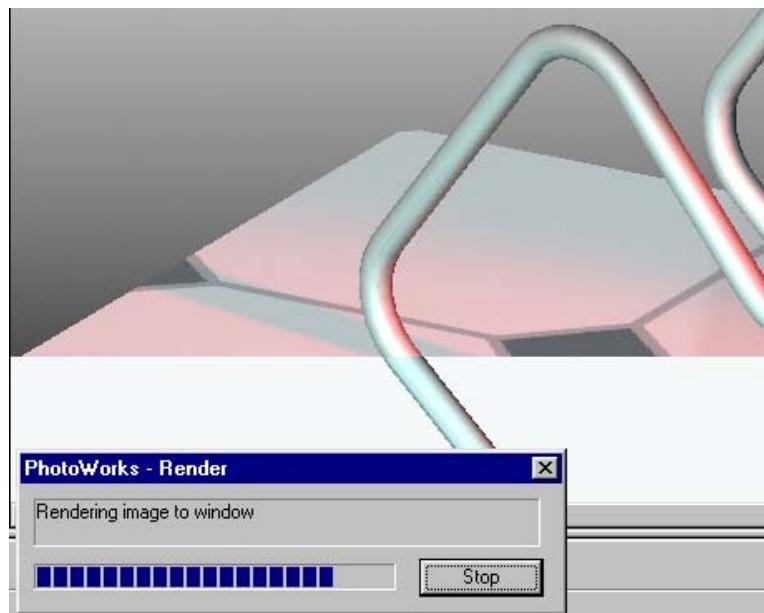


Figura 12.14.

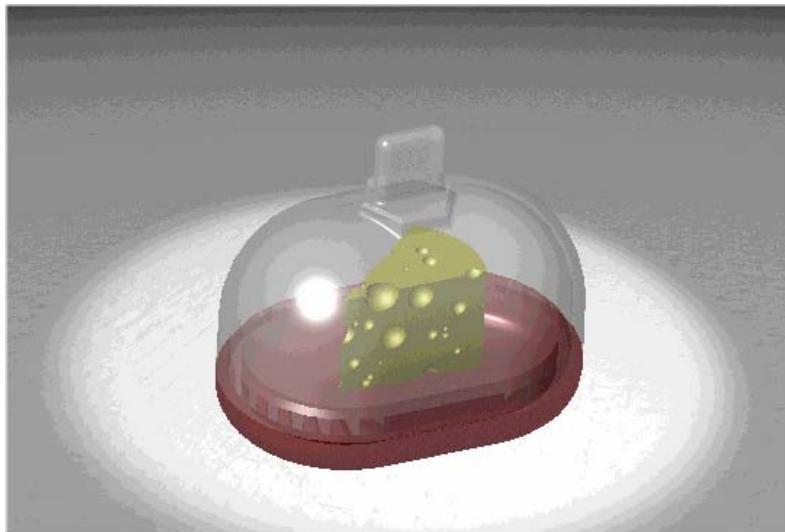
Modalitatea în care SolidWorks realizează atribuirea elementelor de material și scenă pentru model cu ajutorul comenzi „**Render**”

**COMENZI NOI:**

1. **Dome** – realizează o boltă pe o suprafață selectată 
2. **Render** – crează imaginea de tip fotografie, cu toate elementele introduse 
3. **Interactive rendering** – realizează același lucru ca și Render dar la o viteză mai mare și calitate mai slabă 

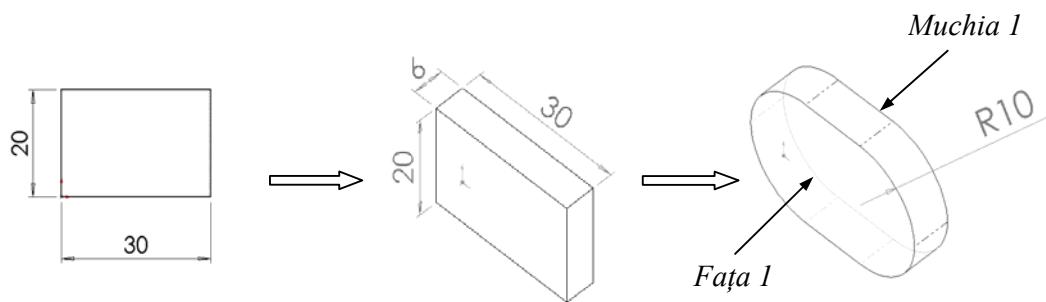
**LABORATOR nr. 13****1. Introducere (Utilizarea modulului PhotoWorks – continuare)**

Această lucrare va combina elementele se desenare **SolidWorks** cu elementele **PhotoWorks** pentru a crea o asamblare de elemente realizate prin folosirea comenziilor studiate anterior precum și studiere unor comenzi noi.



**Figura 13.1 Modelul care se va realiza în cadrul lucrării de laborator nr.13**

Se vor construi 3 elemente, un **platou** – realizat din sticlă termorezistentă de culoare roșie, cu un grad mai scăzut de transparență dar cu o bună reflexivitate, un **capac** – realizat din sticlă termorezistentă de culoare albă, cu un grad ridicat de transparență și **o bucată de cașcaval** care va fi pusă în interiorul vasului format de cele două elemente anterioare.

**2. Realizarea platoului**

**Figura 13.2 Schița platoului**

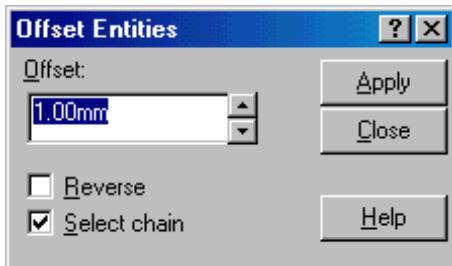
**Muchiei 1** i se imprimă o rotunjire cu o rază **r = 3 mm**, iar pentru **fața 1** se aplică comanda **SHELL** cu grosimea pereților de **2 mm**. (Fig. 13.2.)

Se va realiza acum o decupare în peretele exterior al platoului pentru a permite asamblarea cu capacul.



## SolidWorks Lucrări de laborator

Se selectează fața 2 a platoului și se apasă butonul **Convert entities**. Va apărea o linie continuă de culoare neagră care marchează clar marginea platoului.



Se selectează din nou **fața 2** și se dă comanda **offset**. Deoarece inițial calculatorul a plasat curba multiplicată în exteriorul modelului se va activa căsuța **Reverse**. Distanța pentru **offset** este de **1 mm**. (Fig. 13.3., Fig. 13.4.)

Figura 13.3 Fereastra de dialog “Offset Entities”

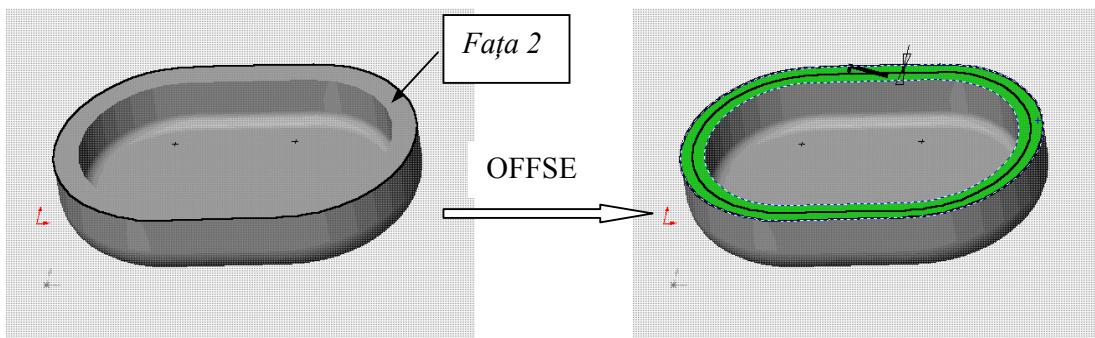


Figura 13.4 Modul de operare al comenzii “Offset”

Se selectează acum partea exterioară a **fetei 2** și se taie (**Extruded Cut**) pe o distanță de **2mm**. (Fig. 13.5.)

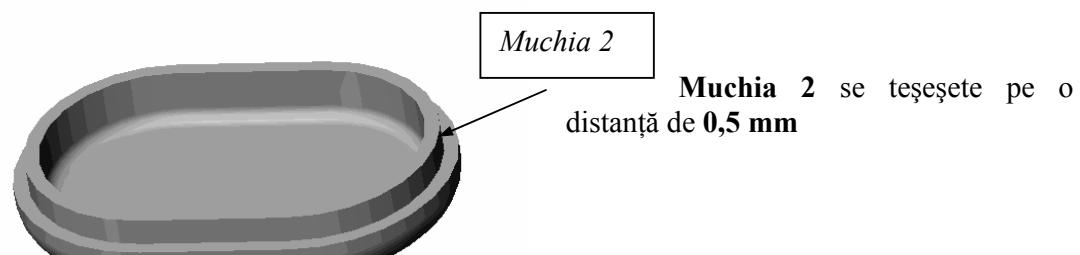
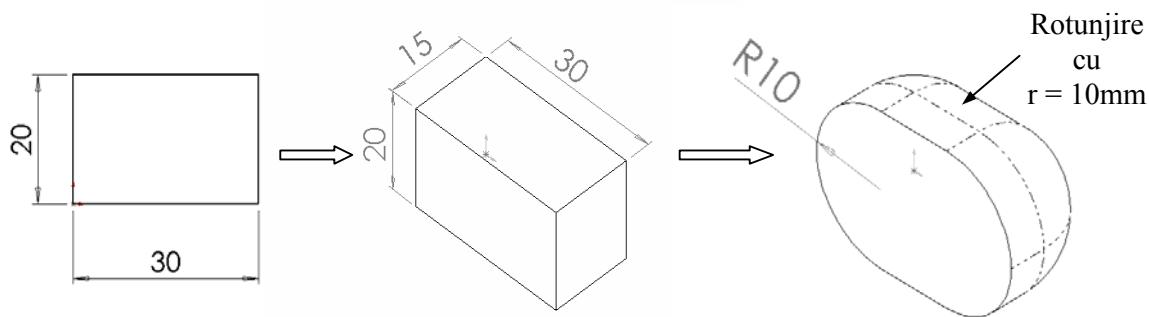


Figura 13.5 Rezultatul obținut prin aplicarea comenzii “Offset”

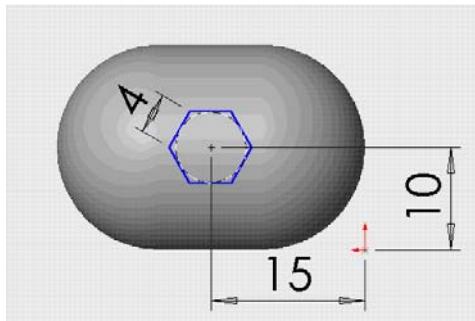


**Figura 13.6** Etapele de construcție ale capacului

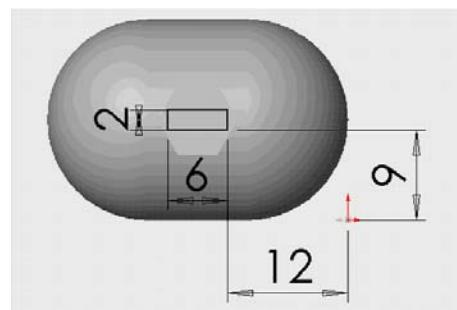
### **3. Realizarea capacului**

Se aplică și capacului comanda **SHELL** dar cu o grosime a pereților de **1mm**. (Fig. 13.6.)

Se duce un plan paralel cu planul bazei la o distanță de **14 mm**. În acest plan, în mijlocul capacului se desenează un hexagon. Hexagonul se extrudează pe o distanță de **2 mm**. (Fig. 13.7.)



**Figura 13.7.** Schița hexagonului



**Figura 13.8.** Schița mânerului

Laturile feței superioare ale elementului generat de hexagon se teșesc pe o distanță de **0,5 mm**.

Muchiile generate prin intersecția corpului hexagonal cu corpul capacului se racordează cu o rază **r = 0,5 mm**.

Pe fața hexagonală se desenează un dreptunghi (care va servi drept mâner al capacului) cu amplasarea și dimensiunile din Fig. 13.8.

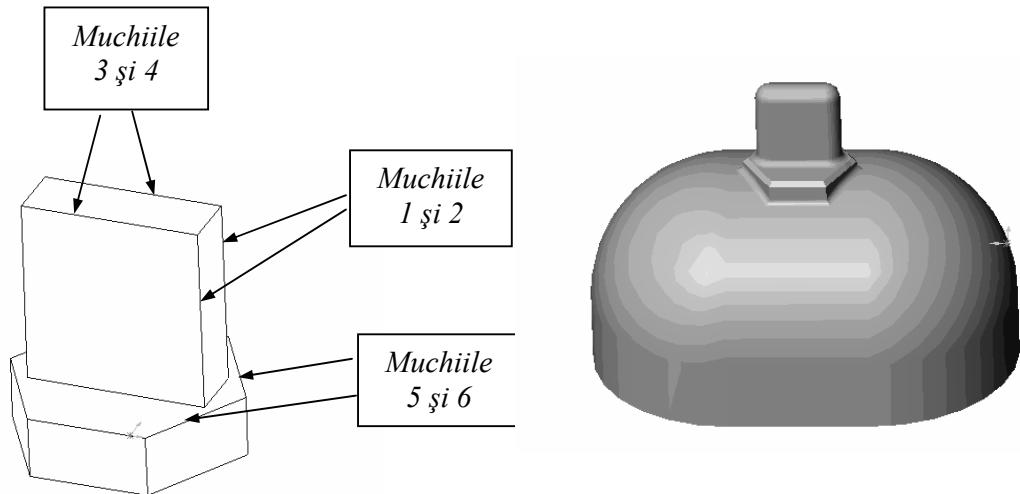
Dreptunghiul se extrudează pe o lungime de **6 mm**.

Muchiile 1, 2 și celelalte muchii corespondente se rotunjesc cu o rază de **1 mm**.

Muchiile 3 și 4 se rotunjesc cu o rază de **1 mm**.

Muchiile 5, 6 și celelalte muchii ale hexagonului se rotunjesc cu o rază de **0,3 mm**. (Fig. 13.9.)

Rezultatul obținut se vede din Fig. 13.10.

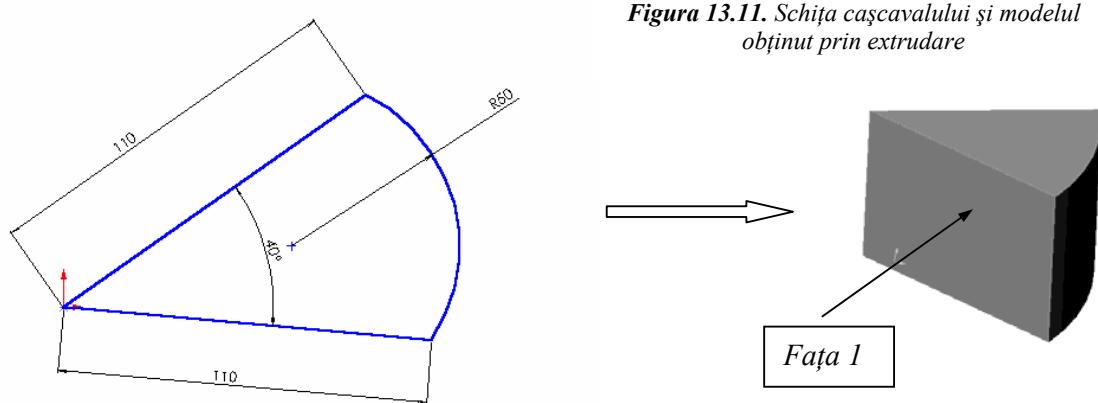


**Figura 13.9.** Cosmetizarea  
mânerului capacului

**Figura 13.10.** Capacul în formă  
finală

#### 4. Realizarea cașcavalului

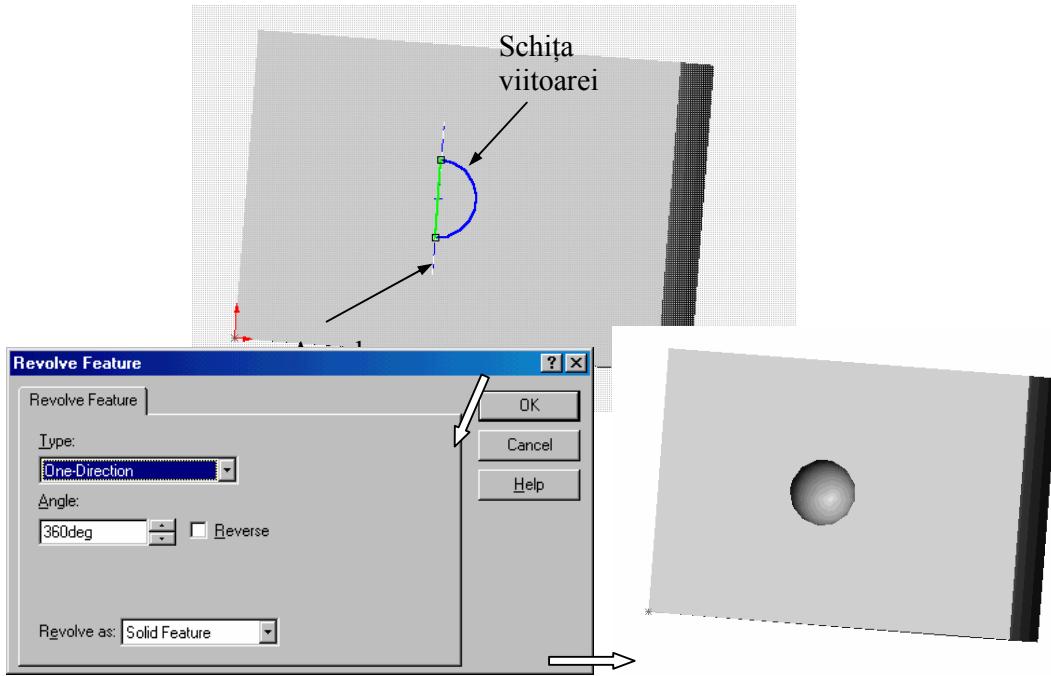
Se desenează o schiță ca cea din figura 13.11.



Schița se extrudează pe o distanță de **80mm**. Se selectează fața 1 și se realizează pe ea găurile specifice cașcavalului. (Fig. 13.12.)

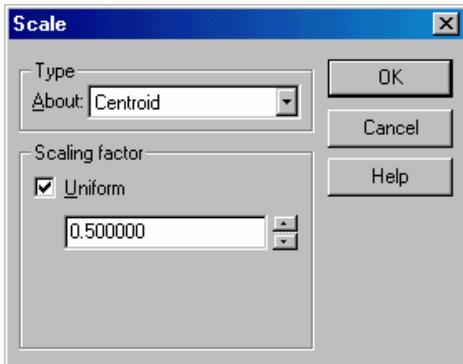
Pentru realizarea găurilor se duce o axă de simetrie și se desenează pe ea un semicerc. Capetele semicercului se află pe axa de simetrie și se unesc cu o linie. Pentru a realiza scobirea, se folosește comanda **REVOLVED CUT** din meniul **INSERT**, **CUT**, **REVOLVE** sau se apasă butonul

În același mod se realizează mai multe găuri de diametre diferite pe toate fețele bucății de cașcaval. Se pot construi găuri chiar și pe margine astfel încât să fie “mușcată” doar o mică părticică din modelul solid.



**Figura 13.12.** Folosirea comenzi "Revolved Cut" pentru crearea găurilor din cașcaval. Fereastra de dialog "Revolve Feature"

După ce modelul cașcavalului este definitivat se va folosi comanda **SCALE** din meniu **INSERT, FEATURE** sau se va apăsa butonul pentru a se aduce modelul la dimensiunea dorită. (Fig. 13.13.)



**Figura 13.13.** Fereastra de dialog "Scale"

Motivul pentru care s-a realizat un obiect la dimensiuni mult exagerate este acela că este mai ușor de modelat. Găurile cașcavalului sunt mult mai ușor de realizat la un model de dimensiunile celor de față decât în cazul unui model de dimensiuni reduse ca și cel necesar în asamblare.

La apăsarea butonului **SCALE** se deschide o fereastră de dialog în care se cer specificate tipul (**Type**) scalării și factorul de scalare.

## **SolidWorks Lucrări de laborator**

În cazul de față scalarea se va face în 3 etape

1. primul factor de scalare = 0,5
2. al doilea factor de scalare = 0,5
3. al treilea factor de scalare = 0,4

Astfel s-a obținut modelul perfect pentru a fi introdus în asamblare

### **5. Asamblarea**

Se deschide o foaie de tip Assembly, se inserează cele trei piese realizate și se asamblează astfel încât platoul și capacul să se potrivească iar bucata de cașcaval să se afle pe platou sun capac.

### **6. Crearea decorului**

- se găsește o poziție convenabilă a asamblării astfel încât să se prezinte cât mai avantajos în cadru,
- se alege materialul pentru platou (**Stock Procedural 2 / Glass: Transparent / Red Glass**),
- se alege materialul pentru capac (**Stock Procedural 2 / Glass: Transparent / Heat Resistant Glass**). Se ajustează transparentă, reflexivitatea, etc.,
- se alege materialul pentru cașcaval (deoarece nu există în bibliotecă un astfel de material se va alege unul cât mai aproape de realitate - **Plastic Textures / Smooth / Smooth Red**),
- se alege scena (**Stock Backgrounds / Scaled Image / Bump**).
- Se dă comanda **RENDER**.

### **COMENZI NOI**

1. **Convert entities** – creează una sau mai multe curbe prin proiecțarea pe planul unei schițe a unor muchii, fețe,  contururi, etc.

2. **Revolved cut** – creează un gol într-un model solid prin rotirea unei schițe în jurul unei axe de simetrie 

3. **Scale** – mărește sau micșorează o entitate cu ajutorul unui factor de scalare 

**SolidWorks – Lucrări de laborator**  
**LABORATOR nr.14**

**1. Introducere (Utilizarea modulului Animator)**

Această lucrare se va ocupa de animarea desenelor realizate cu SolidWorks. Posibilitățile oferite de program pentru animarea asamblărilor realizate cu acest program sunt:

- Rotirea asamblării,
- Explodarea animată a asamblării,
- Realizarea animată a asamblării.

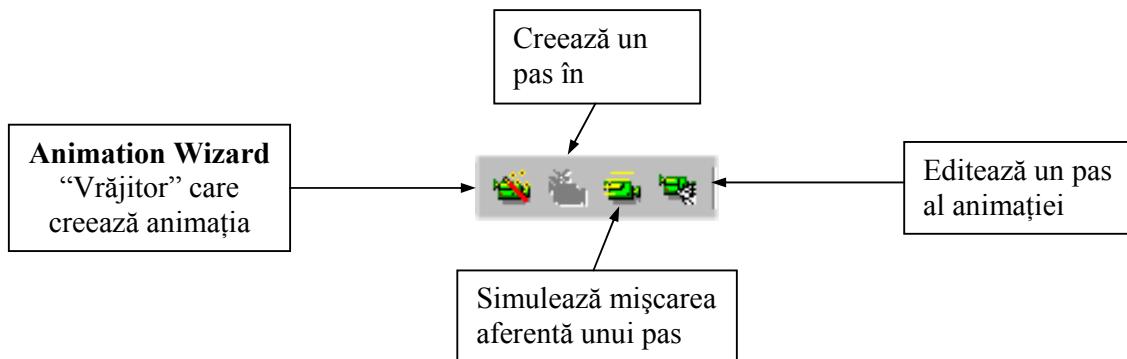
Pe lângă posibilitatea animării asamblărilor există și posibilitatea înregistrării acestor animații ca și fișiere cu extensia **.avi**.

Posibilitățile oferite de SolidWorks pentru animarea asamblărilor sunt: folosirea **Animation Wizard** –ului care permite realizarea rapidă a unei animații constând în rotirea, explodarea sau asamblarea, fără a putea însă interveni decât la durata animației și momentul începerii acesteia și crearea pas cu pas a animației.

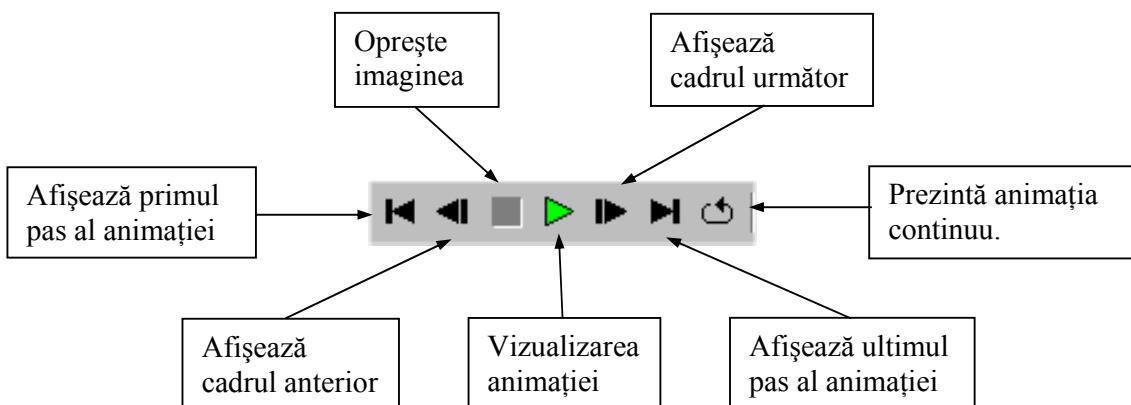
Se va lua ca exemplu pentru realizarea animației asamblarea menghinei.

**2. Realizarea animației cu ajutorul Animation Wizard-ului**

Bara de elemente pentru Animator cuprinde o serie de butoane folosite pentru crearea, înregistrarea, și vizualizarea animației realizate. (Fig. 14.1.a, b)



*Figura 14.1.a Bara de elemente pentru animație*



## SolidWorks – Lucrări de laborator

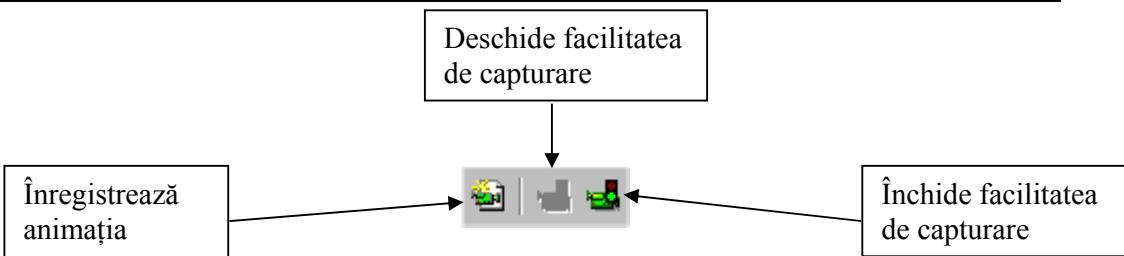
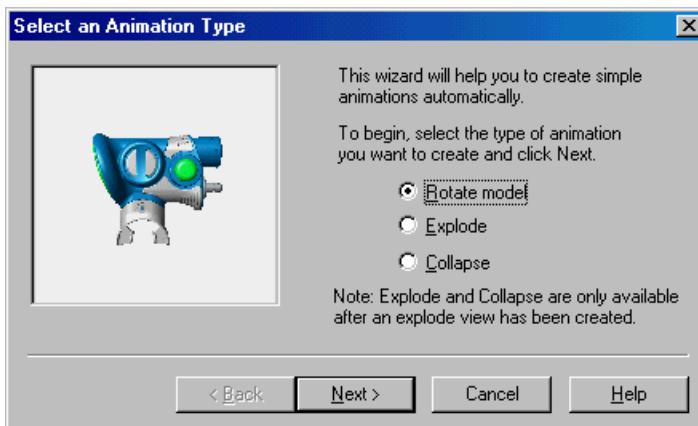


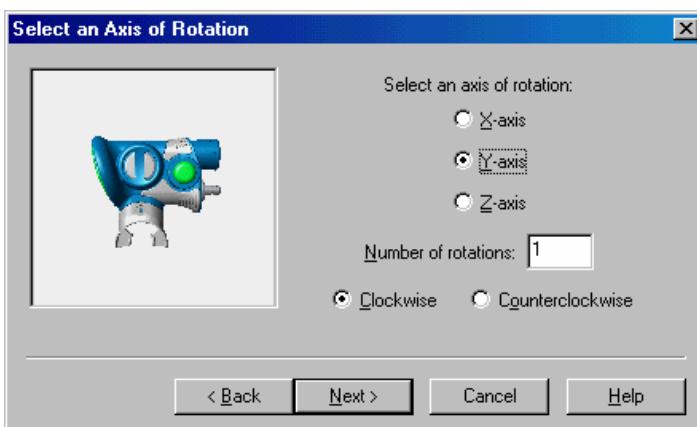
Figura 14.1.b Bara de elemente pentru animație

Pentru crearea unei animații cu ajutorul **Animation Wizard** se apelează din meniul **Animation** comanda **ANIMATION WIZARD** sau se apasă butonul aferent. Se deschide o fereastră de dialog care permite, în mai multe etape consecutive, crearea animației. (Fig.14. 2, Fig. 14.3, Fig.14.4)



Această primă etapă permite alegerea tipului de animație dorit, respectiv:  
Rotirea  
Explodarea  
Asamblarea

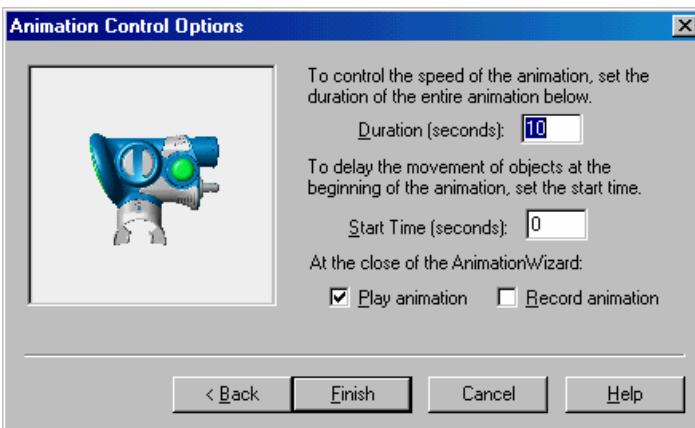
Figura 14.2. Primul pas în utilizarea Wizard-ului



Ce-a de-a doua etapă se pot alege:  
Direcția de rotație  
Numărul de rotații  
Sensul de rotație

Figura 14.3. Al doilea pas în utilizarea Wizard-ului

## SolidWorks – Lucrări de laborator



**Figura 14.4.** Al treilea pas în utilizarea Wizard-ului

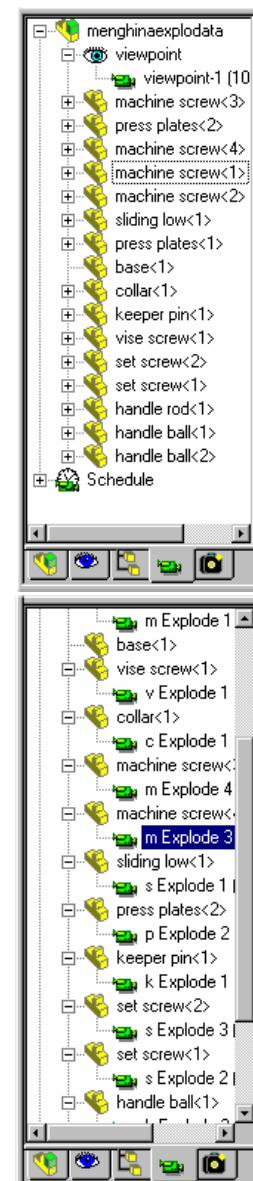
Se poate stabili, de asemenea, dacă animația va fi vizionată sau înregistrată

După parcurgerea acestor etape, se apasă butonul **Finish** iar animația va putea fi găsită în **AnimationManager**.

Fereastra reprezentată în figura 14.5 este **Animation Manager** și se poate deschide de la butonul specific din partea de jos a ferestrei. Fiecare din elementele care intră în componența asamblării și deci a animației este reprezentat aici.

La o animație reprezentând explodarea unei asamblări creată cu **Animation Wizard NU** vor apărea semnele grafice care să arate animația la fiecare elemente în parte ci doar la **viewpoint**, deoarece animația în cazul Wizard-ului se face global pentru toate elementele asamblării.

În cazul alegerii acestei variante trebuie să se știe că durata specificată pentru animație este durata totală a mișcării elementelor.



**Figura 14.5.** Fereastra „Animation Manager”

### 3. Realizarea animației pas cu pas

În cazul acestei variante posibilitățile sunt mult mai mari. Se poate mișca fiecare element în parte pe durata dorită și decalate unele de altele. Unui element i se pot aplica chiar mai multe mișcări. (Fig. 14.7.)

În cazul animației pas cu pas se parcurg mai multe etape:

- Realizarea unei animații cu ajutorul **Animation Wizard**-ului,

**Figura 14.7.** Structura ferestrei „Animation Manager” pentru animarea fiecărui element al asamblării

## SolidWorks – Lucrări de laborator

- În fereastra **Animation Manager** se selectează fiecare element în parte și se apasă pe butonul din dreapta al mouse-ului. Va apărea un meniu din care se alege **Create Path** (Fig. 14.6).

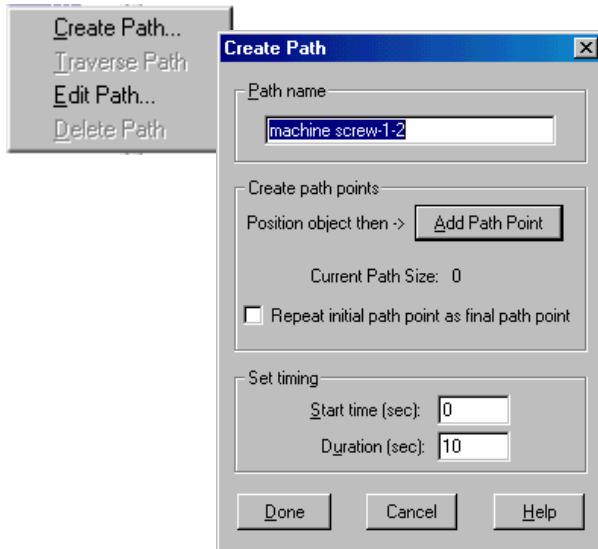


Figura 14.6. Fereastra de dialog „Create Path”

Prin folosirea butonului fiecare element selectat se va muta în poziția dorită după care se apăsa butonul **Add Path Point**. Se va stabili apoi momentul în care elementul respectiv își va începe mișcarea (**Start time**). Dacă se dorește modificarea unui pas se alege opțiunea **Edit Path**. Dacă se selectează din AnimationManager unul din pașii creați și se apasă butonul din dreapta al mouse-ului se poate alege opțiunea **Traverse Path** care va simula traseul și mișcarea elementului sau se poate alege opțiunea **Delete Path** care va duce la eliminarea din schemă a pasului respectiv.

În cazul unei asamblări la care se dorește realizarea unei animații cât mai detaliate se va începe stabilirea timpului de început al mișcării la 10 secunde și se va mări timpul cu câte 10 secunde sau mai mult (în funcție de preferințe) pentru fiecare element care va fi deplasat de la locul inițial.

După verificarea tuturor detaliilor în ceea ce privește timpul și modul de mișcare a elementelor asamblării se poate vedea rezultatul animației prin comanda **Play** (vizualizarea animației). Toate celelalte comenzi, de întrerupere a filmului, de vizualizarea a ultimului sau primului cadru, a celui anterior sau următor pot fi folosite pentru corectarea unor eventuale erori sau pentru simple stop cadre pe unele secvențe.

Comanda **Loop** (continuu) permite rularea continuă a filmului de animație până la oprirea voită a acestuia.

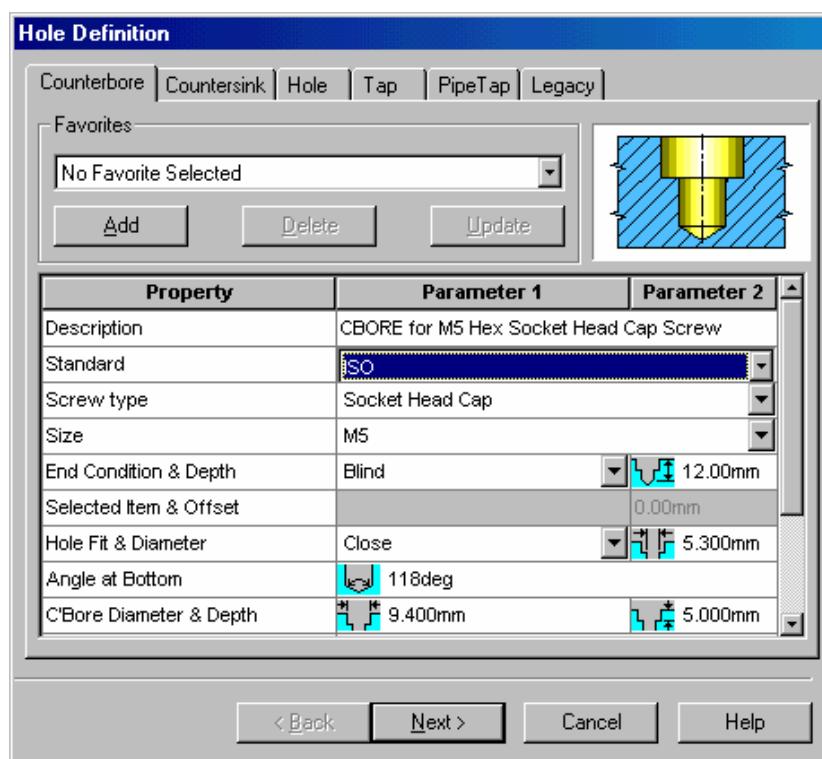
Înregistrarea animației se va face într-un fișier cu extensia **.avi** și va putea fi văzută pe orice calculator care are un sistem Windows indiferent de existența sau nu a programului SolidWorks pe acel calculator.

### OBTINEREA GĂURILOR SPECIALE

În cazul unor construcții care necesită asamblări demontabile, în geometria subansamblelor apar găuri (orificii) de forme și dimensiuni standardizate. Pentru usurarea construcțiilor acestor găuri programul SolidWorks are incorporat un desfășurător (wizard) care permite alegerea explicită a unor caracteristici ale găurii alese, a dimensiunilor și modului de obținere ale acesteia.

Pentru apelarea acestui desfășurător se apelează meniul INSERT, FEATURE, HOLE, WIZARD sau se apasă butonul 

La apelarea comenzi se deschide o fereastră care cuprinde mai multe secțiuni, fiecare dintre acestea definind un alt tip de gaură precum și modul de obținere a acesteia.



- Prima secțiune se referă la **găurile adâncite pentru șuruburi cu cap înecat (counterbore)**

Secțiunea cuprinde o zonă unde pot fi păstrate găurile definite anterior precum și o reprezentare a acestora.

Sub această zonă se află zona cuprinzând proprietățile găurii și parametrii care o definesc:

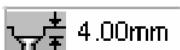
## SolidWorks – Lucrări de laborator

Proprietatea	Parametrul 1	Parametrul 2
Descrierea găurii	Descriere tipului de gaură	
Standardizarea	Alegerea tipului de standardizare(ANSI inch, ISO, etc.)	
Tipul șurubului	<b>Cheese head</b> – șurub cu cap cilindric <b>Hex bolt</b> – șurub cu cap hexagonal <b>Hex cap screw</b> – șurub cu cap hexagonal filetat până sub cap <b>Hex machine screw</b> – șurub de păsuire cu cap hexagonal <b>Pan</b> – șurub cu cap cilindric înfundat <b>Socket head cap</b> – șurub cu cap cilindric cu locaș hexagonal	
Dimensiunea	Se alege dimensiunea șurubului (exemplu: M5, M10, etc.)	
Adâncimea totală a găurii și/sau condițiile pe capătul acestaia	<b>Blind</b> – gaură înfundată <b>Through all</b> – gaură de trecere <b>Up to next</b> – găurire până la intersecția cu un alt element <b>Up to vertex</b> – găurire până la intersecția cu un vertex <b>Up to surface</b> – găurire până la intersecția cu o suprafață selectată <b>Offset from surface</b> – găurire până la o distanță dată față de suprafață selectată	     
Elementele selectate		12,00
Precizia de execuție a găurii	 Close  Normal  Loose	Precise Uzuale Semiprecise
Unghiul la vârf	 118deg	În cazul găurilor înfundate
Diametrul și adâncimea locașului pentru capul șurubului	 9.400mm	 5.000mm
Jocul la capul șurubului	 0.00mm	
Diametrul exterior și unghiul teșirii pt. o gaură teșită în partea superioară	 0.000mm	 Odeg
Diametrul și unghiul teșirii sub capul șurubului pentru găuri străpunse.	 0.000mm	 Odeg
Diametrul exterior și unghiul teșirii la găurile străpunse	 0.000mm	 Odeg

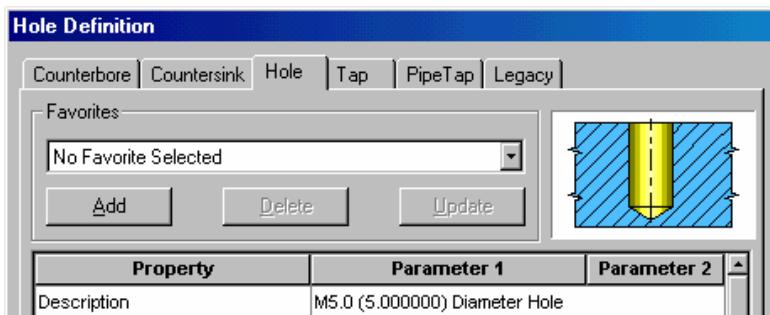
## 2. Găuri adâncite, cu teșitură, pentru șurub cu cap înecat și semiînecat (countersink)

Proprietatea	Parametrul 1	Parametrul2
Descrierea găurii	Descriere tipului de gaură	
Standardizarea	Alegerea tipului de standardizare	
Tipul șurubului	<b>Countersink flat head</b> – șurub cu cap înecat <b>Countersink raised head</b> – șurub cu cap semiînecat <b>Socket countersink flat head</b> – șurub cu cap înecat cu locaș	
Dimensiunea	Se alege dimensiunea șurubului (exemplu: M5, M10, etc.)	
Adâncimea totală a găurii și/sau condițiile pe capătul acestaia	<b>Blind</b> – gaură înfundată <b>Through all</b> – gaură de trecere <b>Up to next</b> – găurire până la intersecția cu un alt element <b>Up to vertex</b> – găurire până la intersecția cu un vertex <b>Up to surface</b> – găurire până la intersecția cu o suprafață selectată <b>Offset from surface</b> – găurire până la o distanță dată față de suprafață selectată	     
Elementele selectate		10,00
Precizia de execuție a găurii	 Close  Normal  Loose	 Precise  Uzuale  Semiprecise
Unghiul la vârf	 118deg	
Diametrul și adâncimea locașului pentru capul șurubului	 10.600mm	 90deg

## SolidWorks – Lucrări de laborator

Jocul la capul surubului	 4.00mm	 Increased Countersink (largirea teșiturii)
Diametrul exterior și unghiul teșiturii la găurile străpunse	 0.000mm	 Odeg

### 3Găurile cilindrice filetate (Hole)



Proprietatea	Parametrul 1	Parametrul 2
Descrierea găurii	Descriere tipului de gaură	
Standardizarea	Alegerea tipului de standardizare	
Tipul surubului	<b>Drill sizes</b> – diametrul burghiului <b>Screw clearances</b> – surub cu joc <b>Tap drills – burghiu pentru găuri de filetat</b>	
Dimensiunea	Se alege dimensiunea surubului (exemplu: M5,0, M10,5, etc.)	
Adâncimea totală a găurii și/sau condițiile pe capătul acesta	<b>Blind</b> – gaură înfundată <b>Through all</b> – gaură de trecere <b>Up to next</b> – găurile până la intersecția cu un alt element <b>Up to vertex</b> – găurile până la intersecția cu un vertex <b>Up to surface</b> – găurile până la intersecția cu o suprafață selectată <b>Offset from surface</b> – găurile până la o distanță dată față de suprafață selectată	      <input type="text" value="10.00mm"/>
Elementele selectate		10,00

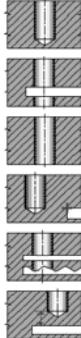
Precizia de execuție a găurii	5.000mm	Drill Sizes Close Normal Loose
Unghiul la vârf	118deg	Screw Clearances
Diametrul exterior și unghiul teșirii pt. o gaură teșită în partea superioară	0.000mm	Odeg
Diametrul exterior și unghiul teșirii la găurile străpunse	0.000mm	Odeg

#### **4. Găuri filetate (Tap)**



Proprietatea	Parametrul 1	Parametrul 2
Descrierea găurii	Descriere tipului de gaură	
Standardizarea	Alegerea tipului de standardizare	
Tipul șurubului	<b>Tapped hole</b> – gaură filetată <b>Tapped hole (bottoming)</b> – gaură filetată înfundată	
Dimensiunea	Se alege dimensiunea șurubului (exemplu: M5x0,8, etc.)	
Adâncimea totală a găurii și/sau condițiile pe capătul acesta	<p><b>Blind</b> – gaură înfundată</p> <p><b>Through all</b> – gaură de trecere</p> <p><b>Up to next</b> – găuri până la intersecția cu un alt element</p> <p><b>Up to vertex</b> – găuri până la intersecția cu un vertex</p> <p><b>Up to surface</b> – găuri până la intersecția cu o suprafață selectată</p> <p><b>Offset from surface</b> – găuri până la o distanță dată față de suprafață selectată</p>	      <input type="text" value="14.00mm"/>
Elementele selectate		10,00
Diametrul și unghiul de cepuire	4.200mm	118deg

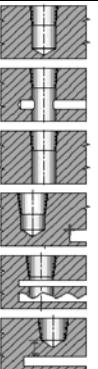
## SolidWorks – Lucrări de laborator

Tipul și adâncimea filetului		 10.00mm
Adăugarea filetului		 În cazul activării opțiunii de adăugare a filetului adâncimea de găuri și condițiile de capăt ale găurii devin cele prezentate aici
Diametrul exterior și unghiul teșirii pt. o gaură teșită în partea superioară	 0.000mm	 Odeg
Diametrul exterior și unghiul teșirii la găurile străpunse	 0.000mm	 Odeg

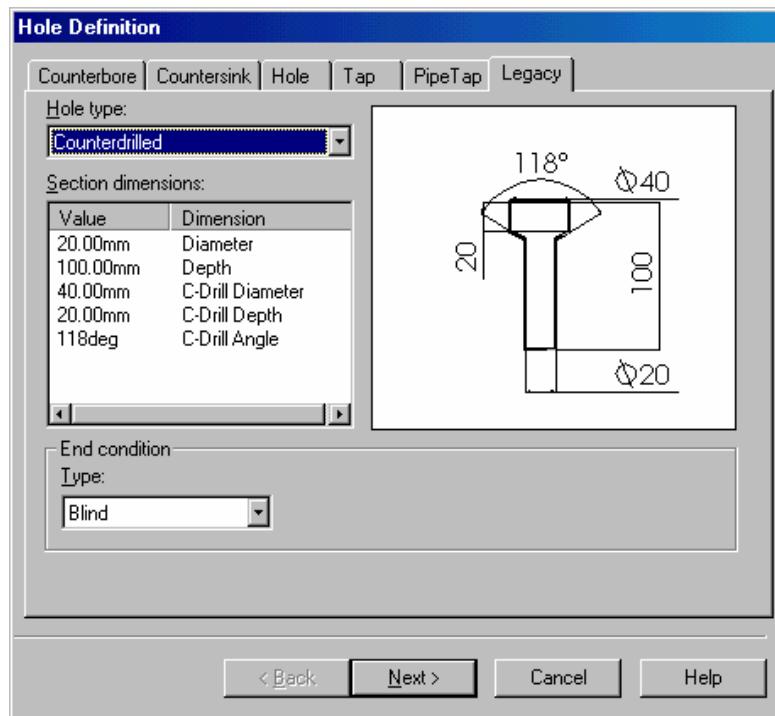
### 5. Găurile cepute pentru conducte (Pipe Tap)

Hole Definition		
<input checked="" type="radio"/> Counterbore <input type="radio"/> Countersink <input type="radio"/> Hole <input checked="" type="radio"/> Tap <input type="radio"/> PipeTap <input type="radio"/> Legacy		
Proprietatea	Parametrul 1	Parametrul 2
Descrierea găurii	Descriere tipului de gaură	
Standardizarea	Alegerea tipului de standardizare	
Tipul șurubului	<b>Tapered pipe tap</b> – Găuri cepute pentru conducte	
Dimensiunea	Se alege dimensiunea șurubului (1/4, 1, 2, etc.)	
Adâncimea totală de burghiere și/sau condițiile pe capătul acestaia   Tapered pipe tap	<b>Blind</b> – gaură înfundată <b>Through all</b> – gaură de trecere <b>Up to next</b> – găuri până la intersecția cu un alt element <b>Up to vertex</b> – găuri până la intersecția cu un vertex <b>Up to surface</b> – găuri până la intersecția cu o suprafață selectată <b>Offset from surface</b> – găuri până la o distanță dată față de suprafață selectată	      11.94mm
Elementele selectate		0,00

## SolidWorks – Lucrări de laborator

Diametrul de cepuire și unghiul la vârf	 10.700mm	 118deg
Adâncimea filetului	 11.00mm	
Adăugarea filetului		
Diametrul exterior și unghiul teșirii pt. o gaură teșită în partea superioară	 12.800mm	 0deg
Diametrul exterior și unghiul teșirii la găurile străpuse	 0.000mm	 0deg

Ce-a de-a şasea secţiune **Legacy** este de fapt o prezentare a tipului de gaură aleasă precum și a caracteristicilor alese. Este de asemenea prezentată o imagine a găurii cu toate cotele notate pe desen. În această secţiune pot fi făcute modificările dorite



## **Bibliografie**

- [1] 1995-2000 SolidWorks Corporation - **SolidWorks® 2000 – Getting Started** ;
- [2] 1995-2000 SolidWorks Corporation - **SolidWorks Animator Tutorial**;
- [3] \*\*\* - **SolidWorks Interactive Tour CD**;
- [4] Herbert W. Yankee – **Engineering Graphics** – PWS Publishers Boston, 1985;
- [5] \*\*\* - **Organe de mașini – Elemente de fixare și asamblare. Arcuri, inele (Colecție STAS)** – Editura Tehnică1984;
- [6] Florea Cornelia, s.a. – **Îndrumător de lucrări – desen tehnic industrial** – Lito IPCN, 1989,
- [7] Sheryl A. Sorby – **Solid Modeling with I-DEAS** – Michigan Technological University