

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL
Üldfüüsika kateeder

E. SEPMAN

EHITUSÕPETUSE AINE
"HOONED JA NENDE OSAD"
SEOSTAMINE FÜÜSIKAGA TOOTMIS-
ÕPETUSEGA KESKKOOLIS

Diplomitöö

Juhendaja: M. Jaagus
/Üldfüüsika kateedri
aspirant/

T a r t u 1962

Sisukord

lk.

Sissejuhatus

I osa. Seoste liikidest	7
II osa. Seoste sisu	
§ 1. Mõisteid ehitusfüüsikast	18
§ 2. Alused ja vundamendid	25
§ 3. Seinad ja postid	30
§ 4. Vahelaed ja pörandad	36
§ 5. Vaheseinad	39
§ 6. Katusekonstruktsioonid ja katuse- katted	41
§ 7. Trepid	46
§ 8. Aknad ja uksed	48
§ 9. Hoone sanitaartechnilised seadmed	50
III osa. Seostamise meetoditest.	
§ 1. Seostamise teedest	56
§ 2. Pedagoogilisest eksperimentist	58
Teesid	65
Kasutatud kirjandus	67

S I S S E J U H A T U S

NLKP XXII kongressil pöörati suurt tähelepanu kooli ja hariduselu küsimustele. See on täiesti mõistetav, sest järk-järgulisel üleminekul kommunismile on eeskätt just kooli ülesandeks kasvatada ja ette valmistada kommunistlikult teadlikke ja mitmekülgse haridusega inimesi, kes on suutelised tegema nii füüsilist kui ka vaimset tööd, aktiivselt tegutsema mitmesugustel ühiskondliku ja riikliku elu aladel, teaduse ja kultuuri valdkonnas.

See pole sugugi väiksema tähtsusega kohustus kui tööstusele ja põllumajandusele seatud nõue tagada kommunismi materiaalse ja tehnilise baasi loomine. Kool peab looma uue ühiskonna võidulepääsemise teise tähtsa eelduse - kujundama kommunismiajastu inimese.

Et meie koolid saudaksid oma ülesannetega toime tulla, on tarvis kiiremini lõpule viia kogu haridussüsteemi ümberkorraldamine, mida teatavasti alustati juba 1959.aastal pärast seaduse "Kooli ja elu sidemete tugevdamisest ning haridussüsteemi edasiarendamisest meie maal" vastuvõtmist. Mainitud seadust realiseerides on keskkoolides üle mindud tootmisõpetusele. Tootmisõpetuse ja üldhariduslike ainete õpetamise seostamise vajadus neis koolides tuleneb marksistlikust õpetusest objektiivse maailma ühtsu-

sest, looduse ja ühiskonna nähtuste vahelisest seosest ja põhjuslikkusest, aga samuti leninlikust õpetamise ja tootva töö ühendamise ja seostamise printsiibist. Õppetundides kujundatakse õpilaste teadvuses teaduslikke mõisteid. Mõistete tegelikuks omandamiseks on vaja neid täita rikkaliku konkreetse sisuga. Kui aga õpitakse ära vaid definitsiooni sõnastus, omandatakse mõiste formaalselt. On ju igalmõiste üldistuse tulemus. Üldise tundmine peab rajanema üksiku tundmisele, üksikesemete või -nähtuste tajumisele. Tajumisele on aga see, et ta sisaldab eelmiste kogemuste elemente, mis ei esine konkreetsetes tajus mitte mehaaniliselt, vaid vastandamises ja võrdlemises tajutava objekti või nähtusega. Võrdlemine ja järeldused on taju olulised elemendid. Järelikult seostamise vajadus õpetamisel tuleb kõrgema närvitalituse seaduspärasustest.

Töö käigus rikastub õpilaste teadvus konkreetsete kujutlustega esemete omadustest, viib nähtuste ja protsesside vastastikuste seoste tunnetamisele. Tööprotsessis omandatud teadmised ja kogemused soodustavad üldhariduslike ainete omandamist. Õpetamist ja tööd tuleb seostada selliselt, et teoreetiline õppetöö valgustaks teed tootvale tööle. Viimane omakorda rikastab teadmisi. Loomulike sidemete tagamiseks erinevate õppeainete vahel ja teoreetilise õppetöö ning praktilise tegevuse vahel peab andma õpilastele teadmised üldhariduslike ainete osas, mis on vajalikud tootmisõpetuse üldainete omandamiseks enne, kui asutakse vastavate tootmisõpetuse üldainete (näit. masinaõpetus, elektrotehnika jt.) õppimisele. Tootmisõpetuse üldainete õppimine omakorda peaks eelnema eriainetes õppimisele. Kuid see ei

tähenda sugugi seda, et õpilased tootmisõpetuses ei tohi tutvuda suhteliselt vähemtähtsate küsimustega, mille teaduslikke aluseid pole veel õpitud.

Seosed ainete vahel eksisteerivad objektiivselt, sõltumata sellest, kas neid avatakse või mitte. Kui võrd nende avamine toimub õpetamise protsessis, siis on oluline uurida mitte ainetevaheliste seoste olemasolu, vaid tähtis on nende suunitletud avamine. See ongi õpetajate ülesandeks. Lähtudes sellest on käesolevas töös uuritud 9.klassis õpetatava aine "Hooned ja nende osad" ning füüsika vahelisi seoseid ja nende avamist ehitusõpetuse tundides. Töö on koostatud peamiselt ehitus- ja pedagoogika-alase kirjanduse põhjal. On arvestatud ka õpetajate-praktikute kogemusi, näpunäiteid ja arvamusi. Töö on põhiliselt mõeldud juhendiks ehitusõpetuse õpetajale antud aine seostamiseks füüsikaga. Töö koosneb järgmistest osadest:

I Seoste liikidest.

Tabeli kujul on välja toodud ehitusõpetuse teemad ja küsimused ning füüsika küsimused. Seoste analüüsimisel on lähtutud Vene NFSV PTA teadusliku töötaja sm. Stavski seisukohtadest seoste liikide kohta.

II Seoste sisu.

Selles peatükis on seoste sisu teemade järgi välja toodud. Aluseks on võetud TRÜ aspirandi M. Jaaguse ja ehitusinseneri A. Hanssoni juhtimisel koostatud õppeprogrammi projekt tootmisõpetusega keskkoolidele aine "Hooned ja nende osad" kohta.

III Seostamise meetoditest.

On antud seostamise üldseisukohti ja ülevaade seostamise meetoditest ja teedest. Et antud töö on samateemalise kursusetöö edasiarendamine ja täiustamine, siis on analüüsitud ka antud õppemeetodi rakendatavust praktikas koolidest saadud materjali põhjal.

IV T e e s i d.

On tehtud järeldused töö põhjal ja omapoolseid ettepanekuid õpetamise parandamiseks ja õpilaste poolt aine kindlamaks ja sügavamaks omandamiseks.

Pean oma kohuseks avaldada tänu diplomitöö juhendajale sm. M. Jaagusele väärtuslike näpunäidete eest ja abi eest kontakti loomisel Võru, Võnnu ja Räpina keskkoolide aineõpetajatega.

I O S A

S E O S T E L I I K I D E S T

Käesolevas peatükis on ülevaatlikkuse huvides toodud ära tabeli kujul vaadeldava aine põhilisemad seosed füüsikaga. Aineõpetaja peaks iga õppeveerandi algul koostama veel täiuslikuma tabeli, kus oleksid ära toodud seosed ka teiste üldhariduslike ainetega (keemia, matemaatika jt.) ja ajaline jaotus. Loomulikult eeldab see tihedat sidet üldhariduslike ainetega õpetajatega, mis saavutatakse poliütehnilise komisjoni loomisega. Seostamise plaanid tulevad läbi arutada kooli poliütehnilise komisjoni istungil.

Seoste liikide käsitlemisel on lähtutud Vene NFSV PTA teadusliku töötaja sm. Stavski ja juhendaja seisukohtadest (13). Vastavalt sellele on ehitusõpetuse ja füüsika vaheline seos praktika ja teooria vaheline seos, kuid laiemas mõttes. Tinglikult on ehitusõpetus praktika ja füüsikas õpitu teooria, mille seaduspärasusi tuleb rakendada ehitusõpetuse-alaste küsimuste ja probleemide selgitamisel. Laiemas mõttes on nimetatud seos üldse mingi teadmise, mõiste või seaduse rakendamine. Ta hõlmab eneses olemuslikud, instrumentaalsed ja ühisaluslikud seosed. Vaatleme nende esinemist ja iseärasusi lähemalt.

O l e m u s l i k s e o s on niisugune seose liik, kui ühes aines õpitavad nähtused või seaduspärasused on keerukate nähtuste või seaduspärasuste üksikute külgede ole-

museks, mida õpitakse teises aines. Selgituseks toome allpool mõningad näited.

Ehitusõpetuse teema "Hoone kaitsmine niiskuse vastu" seos kapillaarsusega ja kasteniiskuse tekkega on olemuslik. Niiskuse tõusu põhjuseks pinnases ja vundamendis on vedeliku tõus kapillaartorus kui üldine loodusnähtus. Samuti ei saa põhjendada seintes kasteniiskuse tekkimist ja akende "higistamist" auru kondenseerumise põhjusi ja tingimusi tundmata. Ei saa tundma õppida ja põhjendada loomuliku tsirkulatsiooniga vesikeskkütte töötamist, ahjude tõmmet, õhu tsirkulatsiooni toas ja teisi küsimusi, teadmata gaasi ja vedeliku tiheduse sõltuvust temperatuurist.

Tuleb silmas pidada, et olemuslikud seosed ei tule iseenesest, paratamatult esile, vaid sihikindla pedagoogilise tegevuse - avamise tulemusena. Reaal juhtudel on otsustarbikas lasta õpilastel iseseisvalt mõnda nähtust põhjendada. See on võimalik ainult sel korral, kui seaduspärasuste õppimine füüsikas eelneb nende rakendamisele ehitusõpetuses (s.t. eelneva seose korral). Järgneva seose puhul tuleb ehitusõpetuse tunnis anda rakendatava füüsika seaduse üldine seletus, tungimata ehitusõpetuse seisukohalt vähemolulistesse üksikasjadesse. Näiteks on füüsikas teema "Vedelike omadused" sel ajal veel läbi võtmata, kui seda on tarvis rakendada maaniiskuse tõusu põhjendamiseks. Oleks väär hakata ehitusõpetuse tunnis käsitlema vedelike omadusi põhjalikult. Piisab sellest, kui teha katse mitmesuguse lä-

bimõõduga kapillaartorudes vedeliku tõusu näitamiseks ja anda üldsõnaline seletus sellest loodusnähtusest. Hiljem füüsika tunnis seda teemat käsitledes peab õpetaja aga tingimata polütehnilise materjalina õpilaste eelnevad ehitusalased teadmised ära kasutama.

I n s t r u m e n t a a l n e s e o s ilmneb ehitusõpetuse seisukohalt paratamatult. See esineb siis, kui füüsika seadus või nähtus on instrumendiks, vahendiks ehitusõpetuse küsimuse uurimisel või probleemi lahendamisel. Järelikult see seos peab olema eelnev, sest instrumendi olemasolu on tema rakendamiseks vajalik tingimus. Toome näite. Füüsikas õpitud jõudude liitmise ja komponentideks lahutamise reeglid ei ava ehitusõpetuse nähtuste sisu, kuid nad on omamoodi instrumendiks nähtuste tundmaõppimisel. Tundmata neid reegleid, ei saa põhjendada ja selgitada jõudude jagunemist konstruktsioonides, sisepingeid, reaktsioonjõude jne. Kui iga ehitusalase nähtuse põhjendamiseks saab kasutada teatavat kindlat seost mingi füüsika nähtuse või seadusega, siis instrumentaalseid seoseid võib esineda mitu. Näiteks reaktsioonjõudude leidmisel, jõudude jagunemise määramisel jne. võib kasutada graafilist või analüütilist meetodit.

Ü h i s a l u s e l i n e s e o s on niisugune seos, kui füüsikas ja ehitusõpetuses käsitletakse ühiseid nähtusi või objekte. Viimases aga uuritakse sügavamalt, detailsemalt.

Veevärgi ehitust on 6.klassi füüsikas vaadeldud kui ühendatud anumate seaduse rakendamist. Ka ehitusõpetuses käsitletakse sama küsimust, kuid siin kerkivad uued probleemid lisaks füüsikalisele tagapõhjale nagu torude asetamise sügavus, ristlõike pindala valik, üksikute detailide otstarve jne. Füüsika tunnis tutvutakse samuti vesikeskk^{kr}ütte töötamise põhimõttega. Ehitusõpetuses vaadeldakse keskkütteprobleemi laiemalt, konkreetsemalt, sügavamalt.

Võib ütelda, et pedagoogilise väärtuse poolest on ühisaluseliste seoste avamine võrdväertuslik olemuslike seoste avamisega. Ta soodutab tunduval määral õpilaste vaimset arengut ja teadmiste sügavamat omandamist.

11

Ehitusõpetuse programmi teema või küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
1. Mõisteid ehitusfüüsikast			
a) soojapidavus	Soojuse levimine	7.	Soojusjuhtivus Head ja halvad soojusjuhgid
b) soojasalvestus	Soojushulga mõõtmine	7.	Aine erisoojus Soojushulga arvu- tamine
c) mürakindlus	Soojus ja töö	9.	Soojushulga ühik Keha soojusmahtu- vuse mõiste.
	Algteadmisi häälest	6.	Hääle tekkimine Hääle levimine
	Hääl	9.	Hääle tekkimine Hääle levimine
d) tulekindlus	Soojuse levimine	7.	Soojuse levimine Konvektsioon Kiirgamine.

Ehitusõpetuse programmi teema või küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
e) hoone kaitsmine niiskuse vastu	Vedelike omadused	9.	Märgamine Kapillaarsus
2. Alused ja vundamendid.	Aine oleku muutumine	7.	Sulamine ja tahkumine
a) alustele esitatavad nõuded	Aine agregaatoleku muutumine	9.	Kehade sulamine.
b) vundamendile esitatavad nõuded	Aine agregaatoleku muutumine	9.	Õhu niiskuse Kastepunkt
	Tahkete kehade omadused	6.	Rõhk
	Inerts. Jõud	8.	Libisemise hõõre Paigaloleku hõõre.
	Lihtsamad mõõtnised	6.	Erikaal
	Kehade vastastikused mõjustamised	8.	Erikaal ja tihedus.

Ehitusõpetuse programmi teema või küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
c) Vundamendi rajamissügavus	Aine agregaatoleku muutumine	9.	Keha ruumala muutumine sulamisel ja tahkestumisel.
d) vundamentide ja keldrite hüdroisolatsioon	Vedelike omadused	9.	Märgamine Kapillaarsus.
3) Seinad ja postid			
a) välisseina ülesanne	Soojuse levimine Aine agregaatoleku muutumine	7.	Soojusjuhtivus
b) sillused	Tahkete kehade omadused Soojuspaisumine	9.	Kastepunkt Õhuhilisus. Elastsete deformatsioonide liigid. Tahkete kehade joonpaisumine.
c) postid	Tahkete kehade omadused	9.	Tahke keha deformatsioon. Tugevus. Tugevuse varu.

Ehitusõpetuse programmi teema või küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
4. Vahelaead ja põrandad	Tahkete kehade omadused	9.	Elastsete deformatsioonide liigid
5. Vaheseinad	Algteadmisi häältest HÄÄL	6.	Hääle levimine
6. Katusekonstruktsioonid ja katusekatted	Jõudude liitmine ja lahutamine	9.	Hääle levimine.
		8.	Jõud kui vektor
		8.	Jõudude liitmine.
			Resultantjõud. Jõu lahutamise komponendid.
	Vedeliku ja gaasi liikumine	8.	Rõhk. Rõhumine. Rõhk liikumas vedelikus ja gaasis.
7. Trepid.	Mehaaniline energia	8.	Potentsiaalne energia
	Jõudude liitmine ja lahutamine	8.	Jõu lahutamise komponentideks.

Ehitusõpetuse programmi teema või küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
8. Aknad ja uksed	Valgus Soojuse levimine Aine oleku muutus	7.	Valguse levimine Soojusejuhtivus
9. Hoone sanitaartehtnillised	Aine oleku muutus	7.	Auru tekkimine ja kondenseerumine.
seadmed	Soojuse levimine	7.	Konvektsioon
a) ahiküte	Soojuse mõõtmine	7.	Millest tekib tõmbus.
			Soojushulga ühikud. Kütuse kütteväärtus.

Ehitusõpetuse programmi või teema küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika programmi küsimus
1	2	3	4
	Kehade soojuspaisumine	7.	Tahkete kehade paisu- mine soojenemisel
	Soojuspaisumine	9.	Tahkete kehade ruumpaisumine.
b) vesikeskküte	Kehade soojuspaisumine	7.	Vedelikkude paisumine soojenemisel.
	Soojuse levimine	7.	Vesikeskküte
	Vedeliku ja gaasi liiku- mine	9.	Sisehõõre.
c) ventilatsioon	Gaaside omadused	9.	Gaaside rõhumine Gaasi tiheduse sõltuvus rõhust.
	Aine ehituse molekulaar- kineetiline teooria	9.	Difusioon

Ehitusõpetuse programmi või teema küsimus	Füüsika programmi teema	Klass	Füüsika prog- rammi küsimus
1	2	3	4
d) veevarustus	Vedelikud ja gaasid	6.	Rõhu edasiandmine vedelikkudes Ühendatud anumad Veevärgi ehitus
e) kanalisatsioon	Soojuspaistumine	9.	Soojuspaistumise arvestamine tehni- kas.
	Vedeliku ja gaasi liiku- mine	9.	Vedeliku liiku- mine. Vedeliku statsio- naarne liikumine.

II osa

S E O S T E S I S U

§ 1. Mõisteid ehitusfüüsikast.

Antud teema on füüsikaga kõige tihedamalt seoses olev ehitusõpetuse osa. Siin tutvutakse soojapidavuse ja -juhtivuse mõistetega, selgitatakse müra- ja tulekindluse küsimusi ja hoone kaitsmist niiskuse vastu.

Teema läbitöötamisel on ehitustehnilisest kirjandusest kasutatud põhiliselt Jürgenson, L., Elamuehitus I.

Soojapidavust ja -juhtivust käsitletakse ka ehitusmaterjalide osas. Siin võiks korrata füüsikas läbi tehtud katsed heade ja halbade soojusjuhtide kohta: klaaspulka käes hoides võib selle teise otsa kuumutada sulamistemperatuurini, metallvarba aga ei saa käes hoides kuigi kaua kuumutada.

Materjali soojapidavuseks nimetatakse tema omadust takistada soojavoolu.

Sageli on otstarbekohane materjale liigitada nende soojajuhtivuse järgi. Soojajuhtivuseks nimetatakse soojapidavuse pöördväärtust s.o. materjalide omadust juhtida soojust keha ühest pinnast kuni teiseni /molekulide soojusliikumise mõjul/. Soojajuhtivuse tegur k on soojushulk kcal-tes, mis voolab läbi 1 m paksuse materjali 1 m² suuruse pinna ühe tunni jooksul, kui temperatuuride vahe vastaspindade vahel on 1°C, järe-

$$\text{likult } [k] = \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} \right].$$

Jagades materjalikihi paksuse meetrites soojajuhtivuse teguriga, saame antud paksusega kihi soojapidavuse R .

Näiteks on 12 cm paksuse silikaatmüüritise $k = 0,8 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$ soojapidavus $R = 0,12 : 0,8 = 0,150 \text{ m}^2 \text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

Üldiselt, mida rohkem materjal oma poorides sisaldab seisvat õhku, seda soojapidavam ta on. Seisev õhk on ju halb soojuse juht. Ka seinapindadel pinnakonaruste vahel olev väga õhuke seisva õhu kiht takistab soojuse edasikandumist.

Vastavalt normidele on seina välispinna soojatakistus $R_v = 0,05 \frac{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$ ja sisepinna soojatakistus $R_s = 0,133 \frac{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$. $R_v < R_s$. Seda tuleb selgitada. Välisseina pinnakonaruste vahel olev õhuke õhu kiht allub tuule toimele. Sellepärast on see kiht õhem, mistõttu ka avaldab väiksemat takistust sooja edasikandumisele.

Klassis võiks lahendada 1-2 ülesannet välisseinte soojapidavuse kohta. Leides seinatüübi soojapidavuse R_0 , saab leida seina soojajuhtivuse teguri k , mis on arvuliselt võrdne soojahulgaga kilokalorites, mis läheb läbi antud seina 1 m^2 tunni aja jooksul kui temperatuuride vahel seinapindade vahel on 1°C . Ülesannete lahendamise käigus korrata soojahulga ühikuid.

Ülesannete lahendamisel on soovitatav suurusi varieerida, mis hõlbustab arusaamist ja tagab teema sügavama oman-

damise õpilaste poolt. Näiteks lasta leida soojahulk, mis läbib kindlat seinatüüpi teatava aja /näiteks ööpäeva/ jooksul, kui temperatuuride vahe on teada. Seina läbiva soojahulga leidmiseks on valem

$$Q = k \frac{F(t_1 - t_2)z}{a} \quad (12,134)$$

kus Q - seinä läbiv soojahulk kilokalorites,

k - soojajuhtivuse tegur

F - seinä pindala m^2 -tes

$t_1 - t_2$ - temperatuuride vahe

z - aeg tundides

a - seinä paksus meetrites

Ülesanne 1. Leida 27 cm paksuse termoliittaidisega siliikaattelistest Gerardi tüüpi seinä soojapidavus R_0 ja soojajuhtivuse tegur k .

Lahendus:

Materjali kiht	Kihi soojapidavus
Välispinna takistus	$R_v = 0,050$
Väliskrohv 1,5 cm	$0,015 : 0,75 = 0,020$
Silikaatmüritis	$0,12 : 0,8 = 0,150$
Termoliittaidis 27 cm	$0,27 : 0,156 = 1,730$
Silikaatmüritis 12 cm	$0,12 : 0,8 = 0,150$
Sisekrohv 1,5 cm	$0,015 : 0,60 = 0,025$
Sisepinna takistus	$R_s = 0,133$
Seinä soojapidavus	$R_0 = 2,258$

Seina soojajuhitavuse tegur

$$K = 1 : R_0 = 1 : 2,258 = 0,44 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Ülesanne 2. Arvutada ööpäevane soojakadu läbi seinale pind on 9 m^2 . Seinale soojajuhitavuse tegur on $0,7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Ruumi siseõhu temperatuur on $+16^\circ\text{C}$ ja välitemperatuur on -12°C .

Klassis võiks veel lahendada näiteks ülesande Veski, A., Aarmann, K. ja Niine, A., Individuaalhitaja käsiraamat lk. 178. Selle jätkuna lasta kodus leida läbi seinale minev soojahulk, andes kindlad tingimused /seinale pindala, temperatuuride vahe, aeg/.

Huvi äratamiseks võib koju anda veel praktilisemat laadi ülesande. Nimelt lasta leida igaühel oma korteri soojapidavuse tegur. Tulemusi on hea kasutada seinte majanduslikkuse analüüsimisel.

Ruumide tervislikkuse seisukohalt omab suurt tähtsust seinte soojamahutavus. Füüsikast on teada, et soojendades erinevatest ainetest, kuid võrdsete massidega kehi, on nende temperatuuri tõstmiseks antud kraadide arvu võrra vaja erinevaid soojahulki. Soojahulka, mis on vajalik keha soojendamiseks ühe kraadi võrra, nimetatakse antud keha soojamahutavuseks. Teades seinamaterjali erisoojust /erisoojus näitab, kui palju soojust on vaja ühikulise massiga keha soojendamiseks 1°C võrra/, võib valemi

$$Q = cm (t_2 - t_1)$$

järgi arvutada soojahulga, mis on tarvilik seinä soojendamiseks $/t_2 - t_1/$ kraadi võrra. Jahtumisel $/t_2 - t_1/$ kraadi võrra annab keha ära niisama palju sooja, kui oli vaja tema soojendamiseks. Kui seinad on suure soojamahutavusega materjalist, siis püsib köetud tuba kauem soe ja tuulutuseks siselastud külm õhk muutub kiiresti soojaks. Niisiis aitab seintesse salvestunud soojus ruumi temperatuuri hoida ühtlasel kõrgusel. Seejuures aga suure soojamahutavusega seinad nõuavad enda soojendamiseks suuremaid soojahulki ja soojenevad aeglasemalt.

Mürakindluse käsitlemisele asudes tuleb kõigepealt meelde tuuletada hääle olemust ja levimist. Füüsikast on teada, et hääle allikaks on kõigil juhtudel võnkuvad kehad: inimeste hääleorganid, pillikeeled, helihark jne. Hääle levib tahkeis, vedelais ja gaasilistes kehtades, kuid ei saa levida tühjas ruumis /vaakumis/. Teha katse elektrikellaga kupli all. Pumbates kupli alt õhku välja, nõrgeneb hääle ja muutub lõpuks mittekuuldavaks. Lastes kuplisse õhku, on helisemine jälle kuulda. Ümbritsedes kupli erinevatest materjalidest katetega /näiteks klaasanum, konservipurk, vineerkast, kaks kastikest, müts, vaip jne./ võib teha järelduse, et pehmed ja poorsed kehad on halvad häälejuhid. Selleks, et muuta mingit ruumi mürakindlaks, tuleb ruumis seinad, põrand ja lagi

katta häältneelavast materjalist /vilt, vaibad, poorsed kivid/ kihtidega. Niisugustes vahekihtides suabuvad häälelained kiiresti.

Kodus on soovitav õpilastel tutvuda lähemalt müra mõjuga inimorganismile ja müravastase tehnikaga raamatust V. Tael, Müra, Tln. 1961. Võiks veel analüüsida koolimaja mürakindluse seisukohalt /klaverimäng, kisa vahetunnid jne. kostub läbi seinte/.

Tulekindluse selgitamisel tuleb vaadelda materjalide omaduste muutumist temperatuuri tõustes. Anda mõnede ehitusmaterjalide süttimis- ja sulamistemperatuurid. Analüüsida klassis, miks krohv kaitseb hästi puitseina tule eest. On tähtis veel juhtida tähelepanu sellele, et tulekindluse määramisel omab tähtsust mitte ainult materjali või konstruktsiooni süttimistemperatuur, vaid ka soojajuhtivus. Olgugi, et teras ise õhus ei põle, juhib ta väga hästi sooja, kuumeleb kiiresti ja kaotab peagi oma tugevuse. Sellepärast kaetaksegi talad kaitseks tule mõju vastu mittepõlevate ja kuumust visalt juhtivate ainetega nagu betoon, krohv, kipsplaat jne.

Niiskuse vastu hoone kaitsmise küsimust tuleb vaadelda seoses vedelike omadustega ja kapillaarsuse nähtustega. Kui füüsikas pole neid küsimusi veel käsitletud, tuleb anda lühike seletus, põhimõisted ja üldised seaduspärasused.

Tahkete kehade kokkupuutumisel vedelikega võime tähel-

dada kas märgamist või mittemärgamist. Märgamine esineb sel juhul, kui vedeliku ja tanke keha molekulide vahelised tõmbejõud on suuremad kui vedeliku molekulide omavahelised tõmbejõud. Seejärel teha katse kapillaartorudes vedeliku tõusu näitamiseks. Ka tellises, pinnases, puidus, krohvis on palju väikesi kanaleid, mis on ülipeente torukeste taolised. Kindlasti mainida, et vedeliku tõus kapillaartorus on pöördvõrdeline toru raadiusega.

Kapillaarsusega on seletatav ka vedeliku tõusmine maa-pinnas, vundamendis, seintes. Selleks, et maa niiskus noone seintesse ei pääseks, tuleb seinad vundamendist eraldada veetiheda /bituumenist, bituumeniga immutatud papist jne./ kihi abil. Lasta õpilastel seletada, miks harilikku pappi ei saa kasutada niiskuisolatsiooniks.

Õhus on alati veeauru. Mida kõrgem on õhu temperatuur, seda rohkem on vaja veeauru antud ruumi küllastamiseks. Suurust, mida mõeldakse 1 m^3 õhus sisalduva veeauru hulgaga grammides, nimetatakse õhu absoluutseks niiskuseks. Õhu niiskuse astme üle otsustatakse selle järgi, kui ligidal või kaugel on õhus olev veeaur küllastamisolekust. Absoluutse niiskuse suhet selle veeauru hulgaga, mis antud temperatuuril ruumalal 1 m^3 küllastaks, nimetatakse õhu relatiivseks niiskuseks. Klassis analüüsida, miks aknad higistavad, miks köögi lagi vahel tilgub jne.

§ 2. Alused ja vundamendid.

Aluseks nimetatakse seda pinnase osa, mis saab hoone raskuse tõttu lisapingeid, s.o. vundamendi all ja läheduses olevat pinnase osa. Ehitusalused on looduslikud, kui vundament rajatakse looduslikult tihedale ja kandevõimsale pinnasele, ja tehiskud, kui pinnas vundamendi talle all muudetakse tehiskult kandevõimsamaks. Rõhku alusele nimetatakse ehitustehnikas survepingeks. Opilastele tuleb selgitada, et survepinge on sisuliselt üks rõhu eriliike. On arvutatav nagu rõhki, rõhu valemi abil $p = \frac{F}{S}$. Pinnasele ehitusnormidega lubatsvad survepinged on kandevõimest 7 kuni 10 korda väiksemad. Põhjuseks on asjaolu, et pinnast ei saa me läbi näha tema loomulikus olekus. Sellepärast võetakse 7- kuni 10-kordne varutegur hoone vajumise, eriti ebaühtlase vajumise ärahoidmiseks. Võiks klassile esitada küsimuse: Mis ühikutes mõõdetakse kandevõimet ja survepingeid. Vastus oleks tõenäoliselt: Rõhuühikutes. Teha näiteks teisendused

$$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow \frac{\text{G}}{\text{cm}^2} \rightarrow \frac{\text{tonn}}{\text{m}^2}$$

Aluspinnased jagatakse nelja rühma: kaljulised /graniiidi, lubjakivi, liivakivi jt. lademed/, puiste- /liivad, kruusad, rähk/, sidusad /savid, liivasavid, merglid/ ja muud /turvas, muda/ pinnased. igale pinnase rühmale on ehituse projekteerimise normidega ette nähtud lubatavad survepinged. Puiste- ja sidusatele pinnastele on lubatud 2 kuni 3 kg/cm².

Mõningail juhtudel /näiteks niiskete puistepinnaste puhul/ vähendatakse lubatavat pinget kuni $0,75 \text{ kg/cm}^2$ või suurendatakse /tihedate pinnaste puhul/ kuni 5 kg/cm^2 . (5, 87). Füüsikalisest seisukohast on tähtis selgitada pinnase kandevõime. Määritises seotakse kivid mördiga. Pinnases aga puudub sidematerjal, mis takistaks pinnase terakeste omavahelist dispositsiooni - vundamendi alt väljatõrjumist. Selle asemele astub siin hõõrdumine. Hõõrdejõud aga oleneb kehadevahelisest normaaljõust. Demonstratsiooniks võib panna kuiva liiva kotti ja sinna peale suruda - kott muutub kõvaks. Veel parem on asetada liiv jalgratta õhukummi ja tekitada seal vaakum. Liiv muutub kivikõvaks.

Paras niiske liivane tee on "kõva" selletõttu, et liivaterad on kapillaarjõudude surve all. Ta muutub aga "pehmeks" kui vesi kaob või kui vett on niipalju, et kapillaarjõud kaovad.

Saviterade vahel on olemas nidusus. Kuid see on ajutist laadi: ta kaob, kui savi vettib. Siis savi muutub plastiliseks või isegi voolavaks.

Mahukaalu mõiste on ehitusmaterjalide kursusest teada, kuid seda tuleb siinkohal veel meelde tuuletada. Enamik ehitusmaterjale on poorsed /näiteks puit/ või omavad tühikuid /näiteks liiv/. Materjali kogumahu /kassa arvatud tühikud ja poorid/ ühiku kaalu nimetataksegi mahukaaluks. Tühikuteta aine puhul /klaas, vesi jne./ on mahukaal võrdne

erikaaluga. Tehniliste arvutuste hõlbustamiseks märgitakse ehitusmaterjalide mahukaal tavaliselt kg/m^3 . Seda tuleb tarvis ülesannete lahendamisel ja praktikas.

Hoone vundament on tavaliselt seinast laiem. Mis on selle põhjuseks? Paekivi- ja raudkivivundamendi paksus peab juba ehitustehnilistel põhjustel olema vähemalt 50 - 60 cm. kuid on veel olulisem põhjus. Tuletada meelde füüsikast, et rõhu vähendamise viisiks on toetuspinna suurendamine /linttraktor, suuskade kasutamine lumel jne./. Et survepinget alusele vähendada, tuleb ehitise koormus jaotada suuremale pinnale, s.t. laiemale vundamendile.

Selleks kasutatakse taldmikke. taldmikuks nimetatakse vundamendi alumist laiendatud osa. Kasutatakse kivi-, betoon- ja raudbetootaldmikke. Raudbetootaldmikud on võrdlemisi kallid ja sellepärast kasutatakse neid seal, kus vundamenti tuleb võrdlemisi järsku laiendada. Suurte ehitustel kasutatakse eranditult raudbetootaldmikke. Taldmikega on otstarbekas tutvuda omavalmistatud maketi abil ja ehitusplatsil.

Varematal aegadel asendas raudbetootaldmikke palkidest alusparv. Ta on ajaliselt küllalt vastupidav, kui palgid jäävad püsivalt vette. Näiteks TRÜ peahoone rajamisel ehitamiseks ebasobiv Emajõe lamm nõudis vundamentide eriliist rajamist, selleks ehitati 5000 palgist alusparv (9, 11).

Võiks ka märkida, et on võimalus pinnase lubatavate

survepingete suurendamiseks. Selleks on pinnase tsementeerimine ja silikatiseerimine, kus pinnasesse surutakse tsementmörti või vesiklaasi. Praktikas kasutatakse seda aga väga harva.

Vundament tuleb rajada allapoole külmumispiiri s.o. meie oludes umbes 1,2 kuni 1,4 m sügavusele maapinnast.

Seda tingib asjaolu, et vesi on üks erandlikest ainetest, mille ruumala tihkestumisel /jääks muutudes/ suureneb. Vee tihedus on 1, jää oma aga 0°C juures ligikaudu 0,9. Näiteks auto või traktori radiaatoris külmudes purustab ta radiaatori, kõvasti kinnikorgitud pudelis külmudes purustab ta pudeli jne. Ka pinnase terade vahel on vett suuremal või väiksemal määral. Kuivade liiv- ja kruusapinnaste korral on lubatud hoonete vundamendid rajada ka külmumispiirist kõrgemale. Siin saab vesi jääks külmudes paisuda teradevahelise ruumi arvel ja pinnase ruumala temperatuuri kõikumisel ei muutu. Niiskete pinnaste korral vesi, külmudes jääks, paisub ja surub terakesed üksteisest eemale. Pinnas vundamendi all tõuseb ja kergitab ehitise üles. Pinnase sulamisel aga ehitis vajub. Ebaühtlase tõusmise ja vajumise tõttu tekivad vundamendisse ning ehitisesse praod.

Põhjavee osatähtsust ja tõusu tuleb seletada kapillaarsuse kui üldise loodusnähtuse avaldumist. Kui põhjavesi asubki külmumispiirist sügavamal, siis ta kerki pinnase kapillaarsuse tõttu külmumistsooni. Külmumispiiril vesi külmub jääks ja edasi ei kerki. Kuid altpoolt "toidavad"

kapillaarid külmumistsooni uue veega, mille tõttu pinnasesse tekib jääkint. See nn. jäälaats kergitab pinnast ja ehitust. Sulamisperioodil muutub sellise pinnase kandevõime aga väga väikeseks suure pinnasesisese vee hulga tõttu.

Ka vundamendikivides tõuseb vesi kapillaarsuse tõttu. Selleks, et maa niiskus hoone seintesse ei pääseks, tulevad vundamendist eraldada veetiheda kihi abil.

Teema "Alused ja vundamendid" käsitlemise käigus tuleb lahendada näiteks järgmist tüüpi ülesandeid.

Ülesanne 1. Kui palju väheneb hoone poolt tekitatud rõhk aluspinnale, kui vundamendi alla ehitame taldmiku, mille mõlemale poole väljaulatuva osa laius on :

a/ $1/2$ vundamendi laiust;

b/ võrdne vundamendi laiusega.

Ülesanne 2. Kui palju väiksemat rõhku tekitab pinnasele /ligikaudu/

a/ 12 cm paksune puitsein sama kõrge poolkiviseinaga võrreldes;

b/ Gerardi sein poolkiviseinaga võrreldes?

Ülesanne 3. Mitu korda kõrgema 18 cm paksuse puitseina võiksime ehitada võrreldes

a/ poolkiviseinaga

b/ Gerardi seinaga

sama vundamendi /taldmiku laiuse ja aluspinnase/ puhul ?

Samuti võib anda ülesandeid hoone poolt alusele tekitatava rõhu arvutamiseks, taldmiku laiuse määramise peale jne. Need kinnistavad materjali ja arendavad loogilist mõtlemist.

§ 3. Seinad ja postid

Välisseina ülesanne on elamusisemuse eraldamine ja kaitse ilmastikutegurite, eriti külma vastu, peallasuvate koormiste kandmine ning elamule küllaldase tule- ja heli-kindluse andmine. Kui varematel aegadel püüti kõiki neid nõudeid rahuldada sama materjaliga, ehitades seinad ainult ühest materjalist /puudust, tellistest jne/, siis praegusel ajal kasutatakse materjali üha enam vastavalt otstarbele, ehitades eluhoone välisseinad kihiliselt mitmest materjalist. Tuleb analüüsida massiivse ehitusviisi ebaratsionaalsust ja kihilise seina eeliseid. Näiteks piisab ühekorruselise maja elamuseinale küllaldase tugevuse ja tulekindluse andmiseks juba poolekivilisest paksusest. Et aga saada vastuvõetava soojapidavusega elamiskõlbulik hoone, tuleb tellissein ehitada vähemalt kahe kivi paksune /6, 265/.

Elamuseina materjalidest on meil kasutatavamad puit ja kivi. Puitseina häid külgi on kerge kaal, kuivus, hea soojapidavus ja tervislikkus; peamiseks puuduseks on tuleohtlikkus. Kivisein on üldiselt jäigem, tulekindlam ja püsi-

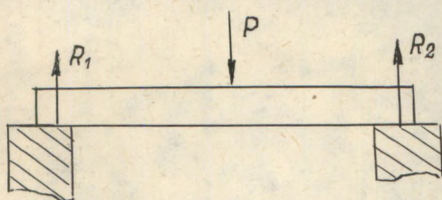
vam. Ta on niiskem ja vähem tervislikum kui puitsein. Täidiste ja voodrite abil võib kiviseina teha kuitahes soojapidavaks.

Nagu eespool juba oli märgitud, on massiivne tellissein tarbetult tugev. Kui seesmine 1/2-kivi paksune kiht jätta lihtsalt tühjaks /õhkvahe/, siis selle all seina soojapidavus ei kannata /seisev õhk on ju halb soojuse juht !/. Seina ökonoomsus tõuseb veelgi, kui õhkvahe sisaldab soojapidavat täidist. Näiteks Gerardi sein, mille 25 cm paksune õõnsus on täidetud saepuruga, on soojapidavuselt võrune 8 kivi paksuse tellismüüriaga /viimase paksus on siis üle 2 m/. Siseõhu kõrge niiskuse korral /pesuköögid, karjalaudad jt./ tuleb täidisekihis kasteniiskuse kuhjumise vältimiseks seesmise tellismüüritise ja täidisekihi vahele asetada tõrvapapist isolatsioonikiht.

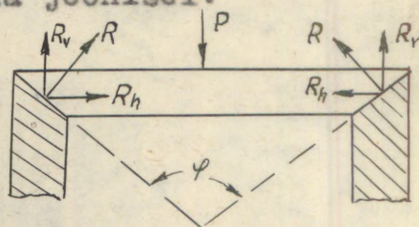
Soojapidavuse saavutamiseks kasutatakse veel seinte vooderdamist roliit- või TEP-plaatidega, aga samuti ka laudadega. Näiteks 5 cm-ne roliitplaat koos 2,5 cm-lise õhkvahega tõstab soojapidavust niisama palju kui 2,5 kivi paksune tellismüüritis.

Tähtis on ka seina soojasalvestus /-mahutavus/. Kui seinad on suure salvestusvõimega, siis tuleb kulutada hulk sooja, enne kui külmad seinad soojenevad ja ruum muutub mugavaks. Kui aga sellised seinad kord on soojaks köetud, siis püsivad need ka kauem soojad ja aitavad hoidatoas ühtlase temperatuuri.

Silluste käsitlemisele asumisel tuleb anda nende definitsioon ja uurida mõjuvate jõudude seisukohalt võlv- ja talasilluseid. Ehitustehnikas nimetatakse silluseks sildavat ehitusosa, mis hoiab ülal koormisi ja kannab nende mõju üle tugipunktidele. Kui talasilluse korral esinevad ainult vertikaalsed toereaktsioonid, siis võlvsilluse korral on tegemist ka horisontaalsuunas mõjuvate jõududega nagu see on näha ka joonisel.



Joon.1. Talasillus.



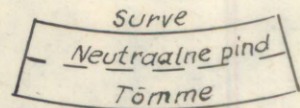
Joon.2. Võlvsillus.

Ei ole raske näha võlvsilluse seost kiiluga. Lähedes kiilu valemist selgitada, et mida lamedam on võlv, seda suurem osa koormusest antakse võlvi kandade kaudu tugele horisontaalsuunas. Kui horisontaalsed tugijõud on liiga väikesed, siis võlv variseb. Järelikult võlvsilluseid ei tohi teha hoone nurga lähedale. Võlvsillust praegu enam ehitustel ei kasutata, kuna seda on tülikas ehitada. Teda kasutati siis, kui raua ning kivi koostöö võimalusi veel ei tuntud (19. saj.).

Talasillusena kasutatakse sardtellis- ja raudbetoonsilluseid. Monteeritavate raudbetoonsilluste kasutamine võimaldab silluste valmistamist industrialiseerida. Sardtelligiseid kasutatakse harva. Sarruse otstarvet saab selgitada kõige paremini katsete abil. Tõmmatud ja surutud piirkondade olemasolu võib näidata kummist talakaju-

lise katsekehaga, mille kahel vastasküljel on sisselõiked. Painutades katsekeha tuleb ilmsiks, et alumised kihid tõmbepingete mõjul pikenevad, ülemistes kihtides aga tekivad survepinged. Keskel on neutraalne pind.

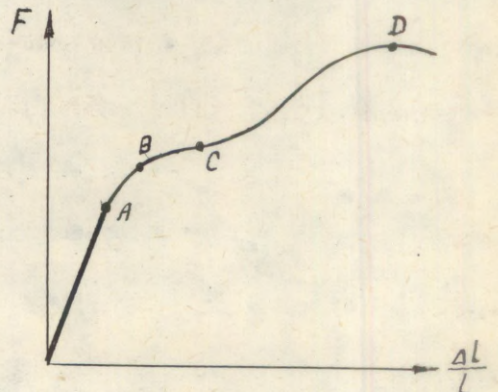
Nihutatud piirkondade olemasolu saab näidata kahe liistuga. Asetades need lapiti teineteise peale.



Joon.2a. Paine.

Paenutades on selgesti näha, kuidas liistude otsad teineteise suhtes nihkuvad. Et talana töötav sillus püsiks kindlalt (ei tekiks pragusid), tuleb ta sarrustada nii, et tõmbepingeid võtavad vastu terasvardad, s.o. alumisest küljest. On ju telliskonstruktsioonide ja betooni tõmbetugevus umbes 10 korda väiksem kui survetugevus.

Teatavasti annab raudbetoonitoodete valmistamisel kõige suuremat majanduslikku efekti metallarmatuuri eelpingestamine. Armatuuri eelpingestamist on küllalt keerukas teostada. Sellepärast tuleb, arvestades programmi piiratust, piirduda üsna põgusa põhjendamisega. Pealegi on füüsikast läbi võtmata tahke keha omadused. Kasutada diagrammi, mis annab pingete ja suhtelise pikendamise vahelise seose terase jaoks. Pinge ja suhtelise pikendamise vaheline võrdelisus säilib punktini A



Joon.3. Tungi ja suhtelise pikendamise graafik.

(vt. joonis). Seda punkti nimetatakse proportsionaalsuse

piiriks. Võib lugeda punkti A praktiliselt ka elast-suspiiriks. Sellele vastavast def~~orm~~atsioonist väikse-mad deformatsioonid on taastuvad s.o. elastsed. Selgi-tada, miks konstruktsioonides pole lubatud elastsuspii-ri ületavad pinged. Kelpingestamiseks sarrus venitatak-se umbes poole proportsionaalsuse piirini ja hoitakse sellises olekus kuni betooni kivistumiseni. Kui pärast seda varraste venitust lõpetada, siis kokku tõmbudes te-kitavad vardad betoonis surve just seal, kus tavalise koormuse mõjudes tekiks tõmme. Nüüd aga koormamise algu-ses survepinged vähenevad, muutuvad nulliks ja alles hiljem tekivad tõmbepinged. Vestluse korras tuleb väl-ja selgitada, miks raudbetoonidetailid tehakse seest õõn-sad (paine puhul keskmised kihid pingeid vastu ei võta; tuletada meelde katset kummist katsekehaga paindepinge-te olemuse näitamiseks).

Rääkides meie maa edusammudest ehituse alal, tuleb kindlasti mainida sarruse elektrotermilist eelpingesta-mist. See seisneb sarruse kuumutamises elektrivoolu abil 200°C-ni (voolu soojuslik toime !). Joonpaisumise tõttu see pikeneb. Meetod on välja töötatud hiljuti ja tunnis-tatud Lenini preemia vääriliseks. Näiteks^{on} Tallinna Ehi-tustrusti Raudbetoonitoodete Tehases konstrueeritud suh-teliselt lihtne elektrotermiline seadeldis eelpingesta-tud raudbetooni valmistamiseks, mille kasutuselevõtmine suurendas tööviljakust kaks korda.

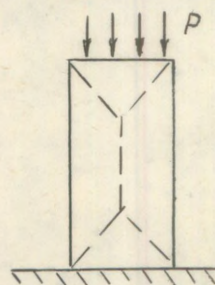
Postide käsitlemisel on oluline silmas pidada, et tugevust määravaks teguriks on siin kivide ja müüritise

tõmbetugevus. Klassis teha surveproov hüdraulilise pressi abil betoonist risttahukale. Tulemusi kasutada surutud samba varisemise selgitamisel. Varisemine tekib seetõttu, et seesmiste tõmbepingete tagajärjel rebeneb müüritis keskelt püstpraoga ja lõheneb neljaks tükiks. Tugevust määravaks teguriks on siin kivide ja müüritise tõmbetugevus. Mida paremini kivi tõmbele vastu peab ja mida paremini on müüritis seesmiselt seotud, seda suurem on ka müüritise vastupanu ristsuunas avalduvale tõmbele ja seega ka kogu tellissamba vastupanu vertikaalsuunas mõjuvale survele.

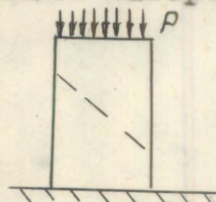
Seletuseks võiksime kujutleda, et koonilised osad ülal- ja allotsas mõjuvad teravate kiiludena keskmisele osale, püüdes seda kaheks lõhestada. Järelikult, et tõsta müüritise surutugevust, tuleb suurendada ta tõmbetugevust külgsuunas. Selleks sarrustatakse rangidega, mis on asetatud risti mõjuva koormusega.

Tuleb märkida, et lihtsas surutud sambas tugevust määravaks teguriks peale tõmbetugevuse on veel nihketugevus. Kui samba tugevus on küllaldane, et ära hoida varisemist eespoolkirjeldatud viisil, siis võib varisemine toimuda veel nihkumise teel mööda järsku kaldpinda nagu näidatud joonisel.

Palkseinte käsitlemisel tuleb silmas pidada, et vooderdamine võib toimuda 2 kuni 3 aastat pärast



Joon. 4.



Joon. 5.

valmimist, et sein jõuaks vajuda. Soojapidavuse selgitamisel lähtuda analoogselt sellest, et kogutakistus on üksikute kihtide takistuste summa.

§ 4. V a h e l a e d j a p ö r a n d a d

Tähtsaim on siin paindeprobleem tugevusõpetusest. Kuid samuti tuleb teema käsitlemisel toetuda materjalide omadustele (tugevus, tulekindlus jne.).

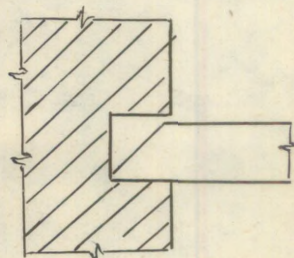
Vahelae ülesandeks on olla rõhtsaks eralduskonstruksiooniks ruumidele, kanda koormisi, ühendada omavahel ja seega tugevdada külgsuunas hoone seinu ning tõkestada soojavoolu, helilainete läbitungi ja tulekahju levikut (6, 358). Selletõttu peab vahelagi olema kõigepealt küllalt tugev, et suuta kanda lisaks omakaalule inimeste, mööbli ja teiste esemete raskust. Tugevuse kõrval tuleb arvestada ka jääkusenõuet: laekrohv ei tohi talade läbipaindumise tagajärjel praguneda (tuleta da meelde, et paindumisel alumised kihid on tõmbepingete mõju all). Selleks on tarvis, et tala läbipaindumine ei ületaks $1/250$ tala sildeulatusest. Näiteks 5 meetri pikkuse tala puhul moodustab see 2 cm. Iga vahelagi peab olema tugevasti kinnitatud hoone seintesse, et viimaseid omavahel ühendada ja seega tugevdada külgsuunas. Eriti oluline on see ülesanne ülemise vahelae puhul, mis peab ära hoidma võimaluse katusesarikatel hoone seinu laiali suruda.

Soojapidavuse seisukohalt on puitlagi üldiselt otstarbekam. Betooni- või raudbetoonlage võib kerge täidise abil muuta kuitahes soojapidavaks, kuid neid on tulikas kaitsta välisseina külmutuse vastu.

Helikindluse seisukohalt on betoonlagi parem puitlaest (suur tihedus ja kaal on helikindluse suhtes soodsad tegurid!). Raske laetäidise abil saab aga ka puitvahelage teha helikindluselt täiesti vastuvõetavaks.

Tulekindluse seisukohalt on soovitatavam vahelagi teha mittepõlevast materjalist.

Puitvahelagede puhul on talade materjaliks puit. Paindetugevuse ja jäikuse seisukohalt lähtudes on soovitatav kasutada võimalikult kõrget talaprofiili. Tala suund tuleb võtta nii, et ta oleks ruumi lühema mõõtme suunaline. Lühem sildeulatus on tala tugevusele soodsam. Samuti tingib seda asjaolu, et pikem sein vajab tugevamat ankurdust külgsuunas, s.t. mida pikem on sein, seda suurema jõuga on vaja teda hoida, et ta ümber ei kukuks. Taladevaheline kaugus on 60 kuni 90 cm. Suurema vahekauguse korral võivad pörandalauad läbi painduda. Puittala toetamisel kiviseinale on tähtis veel tala vabanemisvõimalus seinast vahelae varisemisel tulikahjus. Selleks lõigatakse tala ots kaldu (vt. joonis). Vastasel korral võiks ta kangina töötades kiviseina ümber kangutada. Kaitseks niiskuse vastu talade otsad tõrvatakse ja ümbritsetakse tõrvapapiga.



Joon. 6.

Raudbetoonvahelaed jagunevad olenevalt valmistamis-

misviisist monoliitseiks ja monteeritavaiks. Monoliitseiks vahelagedeks nimetatakse selliseid, kus kogu vahelagi ehituskohal valatakse vastavasse vormi, nn. raketisse. Põhiliseks on meie ajal siiski monteeritav raudbetoon. Kasutatavate terastalade profiili selgitamisel tuleb meeles pidada, et tala töötab paindele. Talas püütakse materjal paigutada nii, et see kõige tõhusamini võtaks vastu sisepingeid ja annaks talale võimalikult suure kandevõime. Terastala puhul on ristlõige tavaliselt I-kujuline. See koosneb kahest põlast ja põidadevahelisest lestast. Suurem osa materjalist on koondatud põidadesse, et vastu võtta surve ja tõmbepingeid. Lest peab tasakaalustama oma nihketugevusega kõik rõhktungid. Tala keskosa võib olla õhem sellepärast, et paindel neutraalsele pinnale lähemal olevates osades on pinged väiksemad.

Lähtudes malmi lubatavate surve- ja tõmbepingete vahekorras lasta õpilastel seletada, miks on otstarbekas kasutada malmtalaseid T-profiiliga. Malmil on lubatavad survepinged palju suuremad kui tõmbepinged. Sel põhjusel peab ka T-tala põid, kuhu on koondatud enam materjali, töötama tõmbele, s.t. asuma allpool.

Põrandakatete juures on oluline materjali kulumiskindlus, s.o. materjali omadus vastu pidada kulumisele. Kulumiskindlus ei sõltu otseselt materjali tugevusest ja kõvadusest. Selle näiteks on põranda kummikate, mis pole kõva ega ka eriti tugev, kuid on kulumisele võrd-

lemisi hästi vastupidav. Hügieeni seisukohalt on pörandate väike soojasalvestus ja -juhtivus, samuti pehmus (elastsus) väga olulised.

§ 5. V a h e s e i n a d

Vaheseinaks nimetatakse seesmist eraldusseina, mis ei kanna muud koormust peale omaenese kaalu (6, 381). Tähtsamateks nõueteks vaheseintele (eriti korterite vahelistele) on müra- ja tulekindlusnõue. Tulekindluse saavutamiseks tehakse vaheseinad mittepõlevast materjalist või kaetakse krohvikihiga. Mürakindlus oleb esijoones tihedusest, siis veel kaalust, jäikusest ja konstruktiivsest lahendusest. Tihedus on vajalik selleks, et helilaine ei saaks vaheseina läbida avaustes ja pragudes leiduva õhu kaudu. See saavutatakse tavaliselt krohvimisega. Aga helilaine võib ka kogu vaheseina panna võnkuma nagu mikrofoni membraani ja nii antakse võnkumised ka teise ruumi edasi. Selle vältimiseks peab vahesein olema küllalt raske või koosnema mitmest õhkvahega eraldatud kihist, mille vahel ei tohi olla ühtegi helisilda. Helisilla all mõistame jäika ühendust kahe seinakihi vahel, mis võimaldab võngete otsest ülekandumist (6,60). Kaasavõnkumise ärahoidmiseks peab õhkvahe olema vähemalt 3-4 cm lai, et juhuslikult sinna sattunud mürditükk või muu ese helisilda ei moodustaks. Helikindluse tõstmiseks tuleb hoolikalt ja ti-

hedalt kinni teha vaheseintes olevad avad, praod ja liitekohad. Samuti ei tohi vahesein olla pörandaga jäigalt ühendatud. Pörand ja vaheseina vahele tuleb jätta kitsas pilu, mis täidetakse elastsete vahetükidega (puitkiudplaatidega, tõrvatakkudega jne.). Pörandaliist paigaldatakse vaheseinast veidi eemale ja kinnitatakse ainult pörand külge.

§ 6. Katusekonstruktsioonid ja katusekatted.

Katuse peamiseks ülesandeks on hoone kaitsmine sademete vastu. Töötades vahenditult ilmastikumõjude all peab katus oma tugevuselt ja vastupidavuselt vastama küllaltki karmidele nõudmistele. Katuse kalle valitakse vastavalt hoone soovitatavale välisilmele ja kattematerjalile. Mõjuvatest koormistest on kõige olulisemad tuul ja lumi. Võrreldes nendega on katusekatte omakaal võrdlemisi väike suurus. Kivikatuse puhul on ta siiski kõige kaaluvam osa, sellele järgneb lumi ja tuul. Näiteks kaalub plekk-katus koos laudade ja sarikatega keskmiselt 40 kg/m^2 , kivikatuse puhul 70 kg/m^2 . Lume koormuseks tuleb meie oludes arvestada umbes 70 kg rõhtpinna ruutmeetrile ja tuule koormuseks keskmiselt niisama suur surve püstpinna ruutmeetrile.

Lume surve oleneb katuse kaldest. Mida järsem on katus, seda raskem on lumel sinna peatuma jääda ja seda kergemini puhub tuul lume sealt maha. Üle 60° järskude katuste puhul jääb lume koormus niivõrd väikeseks, et seda ei tule arvestada (6, 408). Lume surve on alati "rahulik" ja mõjub ühes suunas (ülalt alla). Seepärast on lund üldiselt kergem arvestada kui tuult, mis mõjub hooti. Peale selle tuule toime hoone katusele võib olla surve või alasurve. Tuleb selgitada küsimus, miks tuul, puhudes katusele, võib selle ära tõsta.

Kui asetada lehtri alla lauale paberist koonus ja puhuda tugevasti õhku lehtrisse, siis tõuseb koonus lehtris üles-

poole. Seda näiliselt paradoksaalset nähtust saab lihtsalt seletada. Peame silmas, et koonuse ja lehtri vahelist pilu läbib õhk suure kiirusega. Õhu liikumisest tingitud rõhku nimetatakse dünaamiliseks rõhuks. Et koosõlas Bernoulli võrrandiga kogurõhk peab jääma konstantseks siis staatiline rõhk peab dünaamilise rõhu võrra vähenema. Seega pilu läbi-va õhujoa staatiline rõhk osutub väiksemaks koonuse sisemu- ses valitsevast õhurõhust. Tähendatud rõhkude vahe mõjul tõuseb ki koonus silletrisse.

Tugeva tuule korral väheneb analoogiliselt ka katuse harja kohal staatiline rõhk. Et katuse all seisva õhu rõhk on välisõhu rõhust dünaamilise rõhu võrra suurem, siis võib katus sarikatelt kerkida ja tuules edasi kanduda. Tuul mitte ainult ei tekita alasurvet, vaid tuulepoolisel küljel on tegemist ka ülesurvega. Mida järsem on katus, seda suurem on tuule külgsurve. Kõige ohtlikum on olukord, kus katuse tuule- poolne külg on koormatud lumega, allatuult asuv külg on aga lumeta ja õhukeeriste tõttu alasurve all (6,411).

Mõjuvate jõudude seisukohalt analüüsida katusekerede tüüpe, selgitada jõudude jagunemist ja sisejõudusid.

P e n n k a t u s e kere koosneb sarikatest, mis ühe otsaga toetuvad räästale, teise - harjas vastastikku üksteisele, lisaks sellele toetuvad sarikad veel üksteisele penni abil. Peensarikas töötab kald-asendis talana.

Tuleb meeles pidada, et sildeulatuses nimetatakse verti- kaalse koormuse puhul horisontaalset kaugust tugipunktide

vahel. Sarikapuu sildeulatus on pennita sarikal horisontaalne kaugus räästast kuhi läbi harja tõmmatud vertikaaljooneni ja penniga sarikapuul horisontaalne kaugus räästast kuni läbi penni kinnituskoha tõmmatud verikaaljooneni. Lisaks sellele, et sarikapuu on painutatud kattematerjali koormusest, on ta veel surutud vastassarika tugitungist. Penni surve ja vastassarika surve rõhtne komponent püüavad räästaid teineteisest eemale suruda. Seetõttu vajab sarikapuu lisaks toetusele püstsuunas veel rõhtsuunalist ankurdust. Selleks kasutatakse talasid.

Penni juures tuleb rõhutada, et ta töötab surutud toena ja mitte tõmmatud sidevardana, nagu sageli arvatakse. Sarikapaari horisontaalse hoidetungi võtab vastu tala, mitte penn. Kui penn töötaks tõmbele, siis ei annaks ta sarikale toetust, vaid aitaks väliskoormustel veelgi sarikapuud painutada. Penni sisetungi õiget iseloomu (kas selles on tõmme või surve) on tarvis teada selleks, et teadlikult valida pennipuu mõõted ja kuju. Tõmmatud vardal on ristlõike kuju tähtsusetu. Surutud toe puhul tuleb silmas pidada nõtkumisohu. Seda on seletamise käigus lihtne demonstreerida puust joonlauaga. Ka sarikates on survepinged, kuid nõtkumisohu kõrvaldavad siin roovlatid.

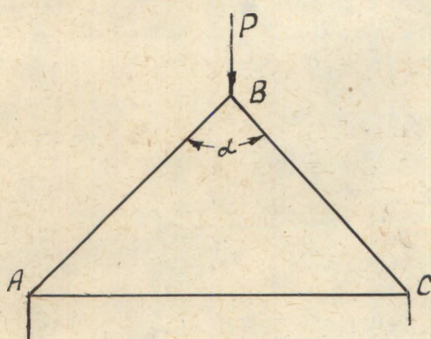
P ä r l i n k a t u s e s toetuvad sarikad pärlinile, mis on omakorda postide, tugikäppade ja raampuude kaudu toetatud laetaladele või siseseintele. Annab naid tulemusi lamedate katuste puhul. Kui harjapärlin ei vähenda üldse

sarika paindepingeid, siis teeb seda väga edukalt harja ja räästa vahel asetsev vahepärlin.

Jalgtuge deega katuse puhul on koor-
muste üleandmine otsesem ja lihtsam kui pärlinkatuse juures.
Jalgtoelt saadava toetuse tõttu on sarikapuu palju pain-
detugevam kui pennkatuse sarikas.

Antud teema raames on soovitatav lahendada järgmist
tüüpi ülesandeid.

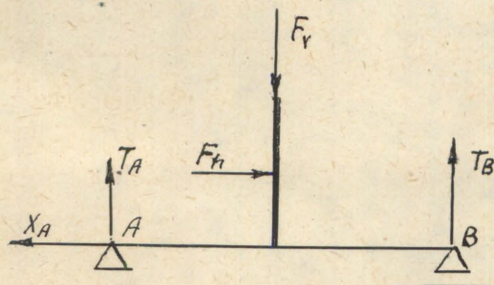
Ülesanne 1. Sarikale, mille tipunurk $\alpha = 100^\circ$, mõjub



Joon. 7.

punktis B vertikaalselt alla
jõud $P = 100 \text{ kg}$ (katuse har-
jal kõnnib inimene). Leida
jõud sarika osades AB ja BC,
surve seintele ja pinge talas
AC.

Ülesanne 2. Nelja meetri pikkuse tala keskele on



Joon. 8.

kinnitatud 1 m pikkune verti-
kaalne post, mille ülemisele
otsale mõjub horisontaalne
jõud $F_h = 100 \text{ kg}$ ja verti-
kaalne jõud $F_v = 200 \text{ kg}$. Mää-
rata toereaktsioonid T_A , T_B

ja X_A .

Katusekatte peamine ülesanne on kaitsta hoonet
sademete eest. Ta on vahenditult ilmastikumõjude all
ja peab koosnema seetõttu püsivast ja vastupidavast
materjalist. Meie oludes on tavaliseks katusekatte mater-
jaliks katusekivi, eterniitplaat, tsingitud plekk, tõrva-
papp, puitmaterjalist laast ja sindel. Katusekatte moo-

dustamisel asetatakse kattematerjali algühikud (laastud, plaadid jne.) nii, et katteühiku külgservade kohal katusekattesse sissevoolanud vesi katte soomusja ehituse ja kallaku asendi tõttu voolaks jälle pinnale välja. Mida kergemini vesi üle katteühiku külgservade pääseb, seda järsem peab olema katuse kalle.

§ 7. T r e p i d.

Trepi peamiseks ülesandeks on ühenduse võimaldamine elamu ja korruste vahel. Ettrepil käimine oleks chutu ja mugav, peab trepp olema küllalt avar, paraja kallakuga ja varustatud astmetega, mis käimisel võimaldavad säilitada inimese kehaliigutuste harjunud rütmi.

Vaadeldes treppe kaldpinna seisukohast selgitame küsimuse, miks trepist üles tõustes hakkab inimene hingeldama, s.o. peab pingutama palju rohkem kui kõndides horisontaalsel pinnal. Igapäevasest elust on teada, et mida järsem on trepp, seda rohkem " paneb hingeldama". Mis on selle põhjuseks? Käimisel (sealhulgas ka mööda treppi) on inimesel püüde säilitada normaalset käigurütmi. Seega olenevata trepi tõusunurgast püütakse liikuda ühtlase kiirusega, s.o. mistahes võrdsetes ajavahemikes läbitakse võrdsed teepikkused.

Olgu meil tarvis tõusta kõrgusele h . Vaatleme tõusmist mööda kahte erineva kaldenurgaga (α ja β) treppi.

Nagu jooniselt näha, on trepp

seada pikem, mida väiksem on

tema kaldenurk. Mööda esi-

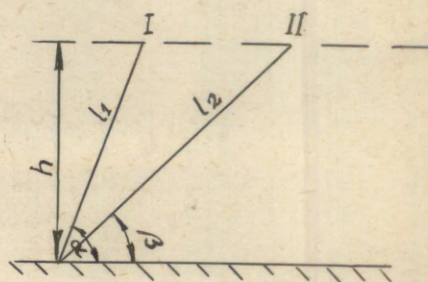
mest treppi tõuseb inimene

aja $t_1 = \frac{l_1}{v}$ jooksul.

Mööda teist treppi aja

$t_2 = \frac{l_2}{v}$ jooksul.

v on siin mööda treppi liikumise kiirus. Et $l_1 < l_2$, siis $t_1 < t_2$.



Joon. 9.

Järelikult liikudes mõlemal juhul normaalse käigurütmiga jõuab inimene mööda järsemat treppi kiiremini samale kõrgusele. Tõustes kõrgusele h , suureneb inimese potentsiaalne energia lihaste energia arvel

$$U = mgh$$

võrra, kus

m - inimese mass

g - raskuskiirendus.

Esimesel juhul kulutatakse energia ajavahemiku t_1 , teisel juhul t_2 jooksul. Järelikult arendatakse esimesel juhul suuremat võimsust, millest tuleneb ka suurem väsimus.

§ 8. A k n a d ja u k s e d.

Seoses akendega tuleb tutvuda mitmesuguste ruumide valgustustugevuse normidega. Ehitusmäärustega nõutakse, et küllaldane valgusehulk pääseks ruumidesse ja et akende pindala moodustaks 1/5 kuni 1/10 põranda pindalast. Kas see suhe peab olema suurem linnas või maal? Lasta õpilastel vastust põhjendada.

Kuna klaasi enese soojajuhtivus on võrdlemisi suur ($k = 0,65 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{c}$) ja paksus väike, siis on ka akna- klaasi soojapidavus väike. Meie oludes tehakse aknad kahekordsete raamidega. Soojapidavuse annab aknale peamiselt klaaside vahel olev õhukiht. Akende soojapidavuse tõstmiseks on olemas rida võimalusi. Neist kõige otstarbekamaks ja efektiivsemaks on tavalisele topeltaknale kolmanda raami, nn. soojaraami lisamine. Sellega väheneb akna soojajuhtivus keskmiselt ühe kolmandiku võrra (7,25%). Klaaside vahel oleva õhkvahe soojapidavus on ainult siis normaalne, kui klaasid asuvad valtsides tihedalt ja piida- ning raami-valtside vahelised sulgpilud on tihedad.

Ustele esitatavatest nõuetest olgu märgitud sooja-, heli- ja lõhnakindlus. Kui on tarvis saavutada ka tulekindlust, siis lüüakse uks üle plekiga ja vahel ka pleki ning savileotises immutatud vildiga. Uste konstruktsioonide käsitlemisel tuleb lasta õpilastel põhjendada, miks uks vahelise sulgub või avaneb. Selgitamisel on otstarbekas kasu-

tada raamatu, hoides teda käes nii, et üks kaas saab vabalt pöörelda ümber "vertikaaltelje" nagu üks hingedel. Praktikas on uste juures suur probleem nende deformeeruvus, sest konstruktiivselt on üks lahendatud raamina, mitte aga kolmnurksõrestiku kui muutumatu kujundi põhimõttel.

Kinnistamisel tuleb juhtida tähelepanu järgmistele küsimustele: Kas kahekordsete akende soojajuhtivus on kaks korda või rohkem kordi väiksem kui ühekordsetel? Selgitada, miks? Millal ja miks aknad higistavad? Kui üks vahel ise avaneb, mis ta siis ise ei sulgu? jne

§ 9. Hoone sanitaartehnilised seadmed.

Antud teemas käsitletav materjal on tihedasti seotud nii keemia kui ka füüsikaga. Füüsikaga seostamise seisukohalt tuleb toetuda põhiliselt tahkete kehade, vedelike ja gaaside soojuspaisumisele.

Küttesüsteemid jaotatakse oma tegevusraadiuse järgi:

- a) kohalikud,
- b) kesksed.

Kohalikes küttesüsteemides on kütuse põletamine, s.o. ~~(kütuse põletamine, s.o.)~~ soojuse tekkimine, soojusekandja liikumine ja soojuse ülekandmine ruumi õhule. konstruktiivselt ühte seadmesse ühendatud. Ahiküte on kohalik küttesüsteem. Keskkütte süsteemideks nimetatakse süsteeme, milledes kütuse põletamine (soojuse tekkimine) ja soojuse kasutamine toimub erinevates ruumides. Vastavalt soojusekandja iseloomule liigitatakse neid vesi-, aur- ja õhkküttesüsteemideks (11,25).

Ahju põhilisteks elementideks on küttekolle ja ahju-lõõrid. Koldeks nimetatakse kütuse põletamiseks määratud ahjuruumi. Intensiivse ja täieliku põlemise saavutamiseks omab tähtsust õhu õige juhtimine koldesse. Õhk peab läbima põleva kütuse kihi ühtlaselt. Selleks juhitakse ta koldesse läbi ahju siseukse allosas asuvate tõmbeavade või läbi

tuharesti. Millest on tingitud ahju "tõmme", see saab selgeks kui tuletada meelde, et soojenedes gaasid paisuvad. Erikaal seega väheneb ja kuumad gaasid tõusevad üles.

Ahjulõõride ja ahju müüritise ülesandeks on põlemisel tekkinud soojuse vastuvõtmine ja salvestamine. See soojus kandub ahju välispinna kaudu ruumi. Ühtlase temperatuuri hoidmiseks ruumis on tähtis ahju suuruse valik, õigemini ahju soojamahtuvus. Ahjust saadav soojahulk peab katma läbi välisseinte, akende, pörandate ja lagede väljavoolava soojahulga.

Tuleb anda ka ahju kasuteguri mõiste. Siin mõeldakse kasuteguri all tulusalt kasutatud soojahulga suhet ärapõletatud kütuse kütteväärtusele vastava soojahulgaga. Tavaliselt ei ületa kasutegur $\eta = 0,4$ ja oleneb ahju konstruktsioonist.

Miks ahjud laotakse savimördil, seda tuleb vestluse korras selgitada, Ladudes tellisahjud tsemendimördil, tekiks ahju seintesse praod, sest tsemendil ja savil on erinevad ruumpaisumise koefitsendid. Praod võivad veel tekkida ahju ebauhtlase soojenemise või jahtumise tagajärjel.

V e s i k e s k k ü t t e süsteemid ehitatakse kas loomuliku või sundtsirkulatsiooniga. Vee soojendamine toimub katlas, kust vesi tõuseb toru mööda küttekehadesse, mis asetsevad köetavates ruumides. Vesikeskküttesüsteemi töötamise aluseks on füüsika seadus, mille põhjal vee erikaal tema soojenemisel väheneb. Seega katlas soojenenud /kergema erikaaluga/ vesi tõuseb ülespoole ja küttekehas jahtunud /raskema erikaaluga/ vesi laskub allapoole. Seda liikumist

nimetatakse tsirkulatsiooniks ja küttesüsteemi liiki loomuliku tsirkulatsiooniga süsteemiks. Sundtsirkulatsiooni korral paigutatakse tagasivooluliinile tsentrifugaalpump, mis sunnib vett liikuma mööda torustikku (11,78). Sel korral on ka magistraalitorustikes väiksemad soojuskao järgmistel põhjustel:

Igas sanitaartehnilises seadmes (keskküte, veevarustus jt.) on tegemist mingi keskkonnaga (vesi, aur, gaas) voolamisega torudes. Oma teel puutub see kokku hõõrde- ja kohalike takistustega. Hõõrdetakistuse all mõeldakse toruseina takistust, kohalike takistuste all - takistusi, mis tekivad voolu suuna muutmisel. Et torustikku mööda voolav keskkond suudaks neid takistusi ületada, peab tema liikumine toimuma mingi surve mõjul. Mõistet "surve" ei tohi ära segada mõistega " rõhk". Võib rääkida rõhust torustiku mingis punktis või ristlõikes, surve aga tähendab rõhkude vahet torustiku kahe mingi punkti vahel või kahe ristlõike vahel. See rõhkude vahe muutub tööks, mis kulutatakse takistuse ületamiseks mistahes keskkonna liikumisel torustikku mööda. Pump tekitab surve, mis tunduvalt ületab surve loomuliku tsirkulatsiooniga süsteemis. Sellepärast võib torustiku läbimõõt olla väiksem. Mida väiksem aga on läbimõõt, seda vähem sooja läheb kaotssi läbi torustiku pinna. Samuti on metalli kokkuvõid.

Torustiku soojuspaisumist arvestatakse sellega, et üksikute vee- või aurutorude vahele paigutatakse kompensatorid. Need võtavad vastu torustiku joonpaisumise sel teel, et painduvad selle pikenemisel.

Tunni käigus on soovitatav tutvuda oma kooli küttesüsteemi elementidega, põhjendada küttekehade paigutust jne.

V e n t i l a t s i o o n i k s nimetatakse ruumides tekkiva rikunud õhu süsteemikindlat asendamist värsket õhuga. Õhu kahjustajateks võivad olla:

- a) gaasid,
- b) liigsoojus,
- c) liigniiskus,
- d) tolm.

Ventilatsioon võib olla vastavalt õhu liikumise viisile mehaaniline või loomulik. Kui ruumi õhuvahetus toimub ventilaatorite abil, siis seda nimetatakse mehaaniliseks ventilatsiooniks. Ventilaatori toimel on analoogiline pumba toimele sundtsirkulatsiooniga vesikütte süsteemis. Kui õhuvahetus toimub sise-(sooja) ja välise (külma) õhu erikaalude vahe tõttu, siis niisugust ventilatsiooni nimetatakse loomulikuks.

Analoogiliselt (jahtunud ja kuuma vee erikaalude vahe tõttu) toimub tsirkulatsioon loomuliku tsirkulatsiooniga vesiküttesüsteemis. Loomulikuks loetakse ^{ka} tuule mõjul töötavat ventilatsiooni (11,97).

Loomulik ventilatsioon võib olla kas organiseeritud või organiseerimata. Organiseerimata ventilatsiooniks nimetatakse õhuvahetust, mis toimub läbi pooride ja pilude. Õhuvahetus sellise süsteemi puhul sõltub välisõhu temperatuurist ja tuule kiirusest. Tema suurust ei ole võimalik reguleerida. Organiseeritud loomulik ventilatsioon

toimub õhustamise või kanalsüsteemi (mehaanilise virgutuseta !) kasutamise teel.

Ventilatsiooni sageduseks nimetatakse arvu, mis näitab, mitu korda õhuhulk ruumis vahetub tunni jooksul värsket õhuga. Eluruumide ventilatsiooni sagedus peab olema 0,5 ja köökide jaoks 3 korda tunnis.

Tutvuda kooliruumide ventilatsiooniseadmetega.

V e e v a r u s t u s e süsteemi ülesanne on hoonete varustamine vajaliku hulga kvaliteetse veega. Välis-veevärgiga tutvumiseks tuleb kasutada skemaatilist joonist. Tähelepanu juhtida ka ühendatud anumate seaduse rakendamisele veega varustamisel. Veesurve reservuaar on paigutatud tarbijatest kõrgemale ja ta on määratud varuvee mahutamiseks. Pump võib anda vett ajaühikus ainult hulgal, mis vastab pumba võimsusele. Vee tarbimine aga ei ole kogu aeg ühtlane. Reservuaar reguleerib pumpade poolt võrku antud vee ja selle tegeliku tarbimise vahelist ebaühtlust. Torude lõhkikülmumise vältimiseks tulevad nad asetada allapoole külmumispiiri.

Kanalisatsiooniseadmed on ette nähtud roiskvete vastuvõtmiseks, puhastamiseks ja edasisaatmiseks veekogudesse. Roiskveed sisaldavad suuremal hulgal reoliseid, mis osalt on lahustunud kujul, osalt mittelahustunud: põhjavajuvaid, hõljuval ning veega kaasa ujuval kujul. Kollektorite ummistumise vältimise põhitingimuseks on nendes liikuvale vedelikule sellise voolamis-

kiiruse andmine, mille juures põhjavajuvad osakesed kanduksid vooluga kaasa ja ei settiks põhja. Isevooluga kanalisatsiooni korral saavutatakse see kollektorile vajaliku suurusega kalde andmisega.

Selgitada veel haisulukkude töö põhimõtet.

III O S A

SEOSTAMISE MEETODITEST

§ 1. Seostamise teedest.

Tootmisõpetuse side üldhariduslike ainetega ei väljendu ainult selles, et üldhariduslikes ainetes antud teadmised on vajalikud tootmisalaste probleemide avamiseks. Tootmisõpetus on ka tähtsaks vahendiks, mis tekitab õpilastes vajaduse neid teadmisi rakendada. Orgaanilise sideme loomiseks ainete vahel on vaja tunda ja ära kasutada seostamise mitmesuguseid vorme ja teid. Tootmisõpetust tuleb organiseerida nii, et teadmisi füüsikast ja teistest üldhariduslikest ainetest läheks tootmisõpetuse käigus vaja.

Ehitusõpetuse seostamisel füüsikaga on kaks aspekti:

1/ ehitusõpetuses toimub füüsikaalaste teadmiste rakendamine praktiliste probleemide lahendamisel /teooria rakendamine praktikas/ ;

2/ ehitusõpetuses toimub füüsika-alaste teadmiste ja oskuste kordamine, täpsustamine, konkretiseerimine, laiendamine ja süstematiseerimine.

Need kaks aspekti esinevad sageli samaaegselt ja on teineteisest lahutamatud. Rakendades füüsika-alaseid teadmisi ehitusõpetuses me ühtlasi kordame, kinnistame, konkretiseerime, täpsustame ja laiendame neid. Õppimine omandab sügava mõtte,

õpilaste huvi ja aktiivsus tõuseb. Järelikult ehitusõpetuse õige organiseerimise korral on sellest suur kasu ka üldhariduslike ainete omandamisel.

Tähtsat osa etendab praktilise iseloomuga ülesannete lahendamine. Õpilastele on arusaadavam ja nad lahendavad edukamalt niisuguseid ülesandeid, mis kerkivad praktilisest vajadusest, kui õpilased ise võtavad aktiivselt osa vajalike andmete kogumisest, arutlevad, mõeldavad jne. See lülitab töösse loomingulise, uurimusliku elemendi, mis ergutab õpilasi teooriat sügavamalt tundma õppima, otsima lihtsamat lahendust, katsetama, kasutama spetsialistide abi jne.

Et ehitusõpetus on koolides alles hiljuti sisse võidud, siis on praegu veel suuri puudujääke näitlike õppevahendite ja katseriistade osas. Kuid siin saab oskusliku õpilaste juhendamisega väga palju ära teha klassivälise töö raames. See nõuab õpilastelt teadmiste ja oskuste iseseisvat süstematiseerimist ja rakendamist.

Ehitusõpetuse ja füüsika seostamine peab toimuma kahel teel :

- 1/ füüsika seostamisel ehitusõpetusega füüsika tundides ja
- 2/ ehitusõpetuse seostamisel füüsikaga ehitusõpetuse tundides.

Olulisem on teine tee. Füüsika programm on küllaltki ulatuslik. Sinna on raske täiendavat seostamismaterjali lisada.

Ei tohi olla ka ulatuslikku tehniliste näidete väljajätmist, sest siis väheneks füüsika õpetamise poliitehniline väärtus. Sellepärast peab ehitusõpetuse ja füüsika seostamise põhiline osa jääma ehitusõpetuse tunni raamidesse. Aine iseloom on selline, et ta ei nõua füüsikaseadustel põhinevate keerukate teoreetiliste arutluste läbiviimist, vaid suhteliselt lihtsate seaduste ja mõistete tundmist. Sellepärast ei ole ka otstarbekas hakata neid kordama tunni algul eraldi, vaid ehitusalaste nähtuste ja konstruktsioonide käsitlemise käigus. Õpilaste aktiveerimise seisukohalt on tähtis, et õpilased vestluse vormis, õpetajate suunavate küsimuste abil jõuaksid ehitusalaste probleemide füüsikalise tagapõhjani. Ka kinnistamisel ja koduste ülesannete kontrollimisel tuleb lasta õpilastel välja tuua füüsikaline tagapõhi. Kindlasti tuleb kontrollitöösse sisse võtta küsimusi, mille abil selgub, kas õpilased on õieti aru saanud ühe või teise füüsikaseaduse rakendamisest või selle avaldumisest.

§ 2. P e d a g o o g i l i s e s t e k s p e r i - m e n d i s t .

Pedagoogiline eksperiment seisnes järgmises. Saatsime Rápina, Võnnu ja Fr.R.Kreutzwaldi-nim. Võru Keskkooli

tootmisõpetuse õpetajatele juhendi aine "Hooned ja nende osad" seostamiseks füüsikaga. Eesmärgiks oli välja selgitada, kuivõrd meie poolt soovitatud õppemeetod on praktiliselt rakendatav, millised on meetodi puudused ja kontrollida õpetamise efektiivsust. Viimase väljaselgitamiseks saatsime koolidesse kontrollküsimused, mida õpetajad lülitasiid kontrollitöösse, Käesoleva aasta aprillis analüüsisime meile saadetud kontrolltööd läbi. Vaatleme alljärgnevalt nende kontrolltööde olulisemaid ülesandeid ja küsimusi lähemalt.

1/ Arvutada Gerardi seina soojajuhtivuse tegur. Andmed on:

Kiht	Paksus cm,tes.	Soojajuhtivuse tegur / k cal/ m ² h ⁰ C/
Väliskrohv	1	0,60
Silikaatmüüritis	12	0,8
Termoliittäidis	27	0,156
Silikaatmüüritis	12	0,8
Sisekrohv	1	0,60

Välispinna takistus on $R_v = 0,050 \text{ m}^2 \text{ h}^0 \text{ C/ k cal}$

ja sisepinna takitus $R_s = 0,133 \text{ m}^2 \text{ h}^0 \text{ C/ k cal}$.

Lahendamiseks on kasutatud valemit

$$k = \frac{1}{R_v + \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \frac{b_3}{k_3} + \frac{b_4}{k_4} + \frac{b_5}{k_5} + R_s}$$

Pannes valemisse arvulised väärtused, saame vastuseks

$$k = 0,34 \text{ k cal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} .$$

Ülesanne on õpilastele jõukohane, sest klassis on sama tüüpi ülesandeid lahendatud. Mõned /4 õpilast/ on ainult tähelepanematuses kihtide paksused võtnud cm-tes ja sellepärast vale tulemuse saanud.

2/ Arvutada soojakadu ühes tunnis läbi sein, mille pindala on 8 m^2 ja soojajuhtivuse tegur $k = 0,6 \text{ k cal/ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$, kui seina sisepinna temperatuur $t_s = 18^{\circ}\text{C}$ ja välispinna temperatuur $t_v = -22^{\circ}\text{C}$.

Tunnise soojakao leidmiseks on valem

$$Q = k (t_s - t_v) \cdot F$$

$$Q = 0,6 [18 - (-22)] \cdot 8 = 192 \text{ kcal/h}$$

Seda ülesannet lahendas 11 õpilast ja kõik on toime tulnud.

3/ Arvutada rõhu suurus vundamendi taldmiku all, kui on teada, et ehitise raskus on 230 tonni ja teda kannab 8 posti, mille taldmike mõõtmed on $1,2 \times 1,2 \text{ m}$.

Ülesande lahendamine nõuab rõhu arvutamise oskust. On näha, et õpilased on omandanud selle. Rõhk alusele on

$$p = \frac{P}{S} = \frac{230}{8 \cdot 1,44} = \frac{230}{11,5} = 20 \text{ t/m}^2 = 2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Eksimusi ühikute teisendamisel ei ole. Kõik 11 õpilast on saanud õige vastuse.

4/ Miks krohv kaitseb hästi puitseina tule eest? Sellele küsimusele ei ole suurem osa õpilasi /9 õpilast 13-st/ õiget

vastust andnud. Põhjuseks on toodud asjaolu, et krohv ei põle. See on muidugi vajalik tingimus, kuid oluline on ka fakt, et krohv on halb soojuse juht. Et õpilaste tähelepanu sellele juhtida, oleks metoodiliselt õigem esitada küsimus: Kas puitseina tulekindluse tõstmiseks on parem ta pleki-ga üle lüüa või krohvida? Põhjendada vastust.

5/ Mitu korda väiksemat rõhku tekitab pinnasle 12 cm paksune puitsein sama kõrge ühe kivi paksuse tellisseinaga võrreldes? Puidu mahukaal on 500 kg/m^3 ja tellisseinal 2000 kg/m^3 .

Tuleb kirjutada suhe

$$p_1 : p_2 = \frac{P_1}{S_1} : \frac{P_2}{S_2} \quad \text{kus } S_1 = S_2$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{0,12 \cdot 500}{0,25 \cdot 2000} = \frac{1}{8}$$

Seega puitsein tekitab 8 korda väiksemat rõhku. Antud tüüpi ülesannete lahendamisel tekib õpilastel raskusi. Ei osata välja kirjutada suhteid, vaid otsitakse vastust loogilise arutluse teel, valemeid kasutamata. Ilma suhteid välja kirjutamata on püüdnud lahendada 8 õpilast ja neist 5 on saanud vale tulemuse.

6/ Miks vundament tuleb rajada allapoole külmumispiiri?

See küsimus on hästi ära põhjendatud. Füüsikaline tagapõhi on täielikult välja toodud kõigil õpilastel.

7/ Miks ei ole soovitatav puit-sõrestikseinal asetada

tõrvapappi välisvoodri alla?

Praktikas ei tehta seda seinatäidisest kasteniiskuse tekkimise vältimiseks. Materjali niiskus on soojajuhtivuse seisukohalt suure tähtsusega. Rõske sein on samast materjalist ehitatud kuiva seinaga võrreldes 2 kuni 2,5 korda soojajuhtivam. Põhjuseks on asjaolu, et niiskes materjalis on poorid suuremal või väiksemal määral veega täidetud. Õhk on sealt välja tõrjutud. Soojajuhtivuse tegurid on õhul $0,025 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ja veel $0,50 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$.

Sellele küsimusele ei ole keegi vastanud õieti. Viga saaks vältida konkreetsema küsimuse püstitamisega: Miks on soovitatav sõrestikseinal tõrvapapp asetada sisse, mitte välisvoodri alla?

8/ Miks tuul, puhudes katusele, võib selle ära tõsta?

Selle põhjuse füüsikalisest sisust on õpilastel õige arusaamine. On antud küsimusele ammendav vastus.

9/ Kas kahekordsete akende soojajuhtivus on kaks või rohkem kordi väiksem kui ühekordsetel? Miks?

Kahekordsete akende soojajuhtivus on üle kahe korra väiksem võrreldes ühekordsetega. Kõik õpilased on viidanud, et akende vahel on seisva õhu kiht ja see on halb soojajuht. Kuid paraku on siiski vale järeldus tehtud: kaks korda. Sellise väärarusaamise põhjuseks võib olla küsimuse liiga pealiskaudne käsitlemine tunnis, liiga loenguline esitusviis.

Kokkuvõttes tuleb märkida, tehtud pedagoogilise eks-

perimendi põhjal, et töös esitatud seisukohad leidsid kinnitust ja töös " ... on ära toodud kõik olulised aine füüsikaga seostamise võimalused." /õpet. Pihlak!u kirjast/. Ka õpet. Kull Rápina Keskkoolist märgib, et lisaks töös esitatule õpetamise käigus täiendavaid olulisi seoseid ei märganud. "Kuna aga" märgib ta, "asi on uuene, siis võis juhtuda, et mõnigi seos jäi tähele panemata. Kindlasti leidub veel momente, kus füüsikaga seostatavus on olemas". See on õige. Kindlasti leidub avamise seisukohalt vähemolulisi seoseid. Ja autori arvates leidub neid isegi niisugusel hulgal ja kujul, et pedagoogil, olgu ta kui tahes suurte võimetega, on raskusi isegi nende avastamisega, rääkimata avamisest. Aga äga kõik sisuliselt olulised seosed polegi avamise seisukohalt olulised.

Omaette probleemiks on kujunenud ehitusõpetuses küsimus huvi äratamisest õppeaine vastu. "Peab märkima, et Võru Fr.R.Kreutzwaldi-nimelise Keskkooli 9.c klassis enamik õpilasi suhtub ainesse täiesti ilma huvita ning isegi vaatavad ehitusõpetusele nagu üleearusele kohustusele. See ei ole ainult minu arvamine, vaid olen seda kuulnud ka teistelt ehitusala õpetajatelt." Seda kurdab õpetaja Pihlak Võrust, kes on kõrgema haridusega ehitusinsener, kuid ilma pedagoogilise ettevalmistuseta. Ja kahjuks enamikul ehitusalade õpetajatest puudub pedagoogiline ettevalmistus. Siis on ka loomulik, et ei tunta ja ei osata ära kasutada kõiki meetoodilisi võtteid õpilaste aktiviseerimiseks ja huvi äratamiseks õpetatava

aine vastu. Koolides puuduvad vajalikud näitlikud õppevahendid, kuid õpetaja-entusiasti juhendamisel saab klassivälise töö korras siin palju ära teha. Näiteks võiks ise teha mitmesuguseid diagramme, jooniseid, skeeme, lihtamaid katseriistu ja mudeleid jne. mida saab edukalt kasutada tunnis. Kahjuks aga vaadeldavates koolides pole seda tehtud. Osaliselt raskendab näitlikustamist õpetamisel ka ehitusõpetuse kabinetide puudumine.

T E E S I D

1. Ehitusõpetuse ja füüsika vaheline seos on praktika ja teooria vaheline seos. Seega tuleb kasutada didaktikast tuntud teooria ja praktika seostamise võtteid.
2. Seostamisel tuleb arvestada, kas seos on eelnev või järgnev.
3. Seostamisega ei tohi rikkuda aine sisemist loogikat. Kõik sisuliselt olulised seosed pole avamise seisukohalt olulised.
4. Seostamine peab toimuma ka füüsika tunnis. Tihedam seostamine peab siiski jääma aine "Hooned ja nende osad" õpetamise raamidesse.
5. Ehitusala õpetamise füüsikaga seostamise seisukohalt pole kehtivate füüsikaprogrammide muutmine vajalik.
6. Ulatuslik füüsika programmi teemade kordamine väljaspool nende praktilist rakendamist /tunni algul, koduse ülesandena/ pole vajalik.
7. Ehitusala õpetamisel omab suurt tähtsust õpilaste seadmine niisuguste probleemide ette, mille lahendamisel nad peavad rakendama teadmisi füüsikast.
8. Pedagoogiline eksperiment kinnitas töös käsitletud õppemeetodi õigsust.
9. Aine õpetamise parandamiseks on vajalik:

- a/ tõsta ehitusala õpetajate pedagoogilist ettevalmistust;
- b/ kasutada senisest rohkem näitlikke õppevahendeid ja moodustada ehitusala-kabinetid;
- c/ aineõpetajate tihe koostöö.

Tartus, 9. mail 1962. a.

Erjuua
Mjaagus

Kasutatud kirjandus

1. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm, Tln. 1961.
2. Hruštšov, N.S., Kooli ja elu sidemete tugevdamisest ning rahvahariduse edasiarendamisest meie maal, Tln. 1958.
3. Снаткин, М.Н., О дидактических основах связи обучения с трудом учащихся, Москва 1960.
4. Соколов, И. И., Методика преподавания физики в средней школе, Москва 1959.
5. Levinson, L.J., Tehnilise mehaanika alused, Tln.1952.
6. Jürgenson, L., Elamuehitus I, Tln. 1949.
7. Otloot, H. ja Veski, A., Arhitektuuri ja ehitustehnika alused, Tln. 1952.
8. Tael, V., Müra, Tln. 1961.
9. Üprus, H., Tartu Riikliku Ülikooli peahoone, Tln.1959.
10. Строительная физика, Москва 1961.
11. V. Štšeglov, Sanitaartehnilised seadmed ja tööd, Tln. 1951.
12. Л.А. Серг, Гражданские и промышленные здания, Москва 1945.
13. Соединение обучения с производительным трудом учащихся в средней школе. Под ред. А.И. Янцова, П. Р. Агутова. Москва 1961.(käsikiri).