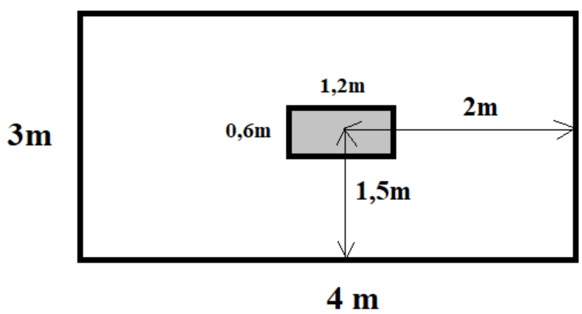
Příklady k zápočtu z předmětu Aplikovaná fyzika
(řešení se odevzdávají v laboratorních cvičeních)

1) Vypočítejte matici pohledových faktorů pro místnost tvaru duté polokoule, tj. kruhová podlaha a nad ní kopule ve tvaru polokoule. Podlaha má číslo 1, kopule má číslo 2 (dodržujte číslování). *(Návod na řešení: viz učební text (záření) - "dvoj-plošná" místnost. Využívejte tři základní pravidla pro pohledové faktory, další nápověda na přednášce.)*

2) Vypočítejte matici pohledových faktorů pro místnost tvaru dutého kužele, tj. kruhová podlaha s poloměrem $r = 3\,\mathrm{m}$ a nad ní kopule ve tvaru kužele s boční hranou délky $L = 5\,\mathrm{m}$. Podlaha má číslo 1, kopule má číslo 2 (dodržujte číslování). *(Návod na řešení: viz učební text (záření) - "dvoj-plošná místnost". Využívejte tři základní pravidla pro pohledové faktory, další nápověda na přednášce.)*

3) Vypočítejte matici pohledových faktorů pro malou místnost ve tvaru dutého kvádru. Místnost má výšku 3 m a půdorys místnosti je 3 m x 4m. Protože všechny boční stěny mají v naší místnosti stejnou teplotu i emisivitu, můžeme tyto čtyři stěny považovat za jednu souvislou lomenou plochu. Místnost je tudíž "troj-plošná": podlaha číslo 1, boční stěny číslo 2 a strop číslo 3 (dodržujte číslování). Je zadán jeden pohledový faktor $F_{13} = 0,2374$. *(Návod na řešení: viz učební text (záření) - "troj-plošná místnost". Využívejte tři základní pravidla pro pohledové faktory, další nápověda na přednášce.)*

4) V místnosti tvaru dutého kvádru s výškou 3m a půdorysem 3m x 4m je umístěn v podhledu stropu sálavý (otopný) panel s rozměry 0,6m x 1,2m. Je nainstalován v jedné rovině s podhledem, takže ze stropu nevyčnívá, a jeho střed je totožný se středem podhledu.



Podhled s panelem je znázorněn na vedlejším obrázku. Čtyři boční stěny mají stejné teploty i emisivity, tudíž je můžeme považovat za jednu souvislou lomenou plochu, kterou označíme číslem 2. Podlahu označíme číslem 1, podhled bez panelu číslem 3 a rovinu panelu číslem 4. Tím vznikne čtyř-plošná místnost, pro kterou je třeba sestavit matici pohledových faktorů.

Jsou zadány dva vstupní pohledové faktory: $F_{41} = 0,29230$ a $F_{13} = 0,21986$.

(Návod na řešení: viz učební text (záření) - postup je obdobný jako u "troj-plošné místnosti". Využívejte tři základní pravidla pro pohledové faktory, další nápověda na přednášce.)

5) V místnosti tvaru duté polokoule zadané v příkladu **1)** je vytápěná kruhová podlaha ($r = 3$m). Místnost se nachází ve stacionárním teplotním stavu. Teplotní parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Dodržujte číslování povrchů dle příkladu **1)**.

Tabulka: Vstupní parametry

Parametr	Povrch č. 1	Povrch č. 2
S (m^2)	28,2745	56,5490
T (K)	303 (podlaha)	291 (kopule)
ε (emisivita)	0,95	0,5
$\rho = 1 - \varepsilon$ (odrazivost)	0,05	0,5
$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ (W/ m^2) $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$(Wm^{-2}K^{-4})	454,022	203,294

<u>Při řešení postupujte podle následujích bodů:</u>

a) Uveďte pohledovou matici (byla vypočítána v příkladu **1)**.

b) Sestavte soustavu algebraických rovnic pro radiozity obou povrchů a soustavu vyřešte.

c) Vypočítejte hustoty <u>sálavých</u> tepelných toků (W/ m^2) pro oba povrchy.

d) Vypočítejte <u>sálavé</u> tepelné výkony ve watech obou povrchů a stanovte, který povrch do místnosti energii dodává a který energii z místnosti odebírá.

e) Výsledky <u>sálavých</u> tepelných výkonů zkontrolujte pomocí kompenzačního teorému a rozhodněte, jestli jsou numericky přijatelné.

(Návod na řešení: viz učební text (záření) - "dvoj-plošná místnost". Dílčí výsledek: přibližný sálavý výkon podlahy 1299 watt. <u>Další nápověda na přednášce.)</u>

6) V místnosti tvaru dutého kužele zadaného v příkladu **2)** je vytápěná kruhová podlaha. Místnost se nachází ve stacionárním teplotním stavu. Teplotní parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Dodržujte číslování povrchů dle příkladu **2)**.

Tabulka: Vstupní parametry

Parametr	Povrch č. 1	Povrch č. 2
S (m^2)	28,2745	47,124
T (K)	305 (podlaha	289 (kopule)
ε (emisivita)	0,91	0,8
$\rho = 1 - \varepsilon$ (odrazivost)	0,09	0,2
$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ (W/ m^2) $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} (\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}})$	446,5024	316,4204

<u>Při řešení postupujte podle následujích bodů:</u>

a) Uveďte pohledovou matici (byla vypočítána v příkladu **2)**.

b) Sestavte soustavu algebraických rovnic pro radiozity obou povrchů a soustavu vyřešte.

c) Vypočítejte hustoty <u>sálavých</u> tepelných toků (W/ m^2) pro oba povrchy.

d) Vypočítejte <u>sálavé</u> tepelné výkony ve watech obou povrchů a stanovte, který povrch do místnosti energii dodává a který energii z místnosti odebírá.

e) Výsledky <u>sálavých</u> tepelných výkonů zkontrolujte pomocí kompenzačního teorému a rozhodněte, jestli jsou numericky přijatelné.

(Návod na řešení: viz učební text (záření)- "dvoj-plošná místnost" Dílčí výsledek: přibližný sálavý výkon podlahy 2154 watt. <u>Další nápověda na přednášce.</u>)

7) V místnosti tvaru dutého kvádru zadaného v příkladu **3)** je vytápěná podlaha. Místnost se nachází ve stacionárním teplotním stavu. Teplotní parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Dodržujte číslování povrchů dle příkladu **3)**.

Tabulka: Vstupní parametry

Parametr	Povrch č. 1	Povrch č. 2	Povrch č. 3
S (m^2)	12	42	12
T (K)	304 (podlaha)	290 (stěny)	291 (strop)
ε (emisivita)	0,94	0,88	0,89
$\rho = 1 - \varepsilon$ (odrazivost)	0,06	0,12	0,11
$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ (W/ m^2) $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ ($Wm^{-2}K^{-4}$)	455,2031	352,9049	361,8637

Při řešení postupujte podle následujích bodů:

a) Uveďte pohledovou matici (byla vypočítána v příkladu **3)**.

b) Sestavte soustavu algebraických rovnic pro radiozity všech povrchů a soustavu vyřešte.

c) Vypočítejte hustoty sálavých tepelných toků (W/ m^2) pro všechny tři povrchy.

d) Vypočítejte sálavé tepelné výkony ve watech všech povrchů a stanovte, který povrch do místnosti energii dodává a který energii z místnosti odebírá.

e) Výsledky sálavých tepelných výkonů zkontrolujte pomocí kompenzačního teorému a rozhodněte, jestli jsou numericky přijatelné.

(Návod na řešení: viz učební text (záření) - "troj-plošná místnost" Dílčí výsledek: přibližný sálavý výkon podlahy 899 watt. Další nápověda na přednášce.)

8) V místnosti tvaru dutého kvádru zadaného v příkladu **4)** je umístěn v podhledu sálavý otopný panel. Místnost se nachází ve stacionárním teplotním stavu. Teplotní parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Dodržujte číslování povrchů dle příkladu **4)**.

Tabulka: Vstupní parametry

Parametr	Povrch č. 1	Povrch č. 2	Povrch č. 3	Povrch č. 4
S (m^2)	12	42	11,28	0,72
T (K)	295 (podlaha)	290 (stěny)	291 (strop)	343 (panel)
ε (emisivita)	0,92	0,85	0,90	0,98
$\rho = 1 - \varepsilon$ (odrazivost)	0,08	0,15	0,10	0,02
$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ (W/ m^2) $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} (\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}})$	395,0563	340,8741	365,9296	769,1850

Při řešení postupujte podle následujích bodů:

a) Uveďte pohledovou matici (byla vypočítána v příkladu **4)**.

b) Sestavte soustavu algebraických rovnic pro radiozity všech povrchů a soustavu vyřešte.

c) Vypočítejte hustoty sálavých tepelných toků (W/ m^2) pro všechny čtyři povrchy.

d) Vypočítejte sálavé tepelné výkony ve wattech všech povrchů a stanovte, který povrch do místnosti energii dodává a který energii z místnosti odebírá.

e) Výsledky sálavých tepelných výkonů zkontrolujte pomocí kompenzačního teorému a rozhodněte, jestli jsou numericky přijatelné.

f) Co by se stalo s tepelným výkonem panelu, kdyby byla podlaha studenější.

g) Porovnejte vypočítaný výkon panelu uvnitř místnosti ($P_{uvnitř}$) s výkonem téhož panelu se stejnou teplotou, který by byl umístěn v absolutně volném prostoru ($P_{venku} = S\varepsilon\sigma T^4$). Kolika procentní úspora výkonu vzniká, když panel o stejné teplotě sálá uvnitř místnosti (v uzavřené obálce)? *Pozn.:Úspora sálavého výkonu se projeví úsporou elektrické energie, kterou se topný panel napájí.*

(Návod na řešení: viz učební text (záření) - postup je podobný jako u "troj-plošné místnosti" Dílčí výsledek: přibližný sálavý výkon panelu 264 watt. Další nápověda na přednášce.)

9) V příkladu **7)** jste řešili sálavé výkony všech povrchů místnosti ve tvaru dutého kvádru. Máte tedy k dispozici rovněž sálavý výkon podlahy. Úkolem nyní bude zjistit u této podlahy také konvektivní tepelný výkon a pak její celkový tepelný výkon. Místnost je ve stacionárním teplotním stavu a teplota vzduchu uvnitř je $T_\infty = 293\,\mathrm{K}$ (~20 °C). Rozměry podlahy a její teplota jsou k dispozici v zadání příkladu **7)** resp**. 3)**.

Pozn.: K určování tepelných veličin použijte tabulku na konci učebního textu (o konvekci) a provádějte interpolace. Podobné řešení viz kapitoly 6.2.2.2 a 6.2.2.3 učebního textu (o konvekci), ovšem s tím rozdílem, že nyní jde o přirozenou konvekci u "teplé horní" plochy. Dílčí výsledek: přibližný celkový tepelný výkon podlahy ~1422 watt. Další nápověda na přednášce.

Při řešení postupujte podle následujích bodů:

a) Určete charakteristický rozměr vodorovné podlahy $L = S / O$ (*plocha děleno obvodem*).

b) Určete průměrnou teplotu konvektivního proudu (konvektivního filmu) T_f pro podlahu.

c) Pro konvektivní proud u podlahy stanovte tepelné parametry β, ν, λ, α, Pr *(viz tabulka na konci učebního textu o konvekci).*

d) Vypočítejte hodnotu Rayleighova čísla Ra_L pro konvektivní proud u podlahy.

e) Pro podlahu stanovte hodnotu součinitele přestupu tepla h (*pozor, jedná se o "horní teplý povrch")*.

f) Vypočítejte konvektivní tepelný výkon podlahy Φ_k .

g) U podlahy vypočítejte celkový tepelný výkon Φ_c (*sálavý plus konvektivní výkon*).

h) Vyčíslete, kolik procent z celkového tepelného výkonu jde do sálání a kolik do konvekce. Rozhodněte, jestli jde o konvektivní nebo sálavé topidlo.

10) V příkladu **8)** jste řešili sálavé výkony všech povrchů místnosti ve tvaru dutého kvádru s otopným panelem zabudovaným v podhledu. Máte tedy k dispozici rovněž sálavý výkon otopného panelu. Úkolem nyní bude zjistit u tohoto panelu také konvektivní tepelný výkon a pak jeho celkový tepelný výkon. Místnost je ve stacionárním teplotním stavu a teplota vzduchu uvnitř je $T_{\infty} = 293\,\mathrm{K}$ (~20 °C). Rozměry panelu a jeho teplota jsou k dispozici v zadání příkladu **8)** resp **4)**.

Pozn.: K určování tepelných veličin použijte tabulku na konci učebního textu (o konvekci) a provádějte interpolace. Podobné řešení viz kapitoly 6.2.2.2 a 6.2.2.3 učebního textu (o konvekci), ovšem s tím rozdílem, že nyní jde o <u>přirozenou</u> konvekci u <u>"teplé spodní" plochy</u>. Dílčí výsledek: přibližný celkový tepelný výkon panelu 362 watt. <u>Další nápověda na přednášce.</u>

<u>Při řešení postupujte podle následujích bodů:</u>

a) Určete charakteristický rozměr vodorovně umístěného panelu v podhledu $L = S / O$ (*plocha děleno obvodem*).

b) Určete průměrnou teplotu konvektivního proudu (konvektivního filmu) T_f u panelu.

c) Pro konvektivní proud u panelu stanovte tepelné parametry β, ν, λ, α, Pr *(viz tabulka na konci učebního textu o konvekci).*

d) Vypočítejte hodnotu Rayleighova čísla Ra_L pro konvektivní proud u panelu.

e) Pro panel stanovte hodnotu součinitele přestupu tepla h (*pozor, jedná se o "<u>spodní</u> teplý povrch").*

f) Vypočítejte konvektivní tepelný výkon panelu Φ_k .

g) U panelu vypočítejte celkový tepelný výkon Φ_c (*sálavý plus konvektivní výkon*).

h) Vyčíslete, kolik procent z celkového tepelného výkonu jde do sálání a kolik do konvekce. Rozhodněte, jestli jde o konvektivní nebo sálavé topidlo.