



**VAGA MC-211 – SETOR DE ENGENHARIA DE REATORES
CONCURSO DE PROVAS E TÍTULOS DO MAGISTÉRIO SUPERIOR
EDITAL Nº 54 DE 30/01/2024 – PUBLICADO NO DOU Nº 24 DE 02/02/2024
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
VAGA MC-211 – SETOR DE ENGENHARIA DE REATORES**

DIA: 02 de dezembro de 2024.

LOCAL: Sala 105 - Bloco H - Escola Politécnica/CT/UFRJ

CADERNO DE QUESTÕES - PROVA ESCRITA

| | |
|--|--|
| <p>Questão 1</p> <p>Tema 2 – Geração de Calor no núcleo do reator</p> <p>2.1 - Descreva como é gerado e depositado o calor no núcleo do reator.</p> <p>2.2 - Qual é a relação do termo de fonte de calor com o fluxo de nêutrons</p> <p>2.3 - Cite a relação entre fluxo de calor, geração volumétrica de calor, e potência linear na vareta combustível. Justifique sua resposta usando o modelo de condução estacionária em uma seção transversal da vareta.</p> | |
| <p>Questão 2</p> <p>Tema 3 – Termodinâmica de Centrais Nucleares</p> <p>3.1 - Descreva os principais sistemas de um reator refrigerado a água leve, detalhando o funcionamento dos principais equipamentos, e do ciclo térmico associado.</p> <p>3.2 - Qual é o rendimento máximo de uma central nuclear, especificando a equação correspondente.</p> | |
| <p>Questão 3</p> <p>Tema 4 – Equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia.</p> <p>4.1 - Apresente e discuta as equações de balanço de massa, quantidade de movimento linear e energia sem mudança de fase e estado estacionário.</p> | |

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR 12

QUESTÃO Nº 1

Um reator nuclear é um dispositivo que gera calor através do fragmentos dos ^{fragmentos} núcleos de fissão gerados no processo de fissão nuclear. A geração de energia de aproximadamente 164 M_W deve-se principalmente ao fragmento dos produtos de fissão. Já, a energia de 8 M_W é produzida pelo transporte de fótons e partículas produzidas no processo de decaimento dos núcleos produzidos. Resumindo, a reação em cadeia durante o processo de fissão do material combustível presente no núcleo de reator nuclear e os fragmentos destes núcleos gera calor que será extraído através do refrigerante utilizado. Dependendo do tipo de reator, seja térmico ou rápido, as modalidades que estão em função do tipo do material combustível e energia do núcleo que inicia a reação nuclear, dentro de pastilhas combustível, distribuídas dentro de uma haste combustível compando, o elemento combustível, é que se inicia este processo de geração de calor. Produto da reação em cadeia, neutros rápidos são gerados, e se o tipo de reator é térmico, a energia destes serão reduzido a 0,025 M_W, valor de energia correspondente à neutros térmicos. O material geralmente usado para

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

QUESTÃO Nº 1

moderar os nêutrons rápidos é de baixa densidade. Geralmente, reatores de potência do tipo PWR, são resfriados por água e o material moderador também é a água. Não pode-se usar grafite como material moderador. Durante este ciclo, calor é produzido, que será extraído através do sistema de refrigeração a uma temperatura T_{int} , e a água (no caso dos reatores PWR), será levada a um sistema de vapor, onde será gerado o vapor que impulsionará as pás do turbina de vapor. Este processo é característico dos reatores do tipo PWR. Já no reator do tipo água em ebulição (BWR) não existe mudança de fase, a água que entra no reator com temperatura T_{int} se evapora e este vapor se move diretamente à turbina de vapor. Nos dois tipos de reatores, tanto PWR ou BWR, a inclusão no reator rápido, onde não existe material moderador, existem meios para as barras de controle, suportadas por ~~uma~~ ^{alguma} ~~estrutura~~ ^{estrutura}, e inclusive água borbada e injetada ao núcleo para diminuir o número de nêutrons. Se a ~~mesma~~ quantidade de refrigeração presente não é suficiente para extrair o calor gerado resultando o processo de fissão

CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRI

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO Nº 1

núcleo, é alcançada a regulação mediante as barras de controle. Assim é que o mantido de forma contínua e segura as reações nucleares do núcleo. A dependência do fluxo de fótons de calor com o fluxo de nêutrons, a té ligado à taxa de nêutrons produzidos durante a fissão nuclear, que por sua vez, depende do tipo de combustível, das materiais refrigerante (como se extrai esse calor no núcleo do reator) e do controle do reator mediante as barras de controle para manter a reatividade do sistema em um regime de trabalho contínuo e estável. De fato, para uma determinada energia dos nêutrons, a seção eficaz σ (s) é fortemente dependente de temperatura. Simulações pelo método de Monte Carlo são usadas frequentemente para averiguar este comportamento. Supondo, se o fluxo de nêutrons aumenta independentemente, e não se extrai calor nem nêutrons são absorvidos pelas barras de controle, este reator é perigoso.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO Nº 2

Um reator refrigerado à água leve pode ser descrito através de um ciclo termodinâmico. Durante o processo de fissão são produzidos núcleos e nos produtos de fissão nuclear, o fragmento dos produtos de fissão e dos núcleos retardados que são produzidos no processo de decaimento radioativo dos núcleos filhos é gerado calor. Este calor é absorvido pela água tratada que entra no núcleo do reator a uma temperatura T_{int} . No caso de reator de água a pressão (RWR) no estado subcrítico de pressão a água entra no reator a uma temperatura T_{int} e sai a uma temperatura T_{out} (de aproximadamente 330°C). Este água é levada a bovas da bomba primária de calor ao gerador de vapor, onde vai acontecer o resfriamento de água. Este tipo de reator é representado por dois circuitos. O primeiro circuito é representado pelo núcleo do reator onde está localizada os elementos combustíveis contendo os elementos combustíveis e dentro as pastilhas, a bomba primária de circulação e o gerador de vapor. Este circuito primário a água se mantém em circulação e representa o circuito ativo, o único que tem contato com o núcleo do reator. O segundo circuito secundário este circuito

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO Nº 2

Este conjunto pela turbina de vapor, conectada ao gerador de e.p.t.b.u.d.e. (e.g.g.e.s.a. elétrico). No circuito secundário também tem o condensador de vapor que como seu nome indica condensa o vapor que retorna as azas da turbina. Este ponto do circuito é a mesma a qual é utilizada numa usina termoeletrica. Já em um reator em ~~abandono~~ de água em circulação, temos um único circuito primário, aqui há uma mudança de fases, onde o ~~re~~ reator não está ~~apenas~~ mantido sob pressão a água evapora e esta se conecta diretamente à turbina de vapor, e a água ~~que~~ ~~passa~~ uma vez passando o vapor pelo condensador se incorpora novamente ao núcleo. A turbina, ligada ao gerador elétrico produz a e.p.t.b.u.d.e. que é levada à control de ~~temperatura~~ transmissão. Como vemos, o reator nuclear é um dispositivo que pode ser descrito com um ciclo termodinâmico, onde calor é gerado e (ou) transmitido, pressão, trabalho realizado sobre ~~o~~ o sistema podem ser descritos a partir das leis de conservação (1ª e 2ª lei).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
EDITAL N° 54/2024 - VAGA MC-211

CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO N° 2

em um volume de controle, a quantidade de vapor extraído
na desasse modo que vai ser utilizado na geração
de potência de movimento do pelo turbine. Este
potência vai estar fortemente ligado a este ciclo que
são descrito mediante as leis da termodinâmica

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
 CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

QUESTÃO N° 2

Uma das formas práticas de aquecer esse ciclo termodinâmico é usando a entalpia. Ondas de entalpia de água, vapor, e gases nos tubos de vapor. Considerando uma vazão de água que entra no núcleo do reator para aquecer o calor, sendo caracterizada por $W(kg/h)$, T_{in} e T_{out} .

$$Q = W(h_{out} - h_{in})$$

$$h_f = h_{in} + \int_{T_{in}}^{T_{out}} c_p(T) dT$$

Onde T - é temperatura

h_f - Entalpia final

h_i - Entalpia inicial

Deve ser notado que em um sistema a pressão e temperatura são fortemente dependentes, já a entalpia não depende fortemente da pressão.

O rendimento máximo de uma usina nuclear se está em função da quantidade de calor gerado durante o processo de fissão nuclear, a taxa à qual este calor é extraído do núcleo, que pode ser definido como

CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO Nº 3

As lei de conservação de massa, quantidade de movimento e energia descrevem o funcionamento de um reator nuclear. Baseado em um primeiro momento de aquecimento de água, produzido pelo freamento (com maior frequência) dos núcleos de fissão gerados como resultado do processo de fissão nuclear. Este calor gerado vai ser absorvido por um fluido em movimento, no caso do reator de água leve este fluido refrigerante é a água, ~~para manter o reator em funcionamento~~, o calor gerado vai ~~ser absorvido~~ de ser transmitido através da convecção ou condução são principalmente, se o calor gerado por reações nucleares de ~~seu~~ núcleo pode ser considerado desprezível. Este fluido em movimento, vai ser levado ao núcleo ~~de~~ através de bombas, induzindo o trabalho sobre o sistema.

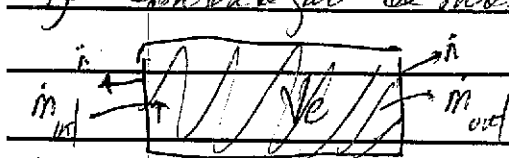
Uma maneira simples de observar todos esses fenômenos é através da lei de conservação de massa, energia e quantidade de movimento usando as lei de conservação e o equilíbrio de volume de controle. A variação

| | |
|--|--------------------------------------|
| CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR | |
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO N° 3

De energia, massa, calor que está nesse volume de controle vai estar em função da quantidade de magnitude, digamos massa, energia que atravessa a superfície do controle que ~~contém~~ contém o volume V_C .

1) Conservação de massa



in: $\rho \vec{v} \cdot \vec{n} (-)$
 out: $\rho \vec{v} \cdot \vec{n} (+)$

$$\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} = \frac{dM}{dt}$$

Onde \vec{v} a componente de fluxo que atravessa a superfície a uma velocidade v .

Considerando ambas as equações, e considerando $\rho = \vec{v} \cdot \vec{n}$ (m^2/s) quando \vec{v} e \vec{n} são paralelos, temos que a equação de continuidade é uma equação de conservação de massa. Isso significa que a variação de massa dentro do volume de controle é negativa no tempo e igual a quantidade de massa que entra a superfície menos a que sai, sendo a superfície que contém o volume de controle.

A equação geral de conservação de massa é $\frac{dM}{dt} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0$. Onde ρ é a massa específica no

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
 CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR12

QUESTÃO Nº 3

volume de controle, ∇ (é o laplaciano) e \vec{v} a velocidade do fluido

É estado estacionário no existe dependência no tempo

a) Conservação do momento linear

A conservação do momento é descrita a través da segunda Lei de Newton e representa que a variação do momento linear está em função de soma total de todas as forças externas que atuam sobre o volume de controle e força interna

Fina

$$\frac{d}{dt} \int_{CV} \rho \vec{v} dV = \sum \vec{F}_{ext}$$

As forças que atuam sobre o volume de controle se dividem entre a pressão que a massa contida no volume de controle exercem sobre a face que o compõe, a gravidade que atua sobre o volume que o controla e a força de atrito do fluido em movimento em direção paralela ao volume de controle. Independentemente, se as forças não são conservativas, se conserva o momento linear

~~conservação~~

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

DR 12

QUESTÃO N° 3

A conservação de energia.

A energia interna dentro do volume de controle vai ser determinada pela ~~energia~~ variação de energia no tempo, o fluxo de energia que atravessa a superfície de controle que compõe ou entra no volume de controle e por outro lado o fluxo de calor por condução e a geração de calor. Este lei é descrita através da lei principal de termodinâmica, onde

$$\dot{Q} = \dot{W} + \frac{dE}{dt}$$

Para um fluido em movimento em um reator nuclear, esta lei segue um ~~com~~ modelo de equação à esquerda de continuidade do lado esquerdo associado no lado direito de equação o fluxo de calor por condução (que atravessa a superfície e a geração de calor). Então

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho e \, dV + \int_S \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = \dot{Q}_c + \dot{q}$$

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho e \, dV = \dot{Q}_c + \dot{q} - \int_S \rho \vec{v} \cdot d\vec{A}$$



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
EDITAL N° 54/2024 - VAGA MC-211

CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO EFETIVO DE VAGAS NO CARGO DE PROFESSOR DA CARREIRA DE MAGISTÉRIO SUPERIOR

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CODIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO

CANDIDATO

LOCAL: SALA 105 - BLOCO H - ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

QUESTÃO N° 3

No gráfico a seguir, a variação de energia independente do tempo